JOHANNES KEPLER
GESAMMELTE WERKE

HERAUSGEGEBEN IM AUFTRAG
DER DEUTSCHEN FORSCHUNGSGEMEINSCHAFT
UND DER
BAYERISCHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

UNTER DER LEITUNG VON
WALTHER VON DYCK † UND MAX CASPAR

C. H. BECK'SCHE VERLAGSBUCHHANDLUNG
MÜNCHEN

JOHANNES KEPLER
GESAMMELTE WERKE

BAND II

ASTRONOMIAE PARS OPTICA

HERAUSGEGEBEN VON
FRANZ HAMMER

C. H. BECK'SCHE VERLAGSBUCHHANDLUNG
MÜNCHEN MCMXXXIX

AD VITELLIONEM
PARALIPOMENA,
Quibus

ASTRONOMIÆ PARS OPTICA TRADITVR;

Potißimùm
DE ARTIFICIOSA OBSERVATIONE ET ÆSTIMATIONE DIAMETRORVM
dcliquiorumq; Solis & Lunæ.
CVM EXEMPLIS INSIGNIVM ECLIPSIVM.

Habes hoc libro, Lector, inter alia multa noua,
Tractatum luculentum de modo viſionis, & humorum oculi vſu, contra Opticos & Anatomicos,

AVTHORE
IOANNE KEPLERO, S. C. Mtis
Mathematico.

FRANCOFVRTI,
Apud Claudium Marnium & Hæredes Ioannis Aubrii
Anno M. DCIV.
Cum Priuilegio S. C. Maieſtatis.

)(2r

D. RVDOLPHO II.

ROMANORVM IMPERATORI SEMPER AVGVSTO.

P. F. P. P.

HVNGARIAE, BOHEMIAE, &c. REGI, ARCHIDVCI AVSTRIAE, &c.

Cum haec aetas nostra, CAESAR AVGVSTISSIME, protulerit eximium illum Astronomum TYCHONEM BRAHE, qui exquisitissimis obseruationibus, et subtilitate incredibili, cum ipsa rerum natura certauit, habeatque Germania, praeter antiqua illa Mathematicae facultatis lumina, PEVRBACHIVM, REGIOMONTANVM, APIANVM, et quos longo ordine recensere potest Viennensis Academia, nunc etiam nouum hoc exemplum, idque sublime et admirandum, diligentiae et perfectionis: aequum esse arbitror,
)(2v cum vt vniuersi artis huius Professores praestantissimi artificis vesti|gia strenue sequantur, adque eius exemplum sese componant: tum maxime vt Germani in id laborent, pro se quisque; vt huius gloriae palmam, hactenus obtentam, porro quoque in sua gente retineant. Inexhaustus enim est Naturae arcanorum thesaurus, opulentia inenarrabilis; nec aliud praestat, qui nouum aliquid de ea in lucem profert, quam quod viam aliis aperit ad succedentia peruestiganda. Mihi adeo, qui Opticis contemplationibus nonnihil temporis impenderam, occasionem suppeditauit Astronomia Tychonica; cuius me participem, viuo etiamnum authore, fecit splendidissima haec Maiestatis Tuae aula; vt quaedam Optices theoremata, specie exigua, sed rerum maximarum seminaria, percolenda, et penitius enucleanda censerem. Indignum enim optica scientia putaui, cum in Astronomia sensus et instrumenta requirantur; in optice Geometrica certitudo non desit: superari hanc ab illa; neque demonstrationibus hic firmari posse, quod illic oculi comprehendissent: indignum multo magis, prouocatam ab Astronomis Opticen, ad opem sibi ferendam, non comparere; culpamque impeditae subtilitatis astronomicae, cuius insimularetur, à sese amoliri non posse. Itaque non leue decus existimaui, si mihi contingeret, nodos, qui obiicerentur, bona
)(3r methodo, et demonstrationum euidentia dissoluere;|et Opticam scientiam ad eam subtilitatem perducere; vt Astronomo satisfacere illa posset. Quod meum institutum, postquam C. Maiestas Tua probauit, summa cum industria persequi cepi: comportatis, et in formam libri redactis, quae vel olim in Styria, Prouincialium stipendia merens, inueneram; vel inuentis erant denique superaddenda, omnium quidem difficilima ea, et laboriosissima.

Et duo erant, quae TYCHONIS BRAHEI accurata diligentia primum in lucem extulit, ad Opticam scientiam pertinentia; alterum de refractione luminis siderum; reliquum de diminutione diametri Lunae in Solis deliquiis. Quamuis et alii nonnulli per illius viri monumenta occurrant loci; quibus Astronomos ille ad Optices rimanda mysteria remisit et adhortatus est: haec tamen duo capita sunt potissima. Et refractionum quidem mensuram BRAHEVS ad omnes altitudinis gradus diligenter inuestigauit: sed cum causa mensurae nondum esset ab Opticis patefacta, natae sunt implicatae de Mundo, deque Elementis disputationes: nec satis liquebat, eaedemne an diuersae essent omnibus temporibus, omnibusque locis refractiones: ex quo denique sequitur, vt quandoque obseruator suae diligentiae atque curae, quam inter obseruandum adhibuerat, nimium tribuens, locumque sideris praecisissime supponens | cognitum, demon-)(3 v
strationes in difficultatem coniiciat; natura luminis, Opticarum causarum inconstantia circumuenti, tantam instrumentorum subtilitatem non semper admittente. In hoc itaque negocio caput IV. insumpsi: cui propter inquisitionis methodum praemittendum fuit Tertium, et pars Primi. Quin etiam vmbra telluris in disputationem trahitur; refractionibus inuentis; et cognito, quod radii Solis non eisdem rectis è fonte ad terram vsque, multoque minus vlterius dimanent. Atqui hac re in dubio versante, periclitamur de vniuersa ratione dimensionis corporum coelestium (vt quae ab vmbra terrae dependet) hoc est de eo, quod in Astronomia praestantissimum et vulgus admiratur, et Philosophi collaudant atque venerantur. Ad tuendam itaque dignitatem Astronomiae, et hanc hostilem dubitationis arcem expugnandam, etsi capite IV. et V. gradus aliqui magnis operis facti, et ingenii acie quasi in durissimas rupes incisi erant: tantum tamen remansit laboris, vt opus esset peculiari capite VII. Iam in diametris Luminarium, quod ex propositis fuit alterum, si quid erroris committit visus, id cum in vniuersam doctrinam Eclipsium, tum maxime in hanc etiam, quam dixi, corporum coelestium dimensionem, redundat. Itaque vt tabulae motuum, quas, Authoris morte interru|ptas,)(4 r
hoc tempore Maiestas tua proposuit absoluendas, idque non minimo sumptu procurat; vt hae inquam in parte sui spectatissima, de Solis et Lunae laboribus, suam nanciscerentur integritatem, omnem lapidem mouendum, nihil, quod haesitationem aliquam relinquere posset, praetereundum esse censui. Quatenus igitur instrumenta nos fallere possint, in dimetientibus Luminarium explorandis, capite II. explicaui: quatenus vero visus ipse sit erroribus obnoxius, dicere sum aggressus capite V. Cumque fuerit tota visus ratio ex integro explicanda, quae refractionibus perficitur, et simulachris rerum visarum, et coloribus: non debet cuiquam videri mirum, si capite IV. in Coni sectiones, refractionum oculi

formatrices, capite II. in spectacula Optica Io. BAPT. PORTAE, capite I. in naturam lucis et colorum, et alibi in alia paulo longius sum digressus. Nam etiamsi ad Astronomiam nihil conducerent hae materiae, per se tamen dignae cognitu sunt. Rursum capite XI. inuentis, quod vulgo fertur facile, inuenta addidi, et has luminarium dimetientes docui citra erroris aleam mensurare, capite VIII. vero, occasione Solis eclipsium, inter se comparare. Et hactenus quidem TYCHO BRAHE mihi occasionem scribendi praebuerat.

)(4v At cum quae iam recensita sunt, potissimam eorum | partem complectantur, quae de Astronomia dici ex Optica possunt; iamque liber pene titulum mereretur, Astronomiae Opticae; operae compendium me facturum putaui; si, quantulum erat residui, et ipsum adiungerem: erant autem de Lumine, Situ, et Motu siderum; quae capitibus VI. IX. X. sum persecutus. Nam et sextum et nonum famulantur vndecimo; illud ad aestimandam diametrum Lunae, hoc ad mirabiles apparitiones Eclipsium, et mutationes plagarum παραδόξους optice demonstrandas. Quae igitur de his residuis tribus siderum attributis apud alios reperi; ea quantum patiebantur, amplificaui, multoque limatius proposui. Inprimis capite IX. doctrinam de Parallaxibus, quae sola totius Astronomiae longe est difficilima et molestissima; hanc inquam compendiis adiuui facilimis, itaque excolui; vt pene noua possit haberi, nouamque Parallacticam condidi, quae quidem ab hac ipsa parallaxeon doctrina nomen habet; sed cuius latissimum et plane compendiosissimum vsum, in tota reliqua doctrina secundorum mobilium, suo tempore, Deo permittente, patefaciam.

Hoc itaque quicquid est laboris, in publicum hoc tempore dedi: vt quia neglecta iacet haec pulcherrima scientia, suscitarem aliquos ex hoc diuturno somno, ad eam amplectandam, adque hoc quasi nouum fre(:)1r tum | cum vtilitate nauigandum, quod ego cum periculo, et dispendio forsan aliquo, primus aperui; nempe ad nodos, in quibus desudaui, si quid fortasse desiderabunt, dexterius explicandos: ea vero, quae pro certo attuli, diiudicanda: dummodo non illotis, quod aiunt, manibus, in haec Apollinis purissima sacra inuolantes, rem viribus et captu suo maiorem temere fuerint aggressi.

Vt vero hunc meum libellum in conspectum S. C^ae. M^tis. Tuae adducerem, eumque sub huius augusti nominis tutelam commendarem, omnia summa suadebant officia; vt quia hoc tempore Maiestas Tua bello contra Turcas omnium maximo et sumptuosissimo districta, non tamen indonatam praetermittit Astronomiam; meque Tychonicae Astronomiae deuotum liberali salario, cuius ope ista perfeci, hactenus sustentat: Ego vicissim, quacumque possem ratione, gratitudinem meam,

imo et iustissimum obsequium, ostenderem, et regiam hanc in liberales artes affectionem venerarer, proque mea virili ad posteritatem commendarem; praesentes vero per me quoque intelligerent, quod latere potest neminem, quanti has pacis artes Maiestas Tua faceret; quasue in hoc diuturno bello, de Eius denique Triumphis, et recuperata pace spes fouere debeant.|

Quod si quid est insuper in hoc opere, quod mihi fiduciam addere (:)1v debeat coram Maiestate Tua loquendi: hoc profecto est, quod immanem et insuauem laborem hausi in enucleandis materiis, tot iam secula neglectis; iisque variis, de quibus alii singulis singulos libros, totidemque patronos constituerint: neque animum expleui speculationibus Geometriae abstractae, picturis scilicet, καὶ τῶν ὄντων καὶ μὴ ὄντων; in quibus pene solis hodie celeberrimi Geometrarum aetatem transigunt: sed Geometriam per ipsa expressa Mundi corpora, Creatoris vestigia cum sudore et anhelitu secutus, indagaui. Denique quod cum haec tum quae plura huiusmodi etiamnum sub manibus habeo, suscepi ad ornandam professionem meam, quam hactenus Maiestatis Tuae iussu et stipendiis sequor; cum dispendio non tantum valetudinis, sed studiorum etiam aliorum; quibus meae senectae, si qua futura est, et familiae, praesidium comparare et poteram, et amicorum iudicio plane debebam. Qua ex re, si quid ad me redundat incommodi; id omne mihi leue reddit et iucundum, vna haec, homine Germano digna cogitatio: quod pulchrum sit in tanti Principis tam honestis obsequiis etiam mori; neque hic vinci virtute à militibus; sed munus demandatum, ceu castellum quodpiam strenue propugnare. Quam meam subiectissimam affectionem si| Maiestas Tua clementissime probauerit: sat ego me foelicem (:)2r existimabo; foeliciorem, vbi etiam inuenerit in hoc opere, quod diuino Eius de omnibus artibus iudicio satisfaciat; quodque animus, praestantissimis inuentionibus pridem exsaturatus, hinc etiamnum concupiscat: longe vero foelicissimum; si quam hactenus expertus sum, eadem me Clementia prosequi pergat. Sic enim metuendum mihi nequaquam erit, ne ab hoc meo munere, ceu ab arce meae fidei credita, perniciosissimus artium hostis, Indigentia, me fame expugnatum deiiciat; neque dubitandum, quin Maiestas Tua eas mihi suppetias et commeatum missura sit in tempore; quo recepto, obsidionem tolerare, tandemque omnibus superatis difficultatibus, reliqua mea studia, ad gloriam Dei, ad celebrationem Maiestatis Tuae, et humani generis vtilitatem spectantia, absoluere foeliciter possim.

Devs Optimus Maximus Tuam Imp. Maiestatem quàm diutissime tueatur incolumem; eiusque victricibus armis Othomannicae domus tyrannidem, annis maturam, barbarica inuisam superbia, blasphemiis

intolerabilem, à Christianorum ceruicibus, porro quoque quàm longis-
(:) 2 v sime propellat. Pragae V. Calend. Augusti, qui dies S. Caes. Ma[t]iestati Tuae quinquagesimum tertium Natalem extulit, Persarum Regis legatione honorificentissima illustrem. Anno Salutis humanae M.DC.IV.

S^ae. C^ae. M^tis. Tuae

Subiectissimus

Mathematicus

Joannes Keplerus.

Prooemium pag. 1.
Cap. I. De Natura Lucis. *pag. 5.*
Propositiones habet 38.
Appendix habet examen argumentorum ARISTOTELIS *de visione. pag. 29.*
Cap. II. De figuratione lucis. *pag. 37.*
Propositiones habet 12.
Cap. III. De fundamentis Catoptrices, et Loco Imaginis. *pag. 56.*
Numeros habet 2. et in 2. Propositiones 20.
Cap. IV. De Refractionum mensura. *pag. 76.*
Diuiditur in numeros 10. quorum sextus pag. 109. Propositiones habet 11.
Cap. V. De modo visionis. *pag. 158.*
Diuiditur in numeros 5. quorum tertius pag. 177. (vbi et Icones Oculi partium ex cupro) habet Propositiones 28.
Hactenus potissimùm Optica, sequuntur magis Astronomica.
Cap. VI. De varia luce siderum. *pag. 221.*
Diuiditur in numeros 13.
Cap. VII. De Vmbra Terrae. *pag. 267.*
Diuiditur in numeros 5.
Cap. VIII. De Vmbra Lunae, et tenebris diurnis. *pag. 285.*
Diuiditur in numeros 5.
Cap. IX. De Parallaxibus. *pag. 307.*
Diuiditur in numeros 6. quorum quartus pag. 320. habet Propositiones 4. et tabulam Parallacticam.
Cap. X. De motibus siderum fundamenta optica. *pag. 324.*
Cap. XI. De artificiosa obseruatione diametrorum Solis et Lunae, et deliquiorum vtriusque. *pag. 335.*
Problemata habet 32.

Figurae ligneae in vniuersum ad 100.
Subiunctae sunt Notae ad loca difficiliora, quas Lector primùm inspiciet; et
Particularium materiarum, et Authorum INDEX.

(:)4r

IN LIBROS OPTICOS
IOANNIS KEPLERI S. C. M^tis. MATHEMATICI

EPIGRAMMA

Ioannis Seussii Sr. D. Christiani II. Electoris Saxoniae Secretarii.

Qui Mundi igniuomum gestit specularier Oclum,
Quiue ipsis oculis cernere vult oculos:
Ille tuis oculis animi, KEPLERE, coruscans
In penetrale libri se clepat vsque tui:
Nec metuat iubaris radios, atomosque volantes,
Et quae fert varius phasmata mira color:
Linea seu simplex, seu sit composta specillum:
Namque oculis nunquam visa, videnda dabis.

EPIGRAMMA AVTHORIS

De suis oculis, suoque de Oculis tractatu.

Oculi. Perdidimus, mens chara, aciem; dum lumina veri
Mittimus ad limen, per vitra nostra, tuum.
Hoc sine connubio mansisses coeca: laborum
Da sociis aliquas, da soror alma, vices.
Mens. Quid faciam miseris: quando implacabilis hora
Me procul à vestro diuidit hospitio?
Oculi. Eripe nos tenebris, quamque ibis ducito lucem:
Quoque cares, lethi nos quoque solue metu.[1]
(:)4v Mens. Qua licet expediam; faueat modò fama loquenti;
Mortales chartis perpetuabo meis.
Hic etiam referam, quae pro me damna tulistis:
Hicque suum et naeuis irradiabo iubar.

ALIVD EODEM SENSV

Loquitur Oculus.

Vitam pro fama minuo, pro Nomine sensum:
Disce anima vtilius, ne moriare, mori.

Astronomiae in partes diuisio.

Astronomia, quae de syderum motibus agit, duas praecipuè partes habet, altera in inquirenda et cognoscenda forma motuum consistit, Philosophicae contemplationi potissimum seruiens; altera ex illa orta, loca siderum ad quoduis momentum inuestigat; et ad praxin sese accommodat, prognosi fundamenta iaciens. Binae hae partes geminis quasi alis, quod PLATO dicere solitus est, subnixae, in coelum euolant, Geometria et Arithmetica, quarum vtraque quidem vtrique dictarum partium, magis tamen Geometria contemplatrici, Arithmetica practicae parti famulatur. Summus itaque Astronomiae apex in partem desinit Arithmeticam, quae Tabulas motuum, et inde deriuatas Ephemeridas complectitur.

Pars Geometrica multas sub se habet alias pro diuersitate materiae, quam in Astronomia Geometrica sinceritas induit. Cum enim, vt ab ouo rem deducam, in demonstrationibus Astronomicis duo sint principiorum genera, alterum Obseruationes, alterum Axiomata Physica seu Metaphysica. Circa Obseruationes quidem tres partes Astronomiae oriuntur, prima Mechanica, Instrumenta tradens, obseruandis motibus coelestibus idonea, modumque vtendi: quam Phoenix ille Astronomorum, TYCHO BRAHE p. m. ante quinquennium edidit: altera Historica, Obseruationes ipsas complexa: cuiusmodi exquisitissimarum Obseruationum, annos propemodum 40. praeteritos complectentium, libros 24. Lector sciat à TYCHONE relictos esse, quos opportuno tempore in lucem prodituros spero. Quia vero omnis obseruatio coelestis fit mediante luce vel vmbra, mediaque stellas inter et oculum distinctas habent affectiones, et quae in coelo obseruamus, vel motus sunt, quorum species retrogradatio, statio etc. vel arcus,[1] hoc est, anguli ad visum; vel corpora lucida; omniaque ista in Optica[2] scientia considerantur; hinc oritur tertia pars Astronomiae Optica, quam in praesens tradam, repetitis breuiter et quasi in principiorum parte, quae de hac re vel vetera VITELLIO ex professo, vel noua TYCHO BRAHE sparsim tradidere.

Alterum genus principiorum in demonstrationibus Astronomicis, Physicum nempe seu metaphysicum, vna cum ipso Astronomiae subiecto, quod est praecipuè motus syderum, res Physica, quartam Astronomiae partem Physicam scilicet constituit, in qua agitur de causis motuum efficientibus, siue motoribus, de causis formalibus, seu figuris, quas motores affectant, de causis materialibus seu Orbibus, et motuum intentione vel remissione Physica; quam partem, si Deus

vitam concesserit, Commentariis de motibus Martis (ex Obseruationibus Tychonicis, et super fundamentum Astronomiae adamantinum restituti per TYCHONEM BRAHE motus Solis fixarumque ordinatarum extructis) complectar, quam Clauem Astronomiae penitioris dicere posse mihi videor.

Status Astronomiae Tychonicae.

Vides, amice lector, quo loco Astronomia Tychonica, hoc est, verissima et exquisitissima versetur. Materiam ad aedificium futurum locupletissimam congessit in libros obseruationum: Eius materiae probitatem in Mechanicis demonstrauit: Fundamenta domus duo firmissima iecit, vt iam dixi, Fixarum catalogo subtilissimè et verissimè descripto, qui coementi optimi loco fuit, eritque ad materiam Obseruationum conglutinandam: et Theoria Solis constituta, quae ipsum fundamenti robur habet, mediaque columna est, fornices omnes ad fastigium vsque complexa ostium etiam cum testudine ad omnia conclauia pertinente. Frontem vero domus ad finem perduxit, Theoriam dico Lunae, primarium Palatium, et porticum; vt iam domus habitationi apta sit; cui in hunc vsum hoc libello fenestrae et scalae partim accedunt, partim effractae reponuntur. Armarium, seu Theoria Martis, extructum est, valuae seu editio propediem accedent. Restat officina, Oratorium, Coenaculum cum thalamo, Musaeum: quibus omnibus altius tabulatum superstruetur loco speculae, ad capiendum saeculorum prospectum, Theoria octaua, et Apogaea Planetarum; rudibus illa quidem aliquibus, et carie confectis trabibus antiquarum obseruationum intermixta; sed tamen et hae, quantum fieri potest, polientur et solidabuntur: vt denique tectum seu summus apex Tabularum Rodolphi imponi queat. Quod vt primo quoque tempore fieri possit, si quidem Astronomiam Tychonicam amas: mecum Deum Opt. Max. exora, vt RVDOLPHI Caesaris armis iuratum illum Christiani nominis hostem reprimat, victoriamque populo suo largiatur. Id enim si fiat, dubium non est, quin Imperator Sapientissimus sumptus idoneos, quod nec his bellorum turbis intermittit, tunc cumulatissimè suppeditaturus sit.

Subiecti astronomici distributio.

Quae in Astronomia optice consideranda veniunt, vel sunt res ipsae visui propositae, vbi considerantur rerum species, seu lux et vmbra; vel medium, per quod lux specierum vehiculum transit, cuius causa lux aliqua refracta ad nos peruenit; vel denique instrumentum visorium seu Oculus.

Rursum res ipsae vel sunt Corpora coelestia, Solis, Lunae et Stellarum, vel motus, vel situs corporum. De Corporibus Iure incipimus. In Corporibus autem astronomice nihil iam consideramus, nisi eorum speciem, quam ad nos beneficio lucis, qua praedita sunt, demittunt; eiusque

speciei, Solis praesertim et Lunae, de Terra verò vmbrae, figuram et quantitatem.

Deliquiorum solis et lunae finis in Natura.

Nobilissima enim et antiquissima pars est Astronomiae, Solis et Lunae defectus, res, vt PLINIVS ait, in tota naturae contemplatione maxime mira, et ostento similis. Quam qui diligenter perpenderit, inueniet, si sacris libris fidem adhibere noluerit; et Deum esse, naturae totius conditorem, et hominum futurorum in ipsa machinatione curam habuisse; sic ordinato hoc mundano theatro, vt existerent in eo signa idonea, quibus hominum mentes, Dei simulachra, non tantum inuitarentur ad contemplanda diuina opera, ex quibus conditoris bonitatem aestimarent, sed etiam adiuuarentur ad penitus peruestiganda.

Obsecro enim quae causa est, si haec non est, quod natura in Solis et Lunae corporibus tales exercet lusus? quibus non tantum homines, vt historiae testantur, in admirationem et stuporem vertuntur, quamdiu causas ignorant: sed ipsae etiam quadrupedes, PLINIO teste, communiter pauescunt?

Porrò quantum Defectibus Luminum adiuuentur homines in Astronomia tota, docent omnes Astronomorum libri. Nam quod motus Solis et Lunae attinet, annorumque et mensium spacia, tota haec doctrina ex sola Eclipsium obseruatione primum est orta, nec aliter constitui potuit; ac ne limari quidem et expoliri amplius potest, nisi Defectibus Luminum accuratius et limatius consideratis, qui huius libri scopus est.

Iam qui perpenderit, quam arctè tota reliqua Astronomia cum Solis motu copuletur, quantumque nobis Luna, diei noctisque particeps, opitule[l]tur, quando nos omnia alia media deficiunt: iure credet, vniuersam Astronomiam his luminum obscurationibus innìti, adeo vt hae tenebrae sint Astronomorum oculi, hi defectus doctrinae sint abundantia, hi naeui mentes mortalium preciosissimis picturis illustrent. O eximium et omnibus gentibus commendabile argumentum de Vmbrae laudibus.

Quantitas itaque speciei, quam Luna Solue seu integer seu deficiens nobis ostendit, vmbraeque, quam Tellus ad Lunam extendit, Astronomo diligenter est inuestiganda. Stellarum caeterarum diametri eatenus quaeruntur, quatenus ignoratae obseruationes infidas redditurae sunt, et quatenus eadem circa illas, quae circa Solis et Lunae corporum moles scire satagimus.

Species autem illae ad nos descendunt beneficio lucis in Sole directae et propriae, in Luna reflexae et alienae.

Occasio huius operis.

Quas species, etsi omnium oculis sunt obuiae, difficulter tamen mensurari omnes queruntur Astronomorum Artifices: partim quod aspectu

exilia sint corpora, partim quod eximia luce oculos praestringant, quo minus officium in videndo faciant. At ne hoc quidem loco discendi cupidos Natura destituit, monstrata ratione, qua sine oculorum detrimento in tenebris perficeremus, quod in clara luce, directa in Solem visus acie, plane est impossibile. Qui modus cum sit et admiratione dignus, et ingeniosissime ab artificibus apprehensus, dignus est, vt non vilis apud Astronomos et neglectus habeatur, sed Geometricis demonstrationibus ornetur, exemplisque illustretur, quod abhinc triennio à me factum, occasione Eclipseos Solis Anni 1600. in eum, qui paulo post sequetur, modum, si prius aliqua praemisero. Nam quia non tantum de directo, sed etiam de repercusso et refracto radio, multa à VITELLIONE praetermissa, multa, quorum erat à priori ratio reddenda, ab experientia tantum accersita et in principiorum locum collocata sunt: placuit mihi totam lucis naturam paulo penitius inspicere, et ea, quae apparent, quantum in praesentia fieri potuit, ad sua principia reuocare: si fortasse futuri sint lectores, quorum ingenia ad indaganda lucis arcana his Disputationibus magis vel excitari, vel etiam iuuari possint. Quanquam non admodum praeter institutum ista: Nec enim pauca sunt Astronomo per omnes radiorum species expedienda.[1]

8) ab hinc

CAPVT I

DE NATVRA LVCIS

Caeterum cum hic à Geometria interdum in physicam contemplationem deflectamus: sermo quoque erit paulò liberior, non vbique literis et figuris accommodatus, aut demonstrationum vinculis astrictus, sed coniecturis dissolutior, libertatem aliquam philosophandi sectabitur: Dabo tamen operam, si fieri potest, vt in Propositiones et ipse diuidatur.

Communium notionum loco, initio de voculis moneo, quam Graeci communi voce dicunt ἀνάκλασιν radiorum, Latini discriminis causa in duo genera diuidunt, alterum genus *Reflexorum* statuentes, alterum *Refractorum*. Atqui si voces variandae sunt ob differentes rerum naturas, praestat tales eligere, in quibus communi vulgi vsurpatione rei cuiusque natura quàm propriissimè exprimitur. Iam hoc non feliciter ab Opticis Latinis praestitum esse videtur.

Quantum enim mihi constat, flectere Latinis, hoc est, quod Graecis κάμπτειν, propria vocis vsurpatio de incuruatis, quaeque, si vis cesset, in se reditura sunt, propterea et genu flecti dicitur, quod vincula tendantur, membrique figura arcuata appareat. Caeteri vsus sunt per horum analogiam.

At Graecorum ἀνακλᾶσθαι propriissimè sonat id, quod Latinis frangere, quod dissolutionem continui, maximè lignorum, et sonitum praesupponit. Quare κλάδος Graecis est decerptus ramusculus ab arbore. Et κλάζειν vsurpatur de strepitu, qui et Latinis à frangendo fragor dicitur. Si haec cum affectionibus radiorum comparetur, flectendi vox, si proprietatem spectes, planè non quadrat: quia nihil tale in radios competit, siue à speculis, siue ab aqua quid patiantur. Quin vtrumque horum communi voce fractio rectissimè dicitur. Vterque enim verè frangitur, alter à speculi, alter ab aquae superficie, partesque fracti angulum constituunt rectilineum. Etsi igitur latiore significatu id quoque deflectere dicitur, quod cum vnum esse deberet, in duas lineas rectas[1] contiguas abit, planè vt radii: vitandae tamen implicationis causa, *flectendi voce planè abstineatur*. Nam hoc quidem significatu reflexus vtrique radiorum generi competeret, planè vt Graecorum ἀνακλᾶσθαι. At quia aliter à speculis, aliter ab aqua afficiuntur radii; (alter enim à speculo resultat in illas partes, vnde aduenit: alter à superficie aquae in profundum, et partes contrarias, quàm vnde aduenerat, declinat) sequamur ergo hîc morem Opticorum, et variemus appellationes, dicaturque alter Virgilianâ et speciali voce *Repercussus*, alter generis nomine *Infractus*, vt ipsae praepositiones ad rei naturam alludant.

6

Principia et Suppositiones ad disputationem de Natura lucis.

1 Ad demonstrandas autem affectiones huiusmodi, omnes Philosophi et Optici comparationem quandam instituunt inter corpora physica motusque eorum, et inter lucem, quam paulò latius diducemus.

Lucis origo.

Primum omnium rerum natura Deum conditorem, quantum quaeque suae essentiae conditione potuit, repraesentare debuit. Nam cum Conditor sapientissimus omnia studeret quàm optima, ornatissima praestantissimaque efficere: nihil seipso melius ornatiusque, nihil praestantius reperit. Propterea cum corporeum mundum agitaret animo, formam ei destinauit sibi ipsi quam similimam. Hinc ortum totum quantitatum genus, et in eo curui rectique discrimina, praestantissimaque omnium figura, Sphaerica superficies. Nam in ea formanda lusit sapientissimus Conditor adorandae suae Trinitatis imaginem. Hinc Centri punctum, est Sphaerici quaedam quasi origo, superficies puncti intimi imago, et via ad id inueniendum, quaeque infinito puncti egressu ex se ipso, vsque ad quandam omnium egressuum aequalitatem, gigni intelligitur, puncto se in hanc amplitudinem communicante, sic vt punctum et superficies, densitatis cum amplitudine commutata proportione, sint aequalia: Hinc est vndique punctum inter et superficiem absolutissima aequalitas, arctissima vnio, pulcherrima conspiratio, connexus, relatio, proportio, commensus. Cumque Tria sint planè, Centrum, Superficies et Interuallum; ita tamen vnum sunt, vt nullum ne cogitatu quidem abesse possit, quin totum destruatur. [1]

Sphaericum SS. Trinitatis imago.

Sphaericum lucis (adeoque mundi) archetypus.

7 Haec igitur genuina, haec aptissima corporei mundi est imago, quam vel simpliciter vel respectu quodam suscipit, quicquid ad summam perfectionem inter corporeas creaturas aspirat. Propterea corpora ipsa, cum per sese suarum superficierum finibus continerentur, nec sese ipsa multiplicare possent in orbem; variis sunt praedita virtutibus, quae nidulantes quidem in corporibus, seipsis verò paulò liberiores, et materiâ carentes corporeâ, sed suâ quadam constantes materiâ, quae dimensiones suscipit Geometricas, egrederentur, orbemque adfectarent: vt praecipuè in Magnete, sed et in multis aliis clarè apparet. Quid mirum igitur, si principium illud omnis in mundo ornatus, quod diuinus Moses quasi quoddam Creatoris instrumentum, ad figuranda et vegetanda omnia, die statim primo in materiam vix conditam introducit: si hoc inquam principium, et res in toto corporeo mundo praestantissima, matrix animalium facultatum, vinculumque corporei et spiritualis mundi, in leges easdem transiuerit, quibus mundus erat exornandus. Sol itaque corpus est quodpiam, in eo haec sese rebus omnibus communicandi facultas, quam lucem appellamus; cui vel ob hanc causam medius in toto mundo locus, et centrum debetur, vt aequabiliter perpetuò sese in Orbem totum diffunderet. Solem omnia alia, quae lucis sunt participia,

Lucis encomium.

Solis in mundo locus.

imitantur. Ex hac consideratione quasi quaedam propositiones fient, quae sunt apud EVCLIDEM, VITELLIONEM, et caeteros inter principia.

PROPOSITIO I

Luci effluxus vel eiaculatio competit à sua origine in locum distantem. Dictum enim est, debuisse illam communicari corporibus omnibus. Ea communicatio fieri debuit dimensionum coniunctione: diximus enim cadere lucem in leges Geometricas, et considerari in loco vt corpus Geometricum. Ergo communicabitur aut per accessum fontis sui ad res, quod absurdum est, et communicatio nulla; relinquitur igitur, vt per egressionem localem, effluxumque à corpore suo.

PROPOSITIO II

Punctum quodlibet infinitis numero lineis effluit. Scilicet vt or|bem omnem circumcirca illustret, quod fieri debere diximus. Sphaericum autem infinitas habet lineas. 8

PROPOSITIO III

Lux seipsa in infinitum progredi apta est. Cum enim quantitatis et densitatis sit particeps, per superiora, nullâ amplitudine in nihilum abire poterit: quantitas enim, et sic densitas, diuisione in infinitum abit. Haec de essentia. Sed et vis eiaculatoria infinita est, quia luci materia, pondus, seu resistentia nulla est per superiora. Infinita ergo virtutis ad pondus proportio.

PROPOSITIO IV

Lineae harum eiaculationum rectae sunt, dicantur radij. Nam diximus affectari à luce figurationem Sphaerici. Eius verò genesis verè Geometrica consistit in aequalitate interuallorum, per quae punctum medium in superficiem diditur: Illae verò sunt rectae lineae. Quod si curuis lux vteretur, nulla esset in didendo aequalitas, nihil igitur simile sphaerico.

Idem etiam hoc modo probatur, seu potius declaratur. Motus diuersi sunt fines. Aut enim natura affectat vnitatem partium, aut separationem, vtrumque fit per motum rectum compendiosissimè. Nam quia quo breuius quaeque distant, hoc magis vnita intelliguntur, et rectae sunt omnium linearum inter eadem puncta breuissimae: motum ergo qui vnit res, vt motum ponderum ad terram, chalybis ad magnetem, in linea recta fieri necesse est: aliâs non omnes partes motus ad eundem finem tenderent, sed in medio itinere alicubi, quod erat vniendum alteri, deflecteret ab hac vnionis affectatione. Eadem de contrario motu separationis, qui in rebus naturalibus violentus dicitur, intelligenda sunt. Nam ei etiam contrarius motus vnitionis motui competit: rectus igitur, quia recto non nisi rectus contrarius.

Luci non vnitio, sed separationis aliquid simile competit, et eiaculatio violentissima seu effluxus quidam. Ergo et motus rectus. Aut si placet dic vnitionem eius lucis, quae est in lucido, cum re illustranda. Idem namque sequetur.

9 Sed neque ex lucis natura est curua linea. Nam per 3. seipsa | apta est in infinitum prorogari: lineae vero curuae, quatenus curuae in seipsas redeunt, et terminantur.

PROPOSITIO V

Lucis motus non est in tempore, sed in momento. Nam vt in libris de motu
| 10 demonstratum est ab ARISTOTELE, commensus quidam est temporis ad eam proportionem, quae est inter virtutem mouentem et pondus seu molem mobilem, siue ponderis ad medium. Sed hic vis mouens ad lucem mouendam, infinitam habet proportionem: quia luci nulla materia, quare neque pondus. Ita medium lûci nihil resistit, quia lux materiâ caret, per quam fiat resistentia. Ergo lucis infinita celeritas est.

PROPOSITIO VI

Luci cum discessu à centro accidit aliqua attenuatio in latum. Nam lux per 2. et 4. infinitis rectis egreditur: illae verò iunctiores sunt ad centrum, quia totidem in angusto loco, quot in spatio maiori. Sed haec est de-
20 finitio tenuitatis et densitatis. Ergo attenuatur in latum.

PROPOSITIO VII

Lucis radio cum discessu à centro nulla accidit attenuatio in longum: hoc est, non quo longior radius, hoc rarior seu sparsior, propter quidem hanc ipsam longitudinem. In genesi namque geometrica Sphaerici nihil tale cogitari potest. Lux verò illam affectat suâ sui ipsius communicatione. Praeterea proportio virtutis eiaculantis ad id, quod effluit, infinita est, cum careat materiâ, vt supra dictum; et per 5. motus fit in momento: et per 3. in infinitum. Vbique igitur in infinitum aequalis est vigor eiaculator, is ipse nempe, qui et in origine. Quare et aequalis in longum fortitudo
30 radij.

PROPOSITIO VIII

Lucis radius nihil est de luce ipsa egrediente. Nam radius per 4. nihit aliud est nisi ipse motus lucis. Sanè vt et in motu physico, motus ipsiu- est recta linea, physicum verò mobile, est corpus: ita in luce motus ipse est recta itidem linea, mobile verò, est superficies quaedam. Et vs illic recta motus non pertinet ad corpus, sic hic recta motus non perl tinet ad superficiem. |

PROPOSITIO IX

Sicut se habent sphaericae superficies, quibus origo lucis pro centro est, amplior ad angustiorem: ita se habet fortitudo seu densitas lucis radiorum in angustiori, ad illam in laxiori sphaerica superficie, hoc est, conuersim. Nam per 6. 7. tantundem lucis est in angustiori sphaerica superficie, quantum in fusiore, tantò ergo illic stipatior et densior quàm hîc. Si autem radii linearis alia atque alia esset densitas, pro situ ad centrum (quod Prop. 7. negatum est) res aliter se haberet.

PROPOSITIO X

Lux non impeditur soliditate corporum, quatenus solida, quò minus per ea transire possit. Quicquid enim impeditur, ab eo impeditur, aut expellitur, quod est ex eodem genere, vt corpus à corpore. Solida habent tres dimensiones, quatenus solida. Luci per 6. et 7. tantum duae competunt dimensiones. Ergo lux vel eius radii nihil patiuntur à solidis, quatenus solida; nec se mutuò afficiunt, quoad soliditatem.

PROPOSITIO XI

Pellucidum corpus vnum est, cuius consistentia Geometrica, seu partium internarum situs, quem obtinent, fluore aliquo constitutus est. Nam humidi definitio Geometrica est apud ARISTOTELEM; id nempe dicitur humidum, quod non terminatur se ipso. Quare partes omnes minimae à se mutuò terminantur, totumque partibus internis planè vnitur, nullis superficiebus actu distinguitur. Iam verò per 10. soliditas, quatenus soliditas, non impedit lucem in transitu. Ergo quicquid vnum est, pellucidum est*. At si quae partim liquescebant, partim non, illa sic mixta vnum pellucidum non constituunt. Extendit autem se definitio haec per omnia corpora naturalia aliquatenus: quod planè ARISTOTELES libro de sensilibus approbauit. Sunt autem pellucida dura eadem et tinnientia. Nec impedit colorata esse, quae debent esse pellucida, vt infra.

PROPOSITIO XII

Lux afficitur à superficiebus occurrentium quorumcunque corporum. Quae enim sub eodem genere sunt, apta sunt ad se mutuo afficien[1]da; lux (per 7.) cum corporibus propter superficies, quibus terminantur, sub eodem genere est; quare apta ad afficiendum. Sed et afficitur reuera. Terminari enim, est affici: linea à suo puncto terminatur; quare ab eo afficitur. Motus est recta, cuius terminus quadamtenus est punctum in superficie occurrente; et infinitorum lucis radiorum termini sunt infinita puncta, id est, superficies, quae ex illis quasi constat.

24) qua

PROPOSITIO XIII

Densorum corporum, seu quorum multae partes materiae angustam implent soliditatem, superficies etiam densae sunt quodammodo, respectu scilicet eo, quo lux et corpora se mutuo afficiunt. Nam etsi superficiebus, vt quantis, nulla accidit crassities, quae est corporum: tamen vt sunt densorum corporum propter hanc materialem geometricam differentiam, et ipsae densae intelliguntur, cum sint materiatae superficies. Clarius, densitas est affectus materiae, quae suscipit tres dimensiones, de his superficiei duae competunt. Ergo participant de corporum densitate suo modulo. Luci vero supra eodem respectu superficialis quaedam densitas ascribebatur.

PROPOSITIO XIV

Lux per densorum superficies impeditius transit, quatenus densae. Cum enim luci competat motus per 1. proprietates quoque motus recti ei competent. Quare et impedimentum à densiori medio. Non verò quatenus solidum per 10. ergo quatenus superficie densa terminatur. Clarius, lucis motus fit naturaliter cum extensione per 6. quia semper ab vno fonte in omnes regiones. Sicut ergo superficies ob infinita puncta resistit motui, qui est in lineis: sic superficies densa resistit motui extenuanti, cùm densitas et extenuatio sint sub eodem genere.

PROPOSITIO XV

Color est lux in potentia, lux sepulta in pellucidi materia: si iam extra visionem consideretur; et diuersi gradus in dispositione materiae, causâ raritatis et densitatis, seu pellucidi et tenebrarum; diuersi item gradus luculae, quae materiae est concreta, efficiunt discrimina colorum.* Cum enim colores, qui cernuntur in iride, sint ex eodem genere, vnde et co|lores in rebus; eadem erit utrorumque origo. Sed illi tantum ex his iam dictis causis oriuntur. Oculo enim translato à situ, variatur color. Et quidem in confinio lucis et vmbrae omnes resultant; vt certum sit, ex attenuatione lucis et superiniectione materiae aqueae existere. Quare et hi indidem orientur. Eritque hoc discriminis, quod in iride lux aduentitia est, in coloribus verò insita, eo modo, quo multorum animalium partibus insunt aliquae luces actu. Adeoque quod differunt potentiâ caloris in Zingibere, ab actu caloris in igne; hoc videtur differre lux in materiâ colorata à luce in Sole. Id enim in potentiâ est, quod se non communicat, sed intra sui subiecti terminos continetur, vt lux, quae in coloribus latet, quamdiu à Sole non illustrantur. Nescias tamen, an non et colores de profunda nocte luculas spargant suas. Sed haec materia Philosophorum acutissimorum ingenia variè exercuit, et tantae est obscuritatis, vt non possit in praesentia expediri; sane quia nec praecipue huius loci

Notae.
Videntur albus et niger Opaci in summo suo gradu: reliqui pellucido etiam in summo gradu inesse possunt. Cumque hac ratione albus et niger quodammodo materiati siue corporati sint colores, discrimen tamen hoc est, quòd alb. corpori lucenti, vt solis, niger corpori tenebroso similior est.

Smaragdum videre est, et Pyropum et Hyacinthum et Electrum, pellucida; viridi, caeruleo, Rubeo, flauo coloribus nullum tale corpus summe album et nigrum, quod simul sit pellucidum.

est. Si obiicias tenebras esse priuationem, non posse ergo fieri positiuum quippiam, et qualitatem actiuam, radiantem scilicet, et pingentem parietes: obiiciam et ego frigus, quod est mera priuatio, et tamen in materiâ fit actiua qualitas.

PROPOSITIO XVI

Lux per colorata transiens vndique afficitur, et in superficie et in soliditate, quatenus ea colorata est. Quae enim sunt sub eodem genere, apta sunt in se mutuò agere. Sed lux et color sub eodem sunt genere per 15. Color verò per eandem in materia pellucidi haeret. Et materia tres habet dimensiones; quare luci actio est etiam in eum colorem, qui in profundo medii est.

PROPOSITIO XVII

Opacum est et id, quod multis superficiebus confragosum est, et id, quod multam obtinet densitatem, et id, quod multum colorem vel in quantitate, vel in qualitate obtinet. Opacum enim est, quod lucis radios non transmittit. At multae superficies multum impediunt radios per 12. sic et multum densae superficies per 14. Ita et multum colo|ratae per 16. seu quanti- 13
tatem colori addat profunditas medii, seu color ipse multum ab albedine recedat, tenebrarumque multum sit particeps.

Esse verò nihil absolutè opacum, etiam ARISTOTELES libro de sensilibus recepit.

Corollarium de Methodo

Cum ergo lux duos habeat respectus, et essentiae, quâ lux est, et quantitatum, quas recipit; duas etiam obtinet energias, priorem motus localis, et posteriorem ordine naturae, qui fine seu formâ prior est, qui est illustratio (quam comitatur calefactio), quorum localis quidem luci propter quantitates competit, illustratio verò propter suam essentiam, qua lux est. Secundum duas has energias duo etiam habet obiecta, quantitates et colorem, quem comitatur materia. Et quia motus localis etiam duo genera habet obiectorum, et medium per quod transit, et rem ad quam fertur; duo etiam existunt huius energiae respectus in luce; causa medii penetrat lux medium, et à medio refringitur, si densius est: causa rei ferit lux superficiem, quam offendit, et ab ea repercutitur. Aliter hi duo respectus contra se distinguuntur. Nam lux motu et spargitur per medium, et impingitur in superficies: vicissimque aut à medii pellucidi superficie colligitur, aut à termini superficie repercutitur. Denique quod attinet illustrationem, quod est primarium lucis opus; colores à luce diluuntur, lux à coloribus tingitur et inficitur. De quibus omnibus ordine in sequentibus.

1 *Notet verò hîc Lector originem quartae lucis speciei, quam caeteri Optici frigidè tractant.*

PROPOSITIO XVIII

Lux in superficiem illapsa repercutitur in plagam oppositam, vnde aduenit. Nam tributus est luci motus per 1. quare et species motus, pulsus nempe. Quod enim est in motu physico durities confligentium, quae consistit in permanentia superficierum, hoc est in luce nuda superficies, seu terminatio vel figuratio corporum. Eo ipso enim, quod corpora physica terminata et ipsa sunt, dura intelliguntur. Mollia verò et humida negatione termini proprii definiuntur. [1]

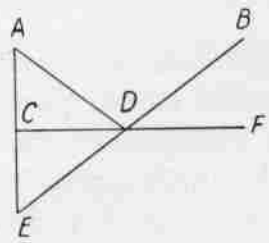
14 Cur autem et in motu physico et in luce accidat repercussus, causa est in motus violentia. Cum ergo vis mouens non omnis à conflictu aboleri potest; superabit itaque motus terminum suae lineae, superficiem scilicet. At non potest in directum: obsistit enim illic corpus corpori: hîc superficies superficiei: illic in solidum, hîc ex parte, vt audiemus. Relinquitur igitur, vt in oppositum. Concinnius ista fortasse sic. Pulsus est actio, et inter contraria; sed cum actione est mutua passio: ergo et in pulsu. Percussui verò, quo lux ferit superficiem ex vna plaga, contrarius est repercussus in partem alteram. Virtus enim, et quae mobile appulit, et quae ab opposito repellit, eadem est, quia in puncto inflictus consideratur.

PROPOSITIO XIX

Repercussus fit ad aequales angulos, et eius, quod obliquè incidit, ad latus alterum. Est 10. quinti VITELLIONIS. Nam virtus aequalis aequalem etiam motum praesupponit. Virtus verò in puncto conflictus vna est et eadem; motus ergo etiam aequalis. Sed qui ad angulos aequales, est aequalis. Ad angulos igitur aequales erit mobilium repercussus. Dico et in latus alterum, ab eo vnde erat mobile impactum, si hoc vsu venit. Si enim semper repercuteretur lineâ eâdem; oporteret semper directè esse allapsum per 18. praecedentem. At vt plurimum obliquè illabitur. Quare tunc etiam plaga vnde aduenit, superficiei opponitur obliquè, et non directè; repercussus igitur etiam in plagam oppositam obliquè, non directè. Vel clarius: Cum quid obliquè mouetur versus superficiem, motus is componitur ex perpendiculari et parallelo superficiei. At superficies tantum ei parti obiicitur, quae est in se perpendicularis, non ei, quae est sibi parallelos. Quare nec impedit partem sibi parallelon, sed patitur mobile resiliendo pergere ad partem alteram, sicut aduenerat. Sit CDF. superficies, BD. motus lucis; continuetur BD. in E. secans

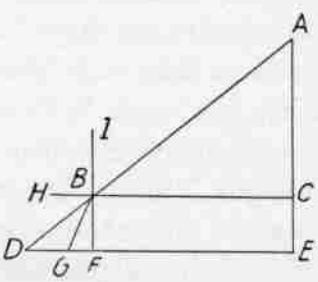
18) qua 24) 25. VITELLIONIS

CDF. in D. et sit CDE. aequalis CDA. Cùm ergo ponatur superficies CD. non impedire motum B. in partes à B. versus AE., non ergo variabit CDE. ¹ angulum. Nam nisi B. in D. repercuteretur, faceret CDE. angulum aequalem ipsi BDF. quia recta esset linea BDE. At non impediens CDE. angulum, repercutit tamen B. in partes BA. Ergo quantum B. non repercussum fuisset concessurum in partes à B. versus AE. tantum eodem concedit, etsi repercutiatur; non autem in E., quia repercutitur; ergo in A. vt CDE. et CDA. sint aequales, sed et BDF. CDE. forent aequales sine repercussu; ergo BDF. incidentiae et ADC. reflexionis anguli sunt aequales.



PROPOSITIO XX

Lux in superficiem medii densioris obliquè illapsa, refringitur ad perpendicularem superficiei. Nam per 14. et 16. lux hîc motui suo contraria, medio similia patitur. At motus lucem spargit, medium ponitur esse densius. Ergo medium impedit, quò minus lux spargatur. Est verò argumentum sparsionis obliqua incidentia; propterea quod in quam superficiem lux obliquè incidit, in eandem continuatam et rectè incidit, ergo inter rectum et obliquum radios angulus interiicitur; angulo verò radii sparguntur. Sit radius obliquus AB. incidens in superficiem in puncto B., agatur tangens illam superficiem, quae sit BC., et ab A. descendat perpendicularis AC. Hic ergo lux ex A. angulo BAC. spargitur ad vnum latus, et quantum lucis intra BAC. angulum fuit in partibus ipsi A. propioribus; tantundem est et in BC. linea. Continuatae AB. in D., AC. in E., vt DE. sit parallelos ad BC., si in BC. non occurrat superficies densior, spargetur lux amplius, eritque iam rursum tantundem lucis in DE. quantum fuit in BC. At si superficies BC. sit densioris medii, sistet hanc dispersionem per 14. idque secundum magis et minus. Lux vero BC. si sine dispersione porrò moueatur, oportebit illam in DE. superficie tantundem occupare spatii, ac in BC.; quare ex DE. resecari aliquam, aequalem BC.; illa sit FE. Nam in ACE. est terminus omnis dispersionis lucis, quia AC. radius in CB. rectus; quare E. communis ter¹minus lineae EF. et ED. erit. Erit igitur BF. parallelos ad CE. et ideo et ipsa perpendicularis ad BC. Lux igitur sine vlla dispersione vsque ad ED. veniens, occuparet spatium EF.; eadem sine vlla perturbatione eousque descendens, occuparet spatium ED., spargens et extenuans se eadem pro-



portione. Ergo cum interuenit medium BC. densius, id dispersionem impediens facit, vt lux medium spatium occupet inter EF. et ED.; sit illud EG. Radius ergo AB. refringetur in B. et infra superficiem densioris medii fiet BG. accedens ad perpendicularem BF., quod erat demonstrandum.

Quaeritur autem, qua facultate fieri possit, vt affectio superficiei pellucidae luci imprimatur? Respondeo luci motus competit per 1., quare et species motus, et accidentia reliqua, impactus nempe in densiorem superficiem, et eius superatio, et nonnulla resistentia à superato. Contingere autem eadem necessariò et in mobilibus physicis, quoties globus in aquam torquetur, dummodo subeat aquam, patet sic. Liceat enim hîc mihi verba Opticorum contra mentem ipsorum vsurpare, et in meliorem sensum traducere.

Sit BC. aqua, AB. motus sphaerulae, continuetur CB. in H. et FB. in I. Cum ergo motus sphaerulae AB. sit quodammodo compositus ex IB. et BH. accidet etiam, vt resistat illi tàm profunditas BF. quàm BH. crassities lateralis. Prius impedimentum tardiorem efficit eius descensum, et retundit, dummodo descendat: posterius verò repellit ipsam à sua linea, vt quia motus erat BD. futurus, repellatur à BH. et fiat BG. Hoc accidere necesse est in proiectilibus, quae à corpore densiore impediuntur. In luce motus illa portio, quae est versus BH. est ille motus extenuationis; quae verò versus IB. vel BF. non variat luci suam, vt ita dicam, materiam; sed tantùm illam defert, cui quidem per 10. non corpus vel crassities BF. impedimentum adfert, sed sola superficies BC. et quidem non aliter, quàm quatenus est densitatis particeps, per 14. Non est autem densitatis particeps in profundum; esset enim corpus, non superficies. Est verò densa in latum et longum, vt in partes BH. (nam respectu huius solius lineae maximè | obliqua est ad ipsam AB.). Et fertur siue attenuatur lux non versus partem BC. sed versus BH. Ergo superficies ex parte BH. resistit huic motui, existitque hinc quasi quaedam reflexio AB. in BG. planè similis illis, quae fiunt in corporibus naturalibus proiectis.

Tentabo eandem comparationem motus physici cum motu lucis, aliis et pressioribus argumentis. Quod enim est in motu physico medium densius, cedens tamen, aut pondus seipso quiescens, mobile tamen impulsu alterius; hoc est in hoc negocio superficies densior, sed quae tamen lucem transmittat, et quodammodo transitui cedat.

Nam vt in motu physico telum interdum cum re, ad quam collimabamus, colliditur, adhaerescentiaque mutuò, pergunt eandem viam vno

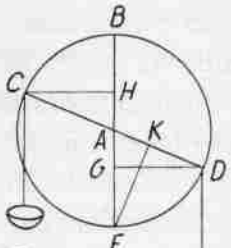
20) densioris

motu: ita idem hîc fit cum luce et superficie densiore, quam lux penetrat, sine tamen materia aut soliditatis dimensione.

Sed video illud de motu physico in hanc vsque diem non satis explicatum, cur in hoc quoque refractio accidat, seu potius deflexio (quod verbum in physico motu magis est proprium) à directa linea motus, ad eam, quae perpendicularis est superficiei obiectae, quoties, quod impulsum facit, obliquè in hanc incidit. Et quia negocium totum librae ratione nititur, deducendum est à suo fonte. Nec enim puto mihi datum iri locum, hanc demonstrationem alibi commodius expediendi.

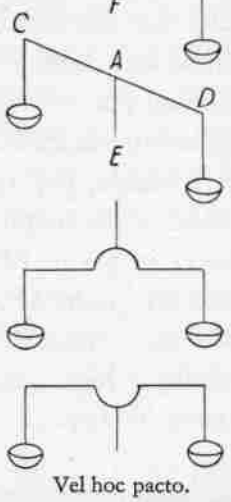
De Librae ratione demonstratio per digressionem.

Quaerit in Mechanicis ARISTOTELES, quae causa sit, cur, si trutina superiore loco sit quàm libra, et exonerentur lances, virgula, quae prius inclinabat, iam restituatur ad aequilibrium: sin autem trutina sit infra, virgula, vt est à ponderibus inclinata, maneat, nec redeat exonerata. Demonstrationem ARISTOTELIS neque IORDANVS repetiit, neque CARDANVS lib. de subtilitate approbauit: non enim substituisset aliam: forsan quia obscura est. 101



Velitatio cum GVIDVBALDO, è Marchionibus Montis Ferrati.

Sed CARDANVS non multò clarior, GVIDVBALDO adeò displicuit, vt pleno libro, quem de libra scripsit, in eum inveheretur. Causa concertationis mihi haec videtur, quod alterum Aristotelici problematis membrum absurdum videtur, et contrarium sensui. Quare dissimulauit IORDANVS, CARDANVS non admodum[1] candidè etiam demonstrare aggressus est falsò acceptum; quod notans GVIDVBALDVS, sensuque conuellens, etiam eam partem, quae vera est citra controuersiam, (quod mirum) visus est negare: culpam cur ARISTOTELES aliique experiundo errauerint, in materiae lubricitatem conferens. 18



Vel hoc pacto.

Trutina erecta sit AB. virgula CD.; aequè ponderent CA. AD. Dico non antiquitati tantum, sed rerum naturae, sed vtilitati generis humani bellum indicere, qui negat redituram CD. ad Horizontis aequilibrium, seu ad angulos cum BA. rectos.

Sic enim plus dimidio à catheto sursum vergere potest, quod fieri ARISTOT. affirmat.

Contra trutina sit AE. inferius et euersa, virgula CD. centrum habens ex CARDANI et GVIDVBALDI imaginatione in A. fine trutinae, et CA. AD. aequiponderent. Dico rursum redituram virgulam ad aequilibrium. Quod si de hoc situ affirmauit ARISTOTELES, manere virgulam CD. semel inclinatam; fatendum omninò erit, lapsum esse experiun-

do: quamuis hoc falsum de vtroque situ sibi demonstrandum GVIDVBALDVS sumpserit. Sed videant eruditi, nullamne interpretationem admittant verba Philosophi: suspicor enim, quaesisse coaetaneos ARISTOTELIS aliqua in libra compendia, inflexâ virgulâ, trutinaque in medio arcus infibulatâ; quo pacto vel dependens à trutina libra, vel incumbens illi, iam inferior iam superior censeri possit, prout arcus sursum vergit vel deorsum. Et tum si centrum virgulae hoc modo superius sit trutina, fieri concedo quod quaerit ARISTOTELES. Causa enim penè eadem est cum illa, quae efficit, quò minus conus angulo insistens maneat, sed euertatur: qui tamen manet ab angulo appensus. [1]

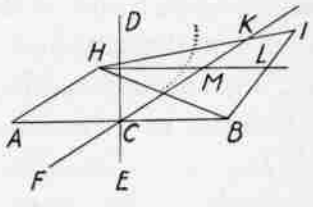
19 Natus autem est error GVIDVBALDO ex falso principio: definiebat aequeponderantia, quae manerent, quomodocunque collocarentur, modo aequalibus à centro lineis.

Velitatio cum CARDANO.

Sed propius ad rem veniamus. Dicit ex ARISTOTELE CARDANVS, grauius esse CA. cum est altius, angulo scil. minore CAB. leuius verò AD. cum est humilius, angulo scil. maiore BAD. et hoc demonstrando titubat. Summa eò redit, angulos addere grauitati, firmamentum ex Mechanicis: nam CAB. acutus est, cuius crura à pondere in C. facilius diuelluntur, quàm BAD. obtusi crura à pondere in D.; vincit igitur illud pondus. Verùm si genuina causa esset, effectus analogiam causae sequeretur, essetque eadem ponderum in inclinata libra proportio, quae angulorum. At hoc falsum est. Aliam itaque causam eminus nobis ostendit CARDANVS, sed demonstrationem non expedit: Quamuis, inquit, C. graue est, naturâque aptum ferri ad Terrae centrum, quàm proximè per AC. amplitudinem potest: tamen non descendit vltra aequilibrium, quia AD. aequipondium cogeretur contra naturam ascendere: Ita principium petitur. Imò, CARDANE, non hoc tantum quaero, sed aliquid amplius: Si omninò, quod grauius est, centro proximè accedere nititur: ergò cum sunt inaequalia in lancibus pondera, cur quod est grauius, non planè locum imum petit, leuius verò planè in apicem attollitur? Ergo causa haec est, eadem nempe quae in statera. Centro A. diastemate AC. AD. scribatur circulus, in eo perpendiculum BAF. Manifestum est, neutrum ponderum in C. et D. vel profundius descendere posse, quàm in F. vel altius attolli, quàm in B. Ac cum vtrumque hâc naturâ sit, vt ad imum tendat, contendantque secum inuicem: partientur secum descensum BF. in proportione, qua ipsa sunt. Ducantur ex D. C. perpendiculares DG. CH. Per ea igitur, quae dicta sunt, erit BH. descensus ponderis C. ad BG. descensum ponderis D. vt est C. pondus ad D. Dico hanc esse rationem staterae. Nam et quia HAC. GAD. aequales, et CA. AD. aequales, H. G. recti: erunt et AH. AG. aequales: quare et residua de aequalibus HB. GF. Vt ergo C. ad D. sic FG. ad GB. Ducatur ex F.

perpendicularis in CD. quae sit FK. Ergo quia CAH. | FAK. aequales, 20
et CA. AF. aequales, et H. K. recti: aequales erunt et CH. FK. Sic et AH. AK. Quare et aequalium AB. AD. AF. residua, id est HB. GF. et KD. aequalia. Et rursum aequalium FB. DC. residua GB. KC. aequalia. Vt ergo C. ad D. sic DK. ad KC. At si CD. virgula sic onerata in K. suspendatur à trutina: Erit ratio staterae, et C. D. aequè ponderabunt, vt in Mechanicis est demonstratum. Patet ergo propositum. Ergo per subsumptionem patet, cur librae brachia reuoluantur ad aequilibrium. Cùm enim aequè ponderent, aequales etiam in circulo fieri descensus par est. Haec obiter et quasi in protheorematis loco. Nunc ad motum 10
physicum, qui communis est luci.

Sit tabula AB. centrum C. perpendicularis per illud ED. quod si globus aut telum ex E. ferretur in tabulam AB. protruderet illam versus D. Aut si AB. essent remi vtrinque aequè longi et ED. flumen. Quia



enim ECA. ECB. recti, brachia AC. CB. in aequipondio sunt sita, et aequali virtute occurrunt impacto mobili. Incidat iam in C. obliqua FC. et continuetur in K. aduoletque ex F. telum aut fluuius in AB. Cùm ergo ACF. angulus minor sit FCB. angulo, non aequali vi 20
pulsabuntur partes AC. CB.; sed plus sentiet ictum, quae plus resistit. Plus autem resistit, quae angulo obtuso, quàm quae acuto obstat. Quare exterior CB. Nam etiam si KC. trutina fiat, CB. fortiorem habet ῥοπὴν versus F. quàm AC. Estque hîc eadem proportio resistentiae aequalium potentiarum in motu violento, quae supra fuit ponderum inaequalium in motu secundum naturam, scilicet non anguli, sed lineae metiuntur eam. Quare in CB. maior est impressio motus violenti. Cum ergo AB. loco mouetur, plus proficit B. quàm A. Dico futurum hoc pacto, vt C. centrum non feratur in linea FK. sed deflectat ad perpendicularem CD. Et AB. remum, tandem ad littus extrusum iri, si arte in hoc AB. situ reti- 30
neatur: Et sagittam CK. transuersali AB. obliquo, à scopo ad sinistram aberraturam. Describatur enim ex A. particula itineris A. fiatque parallelos ad CK. neque enim plus ad dex | tram deflectet, cùm motus ipse 21
violentus non sit obliquior quàm FK. sitque AH. Et super connexâ HB. struatur triangulum, latere vno HI. aequali ipsi AB. altero BI. maiore quàm AH. Et HI. secet FC. in K. Denique ducatur HL. aequidistans ipsi AB. secans FC. in M. Cùm ergo AH. FK. aequidistantes, ab aequidistantibus AB. HL. resecent partes aequales AC. HM. et AC. sit dimidia AB. Ergo et HM. est dimidia AB. Maior verò HK. quàm HM. Maior ergo HK. quàm dimidia AB. hoc est quàm dimidia HI. Centrum 40

3) residua HB. id est GF. et KD.

ergo est inter H. K. et non in K. declinauit ergo ad partes D. quod erat demonstrandum. Quod si AH. sic ducatur, vt versus F. concurrat cum CF. vt sic etiam A è via declinauerit versus sinistram; fiet HM. maior quàm AC. quare HK. multò maior quàm dimidia AB. vel HI. Hoc in omni inclinatione vsuuenit, adeò vt tandem, si mobile proximè aequidistantem lineam ipsi superficiei moueatur, ipsa superficies leuiter icta penè in suam perpendicularem resultet, nisi immanis vis motus illam nonnihil prouehat. Haec itaque physici violenti motus affectio cum suo genere in lucem quoque redundat.

PROPOSITIO XXI

Et repercussi et refracti radii post locum passionis recti sunt. Nam lucis natura est, traiicere rectis, quatenus nihil obiectu superficierum patitur per 4. nec quicquam à medii soliditate patiuntur radii amplius post superficiei traiectum per 10. At motus physici curuantur in arcus, repercussus, quia finita eius virtus, infractus, quia medium etiam soliditate cooperatur: quae in lucem non competunt.

PROPOSITIO XXII

Lux colores illustrans vndiquaque repercutitur et colores illustrati radiant in orbem, vt lux ipsa: fortius tamen in directum. Nam omnia, etiam quae colorata sunt, quadantenus sunt perspicua per 11. et lux colores per soliditatem collustrat per 16. Ergo ex omni latere. Iam verò color est lucis correlatum ad actionem mutuam. Lux verò ferit colorem, idque vndique per soliditatem: Repercutitur igitur quasi à superficiebus vndique. At simul et tingitur per 16. Repercussus ergo radius colorem habet medii seu obiecti: | Color igitur radiat etc. Hinc ea colorata, quae etiam in summo gradu sunt laeuigata, tamen radiant vndique, quod non fieret, si omnis lux à superficie illa vna in plagam vnam repercuteretur, nihilque penetraret sedem genuinam coloris, aut non tingeretur: Lux enim in materia et dispositione interna corporis non in eius nudo termino. Si cui magis placet, is dicat colorum luces potentiales à luce in actum traduci et excitari, perinde vt ille calor, qui est in Zyngibere, accessu humoris stimulatur, seque ipse incendit, et communicare se incipit; quod idem faciunt omnia semina*. De hac quarta lucis specie pauca dicunt Optici. Dicatur nobis lux communicata. Nam lux et repercussa et infracta, est nihilominus illius rei lux, vnde allapsa hoc patitur. At haec lux iam fit quodammodo eius superficiei lux, quam illustrauerat. Est autem eius consideratio maximè necessaria Astronomo.

4) AC. 13) patiuntur amplius

PROPOSITIO XXIII

Lux per substantiam coloratorum pellucidorum descendens quacunque refringitur, et colores illustrati radiant in plagam à Luce orbiculariter: fortius tamen in directum. Cum enim lux colores per soliditatem substantiae collustret per 16., ergo ex omni latere collustrat. At simul transit, quia pellucida. Iam verò color est lucis correlatum ad actionem mutuam. Itaque transiens, colores, sese dilatando, à substantia colorum contrahetur, quod est refringi. Color enim hîc quoque, vt prius, induit naturam superficiei. At simul et tingitur per 16. Refractus igitur radius colorem habet medii. Color igitur radiat post medium. Et quia qui minùs refringitur fortior est, minùs verò refringitur, qui est directo propior, ergo qui sunt directo propiores, fortiores sunt. Hoc igitur pacto fit lux medii colorati propria, eique communicatur.

Corollarium

Causa dicenda fuit, cur, cum Sol aërem vndique aequaliter collustret, quilibet tamen maximum sentiat eius aëris splendorem, per quem Sol radiat proximè, sic vt vna eademque aëris regio alteri sit splendidissima, alteri, cui Sol aliâ sese insinuat, minus splendida; aëri enim sua est albedo seu color. Si causa non diluci dè satis est dicta, lector aliam commiHalones, Parelia, Crepuscula. niscatur. Simul fundamenta hîc *Halonibus et Crepusculis* iecisse videor.

PROPOSITIO XXIV

*Lux repercussa à superficie corporis, quatenus corpus, non coloratur**. Nam per 15. color inest corporibus per materiam, quae tres dimensiones habet; superficies habet tantùm duas. Non est ergo in illa color. Quod autem aliquid coloris miscetur, hoc corpus, cuius est superficies, de suo addit, quantulum quidem non in illum tantum locum, sed et circumcirca spargit.

PROPOSITIO XXV

*Lux per medium transiens coloratum, magis magisque coloratur, et rubicundior exit, quae profundius medium traiecit**. Patet per 16. Quia color obiectu lucis non tantùm in superficie, sed et in corpore est.

PROPOSITIO XXVI

Lucis radii se mutuò neque colorant, neque illustrant, neque impediunt vllo modo. Radii enim per 4. nihil aliud sunt, quàm ipse motus lucis et coloris, nec in illis lux est per 8., sed iam transiit. Sanè vt nec physicus motus alter alterum mouet.

PROPOSITIO XXVII

Lux in eodem medio partim repercutitur, partim infringitur, partim et in colore medii adhaerescit, seu à colore reuibratur, atque ita in tenuiores luces diuiditur. Quatenus enim ferit superficiem, repercutitur per 18. quatenus verò ea superficies est pellucidi corporis, per 10. transit et per 20. refringitur. Dum ergo duo obiecta illustrat, alterum per repercussum, alterum per refractum, vtrumque aequalem ei, per quem directè fuisset illustratura; attenuatur vtique, quia haec definitio tenuitatis. Facit hoc ipsius medii anceps natura. Adiuuat essentia lucis densitatis particeps, quare et in partes tenuiores diuidi potest. In motu physico hoc ita euidens non est, quia materiata et dura omnia, hîc nihil tale. VITELLIO probat experimentis.

PROPOSITIO XXVIII

Luces variae in idem obiectum incidentes et accumulantur et permiscentur, tum inter se, tum etiam cum colore obiecti, quaeque pro suae fortitudinis vel densitatis proportione, vnde nouus existit color, seu potius lux[1] *genita diuersa ab aliis omnibus.* Nam quia quantitatis sunt participes omnes, vti attenuari potuere hactenus, sic iam et accumulari possunt. Non verò hoc in pellucido, quia non sunt in eo, quatenus tale, sed iam transiuerunt illud: sed in obiecto, quia in hoc primùm post egressum è corpore suo consistunt et figuntur. Confunduntur autem, quia per 16. quaelibet à colore obiecti mutuò patitur. Et nouus existit color radians, quia per 15. colores tantùm gradibus lucis et tenebrarum differunt, variant verò hunc gradum luces accumulatae, quare et colorem ipsum.

PROPOSITIO XXIX

Cum est immoderata proportio mutua inter luces ad idem obiectum allabentes: sensus non internoscit lucem debiliorem. Internoscere enim est comparare seu discernere officium sensus visorii. Vt verò proportio, sic et comparatio. Si ergo proportiones colorum seu claritatum omnes internosci possent, cum infinitae sint in magnitudinis incremento, discretiuam facultatem infinitam esse oporteret, quod negant Physici. Omnibus enim facultatibus sensariis certae sunt praescriptae vires.

PROPOSITIO XXX

Luces coloratae in superficiebus iis, quae luci cognatiores habent colores, vt in albis, clariùs apparent quàm in nigris. Cum enim lucis opus sit illustratio, quo patiens suum, vt omnia agentia, sibi simile reddat, eique sit contrarius color seu tenebrositas, vbi colores ad tenebras plus accedunt, vt

nigri, difficilior existit illustratio. Et per 28. 29. nigredo vincit in colore, qui ab illustrata superficie radiat. Minus itaque radiat à nigra, quàm ab alba superficie, minùs igitur et cernitur.

PROPOSITIO XXXI

Posito, quòd ex multis vnum aliquem colorem aequè clarè in nigris percipere queamus, ac in albis superficiebus: quod per accommodationem fortioris lucis ad nigram superficiem praestari potest: iam discrimina colorum illorum iuxta se inuicem radiantium, rectiùs notabuntur in nigra superficie, quàm in alba.* Nam quia alba superficies multam habet claritatem, colores radiantes luci viciniores vehementer clarescent per 28. Et sic obliterabunt colores nigro viciniores per 29. Id non est cum superficiebus nigris, quia sunt potius priuatio lucis. | Sequitur hinc ceu corollarium ad 30. et 31. radios ad nigras superficies allapsos distinctissimè, ad albas euidentissimè percipi: et si superficies sit media inter nigram et albam, cuiusmodi est caerulea, diluta rubeo alba, et similes, ferè aequaliter se habituram et ad colores singulos, et ad eorum discrimina reddenda.

PROPOSITIO XXXII

Lucis proprium est calor. Posset probari lucem esse calidam ex principiis à nobis assumptis. Nam si vita rerum consistit in calore, luxque fouendae illi destinata est, calefacere igitur debuit. At omne agens sibi assimilare nititur id quod patitur. Nitens igitur lux materiam calefacere, ipsa erit calida. Sed stabiliam, quod dixi, experientiâ. Sola namque lux semper et vbique cum aliquo calore est, pro suae claritatis modulo. De Solari luce patet clarissimè, quia haec et clarissima est. De syderum luce claritatis ratio testatur, calorem vniuersorum in minori esse proportione ad calorem vnius Solis, quàm vt ab homine, cuius est certa caloris mensura, vterque simul percipi et iudicari possit. Ex effectibus tamen syderum apparet, inesse in visceribus Terrae sensum ipsorum caloris. Nulla namque potest euaporatio seu frigida seu calida (comparatione ad nos) cieri sine calore aliquo extenuante et sublimante. Apti verò sunt planetae omnes ciere vapores. Omnibus igitur suus caloris effectus. De ignitis rursum res est euidens. De Cincindularum luculâ tenuissimâ negare non potes, quin cum calore sit. Viuunt enim et mouentur, hoc autem non sine calefactione perficitur. Sed neque putrescentium lignorum lux suo calore destituitur; nam ipsa putredo quidam lentus ignis est. Quamuis ARISTOTELES distinguat, concedens illa λάμπειν, negans verò φῶς ἐμποιεῖν: quod si sanissimè intelligas, non est aliud quàm hoc dicere, lucem illam in remississimo gradu esse. Quod si verum est se ipso lucere

Sydera omnia calefaciunt.

Cincindulae.

Putrida ligna.

Carbunculus.

38) remisissimo

carbunculum: equidem et ei et omnibus gemmis tribuunt virtutes, quarum quae sunt in carbunculo, mediante caloris quadam ratione prodire consentaneum erit.

Iam et econtra probandum est, calorem in rebus caeteris vniuersis aduentitium esse, et à lucis calore pendere, ideoque passiuum rectè dici.
26 Patet, quia nihil est, quod à seipso calorem ha|beat, materiatum cùm sit. Id in iis, quae à Sole vel igni calefiunt, manifestum est. Liberata enim praesentiâ caloris vel ignis rursum frigescunt. Qui verò in animantibus est calor, certum, quòd ex arteriis in corpus veniat. Statim enim corpora frigescunt, arteriis interclusis. In arterias ex corde venit, in corde verò non vereor, cuius rei FERNELIVS similitudinem inesse dixit, rem ipsam inesse, affirmare, flammam nempe perennem. Nam cui rei sunt pulmonum folles, aërem afflantes, ne vita intercludatur defectu aëris, vt solet in igne; arteriarum fumaria et pulsus, seu expulsus fumi, ne opprimatur hic igniculus à suo excremento, Cordis latebrosa lampas, Sanguis ex ipso cauae venae caudice per canalem peculiarem in cor traductus, ad instar olei, vnde viuat haec flamma? Non hoc contendo, pulmonum aërem et venae arterialis sanguinem nihil esse nisi merum alimentum huius flammae; nec illud, nihil in arterias transire nisi mera excrementa huius flammulae, sic vt omnia vni cordi ceu principi seruiant. Concedo enim cor ipsum totius animalis ministerio deputatum. Concedo hos quasi reditus in cor tanquam in officinam inuehi, vt hîc elaborata, aliâ per arteriam in corpus vniuersum, ineuitabilis vtilitatis causâ, diuidantur. Interim ipsa attractionis et expulsionis forma, naturaeque machinamentum in valuulis, elata voce clamat, inesse in corde flammam artificem, quae ab ingredientium vectigalibus vitam toleret, excrementa cum iis operibus suis, quibus efficiendis est destinata, cum spiritu scilicet vitali, exturbet per eandem viam: Imò sic esse comparatam naturam vniuersi corporis, et in eo cordis, vt à cordis recrementis corpus rectissimè sustentetur. Nam nisi naturam vrgeret flammulae huius conseruandae necessitas, poterat leuiùs et tranquilliùs inuehere sanguinem in cor, et ab eodem exprimere, vt in epate, nec motu systoles et diastoles fuit opus. Contra si quaeras, quònam modo ignis aliquis, seu flamma in clauso vase rectissimè conseruari possit, quale cor esse necessarium erat? Respondeo, non alio modo, quàm quo cor et conformatum est, et aperitur atque clauditur. Quare non dubito, quin hanc luculam oculis quoque simus excepturi; si nobis contingat exclusa
27 diei luce in cordis latebras | illaesa flamma hac introspicere. Ita calor animalis à luce dependet. Vt taceam, quòd animam per se inuisibilem, luci cognatam essentiam habere consentaneum sit: quo no-

Calor animantium.

Flamma in corde.

Folles.

Fumaria.

Lampas.

Oleum.

Ventilatio et Expiratio.

An lucula in corde?

17) flamma. 22) redditus

mine cum luce in idem caloris consortium veniet, quatenus lux animae soboles.

Calor stirpium.

Inest quidem et stirpibus suus calor, et plantis, at et is quoque ab igniculo, qui quamuis non ita manifestè, vt in animalibus, in stirpibus tamen inest, quod inde patet, quia tandem corpus suum depascitur, in seminibus latens, et vermiculos noctu lucentes generat, et ligna, ortâ tandem putredine, ita inflammat, vt lucula de nocte etiam oculis videri queat.

Calor terrae. Animalis in globo terrae facultas.

In Terra calorem inesse sciunt omnes, animalem inesse facultatem, luci cognatam, caloris tutricem, non omnes fatebuntur, itaque ad ignes Aetneos prouoco, et ad thermas innumerabiles, igneum calorem referentes. Indidem igitur ignis prodit, vnde et calor. In oleis, in sulphure, bitumine, calor inest, sed in potentia, vt et ignis. Nam calefacta sic, vt non inflammentur, remittunt, igne remoto, hunc calorem; incensa verò, manifestè ostendunt, vnde ipsis suus calor, cum deflagrent. Quaedam humore suppetente calefiunt, ac simul se ipsa incendunt, vt faenum. In summa calorem praecedit anima, comitatur ignis siue lux.

PROPOSITIO XXXIII

Lucis calor immateriatus est. Lucis enim comitem fecimus, et luci nulla est materia, vti nunc eam consideramus.

PROPOSITIO XXXIV

Lucis calori in materiam est actio. Nam omnis materia frigida, per 32. lux calida, sunt igitur sub eodem genere. Contrarium igitur patitur à contrario. Id etiam ob materiati et non materiati contrarietatem essentialem. Supra Prop. 10. agebamus de Geometrica actione et passione causa loci, vbi paria faciebant lux et superficies. Hic iam physica est actio non reciproca; nam materia tantùm patitur. Quae verò luci vicissim inferre videtur, Geometrica actione facit, vt globus crystallinus Soli diu expositus tandem calescit, radius per globum diu transiens nihilo est frigidior, quàm initio. [1]

PROPOSITIO XXXV

Calor in materia tempore excitatur. Nam etsi lux comite calore in momento adest, materia tamen, eo ipso quòd materia, tempori subiacet. Calor igitur iam materiatus et passiuus, non nisi tempore gigni potest. Non sic de coloribus, in materiae profundo latentibus. Considerabantur enim vt superficies, ex natura lucis et illustrationis: vnde et illorum à luce illustratio momentanea permanet.

16) at simul

PROPOSITIO XXXVI

Lux res destruit et adurit. Nam per 34. in materiam agit. Similia verò sibi facere nititur patientia, more omnium agentium. Ergo materiam adoriens, in qua rerum essentia consistit, res perimit. Id fit extenuatione et inflammatione, vt fiant omnia lux.

PROPOSITIO XXXVII

Lux colores rerum tempore dealbat. Nam per 36. materiam destruit. At per 15. colorum essentia consistit in materia: qua pereunte color ipsis perit. Dealbat autem, quia (per eandem) alba luci cognatiora sunt, nigra plus tenebrarum et densitatis materiae participia: plus igitur lux habet in nigris, quod tollat. Id verò fit tempore per 34. 35.

PROPOSITIO XXXVIII

Lux nigra faciliùs inflammat quàm alba. Nam per 30. minus radiorum à nigris reuibratur, plus igitur in illis consumitur. Plus igitur lux de opere suo collocat in nigra, quod per 36. consistit in destruendo et inflammando. Hinc orta est opinio, nigris cogi radios, albis dissipari.

† Conclusionis loco notetur hîc sexta tertii VITELLIONIS. Testatur experientia, inhaerescere species visionis fortis in visu aliquantisper, etiam cum remouetur corpus lucidum, à quo species in oculum descenderat. Id adeò, vt etiam confundatur superstes illa species cum coloribus aliarum rerum, ad quos spectandos visus adhuc imbutus transfertur. Id ab experientia traductum huc, probare à priore non possumus. Principia enim sunt adsciscenda plus quàm Optica. Id solùm contra vulgatum 29 loquendi morem notetur, species illas non in humoribus oculi[1] adhaerescere, nec esse lucis vel colorum species: Nam hoc repugnat naturae perspicuorum et lucis, et principiis opticis. Semper enim species cum suo corpore ponitur, cuius est species, et intersepto corpore per opacum aliquid, species vmbra contrariâ perimitur. Sic humores eo ipso quod perspicui sunt, species nunquam suscipiunt, sed transmittunt. At nec in tunicis opacis haeret hoc quicquid est speciei. Rursum enim color nullus, superficies opaca nulla excitur et radiosa constituitur, nisi à praesente et non impedito lucido corpore. Relinquitur ergo, vt illud, quod inhaeret oculo, sit non lucis, sed illustrationis, actionis et passionis species: quemadmodum ab ictu sensus doloris superest, quae species quaedam illius passionis esse intelligitur: quemadmodum et in motu violento species quaedam eius in proiectile commigrat, idque aliquousque prouehit, etiam postquam qui motum dederat, manum subduxit. Cumque omnis sensus per neruos, et qui his vehuntur spiritus, perficiatur, ergo in spiritibus residebit haec visionis species, non in humoribus. Huius affectionis infra fiet necessaria mentio.

APPENDIX AD CAPVT PRIMVM: ET VENTILATIO ARGVMENTORVM ARISTOTELIS DE VISIONE LIB. 2. DE ANIMA CAP. 7.

Eo vanitatis peruenerunt inepta hominum studia, vt nullius opera celebris fiat, nisi qui aut aedificet, aut incendat DIANAE *templum: qui inquam aut muniat se authoritate* ARISTOTELIS, *aut contra eum, quaesita ostentatione, in acie consistat. Quae adeò causa est, cur Opticorum verissima axiomata (hoc capite amplificata) hactenus neglectim fuerint habita, et per hanc Opticorum paucitatem, praeter meritum, Aristoteleis tenebris posthabita, dum vbique regnat* ARISTOTELES, *dissimulantibus Opticis, et sua priuatim libertate contentis. Vt igitur contraria contrariis collatione facta illustrentur, et Aristotelici tandem in Opticorum scholam seu discendi seu contradicendi studio pertrahantur, libuit hic* ARISTOTELIS *de visione commenta ex professo discutere. Propria quidem capitis quinti materia, si voces et titulos spectes, cùm primi capitis materia sit lux et colores, natura priores visu et oculo, quae in quintum caput retuli. Sed ita comparata sunt* ARISTOTELIS *argumenta, vt parùm admodum ex capite quinto mutuandum, caetera rectissimè hoc loco expedienda videantur.*

Primum sententias singulas pensitabo et quae inde sequantur. Deinde seriem integram argumentorum texam, adque ea respondebo. Sunt igitur hae praecipuae sententiae.

1. *Color propriè et seipso fit visus subiectum, et habet in seipso causam cur visibilis existat.*
2. *Lux est actus perspicui quatenus perspicuum.*
3. *Est quasi proprius quidam ipsius perspicui color, cum id verè perspicuum est.*
4. *Non est ignis, neque corpus, neque defluxus à corpore, sed est praesentia ignis aut lucentis etc. in perspicuo.*
5. *Est praesentia in corpore habitus eius, ob quem id perspicuum dicitur.*
6. *Atque haec ita capienda sunt, vt intelligamus, obloqui* ARISTOTELEM EMPEDOCLI, *qui dixerat, ferri lucem tendique rectis lineis inter Terram et, quod nos ambit atque complectitur (coelum), etsi à nobis non animaduertatur id fieri.*
7. *Eadem natura corporis est, quae iam lux est, iam tenebrae.*
8. *Et cum id corpus potentiâ perspicuum est, tunc ibi tenebrae obtinent.*
9. *Itaque non cum actu perspicuum est, sed cum potestate, tunc igitur est et tenebrosum et colorum capax, vtique quia tunc solùm est sine colore.*
10. *Idem et de planè non visis, et de iis quae aegrè conspiciuntur, affirmatur, quod capacia sint coloris.*
11. *Est autem id, quod actu perspicuum est, inter visibilia habendum, non verò seipso, sed per colorem alienum et extraneum.*
12. *Fit autem visio (seu visione naturâ prior motio, quam ego illustrationem oculi dicerem) in hunc modum. Color mouet id quod est actu perspicuum,*

vt aërem, ab hoc verò sic moto, quia continuum corpus est, vicissim mouetur et visus instrumentum, seu oculus.

13. *Atque haec vna species est visionis, dum color scilicet videtur, in luce scilicet, nunquam seorsim, quia lux est energia perspicui.*
14. *Itaque fit visio (motio instrumenti quam sequitur visio) cum sensorium instrumentum aliquid ab intermedio patitur.*
15. *Neque enim patitur aliquid oculus (non mouetur inquam, aut alteratur paries oculi) ab ipso, qui videtur, colore.*
16. *Adeoque si spatium intermedium contingeret relinqui vacuum corpore, nihil videri posset.*
17. *Analogia enim est inter visum, auditum et odoratum, ratione intermedii.*
18. *Est autem et alia species visionis, qua non colorem sed alia cernimus. Quo nomine igni et Soli inest vnum et idem quippiam.*
19. *Neque omnia in luce cernuntur, sed aliqua et in tenebris efficiunt sensionem (seu praecedentem hanc motum instrumenti).*
20. *Nam etiam ab igne perspicuum (in potentiâ) fit perspicuum (actu).*
21. *Et quae noctu seu in tenebris cernuntur, eorum aliqua splendent quidem, lucem verò non ingerunt.* λάμπουσι μὲν ἀλλ' οὐ φῶς ἐμποιεῖ.

Ex his aphorismis apparet, quod maioris euidentiae causa dico, vt fiat necessaria[1] *visui motio instrumenti, ad colorem videndum duos ab* ARISTOTELE *motus requiri aëris seu huiusmodi corporis: vnum à luce, vt ea perspicuum in actum traducat (qui motus pro videndo lucido corpore sufficit) alterum à colore rei visae.*

Quod igitur primam attinet sententiam, ea quidem vera est, si tamen et definitio coloris legitima supponatur. Ideo namque color est instrumenti visorii ad mouendum potens, quia de natura lucis est. Itaque luci primò et per se competit, parietes (et sic oculum) alterare.

At nec sufficit ad hoc colori esse luci cognatum, oportet et actu illustratum esse à luce, et sic lucem quandam combibisse, quae hoc capite lux communicata dicitur.

Secundo aphorismo definit ARISTOTELES *lucem, non in sua natura, puto, sed quatenus ad videndi negocium concurrit. Etsi verò impossibile videtur, ipsissimam lucis naturam penitus rimari: praestat tamen aliqua, propius ipsam lucis naturam concernentia, rimari, priusquàm ad lucis functionem procedatur. Certum enim est, tunc rectissimè nos scire quid quidlibet possit in alio, cùm quid in seipso sit intellexerimus.*

Idem et de perspicuo dicendum: Quod hic definit ARISTOTELES *non aliter, quàm si nominis reddat rationem. Perspicuum enim aliquid tunc est, cum per id perspicitur, et pellucidum, cum quibusdam luminibus pellucet. At neutrum fit nisi in luce. At multò propius ad naturam rerum accedit, qui dispositiones*

indicat, quibus praesentibus corpora pellucere apta sint, seu praesente luce seu absente. Certum enim est, accessu lucis naturam corporum non mutari: et tamen alia corpora vtrobique tenebrosa manent, alia tantum absente luce.

Ita in tertia sententia fit vtrique vis, et luci et pellucido. Nam ita sonant verba, quasi lux in natura sit, primo pellucidi causâ: quod secus est. Lux enim est colorum illustrandorum causâ: pellucidum verò vtriusque causâ, scilicet vt colores ab vno Sole absente illustrari possent. Non itaque lux est actus perspicui, sed actus potiùs colorum, quatenus videntur, seu radiant.

In quarta discere cupio, si lux (vel, si cum SCALIGERO *libet distinguere, lumen) non est defluxus à corpore lucente, quomodo sit igitur praesentia eius in pellucido. Si Sol est in aëre praesens, et tamen affixus in coelo, per effluxum igitur in aëre praesens erit. Nisi fortè occultae philosophiae quippiam in his admirabilibus latet verbis: quod quidem admiretur incognitum cui lubuerit, doctrinae cupidi verbis inanibus non satiantur. Adde quod secundum demonstrata hoc capite radius in perspicuo (quatenus perspicuum) non est, sed fuit, vel quasi fuit. Est verò in solis rerum coloribus et superficiebus.*

Ita quintam omni respectu nego. Siue enim nominis apices sectamur, equidem perspicuum actu non est, nisi per quod lux transitione facta in parietem impingit. Tunc igitur lux non est illius habitus praesentia, sed aliquid amplius hâc praesentia. Nominis enim origo non est à luce ipsa, sed à motu lucis per corpus, aut visus per corpus. Seu magis natura perspicui placet, adeo distincta sunt lux, et perspicui forma, vt ne quidem sub eiusdem generis physici complexu esse possint: cum de perspicuo negetur color, hoc | *est, omnimoda lux, negetur superficies, quae non negatur de luce, negetur denique densitas, quae ipsa etiam luci relinquitur.*

Neque de sexta aliter sentio, quàm hoc, quod sub EMPEDOCLIS *persona ipsa veritas sit locuta, dummodo hoc excipias, lucem sic extensam à Sole in terras vsque, pro materiae densitatis et opacitatis proportione in intermedio adesse, hoc est, in perspicuo, quatenus perspicuum, non adesse: hancque causam esse, cur à nobis non deprehendatur.*

Septima et octaua aestimentur ex praemissis.

At in nonâ non ideò sequitur coloris capax esse perspicuum, si colore caret. Non inest enim perspicuo, quatenus hanc corporeae naturae speciem retinet, potentia ad recipiendum colorem, et sine tali potentiâ simplex negatio rei, vt notum est, non ponit habitum. Imò perspicuum quò magis contingit colorari (cùm nihil sit absolutè perspicuum) hoc minùs erit perspicuum.

Decima rebus in tenebris latentibus colores planè negat. Rursum eadem querela est, quae de perspicuo fuit, quasi colores non sint nisi cum videntur. Vulgus, ipso fatente ARISTOTELE, *dicendi magister est, vulgus itaque colores non tam arctè sumit. Quod si dicas, ipsum hic definitionem coloris noluisse latiùs extendere, quàm quatenus ad visum faciunt: dico rursum, quòd antea prius rei natura*

in sese consideretur, tunc quid illa possit in alia, rectissimè inquiretur. Nam hoc pacto quidem confunduntur et obscurantur res. Color igitur rebus inest ipsis realiter, etsi non illustrentur, proinde nec radient nec videantur. Nec pellucidi illustratio facit, vt colores moueant pellucidum, sed colorum illustratio facit, vt transeatur medium dicaturque verè pellucidum.

Vndecima perspicuum etiam inter visibilia habet, quae sunt conspicua. Opponuntur autem conspicua et perspicua, ita vis infertur nomini. Quod rem attinet, color seipso conspicuus est, ARISTOTELE *teste, color verò, quatenus is actu conspicitur, est accidens superficiei, non corporis, quod eidem placet: ergo solae superficies per colorem fiunt conspicuae. Pellucidum verò corpus est, non superficies: pellucidum ergo nequit colore conspicuum fieri ex principiis Aristotelicis. Nisi hic alia notione vocem coloris sumas, quo pacto plurima orietur ambiguitas.*

Iam in duodecimâ sanè quàm plurima desideres. Primum enim si ad motionem seu alterationem instrumenti sensorii non plus requiritur, quàm vt quicquid est inter colorem et instrumentum sit actu perspicuum, hoc est actu in habitum lucis traductum: ergo colores planè nihil illustrati videbuntur. Id autem nulla experientia probari potest, vt aëre vndique luci peruio, colore verò non illustrato fiat visio coloris. Datur enim casus. Luceat solus Sol tangatque anteriori margine superficiem, in qua color: sitque reliquo corpore post illam, si continuata fingatur. Non poterit igitur illustrare superficiem quam extimo radio radit, at omnem antepositum aërem illustrabit: visio tamen non sequetur, quamuis oculo in aëris illustrati spatio constituto. Contrarium potiùs testatur experientia: vt quò fortiùs illustratur color aliquis, hoc cernatur (id est reluceat) euidentiùs, idque continuè. Ergo vbi nulla coloris illustratio, nulla etiam eius visio, quicquid fiat perspicuo. Ita et de perspicuo testatur experientia, quo magis in ipso lux*[1] *animaduertitur, hoc magis impediri colorum visionem, qui trans illud sunt, quia inhaesio lucis in perspicuo destruit definitionem perspicui.*

Quod si quaeras ex ARISTOTELE, *quo ex genere motus sit, cum color mouet actu perspicuum, et cum hoc mouet oculum, dicet opinor alterationem cap. 5. Si quaeras secundum quam qualitatem, secundum colorem oportet vt respondeat. Ergo perspicuum à non colore in colorem, et rursum à viridi in rubeum et atrum traducitur. Idem igitur perspicuum eadem sui parte omnibus omninò coloribus erit imbutum, et tamen mouebit diuersos visus non illa colorum confusione, vt colorum confusionem videant eandem omnes, sed, quod experientia testatur, hunc faciet videre viride, alium nigrum, tertium rubeum. Quaeso autem qua ratione pellucidum hoc praestare poterit? Et quomodo in momento tanta aëris profunditas alterabitur, imo quomodo tot colores sustinebit eadem parte sui? Itaque cùm non sit adaequata haec commentitia causa effectui, neque secundum varietatem visionum vno et eodem momento varios et ipsa modos accipiat, pro nulla habetur. Amplectamur ergo veram sententiam hoc capite descriptam, et irre-*

6) visilia

futabilibus experimentis stabilitam, à Sole scilicet, et à coloribus Sole illustratis, defluere species consimiles, ipsoque fluxu attenuari, donec in medium quacunque ratione opacum incidant, ibique suum fontem depingant: fierique visionem (quod infra cap. 5. dicetur), cum opacus oculi paries hoc modo pingitur, confusam, cum confunduntur ibi picturae variorum colorum, distinctam, cum non confunduntur.

Nisi enim talis defluxus, specieique defluentis attenuatio adsciscatur, numquam Aristotelicis principiis efficietur, vt oculus aliter afficiatur visione remotae rei, aliter propinquae, quantitate visa et colore viso in pari gradu per compensationem constitutis. Vide de hoc etiam cap. 3.

Sententia 13. verum hoc habet, colores non nisi in luce videri, at causam assignat falsam, dum lucem perspicui causâ introducit, quae, vt dixi, nocet potiùs perspicuo. Lux autem ideo requiritur ad colores videndos, quia colores non radiant, aut speciem emittunt in hemisphaerium, nisi illustrentur luce Solis aut facularum.

Ita sententia 14. planè peruertenda est. Quo plùs oculus patitur (visionis causâ) ab intermedio, hoc minùs rectè et perspicuè res trans illud videbuntur. Tunc itaque perfectissima fit visio, cum oculus planè nihil ab intermedio patitur.

Et 15. planè oculus à coloris specie per corpus pellucidum transeunte alteratur sine ope pellucidi.

Et 16. si planè vacua esset regio coelum et Terram inter, omnium accuratissima fieret visio eorum, quae in coelo iam videntur (non tamen, quod ille Philosophus dicebat, formicae in coelo, impediente hoc imbecillitate instrumenti). †

Itaque videant alii, quid de analogia sensuum sententiâ 17. introductâ sit sentiendum. Quid si enim analogia sic potiùs formetur, vt, postquam nobis de visu constat, iam ad eius normam et de auditu, deque odoratu disputemus. Et de odoratu quidem nemo negabit effluere quippiam odoris ex ipsa substantia rei, recipique in nares, idque tantò sentiri fortiùs, quantò medium, et distantia minuitur: adeò nihil ad informandum | *sensum confert hic medium. Quinimo tempore sistitur fluxus iste, substantiâ vacuatâ et arescente fonte. Quodque attinet proportionem huius effluuii ad medium, scilicet ad aërem, odor ignis rationem habet, sursumque ab aëris faeculentia expellitur. Id cùm alibi tùm euidentissimè in Carinthiae montibus excelsissimis et planè caluis animaduersum est. Vêre namque per eos ambulantes suauissimus quidam et planè ambrosius odor ex subiectis florentibus vallibus excipit.* 34

Circa auditum perplexior quidem est ratio emanantis speciei ictus, quàm odoris, facilior tamen quàm coloris. Lucis enim motus in momento est. Ictus verò species tempore dimanat: plus igitur se ad materiae rationes accommodat. Et quod medium attinet, quaero rursum quod antea: Si medium est ad informandum auditum, cur puro aëre latiùs sonus spargitur, nunquid quia materia sonum impedit? omne verò medium, quò magis medium dici meretur, hoc magis

materiatum est? Cur item si medium format auditum, rectiùs è propinquo haurimus sonos quàm eminus? decuisse namque puto, vt causâ auctâ augeretur effectus. In vniuersum itaque sensiores omnes fiunt, cum patitur instrumentum. Vt verò à rebus absentibus pati possent, effluxuum ratio introducta est, vt quod à rebus ipsis non potuit, à speciebus praestaretur. Media verò sola naturae necessitate sunt, ad excludendum vacuum. Quae cùm effluxibus essent impedimento futura, depurata et distributa sunt: pellucida scilicet sunt facta, hoc est attenuata, continuata et decolorata, vt lux posset commeare, et odorantia sonantiaque in aëre constituta, vt et hae species spargi possent.

Sequentes quatuor sententiae contradictionem habent, quam Aristotelicis relinquo discutiendam. In 18. *quidem nihil desidero, commune quippiam habere ignem et lucem coelestem. Et sententia* 19. *ab experientia est desumpta. Sydera, ignis, ligna putria, et huiusmodi de nocte cernuntur. Quodque* ARISTOTELES *sententiâ* 20. *igni tribuit suo modo, tribuo et ego meo. Ipsi et ignis informat medium, de quo supra, mihi et ignis illustrat colores. At facit hoc ideo* ARISTOTELI, *quia* φῶς ἐμποιεῖ, *et* φῶς *est energia perspicui. Verum (sententiâ ultimâ) non faciunt hoc ligna putria, haedina salita, quae tantum (*λάμπουσι*) splendent. Ergò haec cernuntur, aëre non actu perspicuo: lux enim est actus perspicui, et haec abest. Hic ergo nihil oculus à medio patitur. At nec à re ipsa, quae distat. Sed nec ab effluxu, quem negat* ARISTOTELES. *Fit igitur visio nihil patiente oculo. Potest idem et sententiae* 14. *obiici. Si omnino sine externo medio visio non perficitur, qui fit vt quis suorum oculorum nocturnam scintillationem videat, quae intra oculum est? Si dicas humorem oculi esse pro medio, regero ego, posse etiam esse loco medii ad rem externam videndam, cum illa contingit oculum. Haec autem quò minus videatur, causam affert* ARISTOTELES, *defectum medii externi.*

Satis hinc patet, omnibus penè sententiis dissidere Opticos ab ARISTOTELE. *Oportet ergo in ipsius argumentationibus vitium inesse, quas iam ponderabo.*

Series haec est.

I. In omni sensu τὸ αἰσθητήριον *ab aliquo* αἰσθητῷ *mouetur. Est enim sensus passio, non quidem quae ad* φθορὰν, *sed quae à potentia in actum, similis* ἀλλοιώσει, *non tamen* ἀλλοίωσις. *Cap.* 5.[1]

Visus est sensus. Ergo et in visum mouetur τὸ αἰσθητήριον *ab aliquo* αἰσθητῷ.

II. Color si oculo admoueatur, non videtur. Ergo medium requiritur vt interueniat in visione. Id roboratur analogiâ caeterorum sensuum.

III. Igitur aut color est, aut medium, quod visum mouet. Non verò color. (Intelligo quia interiecto medio, non tangit τὸ αἰσθητήριον, *nullus verò motus sine contactu.) Relinquitur ergo medium, quod moueat* τὸ αἰσθητήριον.

IV. Quod mouet non per se, id mouet, quia prius ab alio mouetur. Medium mouet visum, non per se, quia colore vacat ipsum. Mouet igitur motum prius

ab alio, scilicet coloratum à colore, siue, quod idem est, color (visibile confessum) mouet medium.

V. Color mouet medium ad visum, quod pellucidum dicimus: at color non mouet medium quodcunque, si in tenebris existat (intelligo, quia in tenebris visio nulla sequitur). Ergo medium tenebrosum non est pellucidum: seu quod idem est, aër et huiusmodi, in tenebris nondum est pellucidus.

VI. Cuius tenebrae sunt priuatio, eius lux est habitus, quia haec δοκεῖ ἐναντία. *Sed tenebrae sunt priuatio pellucidi, vt modo conclusum, ergo lux est habitus seu actus pellucidi.*

Responsio ad haec argumenta.

Primum approbo. Solum hoc obiter addo non debere tam sollicitè cauere ARISTOTELEM, *ne visio affectet aliquam* φθορὰν: *quasi hoc indignum sit de eo sentire, quod datum est animantibus ad salutem. Omninò namque, quod hoc capite ostensum est, lux capitales inimicitias exercet cum omni materia, praecipuè cum nigrorum familia, quae sunt quasi materiatae tenebrae. Oculus verò et materiâ constat et niger est. Ergò corrumpitur à luce paulatim. Hinc dolor ab inspecto Sole: hinc oculorum senium ex parte.*

Ad II. De colorum visione inductio facta est. Instantia verò datur de visione scintillationis oculorum; de visione speciei inhaerentis in spiritibus post remotionem visibilis rei; de visione impuritatis humorum oculi post capitis dolores. Ergò non potest de omni visione concludi: non est igitur conclusio vniuersalis. Sed et plus est in conclusione, quàm in praemissis. Quid tum enim si concedatur semper inter colorem et visum interesse aliquod medium, nondum tamen sequitur, planè requiri medium ad informandam visionem seu ad mouendum visum.

Nam cur minùs cernantur colores oculo planè admoti causae redduntur aliae. 1. *Si color, hoc est, superficies rei visibilis tangeret oculum, doleret oculus.* 2. *Vnius saltem oculi vsus esse posset.* 3. *Nec plus de colore cerni posset, quàm quantum intra circulum pupillae foraminis includi potest.* 4. *Praecipuum est, quod per contactum oculi et videndae superficiei excluditur omnis illustratio coloris, sine qua nequit fieri visio: nisi quantum luculae obtinent quorundam animalium oculi.* 5. *Subesse insuper aliam causam, quam vel hactenus dictum vel* ARISTOTELES *autumat, cur res oculum tangens non videatur, patet hinc quod etiam cum res nimium propinqua fit oculo, quantumuis supersit aliquid medii externi, tamen confusè et penè non cernitur, sed circumdatur limbo indiscreto et penè vmbratili, cuius rei causa infra capite quinto explicatur. Nocet itaque nuda propinquitas, etiam sine respectu medii, quod etiam senum oculi arguunt, quibus res eminus cernuntur rectiùs, quàm è propinquo.*

His ergò causis experimenti adducti suppetentibus, non licet conclusionem ad vnam aliquam, multò minus ad aliam praeter has restringere, idque tantò magis, quòd hic fundamenta visionis explicandae struuntur.

Ad III. Est insufficiens enumeratio in maiori. Nam neque corpus Solis vel coloris, neque medium mouet oculum, sed species seu lumina, seu radii Solis et colorum per medium descendentes et orbiculariter in hemisphaerium vibrati. Est enim vnus et idem modus visionis omnis, siue Solis, siue coloris, siue ignis, siue τῶν λαμπόντων, *quod alterationem parietis oculi attinet. Sola haec est differentia, quod colores prius illustrari oportet, reliqua seipsis illustria sunt. Sol etiam et ignis alia illustria reddunt.*

Verùm ARISTOTELES *videtur hoc pro confesso assumere, quod species tanquam nudum accidens, non possit excitare aliquam motionem, nisi quatenus in subiecto aëre pellucido inhaeret. Hoc verò falsum est, vt hoc capite ostensum. Nam luminis seu radiorum ab illustribus descendentium sunt certae passiones, quatenus lumen, non quatenus in pellucido aëre inhaeret, cuiusmodi sunt emissio et extenuatio, iisque contrariae, repercussio et refractio seu condensatio. Ergò nihil prohibet eiusdem etiam actiones quasdam esse, nempe, experientiâ teste, illustrationem et alterationem parietum, quibus non tantùm affunduntur colores seu lux, sed etiam imprimuntur et contrarii destruuntur.*

Subire autem lumen defluens passiones istas sine beneficio hospitii seu pellucidi, sic probo. Repercussus fit respectu loci, et sine tempore, at nulli corpori materiato motus localis sine tempore competit.

Quid si verò dicat aliquis, ARISTOTELES *motum hunc seu affectionem pellucidi analogicam non planè physicam asserit? Respondeo, sensus igitur Aristotelicus coincidet cum sensu Opticorum, different tamen verba. At cur non potiùs naturam rerum imitatus in luce statuit motum analogicum? Nam quod audio ab aliis: Lux seu species merum accidens motionem nullam sustinere potest. Regero ego ex eadem Philosophia, corpus in momento moueri non potest. Quale itaque corpus lucis (sine materiâ), talis et motus (sine tempore), vtrumque analogicum.*

Summa, videtur ARISTOTELES *distinguere inter speciem colorum et* τὸ φῶς, *cùm tamen ab omni colore, cum videtur, lumen spargatur.*

Maiori itaque dissoluta, neque conclusio sequitur. Quare ad IV. facile respondetur, cuius minor fuit in III. conclusio, et inuenta est falsa. Medium enim neque per se, neque ab alio motum, visum mouet. Nec vllo sensu conclusio vera est (destructa praemissa) nisi si quis transitionem passionem dicat, cùm tamen, quò expeditius transitur medium, hoc minus patiatur, nec vllâ in parte patiatur, nisi in vtraque superficie, quo respectu medium esse nequit. Nam ARISTOTELES *vt traduceret species colorum vsque ad contactum* | *oculi, corpus solidum interiecit, idque totum moueri à colore voluit: binae verò terminantes superficies non sunt corpus interiectum.* 37

Hinc et V. refutatur, quia pendet à quarto. At neque si ex meis principiis informetur, bonum erit, in hunc modum. Lux transit pellucidum, at non transit tenebrosum, quae ergo in tenebris, non sunt pellucida. Nam petitur principium,

quia hoc ipsum facit tenebras, cum lux abest à pellucido. Nec pellucidum ab ipso actu nomen habet, quasi non sit eius naturae, quod non actu pellucet. Pelluceret enim, si lux adesset.

Iam VI. est indifferens. Respondetur ad minorem per distinctionem. Essentia pellucidi, quatenus pellucidum, non est lux, seu praesens, seu absens, sed sola dispositio interna corporis. Tenebrae non priuant pellucidum hac essentia, quare nec lux eam ponit. Sed si pellucidum idem sonet, quod pellucens, tenebrae vtique indicant, non pellucere, lumen igitur nomen ipsi conciliat pellucentis. Sed hoc pacto lumen non est aliud quippiam quàm species à coloribus manans, nec seruit intento ARISTOTELIS, *qui* τὸ φῶς, *actum pellucidi, facit naturâ et intellectu prius specie coloris, prius enim ipsi pellucidum in actum perducitur ab informante* φωτὶ, *postea color mouet hoc actu pellucidum, eique speciem sui imprimit.*

Expecto quid Academici contra sint allaturi, quomodoque honorem sui Magistri (quod ipse non petiit vnquam) veritati praeferre sint attentaturi. Caeterum quisquis es, cui mecum contendere lubuerit, scito indignum hac palaestra habitum iri, nisi Cameram meam sequente capite 2. *descriptam fueris ingressus: quae sola* ARISTOTELI *defuit. Quam si tu monitus negligas, non eadem excusatio te tuebitur, quae* ARISTOTELEM.

Infra Cap. 5. *Nu.* 4 *dum examinatur sententia I. B.* PORTAE, *inuenies huius disputationis summam et compendium.*

CAPVT II

DE FIGVRATIONE LVCIS

Radium Solis, per quamcunque rimulam intromissum, circuli formâ in planum obiectum incidere, res est omnibus obuia*. Hoc sub tectis dehiscentibus, hoc in fanis, pertusis fenestrarum vitris, hoc sub qualibet arbore conspicitur. Huius ergo rei miraculo ducti veteres, in causas inuestigandas incubuerunt. Caeterum, qui veram problematis demonstrationem legitimè expediuerit, hucusque mihi visus non est. VITELLIO ante trecentos an[1] nos voluit, id accidere propter nescio quam radiorum aequidistantiam. Itaque propositionem 39. libri secundi demonstrat per 35. eiusdem. At defectum huius suae demonstrationis ipse non dissimulat, prop. 35. *forte*, inquiens, *ad istud multum cooperatur proprietas radiorum*. In his versans ambiguitatibus, ostendit se causam veram, quae ex altera demonstrationis eius parte obscurè colligitur, non intellexisse.

† Hunc secutus IOHANNES PISANVS, Episcopus Cameracensis, aliorum sententias, et inter has ipsam verissimam causam, quod mirari possis, reiicit, ipse se in latebras arcanae lucis naturae cum VITELLIONE recipit, lib. 1. prop. 5. HARTMANNVS, qui PISANVM edidit, et demonstrationum defectus tollere instituerat, haesitationem istam reliquit. Etsi verò PISANVS verba affert aliorum, quibus vera causa explicatur: *Alii*, inquiens, *assumunt vt causam remotam Solis rotunditatem, radiorum autem intersectionem vt propinquam:* ipsa tamen demonstratio, quam proximè subiungit, ex eorundem proculdubio authorum sententiâ, veritatem rursum tegit, et alium verbis hisce sensum tribuit, quàm habere possunt. Idem propemodum † accidisse ARISTOTELI credi potest, qui cùm in problematis sectione 15. cap. 10. quaestionem mouisset, *cur si deficientis Solis radii per folia platani, aut per compositos in transuersum manus vtriusque digitos transirent, lunulas in pauimento effigiarent:* veram quidem causam affert: *Conos*, inquiens, *duos verticibus in angustia rimarum coire, quorum alterius basis in Sole, alterius in pauimento sit, itaque necesse esse, vt Sole à superiore parte in speciem nascentis Lunae attenuato, radius infra à parte contraria idem patiatur.* At cap. 5. cum hoc ex professo quaerit, quod cap. 10. loco principii sumserat, *cur radius per quadrangula ingressus, non quadrangula, sed circularia constituat schemata;* causam partim in visus imbecillitatem confert, *vt qui radios eos, qui in angulos fenestrae secedunt, prae claritate eorum, qui mediam fenestram transeunt, comprehendere nequeat*, partim ad ipsam visionis formam prouocat, *quod fiat visio exeunte cono radioso ex oculo, cuius basis est circulus.* Qua impertinentis nec in opticis approbatae causae allegatione tenebras rursum inducit illis, quae cap. 10. ex his deducit; adeò vt 39 ARISTOTELEM nec VITELLIO [1] nec PISANVS, nec quisquam posteriorum, quod sciam, intellexerit.

Mihi ante annos complures ex PISANI tenebris aliqua lux affulsit. Cum enim sensum verborum adeò obscurum ex schemate in plano comprehendere nequirem: confugi ad αὐτοψίαν in solido. Librum in sublimi locaui, qui esset loco lucentis corporis: hunc inter et pauimentum figebatur tabella foramine multangulo; filum deinde ex vno libri angulo per foramen in pauimentum demissum, ita incedebat in pauimento, vt terminos foraminis raderet, cuius vestigia cretâ imitabar; qua ratione creabatur figura in pauimento similis foramini. Idem accidebat, annexo filo ex altero, tertio, quarto libri angulo, adeoque ex infinitis marginum punctis. Itaque infinitarum in pauimento foraminis figurarum exilium series adumbrabat magnam et quadrangulam libri figuram. Patuit itaque concurrere ad problema demonstrandum, rotunditatem non radii visorii, sed ipsius Solis, non quia haec perfectissima sit figura, sed quia haec lucentis corporis figura sit in genere. Hic primus est in hoc labore

successus. Caeterum et ARISTOTELES, et is quem dixi PISANVS, ad enodationem argumenti pulcherrimum experimentum afferens, de Solis deficientis radio similiter deficiente, cum is per angustum foramen recipitur: occasionem REINHOLDO, GEMMAE, et MAESTLINO Praeceptori meo subministrauit, accommodandi theorema ad vsum non minus nobilem. Nam hi à me nominati authores docuerunt Astronomos Eclipsium Solarium quantitates, diametrorum Solis et Lunae proportiones, et circuli per luminum centra traiecti ad verticalem inclinationes, citra oculorum damnum, citraque errorem, qui solet nuda aestimatione committi, circino dimetiri. Ab eo igitur tempore, quotquot Solares Eclipses à praestantibus Mathematicis annotatae sunt, modo iam dicto obseruatas esse verisimile est: cum praeter hanc nulla alia certa rei, quae in coelo fit, metiendae ratio possit institui.

Verùm hîc operae pretium est, videre, quantum incommodum habeat ignorata theorematis demonstratio. Haec enim cum authores aliquos fugerit, factum est, vt theoremati sine limitatione credentes in magnum errorem inciderint. Etenim | quotquot hoc modo obseruatae sunt Eclipses, omnes illae multò maiores in coelo euenerunt, quàm apparuit in radio, omnes diametrum Lunae in coelo multò maiorem exhibuerunt, quàm in radio. Hinc est, quod Phoenix ille Astronomorum, TYCHO BRAHE, mirabundus in has coactus fuit angustias, vt diametrum Lunae quintâ semper parte minorem esse pronuntiauerit in coniunctionibus, quàm apparet in oppositionibus, quamuis vtrinque aequè à nobis absit. Non tamen negarim, alias etiam subesse causas, cur reuerâ nonnihil minor appareat Lunae diameter in coniunctionibus, de quibus infra.

Tantas difficultates, quae aditum nobis ad Eclipsium praescientiam, et ad exactam motus Lunae restitutionem obuallant, spero me his pagellis tollere, demonstratione theorematis expeditâ, et apertis errorum fontibus, qui mihi ex accurata consideratione deliquii Solaris, quod anno 1600. contigit, sese conspiciendos exhibuerunt.

DEFINITIO

In vna superficie lucente esse dicuntur omnia vel earundem verè, vel diuersarum superficierum puncta, à quibus ad vnum aliquod remotum punctum lineae rectae duci possunt, pyramida facientes, propterea quod pyramis illa perpendiculari plano vnico secari intelligitur.

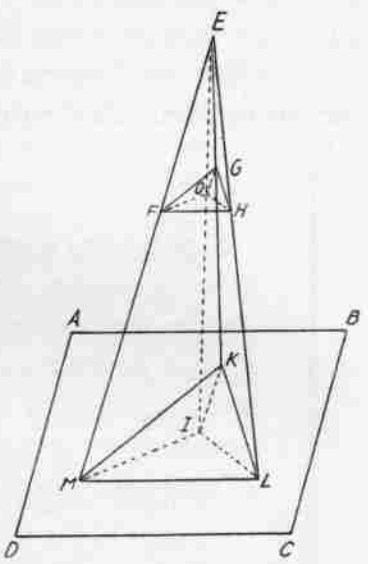
PETATVR

Binas ex eodem lucente puncto ortas lineas illuminatorias, etsi reuerâ concurrant in hac sua origine, si tamen immanem habeant proportionem ad basin, quâ vtraque connectitur, tùm aequidistantibus ad sensum aequiparari.

PROPOSITIO I

Si vnicum ad sensum punctum esset, à quo lux spargeretur, radius in pariete rectè obiecto figuram habiturus esset similem fenestrae, per quam recto illapsu fuit ingressus; eademque proportio foret dimetientium parietis illustrati et fenestrae, † *quae est discessuum vtriusque à lucente puncto.* Est 99. et 100. primi VITELLIONIS.

Paries vel planum esto ABCD. punctum verò lucens E. in sublimi, et fenestra cuiuscunque figurae, quae iam sit FGH. inter vtrumque 41 interiecta; descendat verò perpendicularis per corpus | translucidum, vt aërem, ex E. in vtrumque et O. centrum 10 fenestrae FGH. et planum ABCD. quae sit EI. Dico partem superficiei ABCD. illustratam ab E. puncto lucente, habituram figuram similem fenestrae FGH. hoc est itidem triangulum in praesentia.



DEMONSTRATIO

Cum igitur tota regio fenestrae FGH. et omnia eius puncta sint obuia puncto lucenti E. nec interiectum opacum quippiam, cadent in omnia haec puncta radii ex E. 20 per secundam primi capitis. Quare sic etiam per infinita puncta marginum fenestrae infinitae ducentur lineae rectae radiantes. Habeat FGH. fenestra terminantes lineas rectas quotcunque. Sit vna earum FG. termini igitur huius lineae F. et G. quibus ex E. connectuntur duae rectae: quare per 2. vndceimi FGE. sunt in eadem superficie. Et per 1. vndecimi, omnia puncta linearum, FG. EM. EK. rectarum, et quotcunque ab E. descendunt in FG. sunt in vna superficie. Iam EOI. radius ponitur vtrique superficiei FGH. et MKL. perpendicularis. Ergo per 14. vndecimi parallela plana erunt. Quare 30 per 16. eiusdem, sectiones duae FG. et MK. eiusdem plani MEK. cum duobus parallelis FGH. et AC. erunt paralleli. Idem demonstrabitur eodem modo de GH. et KL. de HF. et LM. adeoque infinitis lateribus, si essent. Per 10. igitur vndecimi FH. et HG. concurrentium angulus FHG. erit aequalis angulo MLK. parallelarum prioribus et concurrentium. Eodem modo omnes anguli vnius omnibus alterius fient aequales. Sed et latera lateribus sunt proportionalia. Nam per 17. vndecimi AC. et FHG. plana secant rectas concurrentes EL. EM. EK. et quotcunque alias in rationes easdem. Itaque vt ME. ad EF. sic KE. ad EG. et permutatim, vt ME. ad EK. sic FE. ad EG. communis verò angulus ad E.

37) FAG.

Ergo per 6. sexti FEG. et MEK. sunt aequiangula. Quare per 4. sexti FG. et MK. sunt homo|loga, et sic omnia latera vnius, omnibus alterius. 42
Per 1. ergo defin. sexti figurae sunt similes. At vltra MKL. terminos descendentium per extrema fenestrae, nullus cadit radius, sed vmbra, per 4. primi capitis, quia partes fenestrae FGH. circumiectae opacae supponuntur. Ergo portio parietis illustrati MKL. figuram habet similem fenestrae FGH. quod erat demonstrandum. Connectantur iam O. I. centra cum angulis quibuscunque, vt iam cum F. G. H. et M. K. L. Dico, EO. esse ad OF. sicut EI. ad IM. OF. verò et IM. aut quaecunque tales, cum aequaliter sese habeant ad dimetientes suos, quia figurae similes, et EO. sit distantia fenestrae à puncto lucido, EI. vero distantia parietis indidem; clara est etiam altera pars propositionis.

COROLLARIVM

Sequitur hinc à quolibet superficiei lucentis puncto, radium pyramidalem in obiectum parietem proiici, cuius basis figurae fenestrae sit similis; itaque descendentem à tota superficie lucente radium in illustratum parietem constare ex infinitis in potentiâ figuris, fenestrae similibus, se mutuo confundentibus, et ferè in idem parietis spatium incumbentibus; quae terminos tamen singulae proprios habiturae sint, si separentur.

PROPOSITIO II

Si vnicum punctum luceat, à pariete et fenestra propinquis inaestimabili submotum interuallo, lumen in pariete rectè obiecto non figuram tantùm, sed et quantitatem fenestrae, quam recto itinere transiit, repraesentabit. Sit in priore figura lucens punctum E. fenestra FGH. paries illustratus MKL. et sit proportio EO. ad OF. inaestimabilis; vt si EO. metiretur distantiam fenestrae et Solis vel Lunae immanem, OF. vero pusillam diametrum fenestrae. Dico FGH. et MKL. ad sensum aequales esse. Cum enim FO. vel quaecunque linea ex centro fenestrae FGH. sensibilem habeat proportionem ad OI. quia supponuntur propinquae superficies, sed OF. insensibilem ad OE. habebit et OI. insensibilem ad OE. Quare per postulatum, radii EF. et EO. connexi basi FO. insensibilem ad se quantitatem habente, sunt ad sensum aequidistantes. Aequales verò sunt EOF. EIM. anguli, et in eodem trianguli EIM. plano, qua|re per 27. primi Evcl. OF. et 43
IM. sunt aequidistantes, et per 33. eiusdem, aequales ad sensum. Idem porrò de quibuscunque ex O. et I. centris similiter

9) quacunque 23) sub motum 32) et FI.

eductis demonstrari potest. Tota ergo FGH. toti MKL. ad sensum aequalis est: sed et similis per primam huius. Si ergo vnicum, et caetera, quod erat demonstrandum.

PROPOSITIO III

Si fenestra punctum esse posset mathematicum, lumen rectè obiecti parietis exquisitè indueret figuram illustrantis superficiei, sed inuersam; et eadem foret proportio dimetientium lucentis superficiei et illustrati parietis, quae est discessuum vtriusque à puncto fenestrae. Sit FGH. superficies illustranda, eique aequidistans NQP. superficies lucens, et sit in O. puncto fenestra. Ducantur per ante demonstrata rectae ex N. Q. P. et quolibet puncto, in O. et vltra, in superficiem FGH. repraesentantes radios lucentis superficiei, sintque QF. PH. NG. Cùm ergo omnes in O. concurrant, secabunt itaque se mutuò productae, et dextrae fient sinistrae, et vicissim. Amplius quia duae rectae QF. et PH. se mutuò secant, sunt ergo in vno plano, per 2. vndecimi, et iam per 16. eiusdem, quia duo plana aequidistantia NPQ. et GHF. secantur plano PQOFH. sectiones ergo communes PQ. et HF. aequidistabunt. Eodem modo probari potest NP. et GH. aequidistare, item NQ. et GF. Per 10. igitur eiusdem FH. HG. concurrentium angulus FHG. aequalis est QP. PN. concurrentium et prioribus aequidistantium angulo QPN. et GFH. aequalis angulo NQP. et FGH. angulo QNP. singuli oppositis. Amplius quia plana NPQ. et GHF. parallela, secabunt POH. et QOF. in rationes easdem. Itaque vt PO. ad OH. sic QO. ad OF. aequa[1]les verò anguli POQ. et HOF. quia ad verticem. Quare triangula haec per 6. sexti sunt aequiangula, et PQ. FH. ὁμόλογα. Ita et omnia alia latera vnius omnibus alterius. Tota igitur figura FGH. toti QNP. similis est, per defin. 1. sexti. Amplius connectantur I. et E. centra cum F. et Q. vel quibuslibet extremitatum oppositarum punctis. Erunt igitur etiam IF. et EQ. aequidistantes per 16. vndecimi. Et quia IE. et QF. se secant in O. aequales erunt anguli IOF. EOQ. per 15. primi. Aequales verò et FIO. QEO. recti namque ex supposito, quare et residui IFO. EQO. per 32. primi. Quare latera proportionalia, et vt OI. distantia parietis ad IF. lineam in superficie illustrata, aut quamcunque aliam, sic OE. distantia lucentis ad EQ. consimilem lineam. Quod erat demonstrandum.

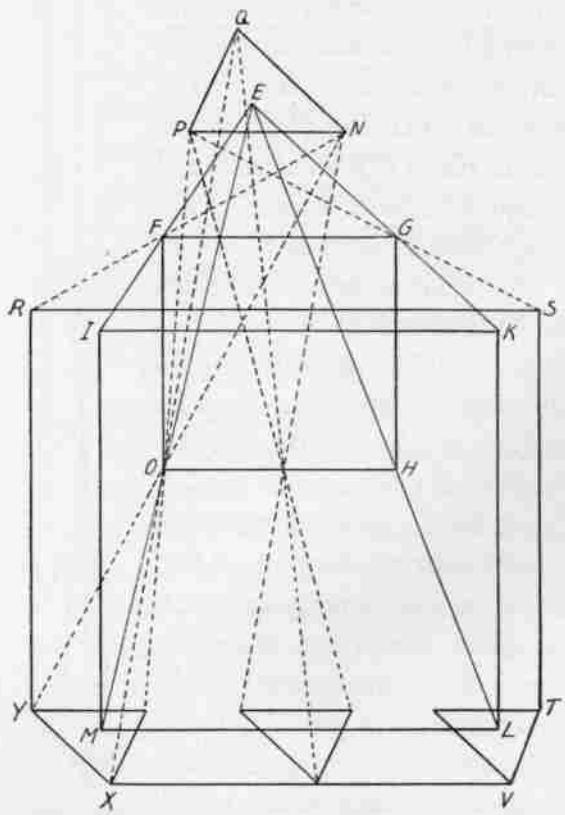
36) IFE. EQF.

COROLLARIVM

Sequitur hinc per singula fenestrae alicuius puncta, quorum infinita sunt, singulas, adeoque infinitas transmitti in superficiem illustratam imagines lucentis inuersas, eodem ordine se mutuò consequentes, quem tenent ipsa puncta fenestrae.

PROPOSITIO IV

Omnis illustrationis in pariete quantitas maior est spatio fenestrae, per quam lumen intromittitur. Siue enim vnicum punctum fingamus lucere, radii per terminos fenestrae transmissi, cum in origine sua concurrant, tantò longius ergo digrediuntur, quò longius progrediuntur, et sic in pariete remotiore plus occupant, quàm in fenestra propinquiore, per primam huius. Siue superficies sit, quae lucet, vt semper est, iam multò magis obtinebitur propositum.



Sit PNQ. superficies lucens, cuius E. centrum, et sit FGHO. fenestra. Primum itaque per corol[l]larium primae E. centrum lucentis superficiei creabit IKLM. figuram in pariete similem FGHO. fenestrae, et maiorem per primam huius, aut ad sensum aequalem, per secundam. Iam per corollarium tertiae per singula marginum fenestrae puncta singulae transmittuntur imagines lucentis inuersae: cuiusmodi vides ad M. et L. per puncta O. et H. transmissas. Cumque EOM. radius sit ex centro lucentis, et medius omnium, qui se in O. puncto secant, reliqui ergo vltra citraque hunc erunt, et qui ex Q. puncto interiore, respectu fenestrae, descendit, sectione in O. facta, fit iam exterior. Ita de omnibus punctis dici potest. Quo pacto creabitur ambitus amplior quàm IKLM. At priùs maior erat haec IKLM. figura, quàm FGHO. fenestra. Multò igitur maior est haec iam dilatata figura, quàm FGHO. fenestra, quod erat demonstrandum.

PROPOSITIO V

Figura radii in pariete confunditur ex lucentis inuersâ, et fenestrae directâ figurâ, et eis ad hunc modum situ respondet. Nam per corollarium tertiae, figura lucentis inuersa quasi fixa in lucente superficie, circumducitur secundum terminos fenestrae, quare singulis punctis in pariete lineas describit, lateribus fenestrae respondentes, idque ex eadem parte. Vicissim per corollarium primae, figura fenestrae directa quasi fixa in fenestrâ circumducitur in pariete, contrario ordine terminis lucentis (adminiculo tertiae), quare singulis punctis in pariete lineas describit, lateribus lucentis oppositis ex aduersa parte respondentes. Cùm igitur figuram factam, vbi angulos habet, terminent radii, qui ab extremis lucentis per extremos fenestrae angulos demittuntur, et iam vtrorumque speciei motus sit ascriptus geometricus, propter infinitatem multiplicatae speciei: patet terminos lucentis superficiei communicare cum vtrâque figurâ.

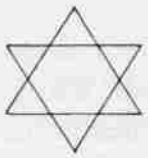
Exemplo nobis esto superius schema. Angulus enim lucentis Q. vna cum tota imagine triangulari, per O. delapsus in X. translato puncto sectionis ex O. in H. describit lineam XV. respondentem lineae OH. Sic angulus N. per O. delapsus in Y. translato O. in F. describit lineam YR. et P. per H. in T. delapsus, translato puncto intersectionis ex H. in G. describit lineam TS. At | PN. quia aequaliter supra FG. attollitur, delapsa et per FG. traducta in pariete describit RS. Ita ferè expressa est figura fenestrae.

Rursum finge E. verticem pyramidis EKLMI. è centro migrare in N. fixa pyramide in FGHO. tunc ergò angulus IML. imaginis fenestrae competet in Y. moto iam vertice ex N. in Q. angulus M. describet lineam YX. è contrario respondentem lineae NQ. Et si vertex est in Q. angulus MLK. erit in V. translato vertice ex Q. in P. L describet lineam VT. oppositam lineae PQ. Et tunc IK. competet in RS. et K. in S. translato denique vertice ex P. in N. K. separabitur ab S. donec I. in R. competat. Hoc facit aequidistantia laterum PN. et FG. oppositorum. Itaque si continuentur vsque ad communem sectionem RY. XV. TS. perfecta erit figurae FGHO. imago. Sin YX. VT. SR. continuatae concurrant, similis ad vnguem erit haec figura lucenti PQN. sed inuersa; quorum neutrum cùm fiat, hinc adeò miscetur vtraque.

COROLLARIVM I

Sequitur hinc, si similium vtrinque figurarum latera et ex oppositis partibus erunt aequidistantia, figuram radii communem vtriusque figuram perfectè imitaturam, situ verò fenestram.

28) competet in KS. 30) K. competat 32) figura

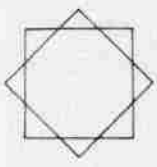


COROLLARIVM II

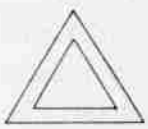
At si angulus vnius ex similibus lateri alterius ex opposito obiiciatur, creabitur figura duplorum laterum, vt pro 2 trigonis sexangula, pro 2 quadratis octangula.

COROLLARIVM III

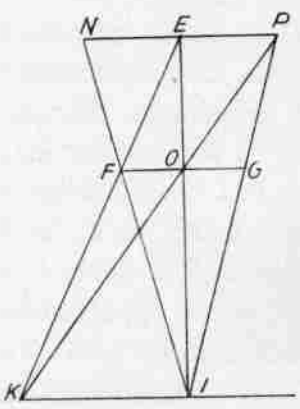
Cum ergo lucens et fenestra circuli figuras induunt, radius in pariete perfectum circulum describit. Habet enim circulus et latera et angulos quodammodo infinitos, quare duo, vt in 1. corollario, aequidistantes circuli, et latera lateribus, angulos angulis, vt in secundo corollario, opposita habere censeri possunt. Siue ergo radio creato semel infinita siue bis infinita tribuas latera, perinde est. [1]



LEMMA I. AD PROPOSITIONEM SEQVENTEM 47



Triangula aequales vel easdem aequidistantium duarum portiones cruribus intercipientia, terminantur verticibus ad tertiam aequidistantem. Sit recta NEP. diuisa in aequalia in E. eique aequidistet FOG. similiter diuisa in aequalia in O. Ducantur rectae PO. EF. donec concurrant in K. Eodem modo ducantur EO. NF. vel PG. donec concurrant in I. et connectantur K. I. dico KI. aequidistare basibus NEP. et FOG. Nam in triangulis NEI. FOI. aequi sunt anguli NEI. FOI. per 29. primi. Sic et ENI. OFI. et communis ad I. Aequiangula igitur sunt triangula, et per 4. sexti latera proportionalia. Quare vt NE. ad FO. sic EI. ad OI. Eodem modo probatur in EPK. et FOK. esse vt EP. ad FO. sic PK. ad OK. Aequales verò EP. EN. Vt igitur NE. ad FO. sic PK. ad OK. Prius verò sic etiam erat EI. ad OI. quare vt PK. ad OK. sic EI. ad OI. Et per 5. quinti vt PO. ad OK. sic EO. ad OI. et permutatim, vt PO. ad OE. sic KO. ad OI. Est autem EOP. aequalis angulo IOK. ad verticem sito. Triangula igitur EOP. IOK. per 6. sexti sunt aequiangula, et aequales sunt OKI. vel PKI. et OPE. vel KPE. Quare per 28. primi, EP. et KI. sunt aequidistantes. Idem etiam de EPK. et EPI. verum est; quae basin quidem communem, portiones verò aequidistantes FG. aequales intercipiunt. Patet ergo propositum.



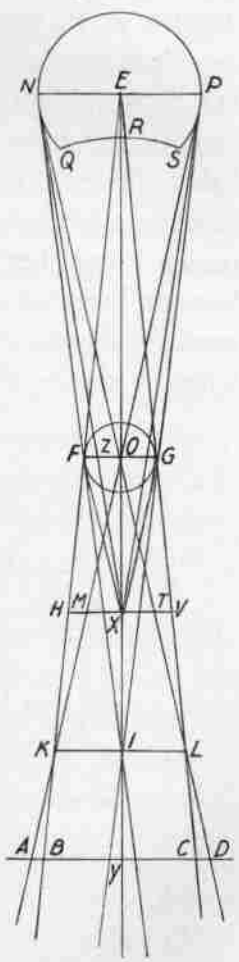
LEMMA II. PROBLEMA

Punctum inuenire, quod totidem diametris lucentis distet à lucente, quot diametris fenestrae distat à fenestra. Sit NEP. diameter lucentis, eique aequi-

distans, et perpendiculariter subiecta FOG. diameter fenestrae, et EO. perpendicularis ad vtramque. Ducantur ex N. et P. rectae per F. et G. terminos, donec concurrant. Concursus sit I. dico hoc esse punctum imperatum. Cùm enim in triangulo NIE. lateri NE. aequidistet FO. erit vt IO. ad OF. sic IE. ad EN. quare vt IO. distantia I. ab O. ad FG.
48 duplam OF. quae est | diameter fenestrae, sic IE. distantia I. ab E. lucente ad NP. duplam NE. et dimetientem lucentis, quod erat faciendum. Hinc autem patet, diametrum fenestrae debere minorem esse, quàm lucentis.

PROPOSITIO VI

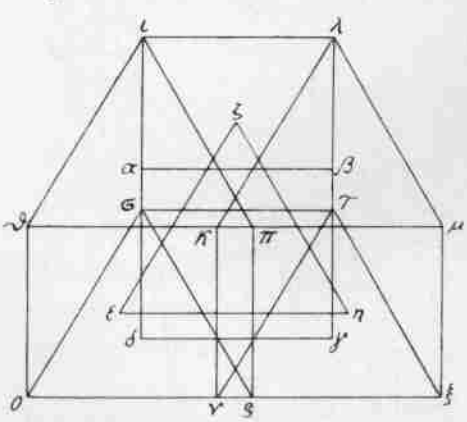
Cum fenestra totidem suis dimetientibus à pariete distat, quot superficies lucens suis: confusio figurarum est euidentissima, et figura radii ex aequo participat de vtriusque figura. At cum paucioribus suis dimetientibus abest à pariete fenestra; figura radii, situsque eius propiùs accedit ad figuram fenestrae. Cum verò lucens paucioribus suis dimetientibus abest à pariete; figura radii magis imitatur figuram lucentis, euerso situ, et quò magis illud, hoc magis et hoc. Sit superficies lucens QRSPN. centro E. diametro NP. sit et fenestra FOG. cui FG. diameter, et tota figura aequidistet, perpendiculariter subiecta. Ducatur ex E. perpendicularis per O. quae sit EI. Et in linea EI. per lemma secundum inueniatur punctum, quod totidem fenestrae diametris absit à fenestra, quot lucentis diametris abest à lucente, connectantur etiam EF. et PO. sic EG. et NO. et continuentur, donec concurrant in K. L.



Dico si hoc situ fenestrae et lucentis radius creetur in I. aequaliter se habiturum, et ad figuram E. lucentis, et ad figuram O. fenestrae. Sin creetur et cadat cis I. versus O. quò propior sit centro O.
30 hoc propiùs accessurum ad figuram O. obliterata figura E. Contra si cadat vltra I. quò longius ab O. distet, hoc exquisitiùs repraesentaturum figuram E. lucentis, obliterata paulatim figura O. Ad hoc obtinendum nota primum, quod puncta concursuum K. I. L. per lemma primum praemissum, sunt in eadem linea, quae aequidistat NE. lucenti. Proinde
49 omnia tria sunt in superficie | illustranda. Deinde radii FK. et GL. ex E. centro lucentis per terminos fenestrae FG. demissi, deferunt per 1. huius corol-
40 larium figuram fenestrae in planum I. eamque me-

6) duplam, quae distantia L 7) duplam ad NE. 17) superficiens 18) Cui NP.

diam, nam eam vndique totidem aliae figurae circumstant, quot puncta E. centrum circumstant. Eodem modo radii PK. NL. à terminis lucentis N. P. per O. centrum fenestrae demissi, deferunt per 3. huius, eiusque corollarium figuram lucentis inuersam, eamque itidem mediam. Nam et hanc totidem aliae similes, et ferè aequales circumstant, quot puncta fenestrae centrum circumstant, quia in singulis talis sectio fit. Cùm ergò hi quatuor radii se mutuò secent in K. L. punctis I. superficiei, erit KL. communis mensura vtriusque figurae, et lucentis inuersae, et fenestrae directae. Eligatur iam punctum per problema praecedens, quod paucioribus diametris FG. absit ab O. quàm diametris NP. abest ab E. sitque X. per quod agatur aequidistans diametris dictis, quae secabit radios in H. M. T. V. Repraesentabit ergo pars MT. diametrum figurae lucentis inuersae, quanta cadit super locum X. HV verò est diameter figurae, quam fenestra habet. Ita maior haec erit, quàm illa. Plus igitur huius, quàm illius termini incurrent in oculos. Contra eligatur per idem problema punctum, quod pluribus ab O. diametris fenestrae absit, quàm diametris lucentis ab E. Id sit Y. per quod acta, vt prius, aequidistans caeteris, secabit radios in A. B. C. D. Sed quia radiorum sectio praecessit in K. et L. iam qui intus erant, extra sunt, eritque AD. repraesentans figuram lucentis inuersam, maior quàm BC. dimetiens figurae, quam fenestra habet. Quare hîc figura lucentis magis in oculos incurrit. Vt hi tres casus rectiùs capiantur, describatur primum figura fenestrae, vti illa in pariete à quolibet puncto lucentis exprimitur, et sit αβγδ, sitque figura lucentis inuer[1]sa εζη, tanta, vt eodem circulo capiatur. Moueatur iam centrum figurae εζη per omnes margines αβγδ, erit eius situs circa α, triangulum ϑιπ, circa β verò κλμ, itaque angulo ι descripsit lineam ιλ aequidistantem αβ. Circa γ verò erit τνξ, et descripsit angulo μ lineam μξ. Denique circa δ erit σρο, et angulo ο facit lineam οϑ; latere verò νξ, lineam ξο. Sic εζη descripsit 4 lineas, terminantes figuram ιλ, μξ, ξο, οϑ, parallelos quatuor lineis fenestrae.



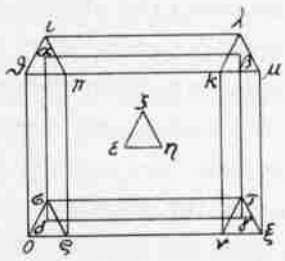
Ad eundem modum moueatur centrum figurae αβγδ per omnes margines εζη. Erit situs eius circa ε. ϑκνο, circa η. μπξρ, circa ζ. ιλτσ, et descripsit lineâ δγ lineam οξ, angulo μ lineam μλ, angulo ϑ lineam ϑι.

Hic vides et trianguli decliuia et quadrati recta extare latera, in totius

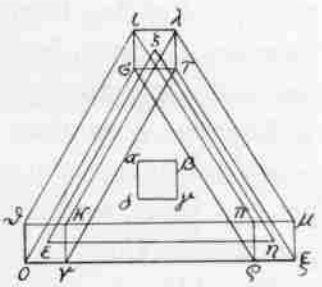
17) per quam

figurae perimetro, propemodum aequalia, quanta quidem sunt in eodem circulo vtraque. Nam trianguli maiora sunt, quia pauciora, vnde non magis quadrangula curta quàm triangula talis dici potest.

Iam sit dimetiens fenestralis figurae maior, sitque αβγδ, sed figura à lucente inuersa sit εζη, sitque vtraque vt prius ad idem centrum collocata. Circumferatur iam centrum trianguli in marginibus αβγδ, erunt eius situs ϑιπ, κλμ, ντξ, οσρ et intermedii; vides quòd describat ternis angulis tres lineas οϑ, ιλ, μξ, latere verò lineam οξ. Circumferatur itidem centrum fenestralis in marginibus εζη, erunt eius situs tres, circa ε, ζ, η puncta hi: ϑκνο, πρξμ, et ιλτσ; vides quòd describat binis angulis binas lineas ϑι, λμ, reliquis duobus et interiecto latere lineam οξ communem. Huic ergo figurae minimum aliquid deest, quò minus fenestrae perfectae similis sit. Figurae verò lucentis superficiei vestigia perquàm exigua sunt.



Econtrario sit dimetiens fenestralis figurae minor, sitque αβγδ, et circa idem centrum figura inuersa superficiei lucentis εζη et manente eodem circumductu gemi[1]no, scribentur modo dictae lineae, sola proportione mutata. Itaque minimum aliquid toti figurae deest, quò minus originem suam, scilicet superficiem lucentis, contrario situ repraesentet.



PROPOSITIO VII. PROBLEMA

In camera clausa, et in proposito pariete repraesentare quicquid extra cameram è regione vel est, vel geritur, quod quidem in oculos incurrit. Hanc artem primus, quod sciam, I. BAPTISTA PORTA tradidit, magiaeque naturalis non minimam partem fecit. Sed experientiâ contentus, demonstrationem non addidit. Atqui vel hoc solo experimento potuissent Astronomi statuere de sua deliquii Solaris imagine.

Claudantur igitur omnes rimae camerae, adeò vt ne minima lucula possit ingredi, è regione verò fenestrae, quae prospectum habet ad res repraesentandas, sit paries albus, caeteri nigri. Aperiatur foramen in fenestra angustissimum, quantum visus fortitudini sufficit, sic tamen, vt si paries vel fenestra crassior fuerit, partes foramen circumstantes opacae rescindantur, quoad tibi prospectus per foramen pateat ad omnes res foris collocatas, quas cupis repraesentare. Sintque spectatoris oculi per horae quadrantem vel semis cohibiti ab aspectu lucis diurnae, quoad euanuerint species in clara diei luce spiritibus impressae, per ea quae in

7) marginibus α β γ

conclusione primi capitis dicta sunt. Et sint res repraesentandae collocatae in clara luce vel Solis, vel diei, vel facularum. Dico omnia, quae foris et consistere et geri visuntur, intus in opposito albo pariete repraesentatum iri, solùm euerso situ. Nam per 22. primi capitis, res foris illustratae à quocunque lumine, tingunt communicatam lucem, eamque spargunt orbiculariter. Quare per 6. huius capitis, illustrabunt res externae parietem intus oppositum, sic vt figura parietis illustrati confundatur quidem ex figurâ fenestrae, et rerum quae foris sunt, sed tamen cum fenestra praesupponatur angustissima, respectu distantiae fenestrae à pariete, minimum de figurâ fenestrae, figurae rerum consistentium permiscebitur. Hoc solum deerit huic picturae, primò quòd per eandem sextam res apparebunt intus euerso situ; deinde quòd quicquid foris cadit intra complexum coni vertice ad parietem stantis, et à foramine conformati seu constricti, eius rei partes in pariete articulatim | exprimi 52 nequeant, quicquid verò excedit sua latitudine complexum huius sui coni, pingetur intus vnà cum suis partibus. Propterea etiam quae directè per foramen lucent, clariùs lucent et confusiori sunt specie, quia foramen è directo laxiùs patet quàm ex obliquo. Sed neque colores deerunt huic picturae; nam per 25. primi capitis luces coloratae conorum in foramine coeuntium se mutuò non turbant aut impediunt. Et quia superficies alba est, in quam hi colores externarum rerum radiant, ideo per 29. primi capitis tantò fortius excipiet hos radios, et clarius apparere facit. Cumque clausa sit camera, nec Solis nec totius coeli, seu potiùs albicantis aëris radii ad singula puncta in pariete colluceant, sed quaelibet saltem particula ad punctum sibi oppositum: ideo per 27. et 28. primi capitis conuersam, sensus internoscet luces singulas, quia planè non tinguntur fortiori: praesertim quia parietes caeteros nigros faciebamus, ne illustrati à primitus illustrato pariete albo, si ipsi quoque albi essent, per 29. primi capitis clarescerent, et vicissim parietem repraesentatorium illustrarent, sicque per 27. primi capitis confunderent colores ab extra venientes. Quod nisi clauderetur camera tàm arctè, quamuis infiniti sunt colorati radii in quolibet pariete etiam sine formatione foraminis, tamen propter claritudinem diei per 28. primi capitis cerni non possint. Et quia mutatâ figurâ hemisphaerii lucentis, ipsa quoque eius imago mutatur in pariete: res verò, quae geruntur, id est motus, faciem hemisphaerii subinde mutent: ergo et imago intus mutabitur: itaque et rerum forinsecarum motus intus sunt conspicui.

Deest tamen et hoc in coloribus repraesentandis, quod per 29. primi capitis et per 30. conuersam, discrimina colorum ob claritudinem alborum in albam superficiem radiantium non benè capiuntur oculis, et nigrorum quidem radiationes non aliter nisi sub vmbrarum ratione.

Quod si superficiei colorem velis mutare, iam distincta quidem efficietur colorum radiatio per 30. primi cap. sed conspurcata colore communi superficiei illius, et adeò imbecillis, vt vix oculis capiatur.

53 Addendae sunt et hae cautelae: primum si foramen sit nimis | tenuè, distinctè quidem et minutim res pingentur, sed perinde atque minutula scriptura à visu debili legi difficulter potest: ita oculi hîc quoque speciebus in clarissima diei luce visis imbuti, diutissimè sanè cohibendi erunt, donec tàm minutam picturam luce tàm maligna illustratam capiant. Contra si laxes foramen, tantò quidem clarior et euidentior, sed et tantò rudior et confusior erit pictura. Itaque moderatum foramen oportet esse. Deinde, si paries à foramine multum distet, pictura quidem distinguetur exquisitiùs, vanescente proportione foraminis ad distantiam: At hoc vicissim incommodi sequitur, quòd lucentes colores extenuantur longiùs, et visum, tenuiores facti imbecilliùs mouent, quodque aër, qui est in camera, mixtus puluisculis, profundiùs inclarescit, et parietis picturam claritudine opprimit. Itaque colores malignè ad parietem nimis distantem perueniunt, longè euidentiùs papyrum albam feriunt et colorant, à propinquo foramine. Idem tenendum de aëre et distantiâ forinsecâ. Nam etsi quis directè res remotas contempletur, color earum extenuatus imbecillius mouet visum, et tingitur caeruleo copiosi aëris interiecti colore, offuscaturque, sicque etiam in cameram peruenit.

Conducit et foris vallum quoddam, quasi frontem opponere foramini, ne coelum vel aër regionem parietis sibi obiectam nimia claritate imbuat, sicque imbecilla iuxta fortia posita delitescant, aut aër intus nimis clarescat, et colores in pariete diluat. Omnium clarissima erit pictura, si Sol res repraesentandas illustrauerit directè horizonti vicinus.

† Foraminis conici importunitatem in crassiori muro, rimis in vtraque muri superficie apertis, declinabis, ita manebunt integrae ferè muri superficies.

Expectat fortasse Lector, vt I. B. PORTAM hîc per reliqua artificia, quae habet libro 17. Magiae sequar, sed hoc neque methodus, nec institutum meum fert.

PROPOSITIO VIII

Figura radii Solis vel Lunae plenae per fenestram figurae angularis ingressi eousque, vt minor sit proportio fenestrae ad suam à pariete distantiam, quàm Solis ad suam, paulatim magis atque magis ad rotunditatem accedit, quò longiùs à fenestra progreditur. 54 | Cum .n. circularis luminaribus figura sit, qua incurrunt in oculos, per sextam igitur patet propositum. Itaque non est verum simpliciter, per angulares fenestras angularem ingressum in pro-

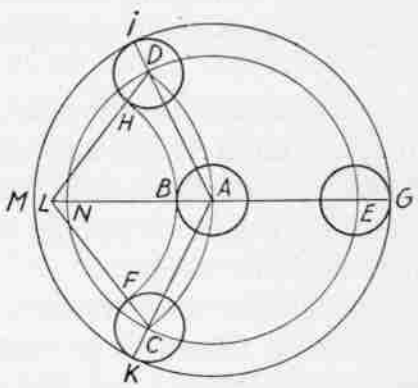
gressu exquisitè rotundum fieri. Defectus .n. in sensum incurrit, si accuratiùs inspicias. Quae falsa persuasio veterum ingenia tantoperè torsit. Porro ex iisdem principiis patet, *si fenestra sit circularis, radium fore circularem, si quadrangula ampla, radium non planè quadrangulum futurum, sed obtusorum angulorum in circulum reductorum.*

PROPOSITIO IX

Deficiente Sole deficiet et species illustrati parietis per qualecunque foramen tàm altè intromissa, vt minor sit fenestrae proportio ad distantiam, quàm Solis ad suam. Cum .n. deliquium Solis consistat in motu Lunae sub Solis corpore, quo motu à principio ad finem subinde alia atque alia Solis species, lunata tamen semper seu corniculata, exhibetur; fiet quod in propositione septima didicimus, cuius huc quoque translata valet demonstratio. Eodem modo depinguntur ad parietem et Lunae Eclipses, eiusque phases noctu visae, sed obscuriùs.

PROPOSITIO X

In specie vel radio Solis deficientis per fenestram orbicularem legitimè intromissâ, cornua non vt in coelo acuta, sed in obtusum reducta apparent, orbiculo fenestrae. Sit vera species inuersa Solis deficientis DACE. qualis et quanta per centrum fenestrae influit, per corollarium tertiae, in cuius extremis D.E.C. A. scribantur circuli aequales fenestrae, DH. EG. CF. AB. per secundam.



Cum ergo per quintam necesse sit confundi figuram lucentis acuminatam, et fenestrae rotundam, per corollarium verò tertium eiusdem, confusio haec circulo, quatenus circulus,[1] nihil de figurae similitudine detrahat, sed tantummodò promoueat terminos fenestrae D. E. C. A. vt fiat IGK. FBH. sola igitur cornua C.D. acuminata manent in causâ: circumducta enim secundum circumferentiam figurae fenestrae, scribunt et ipsa talem circumferentiam HI. KF. vti prop. sextâ patuit.

PROPOSITIO XI

Diameter Lunae in huiusmodi radio minor apparet quàm foris in coelo. Manente figura priori continuetur DAC. segmentum, eiusque circuli centrum L. connectatur cum C. A. D. Continuetur etiam DEC. segmentum

29) promoueant

per N. eiusque circuli centrum A. connectatur cum C. E. D. punctis, et producatur in K. G. I. Cum ergo DECA. per corollarium tertiae sit exacta figura partis de Sole deficiente residuae, cuiusmodi verè in coelo apparet, ideoque LA. ad AE. vel LD. ad DA. vel LC. ad CA. est vera proportio dimetientium Solis et Lunae.

At verò cum IGKFBH. sit ampliata vndique semidiametro fenestrae EG. vel CK. duo ergo in idem concurrunt, primò AD. AE. AC. semidiametri Solis augentur, fiuntque AI. AG. AK. Quare per octauam quinti maior est proportio AI. ad AL. quàm AD. ad AL. Deinde LD. LA. LC. semidiametri Lunae minuuntur, fiuntque LH. LB. LF. item aequales, quia aequalia demuntur. Quare per eandem maior est proportio AD. ad BL. quàm AD. ad AL. maior .a. fuit et AI. ad AL. quàm AD. ad AL. Multò igitur maior est AI. semidiameter Solis in radio, ad BL. semidiametrum ☽ in radio, quàm AD. semidiameter ☉ in coelo, ad AL. semidiametrum ☽ in coelo. Haec inaequalitas admodum est sensibilis, quia fenestra ferè assumitur satis ampla.

PROPOSITIO XII

Digiti Ecliptici pauciores apparent in radio quàm in coelo. Continuetur enim in schemate priori segmentum IGK. per M. Cum ergo EN. ad NA. sit proportio diametri Solis ad partem deficientem, GM. verò sit auctior quàm EN. duabus semidiametris fenestrae, EG. et NM. minor est ergo proportio NA. ad MG. quàm NA. ad NE. Sed NA. aequalis est MB. propterea quia AB. et MN. aequales. Minor est ergo proportio MB. partis de radio deficientis ad MG. diametrum ra¹dii, quàm NA. partis de Sole deficientis ad NE. diametrum Solis: idque saepe quarta vel tertia parte, pro amplitudine fenestrae.

CAPVT III

DE FVNDAMENTIS CATOPTRICES ET LOCO IMAGINIS

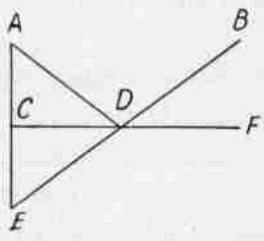
1. *Refutatio* EVCLIDIS, VITELLIONIS *et* ALHAZENI

In ipso fundamento Catoptrices demonstrationes Opticorum etiamnum caligant, dum à sensu petunt, quod et ipsum demonstrandum erat. Nec nullus error inde trahit originem. Nos in Opticis hisce ob Eclipses et obseruationes stellarum in refractiones inquirimus diligentiùs: ad refractiones verò nobis per hanc lacunam transeundum fuit. Supplendus igitur et hic locus, dispellendae nebulae, vt Sol veritatis clariùs illucescat.

10) fiuntque LA. 22) ad MO. quam 34) transeundem

EVCLIDES Theor. 16. 17. 18. Catoptricorum, vt probet vnumquodque eorum, quae sub aspectum cadunt, per illius perpendicularem, in superficiem speculi, videri: assumit falsum. Sit speculum CD. visus B. visibile A. perpendicularis AC. Locum igitur imaginis rei A. esse in AC. scilicet in E. sic probat. *Nam*, inquit, *assumpto loco speculi* C. *in quem* AC. *perpendicularis incidit, visibile* A. *non amplius videtur*. Si intelligas, assumpto, id est occupato, aut tecto loco C. falsum est axioma, quamuis hoc EVCLIDES inter sua ab experientiâ mutuata postulata (seu quid aliud est, quod ille, libello hoc, φαινομένων nomine appellat) in fronte libri retulerit. Nam etsi C. tegatur aut planè auferatur, dummodo D. maneat, nihilominus A. cernitur in E. oculo B.

Supra cap. 1. prop. 20. idem schema.



Praeterea et falsam persuasionem sapere videtur hoc axioma, de vero et reali ascensu imaginis in lineâ CE. quae quidem non admodum dissentiunt ab opinione quorundam veterum de emissione radiorum visoriorum ex oculo. Nam huc facit, quod EVCLIDES postulato primo visum (Graece ὄψιν) definit esse lineam rectam; itaque sumptum passim in specularibus vsurpat. Videtur | quidem EVCLIDES ἐντέχνως loqui, et ea assumere, quae etsi non facilè conceduntur, si tamen concesseris, à se ipsis in progressu nihil dissentiant. Atqui veritas hoc more philosophandi vim patitur, existunt falsae persuasiones, quae sanè ARISTOTELI de suis ὄψεσι loquenti videntur adhaerere ex hac Euclidea schola, non benè intellecta: denique ignorantia sub artificii specie tyrannidem stabilit. Demus iam, aliter intelligendum EVCLIDIS axioma, vt hoc dixerit, si visu in A. constituto, tegatur C. tunc A. non videri. Tunc axioma verum quidem est, sed conclusio inde non sequitur, nisi in visionem perpendicularem. At à recto visu ad obliquum non procedit argumentum.

Videntur hoc sensisse ALHAZENVS et VITELLIO. Nam cùm diligenter retulerint, quae apud EVCLIDEM inuenerant, hoc quidem, vt absurdum, omisere. In refractionibus tamen simile quid dicunt.

VITELLIO idem demonstrare nititur libro 5. p. 36. sed nocuit diligentissimo authori barbaries seculi sui, et familiaritas Arabum, quò minus hodie intelligatur: obscuritas verò rei etiam hallucinationem illi attulit.

Primum dico, ipsum non benè argumentari à collocatione rei visae ad collocationem imaginis, scilicet, ne, si imago non respondeat rei in situ, imago esse desinat. Atqui hoc pacto facilè totam Catoptricam euerterit. Multa enim huiusmodi sunt aliter in imagine, quàm in re. Deinde postulatum, quod ex fronte libri repetit, equidem non intelligo, nisi quantum hîc lucis ALHAZENVS Arabs praefert lib. 5. N. 9. 10. vnde VITELLIO sua transtulit.

ALHAZENVS initio prolixè ab experientia probat, locum imaginis semper esse in perpendiculari ex re supra superficiem speculi. Deinde N. 9. et 10. nititur huius rei causas reddere. Caeterum ego ne hîc quidem quicquam melius intelligo, nisi hanc vltimam sententiam. *Rerum*, inquit, *naturalium status respicit situs suorum principiorum, et principia rerum naturalium sunt occulta.* Quibus verbis duo dicit, primum repetit idipsum,
58 quod erat propo|situm (nihil enim aliud sonant), deinde causam subiuncturus dicit illam esse occultam. At hoc non est demonstrare.

Videtur tamen huc alludere, hanc imaginis in perpendiculari loca-
10 tionem iam olim à Deo conditore sic esse constitutam, quòd sic esset optimum, nec dignior imagini locus attribui possit, quod probat à situs idemtitate, aut contraria variatione. VITELLIO ipsum secutus etiam de anima, quae visioni praesidet, suspitiones concipit, quasi haec certo quodam suo consilio specularias rationes constituat, lib. 5. p. 18.

Atqui hae affectiones omnes visum ex materiali necessitate consequuntur, vbi nulla finis aut pulchritudinis consideratio locum habet.

Praeterea ALHAZENVS in plano speculo ad veritatem propiùs quidem alludit, sic tamen, vt statim instantia aliqua ipsum refellat. Dum, inquit, imago cernitur in perpendiculo, iustam et rei ipsius habet magnitudinem.
20 At insto ego: non esse necesse, vt iustam obtineat magnitudinem, patere ex curuis, vbi semper mutatur quantitas. Quaero ergò, quid causae sit, cur potiùs in plano vera quantitas habeatur, quàm in curuo.

Sed illud insuper vehementer arguit Opticos, quod non eandem statuunt causam huius rei, cùm in repercussione tùm in refractione.

VITELLIO lib. 10. p. 13. demonstraturus, imaginem à refractione factam similiter in perpendiculari consistere, quae à re in superficiem corporis densioris ducitur; verba ALHAZENI fideliter refert, credo, quia non consultum esse putauit, hoc vlcus tangere, aut non planè intellecta temerè mutare. Argumentantur ex compositione motus obliqui, quòd
30 is sit ex recto et parallelo ad superficiem densioris. Connexionem difficulter videas, quam etsi admittas, non tamen prodibit conclusio mathematica eius, quod ponebatur: neque statim, si constet, alludere imaginem ad perpendicularem, patebit ideo et in ipsa perpendiculari consistere.

VITELLIO subiungit ALHAZENI sententiae id, quod impertinens et fal-
59 sum circa repercussionem supra in EVCLIDE notaueramus. | *Si*, inquit, *punctum in superficie diaphani, cui incidit perpendicularis ex re visa, contingat abscondi per interpositionem opaci, visum inter et illud, res illa non videbitur.* Falsum inquam est. Nam dummodo liberum sit punctum, à quo radius
40 ex re visa ad oculum refringatur; omninò imago rei in profundo radiantis videbitur. Et quidem prima atque euidentior occurret imago

opaci, quod iam diximus, parte sui in aquam demergi et interponi, ex repercussu constituta, (quae res fortasse VITELLIONEM fefellit), altera verò, et minùs euidens imago, rei in profundo radiantis, per refractionem constituta, eodem loco, cum priori opaci imagine confusa, aut paulò trans illam apparebit.

Ex hoc loco etiam illud refutatur, quod modò diximus, ALHAZENVM circa plani speculi considerationem vsurpasse: ex imaginis quantitate, sequi et locum imaginis. Instantia ergò magna fit per refractionum negocium. In speculis quidem conuexis imago et minor apparet et propior, in planis aequalis et quantitatis et remotionis cum re ipsa, in concauis et maior et remotior. Ita hic ferè quantitatem sequitur remotio. At in refractionibus imago, vbi aequalis aut maior re sua est, ibi appropinquat: cum minuitur quantitas imaginis, discedit et ipsa imago longiùs, vt videre est in perspicillis, rerum species minuentibus, si per illa eminùs perspicias.

2. *Vera Demonstratio*

Vt igitur veram causam loci imaginum patefaciam, cuius ignoratio macula foeda est in pulcherrima scientia; praecipuum demonstrationis neruum à principio ob oculos poni velim, quod in planis speculis anguli, quibus res videntur, ex repercussu non mutantur, in conuexis et concauis, et mediis densioribus omninò mutantur. Nam superficies conuexa radios lato angulo coeuntes, acceptos, in angustiorem angulum repercutit, concaua modicâ inclinatione ad coitionem properantes, repercutit in breuiorem pyramida: Medium densius coituros, refractione facta, in latum quidem penè nihil mutat, exiguo tamen acutius coire facit, in altum verò planè contrario modo cogit in magnum | angulum. Haec inquam generaliter dicta in sequentibus demonstrationibus ob oculos statuantur. Nunc ipsam demonstrationem adorno.

DEFINITIO I

Primum ex Catoptrice, in quam ingredimur, definitionem Imaginis desumptam in vestibulo colloco. *Dicunt enim imaginem Optici, cùm res ipsa quidem cum suis coloribus et figurae partibus cernitur, sed situ alieno, alicubi et alienis induta quantitatibus et partium figurae proportione inepta.* Breuiter, imago est visio rei alicuius, cum errore facultatum ad visum concurrentium coniuncta. Imago igitur per se penè nihil est, imaginatio potiùs dicenda. Res est composita ex specie coloris vel lucis reali, et quantitatibus intentionalibus.

Cum igitur imago sit visus opus, de visu quoque praemittenda sunt aliqua. Etenim in imagine sunt haec quatuor potissimùm, color, situs

seu plaga, distantia, quantitas, quorum singula, quo visorii instrumenti adminiculo, quibus subsidiis comprehendantur, explicandum: quamuis eadem VITELLIO libro 3. et 4. explicauerit. Nobis tamen demonstrationi institutae est paulò propiùs adremigandum.

PROPOSITIO I

Cum igitur visio sit passio, et passio fiat per contactum, *nihil igitur dictorum comprehendetur citra contactum, aut contactus qualemcunque rationem.* Contactus autem hic intelligitur superficierum oculi et speciei seu radiorum à rebus (per superiora) defluentium.

PROPOSITIO II

Cum igitur *aliquid accidit speciei lucis et coloris in medio itinere, vt à superficiebus vel politis vel mediorum densiorum, vel repercutiantur vel refringantur,* id tanquam à contactu oculi planè et omni respectu remotum, *non comprehendetur ab oculo aut sensoriis facultatibus, oculo astantibus.*

PROPOSITIO III

Iam hoc à sensu petitum in confesso sit, visionem legitimam fieri, quando valuae seu pupilla oculi, lucis radio proximè aduenienti opponitur. Inde sequetur, *visum de plaga vnde lux aduenit, per hanc oculi totiusque vultus directionem, ceu adminiculum, certiorem reddi.*[1]

PROPOSITIO IV

Et iam statim et hoc patet, *necesse esse, vt visus in errore versetur, de plaga mundi seu situ rei statuens, cùm species seu radii à rebus dependentes, inque superficiem politam allapsi, repercutiuntur ad visum in plagam oppositam.* Cùm enim in superiori schemate, B. oculus ad plagam BD. conuertatur, nec possit repercussum radii ADB. in D. factum persentiscere, per 2. huius capitis, situm ergò rei in A. imaginatur sibi in plaga BD. scilicet in E: ita imago à re sua causâ loci diuellitur. Idem esto iudicium in refractione. Nam etsi hîc plagae non permutantur oppositis, sensibiliter tamen differunt.

PROPOSITIO V

Rursum cùm visio sit passio, et passio sit inter contraria, quorum est idem genus, consentaneum est, *quaecunque rerum visibilium affectiones sunt oculo communes ratione eiusdem generis, omnes illas ab oculo quadamtenus percipi, adiuuantibus facultatibus visoriis, et mediante illa affectione.*

PROPOSITIO VI

Primum *oculus* constat humoribus pellucidis: hoc itaque respectu *lucis et colorum capax est.* Vide 59. tertii VITELLIONIS.

PROPOSITIO VII

Deinde figura eius rotunda est eaque varia in variis tunicis et humoribus intus et extra. Mundus verò hic aspectabilis et ipse concauus et rotundus est, et quicquid de hemisphaerio aut eo amplius intuemur vno obtutu, id pars est huius rotunditatis. Consentaneum igitur est, *proportionem singularum rerum ad totum hemisphaerium aestimari à visu proportione speciei, ingressae ad hemisphaerium oculi.* Atque hic est vulgo dictus angulus visorius, seu vertex pyramidis visoriae intra oculum, cuius basis in re ipsa. Oculus enim in vnoquolibet obtutu fit centrum hemisphaerii aspectabilis. Hac ergò superficie instrumenti sui (sitne interna an externa, infra in consideratione oculi dicetur) fretus visus, metitur angulos visionum. Nam quamuis omnes anguli solidi in puncto insint, quod est centrum aut oculi aut eius certae alicuius tunicae, nequeunt tamen illi in puncto discerni: requiritur igitur superficies, qua solidum angulum metiatur, vt patet ex Geometricis. | Sufficit igitur ipsa oculi figura ro- 62
tunda, vt inter principia crassiori Minerua sciamus, *oculum sensum habere angulorum apud se constitutorum.*

PROPOSITIO VIII

Tertiò cùm sint singulis animantibus à natura dati bini oculi, quos inter est aliqua distantia, hoc adminiculo sensus visus rectissimè vtitur ad iudicandas Visibilium distantias, dummodo sensibilem habeat distantia illa proportionem ad distantiam oculorum. Nam si immanis excessus sit, non aliter distantia illa comprehenditur, quàm quaeuis alia, infinitis partibus maior. Est enim hic planè trianguli Geometria, vt infra de parallaxibus copiosiùs disseretur.

Datis enim duobus angulis trianguli, cum interiecto latere, dantur latera reliqua. In visione tenet sensus communis oculorum suorum distantiam ex assuefactione, angulos verò ad illam distantiam notat ex sensu contortionis oculorum. Re enim adeò longè remotâ, vt euanescat ad eam comparata binorum oculorum distantia, axes oculorum propemodum paralleli diriguntur. Quò verò res propior erit, hoc magis oculi contorquebuntur.

Etsi igitur in Catoptrica non tantùm tunc de loco imaginis statuimus, cùm binos adhibemus oculos, sed etiam tunc, cùm vno solo vtimur: haec tamen distantias dignoscendi facultas primùm à societate hac inter

binos oculos orta, postea in singulares etiam oculos deriuatur, per alias oculi affectiones.

Etenim, sicut antea *proportionem rei ad hemisphaerium* dixi comprehendi ab oculo (crassiori et vsitatiori imaginatione, quam infra cap. 5. euoluam) per solidam pyramida, cuius est in oculi puncto vertex, in re visa basis: ita cùm *distantiam rei* aestimamus, triangulum fit isosceles vtplurimum, cuius acumen seu vertex, vice versâ in aliquo rei visae puncto, basis in oculorum distantiâ. Proportio enim attinet omnes superficiei visae dimensiones, distantia verò consideratur in lineâ tantùm rectâ, vnde illic solida pyramis, hîc planum triangulum requiritur.

Nota et Censura

Sequentes propositiones 9. 10. 11. 12. 13. 14. sunt auctarii loco; pos-
63 setque capitalis demonstratio vel sine iis consistere. Testa[1]tur quidem experientia, imaginem esse in perpendiculari, etiam cum vno oculo vtimur, vt sic necesse sit, etiam vno oculo distantias punctorum comprehendi. At verò etsi hoc non insit singulari oculo ob causas sequentes: inesse tamen consentaneum est vel ob solum motum capitis, quo motu vnus oculus vice duorum est, longè distantium.

PROPOSITIO IX

Id verò triangulum distantiae mensorium etiam in vno oculo potest considerari, vt vertex sit in puncto rei visae, basis in latitudine pupillae, et diametro pupillae ea, quae coincidit cum linea connectente puncta vtriusque pupillae; vt ita oculus vnus à binis oculis hoc instituendi trianguli negotium assuefactione didicerit: hac tamen proportione, vt si propter distantiam oculorum visus discernat eorum distantiam, quae ad centum passus remouentur; per latitudinem pupillae ad decem passuum aut minores distantias aspiret. Quamuis et aliae rationes sunt, cur singularis oculus distantias metiatur, per illam latitudinis diametrum potiùs, quàm per aliam altitudinis. Etsi enim oculus intrà vndiquaque circularis est: extrà tamen valuae palpebrarum diducuntur in lineam distantiae vtriusque oculi, horizonti parallelum. Natura enim cùm ipsam oculorum distantiam, tùm verò etiam hanc valuarum apertionem voluit horizonti aequidistare, minimè verò alterum oculum altero, aut alterum angulum palpebrarum altero altiorem esse (in animalibus quidem perfectissimi visus) eò quòd ad trianguli mensorii, ad planiciei scilicet, imaginationem plurimùm confert planicies horizontis, colore suo in oculos incurrens, si altera sit ad alteram in basi parallelos. Propterea intuentes euerso aut inclinato capite, perplexiori vtimur dignoscendi facultate.

PROPOSITIO X

Propterea etiam *in speculis conuexis, et in planicie densiorum mediorum, natura duce, studemus, vt radii ex vtroque oculo aequali angulo incidant in superficiem (seu vice versa, nam Geometricè idem est)*. Cùm enim haec facultas instituendi trianguli mensorii sit et binis iunctim oculis, et singulis seorsim communis, consensus verò quidam motus huiusmodi, vt cum contortione axium vtriusque | oculi, simul etiam fiat noua aliqua dis- 64
positio in singulis oculis (sit iam verbi causa, et confusiori notitia, vt vuea tunica in singulis oculis aut corrugetur aut diducatur), fit vt oculo †
vtroque in eâdem superficie vel repercussoria vel refractoria versante, 10
et altero eorum altiori, necesse sit corrugationem vueae, cùm à contortione axium vtriusque oculi, tùm ab alterius vueae corrugatione discrepare, propter diuersitatem refractionis, vt infra dicetur. Id verò si quis attentet, primum difficulter impetrat, identidem enim pro vna duas cernit imagines, deinde visum vehementer laedit, et dolores capitis excitat.

PROPOSITIO XI

Caeterùm externa valuarum palpebrae conformatio signum potiùs est quàm causa facultatis huius in singulari oculo: cogitandum de interna et genuina causa. Ac vnam quidem iam dedi, quae ferè sufficeret, cor- 20
rugationem vueae et contrariam dilatationem, nisi Medici affirmarent, esse hunc in hac tunica motum etiam ob copiam vel debilitatem lucis: de quo vide infra cap. 5.

Quartò itaque considerandum, quòd in humoribus oculi certa sit densitatis et tenuitatis ratio, ipsi oculo de se probè nota. Cùm igitur et aër, quo mediante fit visio, et lux, quae videtur, suas densitatis rationes supra obtinuerint: *consentaneum est, inesse oculo vim vtriusque, et aëris et lucis, seu densitatis seu raritatis metiendae.*

PROPOSITIO XII

Sed ab aëre argumenta plura collecta in lucem dirigemus. Etenim 30
videtur oculus à videndi officio ferè decisurus exaequato medio pellucido cum humore oculi, vt si oculus infra aquam demergatur. Ideò et omninò factus albugineus in spirabili animantium genere, ad res in aëre, non in aqua cernendas. Propterea piscibus, vt per aquas perspicerent, crassior et durior humor est datus, penè os, non humor. Par est itaque †
credi, humorem albugineum primas in oculo tenere vel ideò, vt sit differentia pellucidorum aëris et oculi. Potuisset enim natura, nisi hoc spectasset, lucem per foramen vueae apertum intromittere. Quamuis etiam ex figura idem elucescat. Nam cùm rotundus sit, multa contingunt,

65 radiis lucidis ex aëre in rotundum densius ingre|dientibus refractè, quae non possunt fieri oculo aquis obruto, vbi exaequato humore albugineo cum ambiente medio, superficies albuginei rotunda annihilatur. Ad minimum igitur inest oculo sensus huius tenuitatis aëriae, eo modo, quo rerum omnium, quibus assueuimus, sensum penitus infixum habemus.

† Vide prop. 3. 4. lib. 3. VITELLIONIS. Supra verò prop. 6. primi capitis, et luci et superficiei aëris eandem tribuebamus affectionem densitatis, *sentiet* igitur *et oculus densitatem lucis*. Idque eò magis, quod prop. 20. primi capitis patuit, lucem hoc densitatis respectu pati aliquid ab omnibus mediis inter se in densitate seu perspicuitate differentibus, et sic etiam ab humoribus oculi: quin igitur et oculus seu visus in genere, aliquid etiam contra patiatur ab hac densitate lucis, suae itidem densitatis respectu?

PROPOSITIO XIII

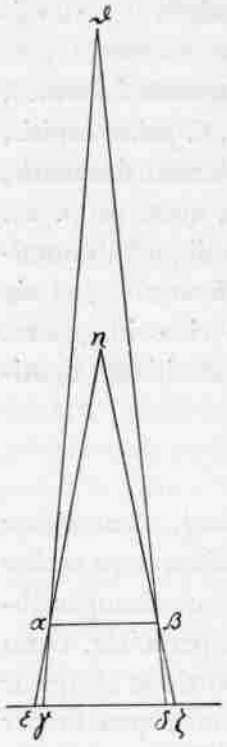
Quintò si densitatem lucis oculus sentit (per praecedentem), attenuationem quoque et condensationem eius necesse est, vt sentiat, quae quidem intra oculum fit, eumque quodammodo contingit, cùm profunditatem humores insuper obtineant, per quam haec attenuatio per prop. 6. cap. 1. perficitur. Dum enim per hanc profunditatem lux transit, in certa proportione spargitur (caeteris paribus, et remota iam consideratione coactionis, quae fit per figuram densiorum humorum) tenuiorque euadit in profunditate, quàm erat in primo ingressu. Quamuis oculus, etiam argumento vsus latioris illustratae superficiei in profundo, de extenuatione lucis intra oculum facta statuere possit: quia supra p. 7. huius capitis ipsi tribuebamus sensum attactae à luce quantitatis superficiei.

PROPOSITIO XIV

His ita per quatuor praecedentes probatis, iam demonstratione Geometrica euincam (quod prop. 9. probabiliter tantum stabilitum fuit), *ab oculo singulari, adminiculo altiorum facultatum, et per humorum oculi passiones à densitate lucis ceu per instrumentum, percipi et comparari punctorum rei visae distantias, ad quas est sensibilis diameter oculi.* Primò enim punctum quodlibet radiat in orbem, per 3. primi capitis: quare et in latitudinem oculi radiat, quae latitudo, seu totius oculi, seu foraminis vueae, 66 non est insensibilis ex hypo|thesi. Deinde visus percipit et densitatem tenuitatemque specierum seu lucis ex puncto per radios allapsae per 12. huius capitis, et earundem intra profunditatem oculi quantitatem attenuationis per 13. huius capitis. Tenet autem assuetudine profunditatem humorum suorum. Sit $\alpha\beta$ diameter pupillae, ei parallelos $\gamma\delta$,

17) contingit. Cùm

tantum distans, quantum patitur oculi profunditas. Igitur à terminis α. β. spargantur αγ. βδ. inclinatione minori; αε. βζ. maiori: concurrent ergò γα. δβ. in ϑ remotiori, εα. verò et ζβ. in η propiori fonte. Cum enim αγδ. βδγ. interiores maiores sint quàm αεζ. βζε. exteriores, subtracti à duobus rectis per 32. primi relinquent illic γϑδ. minorem, hîc εηζ. maiorem. Quare per 21. primi concurrent γα. δβ. in ϑ remotiori, et maior erit αϑ. vel βϑ. quàm αη. vel βη. Cum ergò teneat oculus diametrum αβ. et profunditatem αγ. et sufficiens sit obseruare proportionem δγ. ad ζε. et vtriusque ad αβ. seu ex attenuatione lucis, seu ex illustratis portiunculis internae superficiei, quare et αη. αϑ. obseruabit: idque non numerando sanè, sed comparando rei distantias per hunc ceu habitum, ad vires corporis sui, extensionemque manuum et passuum.



Satis haec faciunt, vt quae iam statim de binorum oculorum societate demonstrabimus, ea et de singularis oculi diametro latitudinis demonstrata intelligantur: quod supra proposueramus.

PROPOSITIO XV

Et dictum quidem de comprehensione coloris, plagae, distantiae, restat *de quantitatis comprehensione legitima*, quam vno verbo expediam. Sequitur enim ad comprehensionem anguli et distantiae, vbi visus ex lateribus in oculo coeuntibus, et angulo apud se constituto, iudicat de basi pyramidis, quae est rei visae quantitas. Iam ad negocium loci imaginis propiùs accedamus. [1]

DEFINITIO II

67

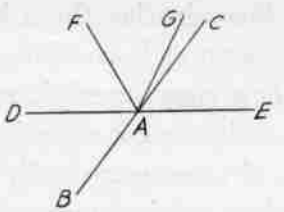
Superficiem repercussus vel refractionis dicunt Optici, quae definitur tribus punctis (ad tria enim puncta non in eâdem rectâ posita semper peculiaris planicies ponitur), *centro visus, puncto rei visae, et puncto repercussus* (*vel refractionis*) in superiori schemate Num. 1. punctis D. A. B.

PROPOSITIO XVI

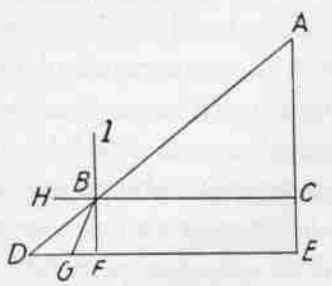
Huiusmodi superficiem demonstrant *necessariò perpendiculariter erigi super superficiem repercutientem seu refringentem.* VITELLIO lib. 5. p. 25. ALHAZEN lib. 4. n. 14. Demonstrationem expediunt ille per p. 20. hic per n. 10. eorundem, quòd scilicet anguli incidentiae et repercussus sint aequales:

et causam tandem inde deriuant, quòd natura agat per lineas breuiores,
† quod ex EVCLIDE et PTOLEMAEO hauserunt. Atqui haec opera non sunt formae consilio vtentis aut finem respicientis, sed materiae suis Geometricis necessitatibus astrictae. Praeterea et stellarum imagines cernimus in lacubus ijsdem repercussuum legibus, vbi comparatio linearum penitùs euanescit. Denique si genuina esset demonstratio, sequeretur etiam in negocium refractionum. Atqui VITELLIO lib. 10. p. 1. 2. et ALHAZEN lib. 7. n. 9. mutant hic formam demonstrationis; neque enim à lineis breuissimis ita hic argumentari expeditum est. Nobis sufficit con-
10 stare, quod repercussus fiat in plagam oppositam, refractio ad perpendicularem, quae ex puncto radiante in superficiem refringentem ducitur: illud ex p. 19. cap. 1. hoc p. 20. primi capitis: quorum vtrumque ex sua propria causa deduximus, vnde simul etiam sequebatur aequalitas angulorum incidentiae et repercussus. Hinc iam in genere adhibebimus argumentum, quod in specie VITELLIO de refractionibus vsurpat, quantum ex illa obscuritate colligi potest.

Cùm enim plagae collocentur in orbem, transeant ergò per A. punctum repercussus binae rectae BC. DE. in superficie repercutiente, designantes quatuor plagas. Transeat iam BFGC. superficies repercussus
68 20 per alteram harum linearum BC. quae si | inclinatur in superficie repercutiente DCEB. inclinabitur igitur ad alteram partem secundae lineae DE. inclinetur ad D. quare et incidentia FA. et repercussus AG. verget in vnam secundae lineae DE. plagam D. quod supra diximus non debere fieri. Nam oportet FAD. et GAE. aequales esse, non minùs quàm FAB. et GAC. Quare BFGC. superficiem ad perpendiculum esse necesse est ipsi DCEB. vt tantum vergat angulus incidentiae FAD. ad vnam plagam lineae secundae DE. quantum aequalis illi angulus reflectionis
30 GAE. ad lineae secundae DE. partem oppositam E.



In refractionibus etiam simpliciùs idem patet. Nam quia refractio non fit nisi ad perpendicularem, ergò in schemate propositionis 20. primi capitis linea CB. quae in superficie densioris HC. à puncto C. incidentiae, perpendicularis ipsi AC. ad punctum refractionis B. ducitur, parallelos incedet ei, quae in quacunque profunditate medij densioris ex producta perpendiculari AC. in E. rectis angulis exiens, in lineam refractam BG. incidit. Nisi enim hoc esset, non ac-
40 cederet refractus BG. rectà ad perpendicu-



33) lineae

larem BF. vel AE. sed vergeret simul etiam in alias plagas. Ergò per 7. vndecimi perpendicularis AC. in superficiem refringentem HC. in eâdem est planitie, in qua et linea refracta BG. At in qua planitie est linea refracta, ea dicitur planities Refractionis. Planities igitur refractionis, vt in qua est AC. perpendicularis in HC. planum refringens, per 18. vndecimi erit perpendicularis in idem planum refringens.

PROPOSITIO XVII

Plus difficultatis fuit in principiis constituendis. Demonstratio ipsa expedita est. Primùm visus in plaga aberrat, vt dictum est p. 14. huius tertii capitis: imaginatur enim sibi rem in eam plagam, vnde refractus vel repercussus aduenit. Deinde visus et in angulo aberrat. Imaginatur enim sibi, qua inclinatione incedant vsque ad binorum oculorum centra, radij refracti vel repercussi; eâ|dem inclinatione seu angulo incedere 69
etiam illos, qui à puncto radiante in puncta repercussuum vel refractionum, respondentia oculo, primùm allabantur per 2. et 7. huius tertii capitis. Estque locus imaginis genuinus illud punctum, in quo coëunt producti radii visorii ex vtroque oculo, per sua puncta refractionum vel repercussuum per 8. huius tertii capitis. Atqui cuiuslibet oculi radius visorius (linea lucida ex oculo per punctum repercussus, vel refractionis in continuum per imaginationem educta) est in eadem superficie cum superficie refractionis vel repercussus, per def. 2. Et cuilibet oculo sua est superficies repercussus vel refractionis per eandem. Ergò vbi concurrunt radii visorii vtriusque oculi, ibi concurrunt et superficies refractionum vel repercussuum, per oculum quaeque suum transeuntes. Ergò cùm sit locus imaginis in concursu visoriorum, per definitionem primam, erit in concursu superficierum refractionis vel repercussus vtriusque oculi. Concurrunt verò illae superficies in puncto visibili, ex definitione 2. Et cùm sint perpendiculares hae ambae refractionis vel repercussus superficies, super superficiem refringentem vel repercutientem, per 16. huius tertii capitis, seque mutuò secent; erit communis earum sectio primùm linea recta per 3. vndecimi; quare et res visa et omnes eius imagines erunt in eâdem rectâ, cùm omnes sint in communi sectione. Praeterea et per 19. vndecimi, haec communis sectio erit perpendicularis super eandem refringentem vel repercutientem superficiem. *Quare rursum omnes rei visae imagines erunt in perpendiculari ex re in superficiem seu refringentem, seu repercutientem: idque eatenus, quatenus distantia punctorum rei visae ad dictum modum seu per binos oculos, seu per vnius oculi diametrum latitudinis capitur.* Cumque (in specie) superficies sphaeram perpendiculariter secans per centrum eius transeat, quare

30) per 10.

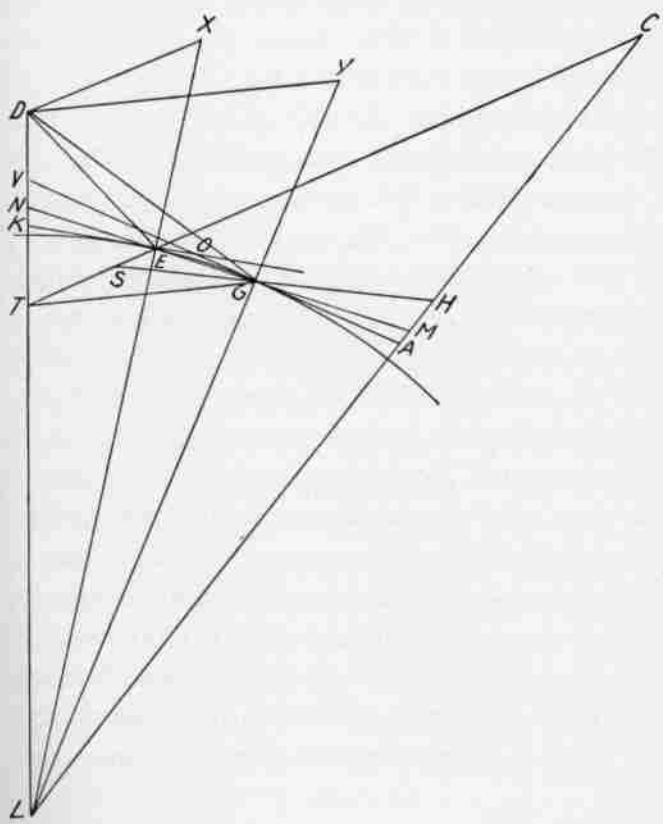
et talium duarum communis sectio, hoc est, linea imaginum et rei visibilis, per centrum transibit.

Non igitur occulta natura lucis, non naturae vniuersalis ingenium, sed sola visus latitudo, inter causas concurrit, cur visus imaginem reponat in perpendiculari. |

PROPOSITIO XVIII

Quod si visum aliter applices, sic vt (contra naturam) vtriusque oculi sit eadem superficies refractoria vel repercussoria, iam planè diuersum accidet. In conuexis enim speculis et in mediis densioribus imagines excedent è perpendiculari et ad visum accedent. Quod vt cuique promptum est explorare atque etiam mihi per experientiam fuit probatum: ita iam lucis causâ demonstrabo.

Sit primùm superficies sphaerica conuexa EG. centro L. Punctum radians in D. visus in CH. quae sit in eadem linea cum L. vt scilicet superficies refractionis per vtrumque oculum C. et H. sit eadem. Puncta repercussuum sint E. G. Connectantur DE. EC. DG. GH. et continuentur CE. HG. donec concurrant. Sit concursus punctum S. Ducantur etiam contingentes circulum in G. E. sintque AO. OK. et connectantur puncta G. E. rectâ, quae continuetur vtrinque in M. N. Cùm ergò DEK. sit aequalis angulo CEO. minor verò DEN. angulo DEK. minor ergò et DEN. angulo CEO. et bis minor erit DEN. angulo CEM. maiori. Et cùm | sit DGO. aequalis angulo HGA. (ex lege repercussus), maior verò DGE. quàm DGO. maior ergò DGE. quàm HGA. et bis maior quàm HGM. minor. Est verò EDG. differentia inter NED. maiorem imminutum et EGD. minorem, sed auctiorem redditum.



Contrà ESG. differentia est inter CEG. maiorem auctiorem redditum eâdem mensurâ, et HGM. minorem imminutum rursum eâdem quantitate. Quare ESG. multò maior est quàm EDG. Et est ESG. idem qui CSH. angulus, quo repercussi CE. HG. protracti concurrunt, estque S. locus imaginis puncti D. per 8. huius tertii capitis. EDG. verò est angulus, quo radii exeunt à D. puncto. Maior ergò angulus ad imaginem, quàm qui ad punctum radians. Propior ergò videbitur imago, quàm punctum radians per 21. primi. Dico S. esse inter DL. perpendicularem ex re in centrum, et perpendiculares per E. G. puncta reflexionum.

Producatur enim ES. donec secet DL. secet in T. et connectantur puncta T. G. sitque locus imaginis in T. continuetur etiam GO. donec secet DL. in V. Eiiciantur etiam ex L. centro per E. G. puncta rectae aliquousque, postea ipsi TE. agatur parallelus ex D. in LE. secans illam in X. Sic ipsi TG. parallelus agatur ex D. secans LG. in Y. Si ergò T. est locus imaginis, oportebit non tantùm DET. angulum bifariam secari ab EK. tangente circulum in E. sed etiam idem fieri ipsi DGT. per GV. tangentem circulum in G, eò quòd vterque et DEK. et KET. aequalis est angulo CEO. Item vterque et DGV. et VGT. aequalis vni tertio HGA. Cùm igitur XEK. KEL. sint etiam aequales, ablatis aequalibus, erunt residui XED. TEL. aequales. Sed aequales TEL. DXE. quia DX. TE. paralleli: ergò aequales DXE. DEX. quare et DX. DE. aequalibus oppositi. In triangulis ergò DLX. et TLE. latera per 4. sexti sunt proportionalia. Quare vt DX. hoc est DE. ad ET. sic DL. ad LT. At per 3. sexti, est etiam vt DE. ad ET. sic DK. ad KT. ergò vt DL. ad LT. sic DK. ad KT. Eodem verò pacto demonstrabitur, YDG. aequicrurum, et vt DY. hoc est DG. ad GT. sic DL. ad LT. Et quia ex hypothesi DGV. VGT. aequales, erit vt DG. ad GT. sic DV. ad VT. Ergò vt DL. ad LT. sic DV. ad VT. Prius autem vt DL. ad LT. sic DK. ad KT. Et per | mutatim vt DK. maior ad DV. minorem, sic KT. minor ad VT. maiorem, quod planè est absurdum. Falsum est itaque, quod pyramidis visoriae CSH. cuius basis CH. in visu, vertex S. sit in perpendiculari DL. aut vsque ad T. pertingat, quod prius posueramus, et ex quo hoc absurdum fuit secutum. Hoc itaque de omnibus inclinationibus verum est, quae sunt inter perpendicularem et horizontalem. At perpendicularis ipsa radiatio, ad visum repercussa mouet illum, vt putet, imaginem esse in perpendiculari, horizontalis verò, imaginem à perpendiculari DL. magis magisque admouet punctis E. G. adeò vt detur situs, vbi ex inferiori oculo linea HG. per G. punctum eflexionis continuata priùs iterum secet circumferentiam GE. quàm cum lineâ CE. ab altero oculo ad alterum reflexionis punctum ductâ concurrat.

37) punctis FG.

Ex his igitur apparet, non esse vniuersaliter verum, locum imaginis esse in perpendiculari, nisi et haec limitatio accedat, vt visus respectu speculi collocetur ita, vt natura monstrat.

In concauis idem demonstratur in contrarium. Nam contrariorum idem est iudicium, caeteris paribus.

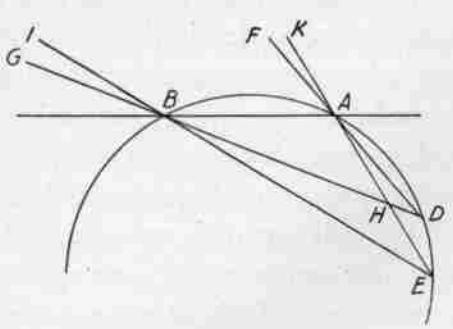
Est autem, vt hoc etiam addam, quicquid huius vnico oculo notari potest, aut insensibile, cùm arcus circuli repercussuum, angulum visorium varians, semper sit minor ipsâ pupillâ oculi, ideoque et repercussus vtriusque perquàm tenuis differentia: aut si bini oculi speculo tantum appropinquent, tantumque inclinentur, vt magnus aliquis arcus inter puncta repercussuum interiaceat, visus impeditur, vt priùs dictum, et laeditur, ob turbatam axium vtriusque oculi, et coangustationis foraminis vueae proportionem.

PROPOSITIO XIX

Demonstrandum iam est *idem etiam in refractionibus fieri, quod quidem experientia manifestissimè testatur, vt ambobus oculis in eâdem refractionis superficie versantibus, et valdè ex obliquo intuentibus, imago è perpendiculari excedat, et oculis appropinquet: siquidem et oculorum interstitium sat propinquè admoueatur: ita vt inter refractiones ad vtrumque oculum sensibilis differentia intercedat.*[1]

73 Circulum EDAB. secet recta AB. in punctis A. B. quae connecte cum D. et E. quibuscunque circumferentiae punctis ex vno latere stantibus. Erunt lineae DA. DB. EA. EB. quae continuentur in partes A. B. aliquousque, in F. G. K. I. Secabunt igitur se DB. AE. sectio sit H. Ergò per 31. tertii aequales erunt ADB. AEB. aequales verò et DHA. EHB. Residuus ergò DAH. residuo HBE. erit aequalis. Sed et DAH. FAK. aequales, item et HBE. GBI. ergò et FAK. GBI. aequales.

His ita positis sit visus in F. G. et haec omnia puncta ex supposito in eadem superficie: medium densius sit AB. recta. Punctum vibrans radios in E. Refracti FAE. GBE. Quare si aequales essent refractiones in A. et B. vt hîc ex structura facti sunt KAF. IBG. aequales: patet ex superioribus, quod imago puncti E. futura sit in D. scilicet in concursu FA. et GB. Cumque puncta circumferentiae versus A. semper sint propiora ipsi perpendiculari ex A. super AB. (dummodò sint inter A. et punctum circumferentiae, vbi perpendicularis ad AB. circulum tangit): semper igitur D. erit propior, quàm E. Ergò posito, quòd refrac-



tiones in A. et B. fiant aequales, imago in medio densiori appropinquat oculo à perpendiculari ex E. puncto viso in BA. superficiem ductâ, idque circa horizontem, cùm FAB. angulus est paruus.

Caeterùm quia obliquitas incidentiae EA. in AB. per 20. primi capitis est in causa refractionis, crescente ergò causâ crescet effectus, et contrà. Quare in A. refractio erit minor, quia EA. minus à perpendiculo declinat; in B. refractio erit maior, quia EB. plus inclinatur. Minor ergò cùm sit KAF. quàm IBG. minor ergò et DAH. quàm HBE. Maior ergò ADH. quàm HEB. Ergò ADH. et locus imaginis D. recipit se intra circumferentiam, et appropinquat ipsi A. plus quàm D. punctum circumferentiae, per 21. primi EVCL. Priùs autem ipsum D. plus appropinquabat ad perpendicularem ex A. quàm visibile E. cum sua perpendi|culari in 74
BA. Multò igitur plus appropinquat imago ipsius E. ad A. perpendicularem, recedens ab E. puncto, quàm ipsum visibile E. Quod erat demonstrandum.

In punctis circumferentiae ab A. remotioribus, quàm est punctum, vbi circulum tangit perpendicularis in BA. fit quidem vt aequalibus refractionum angulis positis, perpendicularis ex E. propior fiat ipsi A. quàm perpendicularis ex D. Sed quia inaequales refractionum anguli; rursum D. vbi maior angulus, appropinquat et circumferentiam deserit.

Et in genere, in tanta propinquitate ad perpendicularem, exiles sunt integri refractionum anguli, quare multò minus sensibiles differentiae horum angulorum. Quare nulla sensui notabilis discessio imaginis è perpendiculari: vbi visus rem sub medii densioris superficie propè perpendiculariter intuetur. Alias etiam exceptiones, de loco imaginis, vide infra capite quinto.

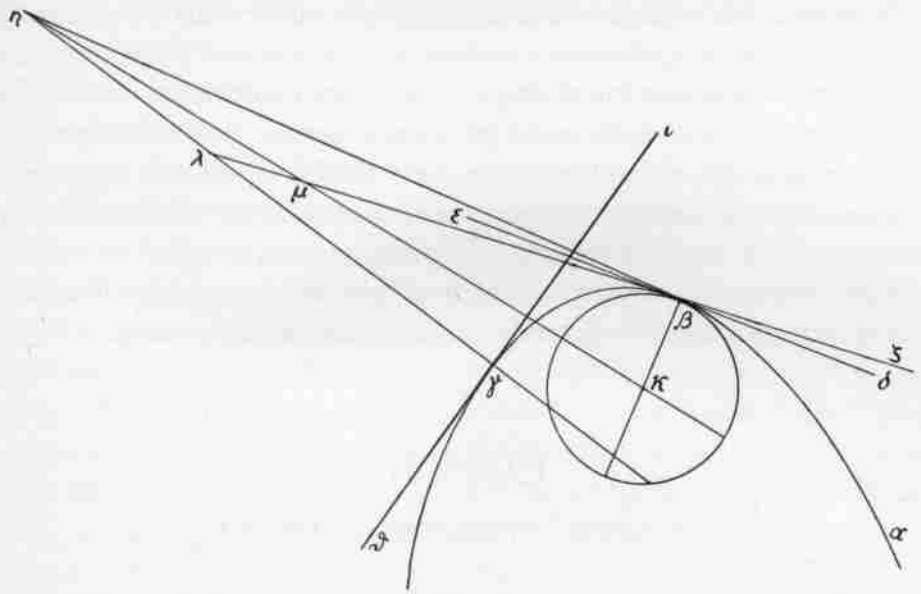
PROPOSITIO XX

Hactenus itaque ostensum est theorema Opticorum non planè καθόλου esse: quare et determinatum initio fuit accuratius, vt praedicatum subiecto exaequaretur in latitudine: et ostensi casus, qui ab vniuersali Opticorum regula exciperentur.

Vt autem videas, nuspiam non pullulare errores ex ignorantia, vide nunc etiam, quale discrimen sit inter Opticorum et meas conclusiones, super hoc theorema extructas. *Putabant illi luctari imaginem, vt recta via perveniat ad superficiem. Quare etiam in conoidibus speculis exemplo praeeunt (*ALHAZEN *lib.* 5. VITELLIO *lib.* 7.*) perpendicularem ex re in superficiem conoidis speculi ducendi, quod secùs habet.* Nihil enim interest ad locum imaginis, quali superficie speculum rei opponatur, cùm rationes formandae imaginis omnes ex illa parte speculi sumantur, in qua sunt bina puncta repercussuum lucis ad binos oculos. In hac igitur speculi parte, non in

ipsa perpendiculari ex re, causa inest, cur locus imaginis in illa perpendiculari sit. Itaque tunc mente intelligere oportet, continuari rationem curuitatis, quae repercussum fecerat in omnem ambitum, et super hanc
77 sphaeram imaginariam ducere etiam oportet per|pendicularem ex re pro definiendo loco imaginis. Vt appareat, quantum in effectu discrimen sit vtriusque sententiae, cape hoc exemplum.

Sit sectio parabolica communis sectio speculi conici et planiciei refractoriae (per definitionem paraboles apud APOLLONIVM) vel etiam speculi conoidis rectanguli (per ARCHIMEDIS p. 12. de Conoidibus). Sit igitur sectio αβγ. in ea punctum β. ostendat locum, vnde vterque oculus



(quamuis in binis talibus sectionibus) refractos radios accipit. Contingat ergò sectionem in β. recta εδ. Sitque visus in ζ. visibile in η. vt ζβδ. ηβε. sint aequales. Hîc si ex Opticis quaeras locum imaginis, iubent quaerere punctum sectionis, in quod ex η. perpendicularis incidat, quod sit γ. Ducta ϑι. contingente sectionem in γ. et continuatis η. γ. punctis, iubebunt producere ζβ. donec concurrat cum ηγ. concurrat in λ. Dicent igitur λ. esse locum imaginis puncti η. At verior ratio iubet inuenire
76 circulum, qui contine|at rationem curuitatis, quam habet sectio in β. puncto repercussus, (habent autem aliam atque aliam huiusmodi mistae lineae). Sit quantitas κβ. et ducta ex β. ipsi εδ. perpendiculari, quae sit βκ. centrum circuli ponetur in linea βκ. coniungeturque ηκ. eritque locus imaginis, vbi ζβ. continuata secat ηκ. sc. in μ. Hîc facilè vides, etsi maneat β. repercussus locus, proinde et κβ. ratio curuitatis, et ζ. oculus, discedat verò visile η. longius in linea βη. semper perpendicu-

21) coniungeturque βκ.

larem ex η. in punctum à γ. remotius incisurum, proinde et locum imaginis semper longius à λ. versus exteriora. Adeoque haec differentia tandem in infinitum abit. At multùm refert ad rationes specularias, hîc non in dubio suspensum teneri.

Sed satis de loco imaginis, quae quidem consideratio necessaria planè fuit ad sequentia: Da veniam Lector, si alicubi plus de Paralipomenis ad VITELLIONEM, quàm de Astronomiâ fuimus solliciti. Scio naturalem methodum postulare, vt agatur initio de natura lucis eiusque affectionibus, repercussu et refractione, secundò de oculo, qui refractione constat, denique de Catoptrica seu imagine, quae visoriarum facultatum soboles est. Hoc si fuissem secutus, multa hoc capite rudia et anticipatae notitiae praeterire potuissem; ipseque adeò contextus propositionum arctioribus vinculis et formâ magis Geometricâ constitisset. At mihi ad fidem Lectori faciendam satius est visum, seriem ipsam mearum inuentionum sequi; simul Catoptrica haec paralipomena sub iugum refractionum explicandarum mittere, et sic haec quoque quadamtenus in astronomicum seruitium trahere; ne praeter institutum libri, in solium regium collocentur, ipsumque scopum totius operis complecti videantur: quod factum fuisset, si naturalem Methodum essem secutus.

CAPVT IV

DE REFRACTIONVM MENSVRA

Interfuit Astronomiae ad certitudinem, vt constituerentur anguli, quibus radii stellarum à viâ rectâ refringuntur. Interest nunc etiam ad pulchritudinem, scire causas huius incrementi angulorum. Neque sa|nè 77 inutile, videre, an quid certi huic rei subsit, vt tantò confidentiùs pronunciare audeamus, an sint in locis omnibus refractiones eaedem. Quo obtento, iam longè aliter obseruationes veterum magni momenti tractandae sunt, quàm si refractionum nullus respectus habeatur.

1. *De velitatione* TYCHONEM *inter et* ROTHMANNVM, *super Refractionum negotio*

Iam dudum ALHAZEN Arabs, et ex eo VITELLIO refractionum materiam diligentiùs, quàm consueuere Veteres, explicare sunt aggressi. Ac cùm omnis nostra cognitio primùm ab experientia proficiscatur; primùm eorum angulorum quantitates instrumentis explorarunt, quibus radii ex aëre in aquam ingressi refringuntur; tùm et eorum, qui ex aëre in vitrum, et qui ex aqua in vitrum. Cumque coelorum materia de veterum

sententia penè vitrea, hoc est, crystallina crederetur, aër verò aquae esset affinis, audacia subuecti authores, adminiculo refractionum, in coelorum arcana inquirere coeperunt. Fauit ipsorum conatibus experientia; deprehensa est aliqua etiam in stellis refractionis ratio, eaque talis, ex qua per ea experimenta, quae in aqua et vitro iam comprobata fuerant, aether non densior aëre, sed hoc multò tenuior pronunciari posse videretur. Diu neglecta haec cura, post aliquot secula TYCHONEM BRAHE incessit, qui subtilissimis instrumentis angulos refractionum in aëre, quod VITELLIO neglexerat, metiri est aggressus. Certarunt cùm hoc tùm plurimis aliis inuentis is, quem dixi, TYCHO et ROTHMANNVS Hassiae Landgrauii Mathematicus. Controuersia de refractionibus multa est in tomo I. Epistolarum Astronomicarum, quas anno 97. TYCHO edidit, hanc qui volet inde petat. In praesentia summam ascribam: TYCHO prior à refractionibus cauendum monuit, in capiendis Solis altitudinibus. Causam obiter, vt in VITELLIONE legerat, in discrimina aëris et aetheris contulit. ROTHMANNVS arrepta occasione, eo ipso negauit vllum esse aëris et aetheris discrimen, quòd nulla contingat refractio, quae quidem 78 in hanc causam conferri posset. Sphaeras enim circulo commit[1]ti, siquidem diuersae sint: refractiones non, vti par erat, per omnem circuli ambitum, sed tantum prope horizontem contingere. Esse ergò refractiones non ab hoc sphaerarum discrimine, sed à causa humiliori, quae viginti graduum altitudinem ab horizonte non superet. Adiuuit inquisitionis Crepusculorum ratio, quae Solis occubitum vsque ad 18°. et 24°. graduum profunditatem comitantur. Conclusit ergo, infringi stellarum radios in ea materia, quae crepusculis praebet occasionem, quam arte Geometrica demonstrant Physici non superare duodecim milliarium Germanicorum altitudinem.

Non defuit causae suae TYCHO. Primùm cauit, sibi quoque geminam videri causam refractionum; primam à discrimine mediorum aëris densioris et aetheris rarioris: alteram, quae refractiones prope horizontem tantoperè praecipitet, residere sanè in vaporibus circa horizontem. Neque sufficere ad discrimina aëris et aetheris confundenda, vt demonstretur, nullas refractiones radiorum fieri prope verticem, quae quidem incurrant in sensus: posse enim esse aliquas, sed insensibiles, quae et in ipso horizonte admodum paruae sint futurae, nisi adiuuentur aliâ causâ. Augeri verò subitò, cum horizonti propinquant sidera, ob vapores, quos penes sit huius causae principatus. Vel enim ex eo ipso, quod ROTHMANNVS monuerat, apparere, transitum radiis occumbentium siderum, per aërem 12. milliaria altum, esse sextuplo longiorem eo, qui est sideribus in altitudine 30. graduum. Ita huc concessit, ad metiendos angulos refractionum concurrere profunditatem et conduplicationem

vaporum, ex obliquo sideribus obiectorum, quòd in Progymnasmatis fol. 92. 95. repetit, addita tamen correctione; vbi etiam existimat, nimiâ coeli distantiâ minutulas refractiones aspectui subtrahi, quod à refractionum negocio paulò est alienius. ROTHMANNVS contrà, ne vapores quidem hoc modo refractionibus fieri causam. Esse enim in perpendiculo 12. milliarium profunditate, in horizonte ex latere duodecuplo profundiores, in altitudine 30. graduum sextuplo. Futurum igitur, vt refractionis angu[1]lus in altitudine triginta graduum, etiamnum sexta 79
pars sit horizontalis refractionis, quod vel ipse TYCHO damnet, qui hos angulos aliter ab experientia sit dimensus: adeoque aliquas refractiones prope ipsum etiam verticem venturas. Itaque de sua sententia alium tradidit modum, qui vapores causam statuat refractionibus; certum esse spatium siderum radiis, quòd imperturbati per vapores transire possint: itaque si quem in locum superficiei terrenae perueniant breuiori per vapores itinere, quàm est hoc spatium, refringi minimè. Quâ verò à latere transitus spatium constitutum superet, omninò frangi. Hoc pacto sperauit se negocio satisfecisse. Multa prò et contrà dicta, disputatio adeò inuoluta est, vt me vix expediam. Qua in sententia post hanc cum ROTHMANNO dissertationem TYCHO manserit, habes in Progym. tomo primo fol. 92. Caeterùm, quod inter principia rerum constituendarum fieri solet, vtrique aqua haesit. Nam si genuinam refractionum mensuram adhibuissent, neque TYCHONI opus fuisset allegare geminam refractionum causam, geminata inquam corpora, alterum aëris, alterum vaporum, neque ROTHMANNVS negasset insensibile quippiam refringi lucem, etiam versus verticem*. Denique apparuisset, superficiem, quae frangit radios, neque vaporum esse temere oberrantium, neque corporis
Aër noster qualis. alicuius sublimis ad Lunae confinia, sed planè aëris eius, in quo nos homines spiritum eum in modum trahimus, quo pisces trahunt aquam. Statuisset itaque TYCHO non successoriam attenuationem aëris in aetherem, et obliterationem densitatis aëriae, sed manifestum et euidens discrimen, quod si quis supra consisteret, non minùs ipsi in oculos esset incursurum, ac iam superficies, quae aërem ab aqua separat, in oculos incurrit. ROTHMANNVS contrà non impegisset in principia optica, feriri à luce superficiem densioris medii, nec tamen mutuum quicquam pati, nec refringi: quodque non est in singulis partibus, in conduplicatis inesse; et profunditate mediorum refringi radios, non superficiebus: quae omnia absurda sunt. [1]

6) milliarum

80 ## 2. *Varij variorum modi metiendarum Refractionum refutati*

Magno constitit vel solus modus mensuraque Refractionum: nec sic impunè admittendus es lector; quin per eadem priùs dumeta inquisitionum traducaris, quae ipse perreptaui; vt quia fructum communem es habiturus, laborem quoque praelibes. Quamuis in tuam vtilitatem hoc cedit, vt quia nondum nihil superest, quod in refractionum causa desideres, mensuram tamen certò scias nullam superesse aliam, perlustratis omnibus recessibus: habeasque quaerendi methodum ob oculos, cuius solius intuitus maximi argumenti loco est, non ex arbitrio susceptum hunc metiendi modum. Eiusmodi namque est, vt affectatus, non è rerum natura oblatus esse videri possit, nisi monearis.

Primùm hoc in genere facilè constat à sola experientia, densitatem pellucidi esse in causa Refractionum, quod supra etiam à priori demonstrauimus, prop. 14. primi capitis.

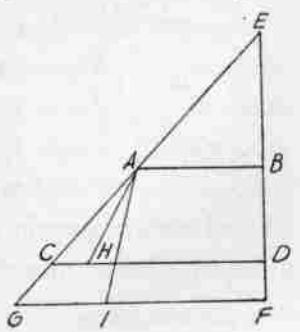
Deinde et hoc certum, si lux perpendiculariter incidat in superficiem; eam non refringi, at tantò euidentius refringi, quantò incidit obliquius. Igitur et incidentia concurrit ad causam, quod supra quoque prop. 20. primi capitis à priori deducere sum conatus.

Patet igitur, permisceri vtramque causam, sic vt nihil praestet densitas, si mente remoueas incidentiam; quia species incidentiae, ea scilicet, quae ad angulos rectos fit, refractione densum planè spoliat. Argumentum euidens eius, quod supra p. 10. et 14. primi capitis à priori deduxi, non pati lucem à densi corpore, sed à sola superficie: Incidentia enim est terminatio motus, motus in rectâ est: Rectae termini puncta, et infinitarum contiguarum terminus est superficies (quae habet infinita continuata puncta), non verò corpulentia.

Quare non in corpulentiâ densi, sed in superficie consistit refractionis causa. Haec sint nobis certa iudicandarum mensurarum principia.

Non est igitur haec iusta refractionum mensura, quae alterutram harum causarum solam sequitur. [18]

81 Prima hîc impingit eorum sententia, quae mensuram quaerit in nuda prolixitate transitus per medium densius. Multiplex error. Sit superficies densi AB. fundus CD. lux radians E. radii EC. ED. Dicit haec opinio, sic esse ad se inuicem refractionum angulos, vt sunt partes radiorum directorum sub denso AC. ad BD. Primùm statuetur in recta incidentia aliqua refractio, quod repugnat sensui, et prop. 20. primi capitis. Deinde refractio horizontalis in



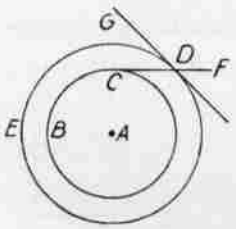
18) à priore

denso rectilineae superficiei excrescet in infinitum. Nam BD. ad AC. est vt secans anguli nullius, hoc est, vt radius ad secantem AEB. complementi incidentiae. Notum autem, secantem gr. 90. esse lineam infinitam. At experientiâ notum, esse horizontali refractioni certum suum modum in aqua. Circulus enim angulorum mensor seipso finitur, et quatuor rectos amplectitur. Cùmque sit refractio nisus ad perpendicularem, non est maior angulus eius, quae horizonti parallelos est, cum perpendiculari, quàm rectus. Non potest igitur ne maxima quidem refractio medii densissimi esse maior angulo recto.

Tertiò refractionis causa fiet corpulentia, quod supra p. 10. primi capitis refutabatur.

Quartò auctâ profunditate medii augebitur refractio. Continuetur enim EC. in G. Maior igitur fiet proportio AG. ad BD. manentem, quàm AC. ad eandem. Maior igitur refractio in A. manente illâ in B. Hinc sequetur, quod vbique ROTHMANNI argumenta redolere videntur, ACG. non esse rectam, sed arcum, quod prop. 22. primi capitis negauimus, et experientiâ facile est refutare. Statue tria puncta in aëre in eadem recta, imple situlam aquâ, ordina visum, vt extrema simul comprehendas, medium iterum coincidet extremis planè, vt prius in aëre. Et caue te moueat baculi in aqua incurui, in aëre recti phantasia. Nam is nihil ad hoc experimentum. Videtur enim non eâdem, sed diuersis refractis. Sequi autem id quod dixi, sic patet. Ex A. descendat re|fractus AH. in 82
fundum H. Auctâ fundi profunditate ex ea parte, quia simul augetur angulus, descendat ergò ex A. plus refractus AI. Patet manifestè, quod A. H. I. puncta non sint futura in recta. Ac etsi quintò haec opinio videtur cum densitate coniungere incidentiam, tamen re verâ separat; quia incidentiam non aliter considerat, quàm quatenus auget prolixitatem transitus, quae etiam aliundè, vt modò depressione fundi, augetur.

E contrario tenebitur eiusdem culpae, qui dixerit, differentiam incidentiarum radii Solis in superficies aëris et Terrae, mensuram esse refractionis. Vt quia certum est, refractiones quas Astronomi considerant, fieri à circumfuso terris aëre. Sit ergò Terrae superficies CB. quam tangat recta CF. in puncto C. aëris superficies ex eodem centro A. sit DE. et CF. secet hanc in D. Tangat igitur aliqua superficiem DE. in D. puncto sectionis, quae sit GD. Igitur si CF. fiat radius lucis, is coincidet cum tangente superficiei Terrae, erigetur ad tangentem GD. ad certum angulum, differentia incidentiarum est GDC. Ea paulatim minuitur, ita vt in vertice nulla sit, quia à vertice radius ad vtramque



7) parallelos, est cum 8/9) ne maxima quidem, medij densissimi 33) superficies C. quam

tangentem perpendicularis, et ad rectos descendit. Si ergò quis dixerit, refractiones proportionari his angulis GDC. concinna videbitur haec ratio metiendi refractiones; propterea, quòd ad quamcunque altitudinem sphaerae aëris, sequitur sua refractio maxima horizontalis, ita vt videatur experientiae satisfacere. Verùm haec quoque falsa est, quia yti dictum, separat rationem densi à figura seu incidentia, quae erant coniungenda. Nam hac quidem ratione non aliae futurae sint refractiones, vel saltem refractionum incrementa, à nulla ad summam, siue tenui aëre, seu vitro, pellucida sphaera constet. Patet autem experimentis, in varietatem densorum mediorum spargi etiam incrementorum diuersas formas. Praetereà si refractiones essent à sola figura, nulla fieret refractio, cùm pellucidi superficies sunt planae; vt in aquam eadem recta
83 iis¹dem angulis incidit, quibus in fundum aquae, parallelum ad superficiem. Hîc differentia incidentiae nulla, at non nulla refractio.

Progrediamur ad eos modos, qui coniungunt causam vtramque densitatem et incidentiam.

† Primus sese offert is, qui à ROTHMANNO fuit obiectus TYCHONI inter initia. Sit, inquit, refractio tantum 3. scrupulorum in horizonte, habebit in gradu 45. refractio sesquiscrupula. Sensus fiet talis, refractionem maximam horizontalem constitui à medii densitate, eam paulatim spargi per omnes incidentiarum gradus, vt quanto eleuetur lumen in arcubus circuli, tanta proportione à maxima decrescant refractiones reliquae, donec in vertice obliterentur. Hunc modum postea vterque, TYCHO et ROTHMANNVS agnouerunt experientiae repugnare. Nam in tabula VITELLIONIS prop. 8. lib. 10. etiam in aqua praecipitantur refractiones versus horizontem, nec respondent verticales (vel quasi) horizontalibus, in hac proportione arcuum incidentiae. In aëre quae fiunt refractiones, multò magis versus horizontem procumbunt, vt videre est in tabulis, quae sunt inter Progymnasmata TYCHONIS fol. 79. 124. 280. Caeterum hoc subitum incrementum circa horizontem neuter ex ipsa forma mensurae putauit existere, vtrique verisimile fuit, aut proportionari refractiones inclinationibus, aut aliunde interuenire nouam causam, nouum nempe vaporum* corpus. Ego verò dico, mensuram talem esse instituendam, ex qua haec necessariò sequantur, nihil interueniente. Nam satis tutos nos reddit analogia ab aqua ad aërem, vt statuamus vnicam aëris superficiem totam hanc culpam sustinere. Si enim in aqua, quae densa est admodum, refractiones sensibiliter concedunt versus horizontem, estque in horizonte refractio maxima circiter 37° graduum, nihilque hic interuenit, praeter aquae superficiem: multò magis vergent refractiones ad horizontem, vbi densitas exigua medii, refractio horizontalis despecta et exilis.

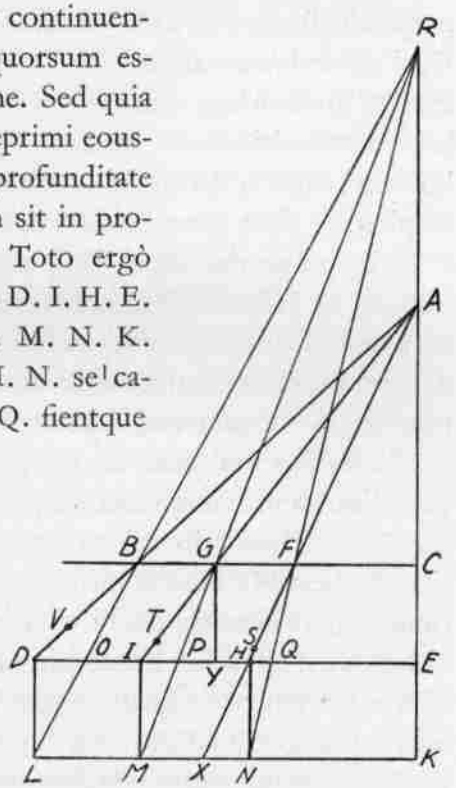
Atque hactenus et illa vltima TYCHONIS BRAHEI opinio fol. 95. 96. Progymnasmatum, quamuis vero omnium proxima, refutata fuit: quae ferè est eiusmodi. A prolixitate transitus constitui | modulos refractionum, de quibus per quantitatem inclinationum sumatur pars proportionalis. Fieret in horizonte aquae infinita, oriretur ex corpulentia, augeretur cum profunditate medii: denique neque consentit in aëre. Ponit enim ibi TYCHO crassitiem aëris horizontalem 142. miliaria, in altitudine 60°. 14. miliaria. Ergò $^1/_{10}$ pars de horizontali refractione deberetur altitudini 60. scilicet $3^2/_5$. de quibus inclinationi 30°. (quia altitudo ponitur 60°.) 1′ minutum deberetur, quod negat BRAHEVS fieri. | 84

Non intentatum nec hoc reliqui, vtrum semel constitutâ horizontali refractione ex densitate medii, caeterae sinubus distantiarum à vertice responderent? Sed nec calculus id approbauit, nec sanè opus erat inquirere. Nam eâdem formâ crescerent refractiones in omnibus mediis, quod repugnat experientiae.

Quo nomine taxatur illa ab ALHAZENO et VITELLIONE allegata causa refractionum. Lux, inquiunt, quaerit compensationem damni ex obliquo inflictu accepti. Quanto enim debilitata fuit à densioris occursu, tanto se recolligit accedendo ad perpendiculum, vt rectiore ictu feriat fundum medii densioris. Ictuum enim, qui sunt recti, fortissimos esse. Et addunt subtile nescio quid: motum lucis obliquè incidentis componi ex motu perpendiculari et motu parallelo ad densi superficiem, eumque motum sic compositum non aboleri ab occursu pellucidi densioris, sed tantùm impediri. Totum ergò motum, vt est compositus, sese munire iterum, residere scilicet in motu per densam superficiem iam alterato, vestigia pristinae compositionis, vt non planè fiat perpendicularis, nec planè parallelus. Deflectere autem ad perpendicularem potiùs quàm ad parallelum, quia fortior sit motus perpendiculi. Haud multò meliùs rem explicarunt, quàm MACROBIVS lib. 7. Saturnalium, qui cunctationem visui, et ex offensa recursum in sese tribuit. Perinde quasi lucis species mente praedita esset, qua et densitatem medii, et suum damnum aestimaret, et proprio arbitratu non extranea vi; agendo, non patiendo, sese ipsam infringeret.

Si haec ratio vera esset, dimensio refractionum esset expedita. | Crescerent enim refractiones cum sinubus distantiarum à vertice, propterea quòd in eadem proportione debilitantur ictus ex obliquitate. Si namque quaeras, quanto fortius Sol terras feriat ab altitudine 30. graduum, quàm ab altitudine 45. graduum, rectè respondebitur, tantò fortius, quantò longius est latus quadrati latere sexanguli. Nam circa horizontem subitò vis Soli cumulatur; circa verticem paruo variatur, quod idem et sinubus accidit. | 85

Aliam dimetiendi rationem confinxi, quae et densitatem medii et incidentiam coniungeret. Nam quia medium densius fit causa refractionum; videtur ergò perinde esse, ac si quis eius medii profunditatem, in quo refringuntur radii, extendat in tantam amplitudinem, quantam occupat tantundem materiae sub forma medii rarioris. Tunc enim radii in vacuum aquae spatium irretortè ingressi ad visibilem rem; hac per huiusmodi imaginationem, profundius demersa in perpendiculum, ipsi quoque altero sui termino, quo visile contingunt, intelliguntur demergi et sic prolongari. Sit A lux, BC superficies medii densioris, DE fundus. Descendant obliqui AF. AG. AB. et continuentur AB in D. AG in I. AF in H. quorsum essent casuri, si medium esset vniforme. Sed quia densius: finge ergò fundum DE deprimi eousque, vt quantum materiae est in profunditate CE sub forma densioris, tantundem sit in profunditate CK sub forma rarioris. Toto ergò fundo DE demerso in LK. puncta D. I. H. E. descendent perpendiculariter in L. M. N. K. Connexis igitur B. G. F. cum L. M. N. se[1] cabitur DE fundus in punctis O. P. Q. fientque refracti ABO. AGP. AFQ.



Et notandum in hoc modo, si CK. FN. GM. BL. continuentur, concurrere illa rursum in puncto eodem. Continuentur enim CA et NF. donec concurrant, sitque concursus punctum R. et connectantur G et B cum R. dico RGM. rursum esse vnam rectam, sic et RBL. Nam triangula RAF. NHF sunt inter parallelas RA. HN. quare RAF. FHN anguli sunt aequales, et ARF. HNF. et qui ad F communis est. Tota ergò triangula sunt similia. Sed triangulo RAF et triangulo RAG commune latus est RA. et angulus RAF maior est angulo RAG. quantitate anguli FAG. Et F. G. puncta stant in vna recta perpendiculari ad RAK. quo pacto trina puncta trianguli vtriusque determinata sunt, vt non possint esse alia, quàm haec singularia. Vicissim triangula FHN. GIM. habent etiam aequale latus IM et HN. quia sunt hae paralleli inter parallelas DE et LK. Et FHN angulus maior est angulo GIM. itidem quantitate anguli FAG. idque accidit in triangulis similibus. Nam RAF. FHN aequales sunt, sicut et RAG. GIM. Et tertiò G. F. anguli rursum stant in per-

30) quare RAF. FAN 31) sunt similes 36) alia, qua 39) in angulis similibus

pendiculari super MI. vel NH. aequale latus, et respondet HFN angulo RFA. in quo prius idem acciderat. Ergò, vt est triangulum RAG ad RAF triangulum in lineis et angulis, ita erit et MIG ad NHF. sed similia NHF. RAF. Similia igitur etiam RAG. MIG. Sed habent latera RA. IM parallela et IG. GA in vna recta, et G communem verticem. Ergò RGA. MGI sunt aequales anguli, quare et MGR erit vna recta. Eodem modo probabitur et RAB. LDB similia esse, et LBR rectam. Patet ergò quod monueramus.

Hic modus refutatur experientiâ: nam anguli refractionis versus AC. perpendicularem, vt HFQ fiunt nimis magni respectu horizontalium. Et si refractionum angulos ex VITELLIONE et TYCHONE examines, punctum R. directorium refractorum BO. GP. FQ. non est vnum, sed circa horizontem altissimum supra A. in vertice coincidens cum A. Exploret hoc seu | calculo seu circino, cuicunque ocium est. Adde quod ratio ipsa 87 cespitat, et dum dimensiones captat, seipsam vix capit aut percipit.

Pergo ad modos alios. Cùm ergò densitas planè sit in causa refractionum, et refractio ipsa compressio quaedam videretur lucis, vtpote ad perpendicularem; subiit animum inquirere, an quae proportio mediorum causâ densitatis eadem sit proportio fundi spatiorum, quae lux primum in vacuum vas, dein aquâ superfusâ, introgressa feriat.

Hic modus multiplex est. Aut enim concipitur in lineis rectis, vt si quis dicat in proximo schemate, sic esse EQ lineam refractè illustratam, ad EH illustratam directè, vt est densitas medii alterius ad alterum. Vel si quis dicat FQ lineam refractam, esse ad FH partem ipsius AF continuatam, vt densitas medii vnius ad alterum. Aut concipitur in planiciebus, vt si sit in hac densorum proportione potentia EQ ad potentiam EH. aut circulus aut qualiscunque figura ad consimilem. Sic enim quae est proportio EQ ad EP, eius dupla esset EH ad EI. Aut concipitur iste modus in soliditate pyramidum curtarum FHEC. FQEC. vt sicut medium ad medium in densitate, sic hae pyramides, vacua ad humore plenam. Denique quia proportio mediorum est trifariae considerationis, cùm densitatem recipiant in longum, latum, et profundum, progressus sum etiam ad proportionem cubicam inter lineas EQ. EH quaerendas. Quin et alias consului lineas. Demittatur ex aliquo punctorum refractionis, vtpote ex G perpendicularis in fundum GY. Quaestio erit, vtrùm triangulum GIY. hoc est, basis IY. diuideretur à GP refracto in proportione densitatis mediorum. Hos modos omnes coniunxi, quia eundem omnes habent Elenchum.

Nam quacunque ratione linea, planum, vel pyramis EI ad EP. aut abbreuiata YI ad YP retineat eandem vbique proportionem, vtpote

10) HFC

quae est mediorum, certè EI tangens distantiae puncti A à vertice fiet
88 in horizontali distantia | infinita, reddet igitur et EP. vel YP infinitam. Vnde IGP angulus refractionis abolebitur, et approximans horizonti, paulatim minor atque minor euadet, quod ab experientiâ refutatur. Nam maximus est in horizonte. Nec illae in scenam introductae pyramides benè conueniunt cum prop. 7. 8. primi capitis, quia species lucis superficiei dimensiones habet, non corporis. Denique haec species in ipsa superficie densioris refringitur, ab hac passione recto motu fertur, qualitercunque fundus illi occurrat. Sunt igitur fundus et lineae EI. EP et confictae hae pyramides in refractionis negocio planè accidentaria.

Tandem igitur itum est ad ipsam rei imaginem, cui locum supra cap. 3. ex Opticis definiuimus in concursu radii visorii cum catheto incidentiae. Sit iam fundus in priori schemate LK. et altitudo medii densi CK. Sit visibile in M. erecta perpendicularis in superficiem aquae ex M. sc. MI est cathetus, sit G punctum refractionis, erit recta AGI radius visorius, quia visus non percipit radium in G frangi, quin existimat, inde aduenire totum, quorsum ipse obuius à spectante dirigitur. Concurrit ergò AGI cum MI catheto in puncto I. Quare ex Opticorum definitione I locus erit imaginis. Hanc imaginem primo sic consului: an semper in IE parallelo ad BC superficiem permanendo, refractionibus metiendis praebeat ansam. At hoc falsum ipse sensus oculorum testabatur. Quo enim obliquius inspicias aquam, hoc magis ascendunt imagines ad superficiem: Si directè despicias ex A in C. nulla videbitur altitudo fundi K. Quid quod modus iste tandem cum supra descripto coincidit. Probatum est enim, si D. I. H. E (quae iam sunt loca imaginum) sint in eâdem parallelo ad BC. LK. et DL. IM. HN. EK sint perpendiculares, vt hîc quoque ponitur, tunc KC. NF. MG. LB concurrere in eodem puncto R. itaque esse vnum ex modis reiectis.

Rursum quaesiui, vtrum à punctis suarum refractionum imagines aequaliter abessent, minimamque distantiam metiretur ratio densorum. Vt si E sit imago, C aquae superficies, K fundus, et CE ad CK. vt medium ad medium causâ densitatis. Postea F. G. B. sint tria alia puncta
89 refractionis, et imagines in S. T. V. et CE. | FS. GT. BV aequales. Verum statuebatur hoc pacto imaginis E aliqua altitudo in perpendiculo AK. quod refutatur experientiâ, vt alios Elenchos taceam.

Tertiò an vt medium ad medium, sic (si H sit locus imaginis) FH ad FX ? Minimè. Esset enim sic etiam CE ad CK. quare semper eadem altitudo imaginis, quod iam refutauimus.

Quartò, an vt CK ad FX. sic altitudo imaginis in K. ad altitudinem in H ? Minimè. Nam aut nunquam inciperent ascendere imagines, aut vbi semel inceperunt, ascenderent in infinitum, quia FX tandem fit infinita.

Quintò, an ascendant imagines in proportione sinuum inclinationum? Minimè. Nam eadem ratio esset ascensus in omnibus mediis.

An ergò, sextò, primùm et in perpendiculari radiatione exaltentur in proportione mediorum, inde magis magisque ascendant in proportione sinuum inclinationum? Etenim sic proportio ascensuum componeretur, fieretque diuersa per media diuersa. Nihil. Nam calculus ab experientia discrepabat. Et in genere frustra consulimus imaginem aut locum imaginis, propter hoc ipsum, quod imago est. Nihil enim attinet medii densitatem, nihil ipsum reale lucis πάθος, seu ἀνάκλασιν, quid visui accidat, ex cuius errore imago resultat.

3. *Praeparatio ad dimensionem veram Refractionum*

Hactenus ergò ferè coecam inquirendi rationem secuti sumus, et fortunam inuocauimus. Iam in posterum alterum aperiamus oculum, certam insistentes methodum.

Etenim cùm perpenderem, imaginem rei sub aqua visae, adeò propinquam esse dimensioni legitimae refractionum, vt penè refractiones metiatur, humilis sit, si res à perpendiculo inspiciatur, paulatim fiat altior, oculo versus horizontem aquae procumbente: ex altera verò parte ratio iam modo dicta negaret, in imagine quaerendam esse dimensionem, propterea quòd imago existat non planè ex rei natura, sed simul ex deceptione visus, quae | accidens est rei ipsius: ex harum inquam pugnantium rationum collatione tandem subiit animum, causas ipsas imaginis in aqua constitutae inuestigare, et in his causis dimensionem refractionum. Opinio haec tantò magis in me fuit confirmata, quòd viderem, causam imaginis, et in speculis et in aquis apparentis, ab Opticis non esse legitimè indicatam. Et hinc origo laboris illius, quem supra cap. 3. suscepimus. Neque sanè mediocris is erat, dum inter principia in re tam perplexa pro falsis Opticorum traditionibus alias falsas opiniones sequor: dum ter quater aliam insisto viam, totum negocium de nouo repeto; totiesque, vt fit, idipsum, quod tanto ardore quaerebatur, temeraria persuasione pro iam inuento animo complector.

Et hunc quidem Catoptrices nodum Gordio difficiliorem, solâ Analogiâ tandem secui, ad eum modum, quem supra descripsi: dum perpendo, quae in speculis contingerent, et quae in aquis ad illorum similitudinem contingere consentaneum esset. Etenim in speculis imagines extra locum rei visae collocat non materia vlla, sed sola repercussio à polita superficie. Quare sequebatur et in aquis, imagines ascendere, et superficiei appropinquare, non ad leges densitatis in aqua maioris vel

13) aperiebamus

minoris, prout rectior vel obliquior esset intuitus, sed propter solam refractionem luculae ex re in oculum allapsae. Quo sic posito, quicquid supra per imaginem, eiusque eleuationem in dimensione refractionum tentaueram, planè concidebat. Idque tantò magis, postquam causam genuinam inueni, cur esset imago in eadem cum re ipsa perpendiculari, tàm in speculis, quàm in mediis densioribus.

Cùm ergò per Analogiam huiusmodi foeliciter cessisset in demonstratione difficillima de loco imaginis: coepi hanc Analogiam, illectus cupiditate dimetiendi refractiones, vlterius persequi. Optabam enim tenere mensuram refractionum, quantumuis caecam, dummodo aliquam: certâ spe, fore vt mensurâ legitimè cognitâ, causa quoque patesceret. Sic ergò perrexi.

Quemadmodum in speculis conuexis minor fit rei imago, sic etiam in mediis rarioribus: et vt in speculis concauis imago fit ma|ior, sic et in densioribus. In conuexis quidem partes mediae imaginis appropinquant, in concauis recedunt longiùs, quàm circumstantes: idem fit in mediis differentibus, adeò vt in aqua fundus depressus, circumstantes partes eleuatae appareant. Hinc apparebat concauae superficiei speculari respondere medium densius, conuexae rarius: simul patuit, planam aquae superficiem induere quandam curuitatis rationem: quare de causis cogitandum erat, quae conciliarent illi hunc curuitatis effectum, vt si causa redderetur, cur partes aquae circumstantes incidentem perpendicularem, maiorem repraesentarent densitatem, quàm esset ipsius aquae sub perpendiculo. Ita res reuoluebatur ad superiores molitiones: quae cùm sint ratione et experientiâ refutatae, supersedendum fuit à causae ipsius inquisitione. Pergebam igitur ad mensuram. Cùm igitur sint multae mediorum species, densitate differentes, oportuit huic multitudini quoque statuere quid analogon in speculis concauis. Igitur vt in concauo maior fiat imago, oportet oculum intra centrum esse: qui quò propior est centro, remotior à superficie, hoc maior erit imago. Itaque cum densiora media maiorem itidem faciant imaginem, diuersa media diuersis in diametro speculari sitibus oculi respondebant.

Accomodabam igitur extrema; in concauo speculo locus oculi, superficies et centrum: in mediis medium densissimum, et medium planè aequale illi medio, in quo est oculus. Si collocaretur oculus in centro, fieri oportebat eadem, quae contingunt re in medio infinitae densitatis inspecta.

Hic itaque noua existebant biuia. Nam si perpendas, quid fieri debeat, medio existente planè densissimo (seu infinitae densitatis), deprehendes ex analogia mediorum caeterorum, oportere, si quod esset, omnes omninò radios ab vno puncto in superficiem huiusmodi illapsos, refringi

plenariè, hoc est, coincidere post refractionem cum ipsis perpendicularibus: et sic fieri parallelos. In caeteris enim mediis, quò densius est quodlibet, hoc propiùs accedunt refracti ad perpendiculares suos. |

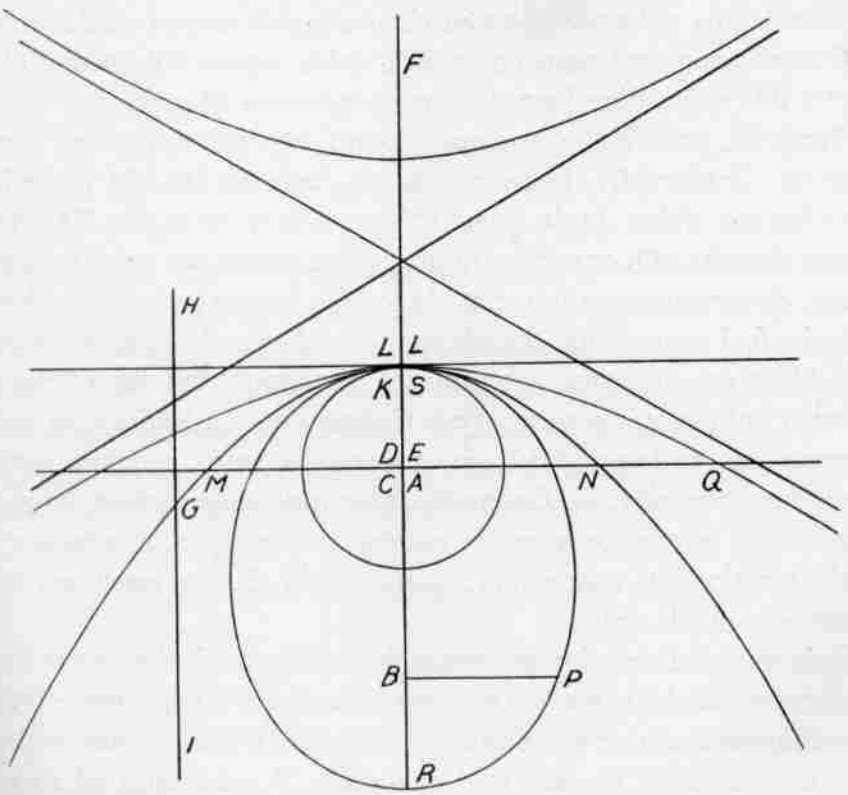
Atqui in sphaerica concaua superficie radii ex centro in superficiem 92
vndique illapsi post repercussum non fiunt paralleli, sed recolliguntur ad suam originem. Circumspiciendum igitur fuit de tali concauo, talique eius puncto diametri, à quo in superficiem egressi omnes repercuterentur in meros parallelos. Quod nisi iam praecepissem gustum aliquem conicorum: nunquam eò peruenissem, quò contendebam. Memor autem eram eorum, quae VITELLIO de speculo Parabolico adurente scripserat, 10
lib. 9. prop. 39. 40. 41. 42. 43. 44. Etenim quae APOLLON. lib. 3. prop. 48. et aliquot circumstantibus de Hyperbola et Ellipsi demonstrauerat; ea circa Parabolen omissa VITELLIO dictis locis ex parte supplet, demonstratque in ea punctum aliquod, à quo in sectionem seu curuam lineam egressae quotcunque aequales cum contingente angulos facerent iis angulis, quos cum eadem contingente constituunt ex iisdem punctis eductae axi paralleli. Atque id est, quod quaerebamus. Caeterùm quia difficilis est consideratio sectionum, propterea quòd parum teritur, libet aliqua mechanicè, analogicè et populariter de iis disserere: date veniam Geometrae. 20

4. *De Coni sectionibus*

Coni varii sunt, rectanguli, acutanguli, obtusanguli: item Coni recti seu regulares, et scaleni seu irregulares aut compressi: de quibus vide APOLLONIVM et EVTOCIVM in commentariis. Omnium promiscuè sec- :
tiones in quinque cadunt species. Etenim linea in superficie coni per sectionem constituta aut est recta, aut circulus, aut Parabole aut Hyperbole aut Ellipsis. Inter has lineas hic est ordo causâ proprietatis suae: et analogicè magis quàm Geometricè loquendo: quod à linea recta per Hyperbolas infinitas in Parabolen, inde per Ellipses infinitas in circulum est transitus. Etenim omnium Hyperbolarum obtusissima est linea recta, 30
acutissima Parabole: sic omnium Ellipsium acutissima est Parabole, obtusissima Circulus. Parabole igitur habet ex altera parte duas naturâ infinitas, Hyperbolen et Rectam, ex altera duas finitas, et in se redeuntes, Ellipsin et Circulum. Ipsa | loco medio media naturâ se habet. Infinita 93
enim et ipsa est, sed finitionem ex altera parte affectat, quò magis enim producitur, hoc magis fit sibiipsi parallelos, et brachia, vt ita dicam, non vt Hyperbole expandit, sed contrahit ab infiniti complexu, semper plus quidem complectens, at semper minus appetens: cum Hyperbole, quò plus actu inter brachia complectitur, hoc plus etiam appetat. Sunt igitur oppositi termini, circulus et recta, illic pura est curuitas, hic pura 40

rectitudo. Hyperbole, Parabole, Ellipsis interiectae, et recto et curuo participant; Parabole ex aequo, Hyperbole plus de rectitudine, Ellipsis plus de curuitate. Propterea Hyperbole quò longiùs producitur, hoc magis rectae seu Asymptoto suae fit similis. Ellipsis quò longiùs vltra medium continuatur, hoc magis circularitatem affectat, tandemque coit iterum secum ipsa: Parabole loco medio, semper curuior est Hyperbola, si aequalibus interstitiis producantur, semperque rectior Ellipsi. Cumque, vt circulus et recta extrema claudunt, sic Parabole teneat medium: ita etiam vt rectae omnes similes, itemque et circuli omnes, sic sunt et Parabolae omnes similes, solaque quantitate differunt.

Sunt autem apud has lineas aliqua puncta praecipuae considerationis, quae definitionem certam habent, nomen nullum, nisi pro nomine definitionem aut proprietatem aliquam vsurpes. Ab iis enim punctis rectae eductae ad contingentes sectionem, punctaque contactuum, constituunt aequales angulos iis, qui fiunt, si puncta opposita cum iisdem punctis contactuum connectantur. Nos lucis causâ, et oculis in Mechanicam intentis ea puncta Focos appellabimus. Centra dixissemus, quia sunt in axibus sectionum, nisi in Hyperbola et Ellipsi conici authores aliud punctum centri nomine appellarent. Focus igitur in circulo vnus est A. isque idem qui et centrum: in Ellipsi foci duo sunt B. C. aequaliter à



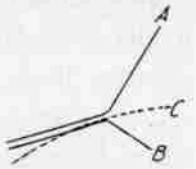
centro figurae remoti et plus in acutiore. In Parabole vnus D est intra sectionem, alter vel extra vel intra sectionem in axe fingendus est infinito interuallo à priore remotus, adeò vt educta HG vel IG ex illo caeco foco in quodcunque punctum sectionis G. sit axi DK parallelos. In Hyperbola focus externus | F interno E tantò est propior, quantò 94
est Hyperbole obtusior. Et qui externus est alteri sectionum oppositarum, is alteri est internus et contrà.

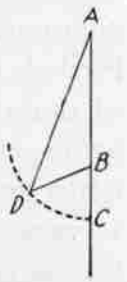
Sequitur ergò per analogiam, vt in recta linea vterque focus (ita loquimur de recta, sine vsu, tantum ad analogiam complendam) coincidat in ipsam rectam: sitque vnus vt in circulo. In circulo igitur focus in ipso centro est, longissimè recedens à circumferentia proxima, in Ellipsi iam minus recedit, et in Parabole multò minus, tandem in recta focus minimum ab ipsa recedit, hoc est, in ipsam incidit. Sic itaque in terminis, Circulo et Recta, coëunt foci, illic longissimè distat, hic planè incidit focus in lineam. In media Parabole infinito interuallo distant, in Ellipsi et Hyperbole lateralibus bini actu foci, spatio dimenso distant; in | Ellipsi alter etiam intra est, in Hyperbole alter extra. Vndique sunt 95
rationes oppositae.

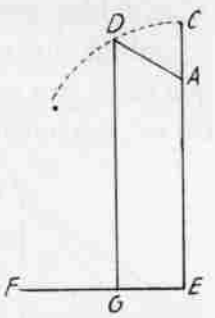
Linea MN. quae focum in axe metatur, perpendiculariter in axem insistens, dicatur nobis Chorda, et quae altitudinem ostendit foci à proxima parte sectionis à vertice, pars nempe axis BR. vel DK. vel ES. dicatur Sagitta vel axis. Igitur in circulo sagitta aequat semichordam, in Ellipsi maior est semichorda BP. quàm sagitta BR. maior etiam sagitta BR. quàm dimidium BP semichordae seu chordae quarta pars. In Parabole, quod VITELLIO demonstrauit, sagitta DK praecisè aequat
quartam chordae MN. hoc est, DN est dupla ad DK. In Hyperbole EQ plus est, quàm dupla ipsius ES. sc. minor est sagitta ES. quàm quarta chordae EQ. et semper minor, atque minor per omnes proportiones, donec euanescat in recta, vbi foco in lineam ipsam incumbente, altitudo foci seu sagitta euanescit, et simul chorda infinita efficitur, coincidens sc. cum arcu suo, abusiuè sic dicto, cùm recta linea sit. Oportet enim nobis seruire voces Geometricas analogiae: plurimùm namque amo analogias, fidelissimos meos magistros, omnium naturae arcanorum conscios: in Geometria praecipuè suspiciendos, dum infinitos casus interiectos intra sua extrema mediumque, quantumuis absurdis locutionibus concludunt, totamque rei alicuius essentiam luculenter ponunt ob oculos.

Quin etiam in descriptione sectionum analogia plurimùm me iuuit. Etenim ex 51. et 52. tertii APOLLONII descriptio Hyperboles et Ellipseos efficitur facilima; potestque vel filo perfici. Positis enim focis, et inter eos vertice C. figantur acus in focis A. B. annectatur ad acum A

filum longitudine AC. ad B filum longitudine BC. Prolongetur vtrumque filum aequalibus additionibus, vt si duplex filum digitis comprehendas, iisque à C. discedentibus, bina fila paulatim dimittas, alteraque manu signes iter anguli, quem vtrumque filum facit apud digitos, ea designatio erit Hyperbole. Faciliùs Ellipsis describitur. Foci sint A. B. vertex C. Fige acus firmas in A. B. vtramque filo amplectere simplici amplexu, vt inter AB filum non | intersit. Fili longitudo sit AC duplicata, et capita fili nodo sint connexa. Insere iam graphium D in eundem fili complexum cum AB. et tenso filo, quantum id patitur, circa AB circumduc lineam, haec Ellipsis erit. Cùm haec tam facilis esset descriptio, non indigens operosis illis circinis, quibus aliqui cudendis admirationem hominum venantur; diu dolui, non posse sic etiam Parabolen describi. Tandem analogia monstrauit (et Geometria comprobat) non multò operosiùs et hanc designare. Proponatur A focus, C vertex, vt AC sit axis; is continuetur in partes A. in infinitum vsque, aut quousque Parabolen placuerit describere. Placeat vsque in E. Acus ergò in A figatur, ab ea sit nexum filum longitudine AC. CE. Teneas manu altera caput alterum fili E. altera graphium, cum filo extende vsque in C. Sit etiam ad CE erecta perpendiculariter EF. igitur graphio C et manu altera E discede aequalibus interuallis à linea AE. sic vt manus altera et fili caput semper in EF maneat, filumque DG semper ipsi AE parallelon; via CD. quam graphio signaueris, erit Parabole.







Dixi haec de sectionibus conicis tantò libentiùs, quòd non tantùm hîc dimensio refractionum id requirebat, sed etiam infra in Anatome oculi vsus earum apparebit. Tum etiam inter problemata obseruatoria mentio earum erit facienda duobus locis. Denique ad praestantissima optica machinamenta, ad pensilem in aëre statuendam imaginem, ad imagines proportionaliter augendas, ad ignes incendendos, ad infinitè comburendum, consideratio earum planè est necessaria.

Machinamenta Optica PORTAE

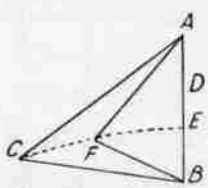
5. *Quodnam genus quantitatum Refractiones metiatur?*

In conicas sectiones optima methodo incideram: at nondum omnis ambigendi causa erat sublata. Etenim cùm sint nobis ad dimetiendum propositae infinitae mediorum species densitate differentes, ab ea, quae infinitae

15/16) Geometrica

densitatis rationem habere fingitur, vsque ad eam, quae planè nullam habet densitatem: sit verò | in antecedentibus demonstratum, dimen- 97
sionem angulorum refractionis per diuersas lucis incidentias in densiora media petendam esse (Analogia inuitante) ab angulis repercussuum per diuersas lucis incidentias in concaua specula: alterum quidem extremum in analogia benè quadrabat, medium nempe densissimum, ad situm lucis in foco Paraboles: propterea quòd, vt in densissimo radii post refractionem, sic qui ex foco Paraboles, post repercussum paralleli fiunt.

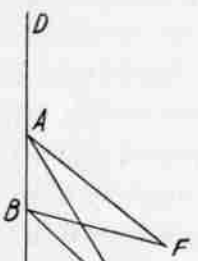
At de succedentibus ordine mediis minùs densis nondum constabat, quorsum essent accommodanda, vtrum ad diuersos lucis situs in eadem Parabola infra focum, sic vt medium, in quo nulla fit refractio, pertineat ad situm lucis in ipsa caua superficie seu vertice Paraboles: an verò potiùs, quia Parabole est extrema cùm Hyperbolarum tùm Ellipsium, media gradibus à densissimo differentia, vel ad varias Hyperbolas, vel ad varias Ellipses accommodanda, sic vt semper maneat situs lucis in foco sectionis. Quo pacto, medio illi quod refractione caret, illic recta seu planum speculum deberetur, hîc sphaericum concauum. Quare non intentatum reliqui inquirere, an cuilibet medio sua esset Hyperbole. Nam si loca imaginum in aqua per omnes inclinationes punctis signes: adumbrabitur propemodum Hyperbola, quod fidem auget. Exempli itaque causâ pro refractionibus aquae, sumatur in inclinatione 80°. refractio 30°. refractus 50°. ex VITELLIONE. Et sit B focus A oppositus: ad punctum B lineam BA. angulus 80°. comparetur, qui sit CBA. Sic ad punctum A lineam AB angulus refractus 50°. qui sit CAB. et coëant AC. BC. in C. Cùm ergò sit B. 80°. et A. 50°. erit et residuus C. 50°. et AB. BC aequales. Quare si AB sit 100000. erit AC. 128558. Est verò et BC. 100000.



Excessus ergò AC super BC est 28558. Est ergò 28558. per 51. tertii APOLLONII, linea inter vertices oppositarum sectionum, seu axis DE. Aufer DE. 28558. ab AB. 100000. restat 71442. cuius dimidium 35721. est AD. vel EB. Itaque E est vertex Hyperboles, et D vertex oppositae sectionis. Videamus iam, an reliquarum inclinationum refractiones, à | VI- 98
TELLIONE propositae sequuturae sint. Sit EBF. 70°. ad quam inclinationem VITELLIO ponit refractionem 24°. 30′. refractum 45°. 30′. An igitur in hac iam constructa Hyperbole FAB est 45°. 30′ ? Cùm itaque sit AB 100000. et ABF 70°. et AF superet FB spatio DE. agamus ergò per Falsi, et sit FAB 45°. 30′. Erit AFB 64°. 30′. quare vt sinus AFB. ad AB. sic sinus FAB ad FB. et FBA ad FA. Prodit ergò FB 79023. et FA 104111. quarum differentia 25088. debuit verò esse 28558. Ergò FB respectu FA nimis est longa. Minuitur, si angulus FAB minuatur.

Haec vna positio est. Sit iam secundò FAB 44°. 29′. Erit AFB 65°. 31′. quare FB 76993. FA 103254. differentia 26261. debuisset esse 28558. Vides, imminutione anguli FAB per 1°. 1′. profecisse nos ad debitum per 1173. Abfuimus etiamnum per 2297. Ergò adhuc duobus ferè gradibus est minuendus angulus ille, qui nobis repraesentare debuit refractum. Et contrà refractio ipsa totidem, nempe 3. ferè gradibus augenda, vt fiat 27°. 30′. propior illi priori in inclinatione 80°. Non metitur ergò speculum hyperbolicum angulos refractionum per diuersas inclinationes. Et in genere, quia BA repraesentat perpendicularem in aquam, quaeque ex B excitatur ipsi BA ad rectos, repraesentat radium superficiei aquae parallelum seu horizontem: sciendum, quod in Hyperbola circa verticales incidentias anguli repercussuum subitò augeantur, circa horizontem verò parùm, et citò fiant maximi. In refractionibus aliter: crescunt enim versus horizontem cùm anguli refractionum, tùm incrementa ipsa angulorum. Quare mensuram refractionum inter focos Hyperbolarum frustrà quaerimus.

Possis ergò iam statim augurari, quia Hyperbole oppositum faciat refractionibus. Ellipsin Hyperbolae oppositam eadem facturam cum refractionibus, et sese mensurae accommodaturam. Quod quidem et inde verisimile reddi videtur, quòd hoc pacto analogia medio refractione carenti speculum sphaericum concauum tribuit, in quo radii ex centro elapsi et refracti coincidunt, nec angulos vllos claudunt. Sit B focus Ellipseos, | A focus oppositus, DABI axis. Sit rursum IBF 80°. et BAF 50°. erit hic AFB 30°. repraesentans ipsam refractionem; et sit AB 100000. Erit igitur AF 196962. BF 153208. et per 52. tertii Apollonii erit summa vtriusque 350170. quantitas axis DI. quare AD. vel BI 125085. Sic constituta Ellipsi, sit iam IBC 70°. Scio quod BC. CA. aequent 350170. axem. Sit ergò, quod ponit Vitellio, refractio 24°. 30′. angulus BCA. prodit AC 226599, BC 171995. Summa 398594. Haec nimis magna est, debuit n. esse tantum 350170. Quare BAC nimis est magnus, et BCA minor iusto. Sit ergò maior, sc. 27°. et BAC 43°. Prodit AC 206985. BC 150223. Summa 357208. etiamnum paulo maior iusto. Quare etiamnum augendus parumper BCA angulus. Ita fiet maior, quàm est refractio Vitelliana. Quare nec in foco Ellipsis quaerenda est refractionum mensura. In genere enim haec quoque à vertice magnis incrementis auget angulum dictum, at vbi ex foco exit rec-



2) FB 76931. FA 103262. differentia 26331. 4) per 1243. per 2227. 26) 197962 27) 351170 (ebenso Zeile 29 und 32). 28) BE 125585. 31) AC 202485. BC 171996. Summa 374481. 34) AF 206985. BF 150244. Summa 357229.

tus ad axem, parua sunt incrementa angulorum, penè vt in ipsa etiam Hyperbola.

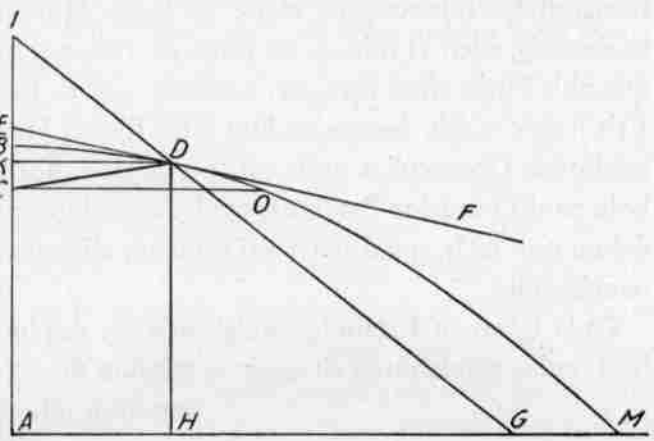
Ergò consulatur alter modus, vt omnium mediorum causâ refractionis mensurae sint in sola Parabole, et densissimi quidem medii mensura statuatur, ductis rectis ex foco, tenuissimi verò, seu quod refractione caret, mensura capiatur, (analogicè loquendo) ductis rectis ex puncto, quod est in ipso fundo, (seu Geometricè vertice) Paraboles, depressissimum: media caetera interiecta, puncta quoque in axe interiecta sortiantur. Exempli causâ in aquae refractionibus, sit A focus, in figura sequenti, AB axis, infra A sumatur C punctum, et DC inclinetur ad AB. angulo DCB 80°. Et in D contingat sectionem FD. secans AB in E. fiatque FDG aequalis angulo EDC. et continuetur GD. donec cum AB concurrat in I. Quaeritur primò, quanta sit altitudo puncti C à fundo seu vertice B. vt GIA fiat 50°. quantum VITELLIO ponit angulum refractum ad inclinationem 80°. Ergò in CDI. est DIC 50°. ICD 80°. Ergò et IDC 50°. quare CD. CI. aequales. Qualium ergò CI. vel CD est 100000. talium DI est 128558. Cumque EDC. FDG ponantur aequales, item et IDE. FDG sint ad verticem, ergò IDE. EDC sunt aequales, quare vt CD ad DI. sic CE ad EI. per 3. sexti. Erit itaque CE 43753. EI 56247. Demittatur iam ex D perpendicularis in EC. quae sit DK. Erit KDC 10°. quare DK 98481. KC 17365. | et residua EK 26388. Et per 33. primi APOLLONII, EB 13194. vt et BK. et BC 30559. Demonstratum verò est à VITELLIONE, BA esse dimidium AM. et per 20. primi APOLLONII, vt BK ad BA. sic quadratum KD ad quadratum AM. Qualium ergò AB 183770. talium CB 30559. Sic inuenta et constituta est Parabole cum suo puncto ex refractione Vitelliana gradus octogesimi, estque altitudo puncti quàm proximè sexta pars de altitudine foci, seu de sagitta. Et quia vt AB ad CB. sic quadratum AM ad quadratum CO. ergò multiplicatis AB in CB. et quaesita radice, quae est 74940. erit vt AB ad radicem, sic AM ad CO. Cumque sit AM 367540. fit CO 149990.

Lubet iam videre, quanta repercussio futura sit in O. Tangat sectionem recta in O. sitque OI. (imaginatione delineata), dantur in triangulo OCI duo latera et rectus interiectus. Nam CO ad rectos est ipsi IC. Et quia OI tangit, erunt CB. BI aequales, quare CI 61118. CO verò 149990. Quare angulus OIC 67°. 50′. et IOC 22°. 10′. Cui si adiiciatur aequalis, vel subtrahatur ab OIC 67°. 50′. restat 45°. 40′. angulus, quem repercussus facit cum axe, repraesentans refractionem aquae horizontalem.

Si iam experiri lubeat caeteras refractiones in VITELLIONE, sic agemus. Primùm facilioris calculi causâ accipiat AM dimensionem rotundam

24) AM 183770. 30) sic AG. sit AG.

100000. fietque CB 8314½. Sit iam BCD 70°. ad quam inclinationem
101 VITELLIO ponit refractionem 24°. 30′. et refractum 45°. | 30′. qui repraesentetur à CID. Oportet KD tantam assumere, vt cum KC constituat angulum KCD 70°. vt ponitur, et simul sit ad AM in proportione dimidia eius quae est BK. (residuae de BC.) ad BA. Vt hoc artificiosè assequaris,
‡ sequere perpetuò hanc regulam: Quadra tangentem anguli KDC. Huic adde quadrato, factum ex duplo BC. in AM. qui est in hac dimensione semper 1662900000. Summae radicem eodem tangente anguli KDC rursum minue. Residuum erit KD in hâc inclinatione 18262. Cum autem KD semper sit medium proportionale inter EK et AM. et sit qualiumAM100000.



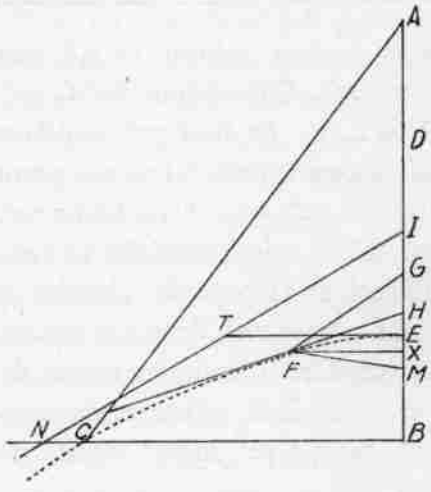
talium KD 18262. qualium igitur KD 100000. talium et KE erit 18262. qui est tangens anguli KDE 10°. 21′. Cui additus KDC 20°. facit CDE 30°. 21′. Cuius duplus CDI 60°. 42′. Et ICD 70°. residuus ergò ad 2. rectos CID est 49°. 18′. cui respondentem VITELLIO ponit 45°. 30′. Ergò refractio hîc repraesentaretur 20°. 42′. VITELLIONI 24°. 30′. Est ergò etiam haec mensura vitiosa, nimis enim praecipitatur circa horizontem, contra quàm supra in Ellipsi et Hyperbola. Etenim et
† horizontalem refractionem exhibet 44°. 20′. quam etsi VITELLIO omisit, experientia tamen testatur vix ad 37°. ascendere. Qualitates tamen dimensionum exhibet requisitas, dum crescere facit refractiones, augmentis versus horizontem increscentibus. Nam à 70°. in 80°. crescit refractio per 9°. 18′. ab 80°. in 90°. per 14°. 20′.

Cùm autem Parabole sit Hyperbolarum omnium acutissima, facilis est nobis reditus cum hac inquisitionis forma ad Hyperbolas. Manebitur igitur in foco ipso, tantummodo cùm de densissimo agitur medio, illique sola Parabole quadrabit. Mediis caeteris seruient Hyperbolae vel Ellipses non foco, vt prius, sed aliquo puncto supra vel infra focum. Nam secundum varios luminis situs in sagitta figurae, varii etiam contingunt repercussus, in sectionibus caeteris non minus quàm iam modò in Parabola. Manu ducet autem nos Parabola. In ea enim, si mansissemus in
40 foco, repercussus creuissent proportione inclinationum. Iam vbi de-

27) 45°. 40′. 31) 90° per 15°. 30′.

scensum infra focum, praecipitati fuerunt repercussus circa horizontem. Ex quo datur intelligi, cùm nimia fuerit praecipita|tio, nimium infra 102
focum descensum. Rursum si mansissemus in foco, repercussus horizontis fuisset maximus gr. 90. vbi descendimus, inuenimus 45°. 30′. Ergò si rursum ascendamus supra stationem pristinam, plus habebimus in horizonte, vel in inclinatione gr. 90. plùs, inquam, quàm 45°. 30′. Plus igitur in gr. 80. quàm 30°. Nimium igitur. At Hyperbolae minuunt horizontales repercussus, etiam ex foco. Minuunt et praecipitationes horizontis, adeò vt minori proportione crescant ibi, quàm inclinationes, quamuis initio circa verticem crescant maiori. Idem et Ellipses faciunt. Erit itaque nobis descendendum infra focum Hyperboles. Inquisitionis methodus Geometrica nulla est, periclitanda fortuna, sumenda Hyperbole paulò obtusior Parabolâ, explorandi duo repercussus. Quae si officium non facit, quasi per Falsi regulam eligenda alia, donec genuinam nanciscamur.

Quia igitur in Parabola semichorda est duplum sagittae, sit Hyperbola, cuius semichorda sit sagittae triplum BC. et in sagitta EB eligatur punctum infra B focum, quod sit M. ex quo repercutiendae educantur. Educatur MF. vt FMG sit 80°. et quia FGM 50°. et GFM itidem 50°. quae igitur sectionem in F contingit FH. cùm bisecet GFM. faciet FHM 75°. Ergò per 50. secundi Apollonii, quia data est Hyperbole, proportione EB ad BC. poterit duci contingens HF. faciens cum EB angulum imperatum. Sit enim A focus oppositus, erit AC longior, quàm CB. spatio DE axis. At simul potest AC vtramque AB. BC. Ergò DE est 2. qualium AD 1. et EB 1. vel AB 4. et BC 3. et AC 5. Ergò bisecta AB in I. erit I centrum, et concursus Asymptotôn, per 1. secundi Apollonii. Vt autem sciatur angulus Asymptotôn, nota quòd per 10. secundi Apollonii, vt DB. BE rectangulum ad BC quadratum, sic DE trans|uersum 103
latus ad latus rectum. Et contra. Vt autem DE ad latus rectum, ita figura ad quadratum lateris recti. Ergò vt figura ad quadratum lateris recti, ita DB. BE rectangulum ad BC quadratum, et permutatim vt figura ad DB. BE rectangulum, ita quadratum lateris recti ad quadratum BC. Sed figura est quadruplum rectanguli DB. BE. ergò et quadratum lateris



25/26) positione

recti est quadruplum quadrati BC. hoc est, latus rectum est duplum BC. Hoc quidem semper verum est, et in omnibus tribus sectionibus. Est ergò iam latus rectum 6. et transuersum DE 2. Figura ergò 12. cuius quarta pars 3. radix $\frac{173205}{100000}$. Ergò per 1. secundi APOLLONII, angulus inter Asymptoton TI et BI est 60°.

Iam igitur in triangulo HFX (demissa FX perpendiculari in EM.) quia FHX est 75°. erit HFX 15°. Qualium ergò FX 100000. talium XH 26795. At simul per 37. primi APOLLONII, vt transuersum latus figurae ad rectum, sic IX. XH rectangulum, ad XF quadratum. Diuisa ergò tertia parte quadrati FX seu 100000. per XH 26795. prodit IX 124401. qualium FX 100000. Sed per 21. primi APOLLONII, vt rectum figurae latus ad transuersum, sic quadratum FX. ad rectangulum DX. EX. Ergò rectangulum DX. EX. aequale est rectangulo IX. HX. seu quadrati FX parti tertiae. Itaque de quadrato XI aufer tertiam partem quadrati XF. residui radix est IE semiaxis. Ergò hinc valor EX prodit 14209. Et quia XMF est 80°. erit XFM 10°. Propterea qualium XF 100000. erit XM 17633. Ergò EM altitudo quaesiti puncti 31842. IE verò 110192. dimidium axis, cui aequalis hoc loco demonstrata fuit altitudo foci EB. Qualium ergò EB 100000. talium EM 28897.

Inuento puncto susceptae Hyperboles, ex quo in superficiem egressa recta, angulum 80°. cum sagitta faciens, in aliam repercuteretur, quae cum eodem axe angulum 50°. facit, iam porrò exploremus, quantus fiat FGM angulus, si FMG sit 70°. Oportet FX perpendicularem tantam statuere, vt cum XM rescissa concludat XMF angulum 70°. et vt residua XE cum XD rectangulum fiat aequale tertiae parti quadrati FX.

104 Processus calculi difficultatem habet. Addenda linea DE | 220384. lineae EM 31842. Summa 252226. multiplicanda, et in EM 31842. et in tangentem anguli 20°. scilicet 36397. Itemque haec 36397. et in EM 31842. et in seipsam. Deinde facti ex 36397. et 252226. item ex eodem 36397. et 31842. iungendi, vt pro quatuor sint tres facti, horum omnium tripla constituantur. Abscindantur verò à triplo quadrati 36397. vltimi digiti quinque ad dextram, et curtatus hic auferatur à 100000. Residuo, diuide triplum compositi, eodem et triplum facti ex 252226. et ex 31842 (auctum ad dextram 5 cyphris) diuide. Quo facto prioris quotientis dimidium quadra, et huic quadrato adde posteriorem quotientem: Summae latus siue radicem quantitate dimidii prioris quadrati diminues, quod restat, ostendit FX tantam in secunda hac constitutione, quantam facere iussi sumus per Hyperboles imperia. Fietque hoc processu FX 68550.

4) $\frac{173281}{100000}$ 9) IX. XH triangulum. 18) dimidiam 35/36) et ab hoc quadrato aufer posteriorem quotientem: Residui latus. 36) prius

et XM talium particularum 24950. Nam cum esset FX 100000. erat XM 36397. Prius autem erat EM 31842. Hinc igitur ablata XM relinquit EX 6892. cui adiecta DE 220384. constituit DX 227276. et haec in EX multiplicata, quod nobis probationis loco est, tantundem producit, quantum si nouum valorem FX 68550. quadres, eiusque quadrati partem sumas tertiam. Hanc quidem FX quadrati tertiam partem diuides per IX 117084. compositam scilicet ex IE prius notâ 110192. et EX modò inuentâ 6892. Constituetur hoc modo quantitas HX 13379. quae sic se habet ad FX. 68548. vt 19518. ad 100000. Ergò monstrat angulum HFX 11°. 3′. Sed XFM erat assumptus 20°. compositus ergò HFM 31°. 3′. Est verò GFM duplus ad hunc ex antedictis, quare 62°. 6′. Sed GMF constitutus fuit per hypothesin 70°. Residuus ergò FGM prodit 47°. 54′. At ex VITELLIONIS obseruatis debuit esse 45°. 30′. In Parabola euadebat 49°. 18′. Ecce cum à Parabola ad hanc obtusitatem Hyperbolae descendissemus; vno gradu, et 24′. minutis propiùs ad scopum accessimus, à quo cùm etiamnum absimus, pergendum est in obtusiores Hyperbolas.

Illud etiam ostendit, in via nos esse. In Parabola altitudo puncti erat sexta sagittae pars, hic paulò minus est quàm pars tertia. Est enim IE. (vel in hac Hyperbola aequalis ei EB.) partium 110192. | EM verò 31842. 105
Ascendimus igitur. Atque id prius fieri debere dixeramus. Vbi ergò aliam obtusiorem Hyperbolam elegerimus, amplius etiam ascendemus.

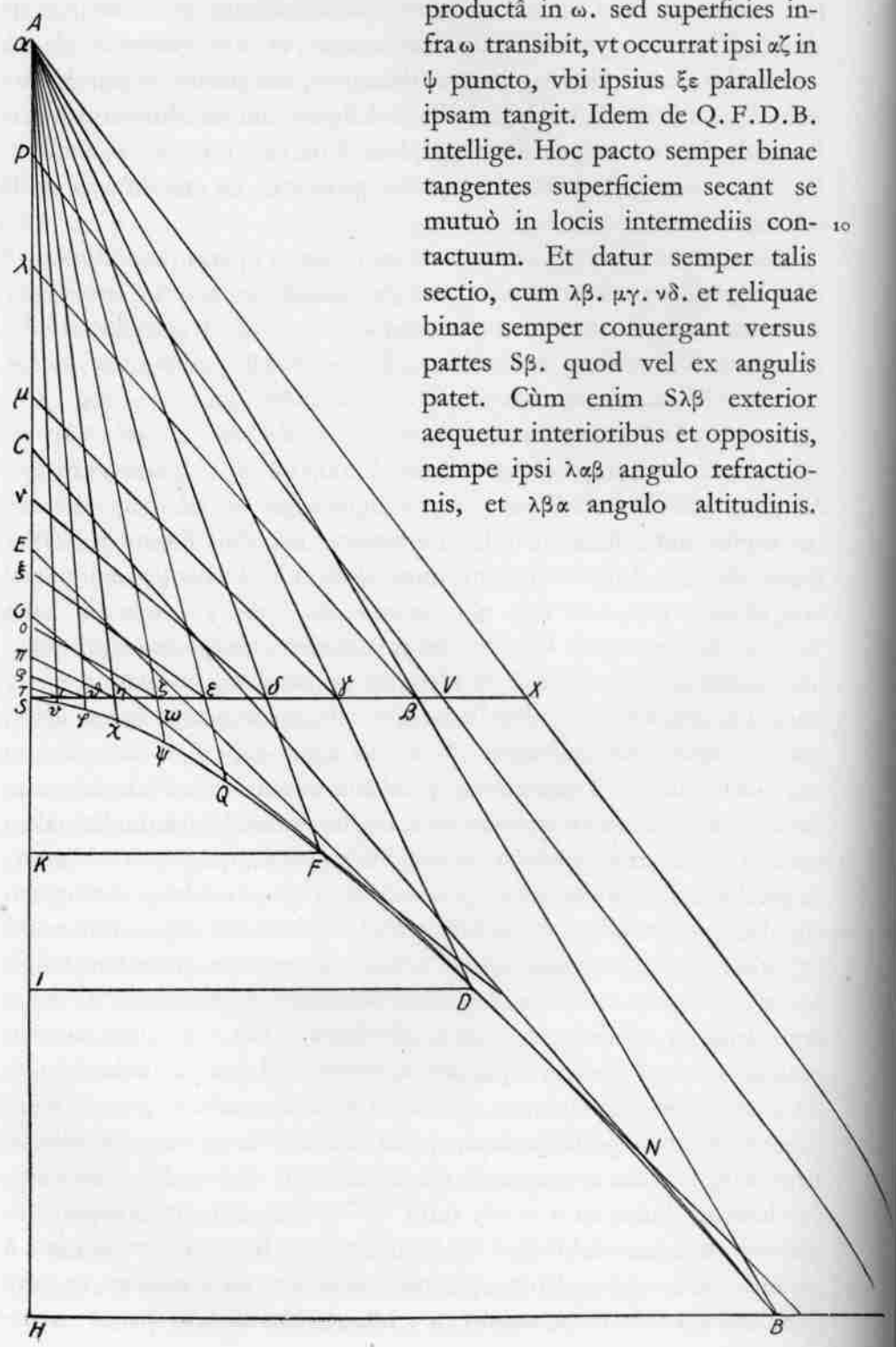
Sit ergò Hyperbola obtusior, cuius sagittae ad semichordam proportio, quae est vnius ad quatuor. Erit ergò EB sagitta et ED transuersum figurae latus, seu axes aequales, et rectum figurae latus octuplum transuersi, quod in priori triplum erat. Propterea vbi prius triplicaueras, iam octupla. Breuiter, et vt verbo repetatur totus prior processus, angulus FGM prodit 44°. 58′. qui prius erat 47°. 54′. Debuit ex VITELLIONE 45°. 30′. Et cum EB sit 60868. EM altitudo quaesiti puncti fit 33850. plus quàm dimidium, quae prius erat tertia pars, in Parabola sexta pars. Vides iam nos transisse limitem obtusitate Hyperboles, sed parum. Age si te calculus delectat proportionaliter, aut nouas et intermedias tenta Hyperbolas, caeterosque VITELLIONIS angulos. Aio futurum, vt Hyperbolam talem, et in ea punctum tale inuenias, ex quo rerum retrò sitarum imagines in ea planè forma sint appariturae, in qua apparent sub aquis: hoc est, comprehendi tali Hyperbolâ et puncto, mensuram omnium refractionum aquae; proinde et aliis Hyperbolis aliorum mediorum, causâ refractionis, mensuras, easque per angulos repercussuum, qui fiunt in cauis speculis hyperbolicis.

Sufficere ista vel curiosissimo poterant ingenio, nisi me Mechanica, et quae capite 5. sequetur oculi consideratio, in nouum retraxisset laborem. Nam hactenus quidem distortas imagines, quas aquae nobis ex-

hibent, refractione radiorum in sese demersarum rerum factâ, Hyperbolis repraesentauimus, et repercussibus earum specularibus. Atqui sunt ista toto penè genere diuersa, repercussio et refractio. Quaesitum ergò fuit, qualisnam esset superficies aquae vna et continua, quae exceptas ab aliquo propinquo puncto radiationes omnes, et diuergentes in plagas varias, refractione facta prohiberet diuergere, sed parallelos porrò mitteret. Parabole esset, an Hyperbole, an Ellipsis, diu fuit dubitatum. Pro Parabola faciebat aequidistantia, quam Parabola repercussu exhibet. Pro Hyperbola loquebatur anatomica experientia, de qua infra in oculi consideratione. [1]

107 Deum immortalem quantum mihi temporis et operae perdidit GEBRI fiducia! Addam tamen schema cum problemate, si cui crux ista forsan allubescat. Demonstrationem Geometricam, quod Hyperbolae similis requiratur superficies, praemittam. Ex A puncto radiationes exeant αβ. αγ. αδ. αε. αζ. αη. αϑ. αι. ασ. vt sit SAβ. 30°. SAγ. 24°. 30′. SAδ. 19°. 30′. SAε. 15°. SAζ. 11°. SAη. 7°. 30′. SAϑ. 4°. 30′. SAι. 2°. 15′. quanti sunt anguli refractionum VITELLIONIS. Erigatur verò ipsi AS perpendicularis ex S per ι. ϑ. et reliqua signa. Et ad signa adiiciantur anguli tanti, quanta cuilibet refractionis angulo tribuitur à VITELLIONE altitudo (ipse complementum altitudinis inclinationem ponit) eritque αβλ 10°. αγμ 20°. αδν 30°. αεξ 40°. αζο 50°. αηπ 60°. αϑρ 70°. αιτ 80°. ασκ 90°. Oportet dicere, qualis sit superficies, in quam hae radiationes hoc situ ex α prodeuntes sic incidant, vti in βλ. μγ. etc. lineas hîc incidunt: sic vt hae lineae sint vel tangentes superficiem illam, vel tangentium aequidistantes. Nam tali aquae superficie data, certum est, diuergentes ex A radiationes, parallelos euasuras post refractionem. Nam recta in parallelos incidens facit angulos ad easdem partes aequales: et contra. Cùm ergò hae tanto angulo refringuntur, quanto ex A exeunt: in parallelos igitur concedunt post refractionem. At refringuntur tanto angulo, si sic incidunt, vt dictum, quod VITELLIONIS experientia nobis hypothesis loco proponit. Quòd si ergò superficiem quaesitam tangit Sβ in S. illa verò radiationi Aι. debet occurrere in obliquitate τι. debet ergò flecti ab S infra ι in υ. et αι producta, vltra ι in illam incidet, puta in υ. tanget verò in υ puncto incidentiae, aliqua parallelos ipsi τι. At quaecunque ea futura est, non debet AS secare infra S. Secaret enim superficiem in S pertingentem, quam tamen ponitur tangere debere. Ergò hanc tangens in υ, secat Sι tangentem loco intermedio inter S et ι. Producatur, donec secet et αϑ. infra ϑ. Rursum ergò, quia superficies quaesita occurrere debet ipsi Aϑ in obliquitate lineae ρϑ. et tangitur à parallelo ipsi τι. in υ. debet ergò infra sectionem ad ϑ transire, et quae illam in loco concursus, scilicet in φ tangit, aequidistans ipsi ρϑ. trans-

ibit inter ιυ. et secabit αη infra η. ibique rursum superficies, aemulata obliquitatem οζ. concurret cum αχ infra | hanc sectionem, scilicet in 108
χ. et ducta contingens per χ. aequidistans ipsi πη. concurret cum αζ productâ in ω. sed superficies infra ω transibit, vt occurrat ipsi αζ in ψ puncto, vbi ipsius ξε parallelos ipsam tangit. Idem de Q.F.D.B. intellige. Hoc pacto semper binae tangentes superficiem secant se mutuò in locis intermediis contactuum. Et datur semper talis sectio, cum λβ. μγ. νδ. et reliquae binae semper conuergant versus partes Sβ. quod vel ex angulis patet. Cùm enim Sλβ exterior aequetur interioribus et oppositis, nempe ipsi λαβ angulo refractionis, et λβα angulo altitudinis.



Angulus λ est 40°. μ. 44°. 30′. ν. 49°. 30′. ξ. 55°. ο. 61°. π. 67°. 30′. ρ. 74°. 30′. τ. 82°. 15′. Cum ergò semper inferior sit maior, et ad eandem AS lineam, concurrent ergò binae reliquae ad partes dextras. Cùm ergò αβλ in partibus X semper fiat minor, et tandem in X euanescat, vbi SAX horizontalem refractionem repraesentat, et ipsius AX altitudo nulla est: Et infinitae adhuc inter βX interesse possint radiationes, quaeque in inclinatiorem tangentem incidens; et tangentes, quò obliquiùs et minori angulo cum radiationibus et superficie concurrant, hoc distantioribus punctis tangant (vt longiùs distant BD. quàm DF). Ergò infinita erit superficies, incipiens scilicet à quantitate συ. eaque maiores υφ etc. infinities accumulans, semperque magis se applicabit lineae rectae AX. quia semper longiores partes minori inclinatione, hoc est, rectiores habet. Haec autem in sola Hyperbola inueniuntur, non in Parabola, quae rectam axi parallelon aemulatur, non concurrentem cum axe, vt hîc XA. Igitur siquidem superficies verè est Hyperbola, AX aut est asymptotos, aut PV asymptoto interiori (quod calculus docet), aequidistat. Porrò non tantum Hyperbolae similem, sed etiam verè conicam sectionem esse superficiem hanc, statim esset probatum, si 29. et 30. secundi Apollonii conuerterentur. Etenim quando ducitur contingens τυ. aut potest per S duci, aut per υ. ergò per omnia puncta intermedia, ergò et per hoc punctum, per quod recta traducta, et in punctum inter S υ intermedium incidens, in centrum figurae tendit. Ita de omnibus aliis contingentibus loquendum. At quia haec omnia etiam aliis cognatis superficiebus paulùm | ab Hyperbola deflectentibus insunt, theorema planè concludi non potest.

Igitur si lubet inquirere, an reliquas Hyperboles proprietates figura ista contineat, ad Gebrvm abi cum his datis. Ex B. D. F. perpendiculares in AS cadant BH. DI. FK. ordinatim applicatae, et ipsi βλ aequidistans ducatur BC. sic ipsi γμ aequidistans DE. et ipsi δν aequidistans FG. tangentes superficiem in B. D. F. Tres igitur ex Vitellione anguli refractionum cum totidem suis inclinationibus seu altitudinibus, dant tres numerorum classes, secretas ab inuicem et inconnexas: quae si se ita connecti patiantur, vt simul Hyperboles iuribus se submittant, Hyperbole data erit, et superficies hyperbolica refractiones colliget. Primùm enim ex habitudine angulorum Vitellionis qualium AH est 100000. talium HB 57735. CH 68806. Sic qualium AI 100000. talium ID 45573. EI 46376. Et qualium AK 100000. talium KF 35412. KG 30249.

Oportet iam inuenire proportionem laterum figurae, et AP distantiam centri P ab A. Et PS dimidium axis, ex his legibus, quòd in Hyperbola, vt HBH (quae breuitatis causâ notatio quadrati HB esto) ad IDI. et KFK.

23) loquendo

sic CHP rectangulum ad EIP et GKP. scilicet vt figurae latus rectum ad transuersum. Et simul CPH. EPI. GPK. et PSP sunt aequalia per 37. primi APOLLONII. Erit etiam inter initia adiumento 29. et 30. secundi APOLLONII, quia ope illius terminos tibi constituere poteris, quos intra versatur HI incognita. Si euiceris, per tres huiusmodi angulos posse nimium imperari, et duobus solis cogi certae Hyperboles casum; tantò dilucidior erit operatio: Statimque in altera combinatione angulorum apparebit, an superficies huiusmodi sit Hyperbola. Mechanica nulli similiorem esse ostendit, sed tamen ipsâ Hyperbolâ paulò acutiorem circa verticem. Vbi hanc superficiem perfectè quacunque ratione didiceris, scito te in Mechanica magni quid consecutum.

Machinamenta optica per Crystallos.

6. *Causae quantitatis Refractionum*

Enimuerò Lector, sat iam diu te meque suspensum tenui, dum mensuras quidem variarum refractionum vno fasciculo colligare nitor, causam tamen in mensura hac non inesse agnosco. Nam quid refractionibus, quas in planis superficiebus mediorum pellucidorum primitùs constituimus, commune cum sectionibus conicis mixtilineis? Quare, quod Deus benè vertat, iam etiam de causis huius mensurae satagemus. Etsi enim à scopo forsan etiamnum nonnihil aberrabimus: praestat tamen collimando nostram demonstrare industriam, quàm negligendo supinitatem. Causam refractionum si supra inter propositiones opticas in genere rectè explicauimus, species quoque indidem rectè deriuari necesse est. At supra prop. 20. causam adduximus resistentiam medii, qua dispersio lucis impediatur, materiali necessitate. Videndum igitur, quorsum iis insistentes vestigiis peruadere queamus.

PROPOSITIO I

Lux quò obliquius incidit, hoc maiori angulo refringitur. Est 14. decimi VITELLIONIS, sed vitiosè et obscurè demonstrata, quod qui negauerit, nae is magnum laborem susceperit, vt legitimam demonstrationem probet. Ergò tentanda mihi alia demonstratio: quae sic habet. Nisi enim angulus refractorius cum obliquitate incidentiae continuè cresceret; causa vniuersalis non esset refractionis. Cùm enim obliqua incidentia sit dispersionis argumentum, illâ crescente crescet dispersio. Quod si angulus refractionis in aliqua incidentia puta graduum 80 desineret crescere, essetque tam in 80°. quàm in 82°. incidentia graduum 30°. ergò medium dispersioni restitisset vsque ad 80°. inclinationem, inde in 82°. per 2 gradus non amplius resisteret. At demonstrat prop. 20.

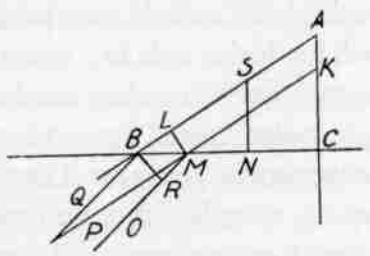
c. 1. huius, semper resistere, ergò semper crescit angulus refractionis, crescente obliquitate incidentiae.

Hinc corollarium.

Si medium ipsum causâ suae densitatis consideraretur solitariè, anguli refractionum proportionales fierent angulis incidentiae.

PROPOSITIO II

Cùm lux obliquius incidit, maior fit resistentia ab eodem medio, quàm in rectiori incidentia, respectu ipsius etiam medii. Cum enim refractio sit motus affectus, cùm lux in superficiem densioris medii impingitur, et superficies ob infinita punʿcta terminet, seu magis hic afficiat motus infinitos infinitorum lucis punctorum, suscipiat verò hoc respectu considerationem densitatis, non minùs quàm ipsa corpulentia, plùs igitur afficiet, si quodam respectu luci densior occurrat. Densior verò occurrit luci ex obliquo. Sit A lux, BC medium densius, AB. KM paralleli, vel quasi, ex Sole, distantia eorum in perpendiculari ML. Cùm igitur BLM rectus sit, et LBM ponatur obliquus acutus, erit igitur LBM minor quàm BLM. et LM latus minori angulo B oppositum, minus erit BM latere, quod maiori angulo L opponitur. Sed LM metitur latitudinem medii occurrentis luci rectè illapsae, quia BLM est rectus, BM v. latitudinem occurrentis luci ex obliquo. Plùs igitur densitatis est in BM. quàm in LM. Maior igitur resistentia hoc respectu.



PROPOSITIO III

Refractionum anguli crescunt maioribus rationum incrementis, quàm obliquitas incidentiae. Nam per primae corollarium, si etiam sola consideretur densitas, erunt anguli refractionum proportionales incidentiis. Iam verò per secundam miscet se et proportio LM ad MB. Componitur ergò angulus refractionis ex aliquo, quod est proportionale incidentiis, et aliquo, quod est proportionale lineis BM. At lineae BM crescunt initio parum, in humili incidentia crescunt multum, vt ostendit tabula secantium, vbi aequalibus gradibus semper maiores atque maiores secantes respondent. Ergò pars anguli refractionum proportionatur incidentiis, pars maioribus rationis incrementis crescit. Totus igitur angulus maioribus incrementis crescit.

32/33 secantum

PROPOSITIO IV

Lucis tenuis, et lucis densioris nulla est differentia refractionis, caeteris paribus. Nam si, quae tenuior, plus vinceretur à medio densiori, refractio esset affectus non motus, sed ipsius lucis causâ suae essentiae. At refractio est tantummodo motus dispersionis diminutio seu inhibitio, et motus hic nullos accipit modos, à densitate vel tenuitate lucis, h. e. ab eius fortitudine vel debilitate, propinquitate vel | remotione, cùm omnis 112
omninò motus lucis sit celerrimus, et planè momentaneus. Ergò refractio nihil à debilitate lucis variatur. Huius propositionis vis in exemplo magis est conspicua. Sit punctum radians in praecedenti schemate in A. superficies igitur medii intercepta inter AC perpendicularem, et AB obliquam radiationem repraesentatur à BC. Iam in eadem AB radiatione A descendat in S. et demissâ perpendiculari minor erit BN. quàm BC. sed BN repraesentat superficiem interceptam inter SN perpendicularem et SB obliquam radiationem. Estque in BN tantundem lucis, quantum prius in BC maiori, cùm punctum A esset remotius. Si ergò, quia tenuior est lux ipsius A in BC. quàm ipsius S in BN. tantò magis etiam refringeretur: Ergò in eâdem incidentiâ, AB. diuersae contingerent refractiones ab eodem medio, pro accessu vel recessu ipsius A in linea AB. Id autem experientiae repugnat. Omnium enim luminum tàm appropinquantium, quàm discedentium radii eodem angulo in eiusdem medii superficiem illapsi, eodem angulo infringuntur. Id in aqua, cuius refractiones euidentissimae, promptissimum est experiri: in aëre TYCHO BRAHEVS expertus est, inuentis iisdem refractionibus Solis et Lunae, quorum ille vigecuplo huius abest. Ac etsi in fixis paucula minuta desunt, causam tamen nemo sanus in distantiam earum coniecerit, qui perpenderit, fixis et planetis, quorum aliqui Sole propiores sunt, à TYCHONE easdem ascribi. Causam igitur huius rei infra ventilabo. Frustra igitur est ROTHMANNVS Tomo 1. Epistolarum astronomicarum TYCHONIS fol. 124. existimans, nisi causa refractionis in fortuitum vaporem coniiciatur, qui verticibus obseruantium non superimmineat, fore, vt diuersae fixarum à Sole et Planetis contingant refractiones. Et quamuis BRAHEVS in Progymnasmatis fol. 280. Lunae refractiones suspicatus est maiores ob vicinitatem; tamen fol. 124. quae posterius scripsit, refractiones, vt iam dixi, easdem cum Solaribus inuenit.

Distantia luminis maior non auget refractionem.

Nec refractio Lunam stellae coniunctam repraesentabit, si citra refractionem disiunctae fuerunt appariturae.

PROPOSITIO V

Refractiones crescunt circa horizontem praecipitatis incrementorum proportionibus. Quia enim duae causae solae concurrunt, tertia (per | praemissam) nulla est. Ergò altera causa est inclinationibus proportionalis, 113

28) Rothomannus 37) praecipatis

altera crescit cum secantibus inclinationum. Nam quia supra BLM rectus, vt et BCA. et LBM vtrique triangulo communis, erunt similia triangula. Ergò vt CA ad AB. sic LM ad MB. sed AB sunt secantes inclinationum ABC. qui in fine quadrantis subitò crescunt. Ergò et BM. At in BM ad ML proportione vel quasi, diximus, refractiones crescere, praeterquam quòd proportionaliter crescunt ipsis inclinationibus. Crescunt igitur et refractiones subitò.

PROPOSITIO VI

Cùm a. BM in duplici sit consideratione, prout cum radiis refractionem passis vel in rariori vel in densiori medio, alios atque alios angulos facit, sciendum igitur, *eorum angulorum incidentiae secantes concurrere ad mensuram refractionum, qui constituuntur ad superficiem in medio densiori*. Id ab absurdo patet. Cùm enim secans circa horizontem fiat infinitus, si consideretur medium rarius; oporteret effectum eius quoque infinitum esse, et omnes horizontales radiationes infinito angulo refringi. Quod absurdum est dictu. Non ergò secantes angulorum in medio rariori sunt adhibendi loco mensurae, non scilicet proportio BM ad ML. sed proportio BM ad BR. Praetereà, etsi tantùm rectus integer, (non plus) per secantem infinitam constitueretur, vnicus radius ex aquae vel cuiuscunque medii profundo perpendicularis in vnicum superficiei punctum egressus, spargeretur in libero aëre in hemisphaerium omne. Nam idem iter est ingredienti et egredienti. At hic ingredientis duo ponerentur itinera, alterum à perpendiculo, alterum parallelum superficiei aquae, idque circumcirca. In genuina huius rei causa directè et à priori demonstranda haereo. Forsan haec est, quod cùm anguli refractionis sint in densa superficie, et causa quoque resistens dispersioni lucis, mensuram quoque par sit intus quaerere.

Dic quibus in terris, et eris mihi magnus APOLLONIVS.

PROPOSITIO VII

In medio densissimo omnes refractiones fiunt ad ipsas perpendiculares, suntque aequales inclinationibus. In mediis minus densis, quae minorem habent refractionem, magis praecipitant illam versus horizontem, et serius incipiunt sentiri. Nam summa densitas, ratione infinitatis suae
114 cau|satur tantam refractionem, quae omnem dispersionem lucis sistit, quare lucem perpendiculariter descendere facit, et omnem occupat incidentiarum angulum, nihil igitur relinquit secantium proportioni. Nam per praemissam anguli sub aqua perpetuò recti erunt, ergò secans perpetuò idem. Re-

19) infinitum

manet ergò sola incidentiae proportio. At vbi parua refractio, per praemissam, parum etiam adimitur quadranti pro vltimis secantibus quaerendis, quando iam vehementer crescunt. Contrà vbi magna densitas, magna est horizontalis refractio, et multùm demitur quadranti pro excerpendis vltimarum refractionum secantibus. Illic igitur vltimae refractiones in magna crescunt proportione, hic in minori. Denique si maxima refractio medii parum densi, vt aëris, est tam multiplex refractionis inclinationum, et refractionis secantium minorum: est verò vt ponitur ipsa perexigua, erit ergò pars eius aliquota, quae competit inclinationibus nondum planè horizontalibus, multò minus sensibilis. Itaque tardè et circa finem demum incipiet sentiri.

PROPOSITIO VIII

Problema I. *Ex cognita cuiuscunque inclinationis refractione composita, venari refractionis elementa, et refractiones inclinationum caeterarum compositas seu integras.* Sit medium aqua, inclinatio 80°. Refractio ex VITELLIONE 30°. Hanc assumam, vt grandiorem minusque in experientia fallacem. Ergò, qui sub aqua est, is 50° gradibus inclinatur ad perpendiculum, cuius anguli secans 155572. Vt hic ad secantem anguli 0. id est, ad sinum rectum, sic refractio composita 30°. ad refractionem proportionalem inclinationis 80°. Nam demonstratum hoc est in superioribus. Ergò refractio simplex seu proportionalis inclinationis 80°. est 19°. 17′. cui 10°. 43′. accedit, propterea quòd medium refracto sub aqua densius occurrit, quàm directo in proportione, quae est 155572 ad 100000. Habitâ refractione simplici inclinationis Gr. 80. fiat distributio in inclinationes caeteras, quia simplex refractio est inclinationibus proportionalis, angulus angulis. Deinde quaelibet multiplicetur in secantem refracti nondum plenè cogniti. Totiesque iteretur inquisitio secantis, donec nulla sit residua discrepantia. Per Cossam id fieret, si etiam à rectis ad curuas esset | transitus in cossicis denominationibus. Exempli causâ. Inclinationi 50° radii per aërem ingressi ex distributione refractionis simplicis obuenerunt pro simplici refractione gradus 12°. 4′. At haec nondum est totalis refractio. Agam tamen ac si esset totalis, et subtraham à 50°. restant 37°. 56′. cuius secans 126787. seu excessus super sinum totum 26787 multiplicatus in 12°. 4′. et diuisus per sinum totum ostendit 3°. 14′. pro parte refractionis, quae est ex secantibus, quae prius itidem erat subtrahenda à 50°. Subtrahatur igitur à iam diminuto 37°. 56′. Relinquuntur 34°. 42′. Cuius secantis excessus super sinum totum est 21633. qui multiplicatus in 12°. 4′. ostendit 2°. 37′. nimium ergò prius

23) proportione, qua

erat, cùm 3°. 14′. subtraheremus. Ergò à 37°. 56′. iam hunc 2°. 37′. subtrahe, relinquitur 35°. 19′. cuius secantis excessus 22554. qui ostendit 2°. 43′. Qui etiamnum à 2°. 37′. discrepat. Subtrahe ergò à 37°. 56′. hunc 2°. 43′. restant 35°. 13′. cuius secantis excessus 22402 in 12°. 4′. multiplicatus ostendit 2°. 42′. Quia ergò hic 2°. 42′. à priore 2°. 43′. insensibiliter differt, hîc quiesco, et dico, refractionem ob secantes in inclinatione 50° esse 2°. 42′. propterea totam, additâ proportionali 12°. 4′. esse 14°. 46′. Subiicio igitur integram tabellam refractionum aquae, et addo † proditas à VITELLIONE refractiones, quas instrumento suo explorauit, vt appareat consensus.

Distantia radiantis à vertice, in medio raro	Pars refractionis proportionalis inclinationibus		Additamentum ob secantes		Tota demonstratiua refractio		VITELLIONIS experientia inuestigata		Differentia	
	Gr.	Mi.	Gr.	M.	Gr.	M.				
10	2.	25.	0.	1.	2.	26.	2.	15.	0.	11. —
20	4.	49.	0.	10.	4.	59.	4.	30.	0.	29. —
30	7.	14.	0.	35.	7.	49.	7.	30.	0.	19. —
40	9.	39.	1.	23.	11.	2.	11.	0.	0.	2. —
50	12.	4.	2.	42.	14.	46.	15.	0.	0.	14. +
60	14.	28.	4.	40.	19.	8.	19.	30.	0.	22. +
70	16.	52.	7.	19.	24.	11.	24.	30.	0.	19. +
80	19.	17.	10.	43.	30.	0.	30.	0.	0.	0.
90	21.	43.	14.	47.	36.	30.				

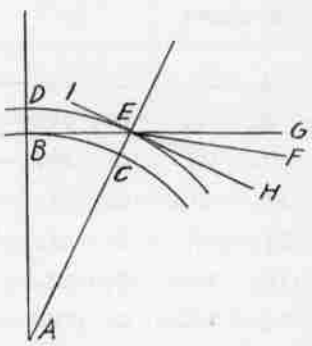
116 Neque te moueat tantilla discrepantia, credas mihi, infra tantam subtilitatem, experientiam in hac minus apta materia non descendere. Vides inaequalitatem inesse magnam differentiis mearum et Vitellianarum. Meae verò refractiones ex aequalitate et ordine profectae sunt. Ergò in VITELLIONIS refractionibus culpa haeret. Id tantò magis credes, si ad incrementorum incrementa in VITELLIONE respexeris. Surgunt enim per 30′ minuta. Certum igitur est, VITELLIONEM suis ab experientia captis refractionibus manum admouisse, vt in ordinem illas per secundorum incrementorum aequalitatem redigeret. Quae enim ex circulo desumuntur rectae, aut qualicunque circulari naturâ, qualis est refractionum, earum incrementa in infinitum variantur, nunquam aequalia fiunt.

PROPOSITIO IX

Problema II. *Datis duabus refractionibus siderum ex aëre ortis in certa super terram altitudine, inquirere inclinationum caeterarum refractiones.** Ne-

18) 0.2 +

gocium multis est inuolutum perplexitatibus. Sit A centrum orbis terrae BC. idemque centrum sphaerae aëris DE. Quod si tàm BC. quàm DE superficies essent planae et parallelae, dato angulo DBE. et data refractione apud illum angulum in superficie terrae, quae sit GEF. daretur etiam inclinatio EF radii liberi in aethere, super superficiem aëris. Iam quia BC et DE sphaerae sunt: contingat ergò BEG terram in B. et IEH aërem in E. Data igitur DBE inclinatione BE super BC superficiem, non statim datur vel GEH. vel FEH inclinatio eiusdem GEB. vel irrefracti FE super superficiem aëris. Quòd si tantum sciretur proportio AE ad AC. seu altitudo aëriae superficiei EC. quae refractionem affert, statim et angulus cognosceretur. Cùm enim EB tangat BC in B. quae ex A centro in B contactum ducitur, AB perpendicularis erit ad BE. sic et AE in EH. Rectus igitur EBA. rectus et IEA. Et BEA. BAE iuncti aequant rectum. Ergò communi BEA ablato, IEB vel GEH et BAE. erunt aequales. Data verò CE altitudine aëris in proportione BA. daretur EA. et BA. et EBA. quare et EAB. ideoque et GEH huic aequa|lis, et GEF refractione sublata, 117
restaret FEH inclinatio FE irrefracti super tangentem EH. Atqui nescitur EC altitudo aëris refractionem facientis. Nam quod Optici demonstrant altitudinem crepusculorum materiae aequare 12 mil-



Crepusculorum materia.

liaria, non statim sequitur, eandem materiam esse, quae crepuscula facit, et quae refractiones. Ponamus enim iam, id quod refringit radios siderum, materiam esse liquidam, humidam et grauem, gradibus solum ab aquae materia distinctam: sequetur itaque, si quid hic in terris existit aridum fumosum igneum, non aliter supra hoc humidum corpus eluctaturum, quàm aër ex aqua eluctatur: quo obtento fumi altiora loca tenebunt, quàm haec materia refractoria, ibique existentes, illuminabuntur (cùm sint materiati) ad crepusculorum claritatem, refractionem verò nullam efficient. Nam fumis per pr. 11 primi capitis, pellucidi definitio non competit, quare neque refractio.

His circumuenti difficultatibus, aditus tentemus, non quos lubet, i
Geometricos, sed quos licet ἀτέχνους: comparantes inuicem binas binarum inclinationum refractiones. Ac initio quidem statuamus inclinationes eiusdem radii in aëre et in terra certas, quae nihil ad sensum discrepent. Nam quò minor est proportio EC ad CA. hoc minor est haec discrepantia angulorum, et hoc tardiùs sentitur, vt exempli causâ, sit EC 95. qualium AC 100000. Erunt incidentiae tales.

In Terra	In Aëre
90°	87°. 30′.
89°	87°. 19′.
88°	86°. 48′.
87°	86°. 6′.
86°	85°. 17′.
85°	84°. 25′.
60°	59°. 54½′.

Ponamus ergò in inclinatione 60° seu altitudine 30°. nihil sensibiliter differre radios. In hac verò altitudine TYCHO lib. 1. Progymnasmatum fol. 79. ponit refractionem Solis 1′. 25″. Et est secans anguli 60° duplum radii. Ergò simplex refractio, proportionalis angulis est 43″ secunda. 118 Vni ergò gradui respondent 43‴ | tertia. Iam igitur descendamus ad considerationem reliquarum inclinationum. Nam in altitudine 1°. seu inclinatione 89° Sol refringitur per 26′ prima, vt est in eodem folio. Quaeritur quanta sit altitudo Solis refracta super aërem. Quaeritur numerus graduum, qui si in 43‴ multiplicetur, et productum in secantem eius numeri graduum, abiectis 5 vltimis, constituat 26′. Sit 84°. 16′. multiplica 1′. 24°. 16′. per 43‴. prodit refractio proportionalis 1′. 0″. 23‴. 28⁗. Secans est decuplum radii. Ergò refractio 10′. 3″. Debuit 26′. Sit ergò 87°. 8′. multiplica 1′. 27°. 8′. per 43‴. prodit simplex 1′. 3″. Secans est vigecuplum. Ergò refractio 20′. Debuit esse 26′. Sit rursum 87°. 48′. multiplica 1′. 27°. 48′. per 43‴. prodit simplex refractio 1′. 3″. Secans est vigesimum sextuplum. Ergò refractio 27′. 20″. Debuit 26′. Ergò in aëre radius is inclinatur refractè per 87°. 47′.

Hîc si vtraque refractio rectè haberet, scopum iam tetigissemus. At quia refractio tam parua 1′. 25″. qualem ex TYCHONE asciuimus, in alt. 30°. facilimè errorem obseruationis admittit, per se non quidem magnum, sed postmodum in multiplicatione intolerabilem; videndum igitur iam erit, an etiam reliquae respondeant. Ergò in schemate cùm sit posita EBA 91°. quia DBE 89°. et inuentus in aëre illi respondens 87°. 47′. est ergò BAE differentia 1°. 13′. Quare BEA 87°. 47′. et vt sinus BEA 87°. 47′. 99925 ad AB. ita sinus EBA 99985 ad AE 100060. Quare si iam hinc inquiramus horizontalem in terra refractionem, fiatque EBA 90°. tunc 100060 secans prodit angulum BAE 2°. Secans ergò anguli 88° est 2865370. Et simplex inclinationis refractio est 63″. Ergò tota refractio prodit 30′. 5″. debuit ex inclinatione TYCHONIS esse 34′. Etsi igitur non planè scopum tetigimus hac vice, lux tamen est nobis aperta, vt discernere queamus, minuendumne sit, an augendum. Incrementa quidem

27) 1′. 26″. 31) BE 89°.

refractionum non sunt satis magna. Eundum igitur est in secantes magis praecipitatos. At simul hoc fecerimus, nimium augebitur refractio gradus 89°. Ergò simplex refractio, quam ex altitudine 30°. deriuauimus, est minuenda.

In summa igitur, notandum, quod ab 89° in 90° proportionalis refractio futura est perexigua in differentia, quia dum incli|natio in terra 119
variatur per vnum gradum, in aëre variatur vix per 13 minuta. Et vni gradui 43‴ debentur, ergò minutis 13 debebuntur vix 10‴. Manet ergò proportionalis refractio tam exilis ad sensum eadem. Et est illa multiplicanda in secantes duos, vt alter efficiat 26. alter 34. At cum aeque- 10
multiplicium sit eadem proportio: Quaere ergò secantes duos, remotos inuicem circiter 13 minutis, vt alter sit ad alterum, vt 26. ad 34. Talis est ferè ab 88°. 54′. in 89°. 10′. per 15. vel 16. minuta. Vide iam an inclinationes in aëre, respondentes inclinationibus in terra 90°. 89°. distent 16 minutis. Si BAE sit 0°. 50′. erit AE 10001058. vbi B rectus. At si EBA 91°. erit vt EA ad EBA. sic BA ad BEA. prodit 88°. 45′. BEA. prius 89°. 10′. differentia 25′. Distant 25 minutis, et secans 88°. 45′. iam minorem exhibet refractionem in gr. 89°. quàm 26′. Ergò iam metam transiuimus. Veritas est inter secantes 88°. et 89°. 10′. pro refractione 34′. item inter 87°. 47′. et 88°. 45′. pro refractione 26′. 20

Tentabo 89°. aëris, respondentem 90°. terrae. Ergò BAE 1°. AE 10001524. vt hoc ad 9998477. sic 10000000 ad sinum BEA. Prodit BEA 88°. 35′. Secantes illic 573. etc. Hic 404½. Si 34 dat 573. quid 26. prodit 438. debuit 404½. Propius accessimus, sed tamen secantes, vt vides, etiamnum sunt nimis praecipites.

Descendemus per alia 10′ minuta, vt sit BAE. 1°. 10′. Erit AE. 10002074. vt hoc ad 9998477. sic totus sinus ad sinum BEA. 88°. 28′. Est autem secans complementi anguli BAE. $49^{1}/_{10}$. Secans BEA. 37½. Proportio 34 ad 26. requirebat vt esset 37½. Ergò quàm proximè venimus, et tamen absumus nonnihil, quod descensu per alia 5 minuta 30
superabitur, quantum pro refractionibus 26′. 34′ sufficit.

Verùm quia proditae à TYCHONE refractiones non potuere nancisci ex obseruatione tantam scrupulositatem, quanta hic requiritur; vti vides rotundè expressa 34 praecisè prima in alt. 0°. et 26 prima in alt. 1°. Quod ipse TYCHO fol. 79. et 124. non dissimulat: ideo priusquam de mensura statuatur, consulendae sunt etiam aliae paulò altiores et sensu satis perceptibiles.

Supra refractioni 1′. 25″. in altitudine 30°. et refractioni 26′. in altitudine 1°. satisfecit differentia angulorum in terra et aëre 2°. Rursum,

6) perexiguâ 21/22) DE 10001524. 23) Hoc 34) 25 prima 38) 1′. 26″.

refractionibus 26′. 34′. in altitudine 1°. 0°. satisfecit differentia angulo-
120 rum 1°. 15′. Videndum an refractio 8′. quam TYCHO | ponit ad altitudinem gr. 14°. hac ex hypothesi itidem resultet. Ergò, quia refractus, in aëre inclinatus per 88°. 45′. facit refractionem 34′. sic vt qui in aethere est, inclinetur 89°. 19′. Sit verò secans 88°. 45′. 4584023. Ergò vt hic ad 100000. sic 34′ composita ad simplicem inclinationis: quae est 44½″. proinde distributione in 89⅓ factâ, venit vni gradui 30‴. Sit iam BAE. 1°. 15′. Ergò AE 10002381. Rursum sit EBA. 104°. Complement. 76°. prodit BEA. 75°. 57′. Cui respondere debet refractio
10 8′. vt sit irrefracti inclinatio in aëre 76°. 5′. Huius et 89°. 19′. differentia est 13°. 14′. quibus refractio simplex 6″. 38‴. respondet, auferenda à 44½″. vt restet 38″ proportionalis inclinationi 76°. 5′. Haec multiplicata in secantem 75°. 57′. qui est 411915. prodit 2′. 35″. debuit ex indicatione TYCHONIS 8′. Ergò haec posterior hypothesis intermediis satis sensibilibus refractionibus non satisfacit. Nimis enim sunt praecipitati secantes: nimis parua fit inclinationibus proportionalis refractio.

Tentabimus verò et priorem hypothesin pro refractione ad 14°. altitudinis. Ibi respondet vni gradui refractio simplex 43‴. et ne nimium
20 simus scrupulosi, secans anguli in aëre, et anguli in aethere, itemque et angulus in terra et in aëris superficie parùm differunt. Sit ergò et ipse 76°. vel 1′. 16°. duc in 43‴ tertia, prodit simplex refractio 54½″ secunda. Est verò hic secans quadruplum radii, et eius vna decima, quare hic prodeunt minuta circiter 4. Debuerunt esse 8. quare haec quoque nimis praecipitat secantes.

Haec dissonantia etsi multum habet perturbationis, nondum tamen causam habes suspicandi de vitio hypotheseos generalis: quamdiu de refractionibus Tychonicis inaequale quippiam suspicari possumus. Inesse autem illis inaequalitatem, probatur primum ratione. Nam quia
30 altitudo aëris propter circularitatem aëris et terrae, et densitas eius ad variandas refractiones concurrunt, certè variatur vtrumque in dies, vt TYCHO BRAHE fol. 29. Progymnasmatum testatur, et infra peculiari capite ostendetur. TYCHO verò diuersis temporibus explorauit refractiones, et fit quidem altitudinis variatio in hoc negocio sensibilis. Nam perquàm humilis est superficies aëris refractiones efficiens. Deinde respice ad TYCHONIS differentias refractionum, statim ex iis
121 ap|paret inaequale quippiam, quod in nullo ordinato locum habere potest, siue circuli seu cuiuscunque alterius rei ordinatae naturam imitetur. Ecce

Gradus altitudinis	In Sole		In Luna		In Fixis	
	Refractio	Decrementa	Refractio	Decrementa	Refractio	Decrementa
	M. S.	M. S.	M. S.	M. S.	M. S.	M. S.
0	34. 0		33. 0		30. 0	
1	26. 0	8. 0	25. 0	8. 0	21. 30	8. 30
2	20. 0	6. 0	20. 0	5. 0	15. 30	6. 0
3	17. 0	3. 0	17. 0	3. 0	12. 30	3. 0
4	15. 30	1. 30	15. 20	1. 40	11. 0	1. 30
5	14. 30	1. 0	14. 20	1. 0	10. 0	1. 0
6	13. 30	1. 0	13. 50	0. 30	9. 0	1. 0
7	12. 45	0. 45	12. 45	1. 5	8. 15	0. 45
8	11. 15	1. 30	12. 0	0. 45	6. 45	1. 30
9	10. 30	0. 45	11. 20	0. 40	6. 0	0. 45
10	10. 0	0. 30	10. 45	0. 35	5. 30	0. 30
11	9. 30	0. 30	10. 10	0. 35	5. 0	0. 30
12	9. 0	0. 30	9. 35	0. 35	4. 30	0. 30
13	8. 30	0. 30	9. 0	0. 35	4. 0	0. 30
14	8. 0	0. 30	8. 30	0. 30	3. 30	0. 30
15	7. 30	0. 30	8. 0	0. 30	3. 0	0. 30
16	7. 0	0. 30	7. 30	0. 30	2. 30	0. 30
17	6. 30	0. 45	7. 0	0. 30	2. 0	0. 30
18	5. 45	0. 45	6. 30	0. 30	1. 15	0. 45
19	5. 0	0. 30	6. 0	0. 30	1. 0	0. 15
20	4. 30	0. 30	5. 30	0. 30	0. 0	1. 0
21	4. 0	0. 30	5. 0	0. 25		
22	3. 30	0. 20	4. 35	0. 25		
23	3. 10	0. 20	4. 10	0. 25		
24	2. 50	0. 20	3. 45	0. 25		
25	2. 30	0. 15	3. 20	0. 20		
26	2. 15	0. 15	3. 0	0. 20		
27	2. 0	0. 15	2. 40	0. 20		
28	1. 45	0. 10	2. 20	0. 20		
29	1. 35	0. 10	2. 0	0. 15		
30	1. 25	0. 10	1. 45	0. 15		
31	1. 15	0. 10	1. 30	0. 10		
32	1. 5	0. 10	1. 20	0. 10		
33	0. 55	0. 10	1. 10	0. 10		
34	0. 45	0. 10	1. 0	0. 10		
35	0. 35	0. 5	0. 50	0. 5		
36	0. 30	0. 5	0. 45	0. 5		
37	0. 25	0. 5	0. 40	0. 5		
38	0. 20	0. 5	0. 35	0. 5		
39	0. 15	0. 5	0. 30	0. 5		
40	0. 10	0. 1	0. 25	0. 5		
41	0. 9	0. 1	0. 20	0. 5		
42	0. 8	0. 1	0. 15	0. 5		
43	0. 7	0. 1	0. 10	0. 5		
44	0. 6	0. 1	0. 5	0. 5		
45	0. 5		0. 0			

10/12 9.0 | 0.45
8.25 | 0.30
6.45

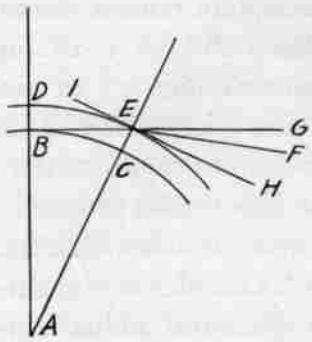
10 20 122 30 40

Optauerit igitur aliquis videre, quantum vno et eodem die refractiones per illas horizontales inclinationes varientur. Id multifariam poterit ex
† ipsis TYCHONIS obseruationibus peti. Vnum exemplum ponam. Anno 1587. 16. Ianuarii sub occasu Solis intra 32 minuta ab hora 3. 26′. in 3. 58′. obseruata est Solis declinatio nouies, ab altitudine 3°. 50′. in
123 0°. 35′. Facilis est labor, hinc re|fractiones altitudinis elicere. Nam datur triangulum inter Solem, verticem, polum, in quo quatuor cognoscuntur, non poterit ergò latere angulus ad Solem, ex quo haberi solet proportio obseruatae refractionis in declinatione ad eam, quae altitudini debetur.
10 Nam latus inter verticem et polum est 34°. 5′. 15″. Complementum altitudinis poli Huennensis. Declinatio obseruata quadranti addita constituit latus inter polum et Solem, altitudo obseruata constituit latus inter verticem et Solem. Tempus denique constituit angulum ad polum. Locus Solis ad horam quartam eius diei est 6°. 19′. ♒. Cuius vera declinatio 18°. 45′. 10″. et ante dimidiam horam tantummodo 20″ secundis maior. Addendum verò est aliquid his declinationibus propter Solis parallaxin, quae est in altitudine tàm parua 3′ primorum: vt appareat, quantae fuerint futurae declinationes Solis, si aër refractionem nullam fecisset. Totius operationis vide tabellam sequentem.

Series obseruationis in altitudine	Declinatio obseruata	Parallaxis declinationis	Declinatio sine parallaxi	Declinatio vera	Refractio declinationis	Ad complendam refractionem altitudinis	Quaesita altitudinis refractio	
3°. 50′	18°.35′.30″	2′. 42″	18°.32′.48″	18°.45′.30″	12′. 52″	1′. 30″	14′. 22″	
3. 30	18. 34. 0	2. 42	18. 31. 18	18. 45. 28	14. 10	1. 35	15. 45	
3. 10	18. 32. 30	2. 41	18. 29. 49	18. 45. 26	15. 37	1. 37	17. 14	+
2. 50	18. 31. 45	2. 40	18. 29. 5	18. 45. 24	16. 19	2. 2	18. 21	—
2. 40	18. 30. 30	2. 40	18. 27. 50	18. 45. 22	17. 32	2. 12	19. 44	
2. 5	18. 29. 0	2. 39	18. 26. 21	18. 45. 20	19. 0	2. 23	21. 23	—
1. 15	18. 23. 30	2. 38	18. 20. 52	18. 45. 16	24. 24	3. 29	27. 53	—
1. 0	18. 22. 30	2. 38	18. 19. 52	18. 45. 14	25. 22	3. 37	29. 0	
0. 35	18. 20. 0	2. 38	18. 17. 52	18. 45. 12	27. 20	3. 54	31. 10	

Ad has igitur refractiones, quae ex eadem die sunt desumptae, methodo iam supra explorata, comparabimus dimensionem, venantes eam ex prima et vltima refractione, et comparantes caeteras. In schemate sit
124 EBA 35′ supra 90°. in qua altitudine refra|ctionem hic inuenimus 31′. 10″. Respondeat verò in aëre BEA 87°. 30′. vt subtracto GEF. 31′. 10″. à

GEH. 2°. 30′. relinquatur FEH 1°. 58′. 50″. vel eius complementum 88°. 1′. 10″. Secans 87°. 30′. est 2292558. per hunc diuide 31′. 10″. vel 1870″. prodit 81½″. Haec portio in 88° diuisa constituit vnius gradus refractionem simplicem 55½‴. Et quia vt BEA ad BA. sic EBA ad EA. ideò fit EA 10009000. Sit iam EBA 3°. 50′. supra 90°. in qua altitudine refractionem hic inuenimus 14′. 22″. Vt igitur EA ad EBA. sic BA ad BEA. qui fit 86°. 59′.: differens dimidio gradu à priori, quare inclinatio FE erit 87°. 14′. tribus quartis minor priore, quibus 42‴ de simplici refractione competunt. Relinquitur igitur simplex 1′. 22″. Secans verò 86°. 59′. multiplicat nouies decies hanc summulam. Nimiam igitur efficiet refractionem, et est secantium proportio nimium vicina. Pergendum erit versus horizontem. Falsa ergò positio BEA 87°. 30′.



Ergò cùm est EBA 35′ supra 90°. sit BEA 89°. vt fiat inclinatio FE 89°. 31′. 10″. Secans igitur arcus 89°. scil. 5729871. si fit 100000. quid 31′. 10″. vel 1870″ ? Prodit simplex refractio 32½″. vnius gradus 22‴. Hinc EA fit 10001005. Sit iam EBA. 3°. 50′. supra 90°. fiet BEA. 86°. 5′. et FEA. 86°. 20′. differens à priore 2°. 40′. totiesque 22‴ ablati à 32½″ relinquunt 31½″. Secans verò 86°. 5′. est 1464011. multiplicatus in 31½″. producit 7′. 40″. debuit 14′. 22″.

Falsa ergò positio BEA 89°. et secantes sunt nimis iam praecipitati. Iam veritatem itaque transcendimus. Sit igitur BEA 88°. fiet EA 10005578. Simplex refractio diuisa in 88½. producit 44 simplicem. Et vbi EBA 93°. 50′. fiet BEA 85°. 43′. irrefractè 86°. prius 88½°. ergò 44‴ bis et semis aufer à 65″. sc. 1″. 50‴. relinquuntur 63″. 10‴. Secans verò 85°. 43′. multiplicat radium $13^{39}/_{100}$ies, ergò fit refractio 14′. 49″. Ergò per positionem 88°. scopum tetigimus sufficienter. Exploretur refractio simplex, quando inclinatio in aëre est 90°. Addendum erit ad 1′. 5″. simplicem gr. 88½. circiter 1. pro 1½ gradibus, vt fiat 1′. 6″. Hinc facilè deriuantur simplices refractiones ad omnes gradus aëris.

3) 82½″. 5) 56½‴. 9) In 86°. 59′. Rechenfehler. 14) secantum 22) $31^{1}/_{20}$. 7. 40′

125

In aethere liberorum inclinatio	Simplex refractio	Composita	In aethere liberorum inclinatio	Simplex refractio	Composita	In aëre refractorum inclinatio	In terra refractorum inclinatio	Refractio TYCHONIS circiter
Gr. 1	0″	0″	45	33″	47″	44°. 59′. 13″	45°. 0′	0′. 5″
2	1	1	46	33	49	45. 59. 11	46. 1	0. 6
3	2	2	47	34	51	46. 59. 9	47. 1	0. 7
4	3	3	48	35	54	47. 59. 6	48. 1	0. 8
5	3	3	49	36	57	48. 59. 3	49. 1	0. 9
6	4	4	50	36	1′. 0	49. 59. 0	50. 1	0. 10
7	5	5	51	37	1. 2	50. 58. 58	51. 1	0. 15
8	6	6	52	38	1. 5	51. 58. 55	52. 1	0. 20
9	6	6	53	38	1. 8	52. 58. 52	53. 1	0. 25
10	7	7	54	39	1. 10	53. 58. 50	54. 1	0. 30
11	8	8	55	40	1. 13	54. 58. 47	55. 1	0. 35
12	9	9	56	41	1. 16	55. 58. 44	56. 1	0. 45
13	9	9	57	41	1. 19	56. 58. 41	57. 1	0. 55
14	10	10	58	42	1. 22	57. 58. 38	58. 2	1. 5
15	11	11	59	43	1. 25	58. 58. 35	59. 2	1. 15
16	11	11	60	44	1. 28	59. 58. 32	60. 2	1. 25
17	12	12	61	44	1. 31	60. 58. 28	61. 2	1. 35
18	13	13	62	45	1. 35	61. 58. 25	62. 2	1. 45
19	14	14	63	46	1. 41	62. 58. 19	63. 2	2. 0
20	14	15	64	47	1. 49	63. 58. 11	64. 2	2. 15
21	15	16	65	47	1. 53	64. 58. 7	65. 2	2. 30
22	16	17	66	48	1. 58	65. 58. 2	66. 3	3.
23	17	18	67	49	2. 4	66. 57. 56	67. 3	3.
24	17	19	68	50	2. 15	67. 57. 45	68. 3	4.
25	18	20	69	51	2. 23	68. 57. 37	69. 3	4.
26	19	21	70	51	2. 31	69. 57. 29	70. 3	5.
27	19	22	71	52	2. 41	70. 57. 19	71. 4	5.
28	20	23	72	53	2. 50	71. 57. 10	72. 4	6.
29	21	24	73	54	3. 4	72. 56. 56	73. 4	7.
30	22	25	74	55	3. 18	73. 56. 42	74. 4	7.
31	22	26	75	55	3. 32	74. 56. 28	75. 5	8.
32	23	27	76	56	3. 50	75. 56. 10	76. 4	8.
33	24	28	77	57	4. 22	76. 55. 38	77. 5	9.
34	25	30	78	57	4. 44	77. 55. 16	78. 5	9.
35	25	31	79	58	5. 2	78. 54. 58	79. 5	10.
36	26	32	80	59	5. 36	79. 54. 24	80. 5	10.
37	27	33	81	1. 0	6. 18	80. 53. 42	81. 6	11.
38	27	34	82	1. 0	7. 6	81. 52. 54	82. 7	11.
39	28	36	83	1. 1	8. 14	82. 51. 46	83. 7	13.
40	29	37	84	1. 2	9. 43	83. 50. 17	84. 8	13. 30
41	30	39	85	1. 3	11. 36	84. 48. 24	85. 10	14. 40
42	30	40	86	1. 3	14. 51	85. 45. 49	86. 13	16.
43	31	42	87	1. 4	18. 27	86. 41. 33	87. 20	18.
44	32	45	88	1. 5	25. 34	87. 34. 26	88. 31	23.
					33.	88. 5.	90. 0	34.
			89	1. 6	38. 30	88. 21. 30	infra paulò.	
			90	1. 6	1°. 1. 30	88. 58. 30	infra terram.	

Simplicibus refractionibus ad inclinationes in aëre liberas accommodatis tabula sic perficitur. Refractio gradus praecedentis integra subtrahitur à gradu sequenti, residui secantes excerpuntur, reiectis 6 vltimis, quando sinus totus est 7 cyphrarum, et multiplicantur in eius gradus secunda refractionem simplicem exprimentia, productum per 600 diuidatur. Si grande quid prodit, à priori refractione differens, erit bis repetenda operatio, interdum ter, etc. 126

Sit in gr. 60° tota refractio 1′. 28″. subtrahe à 61°. restant 60°. 58′. 32″. Secans 206 etc. in 44″ simplicem gradus 61° producit 9064. qui diuisus per 600 facit 1′. 31″. totam gradus 61°. Haec à 62° sublata, relinquit 61°. 58′. 29″. cuius secans 21 etc., is in 45″ refractionem gradus 62 ductus, relinquit refractionem 1′. 35″. pro gradu 62°. Rursum sit in 84°. refractio 9′. 43″. Subtrahe ab 85°. residui secans 111 etc. multiplicatus in refractionem simplicem 63″. et per 600 diuisus, ostendit 11′. 39″. quae à priori 9′. 43″. per 2 ferè minuta differt in loco, vbi iam secantes vehementer crescunt, ergò repete operationem, et pro 9′. 43″. prioris gradus iam 11′. 39″ subtrahe à suo gradu 85°. Secans 110½ in 63″. producit 11′. 36″ iustam refractionem.

Vt verò inclinationes refractorum in terra accommodentur, semper multiplica EA 10005578 in sinus BEA seu inclinationem refractarum in aëre.

Hanc ergò taediosam inquisitionem concludo expositione huius tabellae, in qua ad refractiones solares Tychonicas quàm proximè accedimus, tantummodo circa altitudinem Solis 15°. quatuor minutis differentes, cum interim satisfaciamus illis, quae sunt à TYCHONE intra eundem diem obseruatae. Fortè ne tantulum quidem differrent, si, quae propositione 6. huius dicta sunt, rectè essent expedita. Itaque oro lectorem, ne abutatur mea hac tam scrupulosa inquisitione in Refractiones à TYCHONE proditas, ad conuellendum totum de refractionibus negocium, quam ego ad confirmandum id institui: et si benè de his rebus iudico, plurimum confirmaui, dum quod TYCHO putauit ex inaequali aëris crassitie in diuersa eius altitudine prodire: id ego, aut non multò aliud, | ex ipsa circuli secantiumque ratione, principiis demonstro planè consentaneis. Id mihi sufficiat monuisse. Scio quàm hodie multi caeci de coloribus disputent, quamque cupiant prodire aliquem, qui temerarios ipsorum in TYCHONEM, adeoque hoc ipsum Refractionum negocium insultus quacunque ratione adiuuet. Qui quidem si pueriles suos errores et meram ignorantiam priuatam habuissent, culpa carituri erant; cum id multis magnis viris accidat: at quia in publicum prodeunt, et crassis libris speciosisque titulis imperitiorum profectui insidiantur, (vt est

Excusatio.

In Tychonomastigas.

127

26) different 33) secantumque

hodie plus periculi in copia malorum librorum, quàm olim in penuria bonorum), sciant itaque dari sibi spatium suos errores publicos seipsis emendandi publicè: quod vbi facere distulerint diutius, equidem idem mihi vel cuicunque alii licebit in ipsos, quod sibi illi sumpserunt in viros celeberrimos, Geometrica infeliciter aggressos. Qui labor quamuis despectus, in vili quippe ineptiarum materia futurus: tantò tamen erit magis necessarius, quàm erat is, quem in alios ipsi susceperunt: quantò plus nocet publicè, qui aliorum bona et necessaria inuenta conuellere nititur, in fraudem veritatis: quàm qui rem impossibilem inuentu, sibi persuadet inuenisse. Desinant igitur interim, aliorum silentio, suâ nempe obscuritate sese iactare.

PROPOSITIO X

Problema III. *Ex Refractionum quantitate inuestigare proportionem mediorum ad inuicem, puto aëris ad aquam, causâ densitatis suae.* Propositione 6. huius capitis indicatum est, multiplicari simplicem refractionem eius inclinationis, quae est radii in medio tenuiori super superficiem communem, à secante eius inclinationis, quae est refracti in medio densiore super superficiem communem. Comparentur itaque simplices refractiones earundem inclinationum: ne imponat diuersus medii vtriusque situs ad incidentem eundem radium. Vt prop. 8. huius capitis in inclinatione 80°. simplex radii refractio ex aëre in aquam est 19°. 17′. In eadem inclinatione 80° prop. 9. huius capitis simplex radii refractio ex aethere in aërem est 59″. Igitur ex aethere in aquam esset refractio simplex 19°. 18′. Proportio itaque eadem, quae Vni|tatis ad 1177⅔. Atqui refractiones huiusmodi causata est illa solummodò densitas, quae consideratur in linea recta, propterea quòd superficies refractionis, opticis dicta, superficiem densioris secans, sectionem constituit lineam. Ac etsi eadem superficies corpus densius secans sectionem constituit superficiem, demonstratum tamen est capite primo, nullam in corpore denso, sed omnem in superficie fieri refractionem. Itaque si ex vtroque proportionis termino cubum effeceris, proportionem corporum inuenies causâ densitatis eam, quae est inter 1 et 1.633.304.460. Nec dubium, si quis in puro aethere consisteret, funderet hinc 1 cyathum aquae, inde sedecim Myriadas myriadum cyathorum aëris, quin haec aequeponderatura sint. Et in camera seu cubo 12 pedes longo, lato et alto, non plus inest materiae, cùm aëre illo purissimo, qui aetheri contiguus est, plenus est, quàm in cubisco aquae, qui patet per octauam partem pollicis in omnes dimensiones. Dubito tamen ipse, an non sufficiat quadrare terminos proportionum: seu potius multiplicare ipsos in suas radices, propterea

128 | 1

32) 1.533.304.682 33/34) quindecim

quòd ipsa corpulentiae densitas in superficie medii repraesentatur per 13. primi capitis. Sed neque est haec proportio perpetua: nec nisi ei parti aëris ascribenda, quae coelo defaecato, suprema occupat spatia. Qui verò vapor ex ollis feruentibus ebullit, adeoque et is, qui pluuiae instanti materiam praebens, ex altorum montium cauernis prodiens, coelum caligine suffundit, aquae multò est propior: in quam et statim cogitur.

Pluuiae vnde.

Non ignoro, ne credas, me Physicorum reprehensionem incursurum, qui aërem et hic et antea grauem seu ponderosum esse statuam. At me sic docuit totius naturae contemplatio: quin eidem cum CARDANO multisque aliis huius aetatis praestantissimis Philosophis, etiam frigiditatem ascribo: nec video quid ARISTOTELI supersit, quo absolutè leuem et calidum suapte naturâ defendat, si vnam ei combinationem qualitatum adimas. Neque Medicina neque Physiologia periclitatur, dummodò comparatè et leuis et calefactioni magis aptus maneat. Sed de his alibi commodior dicendi locus erit: et dictum nonnihil in Thesibus meis † astrologicis.

Aër naturâ frigidus et ponderosus.

PROPOSITIO XI

Problema IV. *Ex Refractionibus altitudinem aëris à terra inuestigare.*[1] Nam quia fluida est aëris materia, quod ventorum ratio arguit, qui sunt, meâ sententiâ, nihil aliud quàm ebullitio copiosa ex montibus altissimis, vnde suapte naturâ ima rursum petens materia (quod non est alienum ab ARISTOTELE, sectione 25. probl. 13.) circulo circumfunditur montem; existitque ex prima impulsione circulus alius ex alio, vt et in aquis stagnantibus: sequitur ergò hinc, quod propositione nona huius capitis est vsurpatum, vt aëris materia circulariter terrae orbem amplectatur. Propterea ad inuestigandam refractionum aëris mensuram, planè opus fuit suppositione altitudinis sphaerae aëris. Ea igitur quàm proximè erit altitudo aëris, cuius ex suppositione ad refractionum mensuram quàm proximè accessimus. Fuit autem supra EA 10005578. qualium à centro terrae A in superficiem eius fuêre 10000000. Ergò per regulam proportionum, si 10000000 fiant 860 milliaria Germanica secundum receptam Geographorum traditionem, 5578. altitudo aëris, dabit $\frac{4797080}{10000000}$ milliaria. Hoc est in arce Vraniburgo, vbi capiebantur obseruationes siderum, altitudo aëris fuit dimidii milliaris Germanici, non maior.

129

Hîc admonendus esset lector et eius concertationis, quae TYCHONI cum ROTHMANNO fuit de substantia aëris et aetheris in tomo 1. Epistolarum, quam TYCHO concludit fol. 92. Progymnasmatum. Dixerunt

3) ascribenda, qui 11) quò 26) spherae

ROTHMANNVS et PENA, à terra ad coelum nihil esse nisi aërem, excepto pauculo vapore. TYCHO vnà cum illis ignem Aristotelicum eliminauit, vapores circa terram diuersos ab aëre agnouit: sed aërem ad confinia Lunae prorogauit, ibique dixit, illum paulatim in aetherem desinere. Ego his experimentis motus, medium teneo. Primùm, quod vaporem dixerunt, dico ego aërem; illum termino cum fastigiis montium: supra consistunt fumosae exhalationes, crepusculorum lampades, statimque aether succedit.

Quid sit in spatio inter terram et Lunam.

7. *Consideratio eorum, quae* VITELLIO *de Refractionibus ad Astronomiam necessaria monuit*

Hic iam tempus esset, vt propositionem 49. decimi VITELLIONIS et sequentes ponerem, nisi essent ab ipso VITELLIONE iam satis in[1]culcatae, nempe p. 49. docet experimentis, accidere inter obseruationes stellarum refractionem luminis. Idem TYCHO BRAHE exquisitissimis probauit instrumentis. Vide varios modos fol. 15. Progymnasmatum TYCHONIS et fol. 93. Idem alii, de quo infrà. Et quidem per armillas, polo eleuato viciniores apparent stellae circa horizontem, quàm in meridiano: hicque modus experimentandi bonus est, et à BRAHEO inter caeteros vsurpatus. Quamuis credere non potuit, illa aetate à VITELLIONE legitimè administratum, aut ab ALHAZENO fol. 91. Progymnasmatum. Quod verò VITELLIO addit modum alterum, vt computetur locus Lunae, et conferatur cum obseruatione, splendida fabula est, ex illa quidem VITELLIONIS aetate. Non dubium quidem, quin idem Lunae accidat, quod sideribus caeteris. At tanta fuit incertitudo parallaxium motuumque Lunae mediorum, vt saepè contrarium refractionibus accidere potuerit, etiam in ipso horizonte, vbi refractio erat maxima.

Stellarum lumina in aëre franguntur.

Ita huc pertinet et 50. decimi VITELLIONIS, aetherem esse rariorem aëre, frustrà reclamante ROTHMANNO, qui diuersitatem negabat, et culpam refractionis in fortuitos vapores conferebat, qui non tegerent capita nostra. At errauit, non animaduertens, quod ipsa refractionum causa, insensibiles praestet, in magna altitudine. Hanc autem VITELLIO propositionem legitimè demonstrat, ex eo, quòd altitudo stellarum non minor, sed maior iusto supra horizontem appareat.

Aether est aëre rarior.

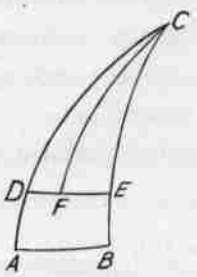
Iam prop. 51. quòd distantiae stellarum in Zenith capitis minores iusto videantur, verum quidem est, sed quicquid huius est, insensibile est. Nam et refractiones in vertice per 9. huius capitis sunt insensibiles.

Distantiae stellarum in vertice insensibili minores iusto.

Sic etiam propositione 52. quòd distantiae siderum binorum vel diametri, cum sunt horizonti paralleli, et ei vicinae, minores appareant, quàm sint in rei veritate, rursum verum quidem est; sed planè insensibile, nisi stellae semicirculo vel paulò minus distent. Sit AB portio

Distantiae stellarum aequè viicnarum horizonti sunt insensibili minores iusto.

horizontis, C vertex, CA. CB. quadrantes, et videatur A per refractionem in D. B verò in E. sic | vt distantia AB videatur esse DE. erit 131
quidem DE minor quàm AB. sed quia arcus AD. BE. non superant 34′. minuta, ad sensum erunt aequales AB et DE. Sit enim ACB planè quadrans, quanta quidem distantia rarò capitur instrumentis, nunquam quidem Sextantibus Tychonicis, nunquam radiis aut baculis astronomicis, ne nimium oculi torqueantur, et obseruatio infida efficiatur. Demissa igitur perpendiculari CF. erit CFE rectus, FCE 45°. quia DCE isosceles, et CE 89°. 26′. Et vt sinus CFE ad sinum CE. sic sinus FCE ad sinum FE. cuius duplum est DE. Itaque pro eo, quod AB fuerat 90. DE distantia inuoluta refractionibus erit 89°. 59′. 43″.: differentia 17″. Minor etiam, vbi distantia ipsa AB minor sumitur.



Distantia stellarum à vertice in horizontem porrecta notabiliter minor iusto.

Quae verò sunt propositione 53. quòd distantiae stellarum vel diametri siderum à vertice versus horizontem porrectae, si praesertim alter terminus sit horizonti vicinus, minores iusto sint: haec inquam et vera et sensu euidentia sunt, et Astronomo maximè necessaria cognitu. Adeoque non credo hanc propositionem lectam illis Refractionum Braheanarum accusatoribus, de quibus supra in conclusione pr. 9. huius capitis: illos igitur ad hanc propositionem ablego.

In eos qui negant siderum refractiones.

Sol circa horizontem non rotundus.

Ergò quod VITELLIO prop. 54. sequenti tradit, omnes stellas circa horizontem videri minores iusto, verum est: quod verò et rotundas apparere contendit, falsum. Non enim verum est, omnes earum diametros apparere aequabiliter minores: quoniam quae versus verticem porrigitur, ad sensum minor euadit, quae verò horizonti aequidistat, insensibile quippiam minuitur. Vnde figurae refractoriae oualem figuram sortiuntur, qualem et denarii in aquam coniecti, si valdè ex obliquo inspiciantur. Atque haec est vnica propositio, in qua, qui refractiones negant, tyrocinium optices posuere, non aliam esse rati vim refractionibus, nisi ad dilatanda vel contrahenda corpora per refractionem visa. Quod igitur superstruunt, de visus directione in centrum sideris, non potest esse firmius, quàm haec ipsa VITELLIONIS propositio. Sit vt margo Solis inferior horizontem stringat, eius refractio erit 34′. superioris verò, vt qui altitudinem habet dimidii gradus, refractio erit 29′. Itaque pro 30′ diametro Solis videbitur quantitas 25′ minutorum, transuersa verò seu horizonti parallelos erit 30′. Semidiameter altitudinis 12½. in hanc visus | directus, praeterquam quod à toto corpore aberrat, aberrabit etiam à centro corporis refractè visi per 2½ minuta. 132

In Tychonomastigas refractiones negantes.

An refractio diametros siderum maiores exhibeat?

Eadem propositione 54. VITELLIO tradit duas alias causas, quae diametros luminum varient. Primam ait crassum vaporem duabus super-

ficiebus hinc inde terminatum, quarum altera stellae, altera visui nostro obiiciatur instar conuexi perspicilli. Hoc quidam sphaerici libelli imitantur, verba etiam eadem vsurpantes de denario in aquam coniecto. Itaque caue lector harum rerum studiose, confundaris. Refractionis vulgaris negocium per se tale est, vt ad id imminutio diametrorum sequatur, non amplificatio, quod hactenus rectè VITELLIO: aut sicubi diametri propter refractionem augentur è contrario, ibi et distantias augeri necesse est, vt in quibusdam perspicillis, adeoque et in denario in aquam coniecto, si à perpendiculo inspiciatur. Hic verò planè contrarium accidit ei casui, qui existit, proiecto in aquam denario. Denarium enim in densiori medio versantem, inspicis tu ex medio rariori: at stellas in rariori medio aetheris versantes videmus nos ex medio densiori aëris. Itaque cum hîc VITELLIO ex CLEOMEDE, et ex his alii, causam, cur interdum stellae videantur maiores, explicant: non allegat aërem, in quo spectatores versemur, vti in vsitato refractionis negocio, sed vaporem crassum, qui instar nubis in medio aëris haereat, vt sit transitus radio stellae sic visae ex aethere primum in aërem, ex aëre in vaporem conuexum, ex vapore conuexo rursus in aërem, et denique ex aëre in oculum, id quod te fallere possit.

Causam hallucinationis puto multos inuenire in vitio Typographico, quod habent omnia exemplaria, etiam quae FRIDERICVS RISNERVS correcta edidit. Pro eo enim, quod legimus, omnes stellae videntur rotundae, maiores, etc. legendum est minores.

Quare interdum stellarum lumina solito maiora.

Caeterùm, vt hic etiam meam sententiam aperiam, videtur illa à VITELLIONE ex CLEOMEDE allegata causa (quamuis illam infrà adhibiturus sum in demonstrando alio phaenomeno) parùm firma huius accidentis. Causae hae sunt. Creberrimum hoc est, vt ventis, aut post dura frigora, tepore, instantibus, ingentia nobis videantur stellarum lumina. Id ARISTOTELES sect. 26. q. 53. planè[1] affirmat, Euro flante maiora videri omnia. Cùm itaque tam crebrò hoc accidat, non equidem existere poterit ex fortuito vaporis obiectu, nos inter et stellas. Praetereà omnes totius hemisphaerii stellae simul ita videntur: at si vapor aliquis pellucidus et secretus vno loco esset in causa, cerneretur hoc accidens interdum ex vnâ parte coeli. Tum quâ vi, quaeso, vapor pellucidus, suspensus in aëre haereret, aëre multò grauior: vt qui instar perspicillorum ex vitro aut crystallo confectorum stellas amplificare possit? Nec valet instantia nubium. Nubes enim in aëre pendentes, et nebulae, et quae sunt huiusmodi, obscuritatem inducunt, pellucidae non sunt; cumque videantur naturae paulò aridioris, postquam depluerint (nam humore graues non pendent, sed guttatim decidunt) non mirum est

Quare nubes in aëre pendeant.

29) q. 54.

fluitare illas in aëre, vt ligna in aqua. Vapor verò humidus, pellucidus, fluidus, crassus, et grauis, quomodo in aëre, sese multò leuiori, suspensus tenebitur? Quin potiùs, cùm hoc accidit, indicio est, ex imis terrae visceribus ascendere materiam humidam, et inferiora terraeque et oculis nostris contigua primum impleri: idemque nobis euenire, quod lacrumantibus: vtrobique enim oculus humido contingitur. Adde quod eadem in refractione solent accidere, et diametris luminum, et distantiis. At hoc accidens ad distantias non pertingit. Nunquam enim est obseruatum, distantias maiores apparere, quàm debent, semper aut iustas, aut iusto minores. Denique hoc accidens stellis, contra quàm refractiones, in vertice non minùs quàm in horizonte euenit. Quare necesse est, vt non sit hoc ex eo genere refractionis, de quo hactenus diximus. Non igitur erit quantitatis, aut angulorum visoriorum accidens, sed luminis solius; cuiusmodi ferè sunt halones, irides, scintillatio, et similia. Quorum quidem Meteororum causae hactenus non satis explicatae videntur: sed cùm sint ad astronomicas considerationes parùm necessariae, hactenus peculiarem illis curam non impendi.

Halones, Irides, Scintillatio, vide finem capitis.

Tertia causa, qua VITELLIO ait variari siderum apparentes diametros et distantias, verè est optica, nocetque non lumini, vt secunda; non angulo visorio, et quantitati ipsi speciei, vt prima; nec | minora efficit, 134 quae sunt horizonti propinqua; sed nocet aestimationi quantitatis, et decipit hanc visus facultatem, vt rem sibi maiorem imaginetur, atque ratione anguli visorii apparere debet. Nam dum oculi sursum vertuntur, nihil ipsis intermedium occurrit, ex quo distantias siderum aestiment. Valdè igitur propinqua illa verticalia sidera putamus, ideòque et minora, manente eodem angulo. Contra fit in horizonte: Tunc enim terrarum in vno horizonte tractus interiecti, si vno intuitu comprehendantur, visum aliquatenus de immani distantia edocent, ex qua rei visae quantitas (siue distantia binorum siderum, seu diameter vnius sideris sit) admodum magna apparet, eodem angulo manente. Eorum enim, quae eodem angulo cernuntur, quae plus distant, maiora sunt, quae minus, minora. Neque haec causa multùm attinet Astronomos, quia ex ea obseruatio, quae fit per instrumenta, vitium nullum contrahit. Hoc solùm praestat, vt cùm legimus, antiquos non instrumentis, sed aestimatione distantiarum suas obseruationes perfecisse, sciamus falli illos hac in re potuisse, cùm ipsa facultas aestimatoria propter hanc causam vehementer fallatur: quod et TYCHO BRAHE inculcauit, et PTOLEMAEVS ipse lib. 9. cap. 2.

Sidera circa horizontem cur maiora videantur.

8. *An omnibus locis et temporibus Refractiones eaedem?*

Refractiones in locis maritimis constantiores sunt, in mediterraneis interdum penè nullae, interdum prodigiosae. Nam in locis maritimis

aër eandem propemodum retinet altitudinem, eamque satis profundam, vt etsi quid accedat illi in altitudine, id non ita sit sensibile. In mediterraneis verò aër humilior est, adeò vt in quibusdam montibus ne degi quidem possit, nisi admotâ ad nares spongiâ, quod de Olympo testatur ARISTOTELES in Meteoris. Simile quippiam de montibus Peruanae referunt, adiri non posse, quod spiritus homines deficiat. Et BODINVS ex historia Indica refert, Hispanos quam plurimos frigore perisse, cum suprema iuga montium sub aequatore transmigrarent, cùm tamen planities ardoribus vrerentur. Extant enim altissimi montes ex aëre, vt scopuli ex mari, et mediterranea, quae sunt | proxima fluuiorum originibus, ob altitudinem supra littora marina, quae decursum irritat fluminum, respondent quadamtenus breuibus in mari. Vnde vulgata opinio, salubriorem esse in Alpibus aërem, quòd sit tenuior et defecatior, crassiori in valles subsidente. Erunt itaque refractiones alicubi nullae, alicubi perexiguae, et totae in ipso penè horizonte. Consentaneum enim est, multa loca esse, quae dimidio milliari, quanta est per 11. huius capitis in freto Danico superficies aëris, supra superficiem maris eleuentur. VITRVVIVS lib. 8. cap. 7. postulat ducentesimam decursi spacii libramento, in aquaeductibus. Dubium non est, quin perniciosa futura sit nauigationibus altitudo tanta. Itaque si Albis anfractibus centum tribuas milliaria, multò minus dimidio milliari cedet Norici agri fastigio, vnde is exortus in Oceanum influit: quia lenis fluit et stagnat. At Danubius per alia 100 ferè milliaria delatus, rursum altius notat Sueuiae, quàm Norici fastigium. Ita efficietur, vt Vogesus et continuae Rhetiae alpes ferè superent altitudinem aëris, qui refractiones efficit. Quod confirmant perpetuae niues; designant enim cacuminum illorum nuditatem à vapido aëre. Quare neque ibi refractiones erunt vllae vtplurimum.* At si tempestates ingruant, et subiti ex vicinis montibus existant vapores; priusquam illi defluant, et sese in aequalitatem sphaerae aëriae didant, consentaneum est, officium quoque suum in refractionis negocio facere, idque plurimum variare ob inaequalem in ebullitione superficiem. Tunc igitur, quò propior est locus termino aëris, hoc maiores sentit refractiones,* propterea quod aër circularis est, et (quod hinc sequitur) radios Solis obliquissimè in sese incidentes maximo angulo refringit, vt quidem iam modo prop. 9. patuit, minutis 61′ ½. Illi verò sic refracti radii non nisi suprema aëris loca transeunt, qui verò ad humiliora penetrant, minori angulo refringuntur, quia etiam rectiores in aërem incidunt. Vide cap. 7. N. 5. schema.

Libramentum fluuiorum.

Vogesi altitudo.

Confirmatur hoc idem testimoniis doctorum virorum et experientiâ. Certè ROTHMANNVS in Hassia, quae vicina est Visurgis fontibus, con-

12) quadrantenus

stanter affirmat, minores* communiter apparere siderum refractiones, quàm sunt illae, quas TYCHO BRAHE in Da|nia obseruauit fol. 29. et 136
85. 86. Epistolar. astronomicarum TYCHONIS: permouitque TYCHONEM, vt existimaret meridionalibus locis minui refractiones: quod de Hassia quidem verum est, at non quatenus in meridiem vergit à Dania, sed quatenus à centro Terrae est eleuatior et superficiei aëris propior. Vide Tomum 1. Epistolarum TYCHONIS BRAHE, fol. 63. 64. 85. 112. vbi TYCHO ROTHMANNI argumentum refellens, argumentum meum confirmat. Equidem quod frigidiores in Vindelicis hyemes expertus est (quod postmodum de Bohemia quoque affirmauit) planè hoc arguit, minorem esse in montanis aëris profunditatem, quàm in littoribus. Ad Oceani quidem littora, causam afferunt aliam, cieri flatus calidos à quotidianis aestibus maris, qui littora operiant, vt rarò niues perdurent. In Balti verò nulli sunt aestus, aut perexigui, statque causa à me adducta incolumis, non ea quidem, quam ROTHMANNVS affert, quod crassior sit aër in Dania ob sublimitatem poli tantulo auctiorem: sed haec, quod profundior sit aër in illo aequore in quod Visurgis effunditur (idem enim est vtique aequor Oceani illius et Baltis, confluentium in freto vicino) quàm in fastigio, vnde fluuius ille exoritur: Interim non nego crassiorem etiam esse posse, sed in summo Septentrione. Eodem folio 112. existimat TYCHO etiam in eiusdem horizontis diuersis plagis ob diuersos vapores, alterari posse refractiones: multò igitur magis in diuersis locis. Vicissim Hassiae Landgrauius (fol. 22. Epistolarum TYCHONIS) affirmat à se quadam nocte diligenti obseruatione deprehensam stellam Veneris circiter horae quadrantem horizonti inhaerere stationariam, quasi motu primi mobilis nihil raperetur, cùm duobus amplius gradibus iam esset demersa; post subitò euanescere. Id insolitum spectaculum non aliunde extitit, quàm ex surgente paulatim crasso vapore, statimque in aëris aequor rursum diffuso.

Non dissimile experimentum tradit MOESTLINVS praeceptor meus in Thesibus de Eclipsibus, quas anno 96. edidit, cuius verba th. 55. haec † sunt.

Anno 1590 die 7 Iulii, *Nos hic Tubingae Solis centro supra horizon|tem* 137
emergente, vidimus Lunam ab Austro aliquot digitis iam deficientem, duobus penè gradibus eleuatam: et contra Lunae centro sub occasum descendente, notauimus Solis supra ortum duorum graduum altitudinem. Occidit autem Luna priùs, quàm ad maximam obscurationem deuenerat.

Ex his colligitur, refractionem eius diei horizontalem fuisse multò maiorem duobus gradibus, quorum dimidium Soli, reliquum Lunae debebatur. Etenim Solis centro oriente conueniebat, vt vmbrae centrum occideret, ac cum Luna iam tunc cepisset ingredi vmbram, soleat verò

ingredi à parte occidentis, fuit ergò centrum Lunae occidentalius vmbrae centro, quo occidente, Lunae centrum iam occiderat. Et tamen duobus gradibus attollebatur ad visum. Plus igitur duobus gradibus erat in aggregato refractionis vtriusque, Solis et Lunae, vt taceam, quòd horizon Tubingensis non careat montibus, quorum fastigium libramento aquae paulo est altius; itaque dum Sol dimidius extat, si montes abessent, totus extaret. Maior igitur integro gradu fuit refractio vnius sideris. Est autem illa Sueuiae pars non multùm remota à fontibus Nicri et Danubii: monsque Hoeberg prope Horbam veneficiis et conuentu sagarum est infamis, vulgi credulitate Naturae ingenium, et crebras tempestatum eructationes, praestigias interpretante. Mons Sueuiae Hoeberg.

Quòd verò diuersis temporibus diuersae sint eodem etiam loco refractiones, obstinatè contendit ROTHMANNVS fol. 85. 86. Epistolarum TYCHONIS astronomicarum, nec difficulter largitur et TYCHO BRAHE in Progymnasmatis fol. 79. et 280. Et tomo 1. Epistolarum fol. 64. requirit aërem admodum purum et serenum, quando periculum refractionum facit. Itaque in Obseruationibus ad annum 87. mense Ianuario annotatum inueni, *refractiones circa Solstitia videri maiores*. Quamuis, meâ sententiâ, causa auctae refractionis ad diem iam dictum, non in brumae solstitium conferenda est, sed in tepidiorem aërem factum, ob quadratum Iouis et Martis, qui tunc erat. Nam quod in fixis inuenta est TYCHONI minor refractio, quàm in Sole, causa nulla alia videtur, quàm haec, quod refractiones Solis aestate, fixarum hyeme rectissimè obseruantur, aestate verò quàm hyeme vapidior est aër et altior. Nam fol. 64. Epistolarum libri 1. apparet, et in Progym. fol. 93. apertè praecipitur, tunc potissimùm obseruandas refractiones, cùm is et in meridie satis altè peruadit, et declinationem intra eundem diem ad sensum nihil mutat, quod fit in Solstitio aestiuo. Nam tempore hyberno Sol non superat refractionum altitudinem. Contrà fixarum refractiones aestate difficulter obseruantur, partim ob pernoctem aëris claritatem in Dania, partim quia crassus aër circa horizontem conspectum stellarum intercipit. Hyeme ergò et serenissimâ nocte, vbi aër depressior. Et quid nî orientibus flatibus refractiones increscerent, cùm ROTHMANNVS fol. 122. Epistolarum Tychonicarum affirmet à se saepiùs, cùm in medio staret obseruatorii calefacti, visas esse stellas refractè per vaporem hypocausti? Fixarum refractiones cur minores?

Itaque vt hunc locum concludam, certum hoc sit, diuersis locis et temporibus diuersas esse refractiones, et insolitis insolitas. Vt si ingens sit loci altitudo, refractio nulla erit; si praecipua resolutio vaporum, prodigiosa erit refractio. Sin loca et tempora mediocriter se habuerint, refractiones erunt propemodum eaedem.

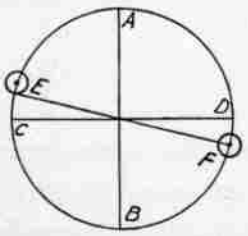
9. *De obseruatione Hollandorum in alto Septentrione*

Tritum est omnium manibus itinerarium Batauorum, seu descriptio nauigationis per Oceanum septentrionalem in desertas regiones, Noua Zembla dictas: ad quaerendum fretum, quo in Oceanum Scythicum et orientalem esset transitus. Quo libello inter alia memorabilia et hoc referunt, cùm haerentes in glacie nox oppressisset, et anno 1596. die 3 Nouembris St. N. Solem vltimo vidissent, ex altitudine verò poli, quam putarunt esse 76° gr. iam certum haberent ex astronomicis principiis, non rediturum Solem ante 11 Februarii Anni 1597. factum tamen, vt 24 Ianuarii, septendecim diebus ante legitimum tempus, Solem rursum viderent supremo margine in ipso meridiei puncto; quo quidem tempore post paucas horas notauerunt coniunctionem Iouis et Lunae in 2 gradu Tauri: ne quis existimaret, ne glecta fuisse ab ipsis dierum noctiumque iusta spatia ob continuas tenebras. Vt autem omnis dubitatio tollatur, die 27 Ianuarii totum Solem extare viderunt. Ergò 25 Ianuarii centrum fuit ortum. Eius rei admiratione capti multi multos passim consuluere Mathematicos, quorum alii aliud, ego hoc respondi: cùm fide digna videatur Batauorum narratio, causam non omnem coniiciendam suspicionibus in errorem nautarum, circa altitudinem poli inuestigandam, quod alii faciebant. Nam si hoc nautis adimas, vt intra quinque gradus (quanto quidem ferè arcu Sol ad dictum diem infra horizontem adhuc erat in rei veritate) nihil certi de altitudine poli habere possint, vniuersam penè nauticam huius saeculi euerteris; neque hoc sine indignatione ferent illi Palinuri de se dici. Praeterea, vt habet ipsorum narratio, Solis centri occubitus inter 2 et 3 Nouembris, huic eius exortui minimè respondebat. Ergò non in altitudine poli totus iste error esse potest. Erat die 2 Nouembris ☉ in 11°. 37′. ♏. cùm non totum viderunt, die 3. in 12°. 38′. ♏. vbi vix summum marginem conspexêre. Ergò centrum occidit in 12°. 7′. ♏. cuius declinatio 15°. 27′. quanta est etiam Soli, cùm ingreditur per 17°. 53′. ♒ die 6 Februarii, non cùm ☉ in 5°. 28′. ♒. 25. Ianuarii. At neque natabat in Oceano locus seu littus illud, in quo glaciei vinculis captiui tenebantur (vt Bodini discipulis hic respondeam), vt per sexaginta milliaria à septentrione in austrum per illam trimestrem noctem transuecti esse possint. Nam paulò post repetita poli, adeoque et Solis altitudo, rursum prioribus obseruationibus proximè respondebat. Et remeantes idem iter peragrarunt, quod exeuntes confecerant. Relinquitur igitur, vt sola refractio culpam huius phaenomeni sustineat. Vt autem verisimilis esset tàm prodigiosa refractio, tot graduum, iussi primùm intueri in haec modò allegata exempla Tubingae et Hassiae, vbi refractionem horizontalem maiorem, illic

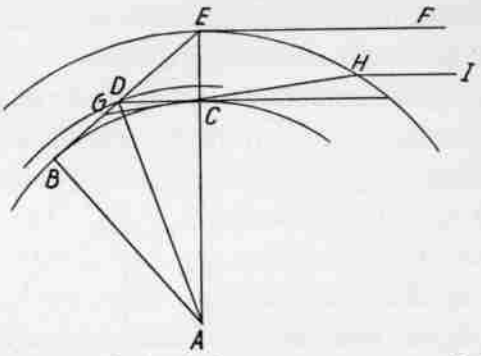
Quod etnuperrimè Miverivs sensit, libello in Christmannvm scripto.

38) verosimilis

vno, hic duobus gradibus notauêre authores fide digni. Nam etsi locus Batauorum fuit maritimus, vbi secundum naturam humoris propemodum eadem altitudo aëris, quae et in Dania: potuit tamen altera cau-
140 sarum, densitas nempe illius aëris, | adiuuare refractiones. Quod si verum est, in tenebris condensari aërem, luce extenuari: tenebrae quidem iis locis pro tanta refractione sat diuturnae fuêre, trium circiter men-
† sium. Addidi et aliud experimentum, de nebularum Gronlandiae guttis, incredibilis planè magnitudinis, vt testatum reliquit nescio quis. His in praesentia priusquàm aliquid adiungam, primum examinetur ipsorum
10 altitudo poli. Sit EF Horizon, CD aequator, cuius poli A. B. die 2½ Nouembris Sol in F. cum declinatione DF 15°. 27′. Die 30 Aprilis verò sit Sol in E. quo die (intelligo 12 horis ante meridiem), referunt se primum Solem totum supra horizontem vidisse. Erat in 9°. 20′. ♏ cum declinatione 14°. 39′. quae est CE. subtrahe 15′. semidiametrum. Ergò in declinatione 14°. 24′. centrum Solis in horizonte esse potuit. Est igitur AE 75°. 36′. et DF 15°. 27′. summa debuit esse 90°. at superat 90° per 1°. 3′. qui est modulus iunctae vtriusque refractionis in E
20 et F. Sanè quam paruus. Quod si obseruatio iam modo dicta fuerit die 30 Aprilis 12 horis post meridiem; minor fiet iste fasciculus, et vix 44′ minutorum. Nisi fortè Sol in E aliquam obtinuerit altitudinem supra horizontem, quod non addunt. Bisecto verò hoc fasciculo refractionum, et dimidio ablato ab AE. reliquo à DF. restat illic 75°. altitudo poli, hic 15°. aequatoris, paucis minutis plus vel minus. Aut verisimilius, sit illic refractio ob longitudinem diei 20′. hic ob breuitatem 43′. fiet altitudo poli 75°. 16′. aequatoris 14°. 44′. at centri Solis primum visi 18°. 58′. declinatio. Ergò refractio 4°. 14′. per bisectionem summae refractionum esset 4°. 3′. Iam computum prius altitudinis et densitatis aëris subiiciam,
30 quanta potuerit esse minima ad tantam refractionem efficiendam. Minimam autem sumpserimus densitatem, si statuamus, refractionem hanc 4°. 14′. planè horizontalem esse, hoc est, radium Solis, qui ex aethere superficiem aëris tangit, refractum in aëre, rursum tangere superficiem Terrae. Tunc intra aërem constituet cum superficie aëris angulum 85°. 46′. cuius secans 1354677. Hinc simplex refractio graduum 90° est 19′. At supra
141 communi | ter aër de 90 gradibus refringebat simplici sua densitate 1′. 6″. Ergò haec illius densitatis est septemdecupla fere: aëris verò sphaera ferè quadruplo altior quàm prius, duûm ferè milliarium. Haec tanta altitudo sanè ne mihi quidem est credibilis. At neque humiliorem as-
40 sumere potes. Centro A scribatur circulus maximus superficiei Terrae BC. et aëris E. et in aliquo puncto E tangat FE radius Solis superficiem



aëris E. ibique refringatur in EB. sic vt EB superficiem Terrae tangat in B. et sit angulus refractionis 4°. 14′. Erit ei aequalis BAE per superius demonstrata, et fiet certa altitudo CE. Si iam humiliorem velis pingere aëris superficiem, ergò centro A scribatur circulus intra E. secabit is



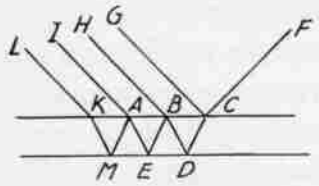
EB refractum, secet in D. et ex D puncto ipsi EF parallelos educatur DC. vt sic refractionis angulus sit rursum 4°. 14′. nempe BEF aequalis angulo BDC. Dico DC iam non ampliùs in aethere, sed in aëre futurum, secturum nempe circulum per D ad partes EF. Connectantur enim D. A. puncta. Quia igitur EF. DC paralleli, aequales erunt DCA. FEA. et recti, quod EF sit contingens circulum in E. Quare in DCA rectangulo, rectus DCA. aequalis est reliquis CDA. CAD iunctim. Maior igitur DCA. quàm CDA solitarius. Maior igitur DA. quàm CA. per 18. primi Evclidis. Et cùm sit DA semidiameter nouissimè scripti circuli aëris per D. plus igitur circumferentia D discedit ab A. quàm C punctum. Ergò DC secat circumferentiam versus partes C non minùs, quàm in D puncto. Ita fiet, vt CD sit sub aëre, non in libero aethere. Quare aut non erit hoc phaenomenon ex genere legitimarum refractionum, aut credendum nobis est, altitudinem aëris fuisse 2 milliarium.

Ostendam igitur duos alios modos, quibus tale phaenomenon possibile sit contingere: vtrumque à Cleomede delineatum, si benè ipsius verba in fine 2. libri cum his conferantur. Primus in eo consistit, vt si obseruatio fiat in B puncto, ducatur DC con|tingens superficiem Terrae, et comprehendens angulum cum DB imperatum, vt quia refractio debet esse 4°. 14′. sit BDC 175°. 46′. Tangat Terram in C. et secet BE in D. Et ponatur iam in C nullus aër. Ergò in locis ipsi D subiectis existat ebullitio aliqua crassorum vaporum superficiei irregularis, quae sic tamen habeat, vt mediante materiae pellucidae densitate possit refringere CD radium Solis ex aethere libero aduenientem, per gradus 4°. 14′. Hoc existimo Cleomedem voluisse, dum comparat aërem vaporosum circa Horizontem aquae, in quam denarius iniectus sit. Sicut enim illic oculus extra medium densius constituitur, ita etiam hic Cleomedes collocat oculum obseruantis in aëre extra crassiorem illum vaporem. Cùm ergò sint recti DBA. DCA. et DAB. DAC aequales, et quilibet $2^1/_9$ gradus, hic iam propiùs venimus ad priorem dimensionem: erat enim in communiter apparentibus refractionibus angulus BAD 2°. Quod si cui

37) crassionem 38) recti DBA. DCA. et aequales

etiamnum videatur nimia altitudo D puncti seu vaporum, duplicata refractione etiamnum humiliari potest vapor. Eligatur enim in EB punctum humilius G. et à G ducatur contingens Terram GH. sic vt secet aërem in H. ibique refringatur. Ex H igitur tandem ducatur HI parallelos ipsi EF. Erit refractio vsitata in H. post inusitata in G. Si tamen perpendas, Batauos conuersa facie ad meridiem, respexisse versus montosam, syluosam, et praealtam Tartariam, vnde deuoluitur fluuius Oby, sic vt BE porrigatur per sexaginta circiter milliaria in illa mediterranea: fortassè non erit tibi incredibile, punctum E in superficie aëris tantoperè super BC aequor hospitii Batauorum illo momento sublatum fuisse: de qua inaequalitate infra plura.

Alter modus consistit in repercussione, factâ vel à nube (vt CLEOMEDES vult) densa et aequabili, vel, vt ego, à superiore superficie aëris nos ambientis, vt si IH refringeretur in HG. et in puncto G superficiei cauae, quae per G transit, repercuteretur in B. Id fieri potest per leges repercussorias, si CD. DB eandem sphaericam superficiem tangant. Nec metus est, vt superficies ista radios transmittat, propterea, quòd post superficiem conuexam illam occurrat rarius medium. Videmus enim in
143 vitris vtramque | superficiem, et exteriorem ad faciem, et interiorem in fundo repercutere radios, adeò vt speculum vitreum Soli oppositum ad tertiam et quartam perueniat repercussionem. Sit vitrum, cuius superior superficies ABC. inferior ED. qua speculum inducta cerussa terminatur. Et sit Sol in F. incidentia FC. repercussio igitur CG ad angulos aequales. Sed quia pellucidum est vitrum, pars potissima radii solaris transit superficiem in C. et refringitur in CD. quare pars residua, quae per CG spargitur, est tenuis admodum. Porrò CD repercutitur à D puncto fortiter (quia speculum in D terminatum est) et ad angulos aequales, in DB. ibique scilicet in B exiens in aërem, refringitur in BH. atque hic radius BH fortissimus est. Rursum quia DB occurrit superficiei politae B. partim (sed debiliter) repercutitur ad angulos aequales in BE. non obstante, quod supra B aër sequitur; et in E rursum fortiter repercutitur in EA. et in A exiens in aërem refringitur in AI. at hic valdè debilis est, quia pars ipsi decessit in C. multò verò maior in B. quarum illa in CG. haec in BH spargebatur, vt valdè attenuatus sit in AI. Et tamen etiam in A aliquid de EA repercutitur in AM. et ex M in MK. refringiturque in KL. Sed iam hic quartus radius rarò potest cerni, nec nisi in tenebricosa loca vibratus, ob nimiam eius tenuitatem. Eo igitur modo, quo radii in vitro repercutiuntur à superiore superficie, quamuis non terminata, repercuti etiam possunt in aëre ab eius



suprema superficie, vt pro Sole idolum eius in Noua Zembla à Batauis videri potuerit. Videant docti, an hoc modo et crepuscula defendi possint, vt non necesse sit materiam illuminandam ad 12 milliaria ascendere; sufficiat, vt Solis radius semel ingressus superficiem aëris, qua rursum egreditur, repercutiatur angulis intus aequalibus, idque bis, ter, vel quater fiat, donec illustratio aëris, repercussis radiis facta, penitus obliteretur, nec in oculos ampliùs incurrat.

Crepuscula

10. *Coniecturae ex vetustate de Refractionibus*

Magno Astronomiae damno, in inuestigatione motus Solis et | aequinoctiorum, factum est, vt refractiones à veteribus fuerint neglectae. Quod si certis argumentis probari possit, siderum radios omnibus locis et temporibus refringi, damnum id ex parte sarciri à nobis posset. Ego quantum huius praestare possim, tentabo. Primùm refractiones diuersis locis diuersas esse, iam modò satis euidenter probauimus. Indidem et hoc patuit, refractionis aliam et aliam magnitudinem prodire ex suscepta alia atque alia densitate aëris, et altitudine eius sphaerae supra terram. Deinde sunt Aegyptus, et Rhodus, illa PTOLEMAEI, haec HIPPARCHI patria, maritima loca; quare in profundum aëris immersa. Vicissim cum frigus condenset, calor extenuet, et sit in illis climatibus calor maior; tenuior etiam erit aër, qui succedente ex Aquilone densiore et grauiore, pellitur in altum, et supra, qua fastigiatur, sese didit, vicissimque Boream petit, in decliuiorem aëris superficiem sese infundens: nisi vi fortiore repulsus, puta toto aëris aequore ex primo impulsu in motum constituto, repellatur, et quasi restagnet. Et in summa, quod densitatem attinet, perpetua existit commixtio aëris nostri cum meridionali; et vicissim illius cum nostro, idque propter ventorum continuos flatus. Itaque densitatis respectu non erit admodum magna differentia nos Europaeos inter, et Aegyptum vel Rhodum: sed nos in sequentibus liberum vsurpabimus, inquirere ampliùs, an omnibus locis eadem sit altitudo aëris, eademque densitas, capite 7. Causa itaque posita, effectum sequi necesse est: et cùm non hodiè demum aër terris circulo circumfundatur, sed lex ista naturae, vt consentaneum est, inde à rerum conditu ad nos vsque perennet: nunquam igitur non fuisse refractiones, par equidem et consentaneum existimari debet. Haec à ratiocinatione deducta firmamenta, testimoniis et coniecturis ex antiquitate petitis fulcienda sunt, ex quibus appareat, continua successione saeculorum aut animaduersas, aut minimùm sensu perceptas refractiones in aëre siderum.

144

An haec Etesiarum origo.

Clarum praebet testimonium PLINIVS lib. II. historiae naturalis, cap. 13. cuius verba sic habent: *Quanam ratione, cùm Solis exortu, vmbra illa*

39) ex ortu

hebetatrix sub terra esse debeat, semel iam acciderit, vt in occasu Luna de-
141 *ficeret, vtroque super terram conspicuo sidere.* Ecce Solem si¹mul et Lunam, cùm essent in locis oppositis, semicirculo distantes, apparere tamen per refractionem supra horizontem, et in minore distantia, quàm est semicirculus: quod est doctrinae refractionum hactenus traditae consentaneum.

CLEOMEDES lib. II. refert, antiquiores aliquos Mathematicos hunc nodum ita soluisse, vt dicerent, Terram ob rotunditatem instar montis alicuius habere, ex quo spectator idem, quae in vtraque valle gerantur,
10 facilè inspicit. Caeterùm CLEOMEDES illos refutat, ostensa dissimilitudine. Nam si quo ex montis loco vtraque vallis aspicitur, is locus admodum eleuatus, et mons in turbinis modum vndique praeruptus sit oportet. At nos in superficiem terrae incumbimus, adeò vt plana nobis appareat. Addo ego ad CLEOMEDIS refutationem, quod si qua ex monte aliquo despicimus, id fit lineis infra libramentum aquae descendentibus. At si hoc phaenomenon (de quo iam) nobis contingat, visorias lineas vtrinque supra libramentum aquae (cui parallelus apparet visibilis horizon) oportet eleuari. Testatur enim MOESTLINVS in consimili Eclipsi supra allegata, et hunc ipsum PLINII locum explicans, duobus gradibus ele-
20 uatum visum vtrumque luminare, alternis.

CLEOMEDES igitur initio hanc PLINII narrationem in dubium vocat. *Quid si*, inquit, *dicamus, confictam esse narrationem huiusmodi ab aliquibus, quorum studium erat, Astrologos et Philosophos eos, qui se huic inquisitioni dedidissent, in dubitationem coniicere?* At CLEOMEDEM incredulum MOESTLINVS et TYCHO non semel in obseruationibus suis fortiùs constrinxe-
† runt. Nec iniuria miratur MOESTLINVS, affirmare CLEOMEDEM potuisse, *nullum vnquam professione Mathematicum, hoc à se visum, scriptis reliquisse testatum: quamuis à Chaldaeis, Aegyptiis, caeterisque Eclipses omnes vsque ad* CLEOMEDIS *aetatem fuerint annotatae.* Verumtamen CLEOMEDES et in
30 hoc laborauit, quomodo PLINIO sua fides relinqueretur, et causa phaenomeni in visum conferretur; isque vel ex repercussu à nube facto, vel ex refractione à crassiore aëre, falleretur, et pro Sole Solis idolum inspexisset. Vtrumque modum supra ventilauimus, nec omninò reiecimus,
146 in refractionibus insolitae magnitudinis. Verùm legitima¹ et communiter obuia causa phaenomeno huic sufficit, refractio nempe luminis vtriusque luminaris, in superficie aëris, qui terrae circumfunditur. Refractiones igitur et olim in Italia fuere: Et hoc testimonium exceptionem nullam admittit. Sequuntur coniecturae imbecilliores. PTOLEMAEVS lib. III. Magni operis affirmat, saepe eodem die à se bis aequinoctium ob-
40 seruatum in armillis Alexandrinis. Culpam confert in situm instrumenti adeò collapsum inde à principio collocationis. Verùm HYPPARCHVM,

Locus in Graeco textu clarus mirè deprauatus erat ab interprete Latino.

qui propior fuit primae collocationi, et qui eisdem in armillis aequinoctia se obseruasse testatus est, eum inquam PTOLEMAEVS in eandem culpam trahit. *Anno namque 32. tertiae secundùm Calippum periodi, die* † *27. mensis Mechir*, referente PTOLEMAEO, *aequinoctium obseruauit in manè: at verò Armillae Alexandrinae vtrinque aequaliter illuminatae sunt hora diei quinta.* Concludit ergò PTOLEMAEVS, *intra quinque horas non consentire vtramque annotationem.* Et inculcat quidem HIPPARCHVS; *eam obseruationem esse optimam, quae per Armillas fiat Alexandrinas: Eam enim esse horam veri aequinoctii, in qua vtraque armillae superficies ex aequo illuminetur.* Igitur etsi fieri quidem potest, vt haec dissonans aequinoctiorum obseruatio à vitio instrumenti extiterit, veraque fuerit PTOLEMAEI incusatio: verum tamen et hoc est, hac tempestate à TYCHONE BRAHE saepissimè per correctissima et exquisitissimè collocata instrumenta idem fuisse annotatum, eodem die scilicet bis aequinoctium. Manè enim, nondum instante aequinoctii verni momento, Sol oriens ob refractiones altior apparet, et polo mundi vicinior, vt videatur iam in aequatore, cùm sit adhuc in austro, post meridiem, vbi Sol est à refractione liber, esto vt iam compleuerit semicirculum Hybernum: tunc itaque denuò et verè et ad visum in aequatore erit. Contrarium sentiendum est de Autumnali aequinoctio. Incertum igitur est, à vitio instrumenti, an à refractionibus deducenda causa sit, cur authores bis aequinoctium idem se vidisse persuaderentur.

An verè olim maior Eccentricitas.

Dicam aliquid, quod huius quidem loci non est proprium, differendum potiùs in disputationem de Anni ratione. Quid si namque haec sola refractionum intricatio in causa sit; cur HIPPARCHVS olim maiorem Solis Eccentricitatem inuenerit, quàm | hodiè TYCHO, et ante octingentos annos ALBATEGNIVS: PTOLEMAEVS verò in re tam subtili suas obseruationes HIPPARCHI demonstrationibus (quas planè retinuit) studio accommodauerit? Si de illo constet, actum et de hoc est: Tantus enim est inter vtrumque in enumeranda longitudine quadrantum anni consensus, quantum instrumentis deprehendi Ptolemaicis vel Hipparchicis, impossibile planè fuit. Igitur vt hanc de HIPPARCHO suspicionem moueam, causa haec est. Notum ex PTOLEMAEO et PROCLO DIADOCHO, HIPPARCHVM et alios Clepsydris metiri solitos diametros luminarium. Oriente enim summo Solis margine fluebat aqua è Clepsydrae foramine aperto in vasculum separatum: iam toto Sole exstante residuum aquae excerpebatur vase alio, per diem noctemque continuam, donec rursum eodem loco Solis margo cerneretur oriri. Cùm hac obseruandi ratione fuerint vsi in dimetienda Solis diametro, quid magis procliue ad credendum, quàm hoc, eum aequinoctio diem praefiniuisse HIPPARCHVM, quo die Sol in horizonte visibili bina è diametro opposita signa, alterum oriendo, *147*

alterum occidendo, attingeret: eaque signa semel constituta per obseruationem, post in perpetuum pro metis aequinoctiorum habuisse, si in eodem loco maneret. Si rectè hic conieci, non difficulter impetrabo caetera. Nam quoad Sol in meridionali Zodiaci semicirculo est, non potest, quod iam spectatum ab HIPPARCHO diximus, praestare, vt oriens contrarium horizontis punctum attingat è diametro, ei quod occidens attingit: vtrumque enim vergit adhuc in meridiem: igitur in horizonte, in quo praesupponimus obseruationem fieri, Sol altior iusto apparens ob refractiones, verè iusto citius ingressus aequatorem, autumno serius iusto in eum deuolutus videbitur. Productius itaque videbitur tempus aestiui semicirculi, prolato vtroque termino: Maior igitur Eccentricitas, iustâ. Itaque qui aequo animo credere vult, eandem esse et olim et hodie Solis Eccentricitatem, habet is euidens argumentum refractionum, ab HIPPARCHO obseruatarum. |

148 Huc non equidem planè ridiculè referas et illud, quod PROCLVS LYCIVS in sphaera tradit, vbi antarcticus à pede anteriore vrsae maioris describitur, hoc est, vbi stella in pede illo quotidiè contingere videtur horizontem; ibidem aestiuum tropicum ab horizonte secari in 5 et 3. Hae binae traditiones inter se non conueniunt: suspicio plausibiliter in refractiones coniici potest, quod aut pes vrsae tangere videatur horizontem, quem tamen re verâ subit: aut quod Sol citiùs iusto oriens, seriùs iusto occidens, productius in Clepsydra spatium diurnum notat, quàm est, vnde maior iusto portio de Tropico extare, altitudoque poli maior iusto putabitur. Scio non adeò accuratè scriptas illas traditiones, et crassiùs sumi posse. Sed cùm hic modus altitudinem poli annotandi admodum sit facilis, monere doctos volui, quod et TYCHO fol. 95. Progymnasmatum fecit, considerarent, quibusnam locis terrarum PTOLEMAEVS altitudinem poli ex hac longissimae diei obseruatione | constituerit. Forsan enim hinc est, quòd ante 100 annos ANTONIVS MARIA, COPERNICI Praeceptor, existimauit, altitudines poli in omnibus Italiae locis decreuisse: nempe si quorum locorum PTOLEMAEVS olim rectè notauerit latitudines, eae posterioribus temporibus ex aestimatione longissimae diei, propter refractiones modum excedentes, nimio fuerint auctae: Vel è contrario, vt PTOLEMAEVS eas inuestigauerit ex obseruatione breuissimae diei, quae cùm maior iusto sit ob refractiones, phantasiam facit portionis maioris extantis supra horizontem et depressionis sphaerae. Monuit haec eadem GILBERTVS GVLIELMVS, in illa sua recondita Magnetis contemplatione, concisis verbis, lib. 6. cap. 2. Vir equidem talis, cuius diuinis inuentis omnes Naturae studiosos plurimùm delectari conuenit. Cuius familiaritatem, nisi mihi pomposa illa Tethys inuideret, discendi ardore me

An altitudo poli mutetur.

demereri sine magna difficultate posse, vt non est superba philosophia, sperauerim.

Quae ex PROCLO attuli, eis similia ex CLEOMEDE adiungi possunt, qui ea porrò ex POSIDONIO adducit, sed et ab eodem PROCLO in fine sphaerae referuntur: itemque et à PLINIO lib. 2. Canopum in Aegypto in meridie altitudinem 7½ graduum praeferre, | in Rhodo horizontem stringere, 149 in qua insula noctis aestiuae ad diem proportio traditur ea, quae est 19 ad 29. Cùm enim hinc existat altitudo Rhodiorum ciuitatis 36°. Alexandriae verò sit 31°. quomodò Canopus, qui in Rhodo vix à summis montibus est conspicuus, teste PROCLO, idem in Aegypto 7½ gradus, seu quarta parte signi extare potest? Hanc enim altitudinem constanter et iisdem verbis produnt PROCLVS, et CLEOMEDES, et PLINIVS, astipulante etiam PTOLEMAEO, qui latitudinem ei stellae tribuit 75°. Aut igitur hallucinari necesse est omnes authores vno ore, aut in Aegypto, versus fontes Nili, versus montes Lunae, et illas regiones, quae continuis pluuiis infestae sunt, necesse est, obiici spectantibus in Alexandria aërem, qui prodigiosam aliquot graduum causetur refractionem: qui non sit ita praecisè insulae Rhodi ad meridiem, vti sanè est Rhodos aliquot gradibus occidentalior Alexandria.

Minus fortasse firmitatis obtinet, quod idem CLEOMEDES confidenter affirmat, duas esse stellas, diametro distantes, Oculum Tauri et Cor Scorpii, quarum quaecunque oriatur, reliqua occidat, simulque in horizonte conspiciantur. Si hoc verè quisquam vnquam vidit, per refractionem vtramque supra horizontem eleuatam fuisse necesse est, cùm re verâ non possit aliter fieri, quin in hac septentrionali mundi parte, aut altera, aut vtraque semper infra horizontem sit. Nam etiamsi diametro distant praecisè, quoad longitudinem: vtraque tamen in eodem australi hemisphaerio est, altera latitudinem habens 5°. 31′. altera 4°. 27′.

Huc aliquid, quamuis obscurum, ex PROCLI DIADOCHI libro Hypotyposeon astronomicarum, et eius mirabilium quaestion. 8. referri possit: quamuis interim et hoc videtur, loqui illum de excessu anni tunc crediti, supra iustum modulum. Verba tamen eius ex interpretatione VALLAE ita sonant, ac si miraretur aliquid, refractionum occasione in Solis motu apparens: *Solem amplè spectari, ortumque facere tanquam considentem.* Nam iisdem penè verbis vsus est WILHELMVS Hassiae Landgrauius, in prima sua de rebus astronomicis ad TYCHONEM epistola, refractionis animaduersae occasiones explicans. Ac etsi quae ibi PROCLVS mi|ratur, ob vitium calculi tunc vsitati accidere potuere: ita tamen in 150 rationibus eorum reddendis PROCLVS desudat, vt non iniuriâ suspiceris,

27) precisè 28) hemispherio 29/30) Hypothyposeon

refractionibus sese immiscentibus, negocium redditum esse perplexius; quod citra eas illi facilè fuisset expedire.

Clarius aliquantò MARTIANVS CAPELLA, Encyclopaediae libro 8. cuius de Zodiaci latitudine verba haec sunt: *Sol enim in nullam* (Zodiaci) *excedens partem, in medio libramento fertur, absque ipso librae confinio. Nam ibi se aut in austrum aquilonemue deflectit ad dimidium ferè momentum.* Satis scrupulosè expressit refractionem horizontalem: quare absurditas et insolentia affirmati, quod Sol vnico Zodiaci loco in latitudinem Zodiaci declinet, suspicionem mihi iniecit huiuscemodi. Cùm aequinoctia, potissimùm autumnale, diligenter obseruarentur, et quidem in horizonte, Sole oriente vel occidente, propterea quod visibilis horizon, vt antea dictum, instar instrumenti est, factum esse, ex crebra repetitione, vt refractionem, quae in horizonte contingit, tandem animaduerterent Mathematici, cumque causam ipsam ignorarent, hoc spatiolum, quantum per refractionem Sol polo propius admouebatur, ipsi Solis motui tribuerent. Si cui haec CAPELLAE interpretatio minus placet, is ad defendendum authorem afferat aptiorem.

Caeterùm, coniecturis omissis ad succedentium authorum certiora † testimonia conuertamur. ALHAZENVS Arabs, cui RISNERVS quingentorum annorum aetatem non inepta coniectura tribuit, et, qui duobus post ALHAZENVM seculis propemodum floruit, VITELLIO noster, in Opticis suis idem planè testantur, experientiam quidem allegantes astronomicam, quod hodie TYCHO BRAHEVS exquisitissimis instrumentis planè in lucem extulit, sidera refractè spectari circa horizontem, de quibus supra satis.

† BERNARDVS WALTHERVS in libello obseruationum, qui subiunctus est REGIOMONTANI Torqueto, planè idem testatus est, se experientiâ edoctum, astra saepè supra horizontem apparere, cùm re verâ sint infra. Id fuit ante annos 120 ferè. Sed dignus est locus, cui lux afferatur, vt eius viri inuenta cum nostri TYCHONIS comparentur. Verba authoris haec sunt. [1]

151 *Anno* 1489 *die* 6 *Martii circa occasum Solis, dum videlicet in medio coeli esset* 25 ♌. *Sol per armillas in* 25°. 15′. ♓. *Venus per alium circulum, Ecliptica Solem diuidente, in* 27°. 15′. ♈. *inuenta est: Sed circulo latitudinis Solem mediante, vti solet circa horizontem, in alio loco, puta in* 25°. 30′. ♈. *reperta est, cuius causam postea subiungam.* Haec paulò post explicantur: sequitur. *Die* 7. *Martii Sol per aspectum armillarum* 26°. 15′. ♓. *Venus ex Ecliptica* 28°. 15′. ♈. *Ex circulo latitudinis* 27°. 38′. ♈. His obseruationibus statim subiungit ista. *Item, ne diutius lecturos lateat quomodo processerim, quod locus Veneris quasi in eodem instanti adeò differmiter repertus sit: est notandum, quod circa horizontem astra apparent propter radios fractos super horizontem,*

cum secundùm veritatem sint sub eo. Et hoc planè requirebat ratio et doctrina refractionum, hactenus tradita, non verò huius contrarium. Etenim radii Solis obliquè in superficiem aquae incidentes, vbi intra aquam sese abdunt, angulo plus ad superficiem illam aquae inclinato incedunt, perinde ac si Sol esset altior. Eodem planè modo incidentes iidem radii Solis in superficiem aëris, qui nos homines in modum diluuii planè tegit, si eo tramite pergerent, quo in superficiem aëris incidunt, nunquam in oculos nostros inciderent, sed longè supra capita nostra deferrentur. At in superficie aëris nostri refracti iam ad nos decliuius descendunt, nobisque videntur magis ardui. Et quidem si de aqua agamus, Sol nunquam esse potest infra superficiem aquae, semper supra, propterea quod aqueae superficiei exigua est portio, in qua periculum huius refractionis facimus, adeò, vt plana nobis videatur penitus. Aër verò rotundus cùm sit, non exigua eius pars sese nostrum visum inter et Solem interponit: et pars quidem tanta, quae iam curuari versus Solem incipit. Itaque etsi certus aliquis Solis radius aëris superficiem in puncto aliquo tangit, quod nostris imminet verticibus (quando Sol in ipso haerebit horizonte) aut in puncto, quod est Soli iam propius, quàm quod supra nos est (quando Sol iam occiderit) partes tamen sphaerae aëriae, quae post illud contactus punctum versus Solem tenduntur ob conglobationem aëris, demittent sese infra tangentem illum, vt ita qui nobis iam occidit, illis punctis adhuc eleuetur: | Quo pacto 152
rursum idem, quod et in aqua, contingit: vt Sol nunquam infra id punctum aëris sit, in quo radius eius refringitur: et tamen nobis in veritate iam occiderit. Pergit verò WALTHERVS: *Quod instrumento armillarum sensibiliter saepius mihi apparuit, antequam perspectiuas* ALHAZEN *et* VITELLIONIS *Thuringi viderim; in quibus postea hoc declaratum ad vnguem reperi.* Idem TYCHONI BRAHEO accidit, vt refractiones luminum animaduerteret, priusquam vel hos Opticos, vel WALTHERI inuenta legisset, vt testatur libro 1. Progymnasmatum fol. 91. Occasiones, quibus has inuenerit, vide eodem libro fol. 15. et eodem 91. Quare tantò plus fidei meretur vterque, quòd ignari, et nullis occupati praeiudiciis, hoc ita se habere deprehenderent. Hoc enim veritatis est, diuersis conuenire viis. Sequitur in WALTHERO, quibus occasionibus ipse in huius rei notitiam venerit. *Sed ad fugiendum Lunae diuersitatem aspectus, etiam modum* PTOLEMAEI *capitulo secundo dictionis septimae examinaui:* id est, Occasio, quae mihi refractiones ostendit, haec fuit. Eram in eo, vt explorarem instrumentis, quousque in Ecliptica processissent stellae fixae mea aetate. Modus hoc explorandi facilimus hic est, si verissimus locus Lunae à Sole, seu ab aequinoctio ex calculo ad quoduis momentum possit de-

4) minus 17 u. 19) quomodo Sol 27) Turingi

promi: tunc inspiciatur, eo momento, quibus cum fixis Luna congrediatur. Aut contra, si qua certa noctis hora Luna fixam aliquam tegat, computetur ex certissimo calculo verus Lunae locus ab aequinoctio. Nam is erit et verus stellae locus ab aequinoctio. Aut si calculo quis diffidat, is diligenter intueatur medium alicuius Eclipsis Lunaris, notetque distantias Lunae à fixis vicinis. Sic enim habebit distantiam Solis ab illis fixis, et ex altitudine Solis meridiana et latitudine loci habebit et distantiam Solis ab aequinoctio per declinationem eius. Quare et fixarum illarum distantia ab aequinoctio dabitur.

His quidem modis facilè negocium expediretur, si vel extra, vel in Eclipsi, verus Lunae locus haberi posset. Sed accidit praeter caetera, vt quamuis certò sciamus verum Lunae locum, quem quis illam videret obtinere, si ex centro terrae prospiceret; tamen parallaxis, cuius incre- 153 dibilis est varietas, illam in alia atque | alia loca reponat. Itaque longè aliter Luna distat à fixis, quàm si in vero suo loco cerneretur. Ne igitur parallaxis Lunae mihi negocium facesseret, vsus sum eo modo, quem PTOLEMAEVS lib. 7. cap. 2. praeiuit. Is quidem in Luna, ego verò in Venere sum imitatus: cuius minor est parallaxis, minorque motus diurnus. *Et distantiam Solis et Veneris circa meridiem aut postea, instrumento armillarum* (cuius descriptionem vide in Mechanica TYCHONIS BRAHE) *deprehendi* (quod rursum TYCHO BRAHE WALTHERI inscius, vt vides in Progymnasmatum tomo 1. fol. 152. diligentissimè et multoties imitatus est) *prius accepto loco Solis per regulas, aut armillas, aut per vtrumque instrumentum*. Modum vtrumque REGIOMONTANVS describit illo ipso libello, ex quo haec transcribuntur. Est autem ordo hic. Primùm ex obseruatione fixarum habetur altitudo poli et aequatoris. Deinde obseruatur altitudo Solis meridiana, quae comparata ad altitudinem aequatoris, prodit declinationem. Et declinationi cuilibet certa distantia Solis à punctis cardinalibus, seu locus in Ecliptica respondet, praesuppositâ declinatione maximâ. *Cùm verò in occasu Solis loca amborum, videlicet Solis et Veneris, examinare visus fueram, vertendo Eclipticam armillarum, et locum Solis in eadem* (vertendo illam Eclipticae partem, in qua Sol haerere per meridianam obseruationem deprehendebatur) *versus ipsum* Solem, non tamen praecisè collocato centro armillae, loco Solis inuento, et veri aspectabilis Solis centro, in eadem recta, sed voluendo illum locum Solis in armilla cis et vltra corpus Solis, eousque, *quoad* interioris Eclipticae armillaris *superficiei vtraque pars*, vterque circuli illius terminus, quia circuli materiales obtinent latitudinem, *videlicet inferior et superior*, vel Australis et Borealis, *à Sole* iam occidente *aequaliter illuminabantur, mouendo etiam circulum latitudinis, quousque etiam ambae partes superficiei interioris eiusdem, videlicet dextra ac sinistra*, seu orientalis et occidentalis,

aequalem à Sole illuminationem acceperant. Quare si radii Solares irrefractè ad visum, seu instrumentum, *venissent: circulus latitudinis*, sectione sui et Eclipticae, *locum Solis*, qui prius in meridie inuentus, et additione motus horarii debiti correctus erat, *vtique ostendisset. Sed differentiam notabilem reperi.* Alio loco Sol inueniebatur ex | meridiana obseruatione, alio loco 134
ex vespertina: *et hanc quidem* differentiam *differenter*, non semper eandem: *maiorem quidem dum declinatio Solis modicum creuerat aut decreuerat, minorem verò, cùm notabiliter mutabatur, vt in solstitiis maximam, in aequinoctiis verò minimam:* non quod tanta fuerit in ipsis refractionibus varietas, sed quia etsi declinatio Solis vtrinque aequaliter adulteraretur: quia tamen
ex declinatione habetur longitudo, et ex vitiosa declinatione vitiosa longitudo, plus igitur haec in declinatione aberratio fallit, vbi vni gradui longitudinis vnicum declinationis minutum respondet, quod fit versus solstitia, quàm vbi vni gradui longitudinis minuta 24′ declinationis respondent, vt in aequinoctiis.

Cùm ergò in Occasu Solis ambos circulos Eclipticam et latitudinis *à Sole, vt praedictum est, illuminatos vidi: nequaquam Solis neque ex eo Veneris locum verum habui.* Iam enim dictum, si hoc fieret, visum esse differre, verum et hunc refractorium. *Si autem circulo latitudinis super loco Solis posito, per obseruationem meridianam reperto, atque per additionem motus eius*
intermedii reducto, in occasu Solis eundem circulum versus Solem exhibui, hoc |
est, si quem locum Solis in meridie methodo alia et certa reperiebam, et additione portionis, quae tempori à meridie ad occasum competebat, correxeram, si ei inquam loco circulum latitudinis applicarem: et sic affixos inuicem ad Solem occidentem deuoluerem, *quoad eius*, circuli latitudinis, *superficies interior modo praedicto illuminabatur*; neglecto, vt idem in Ecliptica fieret: *veritati propinquius accessi*, in inuestigatione loci longitudinis Solis. Nam latitudinis circulus, praesertim in aequinoctio verno Sole occidente, penè incidebat in verticalem: itaque refractio, quae solet in verticali fieri, penè omnis concedebat in latitudinem, parùm vitiata
longitudine. *Neque* tamen *illa via sufficiebat*, quòd non planè coinciderent circulus latitudinis et verticalis seu refractorius. *Ob quam rem ex foramine apud oculum*, quod repraesentabat locum Solis oppositum verum, inuentum per obseruationem meridianam, et reductum ad horam obseruationis huius vespertinae, *pinnulae appendi perpendicu*|*lum, speciali ingenio,* 135
quod perpendiculum repraesentabat verticalem circulum, *considerando, quod punctum, cuius forma refringitur*, cuius vicem hoc loco gerit sectio circuli latitudinis cum Ecliptica, *centrum visus*, à dicto foramine repraesentatum, *punctus* in aëris superficie, *à quo fit refractio, et perpendicularis à puncto refractionis, in vna sunt superficie*, quam hic imaginamur planum
circuli verticalis. *Et videbam, dum intersectio Eclipticae ac circuli latitudinis*

verum locum Solis repraesentans *ad contactum horizontis venerat*, qui situs respondebat vero occasui Solis, *quod Sol per foramen alterius pinnulae* versus Solem, quo alias tantum in stellis vtebar, *filum perpendiculi adhuc illuminauit*. Dedi operam, vult dicere, vt Sol non circulum latitudinis, non Eclipticam, sed filum perpendiculi ex foramine vnius pinnacidii suspensum per foramen oppositi è diametro pinnacidii illuminaret aequaliter: *ita quod praenarrata in vna erant superficie, scilicet centrum Solis veri, id est, punctus cuius forma refrangitur, centrum visus* hoc loco foramen, vnde filum suspenditur, seu potiùs locus fili inferior: quo à Sole collustratur, *punctus refractionis in aëre et perpendicularis: similiter et locus Solis verus in Ecliptica* instrumenti, denique locus imaginis seu Sol visibilis.

Nam quia foramina è diametro sunt opposita, et filum ab altero foramine suspensum: planum ergò per filum, et foramina transiens, bisecat instrumentum, et quia visibilis Sol filum collustrat per alterum foramen, ergò et visibilis Sol in eadem superficie, quae propter filum est perpendicularis horizonti, ergò in verticalis plano, ergò et verus Solis locus in eodem, cùm semper verus locus rei, et locus imaginis sit in eadem superficie. Quod vbi contigerit in instrumento (siquidem foramen alterum seu intersectio Eclipticae et circuli latitudinis verissimum Solis, vt ponitur, locum repraesentet) argumento est, instrumentum sic directum esse, vt centrum, foramina seu intersectio dicta et verissimus Solis in coelo locus in vnam cadant lineam rectam; nec vt id fiat, aliter collocari posse. Ingeniosum sanè compendium refractiones instrumentaliter sine calculo ex longitudine et latitu[1]dine eliminare per obseruationem, et longitudinem latitudinemque tutam praestare, imò et refractiones ipsas per omnia tria rectanguli latera metiri. Possit et ad parallaxes transferri. Ego sanè de WALTHERI diligentia, iam, postquam meipsum explicatione loci adiuui, paulò minus dubito, quàm TYCHO fol. 91. Progymnasmatum. Caeterum si quis adeò diligens est, vt nolit in re tàm subtili temerè fidere instrumentis, habet is modum, parallaxes, et refractiones, quae contingunt in altitudine, distribuendi in longum et latum, in Progymnasmatis TYCHONIS BRAHE, praesertim tomo 1. fol. 93. 94. 96. vbi et refractionem totam, seu altitudines inuestigare docet. Qua in πραγματείᾳ infra capite 9. inuenies vtilissimum compendium.

Satis opinor comprobatum est, eundo per singula, Refractiones omnibus saeculis ab Astronomis animaduersas. Expecto igitur, quomodo suam temeritatem excusare velint, qui totum refractionum negocium negant, nisi in sola diametrorum ampliatione consistere: quod phaenomenon tamen supra ostendi alienius esse à refractionum vsitato ne-

10) punctum 36) opinior

gocio. Nempe hoc verum est, omnes sibi licere existimant in eos insurgere, qui sibi noui quid profiteri videntur. Quod vbi praeter rationem fit, in obtrectationem degenerat. Multò verò turpius, quod eâdem operâ suam ignorantiam huiusmodi homines apertè produnt, et securum aliorum contemptum. Legissent vel solum MAESTLINI praeceptoris † mei disputationem, quae nuperrimè prodierat, cuius vt recentissimi ac etiamnum per Dei gratiam superstitis verba, ex thesi 58. placuit coronidis loco huic capiti subiungere; vt eius viri inuenta cum Tychonicis conferantur, tantoque maior sit authoritas huius doctrinae; suffulta plurium suffragiis: quibus tandem ora oblocutoribus obturentur. Sic ille post allegata VITELLIONIS et WALTHERI testimonia: *Si nostris per Radium astronomicum factis obseruationibus fides sit habenda: non rarò inuenimus* (me quandoque praesente) *Veneris supra horizontem altioris distantiam à Sole iuxta horizontem posito, esse notabiliter minorem: quàm si eodem die, eiusdem distantia à Sole altiore, et è vaporibus magis libero* (de qua causae opinione supra satis) *caperetur. Ergò Solis altitudo per* | *vapores* (etiam per 157 aëris superficiem) *altior iusto apparuit. Vnde et ipsum, et alias stellas similiter supra horizontem apparere posse, cùm infra adhuc sint, pro impossibili non habemus, sed certo concludimus.* Porrò hic vnus ex iis modis est, quibus refractiones TYCHO creberrimè explorauit, vt aliquando patebit, Deo volente, ex eius obseruationum libris. Est autem et MOESTLINVS ob singulare visus acumen, in Venere de die obseruanda exercitatissimus.

Nota ad. N. 7

De Halonibus, quorum Parelia quaedam partes circulorum sunt, vt et Paraselenae, hoc monere volui harum rerum studiosos. Primo Halonum circa Solem et Pareliorum eosdem esse colores, qui sunt in Iridibus, obscuriores tamen ob claritatem Solis propè lucentis; et tenues admodum in Halonibus circa Lunam, et Paraselenis. Ergò sunt refractionum soboles, vt et Irides. Vide infra Cap. 5. experimenta per globos aqueos et vitra triangula.

Deinde diameter Iridis, occumbente Sole, semper est graduum 90°. Halonis 45°. ergò quicunque es, qui hic vltra ARISTOTELEM sapere aliquid cupis, huius † rei causam tibi demonstrandam esse scito.

Tertiò Halones cernuntur in nubibus planè proximis, quod ex celeri volatu patet. Et tamen ab omnibus omninò hominibus, in quocunque loco constitutis cernuntur à luminari, ceu à suo centro abesse 22½ gradibus. Quilibet igitur in nubibus tàm propinquis proprium Halonem videt, non minus quàm Iridem, quia alii spectatori alia nubes inter sidus interponitur.

Adeoque saepè mihi eodem loco permanenti Halo et Paraselene iam apparuit, nube iusto loco consistente, iam euanuit, nube abeunte, rursumque apparuit, succedente nube alia.

Necesse est igitur, loco multo sublimiori, et tamen in materia fluitanti et certa superficie terminata, semperque eiusdem densitatis et altitudinis, refringi radios sideris, itaque refractos demitti: at non videri, nisi à nube pellucida ita excipiantur supra, vt ab infra, per corpus scilicet pellucidae nubis haec pictura appareat.

Quartò Parelia et Paraselenae crebriores ferè sunt ipsis Halonibus, quia in Halone ferè semper Parelia. Et haec quoties apparent, aequali cum Sole vel Luna semper cernuntur altitudine.

Quintò, vt Iris appareat, locum vbi apparere potest et materia vestitum et vmbrosum esse necesse est. Propterea, quoties pluit interlucente Sole, nube proximè supra Solem apparente, scilicet vbi vix vmbra nubis abiit; tunc igitur clarissimae cernuntur Irides. Ergò materia aquea, quae inter spectatorem et Solem est, seu pluuia sit, seu pellucida nubes, seu nebula (vidi enim Irides et in nebula) haec inquam format et figurat refractiones radiorum Solis; quae
158 *verò post spectatorem est, ea excipit hos radios Solis refractos.* | *Nubes verò superstans obumbrat locum, et radios Solis directos auertit, vt colorati radii cerni queant.*

Itaque non est verum, radios seu Solis seu visus repercuti vel frangi in ipso loco nubis, in quo Iris apparet.

Sextò, nec illud contemnendum, centra visus Halonis et Solis vel Lunae non minus in eadem rectâ esse, quàm centra visus Iridis et Solis.

CAPVT V

DE MODO VISIONIS

Dum diametri luminarium et quantitates Solis Eclipsium, fundamenti loco annotantur ab Astronomis: oritur aliqua visus deceptio, partim ab artificio obseruandi orta, quam supra cap. 2. discussimus, partim ab ipso visu simplici: quae quoad non tollitur, plurimùm negocii facessit artificibus, detrahitque artis existimationi. Erroris itaque in visu, occasio quaerenda est in ipsius oculi conformatione et functionibus. Quas si Optici ALHAZEN aut VITELLIO, aut post illos Anatomici, tradidissent clarè, dilucidè, et citra incertitudinis aleam, liberassent me hoc labore, Paralipomena ad Vitellionem in hoc quoque capite continuandi. Vt autem hoc negocium methodicè expediam: Primùm descriptiones oculi partium, quae in considerationem venient, ex probatissimorum anatomicorum fide, quasi in principiorum parte collocabo: nam infida et confusa VITELLIONIS est descriptio. Secundò summaria

ratione modum, quo fiat visio, adumbrabo. Tertiò omnia et singula demonstrabo. Quartò, quid fugerit ratiocinationes Opticorum et Medicorum circa hanc functionem, detegam. Denique deceptiones visus, ab instrumenti conditione ortas, explicabo, et ad vsum astronomicum accommodabo.

1. *Oculi anatome*

Conducit ad fidem demonstrationi, quam sum allaturus, conciliandam, non propria sed praestantissimorum Medicorum publica de oculo afferre experimenta. Quid si namque me quis aut malae fidei arguerit, quasi stabiliendae propriae opinioni intentum, aut imperitiae sectionum, quarum nunquam antea neque | spectator fuerim, neque administer? Loquantur igitur pro me viri receptae authoritatis de materia ipsis notissima: quoad negocium ad meae professionis limites fuerit deuolutum. Tunc enim haud grauatim et mihi lampada tradent, quoad illam in Mathematica legitimè sum praelaturus, de quo peritorum erit iudicium. | 159

Consului potissimùm Felicis Plateri tabulas de corporis humani structura et vsu, quae anno 1583 editae meruerunt hoc anno 1603 recudi; quo cum comparaui D. Ioannis Iessenii à Iessen amici mei Anatomiam Pragensem: propterea quòd is non tantum Aqvapendentivm se potissimùm sequi profiteatur, sed et suopte Marte plurimùm Anatomicis laboribus impenderit: Si quos in hoc ordine meliori merito, ipse professione Mathematica occupatissimus praeterii, veniam mihi dabunt.

Oculus à Graeco ὀπή, vnde ὄπτεσθαι, ὄψις, ὄμμα, ὀφθαλμός, quòd hae sint rimae seu aperta foramina, è tenebroso capite in clarum aërem pertingentia; vt contraria ratione lupus à λύκος dictus esse videtur: non ab occulendo, nam clausi nullo sunt vsui. Bini sunt in animalibus et paralleli, et congruo interuallo, vt sup. c. 3. et infra c. 9. dicetur, ob distantias rerum notandas, non verò alter in compensationem alterius amissi. Natura enim nihil iacturae destinat. Situs eorum in altissimo loco, vt visus ad tantò remotiora loca pertingeret. Cùm enim terra, et mare potissimùm sit sphaericum, oculus nulla collocatus in sublimitate, nihil planè de planitie posset intueri, tumore globi quaqua versum praepeditus. Id nos docent ciconiae, maximè Camelopardali, erecto collo ad visum et auditum rerum remotarum tanto distinctiorem capiendum: supra omnia Aquilae, quae vniuersam regionem, praedae causa lustraturae, sublimia petunt. Quare clariùs Iessenivs, quàm Platervs, ideò sublimes esse oculos, ille ad plura spectanda, hic vt singula ex alto meliùs perspicerent. Nam quod singula attinet, meliùs illa è propinquo inspiciuntur. Et nummum in terram proiectum, aut plantam humilem

25) λυκός

contemplaturi oculos demittimus. De homine OVIDIVS ethicè et sapienter.

Pronaque cùm spectent animalia caetera terram
Os homini sublime dedit, coelumque tueri |
Iussit, et erectos ad sidera tollere vultus.

At physicè si consideres, neque oculi sunt in vertice, neque caua oculi sursum, sed ad latera et deorsum secundo naso magis patent. Itaque sermonis commutandi causa sic in homine siti esse videntur, cùm sit homo animal sociabile et politicum. Ipsa itaque corpora ad societatem inuitant, magis quàm animalium. Itaque hanc PLATTERI sententiam (vt recta rebus opponerentur, anteriorem locum obtinuerunt) quod hominem attinet, pulchrè de alio homine homini opposito acceperis. Alia causa petitur à dignitate hominis. Cùm animalibus caeteris pastus debeatur, demissos habent oculos ad sibi proxima. Homo creaturarum dominus sic directum habet vultum, vt continuè, quàm latè pateant termini possessionis suae, contemplari inuitetur, ii sunt coelum ipsum, montibus vt videtur contiguum.

Sed causa cur in idem latus vergant oculi et aures, petitur rectissimè à motu, qui cùm fieri debuerit in lineâ rectâ, horizonti parallelo, omninò flexus membrorum, et situs necessariorum sensuum in plagam de circulo horizontis eandem vergere debuerunt. Cumque GALENVS oculorum causâ caput in sublimi esse dixerit, cùm non possent oculi longè à cerebro abesse, sitque consentaneum, ideò et collum flexibile factum, vt ad ea, quae à tergo sunt, videnda et audienda sensus conuerti possent: hinc non ineptè componi videtur, tanquam ex elementis, et haec ratiocinatio: ideò vicinos esse oculos cerebro, quia obiecta visus et auditus sunt causa finalis motus localis, et vero motus localis omnis in cerebri arbitrio situs est. Vt igitur artus corporis quouis fulmine citiùs ad persequenda ea accingerentur, quorum spectra per sensus ad cerebrum ferrentur, oculos in ipso quasi complexu cerebri constitui oportuit.

Latent oculi singuli in cameris singulis, securitatis causa; prominent tamen, ne lateribus camerae impediti, non possent in totum hemisphaerium vno intuitu prospicere. At cùm totalis iste prospectus non posset esse distinctus, nisi in medio, à lateribus verò confusus esset, motum oculis adesse celerrimum oportuit, quò meliùs prospectus transferretur ad singulas hemisphaerii partes. |

Ampliùs cùm bini oculi sint, ob discernendas rerum distantias, directione ipsis, seu contortione creberrima opus fuit, quae itidem motus est. Non verò expediebat, oculos hoc motu centro suo emoueri. Vt igitur super centro mouerentur, sphaericos exteriùs esse oportuit, nisi

quatenus intra caput musculis oblongis vestiuntur, et processu seu canali quodam longo in cerebrum pertingunt. Vt autem etiam anteriori parte, qua non atteruntur motu, ad partes faciei, sphaerici essent, sic postulare videbatur palpebrarum necessitas. Nam quia perspicuum esse oculum oportuit, vix id obtineri poterat, in membro, quod perpetuò cum vniuerso corpore caleret, quin identidem lacrumae et aër in aquam resolutus, et exterius adhaerescens, et puluisculi aduolantes, extergerentur, atque etiam oculus humectaretur, sicubi siccior et scaber esset euasurus. Haec omnia praestare videtur palpebra, quod manifestum est in lacrumantibus. Eadem palpebra simul et tegendi officium est nacta, cùm periculum imminet, aut cùm somnus obrepit, Naturâ auertente etiam occasiones periculorum, quae imminebant, apertis oculis, dormiente homine. Atque in hunc extersionis finem interior palpebrae tunica membranea est et mollis, eiusdemque cum illa tunica substantiae quam extergit, arcus verò in limbo, Tarsus dictus, teres et duriusculae internae substantiae, vt sunt omnia cartilaginea; cedentia in sensibile quippiam summa superficie, resistentia verò ipsa mole corporis et duritie densata. Ita fit, vt membrana superior corrugari appetat, tendaturque globo oculi, et sublato tarso, in se coëat; depresso verò tarso, nuspiam à globo oculi dehiscat, non vno loco plus tendatur quàm alio, cùm vnus sit totius tarsi motus. Hic igitur tarsus aperiri et claudi vix aliter potuit, sine fatiscentia, et cùm inferiore tarso socio suo vniri, quàm si globus oculi esset sphaericus, ipsi verò tarsi arcus semicirculares, vtroque termino, tanquam in oppositis globi polis affixi. Ex hoc etiam machinamento bini in quolibet oculo exstiterunt anguli, quos canthos seu Hirquos appellant. Quorum linea distantiae cur in distantiam binorum oculorum competeret, dictum est supra capite 3. nempe, vt aemularentur oculi cùm sin|guli, tùm iuncti, tractum horizontis visibilis. 162
Atque vt id fieri posset, et amplitudo visionis hanc lineam sequeretur, cameram oculi, frontem inter et maxillam, nonnihil deprimi oportuit, ne quid illic obstaret. Id quidem apud nasum necesse non fuit, potiùs vallum ex naso fieri oportuit, ne confunderetur visus vtriusque oculi. Duo quidem praestare videtur vallum hoc, vnum quòd alterius oculi conspectum alteri eripit, ne mutuo splendore à repercussionibus orto occaecarentur: Alterum, quòd altitudine sua terminum praescribit appropinquationi rerum visibilium. Quod verò vni oculo per nasum ademptum est, id alter oculus compensat. Natura enim perfectionem visus constituit in duobus oculis. Huiusmodi duae aliae valles à camera oculi deorsum concedunt inter maxillas et nasum, vt oculis paterent, quae sunt ori et pedibus proxima. Sic motus et victus necessitas requi-

Hoc tamen ab iis, qui trunco naso essent, negatum ait IESSENIVS.

22) fathiscentia

rebat. Frontis verò fornix maximè protuberat, ad excludendam coeli lucem, qua visibilia opprimerentur. Propterea quibus claritas lucis molesta est, frontem corrugant, et vallum id ad oculos propiùs deducunt. Sunt ferè in eundem vsum et cilia et supercilia. Lux enim per illa demissa non subitò pleno radio ferit oculos; sed partim ciliis obscuratur, oculique lucis appropinquantis per ciliorum rimulas faciunt periculum, an illa ferri possit. Et in longinquiori quidem luce superciliis et corrugatione frontis nos munimus, at in directè opposita palpebrarum etiam ciliis et connixu vtimur. Hoc ARISTOTELES sect. 31. probl. 16. sibi discutiendum esse putauit, sed absurda radiorum emissione, quam alibi ipse reiicit. Quae adeò causa est, cur supercilia curuentur in arcum, vt circulariter oculos circulares obeant. Accedit iam auctarii loco, quod puluisculos sustinent, quod cilia videntur flabellorum loco esse, ad euerrendos obuolantes puluisculos: denique quod, vt in toto corpore, sic hîc quoque partes vdae et tenerae pilis contra attritum muniri videntur. Praesertim cùm exterguntur palpebrae, et sordes detritu per valuas sunt prouoluendae: cilia canalium vicem praestant, qui sordes trans valuas declinent, ne in oculum cogantur. Pilosa siquidem omnia, vt arida et
163 sicca, humorem asperitate sua, et quodam qua[1]si rigore, quoad is non vincitur, repellunt. Atque ex his etiam causa cernitur, cur recta cilia sint, non supina, non prona, non sparsiora, non densiora, non longiora, non breuiora, et recurua modicum. Haec sunt, quae oculum ipsum circumstantia, ad videndi officium concurrunt.

In ipsius oculi globo recensendo tantùm hoc mihi videtur elaborandum, vt Anatomicos rectè intelligam, et bonum agam nomenclatorem. Sic ergò mihi videntur anatomici oculum et pingere et describere, ac si species oculi tota, vt à cerebro nascitur, caepae repraesentet effigiem:* quae vt ex bulbo constat, et ex caule, sic oculus ex globo aspectabili, et ex processu latente, inque cerebrum pertingente. Et quidem in caepis inueniuntur nuclei, toti latentes in bulbo, quos tunicae bulbo et cauli communes includunt et abdunt. Iis nucleis non malè comparaueris humores, qui sunt in sphaera oculi, claudunturque penè eodem modo à tunicis, quae sunt oculo et processui in cerebrum, quin et ipsi cerebro communes. Nam ipsa quidem cerebri substantia duabus ambitur tunicis, quarum interiorem tenuem, exteriorem crassam, Meningem appellant, vt ita in cerebro tres sint res, à quarum vnaquaque sua tunica porrigitur in oculi processum, et postea in ipsum oculi globum. Crassa meninx exteriorem tunicam oculi producit, tenuis membrana mediam, ipsa verò cerebri substantia neruum opticum, qui fit tunica intima, haecque ipsa non simplex. Quamuis PLATTERVS hanc tunicam impro-

17) transualuas

priè dici asserat, fortè quod neruos opticos neruis reliquis similes statuat, cauos esse neget, quos alii omninò cauos esse asserunt.

Iam oculi globum distinguamus in hemisphaerium apparens, et latens, et id quidem quod apparet, subdiuidamus in album et solem seu Iridem, vt explicatiùs loquamur. Aiunt igitur Anatomici, à crassa meninge pronasci exteriorem globi ocularis tunicam, quae sola totum oculum amplectatur, sed secundum diuersas eius partes diuersa sortiatur nomina et affectiones. Nam à nerui optici fine per totum hemisphaerium latens, et per album oculi, nomen habet σκληρώδης tunica, et dura, crassa, opaca, alba, ac pene cartilaginea est: pars verò ea, quae Solem oculi obte[1]git, pellucida est et protuberat, indice IESSENIO, et 164
suffragante experientiâ, diligentique oculi viui inspectione: sic vt cornea minoris sphaerae portio sit, Sclerodes maioris: quod diligenter memoria retinendum est. Quamuis in tanta exilitate nequeat distingui, sphaeraene an sphaeroidis potiùs portio sit? Priusquam autem ad reliquas duas tunicas accedam, plura de hac exteriori tunica sunt dicenda. Nam etsi haec respectu caeterarum principalium exterior est: non tamen est totius oculi extimum. Etenim in hemisphaerio latente musculis tegitur tota omnibus partibus, et quae in globo sunt, et quae in optico processu: iique musculi neruosas extremitates seu tenuitates emittunt etiam in illam tunicae sclerodis partem, quae est in albo oculi, quae eam passim amplectuntur. Neque hoc solum, sed etiam à pericranio nascitur aliqua membrana, adnata seu adhaerens seu ἐπιπεφυκυία dicta, cui globus oculi eo in circulo affixus est, quo latens hemisphaerium ab apparenti distinguitur. Quae membrana illic gemina effecta hinc palpebras succingit, inde sclerodem tunicam eiusque superstratas musculorum neruosas extremitates integit, perspicua ipsa, vt alba sclerodes tunica nihilominus trans hanc videatur ab inspicientibus. Quòd si bene IESSENIVM intelligo, vult ille, non album tantum oculi, sed et solem ipsum hac pellucidâ et tenuissimâ membranâ integi: quod quidem requirere videtur affixionis lex: cùm oculus hoc potissimùm vinculo in suo cauo retineatur. Caeterùm PLATTERVS apertè corneam tunicam, quae pars est sclerodis, Soli oculi obtenta, nudam asserit: fortè quòd rubentes illae venulae, quae beneficio huius adhaerentis membranae per album oculi videntur discurrere, super Solem oculi, seu super corneam non ingrediantur.

Haec discretionis causâ sunt addita, quamuis non faciant ad formanda aut percipienda rerum simulachra, et tantum ad motum et religationem, forsan et nutritionem oculi pertineant. Suspicionem quidem albedo sclerodis, et diuersi colores iridis dictae, praebere possint, quasi et exteriora ad visionem faciant, cùm sint interiora nigerrima, exteriora adeò alba. Caeterùm, quî intrò aliquid conferant, non intelligo, cùm ea, qui-

165 bus | subducuntur, et colore nigerrimo, et opacitate, transitum ipsis non praebeant introò. Itaque si causa horum oculi colorum altior est, quàm materiae penè cartilagineae necessitas, ad firmandam oculi rotundam cameram: non dissimile verò est, ideò Solem dictum, albo circumdatum, et nigrum in centro esse, ipsum colore alio, eoque alias alio, vt Sol vel Iris in albo, nigrum in Iride tanto magis ab extra conspicerentur, possetque quis aspectu iudicare, an in se coniiceret alter oculos. Considera verò et 38. pr. capitis primi, an ideo globus oculi alba tunica circumdetur, vt à luce Solis mitiùs feriatur, neu destruatur, si nigra facta fuisset.

Secunda igitur oculi tunica, quae sclerodi subducitur, à tenui meninge cerebri orta, posteriori parte choroides, anteriori vuea appellatur. Nec tantùm situ differunt istae partes, sed et crassitudine. Nam vuea choroide perhibetur duplo crassior: denique et applicatione ad exteriorem sclerodem tunicam. Nam qua choroides appellatur, adhaesit fibris passim dispersis sclerodi, eidemque circulo connascitur, qua sclerodes in corneam abit. Inde verò exorta vuea, iam non connascitur residuae parti sclerodis, quae cornea dicitur, sed ab ea, versus interiora oculi deuergit, hiatum opplente humore aqueo. Cumque sclerodes cum sua cornea constituissent integram tunicam, haec iam vuea in medio est perforata; humore aqueo foramen opplente, eandemque intus etiam alluente: adeoque tota haec pars, quae vuea dicitur, in humore aqueo innatat, solo eo circulo excepto, quo dixeram reuinctam esse ad scleroden, et partem suam posteriorem, quae choroides dicitur. Pars choroides intus nigra traditur, non tamen ita nigra, vt vuea, sed magis caerulea: pars vuea intus aspera et nigerrima, foris, quâ Solem in oculo dictum per corneam translucentem repraesentat, laeuis, et vnà cum choroidis exteriori superficie variorum colorum est, iam fusca, iam caesia, iam fulua, iam splendida. Ita latum circulum repraesentans (in cuius medio nigrum oculi seu foramen) Iris dicta est. Huius attritu, cum laeuis sit et rigida, videntur excitari scintillationes illae, quas interdum percipimus in oculis:
166 planè vt felium hirsuta terga, atque etiam homi | num capilli recens secti attriti scintillant. In ipsis verò humoribus lumen inesse non potest, nisi simul visio vitietur.

Quae verò in felium oculis constantia sunt lumina, non vt scintillationes, transitoria, IESSENIVS existimat, in hâc Iride itidem residere.

Tertia quasi tunica, à neruo sese in cauum hemisphaerium dilatante orta, Reti in saccum desinenti, seu magis infundibulo assimilatur, non substantiae, sed figurae conformitate, vt PLATTERO placet: vnde nomen Retiformis accepit. Traditur substantiam repraesentare cerebri, magis tamen mucosam, et subrufam (subcaeruleam à IESSENIO) esse; vnde col-

21) quà

ligis, potissimùm albam dilutam videri, suffuso rubore, vel caerulo. IESSENIVS etiam subdiuidit hanc in nerui substantiam et tunicas.

Hic in diuersa cum VITELLIONE IESSENIVS et PLATTERVS abeunt. IESSENIUS ex VITELLIONE retiformem ait, vbi vitreum humorem est complexa, progressam, in crystallini humoris, qui humorum est medius, maximum circulum inseri: fierique huius beneficio, vt crystallinus medius in vitreo constituatur. PLATTERVS aliter, sub eo circulo superficiei cauae, quo circulo secunda tunica primae nectitur, et vuea dici incipit, ex vuea nempe, minimè verò ex retina, oriri processus quosdam circumcirca, qui à similitudine ciliares dicantur, inque circulum maximum crystallini desinant: itaque crystallinum vueae non retiformi connectant: processus illos nigros, et pectinatim distinctos esse. Retinam verò infra hos ciliares processus desinere, neque planè connatam vel choroidi vel vitreo humori, quem complectitur, vel his ciliaribus processibus: adeo quidem, vt effuso vitreo (cuius solius infarctu retina choroidem attingat) retina conuoluta, nuspiam nisi suo neruo adhaerescat. Magis assentior PLATTERO; vt qui distinctius etiam ista tradidit. Nam quantum apparet, VITELLIO visibilia cognoscendi facultatem crystallino humori transcribit: quare commeatum huic facultati quaesiuit ex neruo, (vel retina nerui propagine) in crystallinum, per hos ciliares processus. PLATTERVS verò cognoscendi facultatem in retina relinquit, quod magis est vero consentaneum: crystallinum verò in instrumentorum censu habet, [1] de quo infrà. Pro quo et hoc militat, quod ciliares processus, quibus crystallini circulus maximus reuincitur, nigrore suo non Retinam, sed vueam repraesentant.

Et IESSENIVS ipse huc inclinat in δευτέραις φροντίσιν.

[1] 167

Iam quod humores attinet, tres in oculo sunt, sedibus vndiquaque distincti: Vitreus in posteriori oculi parte; Aqueus in anteriori, Crystallinus in eorum medio, maceriem faciens ipse et ciliares processus, inter vitreum et aqueum. Et vitreo quidem sua est tenuissima et pellucida pellicula, hyaloidis tunica dicta, cognominis humori, qua vitreus continetur, etiam cum ex tunicis sclerode, choroide, retina, exemptus est. Crystallino verò itidem sua (arachnoidis seu tela araneae ob tenuitatem dicta) tunica est, itidem pellucida, qua crystallinus continetur, exemptus etiam ex circumstantibus humoribus. Considerent verò Anatomici causam nominis. Nam hoc nomen, *Aranea*, non soli pelliculae crystallini videtur competere, sed iunctis ciliaribus processibus. Verè enim, vt aranea in centro telae suae suspensa haeret, ita crystallinus humor in centro ciliarium processuum: staminibus vtrinque ductis intro versus centrum. Aqueo verò humori nulla est pellicula: sed cohibetur antè corneâ, ponè araneâ, ciliaribus processibus vueae, et substrata hyaloide vitrei humoris: strangulatur verò in medio, et quasi in duo diui-

ditur ab vuea, quam intra et extra foramen alluit. Moles vitreo maxima, minima crystallino, vt cuius axis vix quarta pars est de axe vitrei, vitreus proximè figuram habet sphaerae plus quam dimidiae. Aqueus sphaericis quidem superficiebus constat, sed in medio, vt dixi, in angustum collum redactus est. Crystallinus ea facie quae à ciliaribus processibus disterminata aqueo immergitur, figuram accipit aut sphaericam, aut sphaeroidis lenticularis portionem, circumducta ellipsi, per axem diuisa, manente recto latere: à posteriore parte, quae ab iisdem ciliaribus processibus determinata, vitreo immergitur; figura ipsi est conoides hyperbolica, hyperbola circa axem circumducta. Sic enim refert IESSENIVS, non sphaericum esse, quod PLATTERVS aiebat, sed valdè protuberare, et oblongum fieri, quasi in conum assurgat: anteriore verò facie, depressa esse rotunditate; et simi-[1]
168 les, ad sensum, esse, corneae, et crystallini humoris, rotunditatem anteriorem: dimetientes verò, vt 4 ad 3. Tenuissimus est aqueus, densissimus crystallinus: Pellucidissimi vterque. Vitreus paulò tinctior. Ducto axe per centrum foraminis vueae in neruum opticum, centra crystallini circulorum in hac haerent: itaque rectè crystallinus in centro oculi dicitur haerere, si intelligas secari oculum plano ad axem recto, et centrum oculi, illius circuli centrum. Sed quod vniuersam oculi conglobationem attinet, Crystallinus magis in anteriora vergit dicti axis. Crystallinus à fine nerui optici distat longissimè: minus à foramine vueae, minimum foramen vueae à superficie corneae.

2. *Modus visionis*

Etsi frons supercilia palpebrae cauernae ad modum visionis et ipsae concurrunt, non obeunt tamen principalia munia. Propterea vsus earum iam praemisi, et cum earum descriptione coniunxi. Quas verò subnexui partes, globum oculi ipsum attinentes, omnes illae ad praecipuum officium concurrunt. Quare vt singularum vsus appareat, visionis modum describam, sanè à nemine hactenus, quod ego sciam, eousque peruestigatum et deprehensum. Itaque rogo Mathematicos, vt diligenter ista considerent, quò vel tandem certi quid de nobilissima hac functione in Philosophia extet.

Visionem fieri dico, cùm totius hemisphaerii mundani, quod est ante oculum, et amplius paulò, idolum statuitur ad album subrufum retinae cauae superficiei parietem. Quomodo idolum seu pictura haec spiritibus visoriis, qui resident in retina et in neruo, coniungatur, et vtrum per spiritus intro in cerebri cauernas ad animae seu facultatis visoriae tri-

5) Crystallinus; ea facie 6) accepit 33) Phylosophia

bunal sistatur, an facultas visoria, ceu quaestor ab Anima datus, è cerebri praetorio foras in ipsum neruum visorium et retinam, ceu ad inferiora subsellia descendens, idolo huic procedat obuiam, hoc inquam Physicis relinquo disputandum. Nam Opticorum armatura non procedit longiùs, quàm ad hunc vsque opacum parietem, qui primus quidem in oculo occurrit. Non enim audiendum puto VITELLIONEM | pro. 20. 169
lib. 3. qui haec idola lucis, per neruum vlterius putat proficisci, quoad in medio itinere vtriusque oculi nerui quodam quasi nexu coeant, iterumque discedant in suas singuli cauitates cerebri. Nam quid legibus* Opticis de hoc occulto commeatu pronunciari potest, qui cum sit per opacas, ideoque tenebrosas partes, administreturque spiritibus, qui toto genere differunt ab humoribus, aliisque perspicuis rebus, iamiam sese legibus Opticis penitus exemit. Itaque cùm VITELLIO sic argumentetur lib. 3. p. 20. Oportere species vniri: Ergò (p. 21.) refractionem fieri in vitrei postico, et (p. 22.) spiritus esse pellucidos: Ego inuerto: Spiritus non sunt corpus opticum, et ipsorum gracilis cauerna neruea non est opticè directa, et si esset, contortu tamen oculi statim fieret anfractuosa, suique partes opacas exilissimo foramini seu meatus ostio obiiceret. Quare neque transit lux posticam vitrei superficiem, neque refringitur ibi, sed impingitur. Et quî refringi potest species, perpendiculariter ingressa? Quod mirum est non incidisse VITELLIONI, propositionem 31. tertii scribenti. Hinc pr. 73. tertii in difficultates fuit coniectus non mediocres, ob hanc specierum in concursu neruorum coniunctionem. Quod si et de hac neruorum coniunctione in medio itinere dicendum est, id fiat rationibus physicis. Nam certo certius est, nullam imaginem opticam hucusque peruenire. Videtur igitur, si quilibet neruus in suam cerebri sedem liber rectâ peruenisset, futurum fuisse, vt duobus oculis vsi, duas existimaremus videre res pro vna. Aut facta est haec coniunctio, ne altero clauso oculo, ille quoque cerebri sinus à iudicandi functione cessaret. Aut fortasse ipsa sinuum geminatio non propter oculos tantum est, sed per se facit ad rectam diiudicationem, vt oculorum societas ad distantias. Vt igitur et visibilia diiudicarentur rectissimè, et quae vno et quae duobus oculis cernerentur; concursum hunc meatuum fieri oportuit. Hoc vnum hic ex conclusione capitis primi opticè dici potest: spiritus pati à coloribus et luminibus, passionemque hanc, esse quandam, vt ita dicam, colorationem et illustrationem. Nam resident in visu species fortiorum colorum, post intuitum factum, et miscentur coloribus à nouo intuitu im|pressis fitque confusus ex vtro- 170
que color. Haec species separabilis à praesentia rei visae existens, non est in humoribus aut tunicis, vt supra probatum: ergò in spiritibus et per hanc impressionem specierum in spiritus, fit visio. Impressio verò

* Et tamen per hunc fit visio, à qua Optices vox descendit: itaque per iniuriam quidem ex Optica eiicitur, quia per nostrae scientiae egestatem tolerari in Optica non potest.

ipsa non est optica, sed physica et admirabilis. Sed haec obiter.* Redeo ad explicandum visionis modum.

Visio igitur fit per picturam rei visibilis ad album retinae et cauum parietem; et quae foris dextra sunt, ad sinistrum parietis latus, sinistra ad dextrum, supera ad inferum, infera ad superum depinguntur: viridia etiam colore viridi, et in vniuersum res quaecunque suo colore intra pingitur; adeo vt, si possibile esset picturam illam in retina foras in lucem protracta permanere, remotis anterioribus, quae illam efformabant, hominique alicui sufficiens esset visus acies, is agniturus esset ipsissimam hemisphaerii figuram in tàm angusto retinae complexu. Etenim et proportio seruatur ea, vt quo angulo, ad certum aliquod punctum intra complexum oculi, ductae rectae à punctis aspectabilium singulis, concursurae fuerunt; eodem propemodum et singulae partes intra sint depictae; adeo, vt ne minutissima quidem puncta negligantur; adeoque quanta est subtilitas visus in quolibet homine, tanta sit et subtilitas huius picturae intra eius oculum.

Iam vt ad modum hunc pingendi propius accedam, et me paulatim demonstrationi praeparem, dico picturam hanc constare ex totidem conorum paribus, quot sunt in re visa puncta, binis semper eâdem basi, latitudine crystallini, aut eius particula vtentibus: sic vt alter conorum vertice ad punctum visum, basi verò ad crystallinum statuatur (refractione quidem in ingressu corneae nonnihil variatus), alter basi ad crystallinum cum priori communi, vertice ad punctum aliquod picturae in superficie retinae pertingat; refractionem et ipse passus in exitu crystallini. Et conorum quidem exteriores omnes in foramine vueae concurrunt, quo in spatio fit conorum intersectio; et dextra fiunt sinistra.

Vide schema sequentis propositionis 23.

Vt haec capiantur melius, repetam per partes. Sit punctum aliquod visibile, directè oculo oppositum, sic vt linea per orificium nerui et centrum foraminis vueae incidat in hoc visibile | punctum. Cùm ergò quodlibet punctum radiet in orbem, radiabit et in partes orbis, quare et in totam portiunculam sphaerulae corneae, illustrabitque iridem et medium eius nigrum, seu foramen vueae. Cumque iris sit opaca et nigra, circumsistentes radios auertit et prohibet, solos medios intromittit, quantum foramine patet. Ac cum cornea, et qui sub hac est humor aqueus, (quae vtraque pro eodem medio causâ densitatis habeo) sint medium densius aëre, quare radii à puncto in deuexa sphaerulae demissi, refringentur ad perpendicularem. Itaque qui priùs in aëre progressu spargebantur, nunc corneam ingressi, colliguntur; adeò vt quamuis circulus maximus ab iis radiis in cornea descriptus, qui foraminis margines descensu attingunt, sit latior circulo foraminis vueae, hi tamen

171

3) albam 33) probhibet

radii vsque ad foramen vueae, per tantulam aquei profunditatem tantoperè colligantur, vt iam eius foraminis margines ab extremis radantur, descensuque facto minorem in crystallini superficie portionem illustrent, quàm est foramen vueae. Iam in superficiem anteriorem crystallini ingressi, siquidem à puncto certae et proportionatae distantiae (quae cuilibet oculo sua est, nec planè omnibus eadem) primitùs fuerint orti, propter similem corneae et crystallini conuexitatem, omnes illi propemodum perpendiculariter incidunt. Quare puncti directè visui oppositi, et concinnè distantis radiorum ferè nulla fit noua refractio in anteriore crystallini superficie, quamuis crystallini densius sit medium quàm aquei. Rursum autem hic araneae et suo humori, crystallino scilicet, ascribo eandem densitatem causâ refractionis, vt et infra vitreo et tunicae hyalinae. Descendunt igitur hi vnius puncti radii, quantum eorum per foramen vueae fuit admissum, per omnem profunditatem crystallini, semper magis magisque coeuntes, quoad peruenerint ad posteriorem crystallini Hyperbolicam superficiem. Adeoque si fieri posset, vt horum radiorum seriem in oculo sectione quis imitaretur, is à summis corneae, vsque ad vltimas crystallini partes, vnam eandemque faceret conicam superficiem, cuius quidem amplitudo est foramen vueae illo loco, vertex verò desiturus esset in punctum aliquod post oculum. Iam verò radii hi per conicam posteriorem crystallini superficiem | in Vitreum egressi, 172
cuius est medium rarius medio crystallini, refringuntur à perpendicularibus, in superficiem per puncta refractionum ductis, quare fit vt refracti coëant versus axem; itaque terminantur breuiore et obtusiore cono, quàm fuerat is, quo hactenus peruenerant. Coëunt igitur denique omnes hi radii ab vno puncto visibili in punctum planè vnum, quod est ipsissimum centrum et extremitas nerui optici, quo is loco retinae connectitur. Nam ad hanc crystallini densitatem, et futuram harum refractionum magnitudinem, Natura est dimensa spatium humoris vitrei, crystallinum inter et retinam.

Atque haec demum est distinctissima visio, cum vniuersa eiusdem puncti lux, quantacunque sparsa est per amplitudinem coni, à foramine vueae admissi, duabus refractionibus, alterâ in cornea, alterâ in posteriore crystallini superficie, cogitur, et vnicum retinae punctum, ipsissimum nempe orificium nerui, facultatem visoriam seu spiritum vehentis, fortissimè illustrat, adque id punctum nulli alii ab vllo alio lucente puncto radii allabi possunt, beneficio nigroris et opacitatis vueae, angustiae foraminis, ciliarium processuum, et caeterorum, de quibus paulò post dicetur.

Caeterum quod hactenus nobis fuit propositum visibile, id punctum fuit, non corpus: quare partes non habuit, neque distincta dextra à si-

3) discensuque

nistris, supera ab inferis. Neque verè visibile sed elementum, seu magis terminus rei visibilis: vti et ipsa puncti visio, hactenus explicata, non est accipienda pro consummata visione, sed pro quodam visionis elemento. Nam vt in re visibili sunt multa puncta, ita et multa rei illius visionis quasi elementa. Manetque 19. tertii VITELLIONIS nihilominus: nihil videri, nisi cuius sit aliqua magnitudo proportionabilis. Sit ergò punctum aliud iuxta prius et directè oppositum, declinans ab eo ad dextram. Illud igitur punctum corneam ipsum quoque illustrabit, et subiectam Iridem, eiusque foramen intuebitur ex obliquo. Itaque radii per foraminis circulum intromissi, speciem exhibebunt coni scaleni, qui secabit conum rectum prioris puncti in foramine vueae, et post sectionem intra vueam concedet in partes sinistras, illustrans partem quidem superficiei crystallini à priori etiam [1] illustratam, partem verò à priori puncto non illustratam, sed sinistriorem; et fit penè idem, quod supra cap. 2. demonstrauimus in clausa camera fieri. Nam pupilla est fenestrae loco, crystallinus loco oppositae tabulae: nisi quòd ob pupillae et crystallini propinquitatem hic nondum facta est plenaria intersectio; quare confusa adhuc omnia. In anteriorem igitur superficiem crystallini, conus hic sinister factus, incidens, refringetur versus conum rectum, obliquus tamen nihilominus crystallinum traiicit, tantoque rectius impingit in superficiem hyperbolicam crystallini, vbi iterum sed parùm versus conum priorem directum refringetur, quare minus quidem in vitreo discedet à priori cono directo, quàm in crystallino, sed tamen discedet, et sic ad sinistrum parietem retinae allabetur. At ne turbaretur hemisphaerii ratio, si puncta foris in aëre, ex centro oculi sibi mutuò opposita, triplici refractione, à corneae et crystallini superficiebus factâ, deflecterent ab oppositione, et tanquam ab angulo in profunditatem oculi defluerent, sicque sese in portionem retinae minorem hemisphaerio colligerent; Natura egregiam rationem inuenit, statuto centro retinae, non in concursu axium conorum, qui vitreum humorem peragrant, sed longè intra, et limbo retinae admoto à lateribus, vt ita coni longiores, qui plus diuaricantur, rectas et ideo breues partes retinae interciperent, qui verò breuiores, minus diuaricantur ad latera retinae, ii retinae obliquè obiectae magnas portiones exiguo angulo distinguerent, punctorumque ex opposito radiantium, refracti non oppositi, in opposita nihilominus retiformis puncta inciderent, et sic fieret compensatio. Adeoque si denique à punctis hemisphaerii rectae ducerentur per centrum retinae et vitrei humoris, illae puncta suae ipsorum picturae in opposita retina signabunt. Nisi hoc fieret, quantitas rerum à latere visarum indistinctè, semper variaretur cum oculi conuersione, vt fit cùm perspicilla oculis

1) inferiis

admouentur. Nam haec, quamuis oculo immobiliter adhaerentia, si cum eo circumferantur, repraesentant ea, quae quiescunt, cum aliquo motu, propter variatam hemisphaerii quantitatem apparentem à lateribus.

Porrò hic operae pretium est considerare, quantum inter di|rectam 174
et lateralem visionem intersit. Primum directae visionis conus à sola vuea coërcetur, quare totus in cornea est, obliqui coni aliqui à cornea ipsa destituuntur. Possent enim ratione vueae latiores esse: itaque malignè lucem admetiuntur retinae. Directus conus est circularis seu rectus, obliqui sunt pressi seu scaleni. Directi coni axis non refringitur in cornea, obliquorum axes refringuntur in illa: Directi coni omnes lineae sunt in crystallinum propemodum perpendiculares, obliquorum nulla. Directus aequaliter secatur ab anteriore crystallini superficie, obliqui inaequalissimè, quia quo deuexior crystallini anterior superficies, hoc profundius conum obliquum secat. Directus Hyperbolicam crystallini superficiem seu vmbonem circulariter et aequaliter secat, obliqui inaequaliter. Directi coni omnes radii colliguntur ad vnicum retinae punctum, quod capitale est in hoc negocio, obliquorum conorum lineae non possunt planè omnes colligi, ob praemissas hîc causas: quare pictura fit confusior. Directus collimat ad centrum retinae medium, obliqui ad latera. Directus rectâ incidit in retinam, laterales obliquè, quia iam modo dictum, centrum retinae esse infra sectionem, quam facturi fuerunt axes conorum, qui sunt in humore vitreo. Denique virtus sensoria, seu spiritus per neruum infusus, illic, vbi retina directis conis obiicitur, est collectior et fortior, et fontis et orbis ratione: ab eo puncto cum ipso retinae sphaerico diffunditur, et à fonte discedit, quare et debilitatur. Atque vt in infundibulo, et in reti piscatorio cum sacculo, quae supra fuêre retinae similitudines, omnia latera deflectunt vel humorem vel pisciculos in canalem seu sacculum: sic retinae latera sensus sui modulum non pro se vsurpant, sed quicquid possunt, ad directae visionis perfectionem referunt: sc. tum demum rem perfectè videmus, cùm eam cernimus cum omnibus hemisphaerii circumstantiis. Quapropter, obliqua visio minimè satisfacit animae, sed solùm inuitat ad detorquendos illuc oculos, vt directè videantur. Itaque interpretanda est propositio 17. tertii VITEL. Nam per solam perpendicularem nihil distinctè cernitur. At per omnes radiationes eiusdem puncti (à quo perpendicularis per centra foraminis et humorum duci potest) collectas in ipsum centrum foraminis nerui (per 29. tertii VITEL.) omninò directa et explicata seu distincta fit visio. |

Est itaque retinae color, neque tenebrosus seu niger, ne colores rerum 175
tingeret, neque planè candidissimus, ne claritatem nimiam vitreo infunderet, et ne, quae super hunc alba et lucida repraesentantur, im-

moderata proportione obfuscent tinctiora. Vide corol. ad 30. et 31. prop. c. 1. Figura retinae plus est quam hemisphaerium. Primum quia hemisphaerium esse oportuit, ad proportionatam rebus picturam recipiendam, vt iam dictum: reliquus verò limbus vsque ad ciliares processus est continuatus, vt infarctu vitrei globi, retineretur retina distenta, collo iam angustiore facto, quàm ventre. Nuspiam n. alligari potuit ob teneritudinem et subtilitatem spiritus visorii: cui etiam canali opus fuit in neruo, contra reliquorum neruorum naturam, ne substantiam quidem nerui sustinenti. Nam si non plus hemisphaerio occupasset retina, corrugari et ad nerui nexum facilè potuisset recurrere. Ac etiam hiatum necesse fuit compleri ab hemisphaerio vsque ad ciliares processus: fuisset igitur hoc aut à choroide praestandum, aut à vitreo. Pulchriùs verò id fieri à retina. Sed neque cessare videtur iste limbus à videndi functione. Quamuis n. conorum per crystallinum formatorum nullus ipsum contingat: videntur tamen in hoc ipsum formatae rimae ciliarium processuum, vt lux à lateribus quadamtenus ingrederetur per ciliares processus et à retinae isto limbo abundante exciperetur. Etenim recta ab extremitate corneae, per propiorem limbum foraminis vueae ducta, ferè incidit in commissuram crystallini cum ciliaribus processibus, per oppositum foraminis limbum ducta, tangit ferè ortum ciliarium processuum ex vuea. Atque hoc machinamento videtur natura obtinuisse, vt plus quàm hemisphaerium cerneremus, immotis oculis: omninò quantum per hirquum admittitur, oculo minimè reflexo. Parum equidem abest, quin auriculas ipsas, praesertim si longiores fuerint, intueri possis oculo vicino. Vidi saepè et miratus sum, et Solem et vmbram meam, quasi vterque in anteriora vergerent, nec opponerentur. Hanc cautionem natura videtur tutelae oculorum adhibuisse, vt quae à camera non auerterentur, qua patere illam oportuit, illa propinquantia statim in conspectum venirent, quorsumcunque intento oculo. Nam qui totum animal custodit: quin non et sese diligenter custodiat, et hoc munus sui corporis curae tribuat. [1]

176 Vitreus porrò pelliculam obtinuit, ne humectatione neruum seu retinam eneruaret, et flaccescere faceret; neue anteriori parte per rimas ciliarium processuum cum aqueo confunderetur. Differre illum oportuit densitate à crystallino, adeoque et ab aqueo, causâ refractionis. Nisi enim rarior esset crystallino, non colligerentur radii à perpendicularibus suis ad coni cuiuslibet axem. Quodsi et densior vitreus aqueo, quò densior, hoc profundiùs descendere poterunt, qui per ciliares rimas ingrediuntur, et extremis conis per crystallinum conformatis appropinquabunt.

1) corrol. 17) abundantè

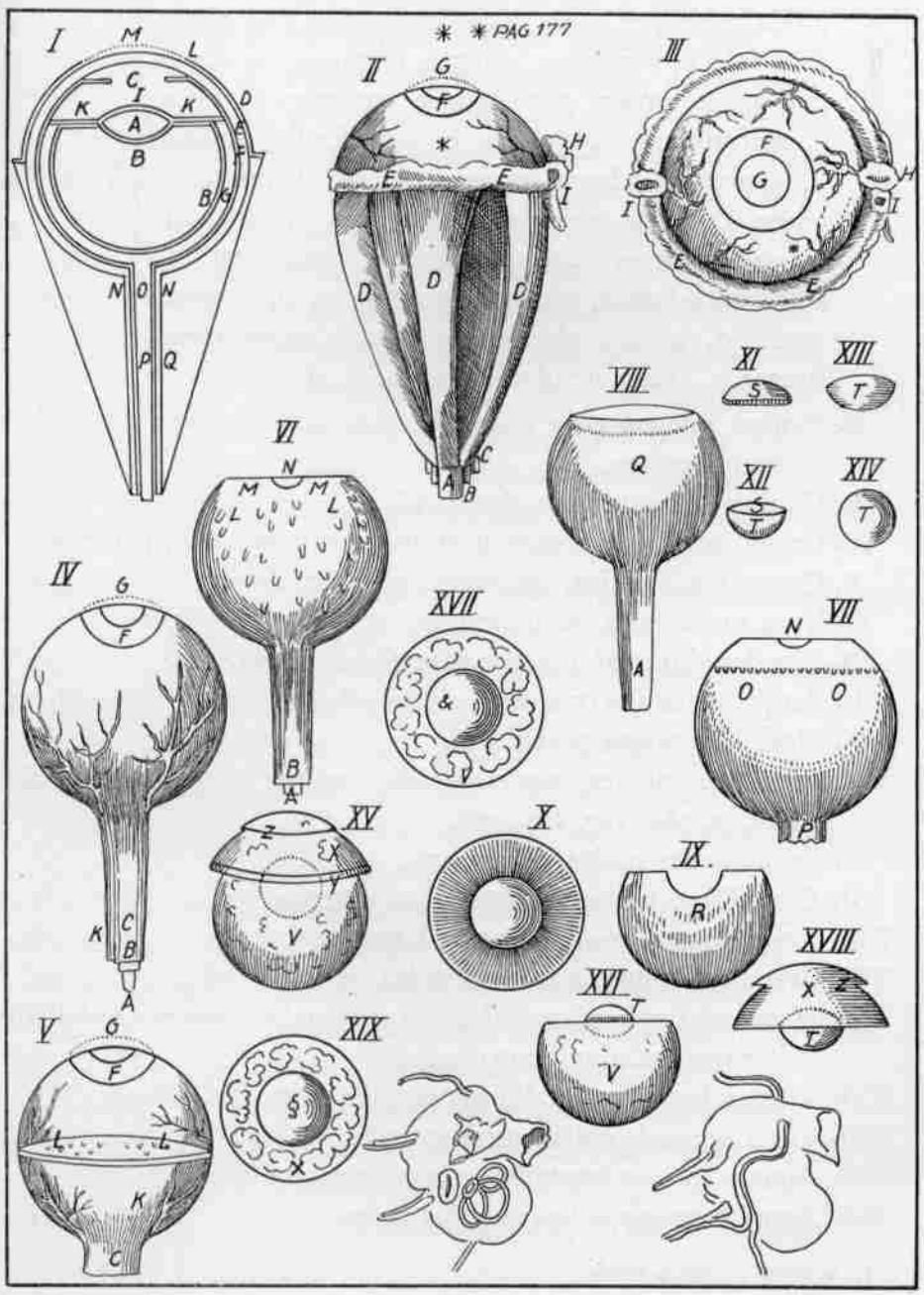
Crystallinus iam tuniculam est nactus, ne, mollis cùm sit, cum aqueo confunderetur. Minor autem est, quàm vt latera retinae tangeret, vt hoc diastemate radii conorum colligerentur ad punctum. Quare et stabiliri et connecti nutrimenti causâ debuit, per ciliares processus choroidi annexus. Qui nigri sunt vndique, ne illustrati claritatem facerent: conferti, vt inferior vitrei camera, quod par fuit, obscura esset, neque vitreus illustratus species dilueret, quem ad vsum proculdubio motum obtinebunt sese inflandi, turgefaciendi in clara luce, et extenuandi in maligna, vt vuea. Et hyperbola quidem vel ei cognata figura est in posteriori parte crystallini, vt qui inter hyperbolam deorsum tendunt eiusdem recti coni radii conuergentes ad idem punctum, ii ad idem sed breuius distans punctum colligerentur: quod non in alia figura fieri posse infra demonstrabitur. Gibba verò est superficies anterior crystallini, vt quò obliquius foramen vueae obiicitur puncto radianti; hoc deuexius haec superficies à cono scaleno secaretur, itaque seruaretur aequalitas interceptae à cono quantitatis, quantum fieri posset: vtque omnibus in cornea (ab eodem certo puncto venientibus) refractis, et in idem punctum post refractionem tendentibus perpendiculariter subiiceretur: planè circularem, seu sphaericam esse statuo hanc anteriorem crystallini superficiem.

Vuea tota cum ciliaribus processibus, adest tantum ad obscuritatem inducendam, ne lux nimia sit molesta. Ad speciem seu picturam formandam nihil confert, neque si conferret, vnquam | illam absolueret 177
et perficeret, cùm foramen nimis sit amplum, pro oculi angustia. Imò in tenebris constitutis dilatatur triplo laxius, quàm in luce Solis, vt in tenebris quidem maiorem partem superficiei crystallini detegat, quò plus lucis tam debilis per crystallinum ad idem punctum collectum (quae collectio ad idem punctum à crystallino fit sine ope foraminis) sensum tantò euidentius moueat: in luce verò angustior est, vt plus lucis excludat, ne tàm fortis lux sensum laedat. Itaque situs foraminis huius ibi est, vbi est intersectio radiorum, causâ ipsius crystallini existens. Quamuis haec intersectio non fiat in puncto, sed in longissimum conum spargatur, ob circularem crystallini superficiem. Situs igitur foraminis fit basis huius intersectionum coni. Nam inter hoc foramen et crystallinum nulla est intersectio, et si quid ibi esset visui expositum, videretur euersum et confusum. Intus vuea est aspera, ne leuis si esset, repercussum efficeret radii ex crystallini superficie in se repercussi. Tota nigra, etiam quâ retinam complectitur, substantiae similitudine. Nutrimentum enim, quo anteriora nigra fieri debuere, per choroidem transitum habet. Nisi forte et retina perspicuitatem habeat, haecque nigra illam terminet.

Aquei humoris necessitas fuit ad cameras implendas, et refractionem in cornea factam continuandam, vt vna esset vsque ad crystallinum.

Cornea tunica et ipsa videtur esse portiuncula sphaeroidis, vt qui in anteriorem crystallini superficiem incidunt perpendiculares, ad vnum punctum coire possint. Nihil tamen impedit, et corneae perfectam esse rotunditatem, vt infra dicetur.

* *



Vt lectori consulerem, cui tabulae anatomicae non sunt ad manus, visum est, hic adiicere exemplum tabulae 49. Cl. Viri FELICIS PLATERI*: quod consilium vtinam statim in principio laboris incidisset, sic enim et textum accommodassem. Explicatio literarum et notarum non alia fuit addenda, quam ipsius* PLATERI*: allegationes solum mei textus addidi.*

Figurae sunt 19. nam duas vltimas (auditus organorum) sculptor iniussus adiecit.

I. Oculi membranarum et humorum ad veri oculi imitationem per lineas ductas expressio. Vbi, a, Crystallinus; b, vitreus; c, aqueus, humores; d, adnata tunica; e, opaca pars crassae tunicae; f, vuea; g, retiformis; h, hyaloides; i, crystalloides, tunicae; k, processus ciliares vueae tunicae; l, impressio vueae à crassa tunica abscedens; m, cornea pars crassae tunicae; cuius protuberans conuexitas, ab aliis animaduersa, punctis signatur; n, n, musculi oculi; o, neruus visorius; p, tenuis nerui membrana; q, crassa nerui membrana. p. 163. } Vide 168.

II. Oculus integer cum musculis, è caluaria erutus, à palpebris tantum liberatus.

III. Oculi globi anterior sedes. p. 163.

IV. Crassa oculi tunica cum portione nerui optici. p. 161. 163.

V. Crassa oculi tunica, transuersa sectione diuisa.

VI. Vuea tunica cum portione nerui optici. p. 165. 176.

VII. Eiusdem inuersae interior superficies. p. 165. 177.

VIII. Retiformis tunica cum nerui visorii substantia. p. 163.166.168.175.

IX. Hyaloides tunica. p. 167. 176.

X. Processus ciliares, per hyaloidis tunicae anteriora radiatim sparsi. p. 166. 167. 175. 176.

XI. Crystalloides tunica. p. 167. 176.

XII. Crystallinus humor, tunica adhuc intextus.

XIII. Crystallinus humor nudus, à latere positus.

XIV. Crystallini humoris anterior sedes. p. 167.

XV. Humores tres oculi simul iuncti, aqueus, vitreus et crystallinus obiter tantum adumbratus. p. 167.

XVI. Vitreus humor crystallinum continens. p. 167.

XVII. Vitrei humoris solius anterior sedes.

XVIII. Aqueus humor crystallino superfusus. p. 167. 177.

XIX. Aquei humoris solius anterior sedes.

17) p, crassa 18) q, tenuis

a. in II. IV. VI. VIII. Neruus visorius seu opticus. p. 172.
b. in II. IV. VI. Tenuis, neruum inuestiens, tunica.
c. II. IV. V. Crassa, neruum obuoluens, tunica.
ddd. II. Musculi oculorum vnius lateris. p. 161. 164.
ee. II. III. Adnatae tunicae pars, palpebris subtensa. p. 164.
* II. III. Illius pars expansa, venis intexta. p. 164.
f. II. III. IV. V. Fuscum seu Iris oculi, quam album ambit. p. 163. 165.
g. II. III. IV. V. Nigrum seu centrum oculi, in medio Iridis. p. 165.
Nota, in II. IV. V. ad literam g. arcus punctis signatus, ab Iridis extremitatibus consurgens, et minoris circuli portio, quàm est globus oculi, à me additus est ex obseruatione aliorum, notatque corneae protuberantiam, qua ex albo emergit. p. 164. 177.
h. II. III. Caruncula in interno oculi angulo. p. 161.
i. II. III. Foramina lacrymarum.
k. IV. V. Vasa per crassam membranam dispersa. p. 164.
l. l. V. VI. Fibrae, quibus vuea tunica crassae nectitur. p. 165.
m. m. VI. Impressio vueae, qua à cornea abscedit. p. 165.
n. VI. VII. Foramen vueae seu pupilla. p. 165. 177.
o. o. VII. Processuum ciliarium initia. p. 166.
p. VII. Principium vueae, ex tenui tunica dilatatae. p. 165.
q. VIII. Amplitudo retiformis tunicae vltra medium oculi protensa. p. 166. 173. 175.
r. IX. Sinus hyaloidis tunicae, crystallinum humorem suscipiens.
s. XI. XII. Latitudo crystalloidis tunicae. p. 167. 168.
t. in XII. XIII. XVIII. Pars crystallini humoris posterior sphaerica (vt alii, protuberans in conum, vt ego explico hyperbolica). p. 167. 176.
in XIV. XVI. Eiusdem pars anterior depressa. p. 167. 176.
v. XV. XVI. Amplitudo vitrei humoris. p. 167. 169.
x. XV. XVIII. XIX. Amplitudo aquei humoris. p. 167.
y. XV. Sedes qua vitreus humor ab aqueo, interueniente tunica hyaloide distinguitur. p. 167.
z. XV. XVIII. Sedes, qua vuea in aqueo humore innatat. p. 167.
&. XVII. Cauitas vitrei humoris, quae exempto crystallino remansit.
§. XIX. Cauitas aquei humoris, ob eandem causam.

1) VIII fehlt 22) dilatata.

3. *Demonstratio eorum, quae circa modum visionis de crystallino dicta sunt*

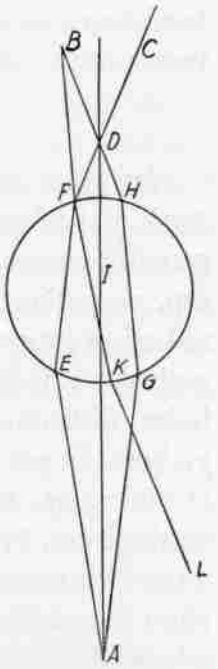
Quaecunque ferè hactenus de crystallino dicta sunt, eorum vulgaria passim cernuntur experimenta in pilis crystallinis, inque vitris vrinariis limpida aquâ repletis. Etenim si quis cum huiusmodi globo crystallino vel aqueo contra fenestram vitream stet in | conclaui aliquo, adhibeat- 171
que albam papyrum post globum, semidiametro globi à margine globi remotam, fenestra vitrea cum intextis ex ligno et plumbo canalibus, vitrorum limbos obeuntitibus, clarissimè pingitur super papyrum, euerso tamen situ. Idem faciunt res caeterae, si paulò plus obtenebretur locus; adeo, vt globo aqueo in cameram, quam supra descripsimus cap. 2. p. 7. illato, et fenestellae opposito, quaecunque per amplitudinem fenestellae seu foraminis possunt ad globum pertingere, omnia clarissimè et iucundissimè in opposita papyro per crystallinum depingantur. Cumque in vnica hac remotione (nempe semidiametri papyri à globo) pictura appareat, ante et post fiat confusio; fit tamen planè contrarium applicato oculo. Nam si oculus constituatur post vitrum semidiametro globi, vbi prius distinctissima erat pictura, iam maxima existit confusio rerum per vitrum repraesentatarum. Vitrum enim aut totum lucidum, aut totum rubeum, aut totum tenebrosum etc. apparet. Si propior fiat oculus globo, cernit oppositas res erectas et magnas, vbi super papyro confunduntur, sin recedat à globo longius semidiametro globi, comprehendit res distinctis imaginibus, euerso situ, et paruas, et in ipsa globi superficie proxima haerentes. Prius verò papyro ibi sitâ, euanuerat planè pictura. Haec omnia fiunt circa globum aqueum, propter refractiones et figuram, eò quòd conuexitas aliqua insit figurae. Cùm igitur et crystallinus è conuexis sit, et densior circumstantibus humoribus; vt aqua in vitro densior est aëre: igitur quaecunque de globo aqueo in hunc modum, et his mediis vsi, demonstrauerimus, eadem et de crystallino probata erunt, reseruatis ei priuilegiis suis ob certam conuexitatis figuram, discrepantem à conuexitate globi. Accedamus igitur ad demonstrationem eorum, quae contingunt circa globum crystallinum seu vitreum.

PROPOSITIO I. PROBLEMA

Locum imaginis vulgatâ via inuenire, re per globum medii densioris inspecta vtroque oculo. Sint E. F. H. G puncta in globo medii densioris, A punctum visibile, B. C oculi, et I centrum sphaerae loco intermedio. Sintque F. H puncta refractionum ad oculos. E. G puncta refractionum ad rem visibilem in A. Primum si E est punctum refractionis, et EF sit | radius 171
refractus ab AE. Tunc A. E. F. erit vna superficies per 2. definitionem

35) spherae

tertii capitis. Sed per 16. eius, AEF superficies est perpendicularis super globum, hoc est, transit per I centrum. Ergò AEFI sunt in vna superficie. Quod si F est punctum, in quo EF refringitur in FC. et per FC venit ad alterum oculum in C. per eadem igitur EFCI erit vna superficies plana. Cumque AEFI. et EFCI superficies habeant communem partem EFI superficiem: ergò AEFCI sunt in vna superficie: et AI continuata, in D sectionem cum FC incidet. Eodem planè modo demonstrabuntur B oculus alter, et DHGAI in vna esse superficie. Ergò D in vtraque est superficie, quare BH et CF secant se mutuò in D. Itaque D est locus, in quo per vtrumque oculum spectatur imago rei seu puncti visi A. per 17. tertii capitis.



PROPOSITIO II

Visus ad multùm propinqua aegrius respicit, quàm ad remotiora. Dictum enim est, in visione rerum propinquarum contorquendos esse oculos. Contortio est praeter naturam, quae oculis situm parallelum tribuit. Quare sequitur fatigatio, et à minori contortu minor fatigatio. Hinc cogitabundi dinoscuntur facilè ab omnibus: notam tamen intelligit nemo. Est autem haec, quòd oculorum musculos remittunt, quò minus ad res proximas contorqueantur. Tunc igitur recurrunt ad situm parallelum.

Cogitabundorum gestus.

PROPOSITIO III

Visus ad euidentia rapitur, tenuibus et vanescentibus malignè allicitur. Quod experientia testatur, visus proprietas coarguit Nam ideò datus est, vt moueretur à luce, à forti igitur mouebitur fortiter. At moueri à luce, est videre. Quare qui prius ad debilem lucem respexerat, oriente fortiori luce ab eadem regione; eandem consectabitur, priorem amittet.

Vel per 28. primi capitis, cùm fortia oculum immoderatè collustrent, latebit debilior collustratio sub ea. Visus verò sequitur collustrationis rationem. [1]

180

PROPOSITIO IV

Tenebrae dant hospitium imagini, oriente verò ex illa imaginis plaga fortiori luce, perit imago. Nam imago est partim intentionale ens, visus opus. Pereunte itaque videndi actu, perit imago.* Perit verò actus videndi cum his conditionibus per praemissam. E contrario, cùm locus seu materia

tenebrosa est, circa plagam imaginis: fortior itaque lux imaginis per praemissam, videndi actum causatur.

PROPOSITIO V

Ante pilam seu globum aqueum nullus est locus imagini rei post pilam latitantis. Experientia confirmat. Quaerendae igitur fuêre causae. Nam hac propositione quidem non tantùm corrigitur, quod I. B. PORTA libro 17. cap. 13. pollicetur, *pila crystallina facere, vt pendula imago in aëre videatur*, sed etiam propositioni primae huius derogatur. Igitur cùm locus imaginis per 1. huius sit propior oculis, quàm globus aqueus: ergò per 2. huius, difficilius oculi contorquebuntur ad locum imaginis, quàm ad globum. Et per 3. huius rapientur oculi ad globum, cuius lux est fortior et euidentior, quàm radii rei per pilam ad punctum seu locum imaginis pertingentes. Per 4. igitur huius: Lux à globo aqueo, illustrans locum imaginis interpositum, dispellit imaginem, nouo sui videndi actu elicito. Hinc PORTA titubans: *Si visibile*, inquit, *fuerit maximè visibile, vt ignis, vel candela, res sine difficultate, et clarior videbitur.* Ergò quae non sunt ignis, difficillimè, fatente PORTA, in vsitato imaginis loco cernuntur. Quid multis? Hae sunt Opticorum conclusiones ex insufficienti et non vniuersali demonstratione, de loco imaginis profectae. Quorsum pertinet et illa, quae PORTA capite 10. praecedenti docuerat, *Lente crystallina conuexa imaginem in aëre pendulam videre.* Ratio enim propemodum est eadem. Propterea addit: *Si papyrum obiicies, clarè videbis, vt candela accensa super papyrum ardere videatur.* Nempe malignè et vix videbitur imago, fatente PORTA, in ipso nudo aëre. At si papyrum obiicias, si inquam interponas papyrum inter lentem et visum, (nam hic PORTA mecum adhuc de imagine loquitur, nondum de pictura, de qua verum hoc est, vt infra patebit), iam non pendula in aëre, | sed fixa in papyro videbitur imago. Papyrus enim euidentiùs feriens oculos, stabilit illos in loco imaginis, vt contorqueri eo possint. Et tamen quia tùm papyrus clarior imagine, papyrus praecipuè videbitur, imago secundariè. Non enim solae mathematicae dimensiones imaginem creant, sed etiam et multò magis colores atque lumina et physicae causae, de quibus 2. 3. 4. pr. huius cap. Si conuoces oculorum acies in vnum, nempe in ante inuestigatum locum imaginis, qualiter is prop. 1. huius descriptus est, apposita in propinquo re insigni: tunc oculi ad rem hanc coëuntes, videbunt et imaginem imperatam secundariè. Alia etiam magis subdola cautio per 4. praemissam adhiberi potest, cuius experimentum vidi Dresdae in Theatro artificiali Electoris. Sed quod ego demonstrationibus imbutus videre me affirmabam, caeteri negabant. Itaque non consilio custodis, sed casui tribuo. Discus in medio crassior, seu lens crystallina, pedis diametro,

stabat in ingressu camerae clausae contra fenestellam, quae vnica patebat, declinantem parùm ad dextram. Dum igitur oculorum acies tenebrosam capacitatem pererrant, fortuitò, et in locum imaginis incidunt, propiorem quidem quàm erat lens. Cum itaque lens malignè illustraretur, oculos non admodum alliciebat. Sed neque parietes trans lentem admodum erant conspicui; quia in multis tenebris. At fenestella et circumstantes res, quae multa luce fruebantur, post lentem latentes, claram sistebant in aëre (me inter et lentem) sui imaginem. Primo itaque nictu cernebam aëriam hanc imaginem, at repetitis obtutibus, paulatim minus atque minus. Possunt amplificari ludi. Nos hic euidentiora et promptiora proponemus, ad institutum scilicet accommoda.

PROPOSITIO VI

Imagines rerum per globum aqueum visarum vno oculo haerent in ipsa superficie propiore aquei globi. Cùm hoc ab experientiâ confirmetur, plurimùm confirmat fidem meae demonstrationis de loco imaginis supra cap. 3. propositae. Nam destituitur visio societate oculorum, altero solùm adhibito. Quare locus in perpendiculari, planè erit ab hac societate oculorum. Hic propositum ex 5. et 3. [182] praemissis euinco. Cùm enim oculum inter et globum nullus occurrat locus imagini aptus, primus globus est, qui luce sua oculum retinet, luce verò eâdem, quâ et imago, constat. Quare per 3. praemissam et globus et imago eodem videndi actu spectabuntur.

PROPOSITIO VII

Imagines rerum per globum aqueum visarum vtroque oculo confusae et geminatae apparent, vt plurimum. Hoc experientia confirmatum nunquam fieret, si PORTAE experimenta modo allegata sine vlteriori cautela consi- [f] sterent, aut citra omnem limitationem vera esset 47. decimi VITELLIONIS. Probo sic propositum. Nam per 5. locus imaginis vsitatus, pro vtroque oculo adhibendo, vtplurimùm ineptus efficitur. Ergò per 6. cuilibet oculo imago haerere videtur in superficie globi. Quod si superficies globi esset locus imaginis vsitatus pro vtroque oculo, (vt in nonnullis mediis fieri possibile est) tunc vtroque oculo vna et eadem cerneretur imago. Atqui hic ponitur locus iste, in quo vtroque oculo eadem imago cernitur, propior visui, quàm globus; necesse est ergò geminari imaginem, et confundi visum, propterea quia eodem intuitu idem quidem vitrum directè cernit, at simul eâdem luce, quâ vitrum, cernit et imaginem altero oculo directè, altero indirectè. In superiori schemate, cum D locus imaginis puncti A esse debuerit, vtroque oculo B. C.

spectante, neque possit figi visus in D. quia FH res est euidentior: accidit igitur, vt visu in alterum refractionis punctum F translato lineis CF. BF. videatur quidem F punctum legitimè, sed duabus lucibus, alterâ ex A. lineis AE. EF. FC in C oculum, alterâ lineis LK. KF. FB in B oculum veniente. Propterea visus insuetus duas diuersas res A. L directè (per refractionem) intueri, directo vtroque oculo in punctum F. certificatur quidem de F. confunditur verò circa AL imagines. Nam manente sic visu, et directo oculo B in BF. punctum A per AG. GH. HB lineas lateraliter ingreditur B oculum: directè verò erat ingressum C oculum. Quare videns visus punctum A altero oculo directè, altero indirectè, iure existimat, se videre duas res. Quod si visus nec in F. nec in H dirigatur, scilicet in locum intermedium, tunc[1] is globi locus directè quidem videbitur, vtrinque verò imago aliqua indirectè.

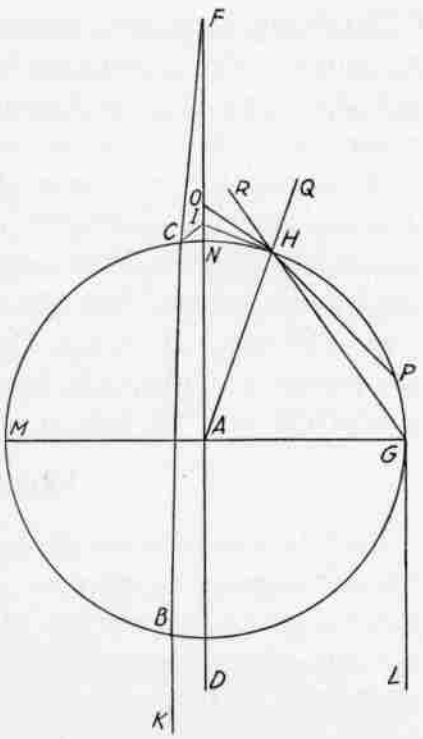
Quî fiat, vt geminata res aliqua appareat.

Hîc propter schematis opportunitatem, quamuis extra oleas, adiicio demonstrationem eius, quod ARISTOTELES sectione 31 problemate 11 et 17 quaerit. Quomodo cùm vterque oculus ab eodem principio sit aptatus, tamen insit oculis facultas vnam rem pro gemina aestimandi: citra etiam considerationem globi aquei aut speculi caui? Respondeo, concurrere dualitatem oculorum, et distinctionem directae visionis ab obliqua seu obliquarum ab inuicem per diuersas superficiei partes. Sit in praecedenti figura FH paries; oculi B. C. quorum acies in vnum parietis punctum dirigantur, id sit F. intermedio loco collocetur visibile, cuius species est geminanda, id sit D. Cùm igitur FC sit axis oculi C continuatus, D apparebit oculo C in linea axis. Et cùm FB sit axis oculi B continuatus, BD verò sit linea alia quàm axis, D apparebit oculo B extra lineam axis in alia parte superficiei, ita pro diuersa collocatione in oculis diuersae species apparebunt. Ebriosis itaque et morbidis, et pueris senibusque, et quorum voluntarii motus impediti sunt, hoc accidit.

PROPOSITIO VIII

Radii ab aliquo puncto incomparabilis distantiae ad quaecunque puncta globi aquei allapsi, refractione gemina facta concurrunt cum axe, hoc est, cum linea, quae ex puncto radiante per centrum globi ducitur. Sit A centrum BC globi aquei, axis DAF: Sit punctum radians versus D distantiae ad globum incomparabilis. Ergò lineae à puncto illo ad quodcunque punctum sphaerae ducti, insensibiliter different ab[1] aequidistantibus axi DAF. Sint puncta B. G. lineae paralleli axi KB. LG. Dico concursuras cum axe DAF. Nam quia KB. LG. in sphaeram densiorem obliquè incidunt, refringentur ergò ad perpendiculares BA. GA. et KBC. LGH. fiunt binae

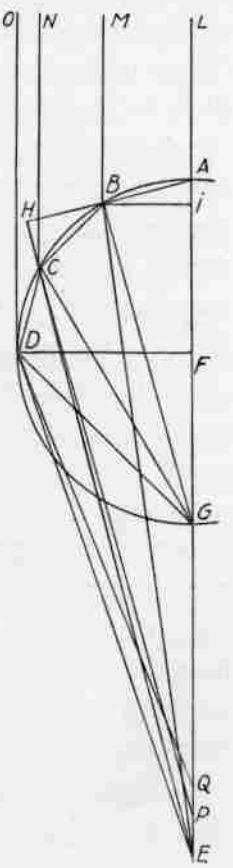
lineae, angulos in B. G. facientes. Ergò CB secat BK. quare et eius parallelum DA producta. Sic HG. secat GL. quare et eius parallelum DA. Et quia BC. GH concursurae cum AF exeunt in medium rarius, refringentur igitur à perpendicularibus AC. AH. ratione contraria, angulis verò iisdem, vt sint aequales KBC. BCF. sicut LGH. GHI. quia incidentiae B et C aequales sunt, vt et G. H. Vide prop. 9. decimi VITELLIONIS. Sed BC ipsa vt et GH secturae erant AF. multò igitur magis CF. HI. secabunt AF in F et I. quia plus in illud latus inclinantur.



LEMMA AD PROPOSITIONEM IX. SEQVENTEM

Cùm ab aequalibus circuli arcubus rectae ducuntur ad punctum extra circulum, inaequales sunt anguli ad punctum, ab aequalibus arcubus subtensi, et maiores, quorum arcus sunt diametro per punctum viciniores.

Circuli ex centro F sint aequales arcus AB. BC. CD. Et in AF diametro punctum E extra circuli circumferentiam. Connectantur A. B. C. D termini cum E. et cum F centro, et cùm G puncto superficiei, et inter se vicini, lineis AB. BC. CD. Dico AEB maiorem esse quàm BEC. et hunc maiorem quàm CED.



Propositum quidem facilè patet. Nam in F omnes anguli sunt aequales, inde versus G. remotiores ab EA. fiunt maiores: donec in G fiant iterum aequales per 21. tertii EVCL. ergò post G versus E minores fiunt, qui ab EA remotiores. Causa est inclinatio AB. BC. CD linearum aequalium, maior in remotioribus. Continuetur enim EC in H. et ex B in EA. EH. 185 perpendiculares ca¹dant BI. BH. Erunt CHB. BIA rectangula basibus CB. BA aequalibus. Dico primò EAB maiorem esse, quàm HCB. Probo sic: GAB et

GCB efficiunt summam 2 rectorum, per 22. tertii. Ergò GAB et complementum GCB ad semicirculum sunt aequales. Sed ECB maior est, quàm GCB pars. Ergò HCB complementum ECB minus est, quàm complementum GCB. hoc est, quàm EAB. Cùm igitur EAB maior sit quàm HCB. basibus rectangulorum aequalibus, ideoque rectangulis in eundem semicirculum quadrantibus, erit BI maior, quàm BH. Ergò rectangula BIE. BHE basi BE communi rursum in eundem semicirculum quadrabunt, eritque ideò BEA maior quàm BEH vel BEC. quia illi longior BI subtenditur, huic BH breuior. Eodem modo et DEC minor esse probabitur, quàm CEB. dummodò teneas GBE multò minorem esse quàm GCE. quia GE huic et rectiùs et propiùs obiicitur, quàm illi.

PROPOSITIO IX

Radii paralleli sphaeram aqueam ingressi, quò remotiores ab axe, hoc citiùs cum axe concurrunt. In schemate praemisso in A.B.C.D. puncta incidant paralleli axi AE. qui sint LA. MB. NC. OD. Et sint primò refractiones inclinationibus proportionales. Inclinationes hîc sunt LAF nulla, deinde MBF. NCF. et ODF horizontalis vel maxima. Et sit MB. refractione vnâ factâ in B. concursus cum axe in E. vltra globum, dissimulatâ iam refractione alterâ, quae fit in posteriori parte superficiei globi. Cùm ergò per lemma praemissum anguli ad E sint inaequales, aequales verò excessus inclinationum: Non poterunt anguli ad E respondere proportione incidentiis, hoc est, si BEA (vtpote complementum MBE ad semicirculum) est angulus iustus refractionis MB. tunc CEA non poterit esse angulus refractionis NC. quia inclinatio NCF dupla est ad MBF. CEA verò minor, quàm duplus BEA. Quod si et NC refractionis angulus duplus esse debet, augeri debet. Augetur verò ducta CP. vt secet EA axem ante E in P. Nam CPA interior aequalis est exterioribus CEP. ECP. Sicque maior quàm CEP vel CEA. Patet ergò, si proportionales essent anguli refractionum angulis inclinationum, | refractione vna factâ: 186
tunc ex parallelis, propiores perpendiculari, remotius cum ea concursuras, remotiores à perpendiculari, propiorem sphaerae facturas intersectionem.

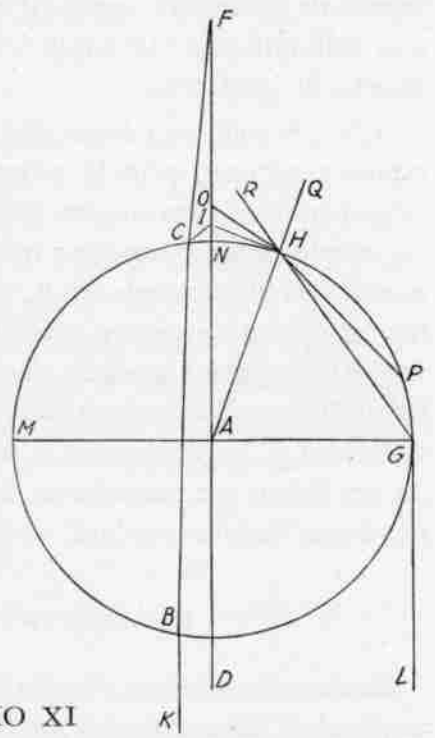
Iam verò, si gemina fiat refractio, accedat nempe altera in opposita parte superficiei, quod fit in illis mediis, quorum ita moderata est densitas, vt omnes radiationes post sphaeram demum cum axe coëant: tunc haec ratio duplicatur, quia per 9. decimi VITELLIONIS, refractionis anguli aequales sunt, siue ab aqua in aërem, siue ab hoc in aquam lux eâdem lineâ perueniat.

Denique quia refractiones non sunt proportionales angulis incidentiae, sed multò maiores anguli refractionum in plus inclinatis, quàm fert

modus incidentiae: Ergò rursum noua causa accedit, quae radiationes plus à perpendiculari distantes propius, quàm anteâ, cum axe colligat, radiationes verò propiores axi, longius à sphaerâ, quàm anteà, cum axe conuenire faciat.

PROPOSITIO X. PROBLEMA

Ad susceptum sphaerae punctum quodcunque radium alicuius puncti lucentis sic accommodare, vt refractus non concurrat cum axe ex radiante puncto per sphaeram ducto. Suscipiatur punctum H in schemate penultimo prop. 8. et ex H agatur recta quaecunque non per centrum A. secans sphaeram, sitque HG. ad quam inclinetur HI angulo iusto, quantum requirit incidentia refracti GH in superficiem sphaerae per p. 9. c. 4. Sit IHG. fiat ei aequalis HGL. et ipsi GL parallelus agatur per A centrum recta DA secans HI in I. Dico I punctum proiicere radium in H susceptum punctum, sc. IH. qui refractus in H. G. | 117 non concurrat cum AD. *Demonstratio patet ex antecedente, cuius haec est conuersa.



PROPOSITIO XI

Impossibile est eundem refractum in medio non densissimo à pluribus vnâ radiationibus ex medio rariore in idem punctum superficiei densioris concidentibus descendere.* Nam per pr. 8 quarti capitis, sic constituuntur anguli refracti ad omnes inclinationes, primùm crescit aliqua portio anguli refractionis cum inclinationibus: deinde, hac portione ab inclinatione subtractâ, residui secans idemtidem multiplicat portionem. Cùm ergò elementa quantitatibus differant, per diuersas inclinationes, composita quoque, seu angulos refractionum differre necesse est: quare diuersarum inclinationum, hoc est, diuersarum radiationum ad idem densioris superficiei punctum, diuersi, nequaquam verò iidem sunt refracti.

PROPOSITIO XII

Radii à diuersis ad idem densioris superficiei punctum venientes, secant sese in illo, et superioris radiationis refractus fit inferior. Quod si non: ergò sit

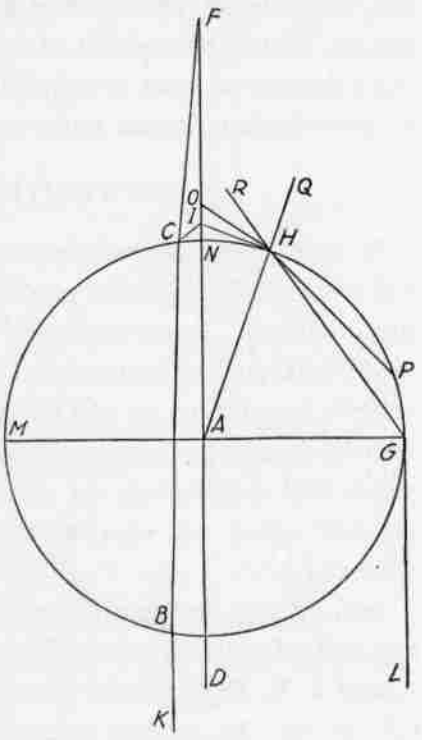
OH radiatio superior quàm IH. eiusque refractus HP. qui in HG competere non potest per praemissam. Sit ergò superior etiam HP. quàm HG. Sic vt IH in HG refringatur, et OH in HP. Continuetur etiam perpendicularis aliquo vsque in Q. Certum enim est QH dum subit aquam non refringi, sed concedere in HA. Ergò dum QH inclinatione factâ peruenit in OH. qui sub aqua HA peruenit in HP. Ergò illa alicubi inter Q. O. versante, haec inter A. P. versabitur, et in HG competet. Prius autem HG refractus erat ipsius IH inferioris quàm OH. iam alicuius superioris quàm OH. quod est impossibile per praemissam. Ergò OH non refringitur in HP supra HG. sed in aliquam infra HG. et in H puncto fit intersectio.

Aliter. Si enim non descendit OH infra IHG. sectione in H factâ; ergò omnes superiores, quàm IH refractos habebunt superiores, quia omnium est eadem ratio, cùm crescere refractiones cum inclinationibus probatum sit, et quò quisque superior, hoc erit superior et eius refractus. Continuetur GH aliquousque | in R. quia igitur RH superior quàm OH. refractus eius erit superior quàm HG. Sit HP. cùm igitur RHG sit recta vna, RH ingressus medium densius in H refringetur à perpendiculari HA in HP. quod absurdum est: debuit enim ad perpendicularem in densiori refringi. Ergò superiorum incidentium refracti non sunt superiores. At nec iidem per praemissam. Inferiores ergò. Itaque fit in H sectio: quod erat demonstrandum. | 111

PROPOSITIO XIII. PROBLEMA*

Punctum inuenire in axe extra sphaeram, quod terminet citimè radiationes in sphaeram, concurrentes cum axe.* In schemate pr. 8. Sphaerae BC sit axis FAD per centrum A. cui ad rectos ex A excitetur AG. et in G tangat circulum GL. Erit haec incidentia, vti illam supr. c. 4. nominabamus, horizontalis; refringatur igitur LG angulo refractionis horizontalis, quantum requirit medii densitas. Sitque LGH angulus iustus. Ei verò statuatur aequalis GHI. hoc est, circulum alia in H tangat, quae sit HI. secans axem AF in I. Dico hunc esse terminum radiationum cum axe concurrentium, hoc est, ipsum I. nullum amplius radium proiicere in sphaeram, qui refractionibus factis cum axe concurrat, multò minus, si quod sumatur punctum ipsi A propius quàm est I. At si sumatur punctum remotius ab A. quàm est I. ab illo omninò aliquas radiationes in sphaeram concurrere cum axe. Primum, quia IH. GL tangunt circulum, est ergò IH radiatio horizontalis; quâ inclinatior ex I non potest exire in sphaeram. Et quia GL parallelus est ad FA. non concurret igitur haec vltima radiatio puncti I cum axe. Educatur iam alia ex I in punc-

tum circumferentiae propiùs, quod sit C. et per 10. huius capitis conuersam, in C puncto recta CB sic secet sphaeram, vt ad hunc inclinationis modulum CBA. accommodati vtrinque anguli refractionum, seu eorum complementa ad semicirculum CBK. BCF faciant BK parallelum incedere cum FAD. Talis enim dispositio esse potest apud quodcunque punctum. Sit, inquam, talis dispositio. Ergò per 9. praemissam CF secabit DF in F remotiori, quàm HI. propterea quod posuimus C propius esse perpendiculari FA quàm H. vnde et B propius erat quàm G. [1] A duobus igitur punctis in aëre, quae sunt F et I. in idem aqueae sphaerae punctum existunt radiationes duae FC et IC. quare per 12. praemissam fit sectio radiorum in C. Et qui fuit interior IC. post refractionem et sectionem in C fit exterior. Cùm autem CB. BK iam desierint concurrere in illas partes cum FAD. multò minus igitur IC duabus refractionibus factis concurret.



Demonstratum igitur est, nullam radiationem ab I profectam concurrere cum IAD.

Sed neque ab vllo puncto cis* I concurrens radiatio proficiscetur. Rursum enim, quae est interior quàm IC aut quaecunque ex I. sectione in C facta latius euagabitur, quàm IC. Et cùm haec non concurrat, multò minus illa concurret.

Sumatur iam punctum quodcunque altius quàm est I. Sitque O. Dico aliquas omnino radiationes ex O concurrere cum axe. Rursum enim, ducatur OH radius in H punctum, quod terminat concursum radiationis ex quocunque puncto se citeriori. Ergò in H fit intersectio. Cumque IHGL sit terminus concursus ex I. et GL parallelos ad AD. OH interior factus, inclinabitur omninò, quare concurret. Id fiet omnibus ex O radiationibus à contingente sphaeram, vsque ad eam radiationem, quae ex O secundùm leges praemissae 10. ducitur. Quae verò ex F puncto cadunt intra CN. non concurrunt post globum. Seu quod idem est, nulla parallelos inter KB et DA concurrere potest cis F cum AF. Hinc apparet non vniuersalem esse 43. decimi VITELLIONIS. Quod quidem

1) capitis, conuersam in

non dissimulat sic concludens: *Sed et in his* | *multa est diuersitas, quam* 190
relinquimus studio perquirentis. Languent verò post tuam aetatem VITELLIO, haec studia, et ferè frustrà tempus perdunt, qui haec excitare conantur. Metuo namque vt tu, adeoque et ego nunc, plus operae et temporis insumpserimus in exarandis, gignendis et planè sculpendis hisce propositionibus, quàm vniuersi in legendis insumpturi sint.

PROPOSITIO XIV. PROBLEMA

In aqueo globo determinare loca intersectionum quibuscunque radiationibus axi parallelis. In schemate prop. 8. iam repetito cum LG tangit sphaeram in G. refractio horizontalis est per 8. pr. quarti capitis, 36½°. quare AGH residuus ad rectum est 53½°. Huius verò AGH. vel MGH ad superficiem duplus est MAH. quare MCH arcus, eius mensura est 107°. Et HG arcus 73° complementum ad semicirculum: NH verò excessus super MH quadrantem est 17°. Et quia HI tangit sphaeram, IA secans est NH arcus, sc. 104569. et NI 4569. vicesima circiter pars semidiametri AN.

Iam sit KB incidentia, seu inclinatio 10 graduum, ex VITELLIONE angulus refractionis 2°. 15′. Cùm ergò BAD est 10°. CBA erit 7°. 45′.* Et tantus ACB. Ergò arcus BMC 164°. 30′ et BAD addito 174°. 30′. Restat CN 5°. 30′. Et quidem si 2°. 15′. refractionem duplices, existet CFN 4°. 30′. Et CNF proximè rectus, vt ergò sinus anguli CFN ad 5°. 30′. seu subtensam 9596. sic sinus FCN 85°. 30′. ad NF. Quare sicut CFN paulò est minor, quàm CN arcus, sic AN semidiameter paulò minor prodit, quàm NF distantia sectionis, quae à graduum 10°. inclinatione monstratur.

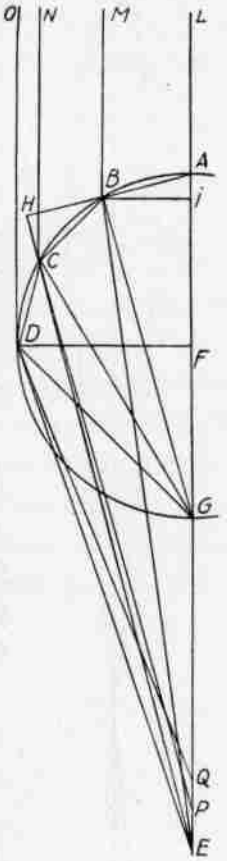
PROPOSITIO XV

Sectionum à parallelis cum axe factarum finis vltimus non longè abest à sectione radiationis, quae 10 *graduum obliquitatem obtinet.* Ipsum quidem punctum, vbi fieret vltima intersectio, geometricè designare desperaui: Quaeso te Lector, hîc me adiuues. Infinitè non distare constat. Nam per 8 huius, probaui, omnes axi parallelos gemina refractione facta concurrere cum axe. Cur autem non dispergantur longius haec puncta concursuum, sed conferta sint in fine, ac penè vnum plurimarum radiationum axi | vicinarum: qualitercunque demonstrabo ex propositione 9. 191
praemissa. Nam primum refractiones, vt prop. 8. 4. capitis demonstratum, planè insensibile est, quin proportionentur incidentiis propè perpendicularem in inclinatione paruâ. Quare refractio remotioris ab axe (proximae tamen per se) insensibiliter est maior quàm refractio propioris,

Dic quibus in punctis, et eris mihi magnus APOLLONIVS.

14/15) secans est. NH arcus

respectu suae incidentiae. In lemmate verò pr. 9. etiam CEB insensibiliter est minor, quàm BEA. Ergò refracti proximè repraesentantur in magna propinquitate, à lineis AE. BE. ad idem penè punctum concurrentibus et CP (proxima axi AE) insensibiliter superiùs secabit AE. quàm BE. sic vt P. E. sint proximè idem punctum.



PROPOSITIO XVI

Puncti, quod à sphaera longius remouetur, quàm vltimus intersectionum terminus, radiationes omnes, gemina refractione facta, cum axe concurrunt. Demonstratur ad modum 13. praemissae, et ex antecedenti: nec verbis opus est.

*HINC EXISTVNT HAEC COROLLARIA**

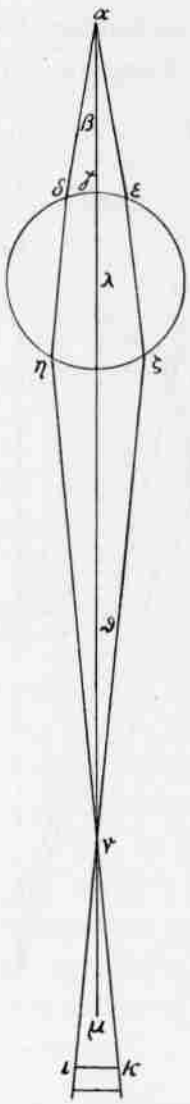
1. *Cùm infinitè distat punctum radians, termini intersectionum et globo, et sibi ipsis sunt proximi.*

2. *Cùm proximè vltimum intersectionum* (à parallelis determinatarum per 15. praemissam) *terminum accesserit punctum radians, termini intersectionum ab his nouis non parallelis puncti radiationibus factarum et à globo et à se mutuò longissimè discedunt.*

3. *Paralleli globum densioris medii dimetientes, refringuntur vtrinque, et cum axe concurrunt, terminis intersectionum aequaliter utrinque à globo distantibus.*

PROPOSITIO XVII

Si oculus vltra terminum intersectionum propositionis 15. à globo remoueatur, quicquid post globum vltra terminum vltimum intersectio[1]*num, quas hae oculi radiationes non paralleli faciunt, collocatur, eius imago euerso situ apparet in superficie globi.* Sit δεζη globus, centro λ. αλϑ axis, in eo β. γ termini intersectionum parallelorum, ϑ. μ.* termini intersectionum non parallelorum, sed earum radiationum, quae ex α veniunt, sitque α oculus, ικ res visibilis, ille remotior, quàm βγ. haec quàm νμ. Dico ικ visum iri euersam in δε superficie. Etenim, quia res est extra intersectionem, nulli igitur radii ad ικ extrema ex α venient, qui non inter ϑ. μ sint intersecti. Intersecent ii, qui extrema comprehendunt, sese in ν. et sint αδηνκ. αεζνι. igitur per 6. praemissam, ι putabitur in ε. et κ in δ haerere. Sicque extrema situ commutato apparent. At quia etiam quae inter ικ interiectae sunt partes, vltra μ remotae sunt, videbuntur radiis inter



αδ. αε intermediis et sese per 9. praemissam post ν secabunt, intra tamen μ terminum. Ita sese secantes, partes quoque interiores omnes euertent. Vt ita res tota euerso situ appareat.*

COROLLARIA*

1. *Patet hinc, oculo α longius etiam distante quàm γβ. si tamen να fuerit inter ϑμ. partim euerso situ (in extremis nempe) visum iri, partim (et in intermediis) situ recto: Et eandem etiam circularem, iuxta p. 43. decimi* VITELLIONIS: *itaque confusè.*

2. *Quod si sic manente oculo να sit etiam intra ϑ citimum intersectionis terminum, tota erecta videbitur.*

3. *Si verò oculus intra βγ sit, intersectionibus in infinitum excurrentibus, et aliquibus ex oculo radiationibus paralleliter refractis: Si tunc res in axe fuerit sita, et minor parallelorum distantia, videbitur erecta et euersa simul, siquidem remotior fuerit citima intersectione: Sin propior, erecta tantùm apparebit.*

4. *At si excesserit complexum parallelorum, vltra terminum tota euersa, medium erectum, et partim circulare apparebit.*

5. *Denique oculo et re cis terminos intersectionum existentibus ille parallelorum, haec radiationum oculi, res erecta et maximae quantitatis videbitur.*

PROPOSITIO XVIII

Sic habentibus omnibus, vt prop. 17. praemissa, mediae partes rei maiores apparebunt, quàm pro proportione, et curuae. Etenim radiationes ab α proximae axi parùm obliquè incidunt, angulo magno comprehensae, inde subitò obliquius. Parùm igitur in medio per multum spatii increscit refractio, à lateribus subitò, per exiguam partem superficiei. Et quò plus crescunt refractiones: hoc magis lineae diuaricantur, hocque plus de re visa comprehendunt, inque exiguam superficiei lateralis partem statuunt. *Curuae autem* putantur res, quia in superficie, quae curua est, haerere videntur.

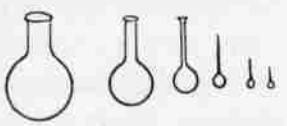
DEFINITIO

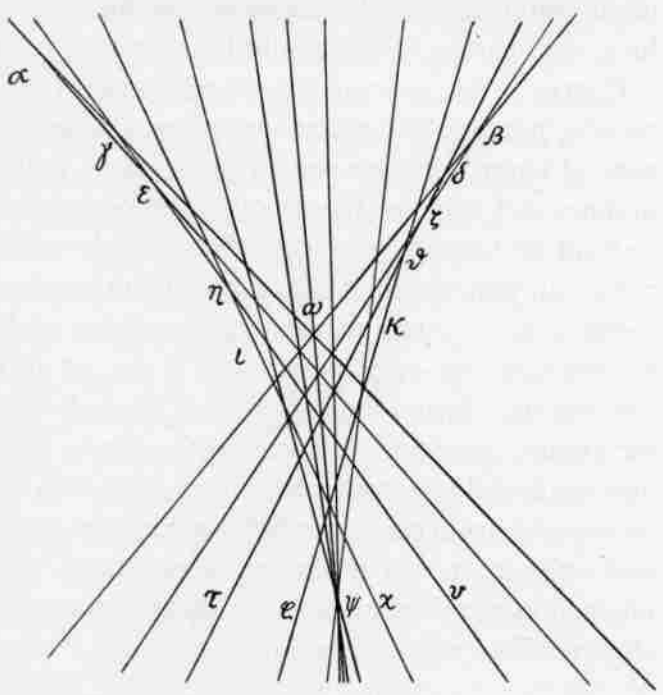
Cùm hactenus Imago fuerit Ens rationale, iam figurae rerum verè in papyro existentes, seu alio pariete, picturae dicantur.

27) ab a

PROPOSITIO XIX

Dictum est, quid oculo accidat circa sphaeram aqueam. Docebo iam, quomodo planè contrarium eueniat papyro. Primùm hoc rectà ex dictis deducitur; *cur si papyrus tangat ferè globum, figura globi (si vrinarium fuerit, cum longo collo) per Solem in sphaeram irradiantem, pingatur super papyrum, limbo lucidissimo.* Quicquid enim intra hunc complexum est radiorum, ii nondum intersecti sunt cùm axe. Cùm papyrus globum tangit, omnes hîc sunt, qui globum transire potuêre. *Limbus tunc lucidissimus est*, quia radii collectissimi, seque mutuo circulariter (at nondum in axe) intersecantes: vt in apposita figura apparet in α. β. γ. δ. vt fert ratio praemissarum demonstrationum. Vbi iam vicesima diametri parte papyrus fuerit remota à vitro (siquidem à sideribus fiat illustratio) iam in medio figurae radii aliqui se cum axe intersecare incipiunt, litera ω. hinc *et medium figurae clarescit. Decrescit verò figura cum remotione papyri*, non quòd conus earundem linearum ad turbinem properet: | non enim decrescit proportionaliter, sed initio subitò, in fine tardè. Causa verò genuina est successio radiorum. Intersectis enim in axe et dispersis, qui prius limitem efformauerant in α. β. γ. δ. exteriores; succedunt semper interiores in ε. ζ. η. ϑ. Quod si conus iste radiationum refractarum et sese intersecantium integer consisteret in aëre; tunc figuram repraesentaret, generatam ex arcu, circumducto altero termino circulariter manente altero in sublimi, arcu intro vergente; conus nempe gracilis esset in medio, et valde acutus. Vbi papyrus ad acumen venerit coni ψ. *fortissima est illustratio, adeò vt puluerem pyrium frigida aqua incendat, Sole feruente.* Nam per 15. praemissam ibi non quidem omnium, sed multorum tamen radiorum intersectio fit





in centro vno: reliqui τφχυ iam intersecti, sparguntur circa, et *radios quosdam in vnum centrum tendentes efformant.* Papyro vltra terminum vltimum ψ remota *vanescit figura penitus, intersectis radiis* omnibus. Hinc intelligitur, quanta sit vis incensionis futura, si coeant omnes radii, qui transire globum possunt.

PROPOSITIO XX

Per globum densioris medii punctum quodlibet, remotius intersectionibus parallelorum, pingit sese fortiter super papyro, collocata in termino vltimo intersectionis suarum radiationum: non ante, non post hoc punctum, et pictura ex omnibus constans punctis, euersa spectatur. Quod se fortiter depingat, causa est, quia globus multos radios perpendiculari proximos, à puncto profectos, in vnum punctum colligit, [1] per supra demonstrata. Quod autem id fit non in ω termino citimae intersectionis, causa est, quia citimam intersectionem ω efficiunt αω. βω. radii à lateribus debilius allapsi, quia in magna refractione: locum verò sectionis ω in papyro occupant etiam radii (eiusdem lucentis per Globum puncti) caeteri nondum intersecti, collecti tamen et clari, itaque collectos ad sectionem ω obliterant. Denique coni venientes ab aliis punctis rei lucentis, sunt latiores adhuc, vt hic ι. κ. et partem loci alter alterius occupant, pariuntque confusionem.

Contra in intersectione postrema ψ multi radii ab eodem lucente puncto, proximè circumsistentes perpendicularem fortissimum ψω. coeunt ad vnum punctum per 15. praemissam, et quia coni attenuati sunt in mucrones, nullam alienam regionem occupant; vt ita singula puncta seorsim et distinctè pingantur. Solummodo radii aliqui caeterorum in re visibili punctorum allabuntur, sed iam intersecti et debiliores, vt si conus alius in υ terminaretur; essent igitur eodem loco, vertex noui et intersectus ηυ veteris coni: qui si qua est in hac pictura confusio, eam pariunt. Imago verò euersa est, non ob transitos terminos intersectionum, hactenus explicatos, ante vitrum; sed quia punctum quodlibet rei visibilis, perpendiculariter in sphaeram radians, sese fortissimo cono post vitrum pingit; vnde fit vt axes conorum ψω in centro sphaerae sese intersecent, ipsi refractionem non passi. Haec est genuina causa inuersionis picturae, quae fit à sphaera densiore, quando ea non tegitur aliquo solido, relicto foramine.

PROPOSITIO XXI

Propinquarum rerum picturae locus est à vitro remotior, remotarum propior.

Mechanicis et artificiis opticis accommodum.

Patet per 2. corollarium p. 16. praemissae, et per praemissam 20. Quod notabit machinator aliquis, vt multa in hoc libro alia. Probare potes de

13) cititimae 14) αω. σω

die etiam, accensa candela, quae super papyrum ardere videbitur, si ea legitimè collocetur: quod supra ex PORTA dixi verum esse, in hoc picturae negocio: at non in illo Imaginis, nec in aëre, sed super pariete.

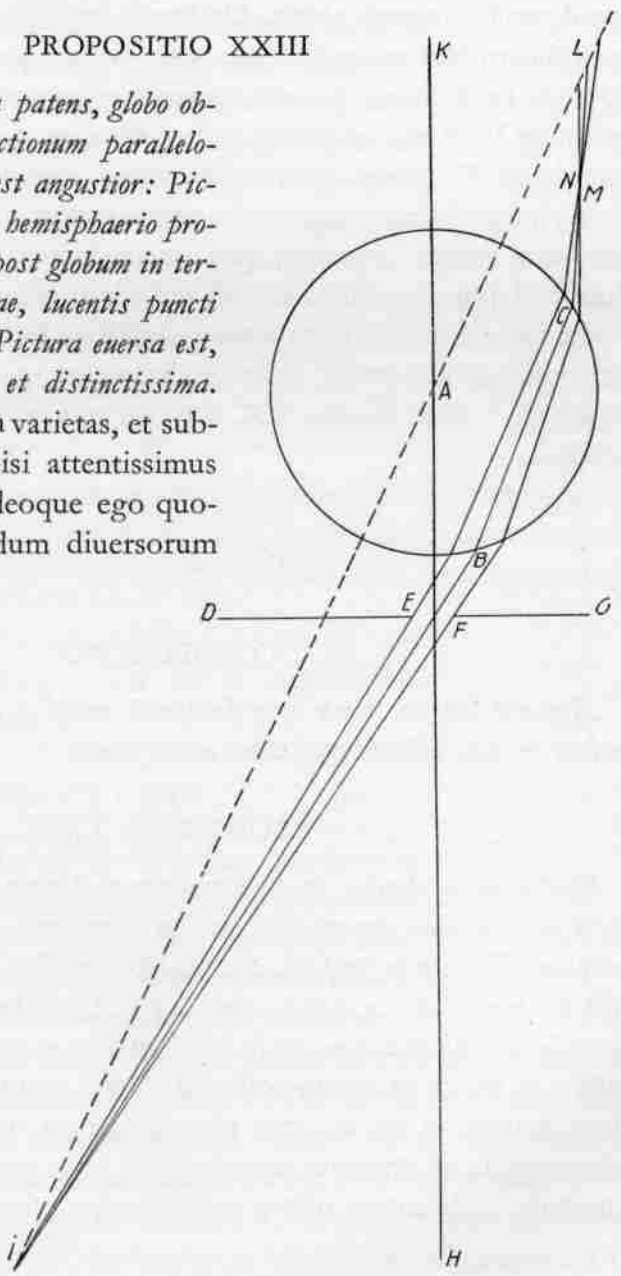
PROPOSITIO XXII

Haec pictura proportionem retinet suae distantiae. Nam perpendicularibus
196 irrefractis in centro concurrentibus potissimum delineatur | per 20. praemissam. Id experimento patet. Candelâ admotâ et recedente loco picturae pictura crescit, et contra.

Notabunt Geometrae practici.

PROPOSITIO XXIII

Cum tabula, fenestella patens, globo obiicitur inter terminos sectionum parallelorum; et fenestella globo est angustior: Pictura maximae partis de hemisphaerio proiicitur in papyrum, quae post globum in termino intersectionis vltimae, lucentis puncti radiorum, collocata sit. Pictura euersa est, sed purissima in medio et distinctissima. Tanta est harum rerum varietas, et subinde noui quid, vt nisi attentissimus facilè confundatur. Adeoque ego quoque diutissimè haesi, dum diuersorum rationem eandem esse mihi persuadeo. Sit centro A globus aquae BC. cui obiecta esto tabella opaca DG. foramine patens EF angustiori, quàm est globus. Visibile sit HI. Papyrus in K. vbi intersectio postrema radiationum ex H. Quod si tabella abesset; per 20. praemissam, I pingeret se vltimâ suarum radiationum intersectione in L. et H punctum in K puncto. Radios



Ergò lucem nonnullam petamus à Methodo. Alia forma refractionum globi est, quibus decipitur visus ad sibi imaginanda simulachra, quae reuerà non sunt (imagines diximus) de quibus prop. 7. prioribus et prop. 17. 18. Alia item forma refractionum, quibus formantur rerum picturae reales: et hae quidem duorum sunt generum, quaedam pinguntur à globo nudo, de quibus p. 19. 20. 21. 22. quaedam à globo tecto praeter exiguam fenestellam, de quibus p. 23. Nam refractionum alius apparatus est. Quae vero sunt ab 8. in 16. communes sunt, de Refractionibus globi.

verò conorum laterales intersectos, alterum in alterius loca intersectionum, proiicerent. Nunc opposita tabellâ non plus radiorum ex H defluit in sphaeram, quàm quantum per EF potest, et quantum ferè in K confluit,* et conus iste quadam veluti putatione minuitur, vt nullos intersectos in L iaculari, ibiue confusionem parere possit. Vicissim Radiationum ex I conus in L terminandus, planè castratus est obiectu DE tabellae, nobilissima sui parte, nempe radiatione per centrum A. et clarissimo mucrone L. tantum abest, vt quicquam in K spargat, ad confusionem faciendam. Relinquitur autem radiationibus ex I non ampliùs, quàm quod per EF ingredi potest. Illud verò, quicquid est radiorum, sese per latitudinem MN successiuè intersecat per 19. praemissam, et iam intersectione factâ transit AL inciditque in papyrum in K positam, propius quàm est L. et non ad punctum, sed sparsim, quia in MN iam facta est intersectio. Propterea pictura à lateribus obscura et confusa est. Quòd si papyrum à latere propius admoueas, rectius quidem pingentur latera, nunquam tamen exquisitè: quia intersectiones non tantum in profundum MN (quod parùm referret) sed etiam in latum sparguntur. | 197

Cumque in EF sit facta intersectio IE et IF. cum HK. terminentur* verò radii in MN prius, quàm AL transeant, per 19. praemissam, ergò ex dextris I fiunt sinistra MN. nec fieri potest, vt noua sectione dextra euadant.

Angustam autem fenestellam EF oportet esse, ne latior facta, officio hoc suo excidat: proximam globo, ne nimis parum et confusius quidem de hemisphaerio intro radiet.

COROLLARIVM

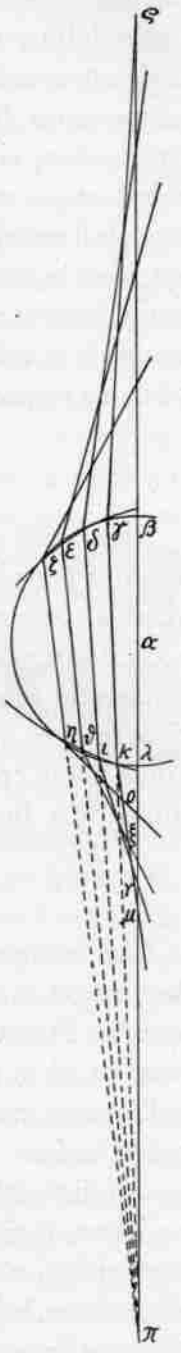
Apparet hinc ex parte vsus foraminis vueae in oculo: item, quare latera retinae propius admota crystallino quàm fundus. |

PROPOSITIO XXIV 198

Radios intra densius medium conuergentes versus idem aliquod punctum, superficies conoides hyperbolica medium terminans, colligit ad vnum aliquod punctum, illo puncto propius.* Sit centro α globus densioris medii βζ. in quo βλ. γκ. δι. εϑ. ζη. conuergant ad π. Et sit βαπ axis. Ergò per superiora ζη refringetur in ηο. et εϑ in ϑξ. et δι in ιν. et γκ in κμ. Cupio omnes radios in vnum punctum colligere. Opus igitur mihi erit in ικ refractione maiori, vt κμ. ιν citiùs cum απ coëant; in ϑ. η verò refractione minori opus, vt remotiùs coeant ηο. ϑξ. cum απ. et sic οξνμ fiant vnum punctum. Erit autem refractio maior in κ. si γκ obliquius incidat, et

31) centro A

minor in η. si ζη rectius incidat in superficiem. At quia manent γκ. ζη. superficiem igitur ηθικλ oportet mutari, vt in η non sit ita decliuis ad ζη et in κ decliuior ad γκ. Id autem vtrumque fit non per circulum alium atque alium, sed per conicas sectiones. Nam quaelibet illarum potest circulum aliquem secare in 4 punctis. Vide APOLLONII lib. 4. prop. 25. Quare bis in hoc semicirculo, bis in altero. Secans igitur in η sic, vt ibi ingrediatur circulum, rectius obiicietur ipsi ηζ. eundem circulum secans in κ. rursum egressu facto obliquius obiicietur ipsi γκ. Porrò ex conicis sectionibus sola hyperbole, vel ei aliqua proxima linea metitur refractiones, vt capite quarto n. 5. est ostensum. Quin hoc ipsum ibi demonstratum est, superficiem omnes radiationes parallelos foris cogentem; conoidea, non aliam, quàm hyperbolicam esse.



COROLLARIVM

Hinc apparet consilium naturae circa posteriorem crystallini humoris in oculo superficiem. Voluit scilicet cuiuslibet rei visibilis radiationes omnes ingressas foramen vueae colligere in vnum retinae punctum, cùm vt punctum picturae tantò esset euidentius, tùm vt caetera puncta picturae non[1] *confunderentur temerè vagantibus, nec collectis alienis radiis.*

Apparet etiam, nihil aliud quaeri per laxationem vueae foraminis, quàm id quod supra dixi, nec ea confundi picturam, scilicet tantum clarescere.

PROPOSITIO XXV

Quomodo radii conuergentes in idem punctum cogantur in propius punctum, iam est explicatum. Danda verò nobis est opera, vt et hoc doceamus quomodo fiat, vt *qui sunt intra medium densius conuergant ad idem punctum, qui tamen primitus ab eodem puncto fluxerunt.* Vt si in figura priore radii λβ. κγ. ιδ. θε. ηζ venientes ab eodem π puncto, colligendi sint in idem υ punctum. Cùm autem, vt iam saepe dictum, nulla differentia refractionum sit, siue ingredi dicamus radios, siue egredi, è medio densiori: erit igitur demonstratio eadem, hoc solo dempto, quod superficies, quae diuergentes intra medium, foris est colligatura, acutior esse debet quàm illa, quam cap. 4 num. 5 inuestigauimus, eo quod illa

parallelos, hoc est neque conuergentes, neque diuergentes, cogit. E contrario igitur, quae conuergentes et annuentes intra densius medium, foris est coactura celerius, erit obtusior, quàm illa capitis. 4. Caeterum, neque sensu distingui inter se possunt hae superficies in tanta exilitate (praesertim, si circa fundum seu carinam hyperboles aut Ellipsis existant) neque sensibile etiam quippiam efficiunt, etsi à perfecta rotunditate nihil recedat vrtaque. Quod si ergò conoides etiam alterum in oculo est, illud in cornea esse necesse est: Crystallini verò superficiem perfectè rotundam, vt venientes radios conuergentes ad idem punctum directè excipiat: et rotunditatem quidem hanc pressam admodum oportet esse, vt cuius centrum longè post oculum est futurum.

PROPOSITIO XXVI

Pollex oculi cameram contingens maior iusto et confusus apparet. Nam quia visio fit per picturam, turbatâ picturâ, turbatur visio. Sed per corollarium 2. praemissae 16. propinquante puncto radiante, vt hic pollice, recedit intersectio eius radiationum. Ergò pollice ad oculum accedente, intersectio (quae est huius picturae penicillus, per 20. praemissam) recipit se intro in caput ipsum, et retina secat conum intra verticem. Penicillus igitur crassus non cla|ra et dilucida ducit lineamenta, et terminos dilatat, pro linea superficiem scribens.

PROPOSITIO XXVII

Cùm res aspectabilis collocata est vltra punctum cuilibet oculo natura tributum, ex quo in retinae punctum omnes radiationes colligerentur; res illa confusa apparet. Patet contraria ratione. Etenim per 2. coroll. 16. praemissae non est idem punctum, ad quod remotae, et ad quod propinquae rei colliguntur radiationes: Est tamen in vno homine vnus et idem perpetuò retinae situs ad humores. At non expediebat remotissimarum rerum distinctissimam visionem conciliare homini, quo pacto praesentia ipsum fugissent. Sed nec proxima solum distinctè debuit videre, vt remota ipsi nimium confunderentur. Itaque libramento opus fuit. Id autem cùm habeat latitudinem suam, variat per singularia. Ac fortassis idem est in omnibus crystallini situs ad retinam, non eadem verò humorum densitas. Ergò cùm punctum rei visibilis est nimis remotum, conus eius radians terminatur, antequam ad retinam pertingat, per corollarium superius. Facta itaque sectione iam dilatans sese iterum in retinam impingitur. Inde est vt pro vna re exili et longè distanti, geminas aut tergeminas videant, qui hoc vitio laborant. Hinc pro vna Luna decem aut amplius mihi obiiciuntur. Et quidem vt confusio etiam se-

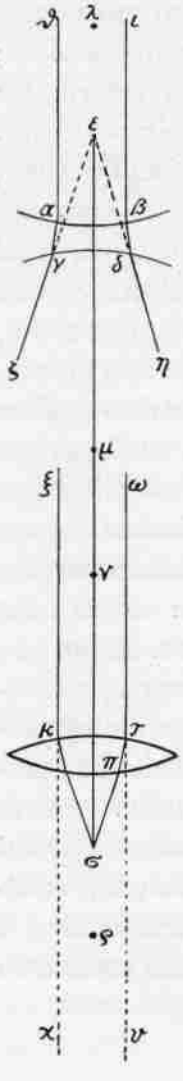
quatur hanc coni sectionem, oportet teneritudinem visus accedere, qui à fortibus radiationibus moueatur validè tàm in puncto retinae, vbi distincta est visio, quàm circum, per coni radiosi (vitio obortam) latitudinem. Propterea omnibus quidem coni radiationis coelestis dilatantur, at non omnes ideò confusè vident.

PROPOSITIO XXVIII

Qui remota distinctè vident, propinqua confusè; iis perspicilla conuexa prosunt. Qui verò confuse vident remota, distincte propinqua, iuuantur concauis perspicillis. Quanta admiratio, rei tantae tam latè propagatum vsum: et tamen causam ignorari hactenus; vt titubanter pronunciem, clarissimis
† 201 demonstrationibus inuentis. Vnus BAPTISTA PORTA pro|fessus est, rationem in opticis reddere: quae à librariis frustrà hactenus requisiui. Non semel me discruciaui, vt causam inquirerem; frustrà; cùm me visionis modus lateret. Et facio meritissimè honestissimam mentionem
† D. LVDOVICI L. B. à DIETRICHSTEIN, Maecenatum meorum praecipui; qui per triennium iam me hac quaestione exercuit. Accipe tandem, vir literarum, artium, et professorum, atque etiam mei inter postremos amantissime, iuxtaque sagacissime, (caetera laudent Austriaci Principes, et amplissimae Prouinciae) accipe, inquam, responsum, si non satis clarum et indubium, satis certè tardum. Causa non est in hoc sita, quòd propinqua maiora reddantur conuexis specillis, quod quidem vnicum habui, quod olim responderem. Id etiam PORTA secutus, frustrà ait, *conuexis propinqua maiora reddi, sed confusa.* Sanè omnibus quidem maiora, sed non omnibus confusa: vti vicissim concaua, res omnibus quidem minores repraesentant, sed iis, qui remota rectè vident, confusas, qui confusè, distinctas. Quod si, quo maiora quaelibet, hoc distinctiora cernerentur, concauis neminem iuuari oportuit. Nam res minuunt. Agnoscis, vir Nobilissime, validam tuam obiectionem. Alii causam statuunt visus emendati in sola pluralitate refractionum. Frustrà: omnes enim aeque iuuarentur, nemo de specillis vt caligans quereretur. Itaque non oportet nos ad res totas respicere, sed ad rerum singula puncta, vti hactenus semper. Quibus ergò punctum distinctae visionis remotum admodum est tributum, ii conuexis vsi specillis, radiationum eiusdem propinqui puncti conum alterant, vt quasi à longinquo aduenire, et oculum ingredi videatur. Ita corrigitur conus ad retinam terminandus; qui nisi emendetur perspicillis; fit quod prop. 26. praemissa diximus, vt ob radiantis puncti propinquitatem conus, retro retinam terminandus, à retina secetur; et ita coni punctorum radiantium latitudinem nonnullam sortiti se mutuo confundant.

15) Mecoenatum

Vicissim quibus punctum, seu distantia distinctae visionis admodum breuis et propinqua est à natura tributa, ii concauis vsi specillis, conum radiationum ab eodem remoto puncto venientium alterant, vt quasi à propinquo oriri, et oculum ingredi vi | deatur. Nisi enim perspicilla ad- 202
hibeant, fiet illis, quod prop. 27 dictum est; conus nempe tàm remoti puncti terminabitur, antequam retinam attingat, et progressus se rursum dilatabit, itaque cùm latitudine incidet in retinam, et coni se mutuo turbabunt et confundent. Egregiè confirmat me experientia. Duos noui non humilis sortis viros, quorum alter minutissimas legit literulas, sed ita propè admouet oculis, vt non possit vtroque simul oculo vti. Idem intra decem passus discreto visu non pertingit, sed meras nebulas aspicit. Eum tamen perspicilla profundae cauitatis adiuuant, ad remotiora percipienda: quibus quidem perspicillis meus visus planè confunditur, quamuis ipse quoque vtar cauis, sed aequabilioribus. Alter iam pridem fato functus, ad propinqua penè caecus, ad remota lynceus erat; adeò vt in domo aliquot stadiis distante, recentes tegulas, veteribus immixtas, se numerare gloriaretur. Specillis conuexis adhibitis, et charta, quantum brachio poterat, eminùs explicatâ, legebat non malè. Audiat ARISTOTELEM, si quis meis experimentis minus adhibet fidei. Sectione 31. Problem. 8. 15. 16. 25. planè hoc quaerit, quî fiat quod μύωπες et πρεσβήται, contraria patiantur, illi propè admoueant, hi remoueant ea, quae sunt lustraturi, et illi quidem visu hebeti, minusculas tamen scribant literulas.



Addo et schemata, ne quid desideretur. Sit αβγδ specillum cauum, punctum lucidum adeò remotum sit, vt radiationes propemodum paralleli sint, veniant inquam ϑα. ιβ radiationes ab eodem lucente puncto. Quia ergò αβ densioris superficies caua est, cuius centrum λ inter ϑ. ι. ergò ϑα refringetur ad perpendicularem λα continuatam, quare in αγ versus exteriora, et ιβ versus λβ continuatam, iterumque in exteriora in βδ. sicque ϑα. ιβ paralleli prius, iam diuaricantur. Et quia γδ causa superficies est | densioris medii, seu conuexa rarioris, 203
centro μ. ergò αγ refringetur à γμ in γζ. et βδ à δμ in δη. magis igitur diuaricabuntur γζ. δη. adeò vt continuatae imaginatione concurrant in ε. Itaque remotissimi puncti radiationes sic in oculum seu corneam ζη influent, ac si venirent à proximo puncto ε. Quid iam intra ipsum oculum in retina fiat per appropinquatio-

nem (vel quasi) puncti radiantis, supra explicatum, praesertim prop. 27. praemissâ. Rursum κτοπ sit specillum conuexum, punctum σ radiet, radiationes sunto σο. σπ. Quae quia incidunt in conuexum, coeunt versus perpendiculares ον. πν. refringunturque in οκ. πτ. et hi egressi in κτ cauam rarioris medii superficiem, fugiunt à perpendicularibus ρκ. ρτ. continuatis, refringuntur igitur in κξ. τω: sicque occurrunt corneae in ξω. ac si à puncto longissimae distantiae per χξ. υω propemodum parallelos essent allapsi. Rursum itaque, quid in concursu radiationum apud retinam emendetur, hac fictâ remotione puncti σ. vide supra, praesertim prop. 26. praemissâ.

Et hactenus quidem demonstratio eorum, quae supra numero 2. de crystallino dicta sunt.

4. *Consideratio eorum, quae Optici et Anatomici de visionis modo dixerunt*

Non singula percensebimus, sed potissima, nec omnium sententias, ne confundatur Lector. VITELLIO, et ex eo IESSENIVS, cum araneam et in ea Crystallinum ex retiformi, neruoque nexuissent, potissimas sentiendi partes huic humori tribuunt. Fieri enim sensionem seu visionem, cùm radii ex rebus visibilibus tunicas, potissimum verò crystallini telam transmittant, speciesque crystallino imprimatur adeò, vt inhaerescat; quem in finem humor iste crassiusculus sit factus. Vt autem distincta fiat visio, perpendiculares esse debere radios in crystallini anteriorem superficiem. Perpendiculares enim ordinari, vt sunt in re puncta ordinata. Nisi enim solis perpendicularibus visio fiat, futurum vt confundatur visio, sicut et radiationes perpendiculares obliquis confundantur. Et tamen aliquid etiam obliquis tribuit experientiâ validissimè conuictus, videri amplius quàm quantum de hemis|phaerio perpendiculariter 204
oculum ingreditur. Iam vitreum ait VITELLIO nutrimentum esse crystallini, aqueum verò eiusdem excrementum, forsan Medicos secutus, nam idem FERNELIVS ex iisdem. Pellucidos, hunc, vt ingredi possit species, illum, vt species iam sensa crystallino, per vitreum et per spiritus substantiam ad concursum nerui perueniat, ibique à facultate seu sensu communi agnoscatur. Itaque crystallino planitiem (prop. 23. lib. 3.) à posteriori parte tribuit, negatque concurrere debere radios rerum, ne dextra sinistris permutentur in simulachro. Et omninò putat, perfectam speciem rei visae peruenire vsque in concursum nerui.

Haec tota sententia (quamuis se authore iactet ARISTOTELE, qui τοῦ ὄμματος, τὸ ὁρατικὸν ὕδατος esse ait cap. 2. de sensu et sensilibus) prosternitur, resecto crystallino, à neruo et à retina, nexoque cum vuea, quod supra ex PLATERO ostensum est. Quid deinde de hac introducta

20) fit factus 37) et sensibus

nutritionis et excretionis formâ sentiendum, disputent Medici: certè si nullus ex sensibus est admirabilior et subtilior, quàm visus, indigna sunt haec, quae de visu statuantur. Tum autem tunicis sensum lucis transcribit ex tactu. Si caloris sensu, et si non in momento visio perficeretur, crederem. At nunc lux et colores, minimè sanè calefacientes, et momento oculum ingressae, longè sunt subtiliores, quàm vt à corporea tunica percipiantur, sub tactus ratione. Vide quae capite primo de motu immateriato lucis disputauerimus. Non itaque tunica, ac ne neruus quidem, sed spiritus, imò aliquid fortasse diuinius est, quod lucem suscipit et persentiscit, quod supra negaui ab Opticis inuestigari posse. Nam ibidem et hoc refutatum est, species inhaerescere aut imprimi humoribus.

Iam quod simulachrum suum VITELLIO format solis perpendicularibus, immane quàm subtiliter distinguat inter perpendiculares, illisque omninò proximas. Si lux agit in sensum, et sensus hac actione patitur, pro robore igitur actionis, grauiter ipse et patietur. Atqui penè nihil differunt illustrando perpendiculares, et illis proximae, eò quòd penè nihil hae refringantur. Aequalis igitur penè passio, id est sensio, perpendicularium et iis proxi[1]marum. Confusa itaque sensio, frustrà laborante VITELLIONE. Sed nihil verbis opus. Demonstratum est rationibus et experimentis certissimis, picturam rei seu hemisphaerii statui ad cauum parietem retiformis, sublatâ planè confusione omni radiorum. Certum deinde est, multorum aspectabilis hemisphaerii punctorum radios confluere in vnum crystallini punctum. Denique sensu patet, idolum seu imaginem contrastantis apparere in nigro oculi. DEMOCRITVS igitur antiquitus, vt est apud ARISTOTELEM de sensibilibus cap. 2. visionem fieri dixit per hanc imaginem seu idolum. VITELLIO dixit, visionem fieri per confusam illustrationem crystallini. Ego dico, visionem fieri per hanc confessam et inuictè demonstratam picturam. Omnes tres suppositiones certae sunt, incertum si tibi est, quânam ex his perficiatur visio, sequere quamlibet, rationibus tamen auditis. DEMOCRITVM quidem ARISTOTELES refutauit, monens, non esse idolum id, rem aliquam, sed ἔμφασιν, imaginem, vt in Catoptricis, non picturam, nec esse πάθος oculi, in quo inesse putatur, sed oculi positi contra hunc oculum, et sese in eo aspicientis. Ita ego VITELLIONEM refello ipsissima confusione radiorum. Nam quod ait, obliqua quoque videri, quatenus obliquae radiationes concurrant cum perpendicularibus; eodem igitur puncto recipitur obliqua et directa radiatio. Duae igitur res vno loco existimabuntur esse. Me verò confirmat vniuersalissima argumentatio, ipsi VITELLIONI vsurpata. Passio visionis sequitur actionem illustrationis, in modo et proportione. Retina verò illustratur distinctè, per puncta singula, à punctis rerum singulis, et per singula puncta fortissimè. In retina igitur,

non alibi, fieri distinctissima et euidentissima visio potest. Id tantò magis, quòd etiam turbatam picturae rationem vitia videndi sequuntur, vti demonstratum est. Ac nescio an DEMOCRITVS hanc potius picturam, idoli sui nomine, quo visio fiat, celebrauerit, quàm illam specularem ἔμφασιν. Saepe antiquis vsu venit, vt ab ARISTOTELE sub commenticio sententiae schemate refellerentur immeriti.

Quòd verò mihi obiici posset inuersio meae picturae, quam VITELLIO magno studio declinauit: primum is, ad eam sententiam obtinen[1]-
206 dam, planitiem crystallino, contra manifestam experientiam tribuit;
10 quae cùm gibbam esse superficiem illam asserat, fatente itaque VITELLIONE fiet simulachrorum inuersio. Atque ego diutissimè sanè me torsi, vt ostenderem, conos in ingressu foraminis vueae sinistros ex dextris factos, post crystallinum in medio vitrei rursum secari, fierique alteram inuersionem, et qui sinistri facti erant, dextros rursum fieri, priusquam ad retinam pertingant. Nec finis huius inutilis curae, donec in propositionem 11. et 12. ex praemissis incidissem, quibus haec sententia planissimè refellebatur. Ac etsi obtinuissem propositum, querela tamen
05 erat superfutura: Hemisphaerium tamen peruersum erat futurum, qui enim foris, vultu ad nos conuerso stant, dextra censentes haec, illa
0 20 sinistra; illorum imagines directè obiectae pro sinistris dextra erant habiturae, vt videre est in speculis. Nam qui tibi dexter est oculus, is imagini tuae fit sinister. Vt taceam, quòd cauum picturae introrsum in caput vergebat, cùm cauum rei vergeret in plagam contrariam.

Itaque si te mouet inuersio huius picturae, metuisque, vt inuersionem hanc sequatur et inuersa visio, sic velim perpendas. Quemadmodum non ideo visio est actio, quòd illustratio sit actio, sed contraria actioni passio: ita etiam, vt loca respondeant, patientia agentibus è regione oportet esse opposita. Tum autem perfectè sunt loca opposita, cùm idem centrum mediat in lineis oppositionum omnibus, quod non erat futurum, si
0 30 pictura erecta fuisset. Itaque in inuersa pictura, etsi vniuersaliter et respectu communis alicuius lineae dextra sinistris permutantur: dextra tamen rei, dextris picturae, et supera rei superis picturae (sui ipsius respectu) perfectè opponuntur, sicut cauum cauo. Nec metus est, vt in plaga erret visus. Rem enim sublimem intuitus manifestè sursum vertit oculos, humiles confessus, et oppositos rei, causâ loci. Errasset potius erecta existente picturâ. Alicubi enim oculi interior paries obiiceretur rei directè, alicubi non, vt à lateribus: declinaret enim ab oppositione. Nihil igitur absurdi committitur, inuersâ picturâ, quod VITELLIO tantoperè fugit: quod et IESSENIVS secutus est, existimans, refrac-
0 207 40 tionem in cornea hoc prae[1]stare, ne dextra fierent sinistra: quod propos.

5) commentitio

12. ex praemissis planè refutatum est. Quid denique de inhaesione speciei in crystallino (quae ARISTOTELIS et ipsa est, qui τὸ ὕδωρ ad visionem ideo eligit διὰ τὸ εὐφυλακτότερον καὶ ἐνυπολῃπτότερον εἶναι, quod recipiat et conseruet melius quàm aër) sit sentiendum, ex conclusione cap. 1. apparet. De peruasione verò eiusdem per angustissimam viam seu cauitatem nerui, vsque ad biuium vtriusque nerui, paulò supra in hoc capite Numero 3. satis est dictum.

Multò melius de officio crystallini PLATERVS, quamuis nec ipse scopum planè tetigit. Visionem ait fieri retiformis tunicae ministerio: crystallinum verò retiformi hoc praestare, quod extra oculum conuexa specilla praestant lusciosis, efficere namque, vt res maiores appareant. Omninò PLATERE, tale quid praestat crystallinus: hoc ipsum verò non praestat. Primùm quia crystallini intersectionum terminus vltimus est in confinio retinae, dictum igitur propositione 18. praemissâ, quid futurum sit de oculo integro illic applicato. Nempe, videret oculus integer loco retinae solius positus, non plus vno puncto, idque confusissimè et per totam ferè crystallini superficiem. Quod si maximè distinctae res essent appariturae oculo integro illic collocato, non ideò idem sequetur et in partem oculi. Causa haec est, quia in oculo integro est non tantum centrum, in quo radii omnium lucentium concurrunt (vel quasi concurrissent, ita excipiuntur) sed etiam superficies, in qua pictura distinctè explicatur. In retina verò, quae pars est oculi, id locum non habet. Nam si res illae distinctae et maiores à crystallino in retiformi repraesentari dicantur, quae radios omnibus punctis ad idem retinae punctum proiiciunt (vt iam hoc per se falsum concedatur), quâ ergò ratione punctum illud retinae excipiet distinctas rei visibilis partes, cùm punctum sit ex supra posito? Sin autem huc rem trahis, vt quicquid est simulachrorum per totam retiformis superficiem, id à crystallino maius repraesentetur: iam planè destruxisti similitudinem ab oculo integro et specillis externis, ad retinam traductam. Oculum enim sic in latum illustrant res visibiles plures, vt tamen et in idem centrum quasi coëant, et sectione (vel quasi) factâ, ab | eodem vnico puncto excipiantur in retinam. Tunc itaque perspicilla conuexa praestare possunt, vt à re quapiam maior superficies retinae occupetur. At inter crystallinum et retinam nullum est punctum concursus radiorum ex diuersis visibilis rei punctis venientium, per 12. praemissam: quare potiùs minor fit portio illustratae retinae propter crystallinum, quàm maior. Vide 23. praemissam: et quae Numero 2. de modo visionis dicta sunt. Denique neque hic est vsus specillorum conuexorum, vt res augendo illustrent, vt vidisti praemissâ 28. propositione; imò vitiosa visio esset, si res iusto maiorem quantitatem pingendo in retina occuparet. Nam vt pictura, ita visio.

Videtur PLATERVM in hanc sententiam induxisse id experimentum anatomicum, quod ex aliis Medicis audiui, scilicet si crystallinus humor seorsim enucleatus ab humoribus caeteris minutulis literis superimponatur, repraesentare illas maiores. Verùm id est alienius ab hoc negocio. Visio enim fit, mediante pictura in retiformi. At haec fallacia contingit non per picturam, sed per rationes Imaginis. Ergò haec amplificatio literarum per crystallinum (vel ei analogon quippiam in oculo) non informat visionem.

Confer iam modum verum visionis à me propositum cum illo PLATERI, videbis, clarissimum virum non longiùs à vero abesse, quàm quantum professione Medicum, qui Mathematica non deditâ operâ tractat, abesse consentaneum est.

CORNELIVS GEMMA Medicus et Philosophus profundae indaginis Cosmocritices libro 2. fol. 120. modum visionis componit et confundit penè ex omnibus, qui celebrantur: in quo videas certare verborum ambiguitatem cum obscuritate rerum, cùm hîc, tùm in toto ferè libro, dum de materiâ maiestatis plenissima graui stylo rhetoricari et planè vaticinari mauult, quàm disputare, nec nisi grauem lectorem et attentissimum erudire dignatur. Primùm hoc ex VITELLIONE et ex Opticis; cono visionem confici, cuius basis in re visibili, vertex in centro crystallini. Deinde hoc ex philosophia veterum, legibus non opticis, at verbis opticis: conum alium, vertice ad centrum crystallini, basi intro|porrecta cono illi exteriori obuiam ire: illum lucis, hunc spiritus, seu facultatis visoriae esse: illo species influere, hoc recipi, magno quidem et lato debiles, exili fortes. Sed aenigmata huius authoris, quatenus commune quid habent cum opinionibus aliis, quas refuto, ad has relego: de caetero cum se lubricitate verborum, vtcunque premas, euoluant; missa sunt facienda, praesertim quia modum verum certò inuenimus.

Spiritus an schema induat? an conus esse possit? et cui bono?

Sequitur postremus, quem hac vice considerandum mihi proposui, IOANNES BAPTISTA PORTA, qui libro 17. Magiae naturalis capite 6. primum eius rei artificium tradit, cuius supra capite secundo solemnem demonstrationem expediui: qua ratione nempe omnia in tenebris videantur cum suis coloribus, quae foris à Sole illustrantur: postea, propositis aliquot iucundis artificiis, iam conclusurus locum, haec pauca de visionis modo addidit: *Hinc Philosophis et Opticis patet, quonam fiat visio loco, ac intromittendi dirimitur quaestio, sic antiquitus exagitata, nec alio vnquam artificio demonstrari poterit. Intromittitur idolum per pupillam, fenestrae foraminis instar, vicemque obtinet tabulae, crystallinae sphaerae portio in medio oculi locata, quod scio ingeniosis maximè placiturum.* Equidem beasti nos, ô excellens naturae mysta; lite illâ diremptâ, receptione an emissione

5) fallatia

fiat visio? Nam quod multi passim vel obiter sunt admirati, vel neglexerunt visum, vel diligentiùs excultum per inuidiam et maximam gloriae diuinae iniuriam, Reique publ. literariae damnum priuatim ostentare maluerunt: aut animaduersum quidem (vt in Sueuia vietores, in doliis abditi amplioribus, patente exiguo osculo) non potuêre tamen pro dignitate tradere: tu vnus et animaduertisti, et percoluisti, et publicum fecisti cum dignitate: vt pro scientia et amore, qui in te est naturae mysteriorum, disputationi vtilissimae accommodares. Itaque quod me attinet, habes admiratorem et praedicatorem tui nominis non ingratum: de caeteris eadem tecum spero. Neque puto vel aliter posse rectiùs confirmari receptionem specierum in visum, et refutari emissionem radiorum, (de quibus vide MACROBIVM lib. 7. Saturnalium) quod quidem posterius VITELLIO lib. 3. p. 5. attentauit, et ARISTOTELES libello de Sensili cap. 2. neque fore quenquam, qui vel tantil|lum amplius dubitaturus sit: dummodo fatalem socordiam excutiant physicarum rerum professores, et haec quoque paucula cognoscere dignentur. Quin etiam ex hoc tuo inuento Philosophi de luce, de coloribus, de perspicuo, rectiùs, quàm ex ARISTOTELE, philosophari discent. Absurdus est ARISTOTELI libello de sensili EMPEDOCLES, quod χρώματα dixerit ἀποῤῥοίας. Incommodum enim putat, visionem fieri cùm oculus effluxu à coloribus facto contingitur. At in hanc tuam obscuram cameram intueatur, videbit parietem tangi, quin igitur oculus tangi possit? Quem verò ipse introducit motum medii, factum à sensili, is neque intelligi potest, et ipsa emissione longè est incommodior. Vt taceam, quod diaphanum ab eo sic definitur, ac si esset vox, vt loquuntur, positiua rei ad visionem necessariae, cum sit priuatiua rei visui obstantis, opacitatis scilicet, nec ideò diaphanum aliquid sit, quia luce collustratur, sed quia superficierum confragositate, colore et crassâ densitate vacat, sine respectu lucis. Imò lux collustrans pellucida plurimum officit visui. Sed de his supra in notis ad caput primum. Caeterùm de modo visionis paulò accuratius verba tua, PORTA, consideranda sunt. *Hinc*, inquis, *patet, quonam fiat visio loco*, et postea explicans, *intromittitur*, inquis, *idolum per pupillam*, per foramen vueae, *fenestrae foraminis instar; vicemque obtinet tabulae, crystallinae sphaerae portio*. Ergò si te benè capio, tu si interrogeris, *quo loco* visio fiat, respondebis, *in superficie crystallini* ceu in tabula. Dices enim, visionem ex eo picturae genere esse, quod hoc tuo capite sexto tradidisti, ego supra cap. 2. demonstraui. In via sanè te esse patet, nam eadem verba supra Numero 2. vsurpaui: ad locum verò destinatum peruenisse haud dixerim. Sane si hîc scopum fixum habes, si non vltra crystallinum descendis, errasti sententiâ. Respondes quidem: *in nostris opticis fusius declaratum est:* quae mihi diligenter inquisita videre non

contigit. Interim coniecturis vsus vereor, vt vel in opticis fueris rem ipsam assecutus. Nam cur hîc nulla refractionum mentio? cum caput 10. deputaueris crystallinae lentis affectionibus, caput 11. specillis, caput 13. pilae crystallinae: cur hîc nullam planè visionis modi facis mentionem? Et per se procliue est, viso artificio illo tuo capitis tui
211 sex|ti, statim hac persuasione occupari, visionem penitus hoc artificio perfici. Ipse ego, quamuis duplicato artificio, adiuncto nempe illo prop. meae 23. praemissae, quod à te non est relatum (quod confirmat meam suspicionem, cùm visionis modus sine eo innotescere non possit) tamen in hac persuasione multus fui; visionem non esse quicquam aliud quàm intersectionem: globum verò aqueum tantùm hoc praestare cum suis refractionibus, vt purior fiat intersectio, quae in ipsa superficie crystallini ob propinquitatem ad foramen nondum est perfecta; fieri enim beneficio refractionum, vt in tam angusto oculi spatio repraesentetur intersectio tàm diligens, quàm vix in ampla aliqua camera citra refractionem esse possit. Caeterum me statim ad oculum refutauit globus aqueus, qui vnum tantum punctum post se habuit, in quo distinctè pingeret portionem hemisphaerii, ante et post minimè. Debuit autem in remotis punctis distinctius pingere, si sola intersectio picturam hanc praestaret. Vt taceam quae supra Numero 2. dicta, quòd per meram intersectionem (non accedente et collectione per refractionem) nunquam perueniatur ad distinctissimam visionem rerum foramine vueae minorum. Itaque, vt concludam, si hoc vnum, PORTA solertissime, tuae sententiae addideris; picturam in crystallino adhuc confusam esse admodum, praesertim dilatato foramine vueae, nec fieri visionem per coniunctionem lucis cum crystallino, sed descendere in retinam, descensuque eo et magis separari diuersorum, et coniungi eiusdem puncti radiationes, inque ipsa retina locum esse collectionis ad punctum, quae euidentiam picturae praestat, fierique et per illam intersectionem, vt imago fiat euersa, et per hanc collectionem, vt distinctissima sit et euidentissima: hoc inquam si addideris tuae sententiae, planè absolueris visionis modum.

5. *Quae ex visionis modo in Astronomiam redundent, seu de vitiata visione*

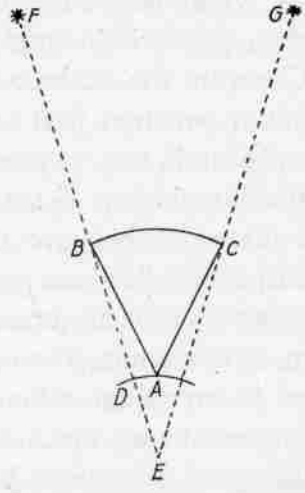
Etsi perfectio visus in duobus consistit oculis: Astronomi tamen visu vtuntur non semper ad internoscendum obiecta: vt plurimùm verò ad
212 constituendum angulum inter binas stellas: | quo in negocio centro ipsis opus est vnico, ad quod angulus aestimetur. Quare oculum alterum sequestrant, imitati artifices, qui regulae rectitudinem exploraturi, vnum adhibent oculum. Faciunt idem et qui scorpiones, quique bom- Ratio collimandi.

37) ad quem

bardas dirigunt ad metam. Nam his omnibus, ob diuersas quidem causas, officit vterque oculus adhibitus. Qua de re dignum Philosopho censuit ARISTOTELES inquirere, sectione 31. problemate 2. et 20. At neque vnicus oculus adhibitus planè nulla cautione opus habet: quin gemino modo in errorem nos inducere possit. Etenim in pictura, qua visionem fieri dixeramus, duae potissimùm oculi regiones considerantur: Centrum oculi, et superficies centro circumiecta, picturam excipiens. Dictum est enim, ita ordinatam esse picturam in retiformi tunica, vt eiectae ex singulis eius punctis rectae per idem ferè retinae centrum, in puncta rei visibilis sibi respondentia incisurae sint, si producantur.

Quodnam centrum angulorum visionis.

Cùm itaque stellarum distantiae instrumentis astronomicis sunt capiendae, diligentiores Astronomi, vt dictum, non fidunt oculo. Sciunt enim, etsi oculus ipsum instrumenti centrum attingat, (quod tamen difficulter obtinetur) non attingere tamen, nisi superficietenus, in qua quidem lineae ex vtraque stella per superiora pinnacidia ductae non concurrant. Sint F. G stellae, BAC instrumentum, centro A. DA superficies oculi, E centrum oculi. Cùm igitur non ex A. sed ex E centro oculi fingendae sint egredi rectae in F. G. incidentes: applicatis ergò pinnacidiis B. C. vt EBF. ECG sint in recta: Angulus BAC vitiosè metietur distantiam, eritque iusto maior, quia interior quàm BEC super eâdem basi: arcus itaque BC maior iusto, quia oculi profunditas EA non patitur centra A. E. Instrumenti et Oculi coniungi.

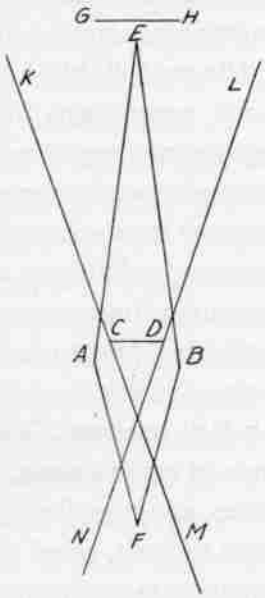


Id multò magis cauendum, quando exiles admodum quantitates sub anguli mensuram vocantur: vt cum diametros luminarium inquirimus, quod fundamenti loco faciendum est omnibus, Astronomiae restaurationem aggressis.

ARCHIMEDES igitur in libello de arenae numero cautionem | hanc ad- 213 |
hibuit: primùm certâ quadam susceptâ ratione quantitatem inuestigauit, non minorem visu: ei aequalem cylindrum in A centro instrumenti locauit, et lineas duxit à B. C. pinnacidiis, attingentes hunc cylindrum, et concurrentes, sint BE. CE. Itaque BEC angulum proximè minorem esse statuit angulo eo, quo distantia FG cernebatur. Sed BAC angulum proximè maiorem.

Porrò quaenam sit quantitas non minor visu, sic determinandum. Sit AB superficies corneae, et ab E puncto visibili, extremae radiationes,

quae per foramen vueae admittantur, sint EA. EB. qui refracti in A. B. concurrant in F puncto retiformis, vel proximè illius superficiem. Sit iam CD quantitas minor, quàm quae per EA. EB transeat, et propior AB oculo quàm E. Vides, etsi CD obiicitur directè puncto E. non omnes tamen ipsius E radiationes auerti, sed à lateribus ingredi circumcirca, et in F locum omnibus destinatum concurrere: quibus radiis in vnum collectis fit visio puncti E. sed admixta visioni rei CD. Nam D terminus dexter pinget N sinistram ipsius F retinae partem, C sinister, M dextram huius. Quare medium CD rei pinget ipsum F. quod prius etiam E pingebat. Sic duae res vno loco videbuntur, hoc tamen discrimine, quòd E putabitur distinctius videri, CD verò erit velut vmbra aut tela araneae. Nec mirum. Nam supra dictum, radiationes puncti C in oculum, C tam propinquo existente, colligi longè post F. feriunt igitur retinam F. nondum collectae. Atque hoc sanè modo CD minor erit latitudine visus. Non multò aliter ARCHIMEDES, ipsi CD aequalem ponit GH remotiorem cylindrum, et album esse iubet, distinctae visionis causâ. Quòd si cylinder GH totus cernatur, nihil impediente cylindro CD. multò minores visu pronunciat; sin aliqua de GH pars omittitur, paulò minores. Sin totus GH occultetur (aequalibus semper existentibus inter se vtroque) maiores | visu asserit. Huic affirmato parum aliquid deest. Maiores quidem et minores visu sat certò definiuit, nec aliud requirebat ad suam demonstrationem: caeterum proportio institui non potest, vt quantò CD minor visu, tantò de GH plus videatur. Nam si GH appropinquet, minus de eo videbitur, quàm si à CD recedat, quamuis aequales maneant GH et CD. Vt taceam quod pupillae amplitudo determinet visus amplitudinem, quae tamen aliàs est alia. Haec tantum monendi causâ dixi, vt tantò rectius inter se compararentur ARCHIMEDIS verba, et mea de visione sententia. Quod ipsam demonstrationem attinet, ea manet ARCHIMEDI* nihilominus. Nam lineae sic ductae ab extremis rei visibilis, vt contingant talem cylindrum, aequalem penitus visui, collocatum in A (prioris schematis) non semper coincidunt in centrum vitrei. Dictum enim est supra, si ex punctis rerum visibilium ducerentur rectae, transituras centrum hoc* et perpendiculares in retinam futuras. Sit ergò in posteriori schemate I centrum retinae, et ex C. D per I ducantur in retinam CM. DN. Erunt M. N propemodum loca picturae C. D. per supra dicta, quamuis C. D non planè lineis CM. DN. sed refractis et



alterius situs sese pinxerint. Vt igitur rei visae termini cum CD quantitate per visionem connexi, coëant in I centro, oportet eius terminos planè competere in MK. NL. vt si res visa sit KL. quae si minor et contractior fuerit, concurrent Archimedaeae lineae post I. sin latior, ante I. Itaque quod ipsam Solis diametrum attinet, in qua metiendâ ARCHIMEDES illo loco versatur, contractior illa est, quàm vt complexu KIL. vel CID teneatur, quare KC. LD (si KL sit Sol) post I coëunt, vereque angulus proximè minor est iusto.

Ille verò Rabbi LEVI, cuius verba COMMANDINVS refert in commentariis super hunc Archimedaeum locum, non neglexit etiam Radio astronomico profunditatem huius puncti concursus inuestigare: prodiditque ipsum ocularis globi centrum, quod sese ait inuenisse, postquam *profundè maximo cum labore quaesisset*. Quo nomine mirificè confirmat ea, quae supra Numero 2. dicebamus. Centrum enim vitreae sphaerae, quod concursui imaginario, si lineae ducerentur, destinauimus, et circa quod ordinatur pi|ctura res repraesentans; id inquam centrum est simul et 217
retinae et vueae et albae seu sclerodis tunicae: ideoque et totius globi ocularis centrum. Nam quod Rabbinus ille addit, inuenisse se id punctum in centro visus, *quod sit in centro humiditatis congelatae*, id ex ALHAZENO, suo contribule, qui hoc *consentaneum seu aequum esse censet*, descripsisse videtur, quod indidem et VITELLIO in prop. 7. libri 3. transtulit; experientia verò anatomica clarissimè refutat, affirmans crystallinum humorem esse loco anteriore, quàm est centrum globi, et superficiem quidem eius anteriorem depressae rotunditatis, non protuberantis. In caeteris Hebraeus bonâ vtitur demonstratione. Positis enim in vltimo schemate KL et CD duabus quibuscunque quantitatibus, oculus AB sic admouetur, vt C. K in linea vna constitutis, etiam D. L in vna sint linea. Tunc enim protractis KC. LD. fit concursus in I. spatio IA post oculi superficiem, quae comparata ad globum alicuius oculi ostendit eius semidiametrum. Nam vt excessus KL super CD ad distantiam KL et CD. ita tota KL ad eius ab I distantiam, cùm tamen KL ab AB inueniatur minus distare.

Noster verò TYCHO BRAHE inter initia minus adhuc tractandorum instrumentorum peritus, etiam ab ipsius instrumenti articulo, huiusmodi passus est impedimenta. Cùm enim in figura penultima, rectae regularum in A concurrerent, et materia circa A crassitudinem obtineret excurreretque vsque in E. non tantùm centrum, sed ne superficies quidem oculi in A esse potuit, sed in E substitit, vt in Mechanica parte folio D 4. et in Progymnasmatis fol. 341. monuit. Cumque visus sibi esset vsurpatione tabellae, cuius structura fol. 342 habetur, errores obser- 217 4

9) und 18) Rabi bezw. Rabinus 20) contribute 39) fol. 34.

uationis hinc obortos planè sustulisse: postea tamen animaduertit fol. 343. sibi etiam os genae obstitisse, quo minus oculi pupilla sat propinquè circumferentiae capitis instrumenti applicaretur.

Huc ipse quidem causam confert visus etiamnum aberrantis. At vt concedam et os genae obstitisse, puto tamen potissimam culpam residisse in eo, quod *non ex pupilla*, quod TYCHO BRAHE ponebat, *radius visualis potissimùm procedat*, siue foramen vueae intelligas, seu corneam
218 hoc obtegentem, vt ipse vsurpare vide|tur: sed ex medio globi puncto, vt iam technicè de radio visuali loquar cum antiqua EVCLIDIS schola. Hoc ipsum TYCHO melius considerans anno 85. ad Landgrauium Hassiae scribit, in hunc modum, fol. 8. 1. Tomi Epist. *Nec enim centrum visus centro instrumenti aptè vniri potest, nec pupilla oculi binas stellas intuendo, immota manet, vnde centrum visus etiam aliquantulum variari necessarium euadit.* Adhuc quidem existimat è pupilla egredi visorium radium, tanquam è centro, sed cùm videret, non sufficere distantiam superficiei oculi à centro instrumenti, partem aberrationis etiam in pupillae translationem confert, quod planè nihil aliud est, quàm hoc ipsum, quod centrum visus post pupillam latet, eductisque è visus centro duabus lineis, aliqua oculi superficies intercipitur, nec directa esse potest vtriusque stellae visio, nisi centrum pupillae, manente oculi centro, ex altera linearum in alteram transferatur.

Haec itaque oculi quantitas obseruationibus accuratis affert incom- Ratio et varietas dioptrarum.
moda, quae HIPPARCHVS olim declinaturus dioptras introduxit, vt angustissimo foramine ad oculum applicato, si per illud oculus ad vtriusque stellae vel marginis solaris dioptram respiceret, hae geminae ὄψεις sese in hoc foramine certò secarent, nec esset sectionis huius punctum per latitudinem oculi quaerendum. Idque PTOLEMAEVS est imitatus. Hodiè pro dioptra rimam subtilissimam efficiunt, erectis duobus pinnacidiis penè sese contingentibus. At ne huic quidem rimae, praesertim in breuioribus distantiis, fidendum authores putarunt. Quin etiam in dioptris ad stellas respicientibus, illud incommodi notatum à TYCHONE, quòd si foramina sint tenuia, stellas occultent; sin laxa, non seruent imperatam scrupulorum subtilitatem. Propterea alii remotioris dioptrae loco collocant minutissimum globulum, ansulis in medio perforatae tabellae firmatum, collimantque ad stellas non inspiciendo, sed tegendo. Alii in fenestella tabellae laxiore binas chordas decussatim figunt, vt sectio setarum sit vice dioptrae aut globuli. Caeterùm euanescunt seu globuli seu cruces in tenebris, et candelâ admotâ visus impeditur. Propter haec, cùm in citimâ, tùm in remotioribus dioptris incommoda, nulla
217 TYCHONI BRA|HEO visa est expeditior collimandi ratio, post diuturnum

1/2) fol. 342. 36) tegunt

vsum, quàm per binas in quamlibet stellam directas lineas parallelas, adhibitis ad binas stellas binis obseruatoribus: et oculo singulari, tot nominibus insidioso, planè vacare iusso: quae ratio primùm à TYCHONE vsurpata, auidè recepta est à Landgrauianis, et magno cum emolumento obseruationum, vide lib. 1. Ep. fol. 3. Ei quidem formae Landgrauiani instrumenti TYCHO fol. 8. metuebat, ne similis esset Sextanti suo primum parato: sed defenditur fol. 22. eius certitudo à Landgrauio. Et refert fol. 28. ROTHMANNVS TYCHONI caeterorum genuinam formam, quae effectu Tychonicae aequipollet: in hoc solum differt, quod in Tychonico Sextante, obseruatorum vterque sui pinnacidii rimis parallelis eundem cylindrum in centro instrumenti amplectitur, in Landgrauiano quilibet suum loco vnius cylindri, pinnacidium parallelum paulò à centro remotum. Itaque TYCHO fol. 38. ad Landgrauium, et 61. 62. ad ROTHMANNVM plurimùm collaudat et formam et ipsorum industriam. Haec itaque loca sunt ei consulenda, qui specialiora desiderat de obseruandi ratione. Vide et Mechanica TYCHONIS folio H 5. Atque haec nos visus centrum admonuit de obseruationibus astronomicis.

Varii visus errores circa lumen Lunae et Solis.

Multò nobis diligentius est hoc visus accidens notandum, cur omnibus adeò hominibus, quaecunque lucida sunt, maiora appareant in proportione, quàm quae sunt iuxta posita minus lucida. Etenim in prima vel vltima phasi Lunae, cornu lucidum longè ampliori circulo claudi videtur, quàm reliquum corpus, lumine Telluris illustratum et clarissimè conspicuum. Idem anno 1603. 15. 25. Maii, in Eclipsi Lunae: quidam enim visu comprehendere poterant marginem partis obscuratae, quamuis plus tertiâ parte restaret: dixerunt igitur obscurae partis circulum angustiorem. Anno 1600. 7. 17. Augusti, vesperi vidi Lunam hora vna ante suum occasum cum corde Scorpii coniungi: ingrediebatur super cor septentrionali parte, vt quasi tertia τῆς τομῆς pars, supra cor emineret, cumque exiguo differret sectio à recta linea, Sol enim in 25 ♌. multò tamen latior videbatur traiectus partis lucidae illo loco, quàm distantia stellae à sectionis linea. Haec in confinibus Styriae et Vngariae, Alt. poli $47^{2}/_{5}$.[1]

Qui sunt imbecilli visu, et qui aliàs ad remota caecutiunt, pro vna phasi decem phasium cristatam seriem sibi imaginantur: Iidem eminus homines conspicati cum candidis collaribus, facies hominum, sine hoc casu satis euidentes, non internoscunt. In pleniluniis interdum vsu venit, vt videre est in obseruationibus TYCHONIS, vt quinque vel sex hominibus eandem Lunam obseruantibus, pro cuiusque visus acrimonia, diametri census à 31 in 36 minuta vagabundus excresceret. Quae adeò praecipua de Luna querela est. Anno 1591. 22. Febr. Luna 22 ies obseruata; bis 31. sexies 32. septies 33. sexies 34. semel 36. In Eclipsium Lunae

primordiis mihi, qui hoc vitio laboro, primum omnium defectus animaduertitur, atque etiam plaga, vnde ingruant tenebrae, longè ante initium, caeteris, qui sunt acutissimo visu, adhuc dubitantibus, vt huius anni 1603. mense Maio. Nam mihi dicta Lunae crispatio sistitur, Lunâ ad vmbram accedente, et exutâ Solis radiorum parte potissimâ. In Solis Eclipsibus diu latet initium, subitò maiuscula aliqua particula deesse videtur: etiam acuti visus hominibus. Nec cornua in acumen desinentia, sed retusa, imò recisa, et planè soleae equinae speciem (vt anno 1601. Decembri) quidam se videre exclamant. Defectus magnitudo semper extenuatur in oculis, dilatante se vndique lumine et in terminos limbi Lunae, vt videtur, ingrediente. Quin manifestum et hoc argumentum dilatationis huius, si Lunae corpus ad opacae regulae limbum, qui sit oculo propinquus, accommodes, limbus cùm sit recta linea et integra, interpositu Lunae, diminutus ea parte videbitur, Lunae lumine limbi speciem obliterante.

Haec omnia, et si qua sunt alia, ex retina tunica trahunt originem, sed diuerso respectu. Primum quicquid huius accidit visibus vitiosis, occasionem ex propositione 26. 27. praemissa inuenit. Remotiora nempe, vt sunt corpora coelestia, radiationes ab vno puncto, cogunt in vnum punctum, antequam attingant retiformem, seque mutuò secantes in eo puncto, iam dilatati in retinam impingunt, sic non punctum retinae à puncto rei, sed superficiecula eius à puncto rei, et sic à pluribus punctis cingitur: alba verò et clara fortiter illustrant suam superficiem. Faciunt[1] igitur, vt quae ibidem pinguntur minus clara, quà terminos ipsa suos protulerant, (proferunt autem vel nimis remota, sectione facta ante retinam; vel nimis propinqua, vt iam modo regula opaca cono radioso à retina secto priusquam in mucronem desinat; vide pr. 26. 27. 28. huius capitis) planè delitescant, locumque albis cedant, itaque penè idem fiat in oculo, quod supra de radii figuratione capite 2. demonstraui in pariete fieri. Quod autem non simpliciter ampliatur species lucentis, sed quasi multiplicatur, et ex multis distinctis vna aliqua maior confunditur: id videtur esse vel propter rugas vueae, quae noctu, cùm Lunam intuemur, dilatatur, et in se, inque rugas suas coit, vel propter hiatus ciliarium processuum. Nam contractis palpebris et fronte corrugata plurimae talium falsarum specierum deterguntur, non tamen vndique, quia per contractionem palpebrarum non vndique oculus aequaliter tegitur: sed transuersim nudus relinquitur, quandiu palpebrae quàm minimum patent.

Hoc ergò nomine pictura visoria vitiatur, quam vitiosam sequi visionem necesse est. Si aequalis omnia claritatis fuissent, visio confusa* esset; iam verò, quia lucida praepollent, quantitate vitiantur. Atque etsi fortassis in omnibus conus pictorius dilatatur, non omnes tamen adeò

subtili vtuntur facultate visoriâ, vt omnibus radiationibus sentiant; qui verò afficiuntur ab omnibus radiationibus, ii soli lucida sibi maiora imaginantur. Hinc qui insigni debilitate visus sunt, non lucida tantùm, sed et nigra, exilia si fuerint et immodicè remota, duplicata intuentur.

Quare prae claritate Lunae, aut Iouis aut Veneris, minutiora sidera infra aliquot gradus videri nequeant.

Cognata quaestio est apud ARISTOTELEM sectione 31. probl. 28. cur lumen in oculos radians auferat conspectum rerum vicinarum, qui lumine ab oculis auerso, redeat. Nam perinde, vti hactenus dictum, partes aliquae retiformis illustrantur fortissimè, sensio itaque est fortissima, reliquarum partium, quae visibilibus respondent circumstantibus, radiatio in nulla ad illam proportione est: quare et sensio penè nulla. Nam vti se habet distincta retiformis pictura ad distinctam visionem, ita fortis picturae illustratio ad fortem sensionem: in qua spiritus multum patiuntur. Magis fortasse spectat hoc ad alterum visus vitium, quod sequitur. | Igitur alter respectus, quo retina lucidorum picturas ampliat, videtur vltra leges opticas accedere. Tritum quidem est apud Physicos, candido colore dissipari radios Solis, colligi nigro. Neque sanè falsum hoc esse videtur, si quis papyrum albam globo aqueo vel crystallino in puncto incensionis seu intersectionis obiiciat, latè illustrata videbitur, sed conniuentibus ob claritatem oculis; sin nigra papyrus fuerit, angustior superficies illustrabitur. Quis igitur non existimet, radios albo disiici, nigro coire? Praesertim si videat nigra potissimùm incendi, non alba. At non tamen hinc sequitur, hanc esse lucis et alborum naturam. Impossibile enim est, vllam superficiem colore suo efficere posse, vt radius quispiam aliâ lineâ in se incidat, quàm ipsum incidere cogunt suae leges Opticae. Nam quòd latior videtur alborum illustratio, causa esse potest eximius fulgor, vt iam explicabitur, et quod circumiecta puncto incensionis alba vel leui radio inclarescunt, et fortissimè illustratae parti ob conniuentiam oculorum accensentur. Cur verò nigra potissimum inflammentur, praeter ea, quae cap. 1. prop. 38. diximus, causa videtur etiam haec esse, quòd quaecunque hoc colore tincta sunt, ariditatem et adustionem sapiunt; horum igitur materia magis existit inflammabilis. Igitur, quod alba in puncto incensionis latiora apparentia, idem et pleraque iam allata phaenomena testari videntur, ampliari non radium collectum in re alba, sed rei albae, eiusque picturae in retina, impressionem in spiritum visorium. Nam per 30. primi capitis plus radiat de alba, quàm de nigra superficie. Fulgor igitur est eximius, aut si Sol est in consideratione, tunc hoc per se patet. Iam vt supra comperimus inhaerescere species in spiritu, quod in humore aut tunica legibus Opticis fieri non potuit; ita hîc quoque videtur species albi fortissimè illustrati, seu species Solis recepta in spiritum, sese propter cognationem naturae diffundere, non aliter quàm gutta rubea in aquae

An radii nigro colligantur, dissipentur albo.

superficiem (humor in humorem) illapsa sese dilatat; species verò nigrae in spiritum receptae colligi in sese, vt si gutta in puluerem incidat: idque legibus non, vt prius, Opticis.* Etenim si benè consideres, planè sub eodem genere sunt, inhaerentia et mora speciei lucidae, cum hac | dilatatione. Nam ex ipsa mora videtur sequi dilatatio, fugiente visu à tanta claritate; sed tamen eam combibitam circumferente, et aliis sui partibus in eam incidente.

* Opticis, hoc est refractoriis, contractâ vocis notione. Nam si vocis originem spectes, opticum est, quicquid ad visionem pertinet.

Quaecunque harum causarum sit consideranda in quolibet singulari, certum est vel in retinâ, causâ picturae, vel in spiritibus, causâ impressionis, existere dilatationem lucidorum: cuius quidem rei causam mihi per totum hoc caput placuit inquirere. Hoc itaque ex hoc capite Astronomi considerabunt, non semper fidendum esse intuitui oculari aut aestimationi, quantumuis consideratae in quantitate diametri plenae Lunae, aut defectus in Eclipsi: quare non tantum in consilium adhibendos certiores modos alios, sed neque temerè ab iis dissentiendum, visus fiducia, si quando fiat, vt dissentiant illi à visu. Demonstratum enim est euidentissimè, ex ipsa visus conformatione, fieri crebrò, ut visui error accidat, dum lucida nimis magna existimat.

Cur sidera surgente aurora distinctius appareant.

Illud etiam huius esse loci videtur, vt causa dicatur, quare sidera lusciosis in profunda nocte confusiora; aurora verò iam primum surgente distinctiora videantur? Atqui si multum lumen ipsis officit, debuit plus officere cumulatum aurorae lumine.

Causa igitur haec est, quod in tenebris nocturnis pupillae foramen naturali motu dilatatur; in lumine aurorae clauditur arctius. Conus verò puncti radiantis per laxius foramen validior ingreditur, fortemque impressionem facit; idem angustiori foramine constrictus debilius mouet oculum. Hactenus verò semper vsurpauimus hoc; eximia vnius rei sensione, debiliores reliquarum opprimi. Atque etiam capite secundo illud fundamenti loco fuit, lumina in pariete distincta, per laxius foramen ingressa, debilius à validiori occultari; coarctato verò foramine non fieri proportionalia; vt quamuis omnia debilitentur lumina, plus tamen claritati fortioris adimatur, debiliusque emergat.*

27) eximiae

CAPVT VI

DE VARIA LVCE SIDERVM

Non solius est Physici de luce siderum disputare: sed aliquid hic etiam Astronomus, quod dicat, habet; praesertim de Lunae illustratione. Nos vtrumque contemplationis causâ coniungemus.

1. *De luce Solis*

Cùm Solis in mundo incredibilis ac propè diuina vis sit; à Sole[1] enim omnis motus et vita et conseruatio, et ornatus coelestium et terrestium; adeò vt quò propius contempleris, hoc plura in illo vno inuenias miracula: decere Philosophum arbitror omnes naturae thesauros rimari ad dogmata tanto miraculo conuenientia proferenda. Ac cùm iam in Optica versemur, age quod est in hac scientia nobilissimum excutiamus, huicque corpori applicemus. Ex diuino Mose discimus, omnia primitus ex aqua constare; ac cùm in principio rudis indigestaque moles sisteretur, ex humido et arido, seu ex aqua et terra constans: statim eo ipso primo die conditam esse lucem; quae die quarto in varia corpora fuerit distributa. Ex hoc portu certissimae sententiae soluens, coniecturis non absurdis remigantibus, in vastissimum huius contemplationis oceanum enitor, et hoc statuo, Solis corpus ex materia constare omnium totius mundi densissima, vt intra cuius angustissimum orbem tantum conclusum sit materiae, quantum in tota aurâ aetherea per infinitam ferè solidae sphaerae mundanae amplitudinem est dispersum.

Esse autem densitatem huius corporis in summo gradu, requirit eius calorifica vis tam acris, tamque longè porrecta. Nam si licet exempla rerum sublunarium accommodare coelestibus: (vt autem liceret, iam modo Moses effecit, qui eandem omnibus materiam ostendit) equidem ignitorum, quae sunt eiusdem quantitatis, tantò quidlibet violentiùs vrit et longiùs, quantò densiùs: plus carbo quàm flamma, plus ferrum candens, quàm carbo. Quorsum respiciens quidam veterum Philosophorum, vt est in Diogene Laertio, non tàm absurdè locutus, quàm iniquè exceptus est, Solem statuens esse candentem lapidem. Non metuebat ille scilicet cum Aristotele, ne in Terram procideret, si lapis esset: quod an rectè fecerit, ex Gilberti Gvlielmi Angli Philosophia magnetica disces, cui planè hîc subscribo. Et scitè Pharnaci Plvtarchvs respondet metuenti, ne si Luna terrea esset, procideret in Terram: *Sicut*, inquiens, *Sol omnes partes, ex quibus constat, ad se conuertit, ita et lapidem terra, sibi conuenientem, accipit. Quod si quod corpus est, ab initio terrae non*

attributum, neque ab ea auulsum, sed peculiari natura pro sese constans: quid
223 *prohibet, quin seorsim id subsistat, suis* | *compactum propriis et constrictum partibus etc.* Et infra: *Probabile est, mundum, siquidem animal est, multis in partibus terram habere, in multis aquam, ignem, aërem, non necessitate, sed ratione disponente. Nam neque oculus leuitate sua in caput compulsus, neque cor sua grauitate in pectus delapsum est: sed vtrumque ita collocatum, quia hoc modo erat conducibilius.* Et quae pulcherrima alia sequuntur.

Quòd autem certam materiae in corpore Solis quantitatem definio, aequiparans eam residuo materiae, qua secundum diuinum MOSEN ex-
10 tensio, seu insufflatio facta est inter aquas et aquas: id videtur sic requirere proportionis concinnitas: vt cuius vis vniuersum illud spatium permeare debuit, idem tantum receperit corporis, quantum in vniuerso illo spatio inest. Neque metus est, vt vel hoc tàm arctè condensari, vel illud tàm amplè extendi, sine commixtione vacui non potuerit. Quid enim inter extrema haec non intersit, si inter aquam et aërem, inter media, et sibi inuicem valdè propinqua, tanta intersit proportio, vt aquae gutta tantum complectatur materiae, quantum est in satis ampla camera aëris, quod supra c. 4. probauimus n. 6. prop. 10.

Hanc porrò materiam corporis solaris, quia simplicissimam esse con-
20 uenit, et maximè vnam, vacare necesse est duabus Opaci notionibus, quas vox haec supra cap. 1. prop. 17. nacta est. Neque enim superficies habebit intra se multas, quo nomine simplex non esset, neque colorem. Nam eum definiui supra cap. 1. p. 15. lucem in potentia: Soli verò merus actus lucis competit. Et per se colorata impuritatem arguunt materiae, Solis corpus purissimum esse, aequum est. Quare non obstante summa densitate, Solis corpus pellucidum nihilominus erit. Itaque per 11. primi capitis, fluore aliquo constitutum esse, et denique ex aqua in summum gradum condensata et depurata, quod et diuinitùs edoctus MOSES innuit, prodiisse necesse est.

30 Rursum quia Solis officium in mundo omnium confessione hoc est, quod cordis in animali, (nam et Planetarum motus ex Sole dispensari,
† in parte Astronomiae physica probabo) vt vitam scilicet huic aspectabili mundo dispenset: animam quoque tanti muneris administram, seu malis
224 facultatem vitalem, in corpore | Solis inesse necesse est. Ex huius igitur inhabitatione in corpore densissimo et purissimo, eiusque potentissima viuificatione seu informatione, victoriâ nempe animae et subiugatione contumacissimae materiae, lucem resultare consentaneum est, incertum quâ ratione, certum tamen exemplis multarum rerum sublunarium. Dic enim Physice, vbi videris orientem flammam sine calore, qui est vel ex
40 animali facultate, vel olim ab ea progenitus? Dic praeterea, quam materiam videris inflammari, quae non sit per animalem aliquam facul-

Facultas animalis in Telluris visceribus, seu potius notione Medicorum, Naturalis.

tatem in eius proprio corpore genita? vt olea, resinae etc. De subterraneis ne quid suspiceris, illa sunt opus animalis in globo Terrae facultatis, metallorum et fluuiorum ex aqua marina generatricis, subterraneorum calfactricis et tutricis à frigore superno, harmonicorum coeli motuum, sine quidem discursu, perceptricis; mirabilium in fossibilibus figurarum* formatricis: vt palpare illam possis, si cernere nequeas. Adeò semper lux animali facultati connexa est: adeoque praestantissimi Medicorum vitae fontem in corde animalis, flammae comparant.

* Respondet haec terrae facultas formatrici facultati vteri materni; vt alteram alterius exemplar, forte et sobolem, esse sit necessarium. Nam figuras format non tantum Geometricas (in Adamante perfectissima Tetraëdra, Octaëdra; Cubos in variis materiis; in aere argentoso Dresdae anteriorem faciem Dodecaëdri, in fossilibus Thermarum Bollensium anteriorem faciem Icosaëdri vidi) sed etiam humanas, ferinas etc. Reges, Pontifices, Monachos, Milites, habitu eo quem verè gestant pro tempore, sic Cochleas, testudines, Amygdalas, nuces, Cornua etc. perinde ac si, instar feminae praegnantis, horrore ex rebus occurrentibus oborto, figuras illas per imaginationem transplantaret in foetum.

Haec igitur animalis in Sole facultas, lucis productrix, etsi per totum corpus fusa totum inflammat, (non vt alienam materiam consumptura, sed vt propriam informatura et tutatura) in centro tamen sedem potissimum figet, et à centro lucem (per principia capitis 1.) in omne corpus sparget. Ac cùm sint, quae ex centro, perpendiculares in superficiem, repercutietur igitur lux vndique à superficie caua, et in centrum recolligetur, et per centrum transiens in superficiem oppositam, identidem repercussus iterabit, per 19. primi capitis. Siue igitur à principio totum Solis corpus aequaliter vndique ab anima sua inflammetur, siue magis in centro: semper in centro plus est de hoc inaestimabili incendio. Quia non obstat medium foris rarius occurrens, quò minus aliquid intro repercutiatur: quam suspicionem supra cap. 4. Numero 9. exemplo speculi remoui.

Erumpit tamen potissima pars per superficiem in apertum | aetherem, de qua nota haec membratim. Primùm, quia tribuimus huic corpori summum gradum densitatis, refractiones omnes erunt in ipsam perpendicularem, per ea, quae capite 4. Num. 6. prop. 7. disputata sunt. Ac quia per 9. decimi VITELLIONIS iisdem lineis egreditur forma ex denso in rarum, quibus ingreditur è raro in densum: ingressus verò, quod iam dictum, fit tantummodo perpendicularibus in centrum coëuntibus: quare nullus fiet egressus vllius puncti (quamuis radiantis in orbem) intra corpus Solis existentis, nisi in lineis perpendicularibus.

Vicissim quia ad vnum punctum medii densioris duci possunt infinitae rectae ex medio rariore secundum infinitas inclinationes, omnes verò in medio summae densitatis refringantur in vnam illam perpendicularem, quae à suscepto puncto in centrum ducitur: ergò eâdem ratiocinationis methodo centrum corporis solaris, quamuis intra corpus latens, per rectam tamen, egressum in superficiei certum aliquod punctum, ab eo puncto per totum spargetur hemisphaerium: et sic per infinita suae superficiei puncta infinities per totum spargetur hemisphaerium.

Puncta verò extra centrum, si quam et ipsa lucem ex animae informatione obtinent, non spargentur foras in vlla alia linea, (vt prius dictum)

nisi in ea, quae ex se per centrum ducitur: et sic cuiuscunque puncti praeter centrum, radiatio in mundum hemisphaeralis, cum vna aliqua ex infinitis centri hemisphaeralibus radiationibus coincidit; nec erit vllum in propinquitate centri priuilegium: et vnum centrum aequepollebit vniuerso corpori. Imò quo sublimior est centri, quàm reliqui corporis informatio, hoc fortior etiam centri ad certum superficiei punctum, quàm vniuersorum interiectorum corporis punctorum est radiatio.

Adeoque ferè vnicum centrum corporis solaris est, quod tantos aestus excitat: et si subeat animum cogitatio, quidnam intuearis, Solis corpus aspiciens, nolito credere, te solam cernere superficiem: non tanta vis haeret in superficiebus corporum, sed intus in profundo latet, vt in Magnete, adeoque supra cap. 1. pr. 15. ne colores quidem ex nudis superficiebus deriuabamus. Sed tu corpus Solis aspiciens, scito te vndique in tota superficie aspe[1]ctabili, centrum Solis per refractionem intueri: vt cuius fortissima est illustratio; id nisi tam forte esset, aliquid sanè de Solis corpore cerneres. 226

Centrum igitur est, vnde origo est luci: superficies est, quae ex centro vim hanc suscipit, et toti mundo dispensat, quodque se ipso oculos ob exilitatem erat effugiturum, id superficies dilatans ob oculos sistit: intermedium denique est, quod et centro transitum in superficiem, et superficiei vim spargendi lucem per hemisphaeria conciliat. Haec nota et cum diuinis rebus, cumque iis, quae in praefatione capitis primi dixi, confer. Videbis in Sole mundi, in mundo Dei conditoris imaginem palpabilem. Etsi verò ex omni superficiei parte vndique vnum centrum emicat: non tamen efficitur, vndique aequalem esse vim illustrationis. Nam à puncto medio lux perpendicularis exit, et fortius ferit, à lateribus refracta debilitatur. Id enim ex Opticorum doctrina refractionis ingenium est. Proinde et maior Solis portio maiorem illustrandi vim obtinet, minor minorem. Sol Trinitatis imago.

2. *De Lunae illustratione*

Haec antiquissima Astronomiae pars fuit, vt in re omnibus obuia causas inquirerent; vnde scilicet eueniret, vt Luna menstruo circuitu nascatur et vanescat: variasque species induat.

† Berosvs Chaldaeus, referente Diogene Laertio, Lunam docebat esse ex dimidia parte lucidam, seu vt Cleomedes refert, semigneam, ex residua lumine omni orbatam: fierique ex globi conuersione, vt lucida pars post corpus latens paulatim magis atque magis emergat.

Huius sententiam Thales Milesius meliorem reddidit, primusque id quod res est, totum hoc hemisphaerium à Sole illustrari, Lunamque nulla ex parte se ipsa lucere dixit: Quod Plvtarchvs Anaxagorae tribuit.

Poterat id BEROSVS vel ex eo colligere, quod ad oculum patet, non semper easdem Lunae partes lucere. Quam enim nobis in Luna faciem ex macularum dispositione imaginamur, illa successiuè enititur in lucem, semperque immobilis ad nos deorsum conuertitur, luci transitum su|per 227
sese concedens. Est in occidentali Lunae margine, paulò supra oculum, versus verticem, macula nigerrima, puncti instar, in media et clarissima luce, separata à maculis, ceu insula à continentibus, vix digiti latitudine ab extremo limbo distans. Hanc ibi, nempe in occidentali margine, et paulò versus verticem cernes, seu diuidua Luna sit, seu gibbosa, seu omninò plena. Circulus igitur illuminationis primùm illam attingit, post transit magis magisque, et post plenilunium planè deserit. Quare non eaedem Lunae partes semper in lumine sunt, quod BEROSVS existimabat: Sed eaedem eius corporis partes ad Tellurem, gyrationis suae centrum, perpetuò conuertuntur: ipsa verò Terram circumeundo, alias atque alias Soli partes obiicit, sese ipsa tanquam à veru verteretur, menstruatim ad Solem assans: eo ferè modo, quo COPERNICVS terram ad Solem, ceu ad ignem, dietim conuerti et assari dixit.

Haec de illuminatione Lunae sententia, vti certa est, extraque omnem dubitationis aleam, ita non defuerunt, qui opticis rationibus impugnandam sibi sumerent. Quorum sententia plenè disputata est apud PLVTARCHVM de facie Lunae, et repetita à CLEOMEDE lib. 2. (quamuis SCALIGER hanc eandem instantiam Arabi cuidam, filio AMRAM tribuat). Si Sol, inquiunt, Lunae suam communicat lucem, id per repercussum ad nos deriuabitur, vt non Lunae lumen cernamus, sed in Lunam directis oculis Solis ipsius radios excipiamus. Quo concesso, sequetur, Lunam esse speculum conuexum. Quare in Luna Solis imaginem cernemus. Praeterea non erit possibile, vt vel in toto, vel in diuiduae Lunae dimidiato corpore, Solis radios circumcirca cernamus. Lex enim repercussus haec est, vt ab illo vnico puncto corporis fiat, vbi anguli, quos radii et illapsus et repercussus cum sphaera faciunt, possunt esse aequales. Cùm itaque neque Solis imaginem in Luna cernamus, neque illa vno certo loco, in quo potest esse angulorum aequalitas, illustretur, sed interdum toto corpore, interdum dimidiata, interdum et in extremis marginibus falcata appareat, sequi existimant, vt Luna non luceat radiis à Sole venientibus.

Poterit haec instantia negocium illi facessere, qui omnem | omninò 228
lucem in directam repercussam et refractam distribuit: quartam non agnoscit. Inde est quod CLEOMEDES tanquam in angustias redactus, concludit perperam, habere Lunam etiam proprium lumen, quod excitetur à solari, quâ eo contingitur. PLVTARCHVS verò alia illegitima quaerit effugia. At ego supra rationibus euidentibus cap. 1. p. 22. quartam lucis

speciem, ortam à repercussa et refracta, introduxi, cui nomen communicatae lucis attribui.

Quare etsi his iam expeditis rationibus verissimè euincitur, Lunam non vti luce ex Sole simpliciter repercussa; restat tamen quarta haec communicatae lucis species, Lunae tribuenda. Non enim est alia ratio eius lucis, quae à Luna ad nos descendit, ex Sole orta, quàm eius, quae in quolibet obuio pariete, ab eodem Sole descendens, radiat in omne hemisphaerium, et quacunque Camera illi tenebricosa obiicitur, in eam aperta fenestella ingreditur, seque cum suo colore in opposito albo pariete depingit: vt supra cap. 2. prop. 7. demonstratum est. Quorsum refero illa PLUTARCHI verba, quae reliquis inutilibus excusationibus tandem subnectit, *Luna*, inquiens, *multas habet asperitates, inaequalitates multas, vt fulgores, qui à magno corpore accidunt, altitudinibus non exiguis resplendere possint, ac commodè reflecti, implicari, resplendescentiamque inter se continuare, quasi à multis ea ad nos ferretur speculis:* quibus verbis ferè eam, quam appellare soleo lucem communicatam, descripsit: Melius tamen CLEOMEDES; qui necessariam hanc conditionem addit, non tantum repercuti à Luna solarem lucem, sed etiam alterari in Luna, vt splendorem ignis in ferro, et sic propriam fieri.

Atque hinc iam euincitur, Lunae corpus et densum esse, vt est terra; (quod PLVTARCHVS libello saepe dicto multis contendit) et coloratum impensè, vt quo remoto secundùm p. 22. cap. 1. lux communicata locum non habet; et aspera superficie, ne pelluceat. Opacum enim esse Lunae corpus, omnes vndique conquisitae experientiae testantur.

Arguitur hinc etiam POSIDONII sententia apud MACROBIVM, cuius REINHOLDVS in commentariis super Theorias PVRBACHII, [1] fol. 164. meminit. Qui cùm rectè Lunae eandem materiam tribuisset, quam et terra obtinet, (quae quidem antiquissima Pythagoraeorum sententia fuisse videtur, nec aliud voluere fortasse per suam illam frustra explosam ab ARISTOTELE Ἀντίχθονα, defectuum causam, quam Lunam) in hac tamen eam differre voluit à terreno globo, quod Luna instar speculi lucem à Sole acceptam rursus emittat, cum terra radiis perfusa Solis tantum clarescat, non reluceat. Imo verò par est vtriusque ratio Terrae et Lunae. Nam neque Luna speculum est, quod rectè supra PLVTARCHVS et Arabs ille et CLEOMEDES refutarunt, neque Terra non lucet luce communicatâ: quod capite 2. pro. 7. abundè est probatum, exemplis omnium parietum: suggerente etiam PLVTARCHO exempla vestium. Quod si CLEOMEDES, id quod ipse celebrat, Lunae proprium lumen, colorem dici patitur, quem supra definiui lucem sepultam in materia, in caeteris planè mecum loquitur, mecumque concludit, mecum denique contra POSIDONIVM, vtrique

229

25) und 40) POSSIDONIVM

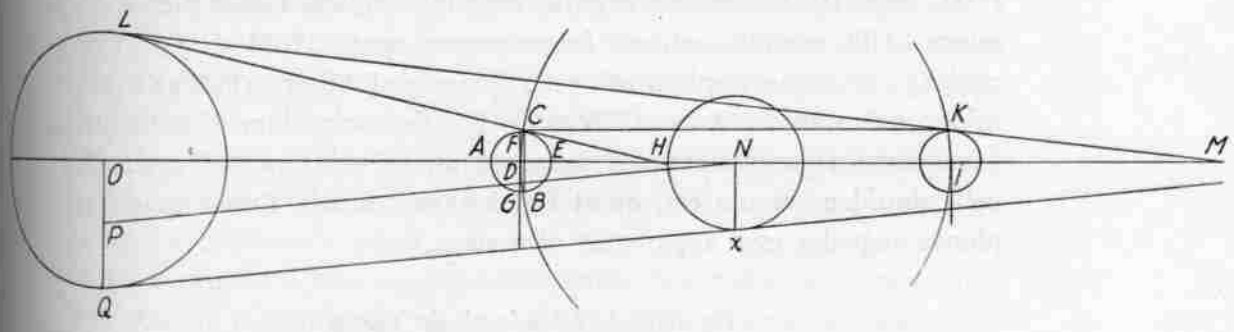
et Lunae et Terrae suos colores tribuit, qui excitati à luce Solis radient in dimidium orbem, vt istâ causâ resplendescentiae Terra et Luna paria faciant. De hac itaque Lunae illustratione certissimi sunt Astronomi: quod à Sole veniat, quodque hîc Lunae corpus ipsum non aliter se exhibeat, quàm quilibet obuius paries.

Hoc fundamento posito, iam varios huius illuminationis modos inde deriuant Astronomi. Primum disputant, cùm Sol sphaerica forma sit, Luna itidem forma sphaerica, sed minori: Lunam igitur plus quàm dimidiâ sui parte à Sole illuminari, et terminum illuminationis esse circulum, minorem tamen eo, qui in sphaerico Lunae corpore maximus describitur, per 27 secundi VITELLIONIS. Hinc iam anticipata cura, cognita distantia vtriusque sideris et diametris, docent, inuestigare magnitudinem circuli illuminationis.

3. *De circulo illuminationis Lunae et Terrae*

Huius cognitio nobis postea seruiet in problematis. REIN|HOLDVS in 230
commentario super Theorias PVRBACHII eruditissimo et digno, qui diligenter à rerum coelestium Studiosis legatur, fol. 165. quantitatem prodit circuli illuminationis hanc. Sit ABC circulus maximus corporis Lunae, ductus per polum illuminationis circuli. Polus seu medium partis illuminatae A. circulus alius maximus ex A polo, per D medium inter AE. sit FG. ei parallelus circulus illuminationis BC. secans globum Lunae infra centrum D. Prodit ergò REINHOLDVS quantitatem BAC 181°. 45′. Ac cùm secundum PTOLEMAEVM Luna in apogaeo appareat aequalis † Soli, vnde fit, vt circulus terminans visionem coincidat cum circulo terminante illuminationem, si contingat, Lunam ad amussim subtercurrere Soli: ideò eadem opera REINHOLDVS prodit residuum de CAB. scilicet CEB arcum, qui partem visam per medium metitur, 178°. 15′. vt vterque simul 360° efficiat. Caeterùm quibus praeterea fundamentis innixus sit hic doctissimi viri calculus, obscurum est. Ipsa quidem quantitas, quod pace tanti viri in commodum artis dixerim, vitiosa est, quod sic demonstro. Cùm assumpserit REINHOLDVS ex PTOLEMAEO talem Lunae ad terram elongationem, in qua Lunae corpus eodem angulo visorio spectetur, quo et Sol: tangat ergò recta CH corpus Lunae, in circuli illuminationis CB puncto C. et continuetur AD axis illuminationis, quoad in H concurrat cum CH. Quia ergò CH tangit Lunam in circulo illumina|tionis, tangit etiam Solem illuminantem, cuius centrum 231
fingitur in DA axe illuminationis eleuatum: idque per 27 secundi VITELLIONIS. Et quia eodem angulo spectantur Sol et Luna, linea verò AD per centra vna est, et linea CH ad margines vtriusque luminaris vna, proinde et CHD angulus vnus et idem. Ergò CHD angulus est, quo

spectatur vtriusque corporis semidiameter. At vtriusque corporis semidiameter à PTOLEMAEO proditur esse 15′. 40″. vt REINHOLDVS ipse dicto libello fol. 209 assumit. Angulus ergò CHD est 15 minutorum. 40 secundorum. Et quia FD est perpendicularis ad DH ex constructione, CH verò tangit circulum in C. vnde DC. quae ex D centro in C contactum, est perpendicularis in CH. erunt igitur FDH. DCH aequales et recti. In



triangulo igitur DCH rectangulo residui CDH. CHD iunctim sunt aequales recto DCH. Sunt autem et CDH. CDF iunctim aequales recto FDH. communi ergò CDH ablato residuus FDC. residuo CHD aequalis est, quare arcus FC. est 15′. 40″. aequalis verò GB. et summa vtriusque 31′. 20″. et FAG semicirculus vel 180°. Ergò CAB 180°. 31′. 20″. et residuus CEB 179°. 28′. 40″. Haec est omnium maxima quantitas arcus CAB. nempe tunc cum Luna et in apogaeo est, et noua. Perpende namque, quòd H sit mucro vmbrae Lunae, idemque et locus, in quo Sol et Luna aequali angulo spectantur. Et cum eiusdem globi vmbra longior, fiat acutior, si nempe globus illuminandus à globo maiore illuminante discedat longius. Ergò vbi longius discesserit Luna à Sole secundum rectam lineam, ibi et vmbrae mucro erit acutior, quàm est angulus 31′. 20″. visionis in apogaeo. Quare Luna noua in perigaeo, cùm secundum notionem vocis, ad terram accesserit, ac proinde à Sole recesserit, acutiori angulo finiet vmbram. Rursum Luna plena, quando 60 ferè semidiametris terrae longiùs à Sole abest, quàm terra, (cùm in nouilunio totidem semidiametris Soli propior fuisset quàm terra) multò acutiori mucrone vmbram claudet: multò igitur minor erit arcus FC. quàm 15′. 40″. idque secundum placita PTOLEMAEI, quae hîc ex REINHOLDI sententia sumus secuti. [1]

232 Vt autem et sciamus, quanti sint arcus FC vel GB. cùm omnium minimi sunt. Continuetur ergò DH in I. et fiant HI. HD aequales, (dissimulata iam semidiametro terrae) vt Luna sit in apogaeo rursum, et vicissim plena. In quo situ tangat Lunam et Solem recta KL. concurrens cum HC producta in L. continuenturque LK et DI ad concursum in M. et sit HL ex placitis PTOLEMAEI 1210 semidiametri. HC verò et HK 64.

vt CK sit 128 ferè et CL. subtracta CH sit 1146. Hîc enim subtilitate non est opus. In triangulo igitur LCK. dantur latera LC. CK. et angulus LCK. cùm enim CK et DI sint paralleli, erunt DHC et HCK aequales: quare LCK residuus ad semicirculum, scilicet 179°. 44'. 20". Hinc prodit angulus CLK 1'. 34". In triangulo igitur HLM angulus HLM est 1'. 34". Sed exterior LHD. vel CHD. aequalis est interioribus et oppositis HLM. HML. ergò HML dimidius angulus acuminis vmbrae Lunae plenae est minor LHD. acumine vmbrae Lunae nouae, spatio HLM 1'. 34". Erit ergò 14'. 6". cuius duplum 28'. 12". Quare hic CAB erit 180°. 28'. 12". minor quàm antea. Arcus CEB verò dimetiens circulum visionis CB. Lunâ rursum apogaeâ et plenâ, manet idem, qui prius, nempè 179°. 28'. 40". siquidem verum est, quod PTOLEMAEVS docuit, Lunae nouae et plenae aequales esse apparentes diametros. [1]

De Circulo Illuminationis Terrae 233

Cùm Luna plena vmbram Terrae dimetiatur duplo sesquiplo suae diametri, acutior erit vmbra terrae et longior, vmbra Lunae plenae: circulus igitur illuminationis propior circulo maximo. Hunc VITELL. pro. 59. decimi, docet inuestigare in hunc ferè modum. Assumit ex astronomicis distantiam Solis à Terra, qualium semidiameter Terrae est pars vna, esse 1210. earundem verò semidiametrum Solis esse 5 ½. In superiori schemate sit N centrum terrae HR. Tangat recta RQ corpora Solis et Terrae, et in puncta contactuum R. Q perpendiculares ducantur ex centris NR. OQ. denique ipsi RQ parallelos ex N agatur NP. secans OQ in P. Cùm ergò OQ sit 5 ½ qualium NR 1. erit OP talium 4 ½ et ON 1210. In OPN ergò rectangulo dantur latera OP. ON. quare non latebit angulus ONP. 12'. 48". Quod si QR continuetur, concurret cum ON eodem angulo, determinans vmbrae mucronem. Ergò angulus vmbrae est 25'. 36". Et proinde circulus illuminationis terrae secabit circulum maximum per axem illuminationis in 180°. 25'. 36". arcum.

4. *De Lunae Phasibus*

Quomodo iam fiat, vt Luna ex Solis radiis prodiens primum corniculata seu falcata, post bisecta, inde gibba seu amphikyrtos, et denique plena, indeque contrario ordine gibba bisecta falcata appareat, et denique se rursum sub Solis radios condat, satis docuit REINHOLDVS ex VITELLIONE, et passim repetunt libelli sphaerici.

Summa apud VITELLIONEM breuiter haec est: lib. 4. pro. 65. probat discum Lunae planum videri necessario (quod idem et ARISTOTELES

22) contractuum

in problematis sectione 15. c. 7.) prop. 66. et 70. minus semiglobo Lunae videri, et terminum visionis esse circulum: prop. 67. Quo propior nobis fiat Luna, hoc videri maiorem, at hoc minus re vera visu comprehendi, quod VITELLIO ab EVCLIDIS Opticis est mutuatus.

234 Iam prop. 74. aggreditur phases ipsas, et primùm de Luna | plena disputat, tunc apparere plenam, cum visus est inter Solem et Lunam, et circulus visionis in parte illuminata totus comprehenditur, aut circulum illuminationis tangit. Propositione 75. demonstrat, cùm secant se mutuo circulus illuminationis et visionis, axes verò obtusum faciunt angulum, videri gibbosam Lunam. Prop. 76. cùm secant se axes ad rectos angulos, bisectam videri Lunam. Prop. 77. cùm secant se ad acutos angulos, Luna iam ferè interposita inter Solem et visum, aut ei plus appropinquante, falcatam videri.

Haec firmiter à VITELLIONE demonstrata, non indigent pluribus verbis. Addam tantummodo notulas aliquas. Ergò ad prop. 65. REINHOLDVS hoc monet. Cùm sphaera Lunae sit angusta, Luna nobis vicina valdè, *plerumque in corpore Lunae apparere*, non meram planitiem, sed *quiddam tumidum atque eminens, paulò lucidius, ex quo medio vndique ad extremum ambitum, maculosae quaedam ceu rimae aut fissurae decurrant.* Id REINHOLDI visus acumini credendum est, quem PLVTARCHVS libello de facie Lunae confirmare videtur his verbis: *Atrae in Luna apparentes maculae, quasi isthmis quibusdam à splendore vmbrosa diuidente, ita distinguuntur, vt auulsa à se et suis finibus circumscripta sint et lucidorum in vmbrosa penetratio texturae cuiusdam figuram efficiat.*

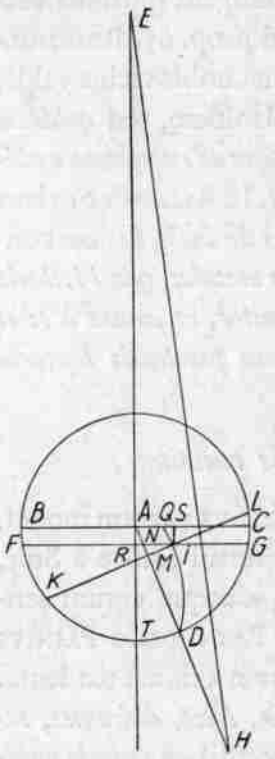
5. *De aetate Lunae cognoscenda ex Phaseos quantitate*

Iam quod ad ipsas Lunae phases attinet, REINHOLDVS rursum monet, augmentum luminis propemodum respondere digressui Lunae à Sole, quod ex PLINII obscuro quodam loco mutuatur, eiusque verum sensum coniecturis venatur. Mihi paulò aliud quàm REINHOLDO PLINIVS dicere videtur; summa tamen sententiae in hoc ipsum axioma tendente. PLINII itaque locum prius explicabo. *Luna*, inquit, *lucet, dodrantes, semuncias horarum adiiciens*, (accumulans suae parti lucenti) *ab secunda* aetatis suae die: nam ante latet vel silet, *vsque ad plenum orbem, detrahensque* pleno orbi *in diminutionem*, et tandem in plenariam extinctionem. Id est:
235 quia Luna in | oppositione duodecim horis post Solem in medium coeli venit, et verò vt as, ita totum Lunae corpus, ipsum quoque in duodecim partes seu digitos diuiditur: ideò quot horis Luna à Sole distat, tot vnciis seu digitis lucet, ac cùm non duodecim, sed quindecim diebus impleatur à primo exortu: Igitur non quolibet aetatis die integrâ

39) exortu. Igitur

horâ distat longiùs à Sole, nec integrum digitum adiicit parti lucenti: sed dodrantem et semunciam, hoc est, 45 minuta, et 2 cum semisse minuta, in vniuersum 47 cum semisse minuta, vnius digiti, eo quod 47½ horae minutis à Sole digreditur dietim: distributis enim 12 horis in 15 dies, veniunt vni diei 48 minuta. PLINIO verò praecisior denominatio non suppetebat, quàm dodrantis semunciae. Itaque et PLINIVS agricolis et patribus familias regulam tradit, ex latitudine lucentis cornu discere aetatem Lunae, hoc est, digressionem eius à Sole, motu medio. Hanc regulam si quis ad amussim sequi velit, REINHOLDVS monet, fallere nonnihil. Nos et veri propinquitatem et aberrationem leuiculam demonstrabimus hoc schemate.

A centro scribatur circulus maximus corporis Lunae BCD. in ea BAC diametros, eique ad rectos EAT. Sitque E centrum Solis, ergò circulus illuminationis erit parallelus ad BAC. scilicet FG. Iam sumatur H punctum extra lineam EA. quod designet locum in superficie terrae, in quo visus consistit, et ducatur AH linea axis circuli visionis Lunae, qui sit KL. et connectatur EH. Cùm ergò in triangulo AEH vigecuplo ferè longius sit latus AE. quàm AH. multò igitur maior erit angulus AHE. determinans digressio-
nem Lunae à Sole, quàm angulus AEH. vtris- 236
que verò iunctis aequalis est exterior et oppositus TAH. Ergò TAH maior quidem est AHE digressione ☽ à Sole, sed exiguo maior. Sed TAH est angulus, quo inclinantur AH axis visionis, et AE axis illuminationis, ad quem angulum latitudo lucentis cornu sequitur. Ergò latitudo seu augmentum lucentis cornu ferè quidem, non tamen omnimodè, respondet digressui Lunae à Sole. REINHOLDVS differentiam in quadraturis, vbi maxima est, ostendit esse graduum trium semisse plus vel minus.



Quod si omnes subtilitates libet consectari, aliud etiam deest huic modo, nempe cum FG circulus illuminationis non saepè sit aequalis KL circulo visionis, sed plerunque minor. Ergò hanc quoque ob causam proportio inter augmentum partis lucentis, et discessum Lunae à Sole nonnihil turbatur.

Etsi verò nihil turbaretur proportio, neque ab hac, neque ab illa causa, non tamen ideo visus citra errorem sit futurus, si ex dodrantibus

17/18) axis visionis 37) à — — Sole

semunciis latitudinis cornu lucentis, dies aetatis Lunae, seu digressionem à Sole scrupulosè velit colligere. Digiti enim etsi intra terminos visionis sese recipiant aequaliter, quò propiores tamen sunt circulo visionis, hoc apparent angustiores, quò magis appropinquant centro disci lunaris, hoc latiores apparent. Cuius rei demonstratio propemodum eadem est cum illa, quae ostendit, cur subtensae arcubus circuli non fiant proportionales, sed quò minores arcus, hoc sint illis subtensae aequaliores: et cum in principio quadrantis 2909 particulae diametri † minutum vnum addant, in fine totidem particulis integri 13 gradus 10 51 minuta respondeant. Nempe totum Lunae aspectabile hemisphaerium, vt supra ex lib. 4. p. 64. VITELLIONIS dixeramus, apparet planum; proinde quilibet eius semicirculus per polum hemisphaerii visibilis ductus, apparet linea recta, vnde fit vt partes circuli, partibus rectae respondeant, et aequalibus vnius rectae, in aequales arcus, latiores qui visui directè obiiciuntur, exiles qui in decliuia globi versus visionis terminum sese subducunt.

Haec adeò causa est, cur prima nascentis Lunae incrementa valdè 237 tardè appareant, et vltima euanescentis decrementa, at | vbi Luna dichotomos, ex diligenti aspectu sectionis faciei Lunae, intra paucas horas 20 iudicium de vera quadratura ferre possis.

Anno 1602. die 11. 21. Decembris vesperi, cum non respexissem ad horam quadraturae Lunae: videbatur mihi Luna adhuc caua, hora dimidia sexta post meridiem. Atqui iam ad terminum τῆς διχοτομίας venerat. Nam Sol haerebat in 29°. 30′. ♐: Luna iride vestita angustâ, vt hanc inter et marginem Lunae posset diameter Lunae interesse, transiuerat* stellulam quandam in constellatione piscis, sic vt haec in iride Lunae haereret. Apparet hinc etiam, quanta sit certitudo delineationis † Lunae crescentis et senescentis, quam docet ALBATEGNIVS cap. 30. et 40. et quàm illa digitorum numero ad visum (quod nimis facilè con- 30 cedere videtur REINHOLDVS) non respondeat.

* Dum inquiro quaenam haec stella fuerit, nullam hoc loco reperio, praesertim tantae magnitudinis, vt iuxta Lunam diuiduam cerni possit. De obseruatione tamen etiamnum certissimè constat. Anne igitur hoc nouum aliquod phaenomenon?*

6. *Nullum vnquam fuisse merum nouilunium* παράδοξον

Quod iam in specie ipsam plenilunii phasin attinet, monet ipse VI- † TELLIO prop. 74. in explicatione, et ex ea REINHOLDVS, habere hanc phasin suam temporis latitudinem. Etenim quia Sol in plenilunio illustrat partes 180°. 28′. 12″: nos verò videmus Lunam apogaeam sub angulo 30′. perigaeam aliquot scrupulis maiorem, et arcus circuli maximi per polum visionis tanto minor est semicirculo: iuncto illo excessu et hoc defectu colligitur gradus circiter vnus. Itaque sub ipsum verissimae oppositionis momentum distant vterque circulus vi-

sionis et illuminationis, vndique circiter 30 minutis. Quoad igitur Luna conficit vnum gradum, per horas scilicet duas, durat phasis plenilunii; ab eo scilicet tempore, quo circulus visionis tangit circulum illuminationis in parte Lunae orientali, ad illud punctum, vbi contactus fit in parte occidentali. Haec est ratiocinatio authorum iam allegatorum.

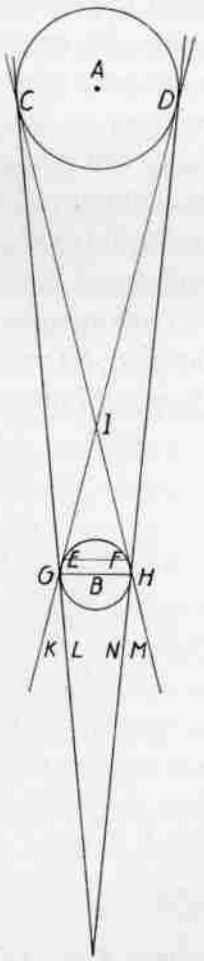
Verùm quia hîc ἀκριβολογοῦσι, liceat et mihi contradicendo ἀκριβολογεῖν. Audiant hanc nouam et admirabilem vocem; quam ex his ipsorum fundamentis extruo: nunquam nec visum esse, nec videri posse vllum perfectum plenilunium. Tantum abest, vt vnum plenilunium duas horas duret. Etenim quia semidiameter | vmbrae 238 aequat duas semis lunae semidiametros, addita vna Lunae semidiametro, vt centra Lunae et vmbrae spatium iustum expers vmbrae admittant, conficientur circiter 64. aut 66 scrupula: totidem necesse est, lunam abesse à Solis opposito seu in longum seu in latum; nisi vmbram delibare velit. At tanto spatio distans ab oppositione iam fit intersectio circulorum illuminationis et visionis: quia hi in distantia Lunae et oppositi loci Solis 30 scrupulorum se mutuo tangunt. Aut igitur nequit impleri Luna ob latitudinem Boream vel Austrinam, aut si potest impleri, articulos peragrans oppositionis, priusquàm impleatur, deficere incipit, vmbram terrae subiens. Nisi forte distanti in Boream parallaxis Austrina, vel contra subueniat.

Atque haec de plenilunio. Consimilia ferè de nouiluniis dici possent. Nam quocunque loco Luna in nouiluniis Solem intactum praeterit, ob causas iam dictas, cornu habet residuum. Quin etiam in ipsissima centrali coniunctione, si fortasse minor appareat Sole (de quo infra) circulus illuminationis descendet intra circulum visionis, et videbitur (si Solem interim abscondi contingeret à nostro visu) limbus circulariter illuminatus. Iam autem praefatus sum, me cum authoribus ἀκριβολογεῖν. Nam quod rem ipsam attinet, defectus iste in plenilunio perexiguus est, quod hinc facilè colliges: quod iam modò dixi, insensiles esse partes illas versus circulum visionis decliues, quantumuis satis magnas. Esto namque distantia luminum 179 graduum, et respondeat iam integer gradus in circulo globi Lunae maximo per vtriusque circuli illuminationis et visionis polos ducto, quo gradu transcenderint se mutuo hi circuli. Cùm ergò 90 gradus subtendantur 100000 particulis, 89 gradus particulis 99985. residuus igitur gradus residuis 15 particulis subtendetur, quae vix est septies millesima particula de Lunae semidiametro. Ex his apparet nullum subesse periculum obseruationibus, quando altitudo Lunae instante oppositione, per summum et imum Lunae marginem fuit explorata: etsi Luna propter Boream latitudinem ab Austro, vel

contra nondum penitus fuerit impleta. Non tamen negauerim, quin haec
239 causa initia et fines Eclipsium red|dat obscuriores, sicut solent esse valde dubia, eo quod qua Luna solet vmbram ingredi, illa parte propter sectiones circulorum illuminationis et visionis, nudior adhuc à luce esse solet. Quare in vicinia vmbrae, vbi valdè tenuis particula de corpore Solis hunc Lunae marginem illustrat, lumen etiam Lunae valde hebescere conuenit.

7. *De* συναυγείᾳ, λιπαυγείᾳ *in illustratis, et penumbra Terrae*

Accedit namque, quod ex illa parte Lunae, quae iamiam vmbram
10 est delibatura, circulus illuminationis rumpitur, seseque recipit intra circulum visionis longius adeoque minus à polo illuminationis distat, quàm circulus maximus, quod sic demonstro: Centris A. B. scribantur circuli maximi, Solis CD. Lunae EFHG. Tangatque dextras circulorum partes recta DH. sinistras CG. Rursum autem dextram Solis et sinistram Lunae partem tangat recta DE. reliquas partes recta CF. secans DE in puncto I. Quicquid igitur est inter EF puncta, à toto Solis aspectabili hemisphaerio collustratur. Dicatur verò notionis causa συναύγεια. Con-
20 nectantur EF. et GH. repraesentantia circulos integros, minores. Quicquid igitur est inter hos circulos, id collustratur quidem ab aliqua corporis solaris particula, sed nullum eius limbi punctum à toto aspectabili corpore Solis: adeo semper aliquid de Sole deest, et post Lunae corpus occultatur. Dicatur haec λιπαύγεια.

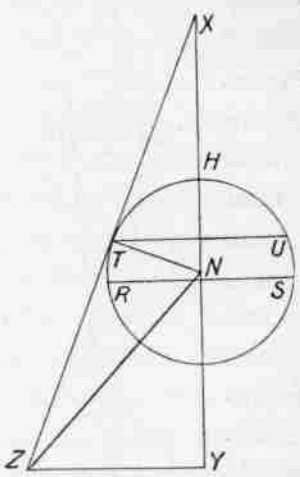


Quod si EFHG intelligas terram esse; valeant appellationes eaedem, et productis aliquousque lineis DE in K. CG in L. CF in M. DH in N. quod est inter KL. NM penumbra dicatur, LN verò vmbra. Cùm
30 ergò partes Solis C. illuminent lunam GE vsque in F.
240 D verò EF vsque in H. patet ad oculum, quod | puncto D intersepto, punctum H lumen nullum recepturum sit, et partibus DA versus C paulatim interseptis obiectu Terrae, lumen ab H paulatim, vsque in F extinguetur. Quare GH circulus λιπαυγείας, qui fuit in superioribus circulus illuminationis, rumpetur ex parte H. seque versus F circulum συναυγείας recipiet, idque multò ante quàm incipiat eclipsis. Vt autem quantitates inuestigentur, rursum ponamus ea, quae VITELLIO et REINHOLDVS posuere, distantiam Solis

1) hac

à Terra 1210. Lunae à Terra 64. quare Lunae plenae à Sole 1274. quae est linea AB. Appareat autem vtriusque luminaris semidiameter 15′. 40″. patet sine calculo quod punctum I. sit in ipsa Terra futurum. Nam si in vera oppositione EIF. et CID sint aequales, I visum repraesentante: tunc EID vna recta erit, et FIC etiam. At ex constructione quoque rectae esse debent. Ergò I Terra est, et EF circulus συναυγείας, idem et circulus visionis est. Siquidem possibile esset, luminaria verè opponi citra tenebras. Hinc vt antea, datur EG vel FH arcus dimidii circiter gradus. Proinde etiam inclinato circulo visionis EF. vt tangat GH in H. portio FH extincta ante principium Eclipsis vt prius, vix apparebit quatuordecies millesima particula semidiametri Lunae. Quod addere volui, ne imperitiores in metu constituerem, hac ad viuum resectione. Nullum enim in principio vel fine eclipseos periculum est, etsi circulus λιπαυγείας ante tempus rumpatur, et vel penitus euanescat, inque circulum συναυγείας concedat, tantummodo hoc facit ad causas reddendas eius rei, qua de iam antea constat Astronomis, cur scilicet adeò dubia et infida sint principia et fines luminarium Eclipsium? et cur lumen Lunae in confinio vmbrae adeò pallidum, et quasi aquâ dilutum appareat: adeo vt VITELLIO lib. 4. p. 77. affirmet saepe videri Lunam ex parte deficere, nullatenus ingressam vmbram.

Exploremus verò et in terra, quanta sit συναυγείας, quanta λιπαυγείας latitudo. Sit vt supra Numero 3. N centrum terrae HR. in ea RS circulus illuminationis seu λιπαυγείας. Demonstratum est, Solis centro in linea NH versante, ita vt qui in R. alterum eius cernat marginem, qui in S. oppositum, Arcum RHS esse 180°. 25′. 36″. Quaeritur THV arcus συναυγείας. Cùm igitur Sol ponatur à PTOLEMAEO 31′. 20″. de circulo magno subtendere, patet quod qui ex R per 31′. 20″. circuli magni vsque in T processerit, illum, si prius in R vidit supremum Solis marginem horizontem stringere, visurum iam in T totum Solem. Nihil enim hic turbat Solis parallaxis, quae in gradibus horizonti vicinis penè est immutabilis. Porrò idem accidet ei, qui in S summum Solis marginem in horizonte viderit: progressus enim versus V per 31′. 20″. circuli magni (quia arcubus in terra respondent similes arcus in coelo) videbit totum Solem, et consistet in termino συναυγείας, connexis TV erit hic circulus συναυγείας, differens ab arcu RHS. minutis 62′. 40″. Quare THV erit 179°. 23′.



2) lineae AB. diameter 15′. 40″. 5) et FID etiam

Hinc iam et hoc inuestigetur: quanta sit penumbra in transitu Lunae. Producatur NH et in T circulum tangat aliqua, secans NH in X. et continuetur XT. quousque sufficit, et connectatur TN. Erit ergò TXN tantus, quantum est dimidium complementi THV ad semicirculum, quod erit 37′. per ea, quae Numero 3. demonstrata sunt. Ergò TXN est 18′. 30″. Qualium ergò TN est 1. talium NX. quae rectum T subtendit, est 186. Apponatur ad XN recta NY. quae distantiam Lunae plenae à Terra denotet, sitque secundum PTOLEMAEVM, vt prius 64. Tota igitur XY 250 erit. Excitetur recta YZ secans XT productam, et determinans profunditatem penumbrae et vmbrae simul. In triangulo igitur XYZ angulus X est cognitus et Y rectus, latus verò XY 250 est. Ergò YZ fiet $1^{345}/_{1000}$ semidiametri Terrae. Connexis ZN fit nouum triangulum ZYN rectangulum datorum laterum circa rectum. Datur igitur angulus ZNY. 1°. 12′. 14″. vel scrupula $72^{1}/_{4}$. Penumbrae cum vmbra profunditas. Vmbrae verò est circiter 45′. differentia 27 plus minus. Nam vmbrâ, ex accessu Terrae ad Solem, decrescente, crescit penumbra, et Luna per crassiorem vmbram transitura, tenuiorem inuenit penumbram. | Itaque nondum incipiente Lunâ deficere verè, iam totum ferè Lunae corpus in penumbra est, et circuli λιπαυγείας exigua portio est residua: denique et perexigua Lunae portio, totali Solis lumine fruitur. Vnde fit, vt Luna instante eclipsi valdè sit pallida, claritasque plenilunio vsitata vehementer offuscetur. 242

Illud etiam hoc loco considerare operae pretium est, an Lunae lumen possit vndique aequalis apparere claritatis? Supra quidem REINHOLDVS affirmauerat, in medio videri lucidiorem. Et ratio videtur postulare, vt vbi plus spargitur lumen Solis, plus etiam attenuetur. Plus autem spargitur versus disci apparentis circumferentiam: Eadem enim et visionis et illustrationis est ratio: supra verò num. 5. dicebamus, si angulus, quo Lunae corpus spectatur, in duodecim partes aequales diuidatur, minorem superficiei partem videri à partibus anguli mediis, maiorem ab extremis. Diuidatur ergò et angulus illustrationis, seu lux ipsa in Lunam illapsa, in totidem partes; tantundem igitur lucis respondebit superficiei partibus extremis magnis, quantum intermediis angustis, quare latius diducetur lux in extremitatibus, et obliquius incidet. Denique cum λιπαύγεια claudat extremitates, συναύγεια medium occupet, medium itaque clarius erit.

Ego verò nihil his moueor rationibus, aut certè perparùm. Nam quod συναύγειαν attinet, illa sic totam Lunam occupat, vt circulus λιπαυγείας, etsi praecisa concedatur oppositio sine tenebris, euanescat, comparata

12) $1\frac{345}{1006}$

ad reliquam diametrum: in oppositionibus verò non solidis, potissima parte latet, et qua συναυγείᾳ cohaeret, parùm ab illa differt. Etsi verò lux Solis plus in extremitatibus Lunae spargitur, at vicissim plus densata sese ingerit nostris oculis in oppositionibus quidem; et quidem eodem angulo, quo in illam maiorem superficiem distribuitur. Confirmatur hoc experientiâ minus fallibili. Lumen enim Lunae plenae in obscuram Cameram intromissum, eo artificio, quod supra capite secundo descripsi, clariorem in albo pauimento limbum repraesentat, quàm medium, propter maculas, medium obtinentes. Quod verò intuenti Luna in medio clarior cernitur, videtur esse visus affectio, quem in centrum directum clarae partes circumstant vn|dique, qui si dirigatur in marginem, iam ex altera parte deseritur à claritate, ingerente sese coeruleo coeli colore. 243

At Lunâ iam decrescente, aut nondum plena, planè valent adductae causae, attestante quoque experientiâ. Lumen enim, quod interiorem et cauam seu gibbam eius lineam efformat, valdè debile et dilutum est, eò quòd sparsum per multam superficiem, maiorem in visione angulum occupet in hoc situ, quàm in illustratione.

8. *De Lineis Phasium Lunae*

Docuerat ALBATEGNIVS delineare ex cognitis motibus longitudinis et latitudinis, speciem nascentis Lunae. Eum modum parùm esse certum, suprà vidisti. Quod si cura te incessat certioris picturae, (quanquam hanc à teipso petes) et quae non falcatae solùm Lunae, sed etiam gibbosae conueniat: opus tibi erit cognitione linearum, quibus schema Lunae aspectabile claudatur. De altera quidem, et quae Solem respicit, constat, quòd sit arcus circuli visionis: at quae versus oppositum Solis spectant, non sunt arcus circuli. VITELLIO lib. 4. prop. 25. in genere irregularem dixit esse Lunae gibbum; Prop. verò 77. falcatam speciem affirmat duobus quasi aequalium circulorum arcubus contineri. Scito igitur, vtramque esse arcum sectionis conicae, quae Ellipsis dicitur, quod ARISTOTELES sectione 15 problemate 6 monuit, ego sic probo.

Definit APOLLONIVS superficiem conicam hanc esse, quandocunque circulum linea aliqua, ex aliquo puncto (non in planum eius circuli continuatum incidente) nexa immobiliter, circumit altera ex parte, superficiem creans, donec redeat ad id circuli punctum, vnde ceperat moueri. Iam verò terminus illuminationis Lunae circulus est, vt supra dictum: Visus verò noster habet rationem requisiti puncti. Non enim in planum circuli illuminationis continuatum incidit per totum Mensem, praeterquam circa vtramque quadraturam Lunae cum Sole, vbi etiam sectio

22) si curam incessat

244 Lunae recta | linea esse putatur, minimè verò curua. Igitur quotiescunque Lunam inspicis, conum facis cum circulo illuminationis. Visus n. fit lineis rectis, in vnum centrum oculi confluentibus à rei visae punctis omnibus.

Iam verò dictum est, Lunae globum, videri planum discum, perpendicularem ei, quae ex oculo in Lunae centrum. Planum igitur imaginarium seu potius superficies oculi quasi plana secat conum iam dictum. Iam APOLLONIVS definit Ellipsin hanc esse, quando conus plano secatur, quod neque parallelum sit basi coni, neque subcontrariè positum, sic vt sectio conueniat cum quacunque recta, quae à vertice coni in superficie ducitur; hoc est, vt conus totus abbreuietur. Hae omnes conditiones implentur in hac nostra sectione. Primum enim, quia planum imaginarium, est perpendiculare rectae ex oculo in centrum Lunae; nunquam erit parallelum circulo illuminationis nisi in accuratissima coniunctione vel oppositione Lunae cum Sole: quando hic conus rectus est, quia axis seu recta ex oculo in centrum circuli illuminatorii seu basis, est perpendicularis basi. Et tunc non videtur Luna falcata vel gibbosa. Deinde, cum Luna à Sole digreditur, circulus illuminationis inclinatur ad rectam per suum centrum et oculum ceu axem, et tunc fit conus scalenus. Et is secatur plano ad axem perpendiculari: Sectio igitur non potest esse subcontraria. Tertiò dissecatur etiam totus conus. Id n. semper fit, quando planum est ad axem perpendiculare. Impletis igitur omnibus conditionibus, phantasia termini lucis in Luna eius, qui à Sole loco videtur vlteriore, cauum Lunae falcatae, gibbumve αμφικύρτου determinans, erit elliptica: quod erat demonstrandum.

Quare, si totus circulus illuminationis cerni posset, perfectae Ellipsis figurâ appareret. At quia dimidia pars vel eâ quid amplius post corpus Lunae latet, quantum igitur videtur, id arcus tantummodo est Ellipseos. Id non tantum ad picturam schematis necessarium est scitu, sed etiam infra in quodam problemate vtile. Posset ex 56. quarti VITELLIONIS probari, sed demonstratio non praestat id, quod pollicebatur propositio, Circulum obliquè inspectum videri sectionem columnarem. Quia non quaelibet columnari vicina, columnaris est. Si hoc demonstrasset VI- † 245 TELLIO, | iam SERENVS reliquum supplesset, qui ostendit coni et columnae sectionem esse eandem. Hoc itaque differt defectus falcatae Lunae à defectu obtenebratae, quod ille terminatur Ellipsi, hic perfecto circulo.

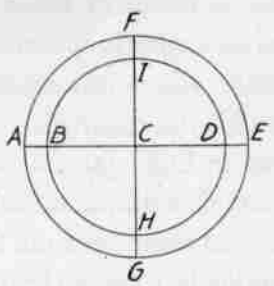
Quemadmodum verò sectio falcatae vel gibbosae Lunae est elliptica, sic dimidiatae necessariò quidem recta apparere debuit. Vide VITELL. l. 4. p. 76. et ARIST. loco dicto. Videtur autem ei ad rectitudinem exiguum aliquid deesse. Anno 1602. 11. 21. Decembris vesperi diligenter

17) parallelos basi 27) ea

intuitus censui superius cornu acutum, inferius nonnihil obtusum: id diligentius explorare cuilibet obuium est.

Illud etiam considerandum, an planè bisecetur Luna. Primum enim, etsi circulus visionis, circulus esset maximus, tamen circulus illuminationis, qui sectionem repraesentat, transcendit medium circulum. Supra Numero 3. CAB in Noua Luna fuit 180°. 31′. 20″. in plena 180°. 28′. 12″. Ergò in dimidiata erit 180°. 29′. 46″. Et circulus illuminationis transcendit medium per 14′. 53″. Sinus 433 est de 100000 toto sinu ducentesima quadragesima pars. Starent itaque ex altera parte lucida 241. ab euanida et tenebrosa parte 239.

Iam verò neque circulus visionis aequat circulum maximum, et in hoc proportio fit maior partis lucidae ad tenebrosam. Sit circulus Lunae maximus FAGE. circulus illuminationis FG. eique AE ad rectos per centrum, vt sit proportio latitudinum obscurae et lucidae partis, quae AC. ad CE. Sit iam BIDH circulus visionis minor ex eodem centro, vt pars apparens lucida sit ICHD. obscura ICHB. Cùm ergò de proportione AC. CE aequalia AB. DE sint ablata, residuorum igitur BC. CD proportio maior erit.



Haec quidem ad speciem contra bisectionem dici possunt. At cum latitudo AB. respectu BC planè sit insensibilis, vt supra dictum: erit et proportio insensibiliter alia. Sed nec proportio 239 ad 241. sensu distingui potest à proportione aequalitatis. Altera enim alteram 15″ circiter secundis excederet. Quare tutò contemni potest. Atque hoc quoque infra expediet, hac nos suspicione liberatos esse. 246

Superuacaneum est hic agricolarum regulas repetere, quomodo ex cornuum habitudine, quae semper à Sole sunt auersa, ex demonstratis Luna senescens à nascente distinguatur: qua de re Plinii locus ex lib. 18. cap. 32. solet allegari.

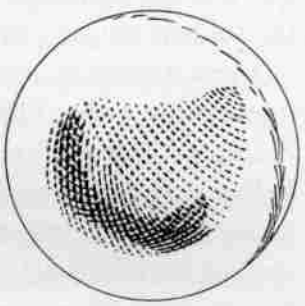
Nec illud Astronomos moneri multum refert, quomodo ex inclinatione cornuum zodiacum sibi imaginari crassiori minerua possint: et quomodo, cornibus in perpendiculo stantibus, de nonagesimo gradu Eclipticae certiores reddantur. Denique vti linea per cornua producta visum in polum eclipticae inducat. Haec enim passim sunt obuia.

9. *De Lunae maculis*

Etsi Physicis hoc disputandum relinquitur, quid sint in Luna maculae: cùm tamen istae plenilunio potissimùm emicent, accedat et haec consideratio ad numerum. Et Physicus quidem, etsi quaestionem planè expedierit, parùm ea profuerit Astronomo, (vt fortè ex situ macularum

eadem discat, lunâ plenâ, quae ex inclinatione cornuum lunâ falcata: cùm circulus illuminationis, superficiem transiens Lunae, non rectam secet in dextram et sinistram, nec in superiorem et inferiorem partem, sed transuersim à dextro oculo ad sinistrum oris angulum) Astronomus verò Physico multa suppeditat enodandae quaestionis argumenta. Quam-
† uis hoc argumentum pleno libro disputauit PLVTARCHVS, de facie Lunae titulo facto. In eo prima opinio eorum est, qui faciem Lunae putant esse visus affectionem. Multis hoc et densis argumentis ibi refutatur. Ego experimentum oculare addo.

Anno 1602. 21. 31. Decembris manè hora 6 per artificium capite 2.
† descriptum, et instrumentum ad hanc rem confectum, cuius infra subiicietur descriptio, Luna clarè seipsam pingebat in subiecta papyro, situ euerso, sic vt in coelo erat, gibbosa: Margo circumcirca lucidissimus et candidus, nisi à parte gibbi: nam ibi dilutior cernebatur. Me-
247 dium verò vna continua | macula seu tenebrositas erat, obscurior alibi, alibi clarior. Neque putes in papyro fuisse, quod sim opinatus inesse radio Lunae; transferebatur enim et gibba facies, et macula in eius medio in omnes papyri partes, quascunque illi subiicerem: quin ex motu papyri primum fuit agnita macula. Figura maculae, qualis quidem per foramen satis laxum ad duodecim pedum distantiam formari confusiuscule potuit, repraesentabat Hebraeum Samech, oppleto ventre: angulo illo (nam in caeteris partibus ferè erat rotunda) propemodum versus medium gibbi protenso. Nec hac solummodo vice, sed saepius periculo facto, semper sese cum lumine macula ingessit, vt impossibile sit visus esse emphasin.



Multas illo libro PLVTARCHVS affert de hac Lunae facie opiniones, aliquas etiam REINHOLDVS, quarum hanc VITELLIONIS maxime probat, quae Lunam perhibet radios Solis transmittere, aliis partibus aliter: quae verò nobis appareant maculae, densiores esse partes, quibus Sol parum luminis infundere possit. Hinc adeò fieri existimat, vt Luna videatur, etiam cùm totum nobis Solem eripit, obiectu sui corporis: tunc enim transire radios Solis aliquatenus, visumque nostrum incurrere. Verum vt apparet, VITELLIO non de maculis erat sollicitus, cùm hanc eligeret opinionem, sed de hoc phaenomeno, cur in totali Solis Eclipsi Luna videri queat, parte à Sole auersâ. Accesserunt illi auctarii loco maculae. Itaque si nos infra demonstrationem huic phaenomeno aliam accom-
modauerimus, liberabimur hac opinione, quae permultum habet difficultatis, causamque macularum, non repugnantibus his authoribus,

aliorsum conferemus. Concinnè namque PLVTARCHVS ex illo eximio Lunae splendore à Sole mutuato colligit, densissimum oportere corpus eius esse, quod minimum lucis in profundum demittat. Id facilè patet collatione instituta cum resplendescentibus aliis, penes nos, quorum, quo magis quidlibet perspicuum, hoc minus repercutit radiorum. Nec ita | multis Terrae diametris à nobis Luna discessit, vt à Terrenis 248
ad lunaria argumentari, visu praeside, nequeamus. Quòd si aër noster paucorum milliarium profunditate Soli occumbenti obiectus, ita debilitat eius radios, vt vmbra penè careant opaca Soli exposita; idemque vt infra dicetur, duplicato hoc spatio planè vmbram vsque ad Lunae corpus prorogat: An non rariorem hoc ipso nostro aëre fecerimus Lunam, si per quingenta milliaria germanica corporis lunaris (tanta namque ferè est dimetiens Lunae) transire posse Solis radios asseramus, et sic quidem transire, vt in oculos incurrant.

Elegantissimum est illud PLVTARCHI opusculum, et festiuissimum, dignumque, quo se Philosophus, depositis aliquando studiis grauioribus, oblectet. Quae adeò causa est, vt non inuitus cum ipso tandem authore in hanc sententiam concedam, cuius mihi quidem iam pridem et MOESTLINVS Praeceptor meus author fuit: dicamque, Lunae tale esse corpus, quale haec nostra terra est, ex aqua et continentibus vnum globum efficiens. Id quidem pertendit PLVTARCHVS, multisque rationibus et oratoriè et argutè communit contra varias obiectiones: vt meritò mirari possit Peripateticus aliquis, tàm multa et solida contra suae sectae placita disseri posse. Me potissimùm ista confirmant. Primum supra dictum est, Lunam, cum bisectam faciem repraesentat, sectionem inaequalem ostendere, et quodammodo tortuosam. Id argumento est, partes eius aliquas esse humiles, aliquas elatiores, easque in tantum, vt à sexaginta semidiametris id sensu discerni possit. Deinde in quibusdam lunaribus eclipsibus magna apparet inaequalitas, eaque non ab vmbra terrae prodiens. Notum enim est, montium fastigia rarissimè vnius milliaris spatio attolli: quorum in diametro terrae sunt 1600. Itaque si quid est in terra asperitatis, id in Luna, quae 60 semidiametris abest, insensibile esse, necesse est. Sit enim altitudo montis, quem circulus illuminationis transit, milliare; hoc est, octingentesima semidiametri pars: maneat haec quantitas etiam eius vmbrae ad Lunam, cumque sexagies octingenta, hoc est, quinquagies mille ferè milliaria sint, vsque ad illam montis vmbram; subtendet igitur vmbra | montis vix 4″ secunda. Quare quindecim mil- 249
liarium altitudo demum vnum minutum vmbrae addit, quorum ad 90 sunt in vmbrae dimetiente. Quare si quid irregulare in partialibus Lunae defectibus occurrit, id ab ipso Lunae corpore necesse est originem trahere.

Anno 1599. nocte inter 9. et 10. Februarii stylo nouo, cùm esset coelum pulcherrimum, deliquium Lunae sum contemplatus. Et quamuis carebam instrumentis: non tamen vel ea, quae nudis oculis cernuntur, annotare neglexi. Manè post horam tertiam vrbis, sic Luna se cordi Leonis obuertebat, vt in latus faciei medium perpendicularis ex corde casura existimaretur.

Erat in illam plagam inclinata facies Lunae ferè, vt hominis effigies, cuius dextra auris latet. Id refer ad ea, quae supra numero 2. de facie Lunae dixi. Nam hoc in omni plenilunio fit, certo argumento eandem Lunae faciem semper ad terram respicere.

Videbatur autem hiulcum aliquid supra oculum dextrum, qui nobis è regione nostrae sinistrae erat; quasi extremo circulo aliquid ad rotunditatem deesset.

Cum sonarent tres quadrantes in quartam, defectus existimabatur initium: dubitabatur tamen, diminutio circuli esset, an rima primùm obumbrata, sicut solent valles primùm vmbrae inuolui: idque fuit paulò infra punctum, quod stabat è regione cordis.

Horâ 4 sonante, iam bona pars deficiebat. Et ne nimium me falleret horologium, quae solent saepe sine cura gubernari, coniecturam altitudinis Iouis institui, ex comparatione meae à fenestra distantiae, ad eleuationem limbi fenestrae super meum oculum. Itaque putabatur altitudo Iouis graduum circiter 6. Is quadrante post quartam iam post montem abierat, nondum tamen horizontalis esse potuit. Tunc nondum dimidium in vmbra erat.

Haec addidi, ne vel obseruatiunculae, temporis circumstantiâ carendum esset, vel expressione temporis, lector curiosus errore horologii, si quis fuit, coniiceretur in difficultates. Quae alia de hac Eclipsi annotaui, dicentur infra cap. 7. n. 3. [1]

250 Anno 1598 die 11. 21. Februarii manè cùm Luna paulò ante quintam vrbici horologii, dimidia diametro deficiens erecta stetisset ad perpendiculum, et ex eo momento paulatim pronior, septentrionalem vmbrae terrenae partem peragraret, denique paulò ante sextam adhuc decrescere visa sub nubes se subduceret tenuissimo cum lumine; visa est toto eo tempore (maximè verò superueniente aurora, et diluto lumine partis residuae) quibusdam striis lucidis in vmbram sese insinuantibus, quasi discerpta aut laniata, quique arcus esse debuit, vmbrosam à lucida parte distinguens, asseris confracti limbum repraesentauit inaequalitate sua. Credo equidem adiuuisse crepusculum. Nam ab eadem septentrionali vmbrae parte Luna affecta Anno 1601 Decembri, et hoc 1603 Maio, tale quid non est passa, quod in profundam noctem deliquia deuenerint.

Adde his, quod Luna sub ipsum etiam plenilunium, si diligenter illam intuearis, à rotunditate sensibiliter deficere videtur.

Haec omnia mihi praebent argumentum eius quod dixi: rectè Lunam à PLVTARCHO tale corpus dici, quale terra est, inaequale montosumque, et maiores quidem montes in proportione ad suum globum, quam sunt terreni in sua proportione. Ac vt cum PLVTARCHO etiam iocemur: quia penes nos vsu venit, vt homines et animalia sequantur ingenium terrae seu prouinciae suae: Erunt igitur in Luna creaturae viuentes, multò maiori corporum mole, temperamentorumque duritie, quàm nostra: sanè quia et diem quindecim nostros dies longam, et ineffabiles aestus, Sole verticibus tam diu incumbente, perferunt, siquidem aliqui ibi sunt. Vt non absurdè locus ille gentium superstitione lustrationi animarum destinari creditus sit.

Sed ad rem. PLVTARCHVS cùm terram dixisset esse Lunam, iam maculas Lunae statuit esse maria, quae radios Solis in profundum transmissos penè absorbeant, nec ita fortiter, vt partes solent terrenae, repercutiant. Verba eius: *Sicut nostra terra sinus habet quosdam magnos, ita censemus, Lunam quoque profunditatibus et rupturis magnis esse apertam, aquam aut aërem caligi*[1] *nosum continentibus; in quas Sol suo lumine non penetret, sed eas deserens reflexionem dissipatam faciat.* Haec quidem PLVTARCHVS; cui hac in parte non assentior. Magis est consentaneum, quae sunt in Luna partes lucidae, maria credi, quae maculosae, terras, continentes, et insulas. Etenim hoc ab Opticis demonstrandum, ab experientia confirmatissimum est; superficies aqueas plurimum resplendescere, si iuxta terreas apponantur, puto ob aequabilitatem vniuersae superficiei, asperitatem verò et crispationem minutarum partium, aut quia minus de atro colore participant, quàm terra: quorum illud efficit, vt ad repercutiendum Solis lumen ferè in omnes plagas sint aptae, hoc vero iuuat lucem communicatam. Quo minus enim nigra, hoc magis alba. Alba vero apta ad combibendam et reuibrandam lucem, per 30 primi capitis: vt et modicè pellucida per 22 eiusdem. Anno 1601 cùm in Styriam redissem, negocioli causâ, ascendi in montem insignis altitudinis Schekel dictum Stubenbergiorum ditionis, terrarum orbem ex binis montibus, appensâ libellâ mensurus. Et montem quidem ipsum supra vertices alterius montis, qui habet arcem Wildanum impositam, attolli quinque turrium Argentinensium altitudine, demonstraui: et sanè despectus in colles caeteros inferioris regionis per decem et amplius Germanica milliaria, non aliam praebuit opinionem consideranti, ac si ad pratum aliquod respicerem, in quo foenum in manipulos distributum sit. Ex hoc igitur monte aspicienti Terra sese incredibili claritate obiecit, adeò vt cum orta subitò nebula coeli mihi faciem intercepis-

set, papyrus extensa multis partibus clarius ab infra illustraretur, quàm desuper: nebulâ montem tegente, Regione verò à Sole illustratâ. Et hanc quidem claritatem vniuersa Terra exhibuit, partim nigricans syluis, partim satis et pratis viridibus luxurians, alicubi et noualibus rubens frequentibus. Qui verò mediam sulcabat regionem, Mura fluuius, tum restagnans et turbidus; eximio splendore, caligantem terrarum claritatem facilè vicit. Haec euenêre ideò, quod praeruptus mons, me paulum in perpendiculum subuexerat, quo rectiores à terris subiectis radii allabi poterant. Quid verò non erat futurum, si totum terrarum orbem
252 10 re!ctis propemodum lineis intueri potuissem? Atque haec sanè oculis fidem faciebant, plus ab aqua claritatis existere solere, quàm à Terris, non simplici repercussu; hunc enim situs Solis, idem mecum, ad sinistram secundi fluuii, planè euertebat, sed luce etiam communicata.* Concludo itaque claras in Luna partes, materiam esse aqueam, quae verò caligant, Continentes et insulas esse: totam verò Lunam, vt infra dicetur, aërea quadam essentia circumiri, quae omnium partium radios transmittat.

* Concurrebat tamen inter causas aëris diurna claritas, quae cum vndique Flumen circumstaret, potuerunt etiam eius radii vndique, et sic etiam ad me in montem à laeui aquae superficie repercuti.

10. *De illustratione mutua Lunae et Terrae*

Satis est in confesso, principale Lunae lumen à Sole esse, de cuius
20 modis et varietatibus dictum est hactenus. Sunt autem, qui nihilominus Lunae exiguam aliquam propriam luculam transcribant, his argumentis. Primùm, quòd in totalibus defectibus Lunae nihilominus ipsi superest rubor quidam satis clarus. Deinde, quòd in totalibus Solis defectibus Luna rursum tota facie clarè cernatur. Tertio, quod in nouiluniis, et post illa, biduo et amplius, adeoque et in quadraturis, Luna non toto tantùm circulo, sed planè tota facie rotunda cernitur. Verùm nulla harum causarum proba est. De lumine in defectu Lunae residuo dicetur infra cap. 7. quòd nec hoc sit Lunae proprium. De nouae verò et Solem tegentis lumine in praesentia dicendum. Quòd autem aliquando Luna nihilo-
30 minus visa sit, cùm Solem mortalibus eripuisset, authoribus VITELLIONI et REINHOLDO credendum est, qui ex eo phaenomeno in causas reddendas concitati fuêre: quod non fecissent, nisi de hac re certi fuissent. Attendant, qui Alpes Rhaeticas, et qui Italiam incolunt, et Meridionalem Galliae partem, cum Hispania vniuersa, attendant, inquam, in hanc rem
† et Lunae faciem seu colorem, anno futuro 1605. cuius anni die 2. 12. Octobris, indice TYCHONIS BRAHEI calculo Luna ferè περίγειος Soli centraliter in dictis regionibus obiicietur. Nam quod TYCHO diametrum Lunae in Solis Eclipsibus minorem esse opinatus est, quàm quae Solem totum occupare posset, de eo dictum nonnihil est in Appendice ad eius

Eclipsis magna anno 1605.

8) subuexisset 33) Rhaetias

Progymnasmatum primum To|mum, et dicetur infra peculiari capite. 253
Id ipsum quidem de Lunae luce in Solis eclipsi CLEOMEDES ex POSI- |
DONII sententia negare videtur. Quaerit enim, cùm constet, Lunae corpus esse diaphanum, (ex sua sententia) cur igitur radii Solis per illum globum in totali Solis eclipsi non transeant, vti solent per nubem transire, eamque reddere conspicuam, et ex ea claritatem effundere; cur igitur Luna obscura sit, visum effugiat, et dies in noctem conuertatur? Et propositâ quaestione, ratiunculas passim colligit, quibus efficere nititur, non debere radios Solis penitùs transire Lunam aut claritatem illi conciliare. Ita planè contrarium dicit eius, quod VITELLIO: forsan ex effectu ipso ratiocinatur, diei in noctem conuersione, non verò ex ipso Lunae Solem tegentis aspectu, vt VITELLIO. Nam etsi mihi veritas huius rei nullo constat experimento: facit tamen id lumen, quod Luna nascens, potiorique parte à Sole auersa, ostendit nihilominus in toto corpore; vt nihil planè dubitem, quin eodem lumine, multò euidentius oculos feriat tunc, cum Solem, qui oculos solet excaecare, et visibilia opprimere, nostris oculis eripuit.

VITELLIO igitur, vt supra dictum, et REINHOLDVS, de hoc residuo Lunae lumine ambiguè disputant. VITELLIO, transiri corpus Lunae radiis Solis, et transitu facto, valde quidem debiles, sed tamen conspicuos esse, et in oculos incurrere dixit, at non aliâ vice, quàm cùm Luna proxima Soli est. Nam digrediens, vti vmbram, sic hos transeuntes radios à nobis auertit. REINHOLDVS cùm videret, hoc pacto deseri ab hac causa | dies nouilunio proximos, in quibus clarissimè Luna cernitur toto corpore, diametro per Luminaria iam à nostris oculis aberrante, dixit, Lunae superesse propriam luculam, qua sola diebus nouilunio proximis cernatur, at in eclipsi Solis commisceri hanc luculam cum radiis Solis Lunae globum transeuntibus.

Verùm nos iam modo Numero 9 satis euidenter ostendimus, Lunae corpus pellucidum esse non posse. At quòd nec lucula ista propria Lunae sit, infra clarè ostendetur, idque tunc maximè conuelletur, vbi causae genuinae aperientur, quibus perspectis nemo opus esse putabit, aliundè causas alias emendicare. |

Sunt qui existiment, circulum illum totum conspicuum in Luna na- 254
scente, esse nihil aliud quàm circulum illuminationis, qui ideò totus cernatur, quod Lunae diameter apparens tanto sit minor diametro Solis. Haec ratio planè falsa est. Nam cernitur haec lux non tantùm in margine, sed in toto corpore, nec vno, sed duobus tribusve diebus, imò et in quadraturis nonnihil, vbi semicirculus illuminationis planè post Lunam latet.

2/3) POSSIDONII

TYCHO BRAHE libro II. Progymnasmatum causam huius lucis Veneri transcribit, quae Lunam tam clarè possit illustrare. At semper Luna crescens hac luce fruitur, Venus illi non semper est ad illud latus obiecta. Praeterea Venus Lunâ multis vicibus altior est. Quare etsi fortassè conferat eius lux ad marginem interdum illustrandum fortius, at ad Lunae discum medium, qui aequè fruitur hac luce, radius Veneris non pertingit, impeditus obiectu ipsius corporis. Interim non nego, fieri aliquando, vt nos ex Terra Lunam per illustrationem à claris ipsi oppositis sideribus factam aspiciamus, de qua re infra cap. 7.

Caeterùm veram causam MOESTLINVS praeceptor meus primus, quod sciam, inuenit, meque et totum suum Auditorium ante 12 annos docuit, et anno 1596. in disputatione de Eclipsibus, thesibus 21. 22. 23. publicè explicauit. Nec aliis quàm ipsius authoris verbis ea est tradenda doctrina. Sic ille: *De lumine, quod in Luna corniculata iuxta cornua per totum corpus diffusum cernitur, constat intuentibus, quòd ipsum à claritate diurnae lucis, quae vel vesperi post occasum Solis, ante Crepusculum* (id est, adhuc claro die) *superest, vel manè cum aurora ortum Solis praecedit, non obscuretur. E contra constat, quòd illud idem caeteris à nouilunio remotioribus diebus attenuetur, adeò, vt circa quadraturam, quando Luna intempesta nocte longo interuallo supra horizontem est, de eo vel nihil, vel valdè parum restare* (idque non nisi ab hominibus acutissimi visus) *cernatur. Ex eo ergò, quod lumen hoc separabile est, concluditur, ipsum non, vt quidam* (quos inter est REINHOLDVS) *volunt, esse Lunae congenitum et proprium, sed similiter, sicut maius illud menstruum, alienum atque mutuatitium. Hoc enim nisi sit, profectò nocte intempesta multò clarius conspiceretur, quàm aëre luce diei illuminato. Verùm vnde hoc lumen in Lunam deriuetur, positus eius ad Terram ostendit. Nam in nouilunio Luna Soli et Terrae interposita, eam Terrae faciem, quam Sol illuminat, sibi è directo suppositam intuetur. At radiorum solarium in Terrae singulis partibus particulatim reflexorum, nouimus eam esse fortitudinem et resplendescentiam: vt in locis apricis oculorum aciem hebetet, quin et intima aedificiorum penetralia, sicubi etiam per rimulam ingredi datur, luce oppleat. Quis hoc idem de vniuerso ipso, ex tota Terrâ coniunctâ aqua, collecto et reflexo negabit? Dicimus ergò Terram corusco suo, à Sole sibi immisso lumine, opacitatem siue noctem in lunari corpore non minùs irradiare, quàm vicissim (prorsus simili modo) Luna plena suis à Sole acceptis radiis, nostras in Terra noctes illustrat, atque pro claritatis eorum ratione in diem ferè commutat. Idque tantò illustrius, quantò circulus terrae circulo lunari maior est. Est autem illius ad hunc proportio maior quàm duodecupla. Quare sicut, vt ante diximus, haec duo corpora sibi mutuò per vices Solis lumen intercipiunt: ita vicissim alterius noctem alterum illuminat.*

Huic sententiae suffragatur illa luminis istius attenuatio. Postquam enim" *Luna recedens à nouilunio, hanc terrae illuminatam medietatem paulatim re-*" *linquere, residuamque eius partem magis magisque obliquè intueri incipit: for-*" *titudo radiorum reflexorum simul et minuitur, et hebetatur. Hinc fit, vt quic-*" *quid luminis huius in Lunam dimidiatam vel praetumidam reflectitur, in*" *terra, propter nimiam attenuationem, vel non, vel aegerrimè sentiri possit.*" Haec ille. Desinant igitur alias causas quaerere, cùm genuinam cernant: Quodsi quis credere non potest, tantam esse vim luminis, quod Terrae à Sole communicatur, is in considerationem trahat experimentum meum, quod numero 9. proposui: vbi de tàm exigua portione Terrae, quae vix 10 aut 12 milliaria habebat in diametro, et lineis quidem nequaquam perpendicularibus, sed vel obliquè vel planè obliquissimè ab extremis partibus incidentibus, tanta vis luminis sursum in montem vibrata fuit. Et quid non possit fieri, radiis à tota terrae marisque facie confertim, et perpendiculariter exeuntibus? Quin hoc quotidiè maximè aestiuis diebus in oculos incurrit, quanta diei claritas existat, Sole terras rectiori angulo feriente. Nam terra reuibratis orbiculariter Solis radiis vndique in aërem omnibus sùis partibus, tantum efficit splendorem, vt oculi conniueant. Desinant[1] igitur Peripatetici succensere PLVTARCHO, quòd *256* Terram is in coelum intulerit, hoc est Lunae corpus terrestre esse tradat: cùm videant certissimis experimentis constare, quòd in lucis consortium, qualem quidem Luna obtinet, haec nostra terra venerit. Tandem verò, vbi PLVTARCHVS, vbi MOESTLINVS aequis in Philosophia auribus fuerint accepti: tùm benè ARISTARCHVS cum COPERNICO suo discipulo sperare incipiat.

CORNELIVS GEMMA Cosmocritices lib. 1. cap. 8. allegat PLVTARCHVM ex libello de gloria Atheniensium, in quo ait illum scribere, quo tempore superiores fuerint Graeci apud Famagustam (Salaminem puto dicere voluit, non Cypri vrbem, sed insulam sinus Attici), quod Luna adhuc gracilis impleta fuerit accessu luminis repentino. Id tametsi dicto libello totidem verbis non effertur (haec enim sunt PLVTARCHI verba: νικῶσιν ἐπέλαμψεν ἡ θεὸς πανσέληνος), tamen si quid forte tale GEMMA in alio legit authore, id de hoc Lunae lumine, quod à Terra mutuatur, accipiendum est: cui maior vigor ab externa aliqua, et aduentitia causa fuerit conciliatus.

Porrò hoc quamuis tenui lumine non exiguam natura gratiam apud Astronomos iniit, dum toto corpore conspicua non tamen extinguit lumina fixarum, quas proximè attingit: adeoque non semel illam obseruaui, proximè Pleiadas stantem, vt non integra diametro abesset, intermicantibus distinctè omnibus stellulis Pleiadum. Vt taceam, quòd

2) recedere 13) incedentibus

diametrum tunc metiendam quàm rectissimè nec vno modo accommodet. Itaque infra in disputatione de Lunae diametro, cum ex hoc loco tum ex praecedenti capite de Oculo, capienda sunt argumenta. Clarissimè namque, vt et praecedenti capite dictum, cornu à Sole illustratum maiorem censetur ambitum inchoare, quàm circellus ille reliqui disci, cuius à terra lux est mutuata, complectitur. Itaque continere videtur circulus lucis ex Sole, circulum lucis ex terra, ex altera quidem parte.

Hactenus igitur Luna non tantùm nullam lucem ostendit, quam sibiipsi acceptam ferret, sed etiam densitatis et opacitatis est conuicta.
237 10 Suspiciones verò de luce in totalibus suis deliquiis,[1] infra diluam, vbi de vmbra egero. Ostensurus namque sum hanc quoque potissimùm à Sole venire.

11. *De prima Phasi seu exortu Lunae*

Cur ad primam Lunam tàm diligenter attenderint gentes, quae lunari anno vtebantur, partim REINHOLDVS in Commentariis ad PVRBACHIVM
† ostendit, nouissimè verò et diligentissimè IOSEPHVS SCALIGER libro de Emendatione temporum, cuius multiplicem eruditionem iure merito mirantur omnes, imitabuntur paucissimi. Doctrina igitur primae apparitionis Astronomiae necessaria est, quam REINHOLDVS ex PVRBACHIO
20 per causas, Lunae visionem vel retardantes vel promouentes, sufficienter tradit. Inter causas has collocat obliquitatem sphaerae, longos vel breues exortus et occasus signi, in quo decurrunt luminaria; latitudinem Lunae Boream vel Austrinam, magnam vel paruam; velocitatem vel tarditatem in periodo sua: quibus addit prolixius vel breuius crepusculum. Et tamen, cùm PVRBACHIVS dixisset, Lunam eodem die veterem et nouam cerni posse, quod cum antiquitate congruit, qui nouilunii diem ex eo ἕνην καὶ νέαν appellare sunt soliti, et cum PLINII affirmato, quod iam à lynceo quodam visa sit eodem die, et manè ante Solem, et vesperi post Solem: REINHOLDVS in causis ad hoc pronunciatum accommo-
30 dandis valdè sudat. Denique ad experientiam prouocat. Ego, ne nihil hîc afferam, existimo, hanc rem regulis comprehendi non posse. Verè enim REINHOLDVS ait, aestiuas noctes claritate suâ multum afferre impedimenti. Et tota culpa haeret in aëre, qui si satis purus et defoecatus sit, vt hyeme, spectator verò in iugo editi alicuius montis consistat,* superior magna parte crassioris huius aëris: nihil equidem prohibeat, Lunam in ipso coniunctionis articulo iuxta Solem in coeli medio cerni, siquidem limitem alterum peragret. Nam etsi non pluribus 5 gradibus à Sole abesse potest, quare vix septuagesimam corporis particulam nobis ostendit, atque idipsum, vt in margines Lunae receptum, seipso multò
40 graciliùs apparet: quod quidem REINHOLDVS sibiipsi sollicitè obiicit;

vicissim tamen totus Lunae discus integro terrae lumine | fruens, facilè 258
fieri potest, vt pro conditione loci et videntis, aëris claritatem discutiat, seque visibus ingerat, cum saepè aëris horizonti circumfusi summam claritatem vincat. Notum enim est, quae Optici de profundis puteis asseuerent; quod stellae vertici inhaerentes, ex illis conspici possint, visu à circumfusi aëris claritate liberato. Multò magis, si quis extra metas tam crassi aëris, qui Solis radios vndique excipit, in alto consisteret. Atque non hanc tantùm ob causam, sed etiam ob id, quòd Lunae lumen clarissimo die cerni potest praesente Sole, iudico altitudinem poli, et varietates exortuum propemodum cadere, fierique facilè posse, Lunâ veloce et in limitibus versante, vt eodem die vetus et noua appareat: idque nescio, an expeditiùs in ipso coeli medio, quàm circa horizontem: vbi quò obliquiùs, et longius radii solares vaporem transeunt, hoc maiorem claritatem efficiunt, hocque magis oculos excaecant.

Anno 1598. 21. 31. Iulii manè Gratii vidi Lunam circa 16 ♋ clarissimè, vt spes esset, et postridiè visum iri: sed nubes insequentem diem occupabant. Erat Sol circa 7. ♌.

Anno 1603. 25. Aug. vel 4. Sept. Sole in 11 ♍. Luna in 24 ♌ et tamen deiecta in limitem austrinum, visa nihilominus est clarissimè.

Anno 1603. 4. 14. Martii vesperi, Lunam adeò clarè vidi, vt planè necesse videretur, videri et pridiè potuisse, nisi coelum ab occidente fuisset nubilum. Fuit Sol hora 6. in 23°. 49′. ♓. Luna in 14°. 43′. ♈. Et inter Solem, et visum locum Lunae in circulo magno 20°. 10′.*

At Venerem TYCHO BRAHE Anno 1587. cum in Piscibus ad decem graduum ferè latitudinem in Boream excurrisset, vidit die 21. Febr. stylo veteri: vesperi H. 6. et 24. Febr. manè ante Solis ortum, cum causâ longitudinis adhuc post Solem esset. Nec ineptè ad Lunam et Venerem terrae proxima corpora accommodari posset 14. proposit. libr. quarti VITELLIONIS sic intellecta, quòd longinquioribus profundior aër obiectus coerulea ea repraesentet; id quod pictores sedulò imitantur. Ita Lunae et Veneri in perigaeo Epicycli minimum de aetherea substantia obiicitur, quòd radiis transmittant: quare multò eui | dentius cernuntur, 259
quàm superiora corpora, radiis per immane aetheris spatium demissis. Est enim et aetheri sua materia. Sed ad rem. Cùm igitur Venus tam parua sit, et tamen prope Solem cernatur, quid non credendum est de Lunae sat longo cornu? Nec ita rarum est, ob causas quasdam sublimes interdum Solis lumen hebetari. Refert GEMMA pater et filius anno 1547. ante conflictum CAROLI V. cum Saxoniae Duce, Solem per tres dies ceu sanguine perfusum comparuisse, vt etiam stellae pleraeque in meridie conspicerentur. Causa igitur fuit, quae Solis lumen hebetaret, stellarum verò minimè: sublimem igitur esse causam oportuit, quâ Solis lumen

hebes redderetur non vni saltem terrae puncto, sed toti horizonti visibili, imò toti terrarum tractui, vnde aër ad locum aliquem radiare posset, adeoque tanto maiori portioni terrae, quanto pluribus locis id est obseruatum. Si aërem dixeris tàm latè incrassatum, is et stellas obnubilasset. Relinquitur ergò causam huius hebetationis propiorem Soli fuisse, quàm est aër altissimus, ad minimum in Lunaris cursus confinio. Fortasse fuit materia Cometica latius sparsa et tenuior.

Sed ad rem, stellis interdum de die emicantibus; poterit et Luna proxima Soli emicare. In genere, causa cur interdiu sidera lateant, non est potissimum Solis praesentia: sed solum ista, quod hic noster aër, oculos vndique circumfusus totus collucet, supra directa luce Solis, infra communicatâ Terrae luce collustratus fortissimè, tantoque fortius, quanto Sol rectius ferit terras ab alto. De hac re olim his lusi versiculis. Fingebam autem me Athlantis iuga, supra aëriae regionis superficiem eminentia subire:

Iam nigra sub pedibus coepit sub sidere nubes;
Cùm noua lux terris, nox erat orta polo.
Mira loquor, vapidus, qui terrae obuoluitur, humor
Luce repercussa sideris instar erat.
Qualis vbi obscuris hybernus nubibus aether
Candenti pinxit tectaque agrosque niue.

Penè vt supra in monte Styriae Schekel.

Tum mihi siderios mediis ceu noctibus ignes.
Praesenti Phoebi, cura videre face.

Et iam notum esse debet, saepissimè vsu venire, vt Veneris stella de die cernatur, Solis radiis cum ipso Sole inclinatis, et extincta eximia illa meridiei claritate. Atque his ferè rationibus et experimentis verisimile fit, Lunam eodem die ante et post Solem videri posse.

12. *De lumine caeterorum siderum*

Existimat ALBATEGNIVS cap. 30. et VITELLIO lib. 4. p. 77. stellis omnibus à Sole suum esse lucis modulum, inde adeò sequi, vt aucti vel minuti lumine censeantur. Quod autem non vt Luna dimidiatae appareant, causam esse distantiam immoderatam, per quam figura discerni nequeat. Alii à Sole quidem stellarum lumen dictitant esse, sed transire per corpora pellucentia, et sic vibrari tandem. Quorum sententia imbecillior est alterâ. Verè namque, vt prius de Luna dicebamus, si per refractionem radii solaris lucent sidera, transibunt tantummodò in diametralem à Sole lineam, vt caudae Cometarum, nec ad nos lucidissimos

suos radios proiicient: praesertim, vbi mole corporis sui obsteterint, quò minus in loco exeuntium Solis radiorum videri possint, eo sursum verso. Itaque propè Solem laterent, cuius contrarium testatur experientia et PTOLEMAEI regulae de emersionibus discedentium ab apogaeo. VITELLIONEM verò, si nullus reliquorum planetarum, Venus tamen sufficiens est refutare. Nam quia haec stella Solem circumit, iam superior eo, iam inferior, (qua de re nemo, quod dubitet, habet, postquam vniuersam in hypothesibus hisce ambiguitatem hodie in duo capita discerpserunt COPERNICVS et TYCHO BRAHE, adeò, vt alterius ex hisce sententiam veram esse necesse sit. At vterque vno ore affirmant Veneris iter circa Solem torqueri.) conueniebat itaque lumen Veneris, vt Lunae, cùm Solem inter et nos venit, extingui, amplissimum verò videri, Venere ad superiorem congressum fugiente. At hoc secus habet. Diu namque latet in superiori coniunctione, et cum valdè est alta, lumen debile spargit, vmbram malignè proiicit à corporibus. Inde quò magis descendit, hoc efficitur clarior, lumenque lunaris aemulum vibrat, et denique tantae claritatis est, | vt in ipso interdum coniunctionis articulo cerni queat instar magnae stellae, vt annotatum inueni in Braheanis obseruationibus, nec obliteretur immensa prope aëris claritate circumcirca diffusa, ipsa vnum punctum occupans: qua solitudine visum mouens et ad se conuertens, fortissima vtique luce pollet. Proprium igitur hoc eximium lumen habeat necesse est. †

261

Itaque in Thesibus meis, quas anno 1602 de Astrologiae fundamentis edidi, primùm thesi 25. quatuor argumentis verisimile reddidi, esse Planetis proprium lumen. Vnum hoc ipsum erat, quod iam expediui. Verè namque Venus faciem mutaret, et perderet vt Luna, si luce tantùm ex Sole communicata luceret. Secundò non esse necesse, vt omnis in Solem lux sit collecta, ostendi exemplis rerum sublunarium. Nam hîc multae animantes, vt de inanimis taceam, luculae nonnihil habent insitum. Tertiò ex quadam differentiarum geometricarum combinatione, et officio lucis coelestis, ostendi, sideribus opus esse duplici luce, et propria et ex Sole aduentitia: qua de argumentatione iudicium lectori permitto, nam ea huius loci non est. Denique consentaneum esse dixi, vt fulgor et scintillatio arguat lucem propriam, nebulositas et pigrities alienam. Nam omnem communicatam et tinctam in materia lucem retundi necesse est: quod et CLEOMEDES inculcat, communicatam aliunde lucem non longè vibrari affirmans. Atque hac lege Lunae mutuatitium, stellis plerisque proprium lumen adscribitur, minimum Saturno. Deinde thesi 29. idem statui, quod supra capite primo demonstraui, cum lux Planetarum sit colorata, necesse esse, vt et pellucidi sint et coloris essen-

40) pellucida

tiales causae haereant in materia globorum, vt ita, quam quisque Planeta virtutem ostendat in effectu, eius analogon aliquam dispositionem in corpore habeat. Vide prop. 15. capitis 1. Postea colores Planetarum cum aliquibus comparaui corporibus, ostendique, si nigra superficies fortiter illustretur, colorem reddi Martis, si rubea clara, Iouis, si plumbea vel alba, Saturni, si flaua, Veneris, si coerulea, Mercurii. Idem iam et de luce propria videtur sentiendum, vt si ferrum ignitum est, aut carbo,
262 rubet, si ex rubino multa lux pelluceat, Iouio similis | fulgor constituetur. Si clarissimum et pellucidissimum sit, flauum corpus, exque eo
10 plurima lux, Veneris resplendescet florida luxuries, si ex sapphyro aut crystallo, admodum subtili, Mercurii, sin ex crassiori, Saturni emicabunt radii.

Omnino verò credibile est, incensa esse sidera haec ab insita vi, non minus atque Solem: et consentit, quae de impuritate ipsorum materiae dixi, vel aspectus ipse: si paulò diligentius intuearis, profectò nullum lumen planè sincerum est. Apparet ex Saturni cineritio colore exigua quaedam purpura, ex Iouis gratissimo fulgore rubedo nonnulla, ceu fumus per ignem; id clarissimè in Venere. Sic Canis et Arturi stellae, maximè Canis, omnes successiuè colores iridis induunt. Et ne me fal-
20 leret visus, saepe socios adhibui, qui quoties virorem emicare existimarent, signo breuissimo id indicarent. Conuenimus in vnum, quod alteri videbatur tacenti, id alter eodem momento significabat. Haec scintillatio Venerem quoque attinet. Frustra sunt, qui haec omnia putant ab oculi fallacia, ab aëris inconstantia prouenire. Nam cur non omnium siderum, aequè distantium, eadem est ratio scintillationis? Cur colores exhibet Arturus, rubeus ipse potissimùm, magis verò Canis, cuius est crystallinus color potior, cur hic acutiores micationes ciet Arturo, cur longiores? Et cur cor Scorpii adeò celeres, oculus Tauri adeò tardos, prunam sub cinere vigentem te cernere diceres. Capella
30 verò et Lyra, nonne aequè clara sunt sidera, et tamen in Lyra nullos notabis colores, in Capella cum micat omninò colores, tamen ferè purpureum. Denique experimentis ocularibus astruitur Planetis scintillatio, ab aliqua vel interna corporis alteratione perpetua et continenti, quam quasi paroxysmos dixeris, vel ab externa corporis conuolutione, quae TYCHONI in Progymnasmatis placuit, partiumque et superficierum, aliarum post alias explicatione proueniens.

Anno 1602. 19. 29. Decembris vesperi Venus iam multum decliuis, per patentem fenestram in obscuram Cameram radiabat clarissimè. Aura erat frigidissima. Scintillabat Venus concitatissimè. Cùm ad album parie-
40 tem respicerem, in quem radius Veneris pro amplitudine fenestrae alla-
263 beretur, vndulabat ille, quasi | fumo flammam impediente, idque ce-

lerrimè, incertis motibus. Nec enim ascendebat, vt credere possem à vaporibus ascendentibus id esse, sed emicans iam ad medium, iam ad superiora conuersione subitanea, nunc deorsum, nunc in latus iterum concedebat. Et mehercule nonnihil occulti horroris ciebat illa tàm insolens fluctuatio atrae caliginis in flauo radio. Celeritas etiam et articuli fluctuationis conueniebant cum scintillatione, oculis ex ipsa stella percepta.

Postero die mutabatur aura, apparuitque matutina Iris; secuti venti. Itaque hoc quicquid est, in aurae mutationem contuli. Sed paucos post dies, nempe 5. 15. Ianuarii anno 1603. vesperi coelo iterum sereno, cum Lunae triduanae superessent ad Venerem octo circiter gradus, et vtraque per eandem fenestram radiaret; videbantur vtriusque radii in satis euidenti proportione, sic vt Luna quidem multò clariùs irradiaret, quàm Venus, sanè, quia et maius eâ cornu Lunae, sed tamen euidens esset distinctio marginis, vbi concurrebant radii vtriusque, à marginibus solius Veneris. Proportionem coniiciebam, claritatis superficierum, quae à Luna, quae à Venere, et quae ab vtraque illuminabatur, eam, quae est 4 ad 1. et 5. Vndulabat radius Veneris plurimum, at Lunae planè nihil. Ergò et haec et superior vndulatio fuerunt à reali Veneris scintillatione; non verò, vt credideram, ex aëre iam in ventum transeunte. Attinuisset enim et Lunam.

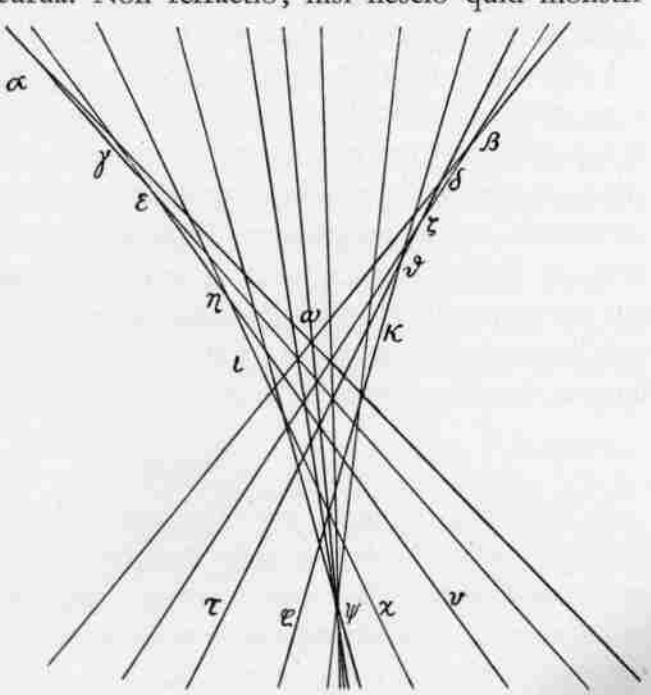
Porrò hanc de luminibus siderum, quamuis Physicam magis, quàm Astronomicam mentionem tantò libentiùs inieci, quod non impossibile existimem, Veneris, Iouis, aliarumque stellarum azimutha, et altitudinem per sua in parietes illata lumina metiri. Vidi namque anno 1601. mense Decembri, Iouis et Spicae Virginis distincta lumina per eandem fenestram in eodem albo pariete. Cogitet de hac re Studiosus obseruationum coelestium, adhibeatque, si opus est, etiam specula plana, in quae despiciatur. Semper enim, nescio quo pacto, ad despiciendum procliuiores sunt oculi, quàm ad suspiciendum. [1]

13. *De Cometarum lumine* 264

Quidnam esset, quod cometarum faces accenderet, satis ostenderunt per hoc seculum artifices; deprehenso, cometarum barbas semper in plagam à Sole contrariam spargi, nisi Soli oppositi, aut immanis altitudinis portenta, suas ipsi caudas vel barbas obiectu capitis occultarent. Exercent tamen etiamnum ingenia Philosophorum non mediocribus difficultatibus. Nam si à Sole cometae illuminantur, quod caudae porrectio in genere arguit, et ratio consentaneum esse pronunciat: cur itaque caudae non praecisè Solis oppositum respiciunt? cur ferè semper declinant, cur curuantur in arcum? Denique quidnam est illud, quod

Solis radium excipit, eiusque impactu resplendescit, caudae figuram exhibens? Nam siue dixeris materiam esse, ad cometae essentiam spectantem, immanissimum effinxeris monstrum. Si auram aetheriam, quaero, cur illa non quotidiè à Sole sic illuminetur, vt resplendeat, vel sine cometa? Adeoque TYCHO BRAHEVS, tomo secundo Progymnasmatum cap. 7. penè in hanc concessit sententiam, vt caudam cometae à Venere illuminari diceret, quam ipsam tamen haesitans paulo post, capite 9. increpuit, lectoresque ad rimanda Optices arcana est adhortatus. Vtinam salutaribus eius monitis hac vice satisfacere possem.

At quia quantum volo, non possum, liceat ergò quantum possum praestare. Primùm ex obseruationibus cometae illius memorabilis anni 1577. satis apparet, quaestionem de inclinatione, et de curuatura caudae eandem esse. Quam enim in partem cauda declinauit à diametro Solis, in eandem et flexus tendebat. Sic enim disertè TYCHO, nec vno loco, curuaturam ad Zenith, cauum ad horizontem spectasse, cumque Septentrionalis esset cometa, angulum à 3 in 9 gradus minorem fuisse producta caudae linea ad sectionem cum Ecliptica, quàm si per caput et Solem linea duceretur: quo pacto cauda diametrali Solis linea meridionalior fuit. Inclinatio igitur seu deflexus caudae à Solis diametro est nihil aliud quàm pars curuaturae. Itaque quae rectâ à Sole coeperat produci, omnibus articulis incuruata, tandem speciem praebuit declinantis.
265 Dicite, Pierides, quae sit causa in|flexionis huius, et de inclinatione constabit. Non parallaxis. Nam vt infra cap. 9. dicetur, haec ex rectis non potest repraesentare curua. Non refractio; nisi nescio quid monstri confingamus, materiam aetheriam certis gradibus propinquitatis ad hoc sidus magis magisque crassam, nec nisi ex vna sola parte, in quam cauda vergit. Atque id quidem si statuerimus, expeditum nobis erit, et de illuminatione caudae ipsa respondere. Materia namque illustranda in promptu erit. Ea verò non à Sole ipso illustrari potest, quia



simplex est eius lux et pura sine coloribus. A Solis verò luce cometae corpus transeuntis illustrari poterit, propterea quòd per cometae corpus, quod ob hanc causam purè pellucidum esse conuenit, et densum admodum, radii Solis coguntur et conduplicantur, atque etiam colorantur. Quodsi nobis non licebit caudae cometarum suam asserere materiam: dicere cogemur, ipsam auram aetheriam, quod et supra feceramus, non planè nullam obtinere materiam, sed idoneam esse, quae à colorato Solis radio, per corpus cometae eunte, ex tàm propinquo loco tàm fortiter pingatur, vt in oculos eminus hoc colore seu splendore possit incurrere. Caetera expedita erunt ex schemate prop. 19. capitis quinti: de caudae dilatatione in fine, initii verò angustissimo exorsu, et quod de quibusdam cometis aliqui referunt, caudam ab ipso capite quasi in mucronem coire, indeque tanquam à puncto nouam necti caudam, ipso progressu latiorem. Nam haec omnia ex globi solidi pellucidi legibus sequi necesse est.[1]

Sequetur igitur etiam illud Physicis considerandum: Cometae corpus *266* ex quodam humore densiore, quàm est aër, constare: nam id in pellucidi definitione erat capite primo. Non esse verò illum humoris globum durum vt vitrum; dissoluitur enim paulatim: humorem itaque non concretum, sed fluitantem et molem esse necesse esse, quod et albicans cometae lumen, quod TYCHO BRAHE illi tribuit, confirmare videtur. Tollitur etiam haec mea pristina opinio, quod cometae bullae sint, intus scilicet caui aut alterius essentiae. Nam nisi solidi sint, et vndique eâdem constent materiâ, refractio talis locum non habet, quae transeuntes Solis radios cogat, et sectione factâ iterum dispergat in partes oppositas.

Confirmat sententiam de aquea cometarum materia, stella noua anni 1572. quam sic describunt authores, et CORNELIVS GEMMA praecipuè, vt appareat, penè omnes colores iridis successu temporis, illam induisse. Ait enim coepisse à rufo, inde cum esset fulgida, fuisse maximam, post argenteam, ac denique pallidam disparuisse. Et is ipse colorum in iride ordo est: Rufus, flauus, argenteus, seu viridis, coeruleus, et purpureus, seu quod in stella idem est, pallidus. Atqui colores iridis argumentum sunt humoris, vt ex capite primo apparet. Ergò et illam stellam ex humore constitisse verisimile est.

Notae

Si solum hoc obtineatur, quacunque causâ adductâ, materiam seu auram aetheriam fortius illustrari à radiis Solis, per corpus cometae transeuntibus, quàm à nudis et puris Solis radiis; caetera expedita erunt. Nam visus sequitur radiationem; vt si radiat portio aurae aetheriae post Cometam, è regione Solis; igitur et videbitur, et quantò magis illud, tantò magis et hoc. Radiant autem

† *fortissimè caudae Cometarum vt ille, quem* CARDANVS *ex* HALY *describit, triplo maior Venere; cuius lux tanta fuit, ac si quarta pars Lunae luceret; item alius, quem in ipso meridie conspectum ferunt. Ac ne putes lucem hanc ex capite solo*
† *esse, ecce tibi illum Mithridaticum, de quo* IVSTINVS *lib. 37. Magnitudine quartam coeli partem occupauerat, itaque luxit, vt coelum omne conflagrare videretur: quod de caudâ est intelligendum. Sanè cauda citra capitis praesentiam oriri et occidere visa est, quia spatium quatuor horarum ortu occasuque occupabat. Alius splendore caudae se primum oculis mortalium ingerebat, post Solis occasum, nondum heliacè orto capite, quod sequentibus demum diebus emersit.*

Iam concessâ semel illuminatione aurae aetheriae, concedentur et certi propin-
267 *quita*[1] *tis gradus pro dispositione corporis cometici. Ex quibus tandem et Ceratiae speciem, quo ex genere ille anni 77. fuisse videtur, non ineptè extruxeris, non quòd radii Solis contra lucis naturam curuentur in arcum, sed quòd ex aliis atque aliis cometici corporis partibus pro inaequali earum dispositione, hinc longiores, inde breuiores radii exeant, qui vniuersi iuxta inuicem ordinati speciem vnius caudae curuatae exhibeant.*

Possit eadem et declinationis origo esse. Etenim quia diximus, vulgari optica ratione fieri, vt radii Solis transmissi per densum cometae corpus, primum cogantur ad vnum quasi punctum, ibique sectione factâ rursum dilatentur: extremitates itaque caudae laterales vtrinque declinabunt à diametro Solis. Concede iam vt alterum capitis latus seu figurae seu densitatis ratione radios Solis non transmittat, igitur illa caudae pars praecidetur, reliqua in latus alterum declinans, sola caudae totius, ideoque et declinantis speciem exhibebit. Quin etiam mutata corporis cometici dispositione vel situ ad Solem, inclinatio haec mutari poterit; vt anno 1596. cauda primum ad dextram declinabat, inde in ipsam diametrum Solis competebat, denique transibat ad sinistram. Idem et de specie mutabili credi potest; ratioque patebit, qua sub Macedonicis armis quondam
† *hirci effigies* PLINIO *referente in hastam est mutata. Solere namque figuram capitis mutari, exemplo eorundem temporum constat, cum terribilis fax quasi flammea nubes in duas partes discedere, et in diuersum abire visa est.*

† *Quid si verò misceamus Aristotelicam de cauda sententiam recentiori, vt verè expiret aliqua lucida materia ex capite, et in plagam quidem eam, in quam à Solis radiis quasi expellitur? Tunc si cauda Terram contingat, nil mirum aërem veneno infici.*

Ludicrum hoc non te celabo lector, vt scias cometae effigiem repraesentare. In cameram cap. 2. pr. 7. descriptam ingrediatur Solis radius, ei ex dimidiâ parte obiice globum aqueum: sic vt radius Solis partim in vitrum, partim in parietem impingat. Cometam in pariete videbis.

CAPVT VII

DE VMBRA TERRAE

Ad materiam astronomicam de Eclipsibus subinde propiùs accedimus: quamuis ita arctè inter se connexae sunt disputationes de illuminatione, et de obtenebratione Lunae, vt supra cap. 6. iam de penumbra dixerimus, de illustratione verò multa huc differenda fuerint, nec planè decisa sit sententia, vtrum Luna proprio lumine planè careat.

1. *De Figura vmbrae*

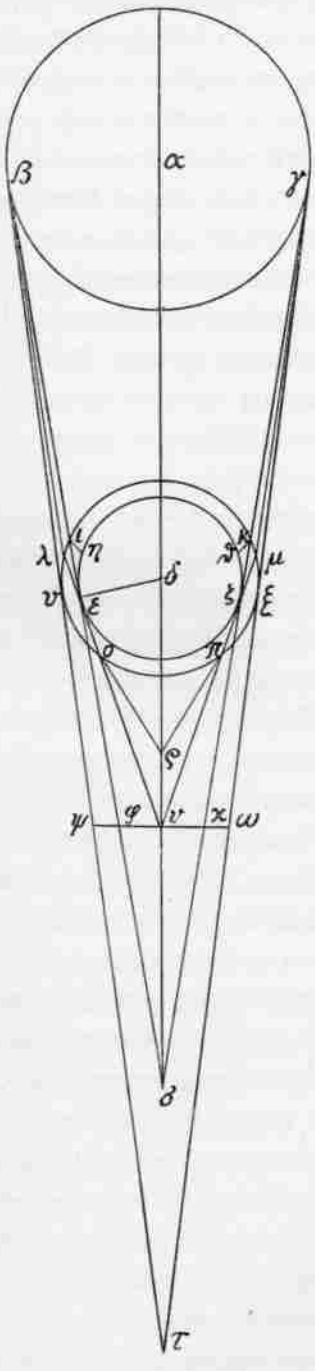
Vmbram itaque Terrae Conum seu metae figurâ esse, propter[1]ea 268
quòd et Sol illuminans rotundus, et Terra, nihil impedita montibus, 10
rotunda, eademque minor Sole sit, satis est à VITELLIONE aliisque probatum. Vide lib. 2. VITELLIONIS prop. 26. 27. 28. vbi sequens 33. planè Eclipsibus est destinata. Docet enim, in oppositione centrali luminarium ex Terra, fieri Lunae Eclipsin. Quae verò praemissae sunt 31. et 32. videntur à VITELLIONE destinatae ad causam dicendam, cur Luna περίγειος nigrior sit vmbrâ inuolutâ, quàm ἀπόγειος, quam quaestionem hic ex professo trademus.

2. Παράδοξον *Lunam non obscurari ab vmbra Terrae*

His itaque sic se habentibus, cùm inde à nata Astronomia fuerit in confesso, deliquia Lunae prouenire ex incursu eius in vmbram Terrae, 20
calculus etiam super his extructus fundamentis tantùm non subtilissimè responderit euentui: summam difficultatem obiicere huic negotio videntur illa, quae capite 4. de refractionibus radiorum Solis in aëre factis disputata sunt. Nam si radii Solis, terram occidente Sole contingentes, refractè perueniunt ad nos, transibunt igitur refractè, et vmbram curtabunt, infra locum transitus Lunae. Hic nobis nodus soluendus est, vt Astronomi dubitatione liberentur, neu existat, qui vel Eclipses ex refractionibus, vel refractiones ex Eclipsibus Lunae audeat cauillari.

Centro α scribatur βγ circulus maior, Solem repraesentans, centro δ
circulus εζ Terrae minor, et ducantur contingentes βε. γζ. vsque dum 30
in σ concurrant, cum αδ axe. Manifestum est εσζ futuram vmbram Terrae, si βε. γζ irrefracti peruenirent. At iam Terrae globum εζ. amplectatur sphaera aëris ικπο. cuius est medium densius medio aetheris, quare βε. γζ ingressurae aërem in punctis ι. κ. non possunt peruenire in ε. ζ. sed refringuntur in ιη. κϑ et impingunt in terram in η. ϑ. ibique impediuntur, quò minus progrediantur. Ac cùm Sol illustret vniuersam sphaeram aëris, quantum sibi de ea obiicitur, radios igitur alios vltra

βι. γκ proiicit, quorum vtique aliqui contingent terrae orbem, et transibunt praeter terram in partem aëris oppositam. Sint βλ. γμ radii, qui
269 refringan|tur in λο. μπ. contingentes terram in ε. ζ. Ex iis autem, quae Tycho Brahe experiundo constituit, λε. μζ horizontales radiationes refractionem patiuntur 34′ minutorum. Quare angulus βλε est 179°. 26′. tantus et γμζ. Ac cum per 9 decimi Vitellionis eadem accidunt in ingressu, quae in egressu: Erit igitur λορ itidem 179°. 26′. sic et μπρ. Quare vmbra terrae genuina erit εορπζ. imò adhuc breuior, vt infra patebit. Ad latera verò ipsius ρ interiecta lux Solis refracta, erit dimidio quidem debilior, quàm est apud nos lux Solis occidentis, quae sanè nullo modo tenebrae dici potest, quamuis per λε. μζ profunditatem aëris ad nos ingressa. Diem enim nobis praestat nihilo minus, et vmbras à corporibus proiicit. Etsi igitur λο. μπ spatia dupla sunt ad λε. μζ. non tamen fieri poterit, vt penitus lux aboleatur.



Porrò ex his suppositis facilè habetur altitudo δρ vmbrae terrae, quam facerent radii λο. μπ. quamuis alii adhuc breuiorem praestent, vt infra dicetur. Supra cap. 6 Numero 3. angulus εσζ determinatus est ex suppositis Ptolemaicis gr. 0°. 25′. 36″. In triangulo verò λβε. iuncti λεβ. λβε faciunt 34′. At quia λβε planè est insensibilis, propterea quòd λε breuissima aëris portiuncula insensibilis est ad λβ. quae aequat 1200 semidiametros terrae; ideo λεβ solus est 34′. Continuetur λο in υ. Ergo in σευ. erit σευ
270 34′. et εσυ est 12′. 48″. dimidium | εσζ. Quare exterior et oppositus ευρ aequat vtrumque, estque 46′. 48″.

Amplius in υορ triangulo datur υορ 34′. et ουρ 46′. 48″. et ορδ est exterior et oppositus, aequat igitur vtrumque, estque 1°. 20′. 48″. Ducatur ex ρ contingens ad circulum terrae εζ. sitque ρε. et punctum contactus ε

15) qui

cum δ centro coniungatur. Igitur in δερ rectangulo dantur anguli, quia ερδ planè exiguo, et insensibili minor est quàm ορδ. 1°. 20′. 48″. Sit tamen 1°. 20′. Vt autem sinus ερδ ad εδ semidiametrum Terrae, sic δερ ad δρ altitudinem vmbrae. Hinc igitur ipse mucro vmbrae prodit non altior à δ centro, quàm 43 semidiametrorum, cùm aliàs δσ ex his suppositionibus existimaretur 268 semidiametrorum. Luna verò cùm proximè terram accedit, ad 54 semidiametrorum confinia venit, 11 diametris superior transiens, quàm vmbra terrae, per λο. μπ terminata, desinit. Haec itaque demonstratio verissima est, nisi quantum in angulo refractionis maximae horizontalis à vero receditur, qui non vbique terrarum eiusdem est magnitudinis.

Quid igitur respondendum Astronomis? an non vniuersa doctrina eclipsium, et cum illa dimensiones corporum Solis, Lunae et Terrae, adeoque vniuersa coelestium sphaerarum symmetria, fundamento subruto collabitur? Nempe hoc dicendum, quod res est, aequis auribus nos excipite, ô veneranda antiquitas, Refractionum enim negocium in vestrum honorem deserere non possumus, à TYCHONE BRAHEO firmissimè stabilitum: Hoc inquam respondendum: id quod in calculum Astronomorum venit, lumen Solis Lunae eripiens, vmbram esse non Telluris, (nisi in medio, de quo infra) sed aëris terram complectentis. Contingant sphaeram aëris in ν. ξ lineae βν. γξ. concurrentes cum αδ in τ. Dico igitur ντξ vmbram aëris, id esse, quod Lunam suo lumine priuat. Itaque quale opacum, talis vmbra, opacum quippiam et aër continet, praesertim circa limbum, vt omnis globus aqueus Soli expositus vmbram proiicit. Verumtamen, vt aër ad nos radios Solis transmittit, sed iam rubentes: ita duplum eius (imò verò alicubi simplum, alicubi dimidium, eoque minus) transmittit radios Solis, vsque ad Lunam, neque Luna sub principium | Eclipsis in vmbra terrae est, cùm sit adhuc 271
in radiis Solis per aërem transmissis. Atque hoc ipsum est, quod supra cap. 4. exemplis confirmabamus, Lunam deficere, Sole et Luna supra horizontem apparentibus. Cùm enim visio fiat radiorum receptione, non aliâ transibit visus noster in plano Horizontis constitutus, aliâ radii luminarium, sed radii Solis ad Lunam in vmbra aëris versantem, eandem inuenient viam per aërem, quam nostri oculi signant.

Hîc aliquis obiiciat, nihilominus turbatum iri calculum Astronomorum. Nam si non terra εζ. sed laxior aëris sphaera νξ vmbram proiicit, certè nos terrae insistentes, non aëris superficiei, parallaxes et altitudines Lunae metimur semidiametris terrae εδ. non aëris νδ. Vmbram igitur in loco transitus Lunae semidiametris terrae non aëris mensi, cum illa tamen ab aëre exoriatur, et supponentes, illam in terra tantam habere crassitiem, quanta est nostra mensura, ortam ex terra, vtique extenua-

mus illam; vnde fit, vt Sol nimium altus nobis in nostro calculo euadat. Sit υ locus, vbi Luna transit, crassities vmbrae ex terra esset φχ. vmbrae verò ex aëre est ψω. hanc per εδ metientes perinde est, ac si lineas εψ. ζω falsa imaginatione duceremus, quae vt Solem βγ comprehendant, Solem longè altius à δ attolli necesse erit. Huiusmodi quippiam obiicienti Astronomo illud vnum respondeo: Verè quidem illum argumentari, sed vltra sensibilitatis terminos. Nam ex cap. 4. Numero 6. prop. 11. apparet, aëris altitudinem vix esse dimidii milliaris, etiamsi horizontis refractio plane 34′ sit. Talium verò terrae semidiameter habet 860. Quare dum mille septingentas terrae semidiametros computamus, vna nobis deest ob altitudinem aëris. At potest de 60 semidiametris nobis vna deesse, postquam omnem obseruandi subtilitatem adhibuerimus. Quare non est haec minutula incertitudo comparanda cum aliis, quibus necessariò ob causas alias Astronomia laborat.

3. *De rubore Lunae deficientis*

Ne verò quisquam de eo, quod dictum est, haesitet, esse Lunam radiis Solis per aërem admissis et refractis etiamnum illu|stratam, etiam cùm deficit tota, respiciat diligenter ad Eclipses Lunae totales, inueniet hanc illustrationem in oculos incurrentem. Neque nuper mentionem eius rei quis fecit, in gratiam Refractionum, vt fabulae conuenientem accommodaret Epilogum. Extant veterum sententiae: adeoque hinc nata est opinio, quòd rubor ille sit lumen Lunae proprium. THEON in Commentariis super 4. PTOLEMAEI sic philosophatur. *Quod deliquium Lunae attinet, Terra hoc incommodo Lunam afficit. Cùm enim Luna sit perenne corpus, diuinae naturae particeps, et immunis affectionum, quae ortum et interitum solent consequi; non vtique mutationibus neque decrementis sese subiiciet. Sed cum* PROPRIVM LVMEN *nactum sit imbecillius, quod ad nostros visus nequit facilè pertingere: mutuato ex Sole, lumine alio splendidior apparet, vt illuminet terras et aërem. Cùm igitur Terra radiationibus solaribus intercedit; tunc Luna solari luce priuata; et obtenebrata cono vmbrae, rursum* DEBILIOR ET OBSCVRIOR *euadit. Non quidem neque ex hac illustratione, neque ex priuatione solaris lucis mutationem ipsa subit: sed cùm sit exsors corruptionis, eundem semper* COLOREM *et aspectum, quem proprium habet, Magnitudinemque tuetur. Quod autem Luna* ILLVSTRATA QVIDEM SEMPER, *in aliquibus pleniluniis non consueta claritate illustraretur, sed obscuraretur, affectum et laborem appellarunt; eò quòd existimarent, mutationem illam in suis operationibus subire.* Et infra: *Habet quidem Luna, et à seipsa lumen, debilius verò, vt diximus.* THEONEM secutus CLEOMEDES lib. 2. Cyclicae Theoriae: miscet lumen Lunae ex lumine Solis et proprio. REINHOLDVS nouissimè, fol. 164. Commentariorum in PVRBACHIVM, *Esse*, ait, *in Luna*

peculiare quoddam seu obscurum lumen, et quale hoc sit, apertè docent totales ipsius defectus, in quibus integer orbis cernitur tetro et horribili colore; qui tamen aliàs est rubicundior, Luna altiori, et extra Eclipticam longius euecta, aliàs nigrior, quanto videlicet humilior est, ac propterea in vmbras terrae profundius immersa. Quibus quidem vltimis verbis perspicuè refutat id, quod cùm ipse tùm antecedentes dixere, lumen id esse Lunae proprium. Nam si proprium esset Lunae, clarius appareret ex tenebris. Sic enim et Lunae à Sole mutuatum lumen noctu clarissimum est, cum interdiu vix oculos moueat. Iam contrarium euenit, teste REINHOL|DO. Profundam enim 273
vmbram ingressa nigrior apparet; altior et apogaeo propior rubicun- 10
dior, vt et, cùm ad latus vmbrae in Septentriones declinat. Vnde intelligitur, inuenire Lunam in vmbrae marginibus lucem permixtam, quam hanc ipsam esse dico, quae per aëris corpus refracta transmittitur.

Propterea rectè PLVTARCHVS, omnibus his antiquior, libello de facie Lunae, cùm Pharnacem introduxisset, contendentem, esse Lunae, vt astris caeteris suum lumen. *Non enim prorsus latere in defectibus, sed effulgere colore quodam prunam referente, et terribili, qui eius sit proprius:* Ipse respondens hoc ipsum obiicit. *Videmus*, inquit, *Lunam deficientem aliàs alium colorem sumere, quos Mathematici temporis ratione sic discernunt. Si sub vesperam Luna deficit, horribiliter nigra apparet, vsque ad horam tertiam et* 20
supra semissem horae. Si media nocte, tunc istum puniceum et igneum colorem edit: à septima hora et semisse rubor ostenditur, versus auroram iam coeruleum, trucemque vultum sumit. Haec quidem regula fallit, nec ad propositum. Arabes nobis aliam praescripsere, de coloribus Eclipsium; quam CARDANVS in supplemento Almanach, et in Commento super quadripartitum ex ALFONSO et LINERIO, ad Nodi propinquitatem et Apogaeum accommodat, quae REINHOLDI traditioni magis sunt consentanea: quamuis aëris varia constitutio regulam non videatur admittere. Sed pergit PLVTARCHVS hanc suam obiectionem accommodans, *Hunc pruneum potius quis alienum à Luna dixerit ac mixturam potius luminis deficientis* (egregiè mecum) *et per vmbram enitentis, proprium verò nigrum et terrestrem.* 30
Cùm verò de causis agit, lumen vmbrae interspergentibus, astra caetera Solem circumstantia adducit: causam ad hunc quidem ruborem, nimium debilem: quamuis infra eius etiam ratio habebitur in coloribus caeteris. VITELLIO noster, cùm esset negaturus Lunae omne lumen proprium prop. 77. libri 4. huic tamen rubori Lunae in Eclipsibus videtur destinasse propositionem 31. libri 2. *Vmbram*, ibi ait, *remotioribus partibus minus vmbrescere.* Sana verba, si causa sit sana. Caeterum VITELLIO causam in visum refert, comparantem vmbram et radios lucidiores vel debiliores, iuxta inuicem positos. Caeterum hoc pacto nihil planè Luna 40
aliud in suo corpore pateretur, profundius et | caliginosissimam partem 274

transiens: nihil itaque haec visus phantasia confert ad hunc eius ruborem. Causa verò planè est in refractionibus, vt sit nihil aliud rubor iste quàm illustratio Lunae à Solis radiis, per aëris densitatem transmissis, et intro versus axem vmbrae refractis, vt ex sequentibus experimentis clarum euadet.

† Frodoardvs ad annum Christi 926. *Luna Cal. April. passa defectum, et in pallorem conuersa est quadam luminis relicta particula, velut esset secunda; sicque aurora iam incipiente in sanguineum tota mutata est colorem.* Ergò à latere vmbram rasit; cum hunc ruborem prae se ferret.

Refert Cornelivs Gemma Cosmocritices libro 2. folio 64. Anno 1569 Martii die 3 *manè horâ tertiâ, Phoeben Eclipsin horrendam passam diris coloribus insignitam. Primò* enim inquit, *fuscus, inde sanguineus fulsit, mox et puniceus, et virens, et liuidus, ac tandem incredibili varietate deformis.* Hoc propemodum dixit, in Luna visos esse colores Iridis. I nunc, et vitrum sphaericum aquâ impletum obuerte radio Solis, per rimulam in tenebrosam Cameram ingredienti, videbis in pariete obiecto colores Iridis omnes. Adeò semper hi colores sunt humoris soboles, quem radius Solis transeat. At quis humor sit, quem Solis radius transire possit, quàm humida aëris sphaera? Tendebat quidem Luna ad perigaeum, sed meridionalem vmbrae partem transibat. Erat itaque in vtroque exemplo in parte vmbrae, vt cum Vitellione loquar, minus vmbrescente, hoc est, dilutâ multis Solis radiis, in Septentrionis crasso aëre refractionem passis. Nam et Saturnus cum Ioue, et Iupiter cum Marte, et Sol cum Mercurio configurati, vapidum ex terrae calentibus latebris excierant aërem, vt constantissima nos docet experientia. Nec mediocriter forsan adiuuabat anni tempestas, vt quae anno alio scilicet 1597 in iis locis aërem tantoperè incrassabat, vt prodigiosa illa Zemblensis refractio existeret. Quod verò Gemma addit, horam noctis tertiam, videtur potius ex Ephemeridibus Stadii scribere, quàm ex obseruatione certa: Medium enim huius Eclipseos non longè ab hora post mediam noctem prima Louanii apparere potuit, calculo Tychonis ex certissima experientia attestante.

Memini cum in Würtembergia puer admodum à parente sub dium [1] vocarer ad contemplationem Eclipseos, noctis horâ decimâ p. m. Luna planè rubicunda vndiquaque apparuit. Circumstantiae arguunt, aliam esse non potuisse, quàm quae 31 Ianuarii anni 1580 visa est, cuius latitudinem Borealem Moestlinvs in Isagoge paulò minorem fuisse ait, quàm erat summa semidiametrorum: propterea breuissimè totam in vmbra latuisse. Confer cum illa Frodoardi.

† Anno 1588 die 3 Martii manè in obseruatione Tychoniana Eclipsis ☽ maximae, ad horam 2°. 58′. inuenio annotatum, *Lunam iam ad ortum*

39) diei

visam esse lucidiorem, propterea apposita sunt ista verba, *ergò praeteriit medium*. At id aliquot minutis sequebatur, vt ex initio, fine, caeterisque phasibus patet. Hic in vna eademque Eclipsi Luna ruborem illum, quem veteres Lunae proprium lumen esse censuerunt, alterâ parte paulatim exuit, alterâ induit. Cumque nondum ad medium vmbrae venisset, rubore orientalis gibbi ostendit latiores esse radios Solis in aëre terrestri refractos circa occidentalem, quàm circa orientalem vmbrae partem.

Similem Eclipsin Lunae vidi Gratii anno 1599 inter 30 et 31 Ianuarii, vel 9 et 10 Februarii, qua de supra quoque cap. 6. Numero 9. Cùm enim Luna iam immergeretur vmbrae, restante exiguâ lucis à Sole particulâ, rubore tamen suo iuxta tota cernebatur; adeò euidens rubor fuit. Tunc igitur è regione lucis ex Sole (paulò superius) videbatur denuò deficere, rubore scilicet ipso etiam paulatim cedente, seu magis, Luna orientali margine iam in vmbrae caliginosiorem partem ingrediente. Vltima ex Sole lux desinebat in ἀκμῆν ruboris, vt nescires distinguere, nisi ex eo, quòd cornu latè rubeum colorem habebat, et aequalem, non verò lucidiorem in medio. Paulò antequàm sese post montes reciperet, rubor quamuis claro crepusculo, et Lunâ profundè in vmbram immersa, videri tamen potuit, adeoque et distingui, quod pars occidentalis adhuc esset rubicundior. Fuit tamen circa medium vmbrae, cum occideret: nulla namque per aërem lux, nullum eius vestigium paulò post apparuit, aëre, qui montibus est proximus, admodum humido et crasso.

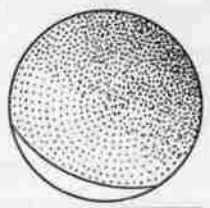
Vide tale quippiam et infra cap. 11. probl. 31. in Eclipsi Lunae anni 1603. 8. 18. Nouemb.[1]

Sed nullum clarius exemplum suppeditari potest, quàm quod vidi *276* anno 1598. 6. 16. Augusti prope Gratium. Luna orta in tenebris, coelum nubibus obuelantibus circa horizontem, vt exoriens non conspiceretur. Cum iam aliquot graduum haberet altitudinem, nubibus hiantibus emicuit; dimidio circiter corpore clarissima per ruborem, vt non censeretur ea parte deficere; dimidio vix conspicua, cùm tota tamen in vmbra esset. Insuetus ego huius ruboris, mirabar; neque enim poteram me ipsum firmare in vlla opinione, vmbram ingrederetur, an desereret. Illud etiam valdè dubium tenuit, cur non distingueretur euidenter pars lucida à tenebrosa, nec haberet rubor terminum, sed continuò minutus, tandem potiore Lunae parte desineret in tenebras. Ita mihi contemplanti nubes rursum sese opposuêre. Paulò post, tribus quadrantibus post septimam in vrbe personantibus, discessus nubium dubitationem omnem discussit. Orto enim infra cornu lucido, rubor euanescere, tenebris assimilari; tantus erat fulgor exigui cornu à Sole collustrati. Neque circumsidebat rubor aequaliter hoc cornu, supra enim ad sinistram latissimè rubor explicabatur, infra ad dextram angustus erat, inter cornu

Semi-diametri Terræ	61 3457	80 1718	92 1145	40 859	32 687	96 572	12 491	72 429	97 381	78 343	33 312	48 286	44 264	33 245	19 229	86 214	22 202	99 190	93 180	89 171	70 165	26 156	46 149	24 143	51 137	22 132	32 127	77 122	54 118	59 114	
Parallaxis horizontalis	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
Gradus distantiæ à vertice	90	1. 0	2. 0	3. 0	4. 0	5. 0	6. 0	7. 0	8. 0	9. 0	10. 0	11. 0	12. 0	13. 0	14. 0	15. 0	16. 0	17. 0	18. 0	19. 0	20. 0	21. 0	22. 0	23. 0	24. 0	25. 0	26. 0	27. 0	28. 0	29. 0	30. 0	90
	89	1. 0	2. 0	3. 0	4. 0	5. 0	6. 0	7. 0	8. 0	9. 0	10. 0	11. 0	12. 0	13. 0	14. 0	15. 0	16. 0	17. 0	18. 0	19. 0	20. 0	21. 0	22. 0	23. 0	24. 0	25. 0	26. 0	27. 0	28. 0	29. 0	30. 0	89
	88	1. 0	2. 0	3. 0	4. 0	5. 0	6. 0	7. 0	8. 0	9. 0	10. 0	11. 0	12. 0	13. 0	14. 0	15. 0	15. 59	16. 59	17. 59	18. 59	19. 59	20. 59	21. 59	22. 59	23. 59	24. 59	25. 59	26. 59	27. 59	28. 59	29. 59	88
	87	1. 0	2. 0	3. 0	4. 0	5. 0	5. 59	6. 59	7. 59	8. 59	9. 59	10. 59	11. 59	12. 59	13. 59	14. 59	15. 58	16. 58	17. 58	18. 59	19. 58	20. 58	21. 58	22. 58	23. 58	24. 58	25. 58	26. 58	27. 58	28. 58	29. 58	87
	86	1. 0	2. 0	3. 0	3. 59	4. 59	5. 59	6. 59	7. 59	8. 59	9. 58	10. 58	11. 58	12. 58	13. 58	14. 58	15. 58	16. 57	17. 57	18. 57	19. 57	20. 57	21. 57	22. 57	23. 56	24. 56	25. 56	26. 56	27. 56	28. 56	29. 56	86
	85	1. 0	2. 0	2. 59	3. 59	4. 59	5. 59	6. 58	7. 58	8. 58	9. 58	10. 57	11. 57	12. 57	13. 57	14. 56	15. 56	16. 56	17. 56	18. 56	19. 55	20. 55	21. 55	22. 55	23. 54	24. 54	25. 54	26. 54	27. 53	28. 53	29. 53	85
	84	1. 0	1. 59	2. 59	3. 59	4. 58	5. 58	6. 57	7. 57	8. 57	9. 57	10. 56	11. 56	12. 56	13. 53	14. 53	15. 55	16. 54	17. 54	18. 55	19. 53	20. 53	21. 53	22. 52	23. 52	24. 52	25. 52	26. 51	27. 51	28. 50	29. 50	84
	83	1. 0	1. 59	2. 59	3. 58	4. 58	5. 57	6. 57	7. 57	8. 56	9. 56	10. 55	11. 55	12. 54	13. 54	14. 54	15. 53	16. 52	17. 52	18. 52	19. 51	20. 51	21. 51	22. 50	23. 49	24. 49	25. 49	26. 48	27. 48	28. 47	29. 47	83
	82	0. 59	1. 59	2. 58	3. 58	4. 57	5. 56	6. 56	7. 55	8. 55	9. 54	10. 54	11. 53	12. 52	13. 52	14. 51	15. 51	16. 50	17. 49	18. 49	19. 48	20. 48	21. 47	22. 47	23. 46	24. 45	25. 45	26. 44	27. 44	28. 43	29. 43	82
	81	0. 59	1. 59	2. 58	3. 57	4. 56	5. 56	6. 55	7. 54	8. 53	9. 53	10. 52	11. 51	12. 50	13. 50	14. 49	15. 48	16. 48	17. 47	18. 46	19. 45	20. 45	21. 44	22. 43	23. 42	24. 42	25. 41	26. 40	27. 39	28. 39	29. 38	81
	80	0. 59	1. 58	2. 57	3. 56	4. 55	5. 54	6. 54	7. 53	8. 52	9. 51	10. 50	11. 49	12. 48	13. 47	14. 46	15. 45	16. 44	17. 43	18. 43	19. 42	20. 41	21. 40	22. 39	23. 38	24. 37	25. 36	26. 35	27. 34	28. 33	29. 33	80
	79	0. 59	1. 58	2. 57	3. 56	4. 54	5. 53	6. 52	7. 51	8. 50	9. 49	10. 48	11. 47	12. 46	13. 45	14. 45	15. 42	16. 41	17. 40	18. 39	19. 38	20. 37	21. 36	22. 35	23. 34	24. 32	25. 31	26. 30	27. 29	28. 28	29. 27	79
	78	0. 59	1. 57	2. 56	3. 55	4. 53	5. 52	6. 51	7. 49	8. 48	9. 47	10. 46	11. 44	12. 43	13. 42	14. 40	15. 39	16. 38	17. 36	18. 35	19. 34	20. 32	21. 31	22. 30	23. 28	24. 27	25. 26	26. 24	27. 23	28. 22	29. 21	78
	77	0. 58	1. 57	2. 55	3. 54	4. 52	5. 51	6. 49	7. 48	8. 46	9. 45	10. 43	11. 42	12. 40	13. 39	14. 37	15. 35	16. 34	17. 32	18. 31	19. 29	20. 28	21. 26	22. 25	23. 23	24. 22	25. 20	26. 19	27. 17	28. 16	29. 14	77
	76	0. 58	1. 56	2. 55	3. 53	4. 51	5. 49	6. 48	7. 46	8. 44	9. 42	10. 41	11. 39	12. 37	13. 35	14. 33	15. 32	16. 30	17. 28	18. 26	19. 25	20. 23	21. 21	22. 19	23. 17	24. 16	25. 14	26. 12	27. 11	28. 9	29. 7	76
	75	0. 58	1. 56	2. 54	3. 52	4. 49	5. 48	6. 46	7. 44	8. 42	9. 40	10. 37	11. 35	12. 33	13. 31	14. 29	15. 27	16. 25	17. 23	18. 21	19. 19	20. 17	21. 15	22. 13	23. 11	24. 9	25. 7	26. 5	27. 3	28. 1	28. 59	75
	74	0. 58	1. 55	2. 53	3. 51	4. 48	5. 46	6. 44	7. 42	8. 39	9. 37	10. 35	11. 32	12. 30	13. 27	14. 25	15. 23	16. 21	17. 18	18. 16	19. 14	20. 11	21. 9	22. 7	23. 4	24. 2	25. 0	25. 57	26. 55	27. 53	28. 51	74
	73	0. 57	1. 55	2. 52	3. 50	4. 47	5. 45	6. 42	7. 40	8. 37	9. 35	10. 32	11. 29	12. 26	13. 23	14. 21	15. 18	16. 15	17. 13	18. 10	19. 8	20. 5	21. 2	22. 0	22. 57	23. 55	24. 52	25. 49	26. 47	27. 44	28. 41	73
	72	0. 57	1. 54	2. 51	3. 48	4. 45	5. 42	6. 39	7. 37	8. 34	9. 31	10. 28	11. 25	12. 22	13. 19	14. 16	15. 13	16. 10	17. 7	18. 4	19. 1	19. 58	20. 55	21. 52	22. 50	23. 47	24. 44	25. 41	26. 38	27. 35	28. 32	72
	71	0. 57	1. 53	2. 50	3. 47	4. 44	5. 40	6. 37	7. 34	8. 31	9. 27	10. 24	11. 21	12. 18	13. 14	14. 11	15. 8	16. 4	17. 1	17. 58	18. 55	19. 51	20. 48	21. 45	22. 42	23. 38	24. 35	25. 32	26. 29	27. 25	28. 22	71
	70	0. 56	1. 53	2. 49	3. 46	4. 42	5. 38	6. 35	7. 31	8. 27	9. 24	10. 20	11. 17	12. 13	13. 9	14. 6	15. 2	15. 59	16. 55	17. 51	18. 48	19. 44	20. 40	21. 37	22. 33	23. 30	24. 26	25. 22	26. 19	27. 15	28. 12	70
	69	0. 56	1. 52	2. 48	3. 44	4. 40	5. 36	6. 32	7. 28	8. 24	9. 20	10. 16	11. 12	12. 8	13. 4	14. 0	14. 56	15. 52	16. 48	17. 44	18. 40	19. 36	20. 32	21. 28	22. 24	23. 20	24. 16	25. 12	26. 8	27. 4	28. 1	69
	68	0. 56	1. 51	2. 47	3. 43	4. 38	5. 34	6. 30	7. 25	8. 21	9. 16	10. 12	11. 8	12. 3	12. 59	13. 54	14. 50	15. 46	16. 41	17. 37	18. 33	19. 28	20. 24	21. 20	22. 15	23. 11	24. 6	25. 2	25. 58	26. 53	27. 49	68
	67	0. 55	1. 50	2. 46	3. 41	4. 36	5. 31	6. 27	7. 22	8. 17	9. 12	10. 8	11. 3	11. 58	12. 53	13. 48	14. 44	15. 39	16. 34	17. 29	18. 25	19. 20	20. 15	21. 10	22. 6	23. 1	23. 56	24. 51	25. 47	26. 42	27. 37	67
	66	0. 55	1. 50	2. 44	3. 39	4. 34	5. 29	6. 24	7. 19	8. 13	9. 8	10. 3	10. 58	11. 53	12. 47	13. 42	14. 37	15. 32	16. 27	17. 22	18. 16	19. 11	20. 6	21. 1	21. 56	22. 50	23. 45	24. 40	25. 35	26. 30	27. 25	66
	65	0. 54	1. 49	2. 43	3. 38	4. 32	5. 26	6. 21	7. 15	8. 9	9. 4	9. 58	10. 53	11. 47	12. 41	13. 36	14. 30	15. 25	16. 19	17. 13	18. 8	19. 2	19. 56	20. 51	21. 45	22. 39	23. 34	24. 28	25. 23	26. 17	27. 12	65
	64	0. 54	1. 48	2. 42	3. 36	4. 30	5. 24	6. 18	7. 11	8. 5	8. 59	9. 53	10. 47	11. 41	12. 35	13. 29	14. 23	15. 17	16. 11	17. 5	17. 59	18. 53	19. 47	20. 40	21. 34	22. 28	23. 22	24. 16	25. 10	26. 4	26. 58	64
	63	0. 53	1. 47	2. 40	3. 34	4. 27	5. 21	6. 14	7. 8	8. 1	8. 55	9. 48	10. 42	11. 35	12. 29	13. 22	14. 15	15. 9	16. 2	16. 56	17. 49	18. 43	19. 36	20. 30	21. 23	22. 17	23. 10	24. 4	24. 57	25. 51	26. 44	63
	62	0. 53	1. 46	2. 39	3. 32	4. 25	5. 18	6. 11	7. 4	7. 57	8. 50	9. 43	10. 36	11. 29	12. 22	13. 15	14. 8	15. 1	15. 54	16. 47	17. 40	18. 33	19. 26	20. 19	21. 12	22. 5	22. 58	23. 51	24. 44	25. 37	26. 30	62
	61	0. 52	1. 45	2. 37	3. 30	4. 22	5. 15	6. 7	7. 0	7. 52	8. 45	9. 37	10. 30	11. 22	12. 15	13. 7	14. 0	14. 52	15. 45	16. 37	17. 30	18. 22	19. 15	20. 7	21. 0	21. 52	22. 45	23. 37	24. 30	25. 22	26. 15	61
	60	0. 52	1. 44	2. 36	3. 28	4. 20	5. 12	6. 4	6. 56	7. 48	8. 40	9. 32	10. 24	11. 16	12. 8	12. 59	13. 51	14. 43	15. 35	16. 27	17. 19	18. 11	19. 3	19. 55	20. 47	21. 39	22. 31	23. 23	24. 15	25. 7	25. 59	60
	59	0. 51	1. 43	2. 34	3. 26	4. 17	5. 9	6. 0	6. 52	7. 43	8. 34	9. 26	10. 17	11. 9	12. 0	12. 51	13. 43	14. 34	15. 26	16. 17	17. 9	18. 0	18. 51	19. 43	20. 34	21. 26	22. 17	23. 9	24. 0	24. 52	25. 43	59
	58	0. 51	1. 42	2. 33	3. 24	4. 14	5. 5	5. 56	6. 47	7. 38	8. 29	9. 20	10. 11	11. 1	11. 52	12. 45	13. 34	14. 25	15. 16	16. 7	16. 58	17. 49	18. 39	19. 30	20. 21	21. 12	22. 3	22. 54	23. 45	24. 36	25. 27	58
	57	0. 50	1. 41	2. 31	3. 21	4. 12	5. 2	5. 52	6. 43	7. 33	8. 23	9. 13	10. 4	10. 54	11. 44	12. 35	13. 25	14. 15	15. 6	15. 56	16. 46	17. 37	18. 27	19. 17	20. 8	20. 58	21. 48	22. 39	23. 29	24. 19	25. 10	57
	56	0. 50	1. 39	2. 29	3. 19	4. 9	4. 58	5. 48	6. 38	7. 28	8. 18	9. 7	9. 57	10. 47	11. 36	12. 26	13. 16	14. 5	14. 55	15. 45	16. 35	17. 24	18. 14	19. 4	19. 54	20. 43	21. 33	22. 23	23. 13	24. 2	24. 52	56
	55	0. 49	1. 38	2. 27	3. 17	4. 6	4. 55	5. 44	6. 33	7. 22	8. 11	9. 1	9. 50	10. 39	11. 28	12. 17	13. 6	13. 56	14. 45	15. 34	16. 23	17. 12	18. 1	18. 50	19. 40	20. 29	21. 18	22. 7	22. 56	23. 45	24. 35	55
	54	0. 49	1. 37	2. 26	3. 14	4. 3	4. 51	5. 40	6. 28	7. 17	8. 5	8. 54	9. 42	10. 31	11. 19	12. 8	12. 57	13. 45	14. 34	15. 22	16. 11	16. 59	17. 48	18. 36	19. 25	20. 13	21. 2	21. 50	22. 39	23. 28	24. 16	54
	53	0. 48	1. 36	2. 24	3. 12	4. 0	4. 47	5. 35	6. 23	7. 11	7. 59	8. 47	9. 35	10. 23	11. 11	11. 59	12. 47	13. 35	14. 22	15. 10	15. 58	16. 46	17. 34	18. 22	19. 10	19. 58	20. 46	21. 34	22. 22	23. 10	23. 58	53
	52	0. 47	1. 35	2. 22	3. 9	3. 56	4. 44	5. 31	6. 18	7. 6	7. 53	8. 40	9. 27	10. 15	11. 2	11. 49	12. 37	13. 24	14. 11	14. 58	15. 46	16. 33	17. 20	18. 8	18. 55	19. 42	20. 29	21. 17	22. 4	22. 51	23. 39	52
	51	0. 47	1. 33	2. 20	3. 7	3. 53	4. 40	5. 26	6. 13	7. 0	7. 46	8. 33	9. 19	10. 6	10. 53	11. 39	12. 26	13. 12	13. 59	14. 46	15. 32	16. 19	17. 6	17. 52	18. 39	19. 25	20. 12	20. 59	21. 45	22. 32	23. 19	51
	50	0. 46	1. 32	2. 18	3. 4	3. 50	4. 36	5. 22	6. 8	6. 54	7. 40	8. 26	9. 12	9. 58	10. 44	11. 29	12. 15	13. 1	13. 47	14. 33	15. 19	16. 5	16. 51	17. 37	18. 23	19. 9	19. 55	20. 41	21. 27	22. 13	22. 59	50
	49	0. 45	1. 31	2. 16	3. 1	3. 46	4. 32	5. 17	6. 2	6. 48	7. 33	8. 18	9. 5	9. 49	10. 34	11. 19	12. 5	12. 50	13. 35	14. 20	15. 6	15. 50	16. 36	17. 22	18. 7	18. 52	19. 37	20. 23	21. 8	21. 53	22. 39	49
	48	0. 45	1. 29	2. 14	2. 58	3. 43	4. 27	5. 12	5. 57	6. 41	7. 26	8. 11	8. 55	9. 40	10. 24	11. 9	11. 53	12. 38	13. 22	14. 7	14. 52	15. 36	16. 21	17. 5	17. 50	18. 35	19. 19	20. 4	20. 48	21. 33	22. 18	48
	47	0. 44	1. 28	2. 12	2. 56	3. 39	4. 23	5. 7	5. 51	6. 35	7. 19	8. 3	8. 47	9. 30	10. 14	10. 58	11. 42	12. 26	13. 10	13. 54	14. 38	15. 22	16. 5	16. 49	17. 33	18. 17	19. 1	19. 45	20. 29	21. 13	21. 57	47
	46	0. 43	1. 26	2. 9	2. 53	3. 36	4. 19	5. 2	5. 45	6. 28	7. 12	7. 55	8. 38	9. 21	10. 4	10. 47	11. 31	12. 14	12. 57	13. 40	14. 23	15. 6	15. 50	16. 33	17. 16	17. 59	18. 42	19. 25	20. 9	20. 52	21. 35	46
	45	0. 42	1. 25	2. 7	2. 50	3. 32	4. 14	4. 57	5. 39	6. 22	7. 4	7. 47	8. 29	9. 11	9. 54	10. 36	11. 19	12. 1	12. 43	13. 26	14. 8	14. 51	15. 33	16. 16	16. 58	17. 40	18. 23	19. 5	19. 48	20. 30	21. 13	45
	44	0. 42	1. 23	2. 5	2. 47	3. 28	4. 10	4. 52	5. 33	6. 15	6. 57	7. 39	8. 20	9. 2	9. 44	10. 25	11. 7	11. 49	12. 30	13. 12	13. 54	14. 35	15. 17	15. 59	16. 40	17. 22	18. 4	18. 45	19. 27	20. 9	20. 51	44
	43	0. 41	1. 22	2. 3	2. 44	3. 25	4. 6	4. 46	5. 27	6. 8	6. 49	7. 30	8. 11	8. 52	9. 33	10. 14	10. 55	11. 36	12. 16	12. 57	13. 38	14. 19	15. 0	15. 41	16. 22	17. 3	17. 44	18. 25	19. 6	19. 47	20. 28	43
	42	0. 40	1. 20	2. 0	2. 41	3. 21	4. 1	4. 41	5. 21	6. 1	6. 41	7. 22	8. 2	8. 42	9. 22	10. 2	10. 42	11. 23	12. 3	12. 43	13. 23	14. 3	14. 43	15. 23	16. 4	16. 44	17. 24	18. 4	18. 44	19. 24	20. 5	42
	41	0. 39	1. 19	1. 58	2. 37	3. 17	3. 56	4. 36	5. 15	6. 54	7. 34	8. 13	8. 52	9. 32	10. 11	10. 50	11. 30	12. 9	12. 49	13. 28	14. 7	14. 47	15. 26	16. 5	16. 45	17. 24	18. 4	18. 43	19. 22	20. 2	20. 41	41
	40	0. 39	1. 17	1. 56	2. 34	3. 13	3. 51	4. 30	5. 9	5. 47	6. 26	7. 4	7. 43	8. 21	9. 0	9. 38	10. 17	10. 56	11. 34	12. 13	12. 51	13. 30	14. 8	14. 47	15. 26	16. 4	16. 43	17. 21	18. 0	18. 38	19. 17	40
	39	0. 38	1. 16	1. 55	2. 33	3. 11	3. 49	4. 27	5. 6	5. 44	6. 22	7. 0	7. 38	8. 16	8. 55	9. 33	10. 11	10. 49	11. 28	12. 6	12. 44	13. 22	14. 0	14. 38	15. 16	15. 55	16. 33	17. 11	17. 49	18. 27	19. 5	39
	38	0. 37	1. 14	1. 51	2. 28	3. 5	3. 42	4. 19	4. 55	5. 32	6. 9	6. 46	7. 23	8. 0	8. 37	9. 14	9. 51	10. 28	11. 5	11. 42	12. 19	12. 56	13. 33	14. 10	14. 46	15. 23	16. 0	16. 37	17. 14	17. 51	18. 28	38
	37	0. 36	1. 12	1. 48	2. 24	3. 1	3. 37	4. 13	4. 49	5. 25	6. 1	6. 37	7. 13	7. 50	8. 26	9. 2	9. 38	10. 14	10. 50	11. 26	12. 2	12. 38	13. 15	13. 51	14. 27	15. 3	15. 39	16. 15	16. 51	17. 27	18. 4	37
	36	0. 35	1. 11	1. 46	2. 22	2. 57	3. 33	4. 8	4. 44	5. 19	5. 55	6. 30	7. 6	7. 41	8. 17	8. 52	9. 28	10. 3	10. 39	11. 14	11. 50	12. 25	13. 1	13. 36	14. 12	14. 47	15. 23	15. 58	16. 34	17. 9	17. 45	36
	35	0. 34	1. 9	1. 43	2. 18	2. 52	3. 26	4. 1	4. 35	5. 10	5. 44	6. 19	6. 53	7. 27	8. 2	8. 36	9. 11	9. 45	10. 19	10. 54	11. 28	12. 3	12. 37	13. 12	13. 46	14. 20	14. 55	15. 29	16. 4	16. 38	17. 13	35
	34	0. 34	1. 7	1. 41	2. 14	2. 48	3. 21	3. 55	4. 28	5. 2	5. 35	6. 9	6. 43	7. 16	7. 50	8. 23	8. 57	9. 30	10. 4	10. 37	11. 11	11. 44	12. 18	12. 52	13. 25	13. 59	14. 32	15. 5	15. 39	16. 12	16. 47	34
	33	0. 33	1. 6	1. 38	2. 11	2. 43	3. 16	3. 49	4. 21	4. 54	5. 27	6. 0	6. 32	7. 5	7. 38	8. 10	8. 43	9. 16	9. 48	10. 21	10. 54	11. 26	11. 59	12. 32	13. 4	13. 37	14. 10	14. 42	15. 15	15. 48	16. 21	33
	32	0. 32	1. 4	1. 35	2. 7	2. 39	3. 11	3. 43	4. 14	4. 46	5. 18	5. 50	6. 22	6. 53	7. 25	7. 57	8. 29	9. 1	9. 33	10. 5	10. 37	11. 8	11. 40	12. 12	12. 44	13. 15	13. 47	14. 19	14. 51	15. 23	15. 54	32
	31	0. 31	1. 2	1. 33	2. 4	2. 34	3. 5	3. 36	4. 7	4. 38	5. 9	5. 40	6. 11	6. 42	7. 13	7. 43	8. 14	8. 45	9. 16	9. 47	10. 18	10. 49	11. 20	11. 51	12. 22	12. 52	13. 23	13. 54	14. 25	14. 56	15. 27	31
	30	0. 30	1. 0	1. 30	2. 0	2. 30	3. 0	3. 30	4. 0	4. 30	5. 0	5. 30	6. 0	6. 30	7. 0	7. 30	8. 0	8. 30	9. 0	9. 30	10. 0	10. 30	11. 0	11. 30	12. 0	12. 30	13. 0	13. 30	14. 0	14. 30	15. 0	30
	29	0. 29	0. 58	1. 27	1. 56	2. 25	2. 54	3. 24	3. 53	4. 22	4. 51	5. 20	5. 49	6. 18	6. 47	7. 16	7. 45	8. 14	8. 43	9. 13	9. 42	10. 11	10. 40	11. 9	11. 38	12. 7	12. 36	13. 5	13. 34	14. 3	14. 33	29
	28	0. 28	0. 56	1. 24	1. 53	2. 21	2. 49	3. 17	3. 45	4. 13	4. 42	5. 10	5. 38	6. 6	6. 34	7. 2	7. 31	7. 59	8. 27	8. 55	9. 23	9. 51	10. 20	10. 48	11. 16	11. 44	12. 12	12. 40	13. 9	13. 37	14. 5	28
	27	0. 27	0. 54	1. 22	1. 49	2. 16	2. 43	3. 11	3. 38	4. 5	4. 32	5. 0	5. 27	5. 54	6. 21	6. 48	7. 16	7. 43	8. 10	8. 37	9. 5	9. 32	9. 59	10. 26	10. 54	11. 21	11. 48	12. 15	12. 43	13. 10	13. 37	27
	26	0. 26	0. 53	1. 19	1. 46	2. 11	2. 38	3. 4	3. 30	3. 57	4. 23	4. 49	5. 16	5. 42	6. 8	6. 34	7. 1	7. 27	7. 53	8. 20	8. 46	9. 12	9. 39	10. 5	10. 31	10. 57	11. 24	11. 50	12. 16	12. 43	13. 9	26
	25	0. 25	0. 51	1. 16	1. 41	2. 7	2. 32	2. 58	3. 23	3. 48	4. 14	4. 39	5. 4	5. 30	5. 55	6. 20	6. 46	7. 11	7. 37	8. 2	8. 27	8. 53	9. 18	9. 43	10. 9	10. 34	11. 0	11. 25	11. 50	12. 16	12. 41	25
	24	0. 24	0. 49	1. 13	1. 38	2. 2	2. 26	2. 51	3. 15	3. 40	4. 4	4. 28	4. 53	5. 17	5. 42	6. 6	6. 30	6. 55	7. 19	7. 44	8. 8	8. 32	8. 57	9. 21	9. 46	10. 10	10. 34	10. 59	11. 23	11. 48	12. 12	24
	23	0. 23	0. 47	1. 10	1. 34	1. 57	2. 21	2. 44	3. 7	3. 31	3. 54	4. 18	4. 41	5. 5	5. 28	5. 51	6. 15	6. 38	7. 2	7. 25	7. 49	8. 12	8. 36	8. 59	9. 22	9. 46	10. 9	10. 33	10. 56	11. 20	11. 43	23
	22	0. 22	0. 45	1. 7	1. 30	1. 52	2. 15	2. 37	3. 0	3. 22	3. 45	4. 7	4. 30	4. 52	5. 15	5. 37	5. 59	6. 22	6. 44	7. 7	7. 29	7. 52	8. 14	8. 37	8. 59	9. 22	9. 44	10. 7	10. 29	10. 52	11. 14	22
	21	0. 22	0. 43	1. 4	1. 26	1. 47	2. 9	2. 30	2. 52	3. 13	3. 35	3. 56	4. 18	4. 39	5. 1	5. 22	5. 44	6. 5	6. 27	6. 48	7. 10	7. 31	7. 53	8. 14	8. 36	8. 57	9. 19	9. 40	10. 2	10. 23	10. 45	21
	20	0. 21	0. 41	1. 2	1. 22	1. 43	2. 3	2. 24	2. 44

Semidiameter Terrae	89 / 1'30''	45 / 3'0''	17 / 3'32''	11 / 3'55''	8 / 4'22''	13 / 4'49''	21 / 5'16''	26 / 5'38''	14 / 6'4''	23 / 6'32''	24 / 6'54''	21 / 7'21''	24 / 7'48''	23 / 8'15''	27 / 8'37''	24 / 9'4''	21 / 9'31''	22 / 9'58''	61 / 10'20''	17 / 10'47''	72 / 11'14''	40 / 11'36''	31 / 12'3''	66 / 12'30''	66 / 12'52''	10 / 13'19''	58 / 13'46''	51 / 14'8''	27 / 14'35''	26 / 15'2''	16 / 15'24''	21 / 15'51''	44 / 16'18''	16 / 16'40''	21 / 17'7''	88 / 17'34''	8 / 17'56''	
Parallaxis horizontalis	32	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	
90	31. 0	32. 0	33. 0	34. 0	35. 0	36. 0	37. 0	38. 0	39. 0	40. 0	41. 0	42. 0	43. 0	44. 0	45. 0	46. 0	47. 0	48. 0	49. 0	50. 0	51. 0	52. 0	53. 0	54. 0	55. 0	56. 0	57. 0	58. 0	59. 0	60. 0	61. 0	62. 0	63. 0	64. 0	65. 0	66. 0	90
89	31. 0	32. 0	33. 0	34. 0	35. 0	36. 0	37. 0	38. 0	39. 0	40. 0	41. 0	42. 0	43. 0	44. 0	44.59	45.59	46.59	47.59	48.59	49.59	50.59	51.59	52.59	53.59	54.59	55.59	56.59	57.59	58.59	59.59	60.59	61.59	62.59	63.59	64.59	65.59	89
88	30.59	31.59	32.59	33.59	34.59	35.59	36.59	37.59	38.59	39.59	40.59	41.59	42.59	43.59	44.58	45.58	46.58	47.58	48.58	49.58	50.58	51.58	52.58	53.58	54.58	55.58	56.58	57.58	58.58	59.58	60.58	61.58	62.58	63.58	64.58	65.58	88
87	30.57	31.57	32.57	33.57	34.57	35.57	36.57	37.57	38.57	39.57	40.57	41.57	42.57	43.56	44.56	45.56	46.56	47.56	48.56	49.56	50.56	51.56	52.56	53.56	54.57	55.57	56.57	57.57	58.57	59.57	60.57	61.57	62.57	63.57	64.57	65.57	87
86	30.53	31.53	32.53	33.53	34.53	35.53	36.54	37.54	38.54	39.54	40.54	41.54	42.54	43.53	44.53	45.53	46.53	47.53	48.53	49.52	50.52	51.52	52.52	53.52	54.52	55.52	56.52	57.52	58.52	59.52	60.52	61.52	62.52	63.52	64.52	65.52	86
85	30.55	31.52	32.52	33.52	34.52	35.52	36.52	37.52	38.52	39.51	40.51	41.51	42.51	43.51	44.49	45.49	46.49	47.49	48.49	49.48	50.48	51.48	52.48	53.47	54.47	55.47	56.47	57.46	58.46	59.46	60.46	61.46	62.45	63.45	64.45	65.45	85
84	30.50	31.49	32.49	33.49	34.48	35.48	36.48	37.47	38.47	39.47	40.46	41.46	42.46	43.45	44.45	45.45	46.44	47.44	48.44	49.43	50.43	51.43	52.42	53.42	54.42	55.41	56.41	57.41	58.40	59.40	60.40	61.40	62.39	63.39	64.38	65.38	84
83	30.46	31.46	32.45	33.45	34.44	35.44	36.43	37.43	38.43	39.42	40.42	41.41	42.41	43.40	44.40	45.39	46.39	47.38	48.38	49.38	50.37	51.37	52.36	53.36	54.36	55.35	56.34	57.34	58.34	59.33	60.33	61.32	62.32	63.31	64.31	65.30	83
82	30.42	31.41	32.41	33.40	34.40	35.39	36.38	37.38	38.37	39.37	40.36	41.35	42.35	43.34	44.34	45.33	46.33	47.32	48.32	49.31	50.30	51.30	52.29	53.28	54.28	55.27	56.27	57.26	58.25	59.25	60.24	61.24	62.23	63.23	64.22	65.21	82
81	30.37	31.36	32.36	33.35	34.34	35.34	36.33	37.32	38.31	39.31	40.30	41.29	42.28	43.28	44.27	45.26	46.26	47.25	48.24	49.23	50.23	51.22	52.21	53.20	54.20	55.19	56.18	57.17	58.17	59.16	60.15	61.14	62.14	63.13	64.12	65.11	81
80	30.32	31.30	32.30	33.29	34.28	35.27	36.26	37.25	38.24	39.24	40.22	41.21	42.21	43.20	44.19	45.18	46.17	47.16	48.15	49.14	50.14	51.13	52.12	53.11	54.10	55.9	56.8	57.7	58.6	59.5	60.4	61.3	62.3	63.2	64.0	64.59	80
79	30.26	31.25	32.24	33.23	34.22	35.20	36.19	37.18	38.17	39.16	40.15	41.14	42.13	43.12	44.10	45.9	46.8	47.7	48.6	49.5	50.4	51.3	52.2	53.1	53.59	54.58	55.57	56.56	57.55	58.54	59.53	60.52	61.51	62.50	63.48	64.47	79
78	30.19	31.18	32.17	33.15	34.14	35.13	36.11	37.10	38.9	39.7	40.6	41.5	42.3	43.2	44.1	44.59	45.58	46.57	47.55	48.54	49.53	50.52	51.51	52.49	53.48	54.46	55.45	56.44	57.42	58.41	59.40	60.38	61.37	62.36	63.34	64.33	78
77	30.12	31.11	32.9	33.8	34.6	35.5	36.3	37.2	38.0	38.59	39.57	40.56	41.54	42.52	43.51	44.49	45.48	46.46	47.45	48.43	49.42	50.40	51.39	52.37	53.36	54.34	55.33	56.31	57.30	58.28	59.26	60.24	61.23	62.21	63.20	64.19	77
76	30. 3	31. 3	32. 2	33. 0	33.58	34.56	35.54	36.52	37.50	38.49	39.47	40.46	41.44	42.42	43.40	44.39	45.37	46.35	47.33	48.31	49.29	50.28	51.26	52.24	53.23	54.20	55.19	56.17	57.15	58.13	59.11	60.10	61. 8	62. 6	63. 4	64. 3	76
75	29.56	30.54	31.53	32.50	33.48	34.46	35.44	36.42	37.40	38.38	39.36	40.34	41.32	42.30	43.28	44.26	45.24	46.22	47.20	48.18	49.15	50.14	51.12	52. 9	53. 8	54. 5	55. 3	56. 1	56.59	57.57	58.55	59.53	60.51	61.49	62.46	63.45	75
74	29.48	30.46	31.44	32.41	33.39	34.37	35.34	36.32	37.30	38.27	39.25	40.23	41.20	42.18	43.16	44.13	45.11	46. 9	47. 6	48. 4	49. 1	50. 0	50.57	51.53	52.51	53.49	54.48	55.46	56.43	57.41	58.39	59.36	60.34	61.32	62.29	63.27	74
73	29.39	30.36	31.34	32.31	33.28	34.26	35.23	36.21	37.18	38.15	39.13	40.10	41. 8	42. 5	43. 2	43.59	44.57	45.54	46.52	47.49	48.46	49.44	50.42	51.39	52.36	53.33	54.31	55.28	56.26	57.23	58.20	59.17	60.15	61.12	62.10	63. 7	73
72	29.29	30.26	31.23	32.20	33.17	34.14	35.11	36. 9	37. 6	38. 3	39. 0	39.57	40.54	41.51	42.48	43.45	44.42	45.39	46.36	47.33	48.30	49.27	50.25	51.22	52.19	53.16	54.13	55.10	56. 7	57. 4	58. 1	58.58	59.55	60.52	61.49	62.46	72
71	29.19	30.16	31.13	32. 9	33. 6	34. 2	34.59	35.56	36.53	37.49	38.46	39.43	40.40	41.36	42.33	43.30	44.26	45.23	46.20	47.17	48.13	49.10	50. 7	51. 4	52. 0	52.57	53.54	54.51	55.47	56.44	57.41	58.38	59.34	60.31	61.28	62.24	71
70	29. 8	30. 4	31. 1	31.57	32.53	33.50	34.46	35.43	36.39	37.35	38.32	39.28	40.24	41.21	42.17	43.14	44.10	45. 6	46. 3	46.59	47.56	48.52	49.48	50.45	51.41	52.37	53.34	54.30	55.27	56.23	57.19	58.16	59.12	60. 9	61. 5	62. 1	70
69	28.57	29.53	30.49	31.45	32.41	33.37	34.33	35.29	36.25	37.21	38.17	39.13	40. 9	41. 1	42. 1	42.57	43.53	44.49	45.45	46.41	47.37	48.33	49.29	50.25	51.21	52.17	53.13	54. 9	55. 5	56. 1	56.57	57.52	58.48	59.44	60.40	61.37	69
68	28.41	29.40	30.36	31.32	32.27	33.23	34.18	35.14	36.10	37. 5	38. 1	38.57	39.52	40.48	41.43	42.39	43.35	44.30	45.26	46.22	47.17	48.13	49. 9	50. 4	51. 0	51.55	52.51	53.47	54.42	55.38	56.34	57.28	58.23	59.21	60.16	61.12	68
67	28.25	29.23	30.20	31.18	32.13	33. 8	34. 4	34.59	35.54	36.49	37.45	38.40	39.35	40.30	41.25	42.21	43.16	44.11	45. 6	46. 2	46.57	47.52	48.47	49.43	50.38	51.33	52.28	53.24	54.19	55.14	56. 9	57. 4	58. 0	58.55	59.50	60.45	67
66	28.19	29.14	30. 9	31. 4	31.59	32.53	33.48	34.43	35.38	36.33	37.27	38.22	39.17	40.12	41. 7	42. 2	42.56	43.51	44.46	45.41	46.36	47.30	48.25	49.20	50.15	51.10	52. 5	52.59	53.54	54.49	55.44	56.38	57.33	58.28	59.23	60.18	66
65	28. 8	29. 0	29.51	30.49	31.43	32.38	33.32	34.27	35.21	36.11	37.10	38. 4	38.58	39.53	40.47	41.42	42.36	43.30	44.25	45.19	46.14	47. 8	48. 2	48.57	49.51	50.45	51.40	52.34	53.29	54.23	55.17	56.11	57. 6	58. 1	58.55	59.49	65
64	27.52	28.46	29.40	30.34	31.28	32.22	33.16	34. 9	35. 3	35.57	36.51	37.45	38.39	39.33	40.27	41.21	42.15	43. 9	44. 3	44.57	45.51	46.45	47.38	48.32	49.26	50.20	51.14	52. 8	53. 2	53.56	54.50	55.43	56.38	57.32	58.26	59.20	64
63	27.37	28.31	29.24	30.18	31.11	32. 5	32.58	33.51	34.45	35.39	36.32	37.26	38.19	39.13	40. 6	40.59	41.53	42.46	43.40	44.33	45.27	46.20	47.14	48. 7	49. 1	49.54	50.48	51.41	52.35	53.28	54.21	55.14	56. 8	57. 2	57.53	58.49	63
62	27.22	28.17	29. 8	30. 1	30.54	31.47	32.40	33.33	34.26	35.19	36.12	37. 5	37.58	38.51	39.44	40.37	41.30	42.23	43.16	44. 9	45. 2	45.55	46.48	47.41	48.34	49.27	50.20	51.13	52. 6	52.59	53.52	54.44	55.38	56.31	57.24	58.17	62
61	27. 7	27.59	28.52	29.44	30.37	31.29	32.22	33.14	34. 7	34.59	35.52	36.44	37.37	38.29	39.22	40.14	41. 7	41.59	42.52	43.44	44.37	45.29	46.22	47.14	48. 6	48.59	49.52	50.44	51.37	52.29	53.21	54.14	55. 6	55.59	56.51	57.44	61
60	26.51	27.43	28.35	29.27	30.19	31.11	32. 3	32.55	33.47	34.39	35.31	36.23	37.15	38. 7	38.59	39.50	40.42	41.34	42.26	43.18	44.10	45. 2	45.54	46.46	47.38	48.30	49.22	50.14	51. 6	51.58	52.50	53.42	54.34	55.26	56.18	57.10	60
59	26.34	27.26	28.17	29. 9	30. 0	30.52	31.43	32.34	33.26	34.17	35. 9	36. 0	36.52	37.43	38.34	39.26	40.17	41. 9	42. 0	42.52	43.43	44.35	45.26	46.17	47. 9	48. 0	48.52	49.43	50.34	51.26	52.17	53. 8	53.59	54.51	55.42	56.33	59
58	26.17	27. 8	27.59	28.50	29.41	30.32	31.23	32.14	33. 5	33.56	34.47	35.38	36.28	37.19	38.10	39. 1	39.52	40.42	41.33	42.24	43.15	44. 6	44.57	45.48	46.39	47.29	48.20	49.11	50. 2	50.53	51.44	52.34	53.25	54.16	55. 7	55.58	58
57	26. 0	26.50	27.40	28.31	29.21	30.11	31. 2	31.52	32.42	33.33	34.23	35.13	36. 4	36.54	37.44	38.35	39.25	40.15	41. 6	41.56	42.46	43.36	44.27	45.17	46. 7	46.58	47.48	48.38	49.29	50.19	51. 9	52. 0	52.50	53.40	54.31	55.21	57
56	25.42	26.31	27.21	28.11	29. 1	29.50	30.40	31.30	32.20	33. 9	33.59	34.49	35.39	36.28	37.18	38. 8	38.58	39.47	40.37	41.27	42.16	43. 6	43.56	44.46	45.35	46.25	47.16	48. 5	48.54	49.44	50.34	51.24	52.13	53. 3	53.53	54.42	56
55	25.24	26.13	27. 2	27.51	28.40	29.29	30.19	31. 8	31.57	32.46	33.35	34.24	35.13	36. 2	36.52	37.41	38.30	39.19	40. 8	40.57	41.47	42.36	43.25	44.14	45. 3	45.52	46.42	47.31	48.20	49. 9	49.58	50.46	51.36	52.25	53.14	54. 4	55
54	25. 5	25.53	26.42	27.30	28.19	29. 7	29.56	30.44	31.33	32.21	33.10	33.58	34.47	35.35	36.24	37.13	38. 1	38.50	39.38	40.27	41.16	42. 4	42.52	43.41	44.29	45.18	46. 6	46.55	47.43	48.32	49.21	50. 9	50.58	51.46	52.35	53.23	54
53	24.45	25.33	26.21	27. 9	27.58	28.47	29.35	30.21	31. 9	31.57	32.45	33.32	34.20	35. 8	35.56	36.44	37.32	38.20	39. 8	39.56	40.44	41.32	42.20	43. 7	43.55	44.43	45.31	46.19	47. 7	47.54	48.43	49.30	50.18	51. 6	51.53	52.42	53
52	24.26	25.13	26. 0	26.48	27.35	28.22	29. 9	29.57	30.44	31.31	32.19	33. 6	33.53	34.40	35.28	36.15	37. 2	37.50	38.37	39.24	40.11	40.59	41.46	42.33	43.20	44. 8	44.55	45.43	46.30	47.17	48. 4	48.50	49.39	50.26	51.13	52. 1	52
51	24. 7	24.51	25.38	26.25	27.12	27.58	28.45	29.31	30.19	31. 5	31.52	32.38	33.25	34.11	34.58	35.44	36.31	37.17	38. 4	38.50	39.37	40.24	41.11	41.57	42.44	43.31	44.17	45. 4	45.51	46.37	47.24	48.10	48.57	49.44	50.31	51.17	51
50	23.45	24.31	25.17	26. 3	26.49	27.35	28.21	29. 7	29.53	30.39	31.25	32.11	32.57	33.43	34.28	35.14	36. 0	36.46	37.32	38.18	39. 4	39.50	40.36	41.22	42. 8	42.54	43.40	44.26	45.12	45.58	46.44	47.30	48.16	49. 2	49.48	50.34	50
49	23.24	24. 9	24.54	25.40	26.25	27.10	27.55	28.41	29.26	30.11	30.57	31.42	32.27	33.12	33.58	34.43	35.28	36.14	36.59	37.44	38.29	39.15	40. 0	40.45	41.31	42.16	43. 1	43.47	44.32	45.17	46. 2	46.47	47.33	48.18	49. 3	49.49	49
48	23. 2	23.46	24.31	25.16	26. 0	26.45	27.30	28.14	28.59	29.43	30.28	31.12	31.57	32.42	33.26	34.11	34.56	35.40	36.25	37. 9	37.54	38.38	39.23	40. 7	40.52	41.37	42.21	43. 6	43.50	44.35	45.20	46. 4	46.49	47.33	48.18	49. 3	48
47	22.40	23.24	24. 8	24.52	25.36	26.20	27. 4	27.48	28.31	29.15	29.59	30.43	31.27	32.11	32.55	33.39	34.23	35. 7	35.50	36.34	37.18	38. 2	38.46	39.30	40.14	40.57	41.41	42.25	43. 9	43.53	44.37	45.20	46. 4	46.48	47.32	48.16	47
46	22.18	23. 1	23.44	24.28	25.11	25.54	26.37	27.20	28. 3	28.47	29.30	30.13	30.56	31.39	32.22	33. 6	33.49	34.32	35.15	35.58	36.41	37.25	38. 8	38.51	39.34	40.17	41. 0	41.44	42.27	43.10	43.53	44.36	45.19	46. 3	46.46	47.29	46
45	21.55	22.37	23.20	24. 2	24.45	25.27	26. 9	26.52	27.35	28.17	28.59	29.41	30.24	31. 6	31.49	32.31	33.14	33.56	34.38	35.21	36. 4	36.46	37.28	38.11	38.53	39.36	40.18	41. 1	41.43	42.25	43. 8	43.50	44.33	45.15	45.57	46.40	45
44	21.32	22.14	22.56	23.37	24.19	25. 1	25.42	26.24	27. 6	27.47	28.29	29.11	29.52	30.34	31.16	31.57	32.39	33.21	34. 2	34.44	35.26	36. 7	36.49	37.31	38.12	38.54	39.36	40.18	40.59	41.41	42.23	43. 4	43.46	44.28	45. 9	45.51	44
43	21. 9	21.49	22.30	23.11	23.52	24.33	25.14	25.55	26.36	27.17	27.58	28.39	29.19	30. 0	30.41	31.22	32. 3	32.44	33.25	34. 6	34.47	35.28	36. 9	36.49	37.30	38.11	38.52	39.33	40.14	40.55	41.36	42.16	42.57	43.38	44.19	45. 0	43
42	20.45	21.25	22. 5	22.45	23.25	24. 5	24.46	25.26	26. 6	26.46	27.26	28. 6	28.46	29.27	30. 7	30.47	31.27	32. 7	32.47	33.27	34. 8	34.48	35.28	36. 8	36.48	37.28	38. 8	38.49	39.29	40. 9	40.49	41.29	42. 9	42.50	43.30	44.10	42
41	20.20	20.59	21.39	22.18	22.58	23.37	24.17	24.56	25.35	26.15	26.54	27.33	28.11	28.50	29.30	30.10	30.49	31.29	32. 8	32.48	33.28	34. 7	34.46	35.26	36. 5	36.45	37.24	38. 3	38.43	39.22	40. 1	40.40	41.20	41.59	42.39	43.18	41
40	19.56	20.34	21.13	21.51	22.30	23. 8	23.47	24.26	25. 4	25.43	26.21	27. 0	27.38	28.17	28.55	29.34	30.13	30.51	31.30	32. 8	32.47	33.25	34. 4	34.43	35.21	36. 0	36.38	37.17	37.55	38.34	39.13	39.50	40.30	41. 8	41.47	42.25	40
39	19.31	20. 8	20.46	21.24	22. 2	22.40	23.17	23.55	24.33	25.11	25.48	26.26	27. 4	27.42	28.19	28.57	29.35	30.12	30.50	31.28	32. 6	32.44	33.22	33.59	34.37	35.15	35.53	36.30	37. 8	37.46	38.23	39. 0	39.39	40.17	40.55	41.32	39
38	19. 5	19.42	20.19	20.56	21.33	22.10	22.47	23.23	24. 1	24.38	25.14	25.51	26.28	27. 5	27.42	28.19	28.56	29.33	30.10	30.47	31.24	32. 1	32.38	33.15	33.51	34.29	35. 6	35.42	36.19	36.56	37.33	38.10	38.47	39.24	40. 1	40.38	38
37	18.40	19.17	19.53	20.28	21. 4	21.40	22.16	22.52	23.29	24. 5	24.41	25.17	25.53	26.29	27. 5	27.41	28.17	28.54	29.30	30. 7	30.42	31.18	31.54	32.30	33. 6	33.43	34.19	34.54	35.31	36. 7	36.43	37.18	37.55	38.31	39. 8	39.44	37
36	18.13	18.48	19.24	19.59	20.34	21.10	21.45	22.20	22.55	23.31	24. 6	24.41	25.16	25.51	26.27	27. 2	27.38	28.13	28.48	29.23	29.59	30.34	31. 9	31.44	32.20	32.55	33.30	34. 5	34.41	35.16	35.51	36.26	37. 2	37.37	38.12	38.48	36
35	17.47	18.21	18.56	19.30	20. 5	20.39	21.13	21.48	22.22	22.57	23.31	24. 6	24.40	25.14	25.49	26.23	26.58	27.32	28. 6	28.41	29.15	29.50	30.24	30.58	31.32	32. 7	32.41	33.16	33.51	34.25	34.59	35.34	36. 8	36.43	37.17	37.51	35
34	17.20	17.53	18.27	19. 1	19.34	20. 8	20.41	21.15	21.48	22.22	22.56	23.29	24. 3	24.36	25.10	25.43	26.17	26.50	27.24	27.57	28.31	29. 5	29.38	30.12	30.45	31.19	31.52	32.26	32.59	33.33	34. 7	34.40	35.14	35.47	36.21	36.54	34
33	16.53	17.26	17.59	18.31	19. 4	19.37	20. 9	20.42	21.15	21.47	22.20	22.53	23.25	23.58	24.31	25. 3	25.36	26. 9	26.41	27.14	27.47	28.20	28.52	29.25	29.58	30.30	31. 3	31.36	32. 8	32.41	33.14	33.46	34.19	34.52	35.24	35.57	33
32	16.26	16.57	17.29	18. 1	18.33	19. 5	19.37	20. 8	20.40	21.12	21.44	22.16	22.48	23.19	23.51	24.23	24.55	25.26	25.58	26.30	27. 2	27.34	28. 5	28.37	29. 9	29.40	30.12	30.44	31.16	31.48	32.20	32.52	33.23	33.55	34.27	34.59	32
31	15.58	16.29	17. 0	17.31	18. 1	18.32	19. 3	19.34	20. 5	20.36	21. 7	21.38	22. 9	22.40	23.10	23.41	24.12	24.43	25.14	25.45	26.16	26.47	27.18	27.49	28.19	28.50	29.21	29.52	30.23	30.54	31.25	31.56	32.27	32.58	33.28	33.59	31
30	15.30	16. 0	16.30	17. 0	17.30	18. 0	18.30	19. 0	19.30	20. 0	20.30	21. 0	21.30	22. 0	22.30	23. 0	23.30	24. 0	24.30	25. 0	25.30	26. 0	26.30	27. 0	27.30	28. 0	28.30	29. 0	29.30	30. 0	30.30	31. 0	31.30	32. 0	32.30	33. 0	30
29	15. 2	15.30	16. 0	16.29	16.58	17.27	17.56	18.25	18.54	19.23	19.52	20.21	20.51	21.20	21.49	22.18	22.47	23.16	23.45	24.14	24.43	25.12	25.41	26.10	26.40	27. 9	27.38	28. 7	28.36	29. 5	29.34	30. 2	30.32	31. 1	31.30	31.59	29
28	14.33	15. 1	15.29	15.58	16.26	16.54	17.22	17.50	18.18	18.47	19.15	19.43	20.11	20.39	21. 7	21.36	22. 4	22.32	23. 0	23.28	23.56	24.25	24.53	25.21	25.49	26.17	26.45	27.14	27.42	28.10	28.38	29. 6	29.34	30. 3	30.31	30.59	28
27	14. 4	14.31	14.59	15.26	15.53	16.20	16.48	17.15	17.42	18. 9	18.37	19. 4	19.31	19.58	20.25	20.53	21.20	21.47	22.14	22.42	23. 9	23.36	24. 3	24.31	24.58	25.25	25.52	26.20	26.47	27.14	27.41	28. 8	28.36	29. 3	29.30	29.57	27
26	13.35	14. 1	14.28	14.54	15.20	15.47	16.13	16.39	17. 6	17.32	17.58	18.25	18.51	19.17	19.43	20.10	20.36	21. 2	21.29	21.55	22.21	22.48	23.14	23.40	24. 7	24.33	24.59	25.25	25.52	26.18	26.44	27.10	27.37	28. 3	28.30	28.56	26
25	13. 6	13.31	13.57	14.22	14.48	15.13	15.39	16. 4	16.29	16.55	17.20	17.45	18.11	18.36	19. 1	19.27	19.52	20.18	20.43	21. 8	21.33	21.59	22.24	22.50	23.15	23.40	24. 6	24.31	24.56	25.22	25.47	26.12	26.38	27. 3

lucidum et partem planè tenebrosam. Eo momento talem Lunae phasin excepi. Horâ nonâ horologii vrbici planè restituta apparuit, consumptis in egressu amplius quàm 5 quadrantibus, quod obseruationi Braheanae Witebergae habitae egregiè consentit. Quid hic quaeso aliud dici potest, quàm extitisse ruborem istum ex refractis Solis in terreno aëre radiis, cuius refractionis modulus aliis in locis terrarum alius eo momento fuerit. Nam si sidera Solem circumstantia Lunam ita pinxissent, totum eius discum, aequaliter sibi obiectum, pinxissent aequaliter.



Pars igitur planè tenebrosa hic et in praecedentibus in vmbra ipsius terrae plenaria fuerit, pars rubens in vmbra aëris, quae refractos Solis radios transmittebat; pars denique lucida immunis vtriusque vmbrae, puro Sole, vel eius aliqua particulâ, fuerit potita. |

277 | 4. *De pallore Lunae deficientis*

Iam quod de Lunae corpore latet in ipsa terrae vmbra, consentaneum | est, malignè admodum cerni. Ita ego anno 1588. die 3 Martii, Mulpronnae in Würtembergia, Lunam cùm in medio vmbrae versaretur, vix oculis per cineritium colorem deprehendere potui: miratusque sum, cum recordarer eius, quam anno 1580 videram. In Dania cum instrumentis Tychonicis eius à fixis distantiam metirentur, adeò difficulter eius margines cernebant, vt distantiae obseruatae retrogradam illam interdum exhibere videantur, circa Eclipsis medium.

An igitur hic saltem pallor seu color cinereus sit de Lunae proprio lumine? Nondum ne hoc quidem opus habemus dicere. Quin potiùs hic cum PLVTARCHO de facie Lunae respondeamus, quod supra de rubore Lunae respondere ob eius claritatem non poteramus, in hunc modum. | *Iam cùm hic, Solis radios excipientibus purpureis ac puniceis vestibus, paludibus item et fluuiis; vmbrosa viciniae loca colorem istum aemulentur, et ob omnigenas reflexiones, multiplicibus illustrentur splendoribus: quid mirum res habet, si copiosus vmbrae fluxus, veluti in pelagus coeleste incidens, non stabilis aut quiescentis luminis, sed ab innumeris exagitati astris, variasque mixtiones et mutationes in se admittentis, alium aliàs colorem à Luna expressum huc refert?* Quae verba ideo recensui, quia videntur experimentum tale sapere, quale supra ex anno 1569 CORNELIVS GEMMA proposuerat, de coloribus Iridis in Luna. Quod sententiam igitur ipsam attinet PLVTARCHI, si varii huiusmodi colores appareant in Luna, dixerim, vt supra, prouenire illos ex sphaera aëris humida, Solis radios refringente, minimè verò ex eo quod lux siderum in ipsis corporibus per hanc colorum varietatem adeò euidenter distincta sit, lunamque consimilibus imbuat

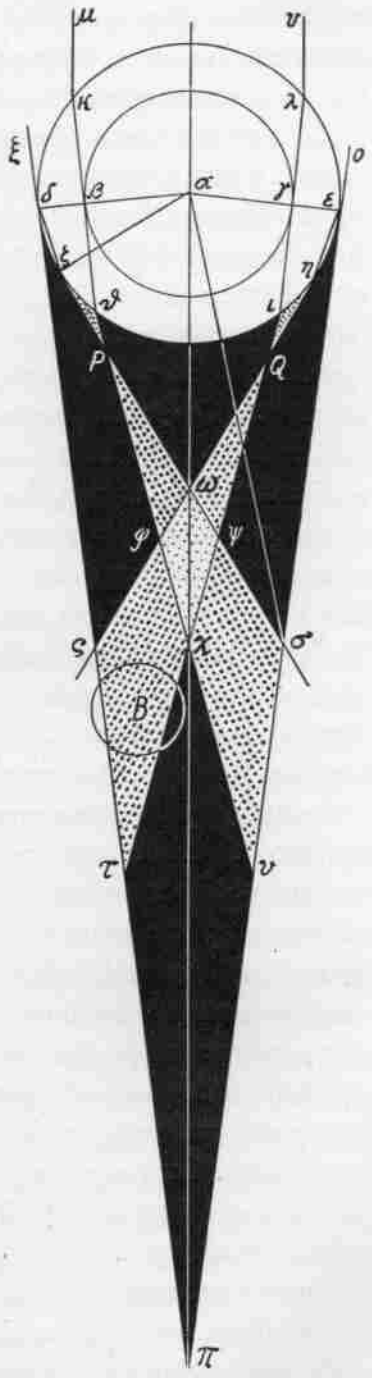
coloribus. Sin autem de solo tenuissimo Lunae pallore, seu cinereo colore quaestio sit, vnde is in Lunam perueniat, et an de proprio Lunae lumine sit, respondebo cum PLVTARCHO, hanc luculam conciliari Lunae à sideribus Solem circumstantibus, seu quicquid aliud est in coelo lucidum. Id fecero aequo TYCHONE, qui solam Venerem supra sufficere putauit (quam[1] uis minus consideratè) quae Lunae tàm forte lumen conciliaret, vt eo per crepusculi claritatem eximiam enitatur, à Sole digressa. 278

Nulla nox tàm est atra, si vel densissimae nubes coelum teneant, in qua, si sub dio fueris, inter niuem et carbonem, inter coelum et montes, nequeas discernere. Adeò in densissima parte vmbrae terrenae (quae noctem efficit) nunquam euenit, vt omnes omninò stellarum radii excludantur, nihilue illustretur de his terrestribus rebus. Quin igitur et multò quidem potiùs, in illa pura aura aetheria, qua Luna transitum habet, sexaginta terrae semidiametris supra hunc nostrum caliginosum aërem extante, vmbraque iam vehementer attenuatâ, idem sidera in Lunam possint in vmbra terrae haerentem, quod hic possunt in montes, in nubes, in niuem, in carbones? Vt taceam, nonnullos radios à Sole in aëre refractos, in medium etiam vmbrae pertingere. Quare tàm luculentis causis huius luculae suppetentibus, nihil est opus Lunae proprium lumen tribuere.

5. *Problema: Refractiones in longissimè distantibus regionibus metiri ex obseruatione Eclipsium Lunae*

Supra numero 2 ex horizontali refractione 34′. definiuimus vmbram terrae, ab extremis Solis radiis refractis, terram contingentibus, determinatam 43 semidiametros terrae longam; dictumque est, Lunam, cùm est humilima, 11 semidiametris superiùs transire: quomodo Lunam haec vmbra terrae nunquam contingeret. At numero 3 cùm ratio redderetur experimentorum, quae sunt allata, Lunaris corporis partem genuinae vmbrae omninò permisimus obscurandam. Quo loco ne contradictoria quis proposita existimet, velim illud consideraret; non omnibus locis refractiones esse easdem, quod supra c. 4. n. 8. satis est declaratum. Cassellis n. in mediterranea regione inuentae sunt minores. Deinde diligenter considerandum est, quamnam vmbrae aëriae regionem refracti per aëris humidam substantiam transire omninò possint. Centro α scribatur circulus maximus superficiei telluris βγ. et laxioris[1] circa hunc aëris δε. sitque δε circulus illuminationis aëris: et ξδ. οε Radii ab extremitatibus Solis coëant in π. determinantes vmbram aëris, quae Eclipsin Lunae causatur. Tangentes verò sphaeram aëris in δ. ε. refringantur in δζ. εη. ibique egressi rursum refringantur in ζω. ηω. Erit igitur αω citimus vmbrae terminus. Nam quod attinet partes Solis intra δξ. εο radios 279

illi ad δ. ε non pertingunt; tangentes autem aëris sphaeram superius versus κ. λ. eosdem faciunt angulos refractionum, et ingressi superiori loco quàm sunt δ. ε. egrediuntur etiam superiori loco quam sunt ζ. η. et sic fiunt exteriores quam ζω. ηω. Rursum sint β. γ. loca in meridiani terrae oppositis semicirculis, in quibus locis, centro Solis in linea αω constituto, totus vtrinque Sol refractè cernatur, margine infimo stringens horizontem: ita vt μκ. νλ refringantur in κϑ. λι. indeque in ϑχ. ιχ. secantes ζω. ηω in P. Q. Necesse est, per ea, quae cap. 5. Num. 3. prop. 9. demonstrata sunt, vt si maximè ξδ. μκ paralleli fuissent, sic et οε. νλ. tamen ξδζω. et οεηω citerius concurrere in ω. quam μκϑχ. νλιχ. Multò id iam magis, inclinatis illis lineis, quia ξδ. οε à superiori Solis margine venire ponuntur, μκ. νλ ab inferiore. Ita χ erit remotius, quàm ω. et ϑχ. ιχ termini radiationum refractarum alteri. Nam quaecunque radiationes praeter μκ. νλ à superioribus partibus corporis solaris in κ. λ inciderint, sectione fa¹cta in terram impingent; cum μκ. νλ sint vltimi non impingentium in terram, sed eam refractione factâ tangentium in β. γ. His ita positis continuentur ζω. ηω. ϑχ. ιχ. donec se mutuò secent in φ. ψ. et amplius donec secent δπ in ρ. τ. et επ in σ. υ iunctis. Erit igitur in medio vmbrae regio conica biuertex φχψω. in qua circulariter allapsi refracti colliguntur, circa altitudinem à Terra 43 semidiametrorum. Rursum erit in vmbra Terrae quaedam obliqua, et in aciem desinens corolla, repraesentata duobus locis per spatia ζϑP. ηιQ. in qua lux Solis refracta spargitur circulariter, collectior tamen in circulo P. Q. vbi rursum regio conica caua incipit per Pωφ. Qωψ repraesentata, in qua iterum refracta lux Solis, sed tamen debilior, spargitur, quia per latiorem regionem. Vtrum autem



36) κιQ.

Chasmata. alterutra harum seruiat illuminandis chasmatis, quae ferè semper septentriones spectant, Physici iudicent. Denique restat conica vtrinque excauata regio vmbrae per ρφχτ. et σψχυ repraesentata, per quam multò latius dispergitur lux Solis refracta, estque multò altior 43 semidiametris Terrae, et in medio per meram vmbram τχυ excauata. Hic igitur est locus, quem Luna traiicit.

Vt hanc regionem dimetiamur, nota primò, quod supra cap. 4. numero 6. prop. 9. refractio radii ex aethere tangentis aërem (posito, quod is, qui refractus Terram tangit, refractionem 34′ patiatur) fuit 1°. 1′. 30″. Angulus ergò ξδζ est 178°. 58′. 30″. Et arcus ideò δζ 2°. 3′. per 2. tertii EVCLIDIS. Et cùm sit δπα (vt supra, et cap. 6.) 12′. 48″. et αδπ rectus, erit δαπ 89°. 47′. 12″. Subtracto δαζ 2°. 3′. erit ζαπ 87°. 44′. 12″. qui est ζαω. Et quia ξδ tangit circulum, tanget et ζσ. per 9. decimi VITELLIONIS. Quare αζω rectus. Prius autem erat ζαω 87°. 44′. 12″. Ergò ζωα est 2°. 15′. 48″. Hinc qualium semidiameter aëris αζ est 1. talium αω fiet non longior 25⅓ semidiametri. Et quia ζωα est 2°. 15′. 48″. erit et σωπ tanta. Sed ωσε exterior aequat ω. et π interiores et oppositos, et ωπσ est 12′. 48″. Ergò ωσε erit 2°. 28′. 36″. Cùm verò δϑε circumferentia fuerit 179°. 34′. 24″. vt cap. 6. numero 4. dictum, et δζ sit 2°. 3′. erit ζϑε 177°. 31′. 24″. cuius dimidium 88°. 45′. 42″. qui est εασ. vel ζασ. quia ζσ et εσ sunt tangentes. Quare ασε 1°. 14′. 18″. Hinc qualium semidiame|ter aëris αζ est 1. talium ασ fiet 46⅓ semidiametri Terrae. Hic 281
ergò incipit regio illuminata refractis Solis radiis.

Rursum quia βγ arcus superior, per ea quae posita sunt, (et per cap. 6. numero 8.) debuit esse 179°. 23′. si radii Solis irrefractè peruenissent, vterque verò obseruator in β. et γ. Solem per 34′ videt iusto altiorem, augetur ergò iste arcus per 1°. 8′. fitque 180°. 31′. quare inferior arcus βγ 179°. 29′. Cuius dimidium 89°. 44′. 30″ est βαχ. quare βϑ continuata, cum αχ concludit angulum 15′. 30″. et ϑχα exterior aequat illum simul, et complementum ipsius βϑχ. siue 34′. Est itaque ϑχα 49′. 30″. Et cùm χϑ continuata secet αδ inter β. δ. proximè β. parùm referet, siue αβ. siue paulò maiorem, multò tamen minorem quàm αδ mensurae loco assumamus. Cùm ergò βαχ sit 89°. 44′. 30″. et αχϑ (sit iam αχβ.) 49′. 30″. erit αβχ 89°. 26′. Qualium igitur aliqua, quae est propior ipsi αβ. quàm ipsi αδ. est 1. talium αχ prouenit 70. Sic χ per 70 semidiametros Terrae à Terra remotum esset, longè sc. remotiùs quàm ρ. σ. Non tamen ab omnibus Solis particulis vsque in 70 semidiametros refringuntur radii, sed tantùm ab extremitate, punctum verò vbi incipiunt omnium particularum Solis radii refringi, supra probatum est 43 semidiametros eleuari. Cumque ρ. σ distent 46 semidiametris, τ. υ verò multò plus 70

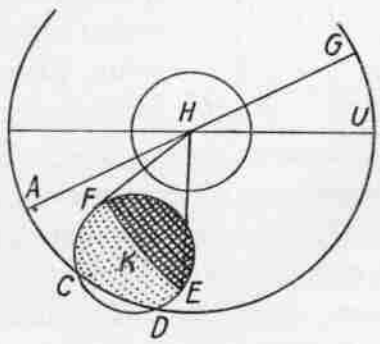
21) 2°. 14′. 18″. 34) 89′. 26″.

semidiametris, et regio ρτ. συ sit illuminata refractis Solis radiis, Lunaque inter dictos terminos transeat inter altitudines 54 et 60 semidiametrorum, quod testatur Astronomia, patet igitur, quòd in vmbra aëris versans, nihilominus illuminetur nonnihil à Sole.

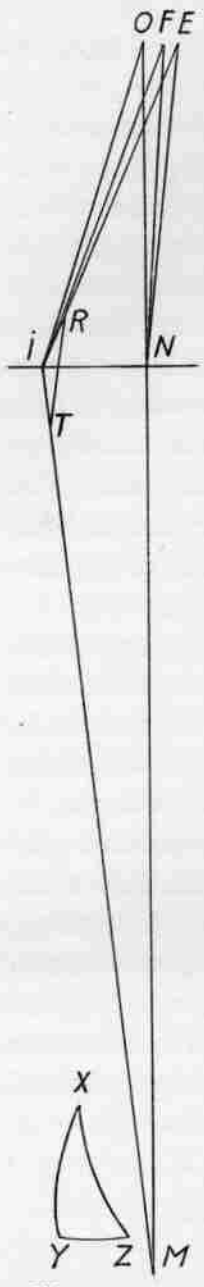
Rursum cùm τχυ mera vmbra terminetur χ apice in 70 semidiametrorum distantia, Luna itaque per meram vmbram non transiret, quia inferius transit, et tamen cum τχυ (si intelligatur iam regio carens aliqua particula Solis etiam refractè lucentis) terminetur apice χ in 43 semidiametrorum distantia. Luna igitur, quae altiùs transit, traiiciet vtique τχυ mucronem, (in secundo significatu sumptum) ita vt in principio vmbram aëris ingressa, totius tamen Solis aspectu refractè fruatur: at vbi in medium vmbrae aëris incidit, non ampliùs quidem toto Solis fruetur aspectu, aliquantulâ tamen portiunculâ. Hinc omninò consentaneum[1] est, quod ex GEMMA notum est, colores Iridis interdum in Luna videri. Nam in globo aqueo certissimum est, vbi particula de Sole refractè lucente, ipso refractorum defectu occultatur, colores alium post alium oriri, prout multum vel parum de solari corpore luxerit. Vides igitur omnium ferè, quae praemissa sunt, admirabilem consensum: quem qui per calumniam conuellere velit, arte vtatur, necesse est.

282

Restat scrupulus vnicus hoc ipso contextu propositus, et iam quidem penè exemptus, sed veritatis amatorem nihil dissimulare decet. Cùm Luna superioribus experimentis in tres quasi partes distingueretur, lucentem, rubentem, latentem, et lucens à rubente manifesta linea distingueretur, rubens verò ab obscurata non manifestâ linea vel limite, sed successiuè rubens in obscuratam desineret: consentaneum omninò videtur, vt quae perfectè rubebat, toto Solis corpore refractè fuerit illustrata, quae verò perfectè obscura erat, (quantum obscuram esse contingit) planè omni Solis aspectu caruerit, quae dubia fuit interiecta, particulam de Sole aspexerit. Quare mera vmbra τχυ. eiusque apex χ non à septuagesima diametro Terrae demum exoriri debet, sed longè inferius, vt in loco transitus Lunae aliqua particula possit in mera vmbra esse. Quaeritur quomodo hoc obtineatur? Responsio facilis est, si refractio horizontalis assumatur maior, tunc enim ϑχ. ιχ citiùs coibunt. Itaque anno 1598. Augusto, si AG Ecliptica, et ACG vmbra Terrae sit, CD pars meridiana, tunc terminus F radiorum refractorum à minore refractione proueniet, E à maiore. In Septentrione itaque maior fuit refractio, quàm in occasu, (quia A pars est vmbrae orientalis.)*



Vt autem sciatur, quanto maior refractio requiratur, seu ex obseruatione Eclipsis Lunae colligatur, sit K centrum Lunae, distans à Terra 54 semidiametris, quia Luna fuit in perigaeo: H centrum vmbrae; ponamusque, quod est obseruationi proximum,et principium obscuratae [1] partis penitus distitisse à centro 283
vmbrae, in F 20′. in E 36′ minutis. Sit in figura sequenti M vertex* coni συναυγείας ex capite 6. numero 7. N sit centrum Terrae. F vel E sit terminus refractorum, sic vt ONF sit 20′. ONE 36′. Erit igitur (per c. 6. num. 7.) IMN 18′. 30″. circiter, siue MI Terram tangat, siue aërem, quia proportio aëris ad Terram est insensibilis. Et quia IN est 1. NO 54. erit ION 1°. 4′. Quòd si OI tangat aërem, non Terram, addetur ad IN minus millesima parte, quare insensibili maior euadet angulus. Et quia ONM est vna recta, summa ION et IMN. quae est 1°. 22′. 30″. ablata à 2 rectis, relinquit OIM 178°. 37′. 30″. aufer OIF. vel OIE. est enim ferè tantus, quantus ONF. ONE. restat illic 178°. 17′. 30″. hic 178°. 1′. 30″. Applicata TR. quae Terram contingat, aërem in R. T. secet, sic vt RIT sit isosceles, fiet IRT. vel ITR refractio illic 51′. 15″. hîc 59′. 15″. Ex Tychone verò Braheo 34′ assumpseramus, quanta est in Dania. Et tamen cap. 4. numero 8. 9. ostendimus, diuersis locis et temporibus refractiones esse vel maiores vel minores: vt nihil hoc sit absurdi, per vnam Eclipsin locis aliquibus refractionem maximam fieri 51′. vel 59′. cum maxima et planè totalis refractio possit esse 61½ minutorum, vt dictum supra.



At ne hoc quidem, quantulumcunque est aliter,* necessarium est statuere, quàm si omninò placuerit, quod EF termino obscurae partis abscinditur, in mera vmbra fuisse; neque quis contentus esse velit, vt dicatur, partem illam maxima Solis refractè lucentis parte caruisse.

Vt autem et ostendatur, quibus terrarum regionibus refractiones iam inuestigatae obueniant, sic agamus. Testantur obseruationes Tychonis ad Vraniburgum accommodatae, coepisse Lunam emergere paulò ante horam 7. M. 50′. Ego verò, cùm pri[1]mum iam enitentem sum conspi- 284
catus, digito aut paulò minus auctam vidi, fuerit igitur id hora 7. M.

1) refractior

52½′ Vraniburgi. Gradus sunt 117° circiter. Tot gradibus versus occidentem Sol in meridiano fuit: in regione Iucatana Americae: Erat autem Sol in 23°. 20′. ♌ circiter, cum declinatione 13°. 47′. Septentrionali. Posito ergò altero circini pede in dicti meridiani et paralleli intersectione, altero extenso, vt gradus paulò plus 90 metiatur, circulus scribetur illuminationis Terrae, à quo surgebat vmbra. Is circulus aequatorem Terrae secabat versus Occidentem, inter nouam Guineam et insulas Salomonis in vasto oceano; versus ortum è regione Guineae Africanae sub ipsius occidentalis littoris Hispaniae meridiano. Pertingebat verò versus Austrum in mediterranea Magellanicae, qua Peruanam spectat, versus Septentrionem polo ipso sub aspectum Solis vindicato, transibat Hiberna Batauorum post Moscouiam. Cumque hora illa in Alt. poli 47. oriretur 18°. ♓ circiter: hinc ex tabula COPERNICI folio 42. sectio horizontis et Eclipticae, in penultimo schemate GHV fuit circiter 20°. Ergò in ZXY rectangulo* angulus X datur cum basi ZX. à 23 ♒ in 18 ♓. 25° gr. Hinc XZY habetur circiter 71°. 45′. Declinabat verò CD cornu lucidum, quod obseruationi quàm proximum est, etiam circiter 20° à verticali per centrum vmbrae vel Lunae. Ergò qui per centra Lunae et vmbrae transit, secabat Eclipticam angulo 51°. 45′. circiter. Et partes vmbrae F erant proximè Eclipticam, E verò proximè verticalem. Illae proiiciebantur ab insulis Salomonis et Guinea noua; qui verò interspergebantur refracti, passi erant refractionem in Africae desertis intimis. Hae verò à Magellanica exortae radiis Solis in Finmarchia et circum ea loca refractis interspergebantur. Maior itaque fuit refractio, hoc momento, in nostro Septentrione, quàm in Africa.

Quantum in hac nulli priorum tritâ semitâ proficere potui, praestiti. Nihil impedit, quin haec doctrina ad nonnullam vtilitatem excrescat, ab his vilibus orta seminibus. Itaque quicunque es veritatis amator, et cognitionis rerum cupidus, haec in primo ortu imbecillia ne opprimas ludibriis; quin potius secundis rumoribus firmare et educare coneris. [1]

1) 127°

CAPVT VIII 285

DE VMBRA LVNAE ET TENEBRIS DIVRNIS

Pertinuit haec quaestio facilioris intellectus causa ad ea, quae infra de diametri Lunae quantitate sumus dicturi. Methodi verò elegantia non patitur vmbram Lunae ab vmbra terrae separare.

1. *Occasio quaestionis huius*

Cùm animaduertisset TYCHO BRAHEVS nostri seculi HIPPARCHVS, Eclipses Solis, seu per canalem radius intromitteretur, seu oculis exciperetur, semper exhibere diametrum Lunae multò minorem, quàm illa in oppositionibus appareret, suspicionem primò concepit, quam denique iustae sententiae loco defendit, et in Progymnasmatum tomo I. apertè professus est; Lunam in coniunctionibus non retinere eandem visibilem diametrum, quam in oppositionibus habuit, sed vi luminis solaris margines eius extenuari, opticâ aliquâ ratione id suggerente. Propterea quasi hoc vniuersale esset, tabulam semidiametrorum pro nouiluniis peculiarem exhibuit. Et cùm anno 1600 ad CLAVIVM scripsisset, mirari se aiebat, visam CLAVIO anno 1560 totalem Eclipsin in Lusitania, tenebrasque interdiu nocturnas. Nec enim pati sua obseruata, vt Sol à Luna quantumuis humilima totus tegatur. Caeterum non esse standum ab hac semidiametrorum tabella, docuit Eclipsis Solis, quae anno 1601 Decembri statim post mortem TYCHONIS secuta est, de qua in appendice ad Progymnasmata admonitio facta est. Quod sententiam attinet ipsam, primum hoc est omnino concedendum, videri Lunam plenam iusto maiorem: alii tamen homini aliter. Is enim praecipuus capitis 5. scopus fuit, ostendere causas ex ipsa visus conformatione, cur ampliarentur margines rerum lucidarum, praesertim in tenebris. Hic itaque Lunae margines non extenuantur vi luminis solaris, sed ampliantur vi luminis lunaris, ex Sole communicati. Hoc itaque ex hoc loco diligenter notandum est Astronomo, | nisi visu acutissimo et fortissimo 286
sit praeditus, ineptum esse ad Lunae diametrum in plenilunio citra errorem oculis dimetiendam, adeoque id vix vlli hominum contingere.

Deinde et hoc concedendum est, in Sole deficiente, terminos et circa Solem, et versus Lunam subingressam, in visu dilatari, quod supra in fine capitis quinti ex oculi itidem conformatione et videndi ratione demonstratum est. Caeterum hic diligenter oportet distinguere inter ea, quae visui, et quae remotâ visus consideratione accidunt. Quae enim

16) peculiarem

visui accidunt, per singularia variant: quae verò reverâ fiunt, in eodem horizonte sunt vniusmodi. At cum de eo agatur, dies an nox sit futura sub Eclipsin Solis, et omninò, quota pars lucis diurnae sit peritura? frustrâ ad visus vitia respicitur, qui etsi in vno aliquo homine penitus deficiat, non tamen vnâ diei lumen caeteris hominibus extinguit. Itaque hoc iam secundo notabunt Astronomi, non esse visui fidendum, neque de numero digitorum, neque de angustia interioris et caui circuli Solem terminantis, qui est circulus lunaris corporis. Etenim hic reuerâ in visu nostro margines Lunae, vt TYCHO ait, extenuantur, vi Solaris luminis, seu potiùs Margines Solaris particulae lucentis ampliantur.

Non est itaque ab hoc visus accidente ad id argumentandum, quod citra visus considerationem accidit; neque tabulae in visus gratiam condendae, quae neque rem ipsam, neque omnium visuum vitia repraesentent. Non debet enim quicquam praestare Astronomus, praeter ea, quae re verâ accidunt. Visum verò Medicis relinquimus emendandum.

Quòd verò etiam per canalem, (quia et hoc TYCHO vsus est) et angustum foramen exceptus Solis deficientis radius terminos lucentes profert, Lunamque minorem arguit; id tantum abest, vt veram Lunae quantitatem ostendat; vt potiùs hinc occasiones apparuerint supra cap. 2. quibus decepti aliqui in hanc opinionem induci possint, quasi Luna verè tantò minor sit. Et nos infra docebimus hoc artificio (discreta hac ampliatione) certissimam inire rationem, quantitates Eclipsium dimetiendi. Vbi etiam exemplis planum fiet, si rectè administretur artificium,[1] 287 diametrum Lunae omninò maiorem apparere, quàm quantam exhibet TYCHONIS tabula.

His ita praemissis, demonstrandum nobis est initio multis exemplis, omninò tantam esse diametrum Lunae, vt Solem aliquoties texerit totum, regionesque aliquas profunda caligine inuoluerit. Deinde causas opticas assignabo: quibus contingere possit, vt interdum Lunâ totum Solem intercipiente, Sol tamen prominere videatur circumcirca.

2. *Exempla ex historiis, quòd Lunae vmbra diei noctem intulerit*

Vmbram Lunae conicam esse, propterea quod et Sol rotundus, et Luna rotunda eademque minor Sole sit, patet iisdem principiis, quibus supra cap. 7. Numero 1. terrae vmbram conicam pronunciauimus.

Quod si diameter Lunae ad sensum non maior est diametro Solis, sed aequalis; vmbrae Lunaris mucro in ipso visu nostro deficit, aërisque omninò tenuissimam regiunculam inuoluit. Hoc itaque casu merae tenebrae fieri nequaquam possunt. Sol enim ab vno saltem terrae puncto, Lunae interuentu, auersus, omnes circumiectas terrae partes aliqua sui parte clarissimè illustrat, quae lucem à Sole communicatam vndique sursum

in aërem vibrant etiam quâ is in vmbra Lunae est, et sic claritatem illi praestant nihilominus.

Necesse est igitur, quoties de die nocturnae tenebrae ingruunt, sub Eclipsin Solis; Lunam maiori angulo cerni, quàm Solem: sic, vt Sol post Lunam benè lateat abditus, et de horizonte tanta portio tegatur vmbrâ, ne aër spectatoris à vicino aëre illustrari possit. Vno verbo, extingui et illam materiam est necesse, quae nobis crepuscularem solet accendere facem.

De crepusculorum materia.

Quod si, vt hoc obiter dicam, altitudo illius materiae ad 12 milliaria perueniret, equidem vt haec à Luna luce Solis priuetur, vmbram Lunae penes nos 300 milliarium crassitudinem habere, necesse fuerit.

Sit enim AD 12 milliaria, qualium DC vel BC 860. milliaria. Vt igitur BC 860 ad sinum totum, sic AC 872 ad secantem anguli ACB. 9°. 31′.

Ad[1] cuius tangentem vt est totus, sic BC 860. est ad AB 144 288 milliaria, ex vno latere, totidemque ex altero. Vt autem vmbra Lunae, in vertice existentis, 300 milliaria circumcirca tegat, oportet Lunam viginti minutis maiorem Sole spectari, tanto nempe maiorem, quanto parallaxis Lunae in vertice versantis, euntibus per 9½ vtrinque gradus in circulo magno telluris, minimùm variatur. At etiamsi non maiorem illi altitudinem super horizontem tribuas, quàm 13 graduum, ab his ad 23 gradus, parallaxis Lunae etiamnum per 3 minuta hinc, et per totidem inde variatur, vt videre est in TYCHONIS tabula parallactica. Sex igitur minutis diametrum solis superet necesse est, vt materiam crepusculorum per 300 milliaria eidem meridiano subiecta extinguat; et tamen vtrinque versus ortum et occasum hac quantitate diametri non poterit tegere tantundem, sed supererit à lateribus lux crepuscularis. Quare videant authores, qui de Crepusculis scripsere, vt suam doctrinam de altitudine materiae crepusculorum cum totalibus Solis eclipsibus et meris tenebris diurnis, citra prodigiosam Lunaris diametri magnitudinem, concilient.

Nam, vt propositum propius vrgeamus, existere interdum tenebras tam profundas, authoritate et historiis liquidò probatur. Propterea PLVTARCHVS, vt validissimo argumento euinceret, Lunam non esse pellucidam, nec transmittere Solis radios, ad vulgarem prouocat experientiam. *Tantum*, inquit, *abest, ne fulgeat, vt cùm ipsa in coitu obscura* (inconspicua) *sit, tùm saepenumerò Solem quoque abscondat.* Et adducit EMPEDOCLEM, qui etiam euidentius hanc sententiam versibus exprimit.

Et terrae spatium tàm latum lumine priuat
Quàm latum glaucae Lunae complectitur orbis.

Paulò minus intellige spatium, vt fert ratio Geometrica. Quae EMPEDOCLIS verba PLVTARCHVS ita prosequitur: *Perinde*, ait, *ac si in noctem et tenebras, non in aliud astrum lumen Solis incidisset.* Paulò pòst eodem vsus argumento, noctem quotidianam ausus est comparare cum his tenebris
289 sub eclipsin Solis, indeque et terrae et Lu|nae eandem tribuere substantiam, propterea quòd vtraque Solem eadem plane ratione impediat, rebusque tenebras inducat. Vbi THEONEM suae aetatis Mathematicum inducit, planè hoc thema defendentem, quod ego iam tracto, et iisdem
† argumentis ab authoritate veterum deductis. *THEON*, inquit, *hic noster,*
10 *si non concedetis*, tantas scilicet fieri tenebras, *MIMNERMVM allegabit, et CYDIAM, et ARCHILOCHVM, et praeter hos STESICHORVM ac PINDARVM, qui deplorant, in defectibus, splendidissimum sibi eripi Solem, et quasi in media nocte se esse, radiosque Solis tenebroso ferri tramite: super omnes* (omnium antiquissimus, seu ante omnes) *HOMERVS*, (Christianus aliquis ESAIAM adiunget c. 13.) *qui facies hominum nocte et caligine occupari ait, Solemque et Lunam de coelo periisse.* Adeo hoc apud PLVTARCHVM in confesso est. De STESICHORO et PINDARO PLINIVS lib. 2. cap. 12. in hunc modum: *Hominum mente, in defectibus stellarum, scelera aut mortem aliquam siderum pauente: quo in metu fuisse STESICHORI et PINDARI vatum*
20 *sublimia ora palàm est, deliquio Solis.*

CLEOMEDES idem planè cum PLVTARCHO persuasus, causas etiam phaenomeni decantatissimi reddere profitetur, cur Luna Solis radios
† non transmittat, quod ex tam profundis tenebris colligebatur; item, *Cur cùm Luna minor sit, Solem occultet omnibus corporis eius partibus obstans, totique eius diametro subtensa.* Et cum priorum quorundam, SOSIGENIS puto, opinionem recensuisset, *quod in perfectis coniunctionibus, quando centra luminarium in eadem recta cernantur, Solis orbita circulo Lunam amplectatur, vndique excedens:* ausus est obloqui CLEOMEDES, quasi *non sit hoc obseruatione deprehensum. Fuisset enim*, inquit, *nobis visus, extans iste limbus, cùm*
30 *sit fulgentissimus.* Ita planè sibi quoque totales Eclipses visas affirmat,
† et generale hoc thema facit. Hoc idem MARTIANVS CAPELLA; *Crebro*, inquit, *in climate Dia Meroes proueniens Solis defectus, eiusdem ex omni parte totum obumbrauit orbem.* Et ALBATEGNIVS pro confesso vsurpat, totum solem tegi. VITELLIO etiam causam affert, cur in totali Solis defectu Luna cerni possit. Et in summa nullus vnquam fuit Astronomus, qui hoc fieri dubitasset: quotcunque diametrum Lunae maiorem esse tradidere, diametro Solis, ad visum; omnes autem hoc docuere. Nec mirum:
290 Plenae namque sunt historiae | exemplorum, quorum aliqua ex MOESTLINO et MERCATORE, et Historicis antiquis in medium adducam. Nam
40 haec commemoratio non tantum hic vtilis est, sed etiam ad aliud opus-

10) MIMNERNVM

culum, quod de anni magnitudine meditor, Deo vitam et vires suppe- †
ditante, planè necessaria.

DIONYSIVS HALICARNASSEVS lib. 2. *Aiunt*, inquit, *in conceptu ROMVLI totum Solem defecisse, et tenebras omnimodas, planè vt noctu, terras tenuisse; idemque et in decessu eiusdem factum.* Fabula videri posset. At fidem conciliat ei calculus Prutenicus, quamuis non planè certissimus: qui tamen in hac incertitudine, annum planè eundem, interstitium annorum planè idem cum aetate Romuli 55 annorum indicat, quibus duae magnae Solis Eclipses contigerint. Nam etsi prior eclipsis proditur digitorum 7¼. posterior 9½. facilè tamen fieri potest, vt calculus emendatus (indiget 10
enim emendatione) alterutram totalem prodat.

HERODOTVS libro 2. de bello, Lydos inter et Medos. *Sexto anno pugnâ consertâ accidit durante conflictu, vt ex die repentè nox efficeretur. Hanc diei mutationem THALES MILESIVS Ionibus praedixit futuram, tempus addens, hunc ipsum annum, quo et mutatio ista facta est.* Cùm autem HERODOTVS Lunae mentionem non faciat, erat quippe imperitus Astronomiae; ne quis igitur existimet prodigium aliud fuisse, PLINIVS nos confirmat, qui lib. 2. cap. 2. THALETI MILESIO primo apud Graecos hanc doctrinam ascribit *praedicto Solis defectu, qui sub ASTYAGE rege factus sit, Olympiadis* 48. *anno* 4. BVNTINGVS igitur anno indicato Nouilunium eclipticum inuenit 20
digitosque, indice Prutenico, nondum certissimo, calculo, vndecim et dimidium, Luna ad perigaeum appropinquante. in 1. gradu Geminorum, aestate illa à cuius medio incipiebat annus 4. olympiadis 48uae.

Idem HERODOTVS libro 7. *Cùm XERXES Sardis Abydum proficisceretur cum exercitu; Sol relinquens ex coelo sedem, inconspicuus erat, non existentibus nubilis, sed serenitate, vt plurimùm: pro die verò nox extitit.* Cùm transitus XERXIS in Europam in eum inciderit annum, cuius aestate Olympias 75. celebrata est (hoc enim XERXI iam Graeciam ingresso retulerunt aliqui, spectare Graecos Olympia, securos) et verò calculus astronomicus eo
anno nullam Solis eclipsin exhi|beat; iure credideris, prodigium in Sole 30 291
factum, inspectante vniuerso exercitu: (Nam BVNTINGVS nugas agit eclipsi producta vix 3 digitorum, eaque anno priore) nisi biennio post hunc XERXIS transitum, calculus Prutenicus, maximam Solis Eclipsin ostenderet, horâ post meridiem primâ in Asia, eamque die 17 Februarii, in 24° ♒. et sic primo vere, quod HERODOTI recensioni congruit. Suspicor igitur lapsam esse famam, eo quòd XERXES bis fortasse Sardibus iuerit. Nam quamuis XERXES esset vndique victus, primo et secundo anno Olympiadis 75. tamen anno tertio PAVSANIAM de proditione sollicitauit, eiusque rei gratiâ forsan, quo tempore haec Eclipsis contigit, ad
littus processit cum exercitu. Nam anno sequente PAVSANIAS proditio- 40

23) 48 rae

nis huius conuictus, et fame enectus fuit. Huc facit illa Magorum interpretatio, è re praesenti sumpta, *significari Graecis defectum ciuitatum.*

Saepe cogitaui, an haec ipsa sit Eclipsis, quae CLEOMBROTO ad Isthmum sacrificanti apparuit, eo vere, quod proximè secuta est clades MARDONII: sed calculus non consentit. Et nescias, an per haec HERODOTI verba ὁ ἥλιος ἠμαυρώθη Eclipsis intelligatur, an qualiscunque obscuratio, seu offuscatio. Haec igitur paulò incertior est.

THVCYDIDES lib. 2. anno primo belli Peloponnesiaci memorabilem Eclipsin Solis describit, quae in annum 2. Olymp. 87. incidit. *Sol defecit post meridiem, et rursum impletus est, cum factus esset Lunae nascentis similis, et stellae nonnullae effulsissent.* Fuit 3. Augusti forma Iuliana, ante C. 431. Cùm saepè sub integras eclipses stellae non compareant, videtur author non de partiali eclipsi loqui, in qua Sol in Lunare cornu fuerit attenuatus: sed planè de totali, vbi Sol deinde per species Lunae nascentis exordio capto, fuerit iterum impletus, cuiusmodi descriptio infra ex vita LVDOVICI sequetur. Nam cùm post annos septem rursum eclipsis incidisset non modica, sed septem digitorum, quantam MOESTLINVS ex Prutenicis inuenit, distinctè tamen author de ea loquitur. *De Sole nonnulla pars defecit,* ἐλλιπές τι ἐγένετο, indicans, non totum defecisse. Hic simpliciter ὁ ἥλιος ἐξέλιπε. Cur autem adderet illa γενόμενος μηνοειδής, causa videtur eadem, quae impulit ipsum haec addere, *videri* sibi de-
292 fectum Solis *in solo nouilu*[1]*nio posse contingere.* Confirmaturus enim hanc suam opinionem, quod Luna Solari lumini obstet in eclipsi, (Astronomiâ tunc inter Graecos nondum excultâ) addit, quae viderit, Solem scilicet paulatim, vt aliàs Luna solet, iterum impletum, ipso defectu, et cauitate sua, Lunae rotunditatem prodidisse, sibi obstantem.

LIVIVS dec. 4. l. 7. *LVCIO COR. SCIPIONE et C. LAELIO Coss. per eos dies, quibus profectus ad bellum Cos. Ludis Apollinaribus a. d. V. Id. Quintiles, coelo sereno, interdiu obscurata lux est; cum Luna sub orbem Solis subiisset.* Fuit annus 2 . Olymp. 147. Luna à perigaeo consurgebat. Forma Iuliana 3. Martii ante Christum anno 190.

Biennio post, idem LIVIVS lib. 8. dec. 4. *luce inter horam tertiam et quartam, tenebras obortas* ait: quibus temporibus calculus Eclipsin nullam exhibet. Prodigium igitur fuit. BVNTINGVS eclipsin producit 3 digitorum, ineptam ad tenebras faciendas, quin et horâ aliâ, nempe 9 horâ diei (more Romano) incidit.

Memorabilis est in primis illa Eclipsis, quam HIPPARCHVS in libro de magnitudinibus et interuallis adhibuerat, incertum à se, an à TIMOCHARE obseruatam, cum Alexandriae scribatur obseruata: Etenim, vt

8) THVCIDIDES Pelopponnesiaci 19) ἔλλιπες 28) a. d. V. Eid.

de ea CLEOMEDES refert, *Sol totus in Hellesponto deficiens, obseruatus est in Alexandria quinta parte diametri salua, reliqua deficere.*

Meminit eius PTOLEMAEVS lib. 5. Magni Operis, cap. 11. et THEON in Commentario super hoc, verbis notabilibus: *Assumit*, inquit, *eclipsin in LOCIS, QVAE sunt circa Hellespontum, in toto Sole accuratè factam, vt nihil de eo appareret.* Non tantum hoc affirmat, totum Solem in Hellesponto latuisse: sed etiam latitudinem illi phaenomeno tribuit, *in locis* inquiens *circumiacentibus*. Hinc est, quod CLEOMEDES lib. 2. refert, procul dubio ex hoc ipso HIPPARCHI loco, *hanc vmbram plus quàm quater mille stadia occupare. Omnis enim locus, in quo Sol non cernitur, Luna subtercurrente, vmbra Lunae est.* THEON enim refert, HIPPARCHVM ex illa eclipsi collegisse distantiam Lunae citimam 71 semidiametrorum, vltimam 83. quamuis postea descenderit ob causas alias à 62 ad 72½. Quòd si diameter Lunae assumatur minutorum 30′. in apogaeo, quod HIPPARCHO visum, fiet in perigaeo 35. per eccentricitatem Hipparchianam excedens diametrum Solis, quanta ab HIPPARCHO vsurpabatur, 5′ minutis. Vt au|tem corpus in hac sublimitate 71 semidiametrorum terrae 293
permutet locum per 5′ minuta, opus est, vt per 6°. gradus circuli terreni eatur à loco, vbi Luna verticalis: et circa Hellespontum in alt. ☉ in ♋ 71°. graduum per 6½ gradus. Illa verò aetate ERATOSTHENES definiuerat abbitum terrae 250000 stadiorum: de quibus 4000 planè 6 gradus efficiunt. Siue igitur ex simplici consideratione spatii terrarum, per quod totus Sol in hac eclipsi latuerit, siue ex hac iam expedita ratiocinatione, HIPPARCHVS illa 4000 stadia deduxerit, de quibus CLEOMEDES; vtroque nomine validè conuincitur, totalem fuisse hanc Eclipsin, Sole post Lunam cum aliqua mora latente.

C. MARIO, C. FLACCO Coss. hora diei tertia Solis defectus lumen obscurauit, Iul. obs.

M. VIPSANIO et FONTEIO Coss. anno Christi 59. CORNELIVS TACITVS lib. 14. Annalium, *Solem*, ait, *repentè obscuratum:* Et inter prodigia immania refert, quae irrita fuisse miratur, non vanus author. Sanè insignem fuisse defectum ex PLINIO colligitur, qui lib. 2. cap. 70. CORBVLONI quoque in Armenia animaduersum dicit. Dies pr. Cal. Maias.

PLVTARCHVS de facie Lunae, commonefacit suos collocutores *eius coitus Solis cum Luna, qui nuper fuerit* (circa annum Christi 100) *quo statim sub meridiem incipiente, stellae multis passim coeli locis effulserint, aërisque fuerit ea temperies, qualis est incerta luce sub crepusculo.* Fuisse totalem ex antecedentibus colligitur et sequentibus. Nam causas reddens, *Cur non ita profundae sint tenebrae in defectibus, neque aër perinde atque noctu occupetur iis*, non huc prouocat, quod aliquid de Sole supersit, à Luna non tectum, sed alia quaerit diuerticula, de quibus postea. Quo arguitur

hanc totalem eclipsin PLVTARCHO visam, non aliam: qui quod in vna vidit, in omnibus fieri putauit. At nos de meris tenebris satis confirmant historiae. Huc saltem faciat haec eclipsis, vt credamus, totum Solem tegi posse.

Quo tempore GORDIANVS IVNIOR imperare coepit, anno Christi 237. 12. Aprilis, *tanta Solis Eclipsis fuit, vt nox crederetur, neque sine luminibus accensis quicquam agi posset.* IVLIVS CAPITOLINVS. Hanc totalem fuisse necesse est, Prutenicus minus 11 digitos exhibet.

AMMIANVS MARCELLINVS lib. 20. de consulatu CONSTANTINI X Iu-
294 10 liani III.: *Per Eoos tractus coelum caligine cernebatur obscura, et à*[1] *primo aurorae exortu, vsque ad meridiem* (locum intelligo coeli, non tempus) *intermicabant iugiter stellae. His terroribus accedebat, quod cum lux coelestis operiretur, è mundi conspectu* PENITVS *luce abrepta, defecisse diutius Solem pauidae mentes hominum aestimabant, primo attenuatum in Lunae corniculantis effigiem, deinde in speciem auctum semestrem, posteaque in integrum restitutum.* Quare hic quoque totus Sol defecit, nequicquam Prutenico calculo relinquente circulum circa Lunam, Lunâ in apogaeo. Nam addit author post explicationem causarum haec quoque verba; *Offunditur* interdum *densioribus tenebris coelum, vt crassato aëre, ne proxima quidem, et*
20 *opposita cernere queamus.* Quod ipsum procul dubio haec ipsa docuit Eclipsis, vt prius etiam PLVTARCHVM sua. Fuit annus Christi 360. 28. Aug.

Cùm historiae per aliquot secula rarissimarum meminerint Eclipsium, credibile est, non annotatas esse alias, quàm quae conuersione diei in noctem oculos incurrerent, totalesque essent. Quales LIECHTENBERGIVM tempore S. MARTINI, IORNANDVM et MARCELLINVM anno 418. 19. Iulii, Annales Constantinopolitanas anno Christi 592. 19. Martii, BEDAM anno 664. 1. Maii, consignasse credibile est. Nec multum sanè Prutenicus calculus repugnat, qui illam 10½. hanc 12 penè digitorum prodit.
† Anno 787. *Maxima Solis Eclipsis contigit.* Cedrenus calculus ostendit
30 16. Sept. dig. 11½. Sed totalem fuisse ex verbis colligitur.

Anno 840. 5. Maii, Eclipsin Solis tam validam fuisse ait author sine nomine, *vt etiam stellae propter obscuritatem Solis visae sint, rebusque color in terris mutaretur.* Alius author *totalem*, ANNONIVS *maximam* fuisse dicit. Luna in perigaeo fuit. De hac Eclipsi in vita LVDOVVICI PII haec notabilia verba inseruntur. *Eclipsis Solis contigit tertia die letaniae maioris insolito modo. In tantum enim lucis recessu tenebrae praeualuerunt, vt nihil à noctis veritate differre videretur. Stellarum namque ratus ordo ita cernebatur, vt nullam* (nota) *sidus lucis Solaris hebetudinem pateretur: quin potius Luna, quae se ei aduersam praebuerat, paulatim orientem petendo primum corniculatim illi lumen* (nota) *à parte occidentali restitueret in morem sui, quando prima vel secunda cernitur, et sic per augmenta totam venustatem tota rota Solis reci-*
40

peret. Author fide dignus est; quia Astronomiae peritiam habuit, stellasque omnes | exactè calluit, et LVDOVVICO monstrare est solitus: quod 295
apparet ex colloquio, quod cum LVDOVVICO de Crinita anni praecedentis, eiusque significatis habuit: videtur aemulari MARCELLINVM.

Anno 878. 29. Octobris, author modò dictus, *Solem*, ait, *post horam* 9. *ita obscuratum esse, per dimidiam horam, vt stellae in coelo apparerent, et omnes sibi noctem imminere putarent.* GEMMA totalem fuisse affirmat, quod verbis est consentaneum. Luna post perigaeum fuit.

Anno 3. LOTARII, circa 957. Christi, XV. Calend. Ian. *Eclipsis Solis facta est, vt stellae à prima hora vsque ad horam tertiam apparerent.*

Confer cum illa AMMIANI MARCELLINI. Matutinae namque peculiare quid habent, cur sint tetriores: vmbrâ Lunae desuper horizontem, ceu ictu quodam feriente, et auroram extinguente. Quo faciliùs auo meo credo, qui referre mihi solitus est, vti quondam (anno videlicet 1530. 29. Martii) coelo frigidissimo, cùm vix diluxisset, repentè iterum fuerit extincta lux diei, inque noctem versa. Quam quidem Eclipsin calculus Tychonicus non patitur totalem esse. CYPRIANVS quoque *tetram* appellat, nescio an ex αὐτοψίᾳ. Fuit Luna versus perigaeum.

Anno 1133. 2. Augusti, recensent Historici Eclipsin Solis *maximam*, calculus totalem concedit.

Anno 1187. 4. Septembris, *Eclipsis Solis adeò magna, vt stellae per diem visae sint, tanquam in nocte.* Totalis igitur, vt collatione priorum apparet. Luna in perigaeo.

Anno 1191. *Totalis Solis eclipsis facta,* ALBERICVS. At Luna in apogaeo tamen fuit.

Anno 1241. die 6. Octobris, *magna* Solis Eclipsis. GEMMA *totalem* ait. Fuit haec quoque matutina.

Anno 1415. 7. Iunii, *horribilis fuit Eclipsis Solis.* LEOVITIVS. *Totum* Solem tectum fuisse colligitur ex Historico Polonico. Luna circa perigaeum.

Anno 1485. 16. Martii, defecit Sol, WALTHERO aestimatore, ad 11 digitos, quem vtique visus nonnihil fefellit, ob causas supra explicatas. Nam alibi *fuerunt merae tenebrae, adeò vt candelis accensis opus* | *esset: in* 296
vrbibus gallinae, foris diuersi generis animalia ad solitae quietis nocturna loca se contulere, LYCOSTHENE teste. Luna in perigaeo.

Anno 1544. 14. Ianuarii, Eclipsin GEMMA Frisius obseruauit (per foramen) 10 digitorum, falsus itaque est, vt demonstratum cap. 2. Et maior fuit defectus. FVNCCIVS vndecim digitos aestimauit: sed et hunc oculi fefellerunt, vt cap. 5. dictum: omninò parum superfuit, et alicubi totus Sol latuit. Hinc FVNCCIVS *diem,* ait, *coepisse iterum noctescere, tanquam in crepusculum vespertinum, et volucres coeli, quae prima luce fuerant*

hilares, cùm tantae subitò occurrerent tenebrae, obmutescere coepisse. Luna à perigaeo ascendebat.

Anno 1560. 21. Augusti, CLAVIVS testis, *Conymbriae Solem circa meridiem non modico tempore contectum latuisse, tenebras fuisse quodammodo nocturnis maiores; neque enim quo pedem quis poneret, videre potuisse, clarissimèque stellas in coelo apparuisse: aues etiam, mirabile dictu, ex aëre in terram, prae horrore tam tetrae obscurationis decidisse.* Luna περίγειος. Huic igitur vni, vt fides haberetur, quam ei TYCHO negabat, tot antecedentium coaceruatione opus fuit. Viennae Austriae, referente MERCATORE, obseruarunt TILEMANNVS STELLA et PAVLVS FABRICIVS H. 1. 40′. digitos 5½. Calculus Tychonicus veram coniunctionem Vraniburgi monstrat H. 1. 20′. p. m.

CORNELIVS GEMMA Louanii initium notauit statim post 11. finem h. 1. 23′. digitos 7½ ferè.

Inaequalis noctium claritas.

Ex his quidem exemplis hoc vt plurimum apparet, Lunâ terris proximâ, secutas nocturnas tenebras, ex causis opticis seu astronomicis. At non esse has solas causas, quin ab aëris circumstantia plurimùm vel impediantur vel adiuuentur, demonstrat inaequalis noctium consuetarum claritas. Nam si de mera nocte aër quandoque ob albicantem colorem, crassitiei signum (quod de Ponto testatur ARISTOTELES) lumina stellarum ita combibit, vt tota nocte quoddam crepusculorum lumen aemuletur: quid non praestare hoc adiumento possit vel tenuissima Solis particula huiusmodi crassum aërem et terras, vltra pauca à nobis milliaria, illustrans, lucemque illis communicans, ad nos porrò reuibrandam. Ecce argumenta inaequalis huius noctium claritatis ab aëre
297 prouenientis. Anno 1599. in Eclipsi mensis Ianuarii vel Fe|bruarii, cuius supra facta mentio, nondum dimidia diametro tenebris immersa, totum Lunae marginem videre potui. Anno 1601. Decembri tenuissimo cornu superstite, caliginosam tamen partem non vidi. Fuit tamen eadem anni tempestas. Anno 1603. mense Maio, cum tertia diametri pars restaret, viderunt tamen aliqui marginem obscurum. Sequente Nouembri, cum non quarta pars in vmbrâ esset, visus tamen margo.

3. *An fieri possit, vt in centrali coniunctione luminarium, Sol tamen non totus lateat?*

Medium huius Eclipseos Vraniburgi calculo Tychonico H. 12. 10′ meridiei, quantitas digitorum 6. 29. MOESTLINVS Tubingae obseruauit digitos

Hactenus itaque ex historiis probauimus, totum Solem tectum esse non semel, etiam à Luna altissimâ. Quo magis mirum est, vnicum ex omni historia extare exemplum contrarium, quod CLAVIVS commentario in SACROBOSCVM recenset: Anno 1567. 9. Aprilis, *Romae Solem non totum defecisse, sed relictum fuisse exilem quendam circulum lucentem circum-*

1) obtumescere

ferè 10. ab Austro. GERHARDVS MERCATOR Duisburgi Cliuiae initium H. 10. 25′ finem hora 1. Ergò medium H. 11. 43′. CORNELIVS GEMMA Louanii initium H. 10. 12′. vigorem H. 11. 40′. finem paulò post $12^1/_2$. puncta ferè 9. Lumen valdè pallidum, at stellae nullae, tempus tamen quasi vespertinum. Coepit ab occasu à parte Solis inferiore. TYCHO BRAHE in literis ad CLAVIVM ait, se adolescentem obseruasse hanc Rostochii ad littus maris Balthici in ipso quasi meridie, digitorum non planè 7. Et in Progymnasmatis est H. 12. 0. digiti 6. 29. quantum et calculus prodit. In alia tamen scheda inueni H. 11. 0. digitos 9. 0.

circa. Fuit tamen Luna media inter altissimam et humilimam. Mirum inquam est: nam hic quidem visibilis Lunae diameter omninò minor esset, nec possis hoc accidens visui transcribere, vt initio huius capitis factum. Quae enim siue in oculo, siue in obscura camera, cum lucida sint, dilatantur; ea primum radium ad locum illum proiicere necesse est: quae verò non radiant, obiectu opacorum impedita, vt Sol obiectu Lunae; neque dilatari poterunt. Non est itaque visui transcribendum hoc phaenomenon.

Quod igitur TYCHO BRAHE in alteram CLAVII Eclipsin, idem ego in alteram attentaui; in dubium nempe vocans hoc ipsum, an omninò integer circellus fuerit superstes, et non potius ex altera parte tenuissimus margo corniculatus, nondum penitus coniunctis centris. Nam fieri potest, vt aliter haec initio fuerint consignata; aliter à CLAVIO transcripta, seu memoriae lapsu; seu praepostero consignationis intellectu: praesertim si CLAVIVS ab aliis visa commemoret. Equidem et ipse dubitans addit, *id fortasse nunquam anteà contigisse.*[1]

Atqui sat consideratè CLAVIVM hoc phaenomenon memoriae prodidisse, perpensis circumstantiis, demonstrant haec ipsa authoris verba. Quare vt de re planè certissima sic disputemus. 298

Et primò quidem non inficior, hypotheses quorundam Astronomorum sic esse comparatas, vt Sol perigaeus à Luna apogaea in hunc modum tegi possit, relicto limbo prominente. Nam quem supra suspicati sumus à CLEOMEDE taxari, multitudinis verbo, SOSIGENEM, ei à PROCLO Diadocho haec forma apertè tribuitur, commemoratâ prius PTOLEMAEI sententia. Dixerat PTOLEMAEVS, per HIPPARCHI dioptram hoc certum haberi, Solis diametrum ab apogaeo in perigaeum, ad sensum non variari, sed eodem angulo spectari: Lunae verò diametrum tùm demum diametro Solis aequalem spectari: cum Luna plena in apogaeo sui Epicycli sit constituta: at in perigaeo Lunam videri maiorem. PROCLVS igitur ad haec addit: *Hoc si verum, non est verum, quod* SOSIGENES *narrat Peripateticus, in eis quae de Reuolutionibus inscripsit, Solem in perigaeis Eclipsibus factis spectari non totum in anteriora procurrentem* (intelligo post Lunam sese recipientem), *sed in extremis circumferentiae ipsius, circulum Lunae euadere, ac minimè impeditum lumen dare.* Apparet HIPPARCHVM idem dixisse, quod PTOLEMAEVS de diametris luminum dixit: SOSIGENEM verò addidisse hanc interpretationem: si lumina apogaea spectentur eodem angulo, certè Solem perigaeum spectatum iri maiori, etsi hoc per dioptram ob exilitatem non deprehendatur. Fieri itaque posse, vt Soli perigaeo Luna ἀπόγειος et ita minori angulo obiiciatur, et sic Sol non totus per omnes extremitates tegatur. Propterea PROCLVS addit: *Nam si quispiam hoc admiserit, Sol differentiam faciet apparentium*

diametrorum. Imò verò respondebit PROCLO SOSIGENES, quia omninò Solem necesse est apparentium diametrorum differentiam facere; accedit enim et recedit, ideò hoc ego duxi admittendum. Ita nos PROCLVS docet, statuisse SOSIGENEM, omninò videri tales Eclipses, qualem nobis CLAVIVS vnam prodidit. Quo quidem loco sibiipsi PROCLVS interpretationem affert eius, quod à principio libelli Hypotyposeon, mirabilium
299 quaestionum quintâ dixerat. *Cùm etiam*, inquit, ' *Lunae in perfectis solaribus Eclipsibus quaedam cernantur differentiae: nam totus aliquando Sol obtegi conspectui videtur nostro: aliquando in ipso articulo, quo centra duo et oculus in eandem incidunt lineam, Luna intra Solis ambitum spectatur.* Ostendit, inquam, loco prius adducto, se hîc loqui non de experientia, sed ex SOSIGENIS traditionibus. Nam si eorum, quae hîc dixit, propriam aut saltem certam habuisset experientiam, nunquam illa, quae primo loco adduximus, in eum modum subiunxisset: nunquam ea, quae SOSIGENES tradiderat, in dubium vocasset, vtpote experientiâ per se confirmata.

An igitur haec à CLAVIO relata Eclipsis per Ptolemaicas hypotheses ab HIPPARCHO et SOSIGENE transsumptas possit excusari? Minimè. Primum in ipsa longitudine media fuit Luna, maior diameter Lunae, quàm solaris etiam περίγειος. Deinde Sol ipse versus apogaeum ibat, et
20 penè minimo angulo spectabatur. Causa igitur phaenomeni alia est quaerenda. Ac nescio, an eam PLVTARCHVS libello toties iam pulsato de facie Lunae, planè detexerit, quando ab Eclipsi, quam ipse viderat,
† exorsus, sermonem in genere nectit; *Luna*, inquit, *etiamsi totum aliquando Solem occultet, tamen is defectus latitudine et tempore caret*, (regulam ex suo facit exemplo, diuersum vidisti in commemoratis exemplis) *sed quidam elucet splendor circa orbitam, non sinens altam nimiamque fieri vmbram.* Ita planè est, quamuis Sol tegatur totus, aër tamen Solem circumstans, quò Soli propior, hoc splendidior est. Quare, si crassior fuerit aër, deque illo exigua aliqua particula, quantâ cono visi Solis intercipitur,
30 fuerit obscurata, circumstans aër splendere videbitur, circulari formâ. Accedunt alia experimenta. Confirmat mihi sanè D. IESSENIVS, cuius cap. 5. mentionem feci, anno 1598. 25. Feb. vel 7. Martii, Eclipsin Solis sibi in Aula Torgensi per nubes visam, splendore Lunam planè cingente; seque eam Solis laborantis formam Epigrammate et allegoriâ prosecutum. Illa tamen Eclipsis in Braheano calculo totalis esse non potuit, ne quidem per legitimam Lunae diametrum à perigaeo discedentis. Non potuit igitur IESSENIVS vndique Solem videre, sed quod vndique Lunam circumstare vidit, splendor erat aëris. '

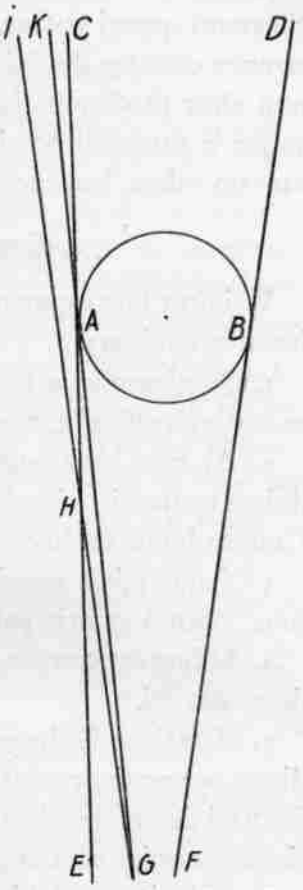
300 Anno 1603. 8. 18. Ianuarii, horâ vnâ post occasum Solis, Lunam
40 totam obstruente pilâ turris, nihilominus orbis albus satis clarus ap-

6) Hypotheseon

paruit, vt putares esse Lunam per aqueam nubem, aut splendorem Lunae quasi in aquâ dilutum. Non habuit tamen euidentem finem, sed obliterabatur in nubem. Et facilè splendor hic ab ipso corpore discernebatur moto capite. Simile quid mihi accidit sequenti 16. 26. Ianuarii vesperi, Lunâ in perigaeo versante, cum plurima admiratione. Rotulam aeneam exquisitè circularem stylo infibulatam in perticae duodecim pedes longae termino altero, erexi perpendiculariter, ex altero termino applicaui oculum, et ante oculum tenuissimum foramen in altera laminula aerea, sic vt oculo per foramen in rotulam perpendicularis esset prospectus, nec quicquam oculi latitudinis occasione posset contingere. Cumque qualium interuallum oculi et rotulae erat 10368, talium rotulae latitudo 104 esset, tegens arcum 34⅓′ minutorum: sperabam istâ rotulâ Lunam planè tectum iri, propter alios modos obseruandi, quos vnà adhibebam. Atqui circumcirca Luna prominere videbatur. Hic me sollicitudo incessebat, ne fortassis alii modi, quibus plurimum fido, falsi essent. At fallaciam esse, statim patuit, oculo ad rotulam appropinquante. Etenim nondum sese recipiebat omnis illa claritudo post rotulam, etiam cum ad 10 pedum propinquitatem oculus veniret. Quomodo Lunam vltra 41′ minuta repraesentare oportuisset, quod sciunt omnes falsum esse. Neque potui determinatam agnoscere distantiam, ex qua tegeretur Luna, semper enim lucidum quid circumcirca vidi, etiam à septem pedum interuallo. Nec multò aliud mihi anno 1600. Gratii obiiciebatur, circa obseruationem diametri Solis, per foramen intromissi. Apertis enim duobus foraminibus, altero milii, altero pisi magnitudine, circulisque binis in tabella opposita depictis, quorum alter alterum excederet interuallo tanto, quanto foramen maius à minore differebat: radius quidem Solis per maius foramen immissus aequabat maiorem circulum, at maiori foramine obstructo, qui per minus ingrediebatur, neque terminum conspicuum, et limbum paulatim in fuscum colorem transeuntem obtinebat, deni[1]que minorem circulum longè superabat. Radius enim Solis per tàm angustum foramen valdè attenuatus, non multò clarius illustrare poterat papyrum, quàm radii ex aëre Solem circumstante, quorum cum solaribus continuatio maiorem iusto amplitudinem, et fuliginosum colorem repraesentabat. Erat autem eius diei aër supra modum splendidus, longè à Sole.

Huiusmodi quid credibile est etiam circa Solem fieri posse, quando Luna ipsi interiicitur: vt siue aër, siue etiam aetherea substantia, quae non est omninò nihil, sed suam quoque densitatis rationem habet, à Sole illustrata, splendorem concipiat, qui Sole occultato, lucem solarem repraesentet: vti supra mihi rubor Lunae, absente solari illustratione, genuinum Lunae lumen à Sole acceptum, videbatur esse. Id enim ex

prop. 23. capitis 1. deduci potest in hunc modum. Sit AB corpus Lunae, CA. DB radii extremi corporis solaris determinantes Lunae vmbram AE. BF. Sitque G locus in superficie Terrae in media vmbra Lunae. Eiiciantur GK contingens orbem Lunae, et GHI remotior. Cùm ergò in G conspici possit, quicquid est aetheriae substantiae vltra KA versus IH. illustretur verò à Sole, quicquid est vltra CE. Ergò videbitur ex G aliquid à Sole illustratum. Quare per 23. pr. primi capitis, communicabitur illi substantiae (quae ponitur esse coloris nonnihil particeps) aliquid de luce Solis, idque radiabit in plagam à Sole. Quae ergò sunt in spatio KA particulae, fortius radiabunt in G. quàm quae sunt in spatio IH. quia illae rectioris sunt radiationis, et ipsi CE radiationi solari propiores; IHG verò obliquior est ad CE.[1]



302 Quodsi quae CLAVIVS in Eclipsi anni 1567. vidit, ea ex hoc genere affectionis sunt: necesse est, et CLAVIO suum limbum lucidum, paulatim versus exteriora dilutiorem visum esse, nec exquisito termino exterius insignem.

Quid si verò CLAVIVS et hoc neget, videritque planè recisam et determinatam lucis speciem? Num etiam in hunc euentum parati sumus? Enimuerò si hoc verissimè dicere possit CLAVIVS; tum demum, et visum esse ipsi Solem ipsum, circa Lunam, concedam; et causas magis fortasse geometricè, quàm hactenus, assignabo. Etenim, quia supra capite 6. numero 9. eò audaciae cum PLVTARCHO processimus, vt ausi fuerimus Lunae continentes, maria, montes et valles ascribere, quales haec nostra Tellus habet: quantum superest, vt et aërem Lunae circumfundamus, qualis huic nostrae Terrae circumfusus est? Tunc enim, nec id tamen crebrò, fiet id, quod supra capite 7. numero 5. de terrestri aëre demonstrauimus; vt radii ab extremitatibus Solis accedentes, lunare corpus anfractu quodam, per refractiones in lunari aëre, circumeant, sicque ad visum nostrum breuiore cono terminentur. Vt in schemate, quod cap. 7. num. 5. primum est; si oculus inter χ. ω puncta consisteret. Hoc itaque pacto non Lunae diameter iusto minor, sed Solis diameter appareret iusto maior.

Hoc ipsum quidem mihi suggessit, vno verbo, magnus quidam harum artium fautor, *videri partes Lunae extremas pellucidas*. At non ita

leuiter defendi hoc potuit, quàm facilè dicitur. Nam quid iuuat pellucidas esse, si densiori sunt substantiâ, quàm aura aetherea, et Luna rotunda? Hoc enim si fiat, non directum radiis solaribus iter est, nec sine schemate illo capitis septimi, quicquam certi demonstrari potest. Praetereà quaeri posset, si semper sint pellucida extrema Lunae, cur non semper circulus de Sole supersit? Malo itaque Lunae aërem tribuere, non altae profunditatis, vt interdum, sed rarissimè ad hunc effectum vsque is progredi possit. At multò malo illam penultimo loco allatam causam valere, hanc verò non in vsu versari, sed in promptuario extare.[1]

4. *Corollaria aliquot de Solis eclipsibus* 10 303

Vt igitur hoc caput non sine foenore finiamus, ex ante dictis regulas hasce notabimus.

1. Quotiescunque Eclipsis aliqua Solis de die tenebras nocturnis similes terris offundit, totum Solem à Luna absconditum fuisse, certum est.

2. At non ideò tenebras futuras praedicet Astrologus, etsi totum Solem tectum iri videt, nisi et Luna perigaeo vicina, et aër purus fuerit. Causam huius rei habes supra cap. 6. num. 11.

3. Neque etiam sequitur, si stellae apparuerint, totalem fuisse defectum. Nam à multis partialibus stellas detectas legimus.

4. At hoc sat certum, si totalis Eclipsis coelo sereno futura sit, stellas 20 detectum iri.

5. Matutinae Eclipses semper ad tenebras sunt procliuiores ante medium, vespertinae post medium, illae quidem in nodo et semicirculo Zodiaci descendentibus, hae in nodo et semicirculo ascendentibus. Extinguunt enim eam aëris à Sole illustrati portionem, quae supra capita nostra plurimum nobis lucis infert.

6. Color verò rebus mutatur, non tàm ab Eclipsibus horizontalibus, quàm à verticalibus, aestiuis, coelo serenissimo. Quò clarior enim est aër, hoc fortius obscuratio lucis subita incurrit oculos, vtpote fortiter imbutos antea, et fortes lucis species retinentes. Contra si pluuiae, nu- 30 besue coelum obtineant, obscuritatemque antea faciant, nihil insolens occurret oculis, etsi tenebrae per Eclipsin augeantur. Ita anno 1590. 21. 31. Iulii, Eclipsis in Sueuia messoribus flauum vndique colorem, in Styria rubentem obiecit; quae adeò magna non fuit. At multo hac maior anno 1598. 25. Feb. vel 7. Martii, coelo turbido, pluuio, hyberno, Sole † humiliore, nullam de coloribus querelam excitauit; etsi diei lucem ad vespertinam obscuritatem inclinaret.

7. Multae non planè totales sunt, quae maiorem obscuritatem terris inducant, quàm totales Lunâ apogaeâ vel aëre splendente: quia Sol

35) 22. Feb. vel 4. Martii

post Lunam apogaeam circumcirca non profundè latet. At si Sol circa horizontem à Luna paulò superiore penè totus tegatur, infra tamen non-
304 nihil prominens, | aër supra capita nostra quo altior hoc magis aspectu Solis priuatur: vt ita mera nox, seu vmbra Lunae capitibus nostris ingruat.

5. *De reliquorum siderum occultationibus mutuis*

Tenui quidem, sed tamen aliquo nexu cohaeret haec quoque consideratio, Solis et Lunae, Eclipsibus.

Primum, vt stella aliqua eo modo deficiat, quo Luna, necesse est illam proprio lumine carere, quod supra cap. 6. numero 12. negatum est. Si tamen hoc concedatur, videbitur stella Martis non omninò suspicione libera, quòd in vmbram Terrae incurrat. Nam de vmbrae terrenae longitudine et latitudine Solisque parallaxi si quantitatem spectes, timida etiamnum existit consultatio. Cumque Lunaris vmbrae mucro praecisè in Terram incidat; consentaneum videtur, vt Veneriae vmbrae mucro in Lunam Soli proximam, Mercurialis in Venerem desinat; vti porrò terrestris in Martem, Martiae in Iouem, et huius in Saturnum.

Vide etiam an illae tenebrae, quas anno 47. terris incubuisse cap. 6. Numero 11. diximus, vmbra Cometae alicuius dilutior fuerit, quam suspicionem etiam supra moui.

Eo verò modo, quo Sol, stellas omnes praeter Lunam, quotidiè videmus deficere: semper inferioribus superiores tegentibus, si in suo illas itinere deprehenderint.

Anno 45. secundum Dionysium, qui fuit annus 241. ante Christum, Parthenonos 10. seu Septembris 4. stella Iouis eoi occultauit asellum Austrinum. PTOL. l. 11. C. 3.

Eandem stellam ARISTOTELES vidit bis congredi cum altera duarum in pedibus Geminorum, eamque occultantem ἀφανίσαντα.

Anno 13. Dionysii, Aegoceronis 25. qui est 272. ante Christum, 18. Ianuarii, matutinum sidus Martis existimabatur suppositum προστεθεικέναι boreali frontis Scorpii. PTOL. l. 10. c. 9.

Anno 13. Philadelphi, inter 17. et 18. Mesori, qui est idem 272. ante Christum, 12. Octobris, stella Veneris mane visa est comprehendisse, seu, vt THEON exponit, obtenebrasse oppositam Vindemiatrici, quae in extremo alae Austrinae sita est. PTOL. l. 10. c. 4. |
305 MOESTLINVS anno 1574. 16. Sept. mane h. 4. vidit cor. ♌ à Venere tectum. Idem ego Gratii vidi, anno 1598. 15. 25. Sept. mane hora 3. vix orta Venere. Horâ quartâ iam plus vnâ Venere interesse potuit: linea tamen à Venere in cor cadebat paulò infra Iouem.

34) videmiatrici

Vt Iupiter Saturnum tegat, vix semel intra multa secula fieri potest; factum tamen anno 1563. esse videtur: et secuti sunt euentus pro magnitudine signi, quos hodieque cernimus ob oculos.

Cometam aliquem à Iouis stella tectum, quidam ex PROCLO colligunt, vide lib. 1. Progym. TYCHONIS, fol. 619.

Iouem à Marte totum eclipsatum vidit MOESTLINVS Tubingae, et cum eo ego anno 1591. 9. Ianuarii. Color Martis igneus rutilans arguebat Martem inferiorem.

PROCLVS obseruatum ait, Venerem subter Martem currere, sicut Mercurium subtercurrentem Veneri.

De Venere et Marte experimentum refert idem MOESTLINVS, anno 1590. 3. Octobris mane horâ 5. Martem totum à Venere occultatum, colore Veneris candido rursum indicante, quòd Venus humilior fuerit.

Veneris et Mercurii mutuae possunt esse occultationes. Iam Venere superiore, iam Mercurio.

Anno 1599. cum 21. 31. Maii Mercurius vno quasi gradu superasset Venerem, tantundem ferè septentrionalior: descenderet autem sequentibus diebus et versus Eclipticam, decrescente latitudine, et versus Terram in Epicyclo, crescente diametro visibili; factum tamen 29. Maii, vel 8. Iunii (nam totum interiectum octiduum pluuiosum et nubilum Gratii fuit, vt et sequentes dies vsque in 3. 13.) vt diligentissimè respiciens ad Venerem, nullum tamen viderim Mercurium, cum viderim Geminos et Capellam. Persuadebar quidem, me ex orientali Veneris parte longiusculos quosdam et subtiles radios visere, Venus tamen colorem non mutauit. Analogia motus diurni et praecedentes obseruationes omninò Mercurium proximum Veneri statuunt.

Solem Venus hoc seculo tegere non potest, potuit tamen ante annos circiter ducentos, et poterit olim.[1]

Mercurii nodi in Tauri et Scorpionis principio vel Arietis et Librae fine sunt, possuntque hodie ac ferè omnibus temporibus, Planetam hunc sub Solem inuehere. Quo minus mirandum, quod in vita CAROLI MAGNI legimus ad annum 807. annotatum, his verbis: *Stella Mercurii* 16. *Cal. April. visa est in Sole quasi parua macula nigra: tamen paulo superius medio centro eiusdem sideris; quae octoties* (vt ego lego barbare, non octo dies) *à nobis ita conspecta est. Sed quando primum intrauit vel exiit, nubibus impedientibus non potuit adnotari.*

Author Astronomiae peritus fuit, quod apparet ex consignatione tot Eclipsium, et quod copulam Solis et Mercurii calculo tenuit, ex quo sciuit, maculam illam esse Mercurium. Annus tamen nescio quo casu vitiosè conscriptus est. Fuit enim anno 808. 16. Cal. April. (fortè quod

2) 1464.

annum à Paschate inchoat). Nam eius diei meridiana hora in Regiomonte calculus Prutenicus exhibet locum Solis 0°. 45′. ♈. Mercurii 0°. 31′. ♈. cum lat. 2°. 9′. quam latitudinem certum est à PTOLEMAEO citra obseruationum indicia sic ordinatam, ne hos duos Planetas sub Solem induceret. At iam dictum est, hodiè nodum in Arietis fine esse, vt non praeter rationem sit, tunc fuisse circa initium huius signi.

Iam igitur non ampliùs soli AVERROI de hoc phaenomeno credimus, postquam Christianae professionis homo suum quoque calculum addit.

Lunae super fixas ingressus penè quotidiani sunt, solentque diligenter annotari ab Astronomis. Sic AGRIPPAS BITHYNVS et TIMOCHARES Pleiadas, MENELAVS ROMANVS frontem Scorpii, iidemque authores non semel spicam Virginis, TYCHO BRAHE et COPERNICVS Palilicium, Ego cor Scorpii (vt supra cap. 5. num. 5. dictum) MOESTLINVS creberrimas etiam minutiores occultari à Luna vidit.

Ita Saturnum à Luna tectum WALTHERVS notauit (vide infra cap. 11. probl. 30.), Iouem Monachus historicus anno Christi 807. Ianuario, Martem ARISTOTELES et MOESTLINVS, Venerem COPERNICVS lib. 5. cap. 23.

307 Verba ARISTOTELIS lib. 2. de coelo, cap. 12. *Lunam enim vidimus,* [1] *cum bifariam ita diuisa esset, vt altera ex parte obscuraretur, ex alterâ luceret, sensim congredi cum stella, quae Martis dicitur, et eam quidem, cum obscura illius parte occupata fuisset, ex parte illius lucida emergere.* Non potuit igitur hoc esse alio tempore, quàm anno tertio Olympiadis centesimae quintae, ante Christum anno 357. in nocte 4. April. Sole in 10 Tauri, Luna cum Marte in 3 ♌. latitudine eâdem; cum ARISTOTELES iuuenis 21 annorum audiret EVDOXVM, vt ex LAERTIO notum.

Commendat ibi ARISTOTELES Chaldaeorum industriam, à quibus multa talia ad Graecos peruenisse dicit.

CAPVT IX

DE PARALLAXIBVS

Corpora itaque, quorum species et dimetientes Astronomia considerat, sunt, vti diximus, Sol, Luna et stellae: quibus accedunt Telluris Lunaeque vmbrae. Caeterùm quod praecipuum in his corporibus quaerimus, sunt eorum motus tam admirabiles. Vt verò hos geometricis demonstrationibus expiscari possit Astronomus; situm eorum prius instrumentis dimetiatur necesse est. Nam vt in Geometria, cum spiralem aut conicam sectionem vno actu describere nequimus, puncta aliqua, per

quae linea transit, figimus, ex quibus integer lineae tractus dignoscatur: ita in Astronomia, quod rudioribus dico, motus ipsos siderum minimè cernimus oculis: Varios verò situs inuicem comparamus, indeque formam motus quaerimus, qua omnes isti situs ante notati, consimilesque futuri, ordine efficiantur: quo obtento, Astronomi munere plenè defuncti sumus. Situs itaque stellarum varii certis temporibus sunt quaedam quasi elementa, seu potius apotelesmata motuum.

Et situs quidem ex relatorum genere est, respicitque, prout eum nunc consideramus, stellarum loca. Eodem enim cum stellis omnibus extimo mundi orbe includimur. Atque cum huius aedificii mundani tres sint regiones ex natura figurae sphaericae, quam adeptum est, centrum, superficies, et intermedium; cen|trum verò, seu verè, seu ad *308* sensum, nos occupemus; relinquuntur ergò stellis duae regiones reliquae, secundùm quas gemino respectu situs earum consideratur, nempe aut respectu intermedii seu diametri Mundi, aut respectu superficiei extremae.

1. *De situ seu loco siderum aspectabili seu aestimato sub fixis*

Ac situs quidem sideris respectu diametri mundi rem ipsam propius attinet, situs verò respectu superficiei solam ferè visionem.

Cùm enim omne, quod videtur, certo angulo radiorum lucidorum marginibus rei visae ad centrum oculi confluentium, comprehendatur et videatur: tum demum sidus rectè nos vidisse, hoc est obseruasse, putamus, cùm angulum visionis accuratè fuerimus dimensi. Angulos verò metitur circulus ex anguli puncto descriptus. Et est ille ingens circulus, seu sphaerica superficies extimi mundi, descripta ex hoc puncto nostrorum angulorum visoriorum, hoc est ex Terra; quia spatiolum, quo abest superficies, nostra alumna, ab ipsissimo mundi centro in tanta vastitate planè euanescit. Conficitur ergò, vt sphaerica superficies extimi coeli adhibeatur à nobis ad dimetiendos angulos visorios, in nostro oculo conformatos: et contra, vt anguli nostri visorii situm stellarum respectu superficiei mundi sufficienter arguant. Est enim et haec consideratio gemina. Primùm dicetur in sequentibus, stellas cum certa sua à nobis distantia non posse cerni oculis. Itaque inter sidera nobis valdè propinqua, et illa in remotissimo orbe fixa, causâ loci non distinguimus, nisi alterum ab altero tegatur. Itaque hoc pacto coniunctiones errantium cum fixis notamus oculis. Quo igitur angulo cernuntur duae fixae, erronibus binis coniunctae, eodem angulo, eodemque arcu circuli maximi, anguli visorii mensore, dicimus et ipsos errones respectu superficiei distare. Ita, quo angulo cernuntur extremi margines Solis, vel Lunae distare, haec esse dicitur magnitudo Solis vel Lunae. Adeoque hinc Sol

et Luna aequales putantur, quamuis Sol multis millibus vicium Lunam superet, tantùm quia propemodum aequali angulo cernuntur. Vide 19. quarti VITELLIONIS. Has tàm fixarum, quàm erronum, adeoque et marginum Solis vel Lunae distantias vnius ab altero, Astronomi metiuntur instrumentis, puta radiis seu baculis astronomicis, sextantibus, et aliis, comparationem instituentes arcus inter binas stellas interiecti ad integrum circulum, aut eius quartam partem. Quae quamuis opticae facultati cognata materia, propria tamen est partis Astronomiae mechanicae, quam sumptuosissimè nobilissimus ille TYCHO excoluit, diligentissimè verò tradidit.

Deinde cùm nec rerum natura patiatur, nec semper vsus ferat, vt appulsum siderum ad stellas fixas notemus oculis (interdiu namque sidera latent) Astronomi sibi alias metas proposuerunt, à quibus distantias stellarum arcuales numerarent; quae non vt stellae fixae ex oculis abeunt, ortibus et occasibus subiectae; sed à suis terrarum locis planè sunt inseparabiles. Eae sunt cuiuslibet loci horizon, quem extensa quasi in infinitum Terrae planities efformat, totam sphaeram mundi in duo ad sensum aequalia hemisphaeria diuidens; et horizontis illius polus seu punctum, quod verticibus cuiusque loci quocunque momento temporis imminet: quodque lineâ perpendiculi monstratur, secundum quam et omnia grauia deorsum rapiuntur, et nos recti consistimus. Hoc pacto Naucleri capiunt Solis altitudinem respectu superficiei, seu arcus visionis, seu anguli, quem efficiunt in oculo radii, et à Sole, et ab horizonte subiecto venientes. Ita Astronomi angulum notant, quem Solis vel stellae radius cum linea in superficiem horizontis perpendiculari conformat, Regulis et Quadrantibus ad hunc vsum constructis, cum libramento ponderum. Sed enim ego de industria cum rudibus balbutire coepi, vt occasio mihi daretur in quendam TYCHONIS Momum exclamandi: qui cum ob ingenii foelicitatem inter Astronomos connumerari potuisset: cum opificum vulgo ineptias plus quàm pueriles cauillandi libidine deblaterare maluit, vt haberent scilicet imperiti, quo magistro bonas artes carpere auderent. Negabat obseruationes TYCHONIS (has arcuum seu angulorum visoriorum, per instrumenta subtilissima, numerationes putans) eâ esse certitudine et subtilitate, qua ab authore praedicarentur; Coelum enim (quod prius aequè ac instrumenta mensuram huius anguli visorii feceramus) in multò plures particulas diuidi posse, easque notabili planè magnitudine, de quibus Astronomum post omnem instrumentorum subtilitatem etiamnum dubitare necesse sit. Atqui dissimulauit callidus artis obtrectator, hunc stellarum situm causâ superficiei, hasque distantias, has altitudines, et quocunque no-

In Mathematicum Misastrum Tychonomast.

1) Sol Lunâ multis 25) perpendiculi 29/30) connumerari 30) vulgò

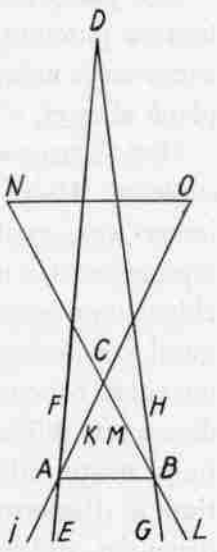
mine alio veniunt, non institui ob res seu stellas ipsas primariò, quarum inter centra huiusmodi arcus non intersunt, sed ob visum nostrum; totumque hoc negocium in Astronomia opticis rationibus niti: ac proinde stultum esse, aliam subtilitatem, quàm quae visu praestari possit, affectare velle; superbum verò et barbarum, hanc visoriam, quae nobis ad veritatem primus est aditus, reiicere. Non profitetur itaque neque TYCHO, neque quisquam sanus, se adeò leui operâ genuinas et verissimas siderum distantias, situsque in mundi diametro, per hos instrumentorum arcus pandere: sed hoc profitetur; se visus in videndo subtilitatem, arithmetica visorii arcus dinumeratione, geometricaque diuisione imitari, viamque struere per has distantias visorias, ad verissimos situs siderum in diametro mundi indagandos. Atque haec opportunè de situ stellarum, causâ superficiei vel anguli visorii, in gratiam rudiorum repetiisse, digitoque monstrasse sufficiat.

2. *De altitudine siderum à centro Terrae et parallaxi ob distantiam oculorum*

Sequitur, vt de situ stellarum causâ diametri mundi dicam, eodem tramite pergens; vt qua in parte noui quid eruditis proponere non possum, populariter eruditos pro viribus adiuuem, quantum instituta breuitas patitur. Incipiam à notissimis, exorsus ab iis, quae capite tertio et quinto praemissa sunt. Natura binos animalibus dedit oculos, non tantùm, vti vulgò creditur, in subsidium iacturae, si quam alterius oculi facturum fuis | set animal: sed ad comprehensionem distantiae visibilium 311
ab oculis. Cum enim oculi vtriusque centra ab inuicem absint in certa proportione ad corpus, puta vnius palmi latitudine circiter; nulla verò certa visio fiat, nisi cum vtriusque oculi diameter, quae per centra humorum et foraminum transit, in rem visui propositam dirigitur: hinc efficitur, vt hae diametri inter videndum sibi ipsis non planè aequidistent, sed tantò magis ad se mutuo annuant, quantò res visa propius visum consistit. Hunc annutum, oculis naturalem, ARISTOTELES Sectione 31. probl. 7. describit, dum vtrumque oculum ex eodem principio dicit aptatum; innuens, vtroque oculo rem eandem videri, visione et specie vnâ, propterea quòd cognoscens facultas eadem in vtrumque commeet oculum. Et probl. 17. quaerit, quî fiat, cur etiam ex obliquo rem intuentes vtroque oculo eandem speciem videamus? Centra oculorum sint A. B. Distantia AB. Res ad videndum proposita in D. Dirigentur ad ipsam diametri oculorum EF. GH. sic vt continuatae concurrerent in visibili D. Sit iam res visa propior oculis in C. Rursum ad ipsam dirigentur oculorum diametri, statuenturque in IK. LM. Et quia aequicruri trianguli duo ADB. et ACB super eandem basin AB constituuntur,

12) indagandas 19) capiti

maior erit angulus ad C angulo ad D. Minor ergò CAB. quàm DAB. et minor CBA. quàm DBA. Quare extremitates diametrorum ocularium ex F. H transierunt in K. M. sibi appropinquantes, et posteriores E. G. discesserunt in I. L. Itaque motum et contortum binorum oculorum vsurpari necesse est, cum visus à remotiori D ad propinquius C transfertur. Et huius motus, ceu animalis actionis vsurpatione atque sensu, assuescit animal inter distantias longiores et breuiores rerum visibilium à sese distinguere: idque tum demum, cum est aliqua sensibilis proportio distantiae oculorum AB. ad discessum rei 312 vi|sae ab oculis AD. vel BD. Haec quidem ad Astronomiam non faciunt. Tanta enim est siderum distantia, imò tanta distantiae centrorum ocularium AB exilitas, vt oculi sidus aliquod, adeoque et montem paulò remotiorem intuentes, parallelos tendant ad sensum diametros AF. et GH. Caeterum exemplis rerum tenuium populares captus ad illa eximia et sublimia sunt attollendi. Et sunt haec genuina illorum exempla. Pergo itaque. In figura eadem sit iterum visibile C. caetera vt prius. Et sit vltra visibile C. obtentus paries, secans rectas AC. BC in N. O.



Cùm igitur alter oculus clauditur, medio sublato functio cessat: hoc est, inter distantias amplius non distinguitur, societate et distantiâ binorum oculorum impeditâ. Quare oculus A. visibile C. et punctum parietis O. putabit coniuncta, quia sita sunt illi super eadem linea ACO. Ita clauso A oculo, visibile C per oculum B. videbitur iunctum puncto parietis N. quia nequit inter distantiam BC. et distantiam BN discerni. Hoc pacto oculis A. B. alternatim apertis et clausis, visibile C. locum suum visum ex O in N. et vicissim, ceu saltu quodam commutabit. Atque hoc dicent Optici, Astronomorum verba imitati, Commutationem visus, seu Graeca voce parallaxin. Demonstratio penè eadem est, quam supra cap. 5. prop. 7. obiter attuli super problemate ARISTOTELIS de geminata specie. Dicam itaque quid simile nobis in contemplatione siderum accidat; vt plenè, quid Astronomi parallaxin dicant, patescat.

Superest etiam vnico oculo diu assueto exigua facultas distantias valde propinquas discernendi, ob latitudinem oculi et motum foraminis in tunica vuea, maximè ob translationem capitis, sed ea hic nihil nos impedit. Vide supra, cap. 3.

3. *De parallaxi quotidiana ob distantiam superficiei Terrae à centro*

Et dictum est paulò antè, diametros oculi vtriusque parallelos ad sensum incedere, si visus ad siderum aliquod dirigatur. Itaque sublatâ diametrorum inclinatione, tollitur dignotio distantiae sideris ab oculo, seu situs eius respectu diametri mundi. Et si duo sidera fuerint ad visum

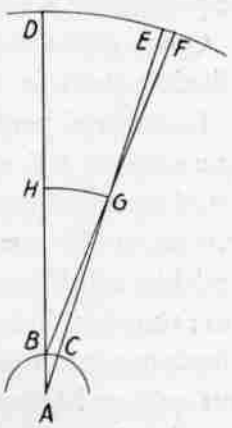
nostrum in eadem linea, visus noster, quamuis ambobus oculis vsus, inter vtriusque remotionem diuersam non distinguens, putabit illa coniuncta.[1]

Hoc pacto euenit, vt Lunam et omnes Planetas sub fixarum sphaera 313
locatos putemus, nihil adiuuante nos distantia oculorum. Atque hoc pacto visus noster in aestimando situ Planetarum causâ diametri mundi planè aberret.

Hunc sensus visus defectum Natura rursum admirabili machinatione subleuat. Haec enim omninò voluntas fuit Dei Creatoris, vt homo, imago sua, oculos ab his terrenis ad illa coelestia attolleret, tantaque sapientiae suae monumenta diligenter contemplaretur. Huc omnis machinae mundanae distributio tendit, vt nobis hanc Creatoris voluntatem, quasi voce emissa testatam faciat. Propterea sensibilis est effecta globi terreni ad orbem Lunae proportio; vt quod singulorum hominum oculis decederet, diligentia vniuersorum in tota superficie Telluris habitantium, magnitudine eius adiuta, suppleret: atque hoc pacto situs errantium in diametro mundi per illas priores respectu superficiei, vel anguli distantias, addisceret. In superiori schemate sint A. B. non iam duo oculi eiusdem hominis, sed duo loca in superficie Telluris, A in Europa, B in Africae extremo promontorio, Luna sit in C. videaturque eodem momento ab hominibus vtriusque loci. Sensibilis itaque cùm sit proportio distantiae locorum ad distantiam Lunae à Terra, respectu diametri mundi, quod iam ponimus, sensibilis erit et inclinatio linearum AC. et BC. Sit autem NO sphaera fixarum de nocte, vel corpus Solis de die sub momentum nouilunii. Cùm ergò, qui sunt in A, inter distantiam Lunae et distantiam Solis seu fixarum respectu diametri mundi nequeant discernere, videbitur C Luna coniuncta cum O fixa, aut margine Solis. At iis, qui in B. eodem tempore, C Luna videbitur coniuncta cum N fixa, vel margine Solis, sic vt illi portionem NO habeant ad dextras Lunae partes, hi ad sinistras. Commutabitur ergò situs Lunae, ab hominibus locorum binorum imaginatus, ex O in N. Planè vt prius de vtriusque oculi iuncta visione dictum est. Atque hoc modo in genere parallaxis siderum accipitur, vt NO arcus extimae sphaerae, vel angulus, quem arcus iste metitur, sit parallaxis Lunae. Sed quia non quoties opus est, homines in super[1]ficie Telluris 314
sunt dispositi, qui ad vnum et idem momentum temporis ad Lunam respiciant: Astronomi viam ingrediuntur paulò aliam. Computant enim aliâ Methodo, de qua non est huius loci dicere, quas apud fixas, seu qua sub distantia à Vertice, Luna quouis momento apparere debeat oculo, qui in Centro Terrae constitueretur. Eodem momento instrumentis dimetiuntur eam distantiam à vertice, quae oculo in superficie

Terrae constituto se insinuat. Differentiam vtriusque anguli dicunt speciali nomine Parallaxin seu commutationem visus; vt ita parallaxis inquiratur quidem ob addiscendum situm sideris in diametro mundi, ipsa verò per se sub genere angulorum visoriorum, vel situs causâ superficiei comprehendatur.

Centro A scribatur circulus magnus in superficie Terrae BC. et alius in superficie extimae sphaerae fixarum DEF. sintque A. B. D in eadem recta, quae per verticem loci transeat. Sitque loco intermedio sidus in G. extra lineam AD verticalem. Ex A igitur centro, et B loco superficiei Terrae, eiiciantur rectae in G. et continuentur in E. F. Denique centro A. distantia AG. scribatur GH arcus in orbe sideris. Astronomi igitur, vt dixi, inquirunt primò angulum DAG. vel arcum DE. illius anguli mensuram, hoc est, arcum distantiae sideris à vertice ex A centro apparentis, qui est DE. per ea, quae initio huius capitis dicta sunt. Deinde inquirunt angulum DBF. vel arcum DF. illius anguli mensuram (cum B insensibiliter absit ab A centro, comparatione facta BA ad BD) hoc est, arcum distantiae sideris à vertice ex B loco superficiei apparentis. Cuius rei causa haec est; quia sidus, si in ipsam DA verticalem lineam incideret, vt si in puncto H esset, sub vertice loci D. planè nihil commutaret locum visum. Nam si H sidus, B visus, et A centrum Terrae essent in eadem recta: continuata BH et AH in vnum D punctum incideret, et est AH | linea visoria ex centro, BH verò visoria ex superficie. Itaque ex vtroque visus loco idem sub fixis locus D signaretur. Hunc itaque terminum Astronomi eligunt arcuum, in quibus parallaxes numerantur, quia ab hoc communi termino primum incipiunt existere parallaxes in omnes plagas. Vt quia iam sidus in G apparebit ex A in E. ex B in F. vt DE. vel DAE sit minor, quàm DF. vel DAF. vel F locus ex B superficie visus elongetur à D vertice, plus quàm E locus ex A centro visibilis, quem aliâs verum locum dicunt. Est enim axioma opticum, quod quae remotiora sunt, minora appareant: hoc est, minori visionis angulo cernantur. Si HG arcus distantiae sideris à vertice in suo ipsius orbe, qui cùm propior sit apud B. quàm apud A sensibiliter, propterea quod AB semidiameter statuitur esse sensibilis ad AG distantiam sideris. Ergò HAG angulus minor erit sensibiliter angulo HBG. Quare et illius mensura DE sensibiliter erit minor, quàm DF mensura huius. Et harum igitur differentia EF dicitur ab Astronomis parallaxis huius sideris in G positi.



Est autem EF mensura anguli EGF vel BGA. propterea quod proportio BA ad AE est insensibilis, eiusdem verò BA proportio ad AG est sensibilis ex supposito, ergò et proportio GA ad AE est insensibilis, proinde angulus ad G aequiualet ad sensum angulo, qui super EF ad centrum A constitui potest. Idem etiam sic patet, cùm DF sit mensura anguli DBF ad sensum: sed DBG angulus aequalis sit angulis BAG. AGB internis et oppositis iunctis. Ergò DF mensura est angulorum BAG. AGB iunctorum ad sensum, sed DE est mensura anguli DAG seorsim verè: ergò residuus EF est mensura residui AGB. vel ei aequalis EGF ad sensum.

Quare ex his sequitur BGA angulum itidem ab Astronomis dici parallaxin sideris in G.

Huius ergò parallaxeos diuinus est vsus in Astronomia. Quotiescunque namque DE arcus distantiae verae sideris à vertice ad certum aliquod momentum ex astronomica doctrina (quod fit variis modis) haberi potest: et DF arcus distantiae visibilis à vertice instrumentis idoneis, et debita subtilitate ad id mo[1] mentum capitur, vt ita EF parallaxis habeatur: tunc iam innotuit AG proportio situs vel remotionis sideris verissimae respectu diametri mundi, ad AB semidiametrum Telluris. Et nititur quidem hâc parallaxeon Solis et Lunae doctrinâ, cùm reliqua Astronomia, tùm praecipuè doctrina Eclipsium Solis. Itaque parallaxis illa, quae in verticali circulo consideratur, variè distribuitur, vel in longum et latum per Eclipticam et circulos latitudinis, quo nomine ipsa tota μηκοπλατής, caeterae alterutro nomine dicuntur: vel distribuitur per aequatorem, et circulos declinationum in parallaxin Ascensionis rectae, et declinationis, prout Astronomorum vsus fert.

316

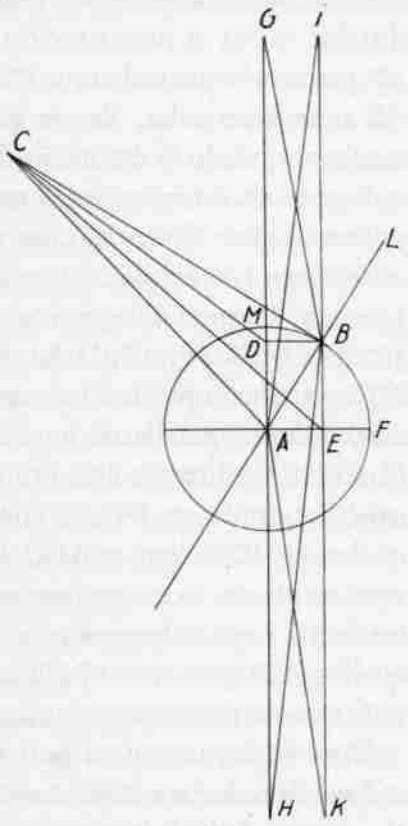
4. *Parallaxeon quotidianarum in longum et latum diductio facillima et compendiosissima per nouam Parallacticam*

Parallaxeon doctrina praecipuam in Eclipsibus Solis creat Astronomis molestiam. Adeoque vel ob hunc solum laborem non mirum, si negligitur Astronomia. Hoc itaque semper sibi laudi duxerunt artifices, compendio iuuare vniuersos. Ptolemaevs egregiam operam praestitit, descripta luculenta ὑποτυπώσει varietatum, quae sunt in parallaxibus. Reinholdvs tabulis laboriosissimè confectis ad plerasque poli eleuationes, existimauit, se rudioribus subuenire. Verùm ingeniosorum ardorem taedio quaerendae partis proportionalis oppressit. Itaque Tycho Brahe reuocauit Astronomos ad triangula, monstratis nonnullis compendiis illa soluendi. Labor tamen etiam hic immanis est. Existimo itaque, si horum authorum exempla imitatus, Sisyphium hunc lapidem

1) autum 8) sed DE seorsim 9) residua 16) instrumenti

tandem trans iugum peruoluero, ne porrò recidat, me nonnullam ab Astronomis gratiam sperare debere.

Dico primum, *Omnes parallaxes latitudinis in quocunque gradu Ecliptica Lunâ vel Sole versante, esse aequales: dummodò idem Eclipticae punctum in*
317 *eadem poli altitudine sit in ortu, et Luna aequaliter à visu*[1] *distet.* Centro A. quod repraesentet centrum Terrae, scribatur circulus Terrae maximus BF. in quo B sit locus spectatoris: F verò sit subiectum polo Ecliptices: vt ita et hic circulus et omnes lineae ipsum secantes, sint in plano circuli latitudinis, qui idem sit et circulus verticalis, quia per B locum spectatoris transit. Ducatur autem AB linea contendens ad verticale punctum in L. item AF linea ad polum Eclipticae contendens, eique ad rectos in eodem plano insistat AG. quae contendet ad gradum nonagesimum, quia GAF rectus, et AF in polum contendit. Quia verò AB proportio insensibilis est ad sphaeram fixarum, itaque per B locum ducatur ipsi AG parallelos BI. et continuetur GA in H. IB in K. Erit igitur IK iam visibiliter in Ecliptica. Sit autem Luna sub ipsa Ecliptica in G puncto, quod est vertici proximum. Videbitur illa ex B. linea BG. propterea GBI erit eius parallaxis in verticali. Nam AB ad BG sensibilis est, et parallaxin causatur. Dico, quotcunque lineae ex B in planum Eclipticae per GH lineam repraesentatae ducuntur, aequales ipsi BG. angulos aequales cum plano Eclipticae facere. Ducatur enim ex B perpendicularis in GH. quae sit BD. Quia itaque BD est in plano circuli latitudinis, et hic rectus ad Eclipticam; ergò BD est in plano perpendiculari ipsi plano Eclipticae. Et quia GH est communis sectio planorum, et BD illi perpendicularis, ideò BD est in vniuersum omnibus lineis in plano Eclipticae perpendicularis. Ponuntur autem omnes BG circumcirca aequales, et BD communis est omnibus BG. et D vbique rectus.
318 Ergò et residuos DGB[1] vndique aequales esse necesse est. At DGB sunt anguli parallaxeos latitudinis, quia B est in plano ad polum Eclipticae tendente, et DGB. GBI. qui priùs metiebantur verticalem parallaxin supremi Eclipticae puncti, sunt aequales. Patet ergò propositum:



cuius quidem demonstrationis occasiones peti potuissent ex COPERNICO et ALFRAGANO, de parallaxibus.

Dico iterum: *Etsi Luna à visu non distet aequaliter, dummodò à centro Terrae aequaliter absit, rursum parallaxes latitudinis quàm proximè aequales esse.* Nam siue locus B sit in M sub ipsa Ecliptica, absorbetur omnis parallaxis latitudinis, siue in F polo Eclipticae, tunc si G Luna aequaliter circumcirca distat ab A centro Terrae, aequaliter etiam ab F loco distabit, et res in priora recidit. Nam GA omnes ponuntur aequales, et AF manet vbique eadem, et GAF vbique rectus, quia AF axis, ergò et GF omnes aequales. Itaque si est aliqua inaequalitas, oportet, vt sit maxima, quando B est medio loco inter M. F. in gradu 45. Lubet inquirere hanc. Sit igitur qualium AF 1. talium AG vel AH 54. quanta est minima Lunae distantia, cùm parallaxin habet maximam. Et quia MB est 45°. erit DB vel BE. hoc est, DA 70711. qualium AF 100000. et AG 5400000. Itaque GD 5329289. et DH 5470711. Hinc prodit BGD 45'. 38''. Sed BHD 44'. 26''. Differentia non maior 1'. 12''. At non vsurpamus BHD parallaxin profundissimam sub Terra: nec enim infra horizontem descendimus, parallaxes inquirendo. Erigatur ergò ex D puncto ipsi plano DBA ad rectos DC. et ipsi AG aequalis AC extendatur, determinans longitudinem DC. et connectantur C. B. Quia ergò AD. DB aequales, et DC eadem, et ADC. BDC recti, erunt et ACD. BCD aequales, repraesentantes horizontalem parallaxin latitudinis. Nam quia CDG rectus, erit C Luna in horizonte, vel paulò infra. Et quia CB vel CA 5400000. qualium BD 70711. erit BCD angulus 45'. 1''. Itaque differentia à BGD 37''. quanta potest esse omnium maxima.

Dico tertiò, in eadem poli altitudine, *eodem Eclipticae puncto oriente, et Luna in eadem remotione à centro Terrae versante, quando videtur in Ecliptica; omnes latitudinis parallaxes esse re vera aequales in quocunque gradu Eclipticae.* [1]

Manentibus enim caeteris, et GH Eclipticam veram repraesentante ex A centro Terrae, IK verò visibilem ex B loco in superficie, sit Luna in I. vel K. sic vt spectetur ex B lineis BI. BK. in Ecliptica siquidem visibiliter. Cùm ergò AI. AK ponantur aequales, et IBK sit vna recta, erunt AIK. AKI et omnes hi anguli cum plano per IK erecto constituti, inuicem aequales. At hi repraesentant parallaxin latitudinis, quia B locus est in plano circuli latitudinis.

Quartò, *quod longitudinis parallaxin* attinet, connectantur C. E. Et sit iam CBL rectus, erit et CBI rectus, quia CB est in plano ad ABE planum recto. Erit igitur ACB parallaxis quanta est omnium maxima, occidens Luna ad visum, eaque in circulo verticali, seu μηκοπλατής. Et quia

9) GF manet

CEA rectus, (est enim iam C in plano ICK ad planum ABF recto) et ACE parallaxis latitudinis, erit ECB parallaxis longitudinis in horizonte, quia BEA rectus. Vt a. sinus totus ad sinum distantiae Zenith à polo Eclipticae, ita AB sinus parallaxis totalis in horizonte ad BE sinum parallaxis longitudinis in horizonte. Sed etiam vt CE ad sinum anguli CBE. vel CBI. distantiam Lunae à Nonagesimo visibilem quantamcumque, sic BE ad sinum anguli BCE seu parallaxin longitudinis respondentis, idque ex doctrina Triangulorum.

Igitur, quoad processum, ex hypothesi Motuum Lunarium datur proportio AC. ad AB. Ex altitudine verò Nonagesimi per doctrinam primi mobilis seu tabulam COPERNICI, fol. 42. datur AE. et AIE. operando vel per sinus, vel per tabulam TYCHONIS parallacticam fol. 120. Progymnasmatum. Et quia AEC rectus, vt et AEB. et ACE. AIE aequales, ideo dantur EC. et EB. Et quia CBE rectus, datur hinc et per CBI. parallaxis longitudinis BCE ad quamcunque altitudinem. Quia verò AC est exiguo longior, quàm EC. operae praetium rursum est videre, quantus error committatur, si AC pro EC vsurpetur. Rursum autem, quando BF est 45°. error est maximus. Nam si B sit in M. tunc EC et AC coincidunt. Sin autem in F. tunc nulla est parallaxis longitudinis. Sit AI 54 semidiametri, erit AIE 45′. 1″. Quare EI. vel EC 5399532. Quae linea cum EB non dimidium secundum foeneratur angulo ECB. | quàm si AC. et pro ECB. angulum ACD adhibuissemus.

† *Et quia TYCHONIS tabula paucarum est columnarum*, nec per absoluta prima scrupula incedit, sed appendices secundorum habet, etiam in fronte; tum etiam, quia in eam fit ingressus propriè per veras altitudines, nos verò visis indigemus: denique quia in margine habet non distantias à vertice, sed altitudines, quae res confusionem nobis pareret, his de causis addidi hîc tabulam parallaxeon vniuersaliorem. Hinc praeceptum tale. Parallactica.

* *
*

Per doctrinam primi mobilis computa distantiam nonagesimi gradus et verticis, eiusque complementum, hoc est, altitudinem nonagesimi seu angulum inter Eclipticam et horizontem. Hunc quidem etiam tabula COPERNICI fol. 42. exhibet crassiori Minerua; illam verò REINHOLDI parallacticae, Prutenicarum fol. 99. et seqq. ad initia signorum et aliquot poli altitudines. *Inde per distantiam nonagesimi à vertice tabulam nostram parallacticam ingredere à margine; per maximam verò sideris parallaxin, quam in horizonte obtinet*, (collocatur autem ea in fronte statim sub distantia sideris à centro Terrae) *ingredere à fronte, primùm per integra prima scrupula, deinde per se-*

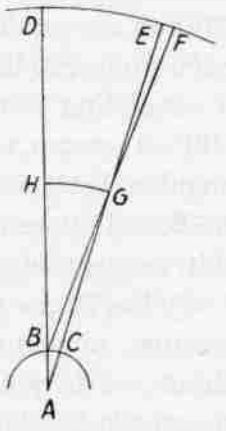
cunda, si adsint, et area exhibebit parallaxin latitudinis, illic in primis et secundis, hic in secundis et tertiis, vti fieri solet in his. Atque haec tum correctissimè, cùm sidus visibiliter est in Ecliptica, vt Luna in Eclipsi Solis. *Longitudinis* parallaxis duplici marginali ingressu excerpitur in hunc modum. *Primò per altitudinem nonagesimi ingredere à margine, per maximam horizontis parallaxin à fronte, area exhibet longitudinis parallaxin maximam: deinde per hanc rursum à fronte, per distantiam verò visibilem sideris à gradu nonagesimo ingredere à margine, area exhibet debitam longitudinis parallaxin tui momenti.* Ita vides huius meae tabulae vsum potissimum esse, cum visus Lunae locus ex obseruatione cognoscitur: Tychonicae verò tunc, cum verus Lunae locus habetur ex calculo. Potest tamen ex altero alter haberi quàm proximè, addita vel ablata parallaxi, primum crassiùs excerpta ad propinquitatem dimidii scrupuli; indeque per locum transformatum excerpi iustissima parallaxis, ex vtralibet tabula. Quàm parum hoc praecepto peccetur, etiamsi Luna latitudinem obtineat, et quomodo medendum, quomodoque | idem ad Aequatorem et circulos declinationum, et sic ad motum primum accommodandum, indeque quae nascantur problemata quaerendae altitudinis coelestium à Terra, nimis hic prolixum esset tradere, cogitet ipse Lector. Expedire autem puto futuris vsibus, vt columna, quae habet in fronte horizontalem parallaxin 60 minutorum, minio notetur. 321

5. *De parallaxi ob distantiam Solis et Terrae, seu annua*

At ne sic quidem desiit sapientissimus Mundi Architectus humanum genus erudire. Quemadmodum enim, cùm non sufficeret homini distantia oculorum ad cognoscendam veram distantiam Lunae à Terra (quae infimum sidus est), succurrere debuit exilitati visus orbis terrarum amplitudo, ita cùm etiam hic abscessus superficiei Telluris à suo centro euanesceret comparatus ad incredibilem superiorum planetarum altitudinem: ne hi quoque frustrà et inobseruati per ambitum coelorum spaciarentur; quin potius etiam ad hos mens humana peruaderet: aliud, multoque amplius parallaxeon genus Deus est architectatus; si forte futurus esset inter homines, qui hanc rationem inoffensa pietate, omissaque operum suorum calumnia sequi cuperet. Eam COPERNICVS et REINHOLDVS in Prutenicis parallaxin orbis annui appellant. Quamuis eam rationem TYCHO BRAHEVS à mobilitate Telluris ad Solis mobilitatem ita traduxerit; vt nihil habeat Opticus, quo vel hanc vel illam rationem eligat. Vtramque in priori schemate n. 3. declarabo, à Copernicana orsus. Sit ergo A. corpus Solis, centrum commune BC. orbis annui, qui Terram vehit, et DF. sphaerae fixarum, et sit proportio BA.

3) vt Lunam Eclipsi 5) nanagesimi

ad AD. insensibilis. Sidus verò sit in G. et proportio BA. ad AG. sensibilis. Terra ergò in C constituta, medio loco inter A. Solem et G. sidus, coincidet linea AG et CG. et continuata vtraque, perueniet in vnum
322 punctum E. inter fixas. Siue ergò in A. Sole, siue in | C. Terra constituatur oculus, sidus eodem sub fixis loco videbitur. Hic ergò scilicet in oppositione Solis et sideris nulla est sideris parallaxis ex orbe annuo. Manentibus caeteris, Terra sit in B. extra lineam GA. Sideris ergò locus ex Terra apparebit in F. sub
10 fixis, ex Sole verò A in E. quia BA. ad AG. sensibilis, quare et inclinatio linearum BG. AG. sensibilis. Cum ergò B aequè sit centrum DF. ad sensum, ac A. in veritate, erit rursum EF arcus mensura anguli EGF. vel BGA. et tàm hic quàm ille parallaxis annui orbis, Terrâ in B constitutâ. Cognito itaque E loco sideris, quem ex Sole eiecta linea determinat sub fixis, per astronomica praecepta alia, F verò loco eo sideris, quem visus ex Terra veniens, sub fixis determinat, et sic EF. vel BGA. parallaxi, non poterit ignorari proportio AG. distantiae sideris à Sole respectu diametri mundi, ad AB. distantiam Solis à Terra; quantumuis ea immanis sit admodum. Ita apparet, non decuisse, vt homo mundi huius incola et speculator futurus, in eius meditullio, ceu in clauso cubiculo resideret; quo modo ad contemplationem tam remotorum siderum nunquam peruenisset: quin potius in hoc amplissimo aedificio, translatione annua Telluris, domicilii sui, circumambulat et spaciatur, vt singula domus membra tanto rectius intueri et dimetiri possit. Simile quid ars Geometrica in dimetiendis rebus inaccessis imitatur. Nisi enim mensor ab vna statione ad aliam transeat, et vtrinque collimet, ad mensuram expetitam peruenire non potest.



30 In ratione Tychonica sit A Terra, centrum BC orbis Solis, et DF. sphaerae fixarum. Sidus sit in G. et proportio trium linearum BA. AG. AE. sensibilis. Sint primo A Terra, C Sol, G sidus in eadem recta, erit parallaxis nulla, quia CG. et AG. lineae ex Sole et Terra in sidus ductae coincident. Sit iam Sol non in C. sed in B. et linea AB monstret in D. locum Solis sub fixis. Et quia Sol in B. id punctum est, ad quod TYCHO refert eccentricitates et apogaea, motusque simplices orbium Planetarum, innotescat ergò ex Astronomia, quantus sit angulus DBG. inter
323 lineam ex Sole per Terram, et lineam ex Sole per sidus. Et ad id | ipsum momentum per instrumenta innotescat E locus sideris G sub fixis,
40 qui ex Terra A apparet. Habebitur ergò arcus inter D locum Solis, et E locum sideris visum, qui est mensura DAE anguli. Et quia proportio

BA ad AG est sensibilis, B verò extra lineam AG. inclinabuntur igitur BG. et AG. lineae, eritque angulus DBG aequalis angulis BAG. AGB iunctis. Ita scibitur BGA parallaxis, rursumque vt prius, innotescet proportio BG distantiae Solis et sideris, vel AG distantiae Terrae et sideris, ad BA distantiam Solis et Terrae. Hoc solum est discriminis, quòd hic EF non est parallaxis, quia non mensura anguli BGA. vel EGF. Quia enim proportio linearum BA. AD est sensibilis, et A centrum DF. ergò B sensibiliter distabit à centro DF. quare DF non metietur angulum DBF ad sensum, neque iunctos BAG. AGB illi aequales: Sed DE metitur angulum DAE vel BAG seorsim, residua ergò EF non metitur residuum AGB. sed interest sensibilis differentia: quod cautionis loco dicendum fuit, ne quem fugeret haec ratio, ex vna forma in aliam transeuntem.

Quibus itaque principiis opticis doctrina parallaxeon, hoc est de situ siderum, niteretur; satis pro instituta breuitate explicatum esse puto. Restat, vt de motibus etiam corporum dicamus, ne quid eorum praetereatur in hoc libello, quae in Astronomia quadamtenus ex Optice diiudicanda sunt.

6. *Appendicula de curua Cometarum cauda*

Qui de incuruatione caudae in Cometa anni 77. ex doctrina parallaxium sic disputarunt, ac si haec curuitatis phantasia in diuersis diuersarum partium caudae parallaxibus consisteret, neque caudae ipsi verè inesset: ii parallaxium negotium non satis perpendunt; nec Opticos rectè allegant, vt qui iis in locis non de aberratione visus circa incuruationem, sed de vera et legitima visione obliquitatis agunt. Quòd si verè parallaxis ex rectis curua ostenderet; iam non verum esset, omnem lineam rectam quomodocunque extensam, ex centro mundi sensibili perspectam, omnibus suis partibus in circulum aliquem | maximum quadrare. 324
Quare falsi essent modi obseruandi loca siderum per filum et per regulas. Igitur vt supra capite 6. dictum, alia curuitatis huius occasio quaerenda est, aut si nequit inueniri, relinquendum hoc phaenomenon inter arcana Naturae.

CAPVT X

DE MOTIBVS SIDERVM FVNDAMENTA OPTICA

Cum sint nobis in Astronomia propositi ad contemplandum coelorum motus, omnia verò, quae discimus, prius veniant in sensus, operae pretium est perpendere, an coelorum motus immediatè incurrant sensum oculorum, et quaenam contingant deceptiones visus in motibus coelestibus. Sic exordiamur.

Omne quod mouetur, in loco mouetur, motus enim est loci mutatio. At locus tribuitur superficiei, quae continet mobile. Comprehendens verò maius est comprehenso, et loca cedens eo quod loca occupat. Totum enim parte maius est, id verò quod comprehendit et capit, cum eo quod capit, totum quippiam est.

Sequitur ergò è conuerso, vt inter duas res, quae motu separantur ab inuicem, id, quod maius esse videtur, loci rationem obtineat in visione, reliquum locati. Nam vt motus in loco, sic visibilis motus est in loco visibili. Quare cùm quies loco competat, ergò quod maius visitur, id quiescere, quod verò minus, moueri putabitur, etiamsi contrarium in rei veritate accidat. Nulla siquidem existit comprehensio motus per visum, nisi comparatione facta ad aliqua quiescentia.

Sed euidentius huius rei causa petitur ex visionis forma. Nam cùm oculus sphaericus sit, et insuper multis refractionibus vtatur, fit vt vno et eodem obtutu plus quàm hemisphaerii species simul in oculum influat: et tamen ex toto hoc hemisphaerio vix exigua particula directè cernitur et distinctè, ea scilicet, quae in medio hemisphaerii est, circumiectae partes omnes magis magis[1] que obliquè et confusè. Vide de his caput 5. Hinc fit vt id, quod maius cernitur, oculum magis occupet, quod verò minus, minorem ocularis superficiei partem. Cum ergò separatio fit, vt, exempli causâ, nubis alicuius à stella interlucente: tunc res minor ad visum, nempe stella, ipso separationis affectu, magis conspicua, oculi aciem ad se conuertit. Stellam igitur, vt quae paruo cernitur angulo, directè oculus intuetur; nubem, quae maiori videtur angulo, et qui totum ferè occupat oculum, idem oculus intuetur obliquè. Separationis igitur actum ascribit illi rei, quam directè intuetur, nempe stellae. Hoc pacto visus circa mobile aberrat. Nam si nubes ab ortu tendat in occasum celeri motu, stella, quamuis et ipsa, tardius tamen, ad occasum tendat, in ortum ferri videbitur, nubi obuiam.

Omnium verò euidentissima huius aberrationis causa est in eo, quod oculus posteriori parte capiti affixus, nihil cernit maiori angulo, quàm partes faciei extantes: illae verò situm ad oculum obtinent eundem;

quare caetera omnia videbuntur moueri, si quis aliqua machina ignarum conuertat, ita vt motus, quem ipse facit, aestimator non sit. Et quemadmodum oculi capiti, sic per caput corpori, per corpus naui aut domui, aut toti regioni, eiusque horizonti aspectabili sunt affixi: Quae cùm sint propinqua, et magna appareant, magnoque angulo videantur, teneantque situm cum oculo eundem, necesse est, caetera omnia, quorum situs ad id, quod continet videntem (seu nauis sit, seu terrae planities) mutatur, videri ipsa per sese moueri. Habent enim locati rationem, ea verò, quae proximè oculo circumiecta sunt, loco et continenti assimilantur.

Ex his sequitur, etsi nos quis in Lunam aut aliud errantium astrorum transferat, motusque Lunae sit maximè sensibilis, causâ celeritatis, de quo postea, nihilominus visum iri Lunam nobiscum quiescere: Solem verò et quaecunque sidera in iusta fuerint propinquitate, omnia, praeter suos motus, iis etiam motibus putari moueri, qui fuerint ipsius solius Lunae proprii. Quare non habent Optici, quod ex suo armario contra COPERNICVM depromant, dum is Terram domicilium nostrum moueri statuit. †

Et, vt hoc etiam obiter addam, triplicis motus absurditas per calumniam exaggeratur. Motus enim, quem Terrae COPERNICVS tribuit, non alia forma est, quàm rotae in curru in directum eunte. Primùm rota conuertitur, dein conuersione ipsa axis transfertur, tertiò axis in easdem plagas vergit, manetque sibi parallelos. Quis hic tertii motus opinionem concipit, ex eo quod reuera quies est?

Nam quod axis Terrae successu seculorum tandem etiam inclinatur, id in hunc censum non venit, essetque potius quartus motus, si calumniam liberet pertexere. Astronomi sciunt hoc ex eo genere esse, quo Apogaea et Nodi omnium Planetarum transferuntur, non iusto motu, sed quadam velut differentiâ duorum aliorum confessorum motuum.

At iam multò minus habebunt Optici contra COPERNICVM, si monuero, ne sensibilem quidem esse celeritatem siderum. Id ARISTOTELES Sect. 15. q. 12. pro confesso vsurpat, ἄδηλον τὴν μετάβασιν ἡλίου pronuncians. Et CLEOMEDES lib. 2. ἐπεὶ ἐστὼς φαίνεται. Rationi namque consentaneum est, vt inter duos motus, qui tardior est, quieti magis assimiletur. Cùm igitur motus illi animales et conuolutiones corporis, colli, oculorum, multis partibus celeriores sint ad sensum, motibus coelestibus; patet, quieti potius assimilari coelorum motus à visu nostro. Id magis ex eo, quòd res quaelibet visibilis, vt quantitatem, sic et celeritatem certam oportet habeat, et sensilem proportionem ad oculum, eiusque motus.

Quicquid est praeter hanc; comprehendi à visu nequit, testante Optica. Vide 3. et 110. quarti VITELLIONIS. Iam siderum celeritas in nulla †

ad sensum proportione est: quod sic apparebit, si perpendas, visum tuum à Sole circumferri circa centrum seu oculorum, seu capitis, duodecim horarum spatio, non plus 180° gradibus, per quod spatium soliti sumus aliàs oculos conuertere citiùs, quàm in vno secundo temporis horarii scrupulo. At in vna hora sunt 3600 secunda, in 12 horis summa est 43200 secundorum. At quae proportio est vnius ad quinquaginta
327 millia? planè insensibilis. Idem ex 112. quarti VITELLIONIS, | cùm res visa sensibili tempore in eodem loco sensibili haeret, putatur quiescere. Sed hoc de sideribus verum est. Momentum enim seu vnum secundum
10 horae scrupulum (quod ferè pulsum arteriarum solet aequare) tempus est sensile, locus verò seu arcus oculi, vnius gradus amplitudine, sentiri sine vsu instrumenti nequit. At sidus 4 minutis primis, hoc est 240 minutis secundis in vnoquolibet gradu haeret, hoc est, in aliquo, quod penè puncti rationem habet. Itaque quicquid de coelorum motibus est in nostris sensibus, beneficio ratiocinationis interuenientis hausimus. Prius Sol illic erat, iam hic est. Huc igitur inde promotus est.

Quemadmodum autem Motum in genere quiescentibus per errorem attribuit visus, ita et motus species sibi confingit. Hinc ortum et occasum, hoc est, ascensum et descensum visus attribuit sideribus, et OVIDIVS,
† 20 visum imitatus, Phaëthonti: lepidissimâ fabulâ lib. 2. Metamorphoseon: quia visus has locorum differentias in homine, eiusque ad horizontem visibilem rectitudine reperit, cùm nihil tale ipsi coelo insit. Hinc VITELLIO lib. 4. cùm prop. 10. ostendisset, corpora ordinata et continuata cum visu remotionem vltimi arguere maiorem, quàm si non essent ordinata et continuata, prop. 13. ostendit, cur horizon Terrae, cohaerere coelo, et illa coeli pars à nobis remotior, distantiae siderum maiores appareant, quàm quae sunt in zenith capitis. Sunt igitur hae necessariae visus appellationes, quibus carere non possemus, etsi in globo Lunae verè circumuolueremur. Quo minus mirari debemus, ausum esse
30 distinguere COPERNICVM inter ea, quae in Sacris literis ad visus rationem explicandam rectè quidem dicuntur, et illa, quae astronomicè examinata aliter habere deprehenduntur. Non enim falsum dicunt, sed sensum visus hoc dicere verissimè asseuerant; seu potius hoc à visu suggestum, ad institutum suum accommodant: Astronomus verò, seu magis Opticus, sensum visus fallaciae citra omnem contumeliam coarguit. Equidem cùm legimus mille locis mentionem extremorum coeli, ad quae gens Iudaea dispergatur, indeque reuocetur, nemo non videt,
† illa per 13. quarti VITELLIONIS explicanda. |
328 Cum verò per 111. quarti VITELL. ex spatio, super quod visibile
40 mouetur, motus ipse censeatur: omnis verò motus in linea fiat, eaque

20) Phaetonti Metamorphoseos

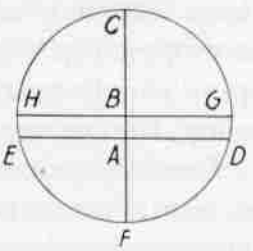
vel recta, vel circulari, patet igitur, si quis error accidit visui in lineis motuum, eundem in motibus ipsis accidere. Huiusmodi errores, seu potiùs φαντασίαι, duorum sunt generum apud Astronomos, secundum quod duos potissimum circulos vni Planetae tribuunt, alterum Eccentricum, alterum Epicyclum: Sed aliter PTOLEMAEVS, aliter COPERNICVS, quem ego sequor, aliter et nouissimus TYCHO BRAHE. Nam circulum Eccentricum COPERNICO et TYCHONI Planeta ipse suo corpore peragrat: PTOLEMAEO non corpus Planetae, sed centrum Epicycli: Epicyclum contra PTOLEMAEO ipse Planeta suo corpore peragrat, singuli singulos: COPERNICO Terrae circuitus vnicus omnes tollit Epicyclos: TYCHONI et Solis et totius systematis planetarii vnus et idem circuitus, communis omnibus partibus, itidem omnes tollit Epicyclos. Propterea PTOLEMAEO et TYCHONI Planetae motus non simpliciter, neque illi Epicyclicus, neque huic Eccentricus est, circa punctum aliquod immobile, sed reuera spiralis et compositus ex Eccentrico et Epicyclo: soli COPERNICO Eccentricus is, quem ille supponit, est reuera ipsius Planetae motus simplex circa punctum immobile seu Solem (nisi quatenus huic sententiae correctiunculam aliquam, ad omnes authores pertinentem, allaturus sum in Commentariis de motibus Martis), neque variatur motu epicyclico, cùm hic apud illum authorem nihil aliud sit, quàm phantasia motus: dum Terrae motus vnicus dissimulatur in Terra, et singulis Planetis transcribitur.

Vtut comparata sit haec hypothesium differentia, gemina, vt dixi, motuum perceptio existit, errori obnoxia; altera quidem communis omnibus authoribus, quae est ab Eccentrico: Altera, ab Epicyclo orta, in COPERNICO mera est visus circa Planetam hallucinatio, in caeteris authoribus habet aliquid de vero Planetae motu coniunctum.

Causâ Eccentrici Planetae vel tardi, vel veloces apparent. Causa est partim physica, partim optica. Pars causae physica non praebet visui argumentum errandi, sed id, quod re vera fit, etiam visui | repraesentat, de qua in Commentariis de motibus Martis: Veteres eam per circulum aequantem repraesentarunt. Pars causae optica in hoc sita est, quòd cùm motus Planetae à visu Eccentricus sit, partes igitur aliae huius circuli longius absunt à visu, quàm reliquae. Per ea igitur, quae cap. 9. dicta sunt, et per 7. et 131. quarti VITELLIONIS, aequales arcus circuitus Planetae apparebunt inaequales, circa apogaeum parui, circa perigaeum magni. Etsi igitur Planeta ipse sit aequalis celeritatis in omnibus arcubus, tardus tamen ibi apparebit, vbi arcus apparent minores, velox vbi magni.

Haec arcuum vel imminutio vel auctio optica, censetur potissimum in semicirculis, in hunc modum. Sit A centrum visus, idem et mundi

centrum, B centrum Eccentrici ECD. eiecta AB in C et F. erit C apogaeum, F perigaeum. In punctis A et B erigantur perpendiculares GH. et DE. Et sit iam Planeta constans in suo motus vigore, per omnes Eccentrici arcus. Erit aequali tempore in GCH. atque in HFG. propterea maiori in DCE. quàm in DFE. Sed in D et E videatur ex centro A in locis oppositis sphaerae fixarum, cuius A centrum, longius igitur in DCE moratur, quàm in DFE. At quia visus ignorat DCE esse maiorem, quàm DFE. propterea, quod remotionem partium vtriusque circuli non internoscit, sed aequaliter abesse putat; ideò tardiorem putat Planetam supra DAE lineam, quàm infra eam.



Sed quaeris, quo argumento sciatur, Planetam in oppositis spectari partibus circuli? Respondeo, primo ex A centro, imaginamur nobis circulum maximum, qui appellatur aequinoctialis. Deinde ex obseruationibus scimus, idem A centrum visus nostri versari etiam in eo plano, in quo Planeta quispiam suum cursum Eccentricum perficit. Scimus etiam id planum seipso aequabile esse, non tortuosum, et inclinari ad priorem circulum, id est, secare illum. At cum duo circuli se secant, linea sectionis communis est recta; per 3. vndecimi EVCLIDIS, quae cùm per centrum aequinoctialis eat, vt per A. quod supponitur in vtroque plano esse, secabit igitur aequinoctialem in D. E. locis ex A oppo|sitis. Quo igitur artificio Planeta deprehenditur in aequinoctialem incidere, eodem in loca opposita incidere deprehenditur. At id in Astronomia et doctrina primi mobilis docetur.

Porrò ex occasione animaduersionis huius phantasiae, velocitatis et tarditatis opticae, Astronomi in alterum et contrarium incidunt errorem, non tàm visus, quàm ratiocinationis. Dum n. nos Astronomia docet hoc axioma: τὰ ποῤῥώτερον φερόμενα βραδύτερον κινεῖσθαι φαίνεται (verba ARISTOT.) Astronomi magna probabilitate conuertunt, τὰ βραδύτερον κινούμενα ποῤῥώτερον φέρεσθαι δοκεῖ. Quanto tempore diutius moratur Planeta in aliquo arcu vel semicirculo, quàm in reliquo, tanto etiam longius illum arcum recessisse à visu arguunt. At non est necessaria conuersio et in partem falsa. Sunt enim retardationis causae etiam aliae, his opticis permixtae. Sic initio PTOLEMAEVS deceptus est, dum Epicyclos planetarios nimium altè hinc attollit, inde deprimit, quia alterius loci tarditas, alterius velocitas tantum requirere videbatur. Sed error statim patuit ex magnitudine apparenti, minus enim crescebant Epicycli in perigaeo, quàm pro tanta appropinquatione: propterea causa deprehensa est retardationis altera, quam, vt modo dixi, in circulum aequantis PTOLE-

26) animaduersionis, huius 29 u. 31) ποῤῥότερον

MAEVS contulit. In Sole Epicyclus nullus requirebatur; quare mansit hic error hactenus. Deprehensus tamen est à me primò, per subtilem obseruationem diametri visibilis, vt infra dicam; deinde per obseruationes TYCHONIS exquisitissimas in stella Martis habitas, vt suo loco et tempore explicabo. Vtraque ratione constat, Solem dimidio solùm spatio eius Eccentricitatis, quod illi ab ALBATEGNIO et TYCHONE tribuitur, à nobis recedere, itaque et in Sole aequantem circulum regnare.

Causâ Epicycli, seu apud COPERNICVM, causâ circuitus Terrae, et cum ea, visûs: Planetae nobis non semper progredi, sed interdum stare, interdum et retrocedere videntur. Stare, cum multis noctibus apud easdem fixas haerere deprehenduntur: Retrocedere, cùm initio apud fixas orientaliores, post dies aliquot apud occidentaliores cernuntur; vti è contrario, progredi, cùm fit contrarium. Sed, vt dixi, apud PTOLEMAEVM verè retrocedunt | Planetae in suis Epicyclis, dum peragrant inferiorem 331
eorum semicirculum: cùm, vt docet in Mechanicis ARISTOTELES, circulus in partes contrarias moueatur vno eodemque motu, sed diuersis partibus, et hic partium motus retrogradus celeritate superet progressum centri tardiorem. Idem apud TYCHONEM fit, Planetâ quidem in Eccentrico nonnihil progrediente, sed à Solis motu ipse vna cum toto suo Eccentrico retroactus, in partem contrariam longè velociùs rapitur. Cùm verò per 4. quarti VITELLIONIS linea recta videatur punctum, cum est directè à visu extensa vlterius, idem erit penè iudicium et de Epicycli circuli apsidibus seu punctis contactus, qui arcus à nostro visu directè penè sursum vergentes, in coeli profunditatem, si non puncti, minimae certè quantitatis specie apparent, quare et tardissimi circa eas partes cernuntur: itaque fieri potest, quamuis velociore Epicyclo, quàm est Eccentricus, vt nihilominus motus Eccentrici in sequentia et motus Epicycli in contrarium ad sensum fiant aequales; itaque sublato altero ab altero, Planeta stare videatur, inque coelo ipso, respectu sphaerae fixarum, haereat eodem loco longitudinis: quamuis interim in linea penè recta, vel à visu in aetherem ascensum moliatur, vel ex profundo aethere ad Terram sese demittat.

Quod verò COPERNICVM attinet, tota haec stationum et repedationum φαντασία pulcherrimè ex Opticis demonstratur. Ac quamuis rectius haec ex ipso discuntur authore; ne tamen hic nihil dictum sit, quod lectorem afficiat; repetam fundamenta tribus verbis ex ipso EVCLIDE. Equidem sic censeo, nisi alia habuissemus argumenta, quibus huius Copernicanae sententiae probatur antiquitas; vel solum hunc locum sufficere potuisse, ad COPERNICVM PYTHAGORAE ex solido vindicandum. Primum constat cum per se, tum ex PROCLO interprete, totam EVCLIDIS Geometriam esse Pythagoricam et directam in quinque schematum re-

gularium, quae mundana dixere, cognitionem: EVCLIDES igitur Pythagoraeus fuit. Deinde vide mihi fasciculum propositionum Euclidearum in Opticis eius, nempe 53. 54. 55. 56. 57. 58. quas VITELLIO transtulit
332 in suum librum 4. propositiones 134. 135. 136. | 128. 132. 133. 129. Quibus quidem propositionibus EVCLIDES puram putam Astronomiam Copernicanam tradidit.

Et propositio quidem 53. videtur exemplum rerum coelestium quaerere in rebus propinquis, idque in considerationem vocare. Docet enim, *eorum, quae aequali celeritate feruntur, inque eadem recta existunt, id quod est*
10 *oculo proximum, videri sequi, quod remotissimum praecedere: vbi verò linea rerum mobilium concesserit à dextra visus ad sinistram, quod praecesserat antea, iam subsequi, quod sequebatur, praecedere videri.* Videtur ad currum ante oculos transeuntem respicere: vt ostendat, in coelo non quidem eadem, sed similia vel huius generis multa contingere non esse absurdum. Potest tamen aliquis hoc sibi vsurpare, vt demonstret, etsi Saturno, Ioui et Marti Epicycli accommodentur eiusdem planè magnitudinis (quod is fecerit, qui Ptolemaicam formam ex Tychonicis obseruationibus correxerit) nihilominus Martis Epicyclum visum iri maiorem, Saturni minorem Iouio.

20 At iam propositione 54. nihil nisi COPERNICVM sapit: *Si*, inquit, *aliqua ferantur celeritate inaequali, interque ea et oculus: ea quae eadem cum oculo celeritate feruntur, stare putabuntur, quae tardius oculo, in contrarium ferri; quae celerius, praecedere.* Nihil ego nisi verba mutabo. Si ferantur in consequentia Planetae et Terra visus nostri specula (id autem fit in semicirculo orbis terreni, Planetas respiciente) atque Terram et Planetam aequaliter promoueri contingat, (respectu eiusdem alicuius rectae) Planeta videbitur stare,* sin tardior Planeta fuerit, videbitur retrocedere, sin autem velocior, videbitur in consequentia ferri. Si quis est ita delicatus, ita morosus, vt haec audire non possit, is loco Terrae Lunam substituat,
30 inque ea speculatorem aliquem rerum coelestium collocet, tunc in Lunam eadem sequentur; Terra haec nostra, quamuis verè quiesceret, moueri videbitur, Luna verò quiescere, cùm moueatur, nec poterunt vlla solutione ista euerti.

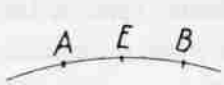
Propositio 55. videtur sonare de motu diurno. *Si*, inquit, *aliquàm-multa vnà ferantur quiescente vno aliquo, id in contrarium moueri videbitur.* Oculus quidem in centro mundi censeatur, ob euanescentem Terrae
333 proportionem, et Terra voluatur ab occasu | in ortum, motu diurno; montibus igitur ita delatis, qui videntur contigui et magni, stellis verò quiescentibus, quae minutae et sparsae apparent, stellae in contrarium,
40 hoc est, ab ortu in occasum videbuntur moueri.

11) mobolium

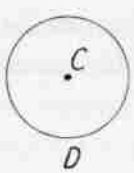
Rursum propos. 56. spirat expressè COPERNICVM. *Oculo*, inquit, *prope spectatum accedente, id augeri putabitur*. Ergò subsumo ego, Terrâ visum nostrum ad Planetarum corpora aduehente, videbuntur et lineae motuum, et ipsa Planetarum corpora magna. Quare non tantùm accessu stellae ad oculum, qui fieri fingatur per Epicyclum, sed etiam oculi ad rem appropinquatione, id phaenomenon excusatur. Atque id valdè est euidens. Testatur MELANTHON anno 1529. Iulio et Augusto tam prodigiosa specie visum Martem, vt nouum sidus crederetur. Idem 1561. Augusto factum oportuit; idem ferè et 1593. Augusto: fietque 1608. Iulio. Vidimus et hoc anno 1603. mense Februario et Martio Veneris stellam in occasu per nebulas insolitae magnitudinis, ac multi nouam videri stellam asseuerabant. Concurrunt enim his articulis temporum, Eccentrici et Epicycli perigaea, quod in his duobus Planetis maximi momenti est, in caeteris non tantum efficit.

Propositio 57. maximè accommodata est ei motuum φαντασίᾳ, quae ad Eccentricum refertur. Docet enim *aequa celeritate delatorum, quae longius distant, tardius ferri videri.*

Denique propositio 58. asserit: *Oculo translato, quae longius spectantur, destitui videri*, vbi voce astronomica ὑπολείπεσθαι manifestè vtitur. Est autem ὑπολείπεσθαι in Astronomia idem, quod promoueri in consequentia; puto respicere vocem ad alteram contrariam προηγεῖσθαι, praecedere. Nam si qua praecedunt, caetera relinqui necesse est. Itaque manifestissimè de astronomicis* loquitur. Propriè hic subsumitur experimentum à montibus et sepibus ductum; ambulanti iuxta sepes, obuiare sepes propinquae videntur, comitari montes remoti. Possis inde ductum exemplum accommodare ad motum Solis inter fixas, sed vocibus parumper ab Astronomia ad quotidianum vsum deflexis. Sint enim B. A fixae, C Sol, Terra in D. quo loco motus sit Terrae in partes B. sicut è regione in partes A. Ergò Terra D versus B eunte, C Sol quiescens | versus A moueri videbitur, fixae verò Soli 334



iunctae, vt E. deseri à Sole et Terram hoc loco comitari in eandem plagam; quod hac vice voce ὑπολείπεσθαι designandum venit vsu vulgari, etsi posteri strictius illam in Astronomia vsurparunt, de motu in consequentia BA. nullo situs Terrae respectu, quo pacto fixis non conuenit. Rationem nominum Astronomi hanc possint dare: quod in commixtione motus primi et secundorum, quae retrogrado cientur motu, locum suum antecedentis diei inter fixas, appulsu ad meridianum maturiore, praeuertunt: et sic προηγοῦνται. Quae verò directo motu mouentur,



eorum loca sub fixis, quae obtinebant die antecedenti, prius ad meridianum vel horizontem veniunt: quo pacto ὑπολείπεσθαι intelliguntur, quemadmodum si duo cursores eodem quidem tendant, alter verò altero tardior se relinqui queratur. Itaque causa optica haec nomina peperit. Nam etsi, quod iam dictum, ne primus quidem et quotidianus siderum motus sensibus nudis subiacet, leui tamen ratiocinatione oculi subleuati, iam primum hunc et quotidianum motum ab ortu in occasum facilè notant: secundos verò motus non aliter nisi per diurnorum differentiam.

Fallacia horum parens nominum, non alia est, quàm si quis propter littus, nauim secundo flumine descendentem, inque ea duos homines videat, quorum alter in prora quiescens stet, alter à prora ad puppim, contra fluminis cursum ascendat; spectator verò binos illos homines, rei ignarus, duabus distinctis nauibus alterâ tardiori vehi existimet. Aberrabit enim, et qui motus inest homini super eâdem naui, hunc perperam naui ipsi transcribet in contrarium. Et qui haec nomina primum in astronomiam introduxerunt, similiter aberrarunt, existimantes, eundem motum primum in Luna, verbi causâ, remissiorem esse, quàm in Sole; ignari quod Luna proprio motu ipsa primo motui communi (vt iam vsitatas hypotheses profitear) contranitatur. [1]

331 Atque haec ferè sunt, quae visus, eumque secuta incauta ratiocinatio stellis praeter verum affingit quaeque opticè sunt enucleanda.

Appendix de motu Cometarum

Qui motus Cometae anni 1577. *circulis demonstrarunt, difficillimam operam sumpserunt; neque tamen omninò successit, quod non rati sint diligentius sibi inquirendum esse. Multò maiores difficultates experientur, si idem in Cometis caeteris demonstrandum sumant. Mihi in pluribus, quorum descriptas obseruationes sum nactus, successit hac viâ leuius: si, quod natura rerum suadet, rectas ipsis lineas tribuerem, quas aequalibus temporibus vtplurimum aequaliter traiicerent, solum initio et fine paulò tardiores, et quieti viciniores, vt et caeterae traiectiones solent. Nam insinuans se motus Telluris, circularitatem illis facilè conciliat. Vt ille anni* 1577. *si rectâ lineâ è plano tropici Capricorni coortus, versus polum borealem, vel paulò inclinatiori, rectâ tamen lineâ, ascendisset; tunc Terra, vti Solem quiescentem circumiens, speciem ipsi motus circularis induit, ita eadem opera Cometam quasi quiescentem circumiens, (nam ipse ferè tantum in latum tendit hac suppositione) eandem illi speciem circularis motus conciliabit. Ita ille* REGIOMONTANI *Cometes in linea recta è profundissimo aethere propter Terram latus, illamque admodum propinquè praeteriens, pulcherrimam occasionem inueniet, vno die in medio apparitionis* 40° *gradus cir-*

culi magni conficiendi, ante et post perexiguum: vbi et causa patebit, cur cauda illo tempôris articulo, quo tam velox Cometa fuit, 50° gradus in longitudine aequauerit. Per 22. *quarti* VITELLIONIS.

Hoc vsi adminiculo quidam de stella anni 1572. *affirmarunt, motu rectilineo in profundum aetheris receptam, argumento vsi decrescentis magnitudinis, quibus quidem* 4. *et* 132. *quarti* VITELLIONIS *seruiebat. Verùm opticè quidem rectè illi, si assumpta illis sua concesseris: caeterum quae contrà* TYCHO BRAHE *libro* 1. *Progymnasmatum disputauerit ex aliis scientiis solidè et magno iudicio, ea vide apud Authorem.*

CAPVT XI

DE ARTIFICIOSA OBSERVATIONE DIAMETRORVM SOLIS ET LVNAE ET DELIQVIORVM VTRIVSQVE

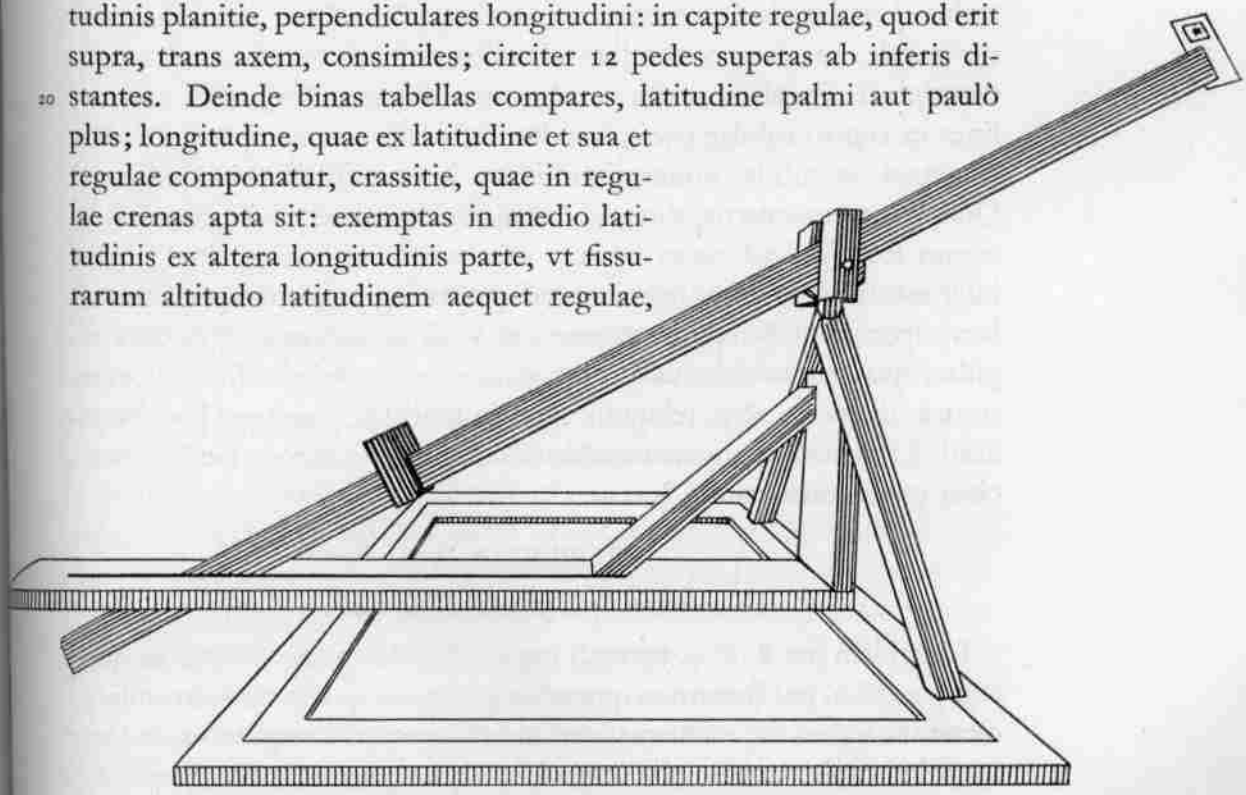
PROBLEMA I

Instrumentum Eclipticum construere

Scena sub dio erigatur, pannis nigris totuplicibus, ne quid lucis irrumpat. Si haec deest commoditas, conclaue eligatur obuersum in plagam, vnde Solis defectus spectabitur: sit huic conclaui paries non crassus, qui fenestram praebeat: possitque cum haec fenestra tum omnes rimae obturari contra lucis | ingressum. Deinde Regula fabrefiat quan- 336
tae fieri potest longitudinis, cuius lineae omnes rectae sint, crassities quantam asser dedolatus praebet, latitudo semipedis. Ea sic aptetur, vt quia flexile est lignum, in dorsum incumbat, et inter capita loco intermedio, quò minus flectatur. At neque in medio latitudinis perforetur, ne imbecillius factum frangatur suo pondere. Quin potius ad lineam dorsi, cui incubiturum est, coassetur trabecula, vt in coassationis linea centrum foraminis seu matriculae constitui possit. Matriculae suus axiculus sit. Deinde fiat columella versatilis super axe; in summo bifida, vt fissurâ crassitiem regulae excipere; perforata, vt eodem cum regula axiculo traiici possit. Trabecula in qua matricula columellam excipiens, tignis aequalibus, hinc inde transuersim surgentibus columellam in sui (trabeculae) perpendiculo statuant, cauo complexu columellam teretem in sublimi includentes. Huic trabeculae tres aliae socientur, vt ex omnibus fiat parallelogrammum rectangulum, loco circuli Azimuthalis. Capiti verò columnae, à quo axis in trabeculam exit, committatur et coassetur transtrum in earum planitierum columellae altera, quae fissuram habet supra, et confibuletur hoc quoque transtrum columellae trans-

uersali, vt recto angulo columella transtro cohaereat; et transtrum parallelogrammo incumbens si moueatur, columellam conuertat. Transtrum longitudine sit idonea, in medio exempta, vt crassitiem regulae hac fissurâ capiat, regulaque cum transtro et columella circumferatur: simulque regula versus verticem erigi, aut versus horizontem demitti possit, quantum Solis altitudo sub principium et finem Eclipseos postulat. Propterea et columellam tam altam esse conuenit, vt parallelogrammum regulam nuspiam impediat, et transtrum tàm longum, ipsamque regulam, ne sese deserant, Sole cadente; fissurasque vtrobique eodem aptatas, ipsumque quadratum sublime, ne regula depressa pauimento occurrat: et in plano horizontis, quod columellae appensum perpendiculum facilè indicabit. Neque sanè vniuersalis esse potest haec forma, nisi aut ex transtro et columella fiat quadratum geometricum, aut omninò quadrans adhibeatur. Mihi tamen ad subita ista structura suffecit. |

337 Iam ad Regulam, cuius est praecipuus hoc loco vsus. In ea itaque metire certum spatium longitudinis, à loco infibulationis deorsum, ne plus, quàm est altitudo columellae: ibique crenas facias in vtraque latitudinis planitie, perpendiculares longitudini: in capite regulae, quod erit supra, trans axem, consimiles; circiter 12 pedes superas ab inferis distantes. Deinde binas tabellas compares, latitudine palmi aut paulò plus; longitudine, quae ex latitudine et sua et regulae componatur, crassitie, quae in regulae crenas apta sit: exemptas in medio latitudinis ex altera longitudinis parte, vt fissurarum altitudo latitudinem aequet regulae,



laxitas regulae crassitiem, quae est post crenas factas, residua admordeat. Itaque tabellae in crenas immissae, et paralleli erunt, et perpendiculares regulae in longum et latum. Ducatur in vtraque tabella

20) tabellas, compares

linea per longitudinem, consurgens à medio fissurae et crassitiei regulae, eique bisectae in puncto sectionis alia erigatur ad perpendiculum, per totam latitudinem tabellae ducta. Post in altera tabella, quae superior futura, partes medias, in quibus erat rectarum sectio, fenestrâ quadrangulâ duorum digitorum latitudine eximas, maneant verò in margine fenestrae, residua rectarum. In lamina verò aenea tenuissima, benè complanata, nec contumaci, binae lineae sese secent ad rectos: et sectione centro, circellus fiat pisi magnitudine, vt minor sit haec diameter ad distantiam tabellarum, quàm diametri luminarium ad suas distantias, per 6. secundi capitis; pertundaturque, vt foramen accuratè circulare sit, interque decussatas lineas medium: latitudo laminae paulò maior fenestellâ. Haec affigatur tabellae perforatae, vt lineae in lineas quadrent, et foramen in meditullio fenestellae constituatur. In altera tabella, quae futura est inferior et planitie sursum versa, ex centro sectione linearum, describe circulum, quantum fert latitudo tabellae, diuisum à summo ad partes medias, in gradus 90 singulos, totidemque vtrinque ab imo. Aut si placet, vtere alia numerorum serie. Deinde tabella capiat in medio stylum breuissimum in centro seu sectione. Circa hunc volubilis aptetur rotula, in qua postmodum circellos ex puncto affixionis sumus descripturi. Ex altera parte rotulae pro|mineat index, cuius extrema linea ex centro rotulae exeat, longitudine tantâ, vt in circulum tabellae pertingat, et rotulae conuersione index in hoc circulo circumferatur. Quibus sic constructis, dimetire omnia subtilissimè, vt in meo instrumento feci. Vbi ad vsum ventum erit, canali intus nigro iter tabellis interiectum vela, sic vt nuspiam luci pateat ingressus nisi per fenestellam superioris tabellae: instrumentum verò sic colloces, vt ea pars regulae, quae supra columellam est, cum canali et tabella foris sit extra scenam in aperto aëre, reliquum intra in tenebris, possitque liberè conuerti. Et sit fenestra, quae regulam foras emittit in aërem, benè circumcirca communita contra lucem.

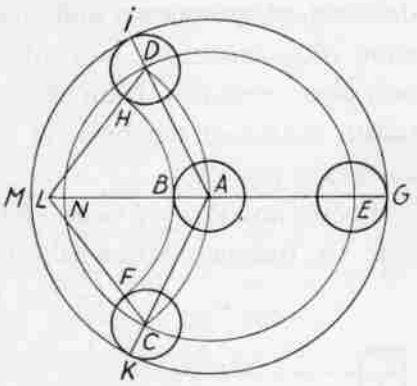
PROBLEMA II

Diametrum Solis dimetiri instrumento

Id quidem per 8. et 9. secundi capitis fieri in genere posset in quocunque radio, per fenestram quamcunque, etiam quadratam intromisso; caeterum sensus hîc mathematicam subtilitatem non sequuntur, sed per 29. primi capitis extremitatem speciei ad quas paucae de Sole particulae radiant, non comprehendunt, prae claritate intermediarum speciei partium, ad quas radiant omnes Solis particulae. Hoc Tychonicis vsu venit, dum radio quidem vsi sunt, sed foramine quadrangulo et ampliori, quàm vt plenaria intersectio fieri potuerit per 6. secundi capitis.

Disponatur itaque instrumentum, et regula feratur in corpus Solis, quod fit duplici gyratione, altera regulae super columella, altera columellae et transtri super Azimuthali quadrangulo. Sol itaque superiorem tabellam directè feriens, radios demittet, per laminae fenestellam et canalem, in scenam inque tabellam inferiorem; rotundamque creabit speciem superficiei illustratae, per octauam secundi capitis. Vbi hanc speciem videris (Radium appellabimus porrò) cape primum circino eius diametrum, quàm potes aptissimè. Sed quia titubatio te impediet; dimidio eius quod circino cepisti, ex centro tabellae (quae est loco parietis) scribe circellum, eoque aliquem angustiorem exiguo, et rursum laxiorem, quotcunque tibi | opus esse putaueris. Inde explora rursum quemnam ex descriptis circellis radius aequet.

Sit ergò AB semidiameter fenestellae, AK semidiameter radii, et sint KC. BA. aequales. Ergò AC (per 6. secundi capitis) est amplitudo speciei, per vnicum fenestellae punctum descensurae. Cùm verò extremitates radii et corporis Solis iisdem rectis tangantur (nam per 4. primi capitis, lineae lucis rectae sunt) anguli igitur in puncto fenestellae imaginati, sunt ad eundem verticem, et aequales. Oculo igitur collocato loco fenestellae, eodem angulo et AC infra, et semidiameter Solis supra cernetur.



Subtracta itaque AB vel CK semidiametro ex AK. semidiametro radii, relinquetur AC. quae cum distantia tabellarum exhibet angulum visionis. Nam vt distantia tabellarum ad AC. sic totus sinus ad tangentem anguli, quo corpus luminaris spectatur.

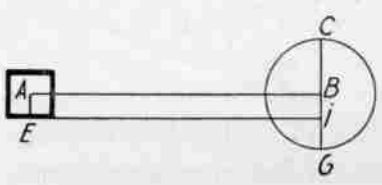
Anno 1601. 13. 23. Decembris fuit diameter radii digitus seu partes 72. et insuper partes 38. hoc est in summa 110. dimidium 55. semidiameter fenestellae 8¼. ergò AC 46¾. Vt igitur distantia tabellarum 10368 ad 46¾. ita 100000 ad 451. tangentem arcus 15′. 30″. Cuius duplum 31′. Haec diameter Solis in perigaeo, cui repetita consideratio mense Decembri anni 1602. consentit.

Anno 1602. mense Iunio, eadem fenestella et Regulâ loco aequè obscuro, manifestissimè Solis radius in tabella defecit ab hyberna quantitate. Cumque hyberna quantitas in 12 suos digitos esset diuisa, radius aestiuus deficiebat proximè $^{2}/_{5}$ vnius digiti, quantum in hac exilitate iudicari potuit. Cùm ergò tota diameter valeat 31 minuta, hoc est $^{31}/_{60}$ vnius gradus, ergò $^{1}/_{12}$ de $^{31}/_{60}$ est $^{31}/_{720}$. de hoc $^{2}/_{5}$ efficiunt $^{62}/_{3600}$ vnius gradus, siue $^{62}/_{60}$ vnius minuti, hoc est proximè vnum minutum. Et

diameter aestiuo tempore est 30 minutorum. Potui sane procedere, vt antea | hyberno tempore, sed haec via omnium est tutissima, quia ra- 341
dium aestiuum hyberno in proportione connectit.

Anno quidem 1600. mense Iunio, partes radii, Gratii Styriae per eandem fenestellam, eandemque distantiam videbantur mihi 105½. Dimidium 52¾. hinc ablata semidiameter fenestrae 8¼ relinquit 44½. Et vt 10368 ad 44½. sic 100000 ad tangentem 429. cuius arcus 14′. 45″. duplum 29′. 30″. Quae quantitas dimidio scrupulo, (seu ¾ vnius particulae quarum sunt in digito 72) deficit à priori consideratione. Diebus antecedentibus coelo clariore per foramen 40 particularum diametri radius ingressus superabat circellum 129½ particularum, circiter 1 aut 2 particulis. Sublatis 40 de 129½ restant 89½. dimidium 44¾. quod ostendit arcum 14′. 51″. Sed adiectione 2 particularum 15′. 10″. Itaque medium horum etiam est 15′. duplum 30′. Sed nihil est cur de posteriori anno 1602. dubitem, et spectatores mihi erant astronomiae studiosi: de priori verò anno 1600. miror, me tam subtilem tunc in diuidendo digito fuisse, vt non plus aberrarim. Nam et scena, quam extruxeram, non quantas optabam exhibebat tenebras, vt non satis accuratè ad extremitates radii collimare potuerim.

Tycho anno 1591. penè eandem quantitatem deprehendit. Canalis erat AB. foramen partes habuit 10. et fuit quadrangulare. Ergò AE 5.



AB 1000. CG 18½. Quare BG 9¼. Et IG (BI vel AE subtracto) 4¼. Hinc semidiameter 14′. 37″. Sed variè à 14′. 20″. vsque in 15′. 40″. Quinto verò Decembris ter, et mutatis canalibus inuenit 15′. 30″. (quod mecum facit) vt ego quidem ex ipsius obseruatis computaui. Nam nihil hinc extruxerat, et notum quod diametrum perigaeam 32 minutorum et amplius faciat: hypotheseos Eccentricitatis persuasione.

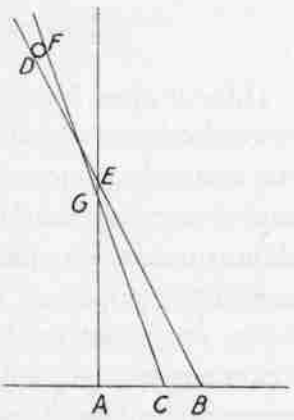
Quod autem non maior, quàm vnius minuti differentia est inter aestiuam et hybernam diametrum; mirum quàm aptè cum Eccentricitate Solis vera et Geometrica conueniat (si fallaciam ex causa physica ortam, qua de cap. 10. separes). Nam quia | Tycho Brahe et Landgrauiani 342
vnanimi calculo demonstrant Eccentricitatem esse 3600 de 100000. Dimidium verò causa physica subintrudit, vt geometricè in commentario de Marte demonstrabitur: ergò genuina Eccentricitas est 1800. Et Sol in Apogaeo, mense Iunio distat 101800. in perigaeo verò mense Decembri distat 98200. earundem partium, qualium distantia mediocris est 100000. Vt autem 101800. ad 98200. sic conuersim 31′ ad 30′ ferè. Nam quod Th. 8. Opticorum Evclidis attinet, id nihil ad tàm angustos arcus.

32) hypernam

PROBLEMA III

Diametrum Solis per rimam obseruare

Hoc in TYCHONIS obseruationibus reperi, cui additum erat Encomium, quod Rectangulum sit magister vniuersae Matheseos. Sit AB planum Horizonti aequè distans, AE paries perpendicularis ad AB. in quo rima GE. luminare DF. Ab summa igitur eius parte F descendit radius per G imum rimae marginem, et porrigitur in C punctum, perpendiculo A proximum. Contra ab imo luminaris margine D. per summum rimae E. radius DE porrigitur in B punctum remotissimum. Vt ergò CA ad totum sinum, sic AG ad tangentem anguli GCA. qui metitur altitudinem summi marginis F supra horizontem. Rursum vt BA ad totum sinum, sic AE ad tangentem anguli EBA. qui metitur altitudinem D. imi marginis supra horizontem. Subtractione igitur minoris arcus à maiori, relinquitur angulus, quem corpus luminaris hic in terris occupat. Bona et haec ratio, si caueri hoc potest, vt in aedificio aliquo EA praecisè perpendicularis in AB sit et satis alta. TYCHO anno 1578. 15. Martii obseruauit diametrum sic, prodiitque 30′. 40″. | 30′. 6″. | 30′. 44″. | 30′. 50″. | et 14. Iunii 30′. 4″ bis | 29′. 30″. semel.



Extat inter astronomica TYCHONIS epistola MOESTLINI Praeceptoris mei ad consulem, ni fallor, Augustanum, in qua diametrum Solis proximè eandem facit, nisi quòd hypothesi simplicis Eccen[1]tricitatis inhaerens, ampliat eam, et in apogaeo quidem ait, se deprehendisse eam 29′. 36″. In longitudine media 30′. 11″. in perigaeo 31′. 45″.

Nec multum GEMMA abludit radio suo, si quid certi tàm crasso instrumento inquiri potest.

Veteres verò planè quidem mecum faciunt. Testatur de ARISTARCHO ARCHIMEDES, dixisse eum diametrum Solis $^{1}/_{720}$ partem quatuor rectorum, hoc est 30 minutorum. HIPPARCHVS verò (quem sequi PTOLEMAEVM in calculo ALBATEGNIVS queritur) negabat, Solem ab apogaeo in perigaeum ad sensum variare magnitudinem. Sanè quia non plus vno minuto: eamque et ipse 30 minutorum supposuisse colligitur, (supra cap. 8.) quantum ex PTOLEMAEO, eiusque expositore THEONE patet. Idem de SOSIGENE PROCLVS videtur testari.

Primus PTOLEMAEVS à veterum modis obseruandi simul et ab ipsa verissima quantitate diametri luminarium desciuit, absurda metiendi ratione, eaque et incredibili vsus, quem hactenus authores, ipse adeò

COPERNICVS secuti fuere: quapropter eam mensuram supra cap. 7. citra quidem periculum vsurpaui. Sed res certa est, et cuilibet obuia, exploratu, diametrum Solis in apogaeo 30′. in perigaeo 31 minutorum esse.

PROBLEMA IV

Diametrum Lunae per Instrumentum obseruare

Difficile opus. Non enim tanta est Lunae claritas, quanta oculis nostris ad certitudinem visionis sufficit. Et si per instrumentum intro in Cameram et tenebras luceat, difficilimè distinguitur inter radium et vicinos papyri margines tenebrosos. Sic tamen hanc rem attentabis. Circellos aliquot quantitate sibiipsis vicinos admodum, ordine tamen nonnihil crescentes, in papyro describes, seorsim singulos, interceptam superficiem atramento implebis, praesertim circa margines: vt nigredo vel totam superficiem, vel certè latitudinem aliquam à marginibus versus centrum obtineat. Eos ordine tabellae applicabis in instrumento, considerans, quemnam ex illis radius Lunae sic ambiat, vt illustrata papyri albedo circa nigros circulos nonnihil oculos incurrat. Nam quicunque primus radio angustior fuerit deprehensus, pro|ximè se maiorem radii *344* mensorem constituit. Post omnem tamen diligentiam hac via restabit tibi dubitationis aliquid. Hoc solum hinc habes, quod de enormibus erroribus iudicare poteris.

Anno 1600. 15. 25. Iulii Gratii inueni radii particulas plures 105½. pauciores 110. Ergò diameter apparens maior quàm 29′. 30″. minor quàm 31′. 12″. Semper autem praesumitur minor iusto aestimari hac viâ, eò quòd radii extrema debilissimae lucis non benè capiantur oculis. Erat Luna plena in distantia mediocri.

Anno 1603. 16. 26. Ianuarii vesperi Pragae, Radius inter duos circulos nigros mediam tenebat quantitatem, quorum alter, comprehensus, 113 particulas habebat, alter radium comprehendens 120 particulas. Ergò diameter etiam apparens maior quidem quàm 32′. minor verò quàm 34′. 18″. Fuit Luna terris proxima, diligentia omnis fuit adhibita, imprimis obscuritas camerae.

At priori mense, cùm ἀμφίκυρτος in eodem perigaeo versaretur, diluta luce per turbidum coelum, et Camerâ non satis clausâ, vix 30 minuta hoc pacto superare putabatur, etiam qua tota luxit; adeò facilè oscitantem eludit. Itaque alii modi pro huius luminaris diametro obseruanda sunt tentandi.

23) maior 29′. 30″.

PROBLEMA V

De Proportione diametri Lunae aspectabilis ad diametrum Solis iudicium ferre ex cornu Lunae in prima phasi

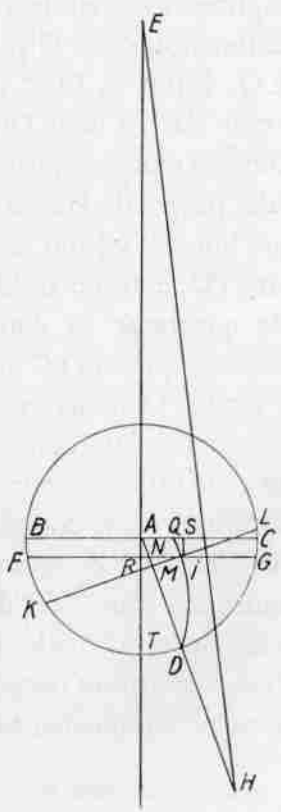
Supra cap. 6. numero 11. memini exortus Lunae, quem vidi 4. 14. Martii 1603. Pragae horâ 6°. cùm Sol esset in 23°. 49′. ♓; Luna in 14°. 41′. ♈. motu verò in Ecliptica. Arcus per visibilem Lunae locum, et per Solem secabat horizontem angulo circiter 78°. Planè enim cornua Lunae sinistrum verticis proximè spectabant. Eratque ideò visibilis centri Lunae à centro Solis distantia 20°. 10′.

Sic igitur collocata Luna, cum toto corpore clarissimè cerneretur, fruens lumine telluris, vt supra capite 6. numero 10. dictum, non dimidiâ circumferentiâ à lucente cornu ambiebatur. Deficiebat enim hoc ad sensum euidenter à semicirculo. Dico hinc demonstrari Lunae diametrum aspectabilem diame[1]tro Solis aspectabili fuisse maiorem notabiliter, quamuis Sol peteret longitudinem mediam, perigaeo propior, Luna non duobus signis ab apogaeo defluxisset. Id eo facit, vt hic etiam pro capite octauo pugnemus, tantoque certius credamus, maiorem esse diametrum Lunae diametro Solis vt plurimùm, quare et Solem totum à Luna tegi posse.

341

DEMONSTRATIO

Centro A scribatur circulus maximus corporis Lunae BCD. in eo BAC diametros, eique ad rectos EA. sitque E centrum Solis, ergò circulus illuminationis erit parallelos ad BAC. sit FG. Sumatur iam H. punctum extra lineam EA. quod sit locus in superficie terrae, puta Praga. Cumque sit HA axis circuli visionis, erit hic rectus ad HA. sit KML. abscindens de Luna particulam à Sole illustratam, seu cornu, cuius vera latitudo LG. Cùmque hoc cornu defecerit à semicirculo, semicornu deficiet à quadrante, non ergò pertinget vsque ad M. Secet ergò KL visionis circulum, circulus illuminationis FG. in puncto vltra M. versus L. id sit I. Axis verò visionis HA. secet FG in N. et axis illuminationis EA. eandem secet in R. Igitur si cornu planè vsque in N pertigisset, quae per N transit ipsi KL aequidistans, et visionem repraesentans, minor futura fuit,



quàm FG. illuminatio. Nam AN. subtensa recto ARN. longior est quàm AR. circulus ergò per N. plus ab A centro distitisset, quàm circulus FG. quare minor fuisset, cùm qui per centrum, solus sit omnium maximus. [1]

Iam verò dimidium cornu non vsque in N pertingebat, vt quadrantis 346
longitudine cerneretur, sed in I defecit. Quare KML longius ab A distitit quàm N. multò igitur minor fuit, quàm circulus per N. Minor verò et qui per N. circulo FG illuminatorio, multò igitur minor KL visorius illuminatorio. Per 24. verò Theorema Opticorum EVCLIDIS, quò minus de globo spectatur, hoc maior apparet eius diameter. Et supra cap. 6. numero 3. demonstratum, si KL visorius, et FG. illuminatorius coincidissent, eodem angulo spectatum futurum fuisse vtrumque luminare. Ergò quia iam KTL minor est, quàm FTG. maior igitur diameter apparens Lunae quàm Solis, idque sensibiliter valdè, quamuis propè apogaeum.

Iam vt Theorema perfectum sit, esto vt proportio cornu ad residuum corporis ambitum ex aestimatione oculari innotescat citra errorem, quod quidem difficile admodum est: Et ego non potui aestimare subtilius quippiam, quàm cornu inter trientem et semissem circuli visorii esse medium, hoc est, inter 120. et 180. Esto nobis propositum hinc calculo inquirere aspectabilem Lunae diametrum. Ergo LI. cornu erit dimidium aestimationis. Sit D polus visionis et descendat arcus DI. secetque BC in Q. Igitur in DQC datur QDC longitudo dimidii cornu. DCQ verò rectus est. Et latus DC datur. Nam quia Sol in longitudine media, et Luna 56 gradibus post apogaeum, dabitur igitur ex hypothesibus authorum, proportio HE ad HA. sed AHE angulus innotescit ex loco vtriusque luminis visibili, ergo producta EA in T. dabitur TAH. cuius mensura TD. eiusque residuum ad quadrantem DC quaesita. In DQC. igitur quaeratur ex datis, primo DQ. tum DQC. Dein ex I perpendicularis arcus in BC incidat, qui sit IS. In triangulo igitur IQS. angulus S rectus, Q datus est, et IS latus est 15′ minuta, quanta scilicet est distantia circuli illuminationis à maximo, supra cap. 6. numero 3. Dabitur ergò QI minuendus à QD. vt habeatur arcus inter polum et visionis circulum, cuius complementum ad quadrantem arguit semidiametrum visibilem, per demonstrata cap. 6. numero 3. Non dissimulandum est, immanem hinc fieri diametrum Lunae apparentem, si vel minimum sensibile semicirculo nascentis cornu deesse dixeris. Itaque [1] causam 347
aliam concurrere necesse est; scil. acumina cornuum ob exilitatem prae claritate intermediarum partium euanescunt in visu.

7) minor fuit, quàm N. 11/12) FG. luminaris

APPENDIX

Comparantur modi alii diametri Lunae metiendae cum praemissis

Etsi omnium certissima et tutissima mensura postea per obseruationes Eclipsium solarium demùm expedietur: hic tamen reliqui modi sub aspectum subiiciendi sunt interim. Et HIPPARCHI quidem dioptra ex † PTOLEMAEO nota est, qua et ipse PTOLEMAEVS vsus, desperauit tamen, quantitatem certam ex ea elicere. Solum hoc inuenit, Lunam in apogaeo aequalem solari diametron ostendere, in perigaeo augeri illam, quod et HIPPARCHVS dixerat.

Anno 1598. 29. Martii, vel 8. April. vesperi hora 8. Gratii vidi Lunam iunctam occidentalibus in quadrilatero Pleiadum, sic vt non plus sexta lunaris diametri parte margo à proxima recederet. Extremo margine tantum à lucente tertiae magnitudinis distitit, quanta fuit eius amplitudo corporis. Ibi igitur duae in occidentali latere quadrilateri longius distabant, quàm vt vtramque simul Luna tegere potuisset, siquidem super illas fuisset ingressa. Luna triduana fuit, superata longitudine media, tendens ad apogaeum: et proxima latitudini maximae septentrionali, videbatur toto corpore clarissimè.

Sequenti 17. 27. Iulii manè inter horam 2. et 3. Luna rursum ad apogaeum ascendens, eique propior, et circa limitem boreum, stabat ad Pleiadas conuersis cornibus sic vt perpendiculari sectionis ex imo cornu ducta, stringeret Pleiadas superius. Transierat Pleiadas, et à clarissima distabat plus quàm Palilitium à vicina Sucularum versus nares Tauri, minus quàm haec ab ima in naribus. Diametro igitur aequare videbatur distantiam clararum duarum transversarum in pleiadibus. Huiusmodi comparationes ad fixas propinquas inuicem tanto debent exquiri auidius, quod vniuersalis omnibus hominibus et perpetua haec mensura est.

Idem tentari potest seu per fixas, seu per radium, seu per dioptram, cum latera vmbrae terrae perambulat, rubore suo adhuc clara. At in medium vmbrae immersa, vt an. 1588. Martio, malignè cernitur, infidaque est obseruatio. [1]

348 Videamus verò, etiam *cùm simpliciter pleno lumine obseruatur instrumentis, siue id radio fiat, seu marginibus ad stellas oppositarum plagarum comparatis; seu altitudine vtriusque marginis per quadrantes exquisita.*

† Anno 1592. 14. Iunii instante Eclipsi, Braheani diametrum Lunae radio Astronomico, secundùm GEMMAE doctrinam, dimensi prodidere 32. aut 31½ minutorum. Erat Luna in apogaeo. Modus et incertus est, et semper plus iusto dicere praesumitur.

7) ex ea dicere 8) augere 33) plena

Eodem anno, 12. Februarii, Lunâ non humilimâ, prodiderunt 35′.

Anno 1587. 6. Ianuarii Lunae summi et imi marginis eleuatio supra horizontem de die obseruata, cùm certior est Lunae visio (erat enim bisecta in quadrato Solis) ostendit diametrum 30′. Erat Luna in apogaeo.

Anno 1588. 2. Martii ante Eclipsin vesperi, per armillas declinationis marginum differentia fuit, saepius iterata, 33′. dimidio plus vel minus. In meridiano altitudinis marginum differentia 31′ | 32⅓′ | 30¾′. Eadem die praecedente 33′. Scilicet hic modus paulò est incertior. Luna à perigaeo ascendens appropinquabat longitudini mediae.

Hoc modo anno 1591. 22. Februarii in longitudine media obseruata, bis 31′, sexies 32′. septies 33′. sexies 34′. apparuit. Quae varietas partim ratione diuersorum oculorum, partim ratione pinnacidiorum, partim ratione copiosi luminis in nocte visi accidit. Nam hi omnes modi paulò incertiorem faciunt rationem huius obseruationis. Et quamuis per instrumentum meum Lunae diameter fortè paulò minor iusto apparet: maior tamen in illo est constantia, quàm in hac ratione per pinnacidia obseruandi. Non tamen negarim, *si quis dioptram Hipparchicam dextrè adhibeat*, certiùs collimaturum. Adeoque cum dioptra HIPPARCHI, TYCHONIS obseruatio diurna, instrumentum meum, proximè in hanc quantitatem consentiant, quam infra per vmbram Lunae proditurus sum: tantò facilius vel iam nunc concludo, diametrum Lunae in apogaeo 30½ minutorum esse. In perigaeo verò quanta sit, non ita expeditum est, vt in Sole, hinc eli[1]cere. Cùm enim duplicem habeat Luna aequationem maximam, alteram 5° graduum, alteram in quadraturis 7½ graduum: quarum physicè consideratarum altera 4336. altera 6520. Eccentricitatem postulat, nescias, hanc an illam, an intermediam 5428. sequi debeas, vt ita binae causae Physicae concurrant. Itaque diameter Lunae perigaea vel 33′. 20″ | vel 34′. 0″ | vel 34′. 40″. | Et* mediocris vel 31′. 55″ | vel 32′. 15″ | vel 32′. 35″. Vides obseruationes per pinnacidia annis 87. 88. 91. 92. recensitas. vt plurimum alludere: de electione verò vnius ex tribus hisce nos in incerto relinquere. At si meo instrumento fides, ex obseruatione anni 1603. 16. 26. Ianuarii, vltima perigaea quantitas sequestrabitur. Sanè neque rationes Physicae maximam ex tribus Eccentricitatem admodum desiderant. 349

* ALBATEGNIVS consentit, Lunae diametrum mediocrem statuens 32′. 25″. Apogaeam verò et perigaeam totali Eccentricitate, sibi quoque credita distinguit; vt sit illic 29′. 30″. hic 35′. 20″.

PROBLEMA VI

Quantitatem defectus in Eclipsi Lunae, vel etiam Solis, aestimare

Fit vulgariter sine instrumento, per imaginariam diuisionem diametri in partes 12.

7) Eodem

Hoc modo tutissimè vtimur cum aequalia propemodum sunt in defectu et in lumine. Sic MOESTLINVS anno 1572. 25. Iunii defectum maximum aestimauit praecisè semissem diametri. (At GEMMA FRISIVS scribit Louanii defecisse 8. digitos, lib. 2. Cosmocritices, folio 233.)

Magis etiam iuuatur is, cui circumferentia obumbrata simul in conspectu est. At extra hos casus fluxa est et periculosa ratio.

Anno 1601. 29. Nouemb. vel 9. Decemb. bona quidem pars de Lunae corpore superfuit, quanta verò esset discerni non potuit à quoquam cum fiducia. AMBROSIVS RHODIVS, Tychonico aliquandiu à calculo, aestimauit defectum 10. dig. Witebergae.

Anno 1603. 8. 18. Nouemb. contendebant alii plus quarta parte in defectu esse, mihi minus aliquid hoc abesse censebatur: et tamen obumbrata circumferentiae pars conspicua fuit. [1]

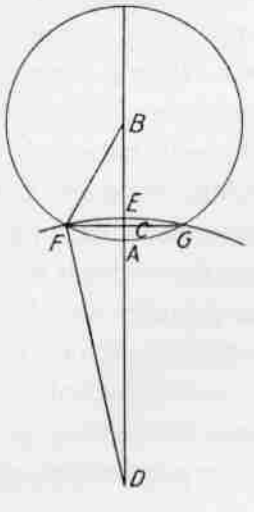
350 Cum autem magni intersit Astronomiae, partiales defectus rectè annotari, TYCHO BRAHE ex CORNELII GEMMAE praeceptionibus, *radio dimetiri solitus est et diametrum Lunae ante defectum, et partem residuam in maximo defectu.*

Caeterùm, quibus difficultatibus hic modus impediatur, prolixè in superioribus est expositum.

TYCHO BRAHE anno 1592. 14. Iunii obseruauit initio diametrum Lunae adhuc integrae per radium 32. minutorum. Deinde circa Eclipsis medium inuenit 14. minuta residua, vt defecerint 18′. horum. At multum haec quantitas ab ipsius calculo recedit; qui 26¼ minuta corporis Lunaris vmbrae vindicat. Itaque hoc obseruandi difficultati tribuo. Nam etsi calculum Tychonicum seu vmbrae dimetientem in dubium quis vocet, (de quo alibi) nunquam tamen efficiet, vt haec Eclipsis hac quantitate cum caeteris in vnam normam quadret.

Itaque vt hic quoque paulò firmioribus praesidiis niterer; *aestimare solitus sum arcum circumferentiae Lunaris absentem.*

Nam hoc dato, et proportione diametrorum Lunae et vmbrae cognita mediocriter, defectus quantitas et ipsa datur. Centro D scribatur circulus vmbrae FEG. et centro B circumferentia disci Lunaris FAG. secans vmbram in F.G. Connectantur centra inter se et cum F. item et puncta sectionum, lineis FB. FD. BD. et FG. quae sese orthogonaliter secabunt in C. Sit FAG verbi gratia sexta pars circumferentiae, erit FA. dimidium sc. gr. 30. Angulus nempe FBC. Quare BFC. 60°. et BF secans 200000. qualium FC 100000.



9) Tychoni

Detur verò proportio BF ad FD. quae est 1. ad 3. erit FD. 600000. secans anguli DFC 80°. 24′. Eorundem verò angulorum et tangentes dantur BC 173205. CD 591236. Quae ablatae à BA 200000. et DE 600000. relinquunt CA 26795. et CE 8764. Itaque qualium BF est 200000. talium EA pars deficiens est 35559. | composita ex CE et CA. 351
quâ proportione datâ, facilè postea vel digiti vel scrupula deficientia habentur. Nam si semidiameter Lunae sit 16′ scrupula, in defectu erunt 2′. 51″. Exempla inuenies infra in Eclipsibus anni 1603.

Hic etsi et visus et aestimatio visus nonnihil aberrare possunt, eius tamen erroris exigua portiuncula in diametrum Lunae censendam redundat.

Cupio Astronomos operam dare, vt certiores aliqui modi huius obseruationis constituantur. Nam ab hac vna re dependet id, quod in Astronomia vulgò maximi fit, dimensio altitudinis et corporis solaris. Etenim si sit parallaxis Solis maxima 3 scrupulorum, et in aestimatione defectus Lunaris tertia parte digiti aberretur, actum est de 600. semidiametris terrae; sin maxima Solis parallaxis sit 2′. aberrabimus 1700. semidiametris terrae, omissione vnius scrupuli in defectu Lunari; vt videre est in fronte nostrae Parallacticae.

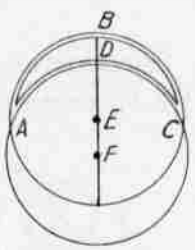
PROBLEMA VII

Proposita vera specie Solis deficientis, inuenire veram proportionem diametrorum Solis et Lunae, et digitos Eclipticos veros

Problema Moestlini est Praeceptoris mei. Ascendebamus sub tectum templi, et valuis contra lucem munitis, in sublimes trabes aliquis enitebatur, tegulam opportuno loco exempturus, vt rima tenuissima luci pateret, nunc hanc, nunc illam, prout hunc vel illum radium trabes intercepissent. Ita tabulati opportunitas radium nobis praestabat multò ampliorem, quàm instrumentum seu regula mea, non longior 12. pedibus. Hunc radium cum Sole deficientem (per 9. secundi capitis) papyro excipiebat. Et quia tota radiatio conus rectus est, cuius vertex circa foramen, patet, nisi papyrus perpendiculariter radiationi sit opposita, radium in papyro formatum non fore circulum, per 9. primi Apollonii. Ergo scribebat in papyro circulos aliquot diuersarum quantitatum, quantum ferè videbat radium | occupaturum, ductasque diametros in 12. partes aequales seu digitos diuidebat. Deinde radium circulis signatis ita excipiebat ex opposito, vt margo radii in circuli alicuius circumferentiam vndique coincideret, permutando circulos, aut accedendo recedendoue à foramine, donec hoc fieret. Id argumentum erat, conum radiationis perpendiculariter à papyro sectum. Diametrum verò interpunctam 352

conuersione papyri dirigebat, vt cornua Solis bisecaret. Tunc itaque arcus interior radii deficientis, qua diametrum diuisam secabat, digitos ostendebat eclipticos. Hanc doctrinam à REINHOLDO traditam, admonitionem authoris secutus diligentius excoluit. Nam proportionem diametrorum simul eliciebat in hunc modum. Quando margines radii in circulum praecisè coincidebant, tribus vel quatuor punctis interiorem radii circumferentiam raptim signabat. Inde continuatus per haec puncta circulus facilè ostendebat, qua in proportione esset ad priorem, qui Solem repraesentabat.

Sit ABCD radius Solis deficientis, eiusque vera species, is quadret exteriori superficie ABC. in circulum ex E descriptum. Signentur verò in interiori circumferentia ADC. tria puncta quaecunque, sint A.D.C. Igitur per 24. tertii EVCLIDIS per ADC. continuetur circulus centro F. Et quia defectus in Sole causa non est alia quam interpositus Lunae inter Solem et visum. Est igitur interior arcus corniculati Solis ADC. particula circuli, quo Luna spectatur. Quare circulus ADC. centro F repraesentat lunare corpus, et quae inuenitur mechanicè proportio inter FD et EB. ea est visibilis diametri Lunae ad visibilem diametrum Solis.



Caeterum hoc pacto obseruata Lunae diameter plerumque minor solari apparebat. Per 11. verò secundi capitis patet, nisi planè minutissimum sit foramen, puncti instar, semper proportionem diametrorum vitiari, Lunamque iusto minorem apparere, et (per 12.) digitos pauciores apparere. Quare infidus est hic modus, ita simpliciter administratus. Adde quod titubatio | manuum, et rapidus Solis motus, punctorum consignationem plurimùm turbat. Ergò ad meum instrumentum. 313

PROBLEMA VIII

Speciem siue radium Solis deficientis, vt is figuratur in instrumento, punctis excipere

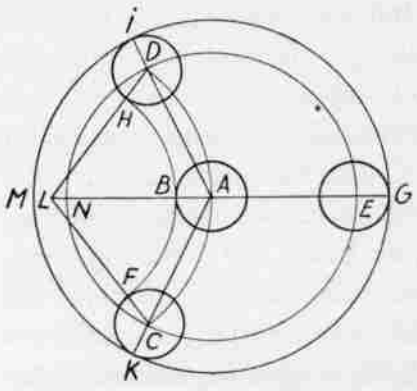
Fit vt in antecedenti, et paulò maiori certitudine. Nam instrumentum praestat, ne mihi mutatione circulorum opus sit, neuè accessu recessuque. Etenim qua die futura est eclipsis, quantitas radii Solis in instrumento notatur accuratè, tantaeque quantitatis circulus describitur, qui tabellae applicatus circumgestatur vndique, semperque toto illo die radium Solis certò aequat. In signatione tamen punctorum eadem querela, quae prius. Nam ad omnia momenta transfertur Solis radius, itaque et transtrum et regula in transtro vna transferenda est inter consignandum. Vtere tamen hac cautione: Punctum signa vnum, cùm exterior radii

circumferentia exactè quadrat in circulum. Inde translato instrumento radium praeuenias: interea dum radius sequatur, tu locum, alteri puncto signando, notabis oculis. Et proderit spectatorem adesse, qui tibi intento in alterum limbum, significet, quando ex altera parte in punctum iam signatum limbus rursum incidat. Inde iterum applicabis probationis causa; et cito, priusquam crescat defectus aut decrescat sensibiliter. Caeterum haec species adulterata est. Sequitur ergò

PROBLEMA IX

Ex specie instrumenti seu radio quantumuis adulterato, veram Solis deficientis speciem elicere

Continuetur enim circulus, in quo tria puncta signata sunt, scilicet H.B.F. constituto eius centro L. Id erit Lunaris corporis centrum. Inde ad LB. apponatur BA semidiameter fenestrae, et centro L. distantia LA scribatur circulus DAC corpus | Lunae 354 verum repraesentans. Eundem in modum ab AG auferatur GE semidiameter fenestrae, et centro A. distantia AE scribatur circulus DEC Solem repraesentans. Igitur DECA vera erit species Solis deficientis per 10. 11. 12. secundi capitis. Rationem calculi vide infra in exemplis.



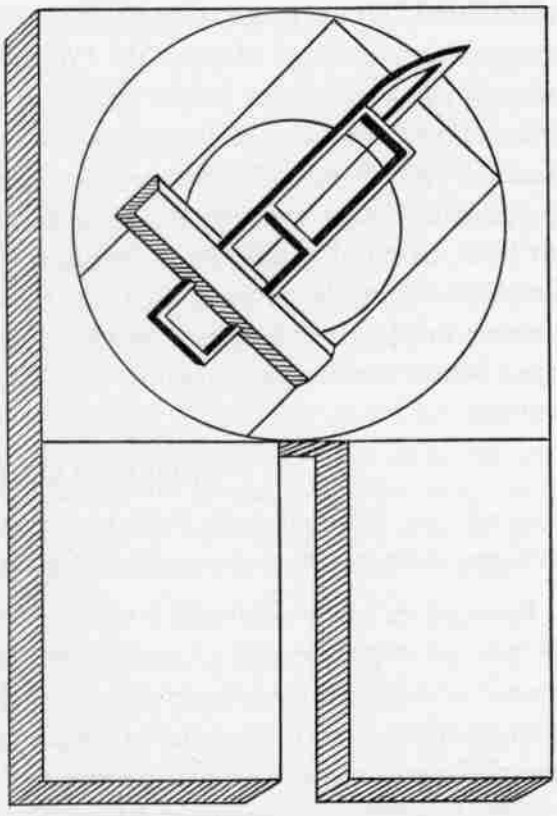
PROBLEMA X

Per transuersalem regulam instrumenti dexterius excipere speciem defectus

Quia difficultas est in signandis punctis, vt dictum est, et quia multa simul administranda sunt, praesertim si obseruator solus sit, cogitaui de alia faciliori ratione. Supra rotulam, de qua in descriptione instrumenti, statuebam indicem solidarum partium, quibus supra planum rotulae papyraceae paulisper extaret, ita tamen, vt diametrum in digitos distinctam non tegeret, sed binis tigillis diametro aequidistantibus illam amplecteretur. Super hoc solido indice voluatur transuersalis regula indici perpendicularis et diametro signatae, longitudine diametri. Nempe huius regulae alueolus profunditate sua crassitiem tigillorum indicis aequet, et morsu adhaerescat tigillis, vti quis illam promouerit.

25) speciem instrumenti

Et regula habeat aciem. Ergò pariete et fenestra ad
311 Solem | rectè habentibus, voluatur et index cum rotula circa axiculum, et transuersalis super indice susque deque, donec veniat acies ad vtriusque cornu obtusi contactum. Et
10 tunc notetur punctum, in quo transuersalis acies secat signatam diametrum: notetur et punctum, quo eandem diametrum secat interior radii circumferentia, seu vmbra Lunae. Si hoc rectè fuerit administratum, signatione punctorum non erit opus. Sequitur enim

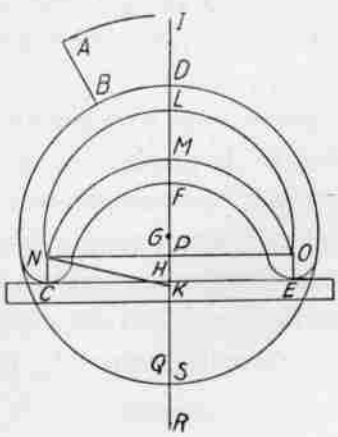


20

PROBLEMA XI

Ex transuersali regula veram speciem defectus arguere

Sit CDEF species radii deficientis, cuius centrum G. diameter signata DF. et cum ea linea indicis IDH. Sitque linea CHE contingens cornua C. E. obtusa, et secans signatam diametrum in H. secetque eandem CFE segmentum in F. Igitur in diametro DH extendatur semidiameter fenestrae, quae sit DL. à D in L. vt et ab F in M. et ab H in P. et agatur per P recta NPO perpendicularis ad diametrum, et aequidistans regulae. Dein centro G. distantia GL scribatur circulus NLO. qui repraesentabit iustam So-
30 lis speciem, vt in 9. huius. Secabit is lineam NPO. secet in N. O. Per tria igitur puncta N. M. O. describatur circulus, cuius centrum sit K. Dico NLOM esse veram speciem Solis deficientis. Agantur enim perpendiculares NC. OE. Cùm ergò NC. OE sint eidem CE perpendiculares, erunt aequidistantes. Et quia et DK. hoc est, PH eidem CE perpendicularis ex fabrica



instrumenti: Erunt igitur aequales NC. PH. OE. Sed PH est semidiameter fenestrae. Ergò et NC. OE. Cùm autem per 10 secundi capitis orbiculus fenestrae circa etiam puncta extremorum cornuum circumducatur, et CHE | tangat illos circellos, vtpote obtusa radii cornua: 316
Necesse est NO esse illa extremorum cornuum puncta. Nam à quouis puncto circumferentiae NLO. supra N vel O. longior demitteretur linea, et ab aliis infra N. O. breuior, quàm NC. OE. semidiameter fenestrae foraminis. Si ergò N. O. sunt acumina cornuum: Ergò ibi circulus Lunae secat Solarem. Sed et M est in circulo Lunae, vt in 9. Ergò NMO est Lunae circulus. Et NLO Solis. Ergò iusta species NLOM.

PROBLEMA XII

Ex radio seu specie deficientis Solis per instrumentum signata, inuenire proportionem diametrorum, centrorum distantiam visibilem, et quantitatem defectus

Primum ex radio adulterato verus eliciatur per 11. vel 9. huius. Deinde fiat vt problemate 7. continuentur scilicet circumferentiae verae speciei, et comparentur diametri mechanicè, vt et centrorum distantia, et digiti. At si per 11. operatus es, haec omnia etiam *aliter habentur, per ipsam obseruationem et calculum*. In schemate praecedenti dantur puncta F et H. Ergò FH ex ipsa obseruatione. Dico hanc esse aequalem lineae MP. Sunt enim MF et PH aequales, et FP communis. Simul autem habetur ML. subtractis FM. LD. ab FD. Quare habetur PL. Sed QL habetur per 2 huius. Et est haec diameter circuli QNL. ergò et QP habetur, et earum media proportionalis PN. Est autem et PN media proportionalis inter MP. et PR. et PM ex obseruatione dabatur, scilicet FH. Vt ergò FH vel MP ad PN. sic PN ad PR. quae cum PM facit diametrum Lunae visibilem. *Quantitas verò defectus datur etiam simplicius*. Nam quia SQ. et FM fiunt semidiametri foraminis. Ergò SF et QM aequales. Vt autem QL ad 12 digitos, ita SF vel QM ad digitos deficientes, aut si mauis, dices vt LQ ad 12 digitos, sic LM pars lucens ad digitos non tectos, qui à 12 ablati relinquunt digitos Eclipticos. Exempla calculi sunt infra probl. 32.

Porro, quae problemate 10 sunt tradita paulò sunt incertiora expertu, si quis illa per hoc 11 et 12 examinet. Nam difficul|ter ad vtrumque 317
sectionis punctum, regulae simul et vmbrae cum diametro signata attenditur. Et acuminum, in cornibus, circelli, vtpote à puncto sparsi, valdè sunt diluti, et aestimando sectiones fallimur in minimis. Vt anno 1600. 30. Iunii, vel 10. Iulii, cùm deficerent digiti 3 in radio, regula transuersalis resecuit digitos $1\frac{2}{3}$. Ergò HF. $1\frac{1}{3}$ qualium FD 9. et in dimensione

21) et FI communis.

foraminis, qualium totus radius habuit 105½. enucleatus verò 89 (vt haec paulò minor iusto quantitas, quod probl. 2. monitum, iam iusta sit) talium tres digiti sunt $26^{3}/_{8}$. Et HF vel PM $11^{13}/_{18}$. FD verò 9 digiti, sunt partes $79^{1}/_{8}$. Ergò tota HD partes $90^{61}/_{72}$ ferè, et HP. LD. 16½ ablatis, erit PL $74^{25}/_{72}$. et PQ $14^{47}/_{72}$. Haec in se multiplicata faciunt 1089¼. quadratum NP. Sed PM fuit $11^{13}/_{18}$. prodit ergò diuisione quadrati NP in PM. residua PR 93 ferè, cui additum segmentum PM constituit totam Lunae diametrum 104⅔. qualium Solis 89. Fuisset igitur diameter Lunae scrupulorum 34¾. cùm tamen paulò fuerit inferior longitudine media. Quare vt videas fallaciam, fuerit diameter Lunae 32′. et digiti obscurati in radio 3. quaeritur quid transuersalis resecare debuerit, quod nos aestimabamus digitos 1⅔. Si ergò 29½ scrupula dant 89 particulas, 32 scrupula dabunt Lunae particulas 96½ paulò plus. Et quia 3 digiti in radio sunt $26^{3}/_{8}$. tanta igitur particula, de radio etiam 89 defecit. Quia ergò, vt PL ad PN. sic PN ad PQ. et simul, vt PR ad PN. sic PN ad PM. Erit vt PL ad PR. sic PM ad PQ. Et seorsim, vt ML ad QR. sic PM ad PQ. et iunctim vt ML. QR simul ad ML. sic PM. PQ simul, h. e. MQ. ad PM. Cùm ergò sit QL 89. et QM. hoc est SF $26^{3}/_{8}$. erit ML $62^{5}/_{8}$. Et cùm RM sit 96½ plus, QM verò $26^{3}/_{8}$. erit RQ $70^{1}/_{8}$. Summa 132¾. Vt ergò 132¾ ad $62^{5}/_{8}$. sic $26^{3}/_{8}$ ad PM $12^{4}/_{9}$ ferè. ML verò $62^{5}/_{8}$. et PH. LD duae semidiametri foraminis, scilicet 16½. Summa HD $91^{5}/_{8}$ ferè.

Cùm ergò 105½ faciant digitos 12. residuum $13^{7}/_{8}$. efficiet digitos $1^{3}/_{5}$ ferè, at quid hoc in oculari aestimatione differt ab 1⅔?

358 Cùm igitur et hîc me sensus penè destituerent, cogitaui et de | tertia ratione metiendae diametri Lunae in Eclipsibus Solis: quae iam sequitur.

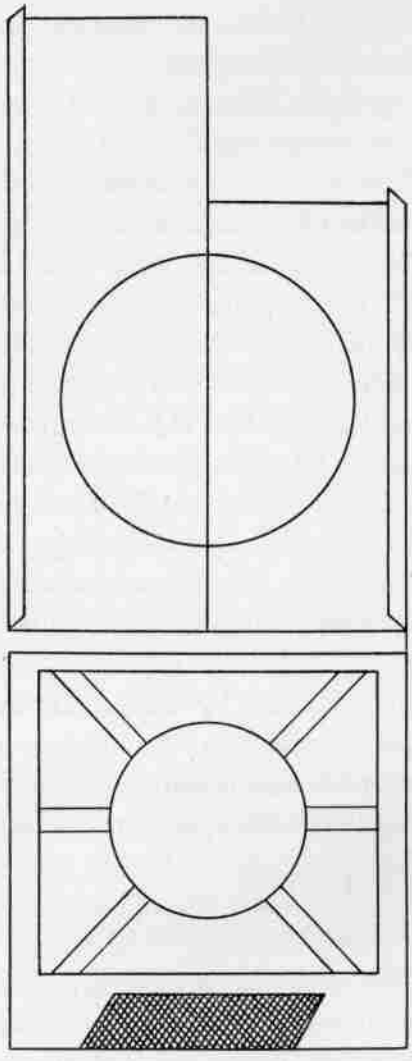
PROBLEMA XIII

In Eclipsi Solis per ante fabrefactas lunulas aestimare diametrum Lunae expeditè et tutò

Ratio omnium, quae excogitari possunt, planè certissima: quae vel sola in causa est, vt hanc editionem maturem: Cupio enim vt Mathematici, quibus Astronomia curae est, Eclipsin, quae futura est anno | 1605. die 2. 12. Octobris prope perigaeum, in hunc modum obseruent. Nam anno 1601. in ipso Apogaeo pulcherrima mihi serenitas affulsit: et fieri potest, vt impediantur aliqui, quamuis cupidissimi, nubibus vel valetudine. Omnes igitur paratos esse expedit. Etenim ex collatione diametri in apogaeo et perigaeo, de vera et geometrica eccentricitate Lunae in coniunctionibus certi quid concludi poterit, quod fundamenti loco sit ad disputandum de causis physicis.

20) $70^{1}/_{8}$. 20/21) PM $12^{4}/_{9}$. ML verò

Ad rem. Capiat itaque rotula nostra papyracea pro tigillis et indice solidiusculo, proque regula transuersali, binas ansulas retortas, itidem parallelas signatae diametro, sed extra circuli complexum, qui eius diei radium metitur. Intra has ansulas aptentur loco transuersalis foliola quadrata, in quorum medio circelli, quantam suspicamur futuram diametrum Lunae, diminutam circumcirca semidiametro fenestellae nostrae. Ferat autem Rotula suum nihilominus indicem ex centro, papyraceum loco prioris lignei. Nam huius vsum postea ostendam. Foliola verò cancellentur, resectis de circumferentia lunularum partibus papyri, praeterquam à lateribus, vbi brachiola relinquenda lunulis retinendis in quadrati folii centro. Ita fiet, vt signatam in Rotula diametrum nihilominus videre possis, non impeditus quadrato foliolo. Quibus sic apparatis, Eclipsi Solis incipiente, et Regula instrumenti cum tabellis in Solem directis, voluatur rotula circa axiculum, foliolum verò intra rotulae ansulas per | lineam rectam sursum 359
deorsum, donec summus lunulae margo in profundissimum vmbrae apicem sedeat. Igitur in Eclipsi maiuscula, |si lunula tua iusto maior fuerit, priùs teget à lateribus cornua radii, quàm à fronte interiorem radii deficientis circumferentiam tangere possit. Sin minor iusto, applicata igitur à fronte margini vmbrae Lunae, à lateribus non assequetur circumferentiam, quam in medio tangit. Itaque commuta lunulas, donec vna aliqua planè in interiorem radii circumferentiam apta sit. Illa prodet tibi visibilem Lunae diametrum.



Anno 1601. 14. 24. Decembris Pragae Bohemiae per vsitatum meum instrumentum, fenestellâ nihil commutatâ, Solis deliquium contemplatus sum in hunc iam descriptum modum. Quantitates circulorum planè hi fuere, quos vides. Sumpseram .n. pro lunula, particularum 37 semi-

diametrum, quae cum 8¼ foraminis efficiunt 45¼. sc. vt efficeret 15′ scrupula seu pro tota diametro 30′ scrupula. Nam et Sol in apogaeo habet 30′ in diametro: Luna verò à PTOLEMAEO et HIPPARCHO dicitur aequalis Soli: et TYCHO ipse Lunae in oppositionibus minimam diametrum 30′ assignat: quae verò de diminutione huius diametri in Solis Eclipsibus dixerat, multis de causis suspecta habebam. Tantâ itaque constitutâ lunulâ, | spectatoribus Braheanis, cùm iam ad medium Eclipsis excreuisset: apparuit omnibus manifestissimè, lunulam meam non tantum non esse maiorem vmbrâ, sed adhuc deficere à lateribus vmbrae, si à fronte illam tangeret. Itaque maior apparens Lunae diameter quàm 30′. multò etiam maior futura, si hoc loco Epicycli in ♋ et coeli medio apparuisset, ob visus maiorem propinquitatem: quam ob causam, dimidio minuto ferè maior apparere potest in vertice, quàm in horizonte. 360

Caeterum lunula vnica mihi erat, itaque non potui praecisè ad praescriptum modum procedere. Hoc autem feci, lunulam à contactu interioris circuli de radio nonnihil auulsi, vt aequabiliter circumferentiae distarent. Tunc itaque inter circumferentias lunulae et radii interesse putabantur particulae propemodum 2. Esset itaque semidiameter Lunae 47¼. in scrupulis 15⅔′. Ergo diameter apparens 31⅓′. Idque in apogaeo. At ne nimium visui tribuam in marginibus vmbrae noscendis, interfuerit sanè vnica particula, et sit diameter in apogaeo 30½′. quanta est Solis mediocris diameter, vt ita secundum SOSIGENIS doctrinam Luna in apogaeo Solem in perigaeo non totum tegere possit. Hoc itaque certissimum axioma sit: Diametrum Lunae remotissimae in Eclipsi anni 1601. non minorem apparuisse 30½ minutis. Iam supplete, quod reliquum est, ô Mystae rerum coelestium, et occasionem, quam offeret annus 1605. Lunâ in perigaeo, omnes arripite. †

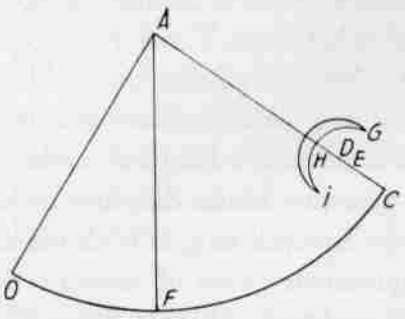
PROBLEMA XIV

Inclinationes Solarium Eclipsium excipere. Modus MOESTLINI, *et Cautio*

De oue pecude in prouerbio est, nulla parte non prodesse. Idem de phasibus Eclipsium vniuersis verum est: praecipuè de Inclinationibus, quas PTOLEMAEVS libro 6. capitibus vltimis προσνεύσεις, quasi annutus vocat: quae si certissimè obseruentur, maximarum rerum in motu Lunae nobis argumenta praebent, et compendio seruiunt, vt in parte altera de vsu dicetur. Sed et in hoc genere existunt admiratione et demonstratio | ne digna phaenomena, non satis ab Antecessoribus explicata: quaeque me diu torserunt. 361

MOESTLINVS igitur Praeceptor meus paruo quadrante vtitur in hunc modum. Radius in camera deficiens perpendiculariter in papyrum in-

cidat, ministro papyrum sustentante. Latus igitur parui quadrantis obiiciatur radio perpendiculariter, sic vt secet cornua radii per medium, de quo oculorum aestimationi est credendum. Ab illo latere sic directo quadrans dependeat, et in quadrante perpendiculum; et monstrabit perpendiculum in limbo gradus seu angulum, quo verticalis circulus (à filo repraesentatus) secat circulum per centra luminarium, à latere bisecante repraesentatum. Statim verò et quasi in eodem momento capienda est altitudo Solis, sine qua inclinatio ferè est inutilis. Sit GHI radius deficiens, hunc bisecet per suam vmbram latus AC quadrantis AOC. et sit AF perpendiculum: erit FAC vel FC propemodum angulus quaesitus. Nam AF in verticali esse extra controuersiam est. AC verò transit per centra D.E. Nam ponitur bisecare cornua GI. hoc est, rectam GI in duobus circulis descriptam, cùm vtriusque arcum bisecet. Necesse est igitur per centra illam transire. Caeterum in exemplo Eclipsis anni 1590. 21. Iulii, in cuius Eclipseos obseruatione MOESTLINVS hunc modum vsurpauit, Sol humilis erat, et inclinationis vel penè rectus, vel penè nullus angulus. Itaque tum quidem valuit modus iste, et subtilitati sensuum suffecit: at si Sol altior, inclinationes intermediae fuissent, dubium non est, quin à MOESTLINO fuissem de cautione admonitus. Nam etsi AF repraesentat verticalem; AC circulum per centra: non tamen FAC metitur angulum illorum circulorum, sed minor est. Quod facilè patet, si A punctum sit in ipsa intersectione circulorum horum [1] in sphaera, et ex eodem puncto exeant duae, altera verticalem, 362
altera circulum per centra in eodem puncto tangentes. Illae enim comprehendent angulum cum circulis eundem, hae verò manifestè minorem. Demonstrationem et schema et calculum cautionis necessariae inuenies infra probl. 29.



PROBLEMA XV

Inclinationes per instrumentum Eclipticum excipere

Modus est facilis, nec, vt prior, titubatione liberarum manuum impeditus, et demonstratiuus. Directâ enim regulâ in centrum Solis: rotula cum indice conuertitur, quoad transuersalis regula vel tangit cornua, vel tangenti parallelos est, et monstrabit index in exteriori circulo gradus inclinationis cum verticali, statimque datur et altitudo Solis per sectionem regulae cum transtro, signo distincto facto eodem, in regula

1) sustentanti

et transtro, vt post obseruationem metiri possis, si antea non est diuisum, transtrum et regula, secundum gradus altitudinis Solis. Quodsi loco transuersalis vti placet lunulis, vt est in problem. 13. rotula rursum conuertitur, donec radius deficiens cornibus suis lunulam vtrinque ex aequo amplectitur, quod et diuisa diametros et brachiola lunulam retinentia, quae possunt esse loco transuersalis, facilè indicant.

Demonstratio in hoc est, quòd fissurae duae et transtri et columellae, regulam in plano circuli verticalis collocant, quam eôdem sequitur et linea longitudinis in tabella, à qua linea incipit diuisio circuli in tabella exterioris.

Quòd si non semper totum instrumentum sit ad manus, vt si nil adsit nisi regula cum tabellis, regulam sic in planum verticalis diriges, si regulae in radice coasses transuersale duûm pedum longitudine, vel eo amplius, et ad angulos rectos regulae, postea regulam cum transuersali procumbere patiaris in pauimentum aequabile et horizonti parallelon. Nam transuersale regulam in dorsum eriget, vt in verticale planum competat, planè vt antea per fissuras transtri et columellae idem fuit obtentum. [1]

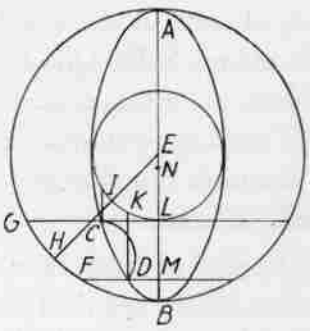
363

PROBLEMA XVI

Inclinationes in pauimento etiam designare

Dictum est capite secundo, radium huiusmodi in obscura camera, conum esse rectum, si foramen circulare et perpendiculare sit, cuius vertex supra foramen, basis in illustrata superficie. Quodsi superficies haec rectè obiicitur fenestrae, basis coni vel portio illustrata, circulus erit, per 8. secundi capitis. At si superficies obliquè obiiciatur radio, basis huius coni, vel portio obliquae superficiei illustrata, sectio erit conica, et Ellipsis quidem, si totum radium superficies intercipiat, per 13. primi libri Apollonii. Cùm ergò in nostro climate planum horizontis seu pauimenta semper obliquum excipiant radium Solis, semper igitur elliptica erit figura radii, idque ferè in omnibus etiam figuris fenestrarum, dummodò plena fiat intersectio. Nam per 6. secundi capitis, tunc fenestra minimum communicat cono de sua figura, Sol plurimum. Sol igitur cùm sit circulari specie, conum proximè rectum nihilominus efficiet: etsi fenestrae alia fortè, quàm circularis sit figura.

Igitur si destituaris instrumento, quod mihi anno 1598. 25. Feb. vel 7. Martii accidit, designa Ellipses super papyro in pauimentum proiecto, prout illas Sol effigiat, et quia celeriter locum deserunt, trina vel quaterna puncta facito, in A summo et in B imo apice Ellipseos, vt et in acumine binorum cornuum. Etenim longitudo Ellipseos AB porrigit



sese in circulum verticalem. Quare mediante cognitione Ellipseos, positione data erit inclinatio deliquii CD ad verticalem AB. Vtilis est potissimùm in principio et fine Eclipseos, vbi C. D punctum vnum fiunt. Item ad dignoscendum, an vmbra praecisè in A vel in B. vel locis quadratis consistat. Extra hos casus paulò periculosior. |

PROBLEMA XVII

Ex Ellipseos designatione inclinationem discere deliquii

Primum mechanicè sic. Duc in schemate praecedenti AB diametrum longiorem, eaque bisecta in E. centro E. distantiâ EA vel EB scribatur circulus, ex C verò et D cornubus demittantur perpendiculares in AB. continuatae ad illam partem circumferentiae, sintque CG. DF. Et circumferentia GF bisecetur in H. ducaturque EH. Ergò HEB est inclinationis angulus, discendus ex HB arcu, si AHB in 180 diuidatur. Cùm enim conus iste acutissimus sit, vtpote cuius angulus non maior dimidio gradu, medium Ellipseos planè insensibile quippiam abscedit ab axe coni, propterea à quocunque puncto circumferentiae Ellipseos perpendicularis in diametrum longiorem demittatur, rescindit sinum versum illius arcus à verticali puncto incepti in circulo, cuius est BA diametros.

Quod si etiam bina puncta pro diametro breuiori signasti, aut si calculo ex altitudine Solis elicuisti proportionem breuioris diametri ad longiorem: Probationis causâ ex E scribes circulum amplitudine diametri breuioris, et ex C. D. parallelos ipsi AB duces, vt secent circellum in I. K. cuius arcus dimidium si in lineam EH incidit, certa est designatio. Rursum enim Ellipsis breuior diametros, insensibili longior est, linea ad axem perpendiculari in puncto axis, quod est in plano seu basi: quare à quocunque puncto circumferentiae ellipticae ducta perpendicularis in breuiorem diametrum, rescindit sinum rectum, se inter et centrum, eius arcus qui in circulo, amplitudinem breuioris diametri habente, inter punctum verticale (seu quod est in AB lineâ) et datum punctum interiicitur.

Verùm ne conicorum Elementorum periti in me quid desiderent: addam et ἀκρίβειαν ex APOLLONIO. Sit N punctum, in quod axis coni incidit. Habebuntur ergò NA et NB in hunc modum. Distantiam Solis à vertice 15 minutis, vel quanta est semidiameter Solis, auge et minue, et omnium | trium arcuum excerpe tangentes. Differentiae tangentium

ostendent portiones quaesitas in proportione, qualium sinus totus est 100000. Semidiameter verò breuior, ex N puncto exiens (in APOLLONIO est ordinatim applicata) sic habetur. Vt sinus totus ad secantem distantiae Solis à vertice, ita tangens minutorum quindecim, ad quantitatem semidiametri breuioris, in mensura, quâ AN. NB ex tangentibus datur. Haec igitur ordinatim applicata est iustior amplitudo circelli minoris. Et quia periculum est, vt A et B puncta non praecisè in medio circularium apicum signes, maximè vt propter moram interuenientem radii apices ex A. B prius discedant, quàm C. D puncta expresseris: quo pacto quantitates CL et DM vitiarentur: Ideo per 21. primi libri conicorum notabis; vt est longior diameter AB (APOLLONIVS axem figurae vocat) ad breuiorem (in genere, vt figurae latus transuersum ad rectum) sic esse rectangulum ALB ad quadratum LC. et rectangulum AMB ad quadratum MD. Atque hoc pacto restituuntur CL. et DM. si vitium habent ex consignatione; modo AB iusta sit, et C. D. punctorum locus inter A. B. causâ longitudinis iustus, vbi minus est in consignatione periculi. Exemplum infra in probl. 23.

PROBLEMA XVIII

Inclinationes Lunares excipere instrumento

Circellum, qualis est in tabella exterior, solidarum partium, et recisum vndique, diuisum à summo, in partes 360. quacunque ratione statue in perpendiculo radiorum Lunarium, sic vt initium diuisionis sit praecisè supremo loco, quo momento inclinationem deliquii Lunaris cupis annotare. Voluatur in circulo regula, longior diametro circuli, in regula sit transuersale regulae perpendiculare. Collocato itaque circello vt iussus es, transfer oculum ad regulam, eamque volue et oculum moue, donec transuersale cornibus Lunae subtendatur ex aequo. Regula ostendet in circulo gradus inclinationis quaesitos. Solent instrumentorum
366 metallico|rum artifices quadrantem, in planum verticalis competentem, infigere tripodi, et in circulum immittere quadrantem, aperto alueolo; circulum verò ex duobus oppositis punctis in linea horizonti parallelo eidem tripodi affigere. Id instrumentum apprimè est vtile.

Hac ratione in Eclipsi Lunae vtendum, vbi nostrum instrumentum Eclipticum non satis clarum praestat radium Lunae deficientis in obscuro, atque radius ipse praesentiam accensi cerei non fert, ad dinumerandos in tabella gradus inclinationum: aut si crebra cereorum cum tenebris permutatio, visui in dignoscendo radio impedimento est. In hunc modum obseruaui Eclipsin Lunae, quae fuit anno 1603. 14. 24. Maii, cuius obseruationis seriem subiiciam problemati 21.

PROBLEMA XIX

Populariter quasdam vtriusque deliquii inclinationes annotare

Respice diligenter ad ea momenta, cùm vmbra praecisè vel in vertice est, vel in ima luminaris parte, vel ab alterutro latere, hoc est, cùm cornua vel praecisè sursum supina, vel deorsum prona vergunt, vel ad perpendiculum erecta stant. Nam non facilè hîc fallit aestimatio. Haec momenta diligenter annota modis iis, qui sequuntur. Huius praecepti multa exempla suppeditantur ex obseruationibus TYCHONIS; etiamque ex iis, quae à me obseruata iam statim subiungam.

Alio modo sine instrumento deliquii Lunaris inclinationes annotare

Penè vt prius tempora nota, quando cornua Lunae cum aliqua fixarum aut Planetarum coincidunt in eandem rectam, aut eidem perpendiculariter obuertuntur. Sed tunc in extricatione memineris parallaxeos Lunae, praesertim si ad stellam vicinam comparata fuit. Aliter enim cornua fuit applicatura, si ex centro terrae spectata fuisset. Hoc vnum si teneas, de reliquo modus hic habet compendium. Nam hactenus quidem inclinationes circuli per centra ad verticalem fuêre annotatae, non sanè [1] propter ipsum verticalem, sed vt per verticalem scirentur inclinationes huius circuli per centra ad ipsam Eclipticam. Hîc verò inclinationes statim ad ipsam fixarum sphaeram referuntur. Fundamentum horum problematum, quod cornua cum fixa in rectam incidentia attinet, est hoc, quòd connectens cornuum extrema, hoc est, sectiones binorum circulorum, est perpendicularis transeunti per centra. Exempla sunt probl. 21. et in antecedentibus alicubi. 367

PROBLEMA XX

Tempora phasium communiter annotare

Iam olim REGIOMONTANVS ex ALBATEGNIO praecepit annotare *Solis altitudinem*. De nocte rectissimè *clarae alicuius fixae altitudo* sumitur. Si nubilum coelum sit latentibus fixis, *Lunae ipsius altitudo* annotatur. Confert et notatio *Azimuthorum* horum omnium. Quomodo verò hinc tempus habeatur; in doctrina primi mobilis abundè docetur. Audio clarissimo viro MELCHIORI IOESTELIO sub manibus esse egregium opus, quadringentorum problematum primi mobilis per prosthaphaereses nudas arcuum et chordarum: quod calculi genus TYCHONI inde à multis annis familiare, nec mediocriter à CLAVIO percultum, iam tandem à

31) primi motus

IOESTELIO perficitur. Eo igitur Lectorem ablego. Nam haec problemata obseruatoria sunt: quae verò in parte altera sequentur; secundis mobilibus, nempe motibus Lunae seruient, non primo mobili. TYCHO BRAHE *horologiis* vti docet expeditiùs. Primum horologii periculum fit, per aliquot dies praecedentes. Dein à quacunque nota initio cursus facto, notantur in eo indicia non phasium tantùm, sed etiam applicationis Solis vel Lunae vel fixarum ad meridianum, aut alium eundem et certum circulum. Ita phases cum articulis diei per certa temporis interualla ab horologio indicata connectuntur. Exempla sunt probl. 21. et seqq.

Declarabo autem modos aliquot per exemplа. Anno 1595. 13. 23. April. Gratii Styriae, cum initium Eclipseos animaduerteretur, fuit altitudo Arturi 44°. ὁλοσχερῶς, astrolabio papyraceo dodrantis
368 latitudine, et pendulo, Lunae verò altitudo 15½°. Cùm iam | nulla lux amplius per crassum aërem transpareret, Lunâ scilicet vmbram penitus ingressâ, altitudo Arturi 34°. Lunae 6°. circiter. Ergò visum mihi esset initium horâ 14°. 59′. ex altitudine Arturi. Ex obseruationibus TYCHONIS Huennae initium colligebatur H. 14. 51 M. Itaque meus
† locus 2 gradibus esset orientalior. At differentiam paulò maiorem esse, aliunde certum est. Itaque non planè certissima haec mea obseruatio fuit.

Differentia Meridianorum Gratii et Vraniburgi.

Anno 1598. 11. 21. Febr. quo tempore tintinnabulum vrbis sonabat horam tertiam, distabat Spica à vertice 56⅔°. quadrante ligneo spithamali. Horâ ergò vrbis 4½ nondum internoscere potui defectum, sed potuit fieri propter nubes (sic habet mea annotatio) vt tunc inceperit. Nam minus duobus quadrantibus post, Luna nondum ex dimidio obscurata, planè erecta stetit, paulò post quintam, dimidia diametros defecit, Lunâ iam inclinatâ. Paulò ante sextam, tenuissimo cum lumine se sub nubes subduxit, adeò vt videretur adhuc decrescere, et lumen omne perditura. Fuit Sol in 2°. 26′ ♓. Ergò haec Spicae altitudo adderet horae vrbis minuta 24. Caderet initium paulò ante 5. vltima phasis circiter 20 minutis post sextam. Et fuit id circa medium. Nam Wandesburgi obseruata est non penitus deficere, de quo iudicabis ex cap. 5. et 7. Referunt autem Tychonici medium huius Eclipsis (principii obseruationem adiuuante calculo, nam finis sub terra fuit) ad horam 6. 5′ Huennae. Differentia igitur Meridianorum circiter 15. vel 4 gradus, probabiliter.

Iterum differentia Meridianorum Gratii et Vraniburgi.

Anno 1602. 25. Maii vel 4. Iunii Pragae Bohemorum obseruaui finem Eclipsis Lunaris in hunc modum. Horologium TYCHONIS ad manus erat, minuta et secunda indicans. Illud, vtcunque initio cursus capto, accommodabam ad Solis occidentis altitudinem 4⅔ graduum.

Tychonicum horologium.	Vrbicum horologium	Altitudo Solis post montem euntis.	Vera ergò hora.	
6. 43.		4°. 40′.	7. 24.	
6. 52.		Adhuc Iris visa.	7. 33.	
7. 0.		Vestigium iridis	7. 41.	369
		Nubes colorem Solis occidentis exhibebant.		10
7. 1.	24. 0.		7. 42.	
7. 17.	0. 15.		7. 58.	Occasus Solis per calculum, vt etiam ex proportionali argumentatione altitud. annotatae prius. Luna orta est in crassis nubibus.
8. 2.			8. 43.	Primò visum luminis Lunae vestigium. 20
8. 13.			8. 54.	De rotunda circumferentia Lunae ⅛ aberat, vmbra spectabat infra Iouem.
8. 19.			9. 0.	Nondum omnis desierat.
8. 21.			9. 2.	Visa circumferentia, sed pallida.

Desierit sanè omnis vno minuto post, sc. H. 9. 3. Calculus TYCHONIS exhibuit finem H. 9. 19. idque per horarium, aequationem temporis, semidiametros Lunae et vmbrae, et Meridianorum Pragensis et Huennensis differentiam à TYCHONE constituta: quae mutari possunt, saluâ 30 hypothesi, ipsos articulos oppositionum repraesentante.

PROBLEMA XXI*

Locum Lunae visibilem secundùm longum et latum ad fixas comparare, in praecipuis phasibus

Admonitio potius est de iis, quae in Eclipsibus Lunae vtiliter obser- 370
uantur, ne fortè negligantur; et cognationem nonnullam habet cum 19. praemisso. Nam variè fieri potest. Optimum si Eclipsis in principio Cancri vel Capricorni fuerit, cuius medium in ipsum Lunae appulsum

ad meridiem coincidat: Vel in quocunque signo, dum Luna circa medium in nonagesimo gradu consistat, et non longè ab aliqua fixa secundum longitudinem remoueatur. At si extra hos articulos fuerit, dummodo ad medium Eclipsis attendatur, per parallaxium lunarium tractationem commoditates caeterae suppleri poterunt.

Planum horizonti perpendiculare in meridiem, vel nonagesimum, vel omninò in Lunae plagam sub medium Eclipsis dirige. Inde nota diligenter ad horologium minutorum et secundorum indicem, quibus articulis Lunae margo occidentalis, orientalisque, et vicina fixa in meridiem appellat. Nam ex interuallo temporum differentia mediationum coeli habetur. Quòd si Luna in ipso Eclipsis medio constiterit in Nonagesimo, negocium longiori circuitione non indiget, habeturque et Lunae et vmbrae centrorum Ascensio recta, à vicina fixa numerata; quare et remotio fixae à centro Solis. Neque tamen spernenda sunt alia adminicula his commoditatibus carentia.

TYCHO per totam durationem, ante et post medium frequenter accepit per sextantes et armillas distantias marginis illaesi à vicinis fixis.

Proderit et linearum tractus annotare, vt MOESTLINVS in caeterorum siderum obseruationibus est solitus.

Horum aliquo modo credibile est HIPPARCHVM vsum; qui, referente † PTOLEMAEO lib. 3. cap. 1. cum anno 32. tertiae Calippicae deprehendisset, Aequinoctium vernale, die 27. mensis Mechir, tempore matutino contigisse: post ex cuiusdam Lunaris Eclipsis coincidentis obseruatione (in qua ex tempore locus Solis ab aequinoctio, ideoque in Zodiaco, dabatur, ex loco Solis, oppositus locus vmbrae, ex loco vmbrae, principio et fine Eclipseos, locus Lunae) retulit Spicam Virginis in 23°. 30′ ♍.

Idem anno 43. tertiae Calippicae, vernale aequinoctium primo de- 371 prehendit contigisse in 29. mensis Mechir post mediam no¹ctem, sequente 30. Rursumque coincidens Eclipsis Lunae, ad Spicam comparato Lunae loco, videbatur ipsi referre Spicam in 24°. 45′ ♍.

REGIOMONTANVS et PVRBACHIVS Viennae Eclipsin Lunae consignarunt † his verbis. Anno 1460. 27. Decembris in principio Eclipsis, stella, quam vocant Alramech, habuit altitudinem antemeridianam graduum 7°. In principio morae 17°. in fine morae 28°. In principio Eclipsis fuit Luna per visum in circulo magno, transeunte per caput Geminorum antecedentis, et lucidiorem Canis minoris: in fine autem super vno circulo transeunte per caput II sequentis et Canem minorem.

Inde eliciunt principium horâ 11°. 42′. Morae principium horâ 12°. 47′. finem morae H. 13°. 55′. Huic consignationi TYCHO BRAHE notam hanc apposuit, si haec exacta essent, posse hinc verificari stellarum loca.

21) cap. 2

Anno 1601. 29. Nou. vel 9. Decembris, obseruauimus hic Pragae Eclipsin Lunae in hunc modum. Vtebamur horologio Tychonico, initium cursus fortuitum erat. Adhibuimus et quadrantes magnos notandis appulsibus siderum in meridiem. Locus Solis fuit 17°. 48′ ♐.

Nostrum horolog.	Vrbis.	Mediationes coeli siderum.	Ergò vera hora.
5. 25½.	5. 0.		
5. 33¼.			5. 21.
		Marcab Pegasi à studioso MATTHIA SEIFFARDO obseruatum fuit in quodam azimutho, quod putauit esse Meridianum. Sed animaduerso errore statim constitutum, vt temporaria distantia à meridie quaereretur postridie. Deprehensaque fuit 17 minutorum.	
5. 35.			5. 23. Merum initium ex sequenti huc referendum.
5. 37.		Iam manifestus defectus. Vmbra ab infra ad sinistram quasi 15 gradibus sine instrumento.	
5. 50½.			5. 38. Eandem Marcab et Scheat Pegasi ego in meridiano vero	obseruaui. Confusio ridicula orta, ex vna stella duas facientibus.
6. 20.			6. 8. Linea per cornua parallelos horizonti. Deficiebat plus dimidio.
6. 29.	6. 0.		
6. 56.		Extrema Pegasi alae in meridiano.	6. 46. Circulus per centra vergebat ad cornu ♉ et Capellam.
7. 7.			6. 53½. Incedebat circulus hic medio loco inter humeros Erichthonii versus polarem. Ergò medium circiter. Tunc linea per cornua Tauri secabat residuum Lunae, vt relinqueret eius ⅔ supra in meridie, ⅓ infra in Septentrione ad sinistram.
7. 14.	7. 0.		
8. 8.			7. 54½. Erecta stetit Lunula.
8. 48.			8. 34½. Finis. Lunae vmbra quasi 70 gradib. à vertice ad dextram.
8. 51½.		Lucida ♈ in meridie.	8. 38.

† Duratio fuit H. 3°. 12′. In Lunaribus quidem TYCHONIS extat computata duratio 3°. 36′. Sed vitium calculi subrepsit. Nec enim incidentiae
† scrupula ex lege praescripta et tabulis computata, plus efficiunt 1°. 34′. 39″. Ergò tota duratio 3°. 9′. 18″. Minimum ab obseruatione differens. Medium in H. 6°. 59′ cadit. TYCHO prodit H. 7°. 1′. rursum impraestabili propinquitate. Defectus tamen paulò minor videbatur eo, qui in Lunaribus pingitur.

Anno 1603. 14. 24. Maii Luna hebetato lumine visa est à parte meridiana: non procul à claris fixis et Saturno, cuius obseruationem subiungam: si priùs hoc monuero, in Saturni et Iouis altitudinibus nos occupatos, tempora eorum appulsus ad meridiem non ea praecisione notasse, quae pro fixis seruiat. Horologio cum indice secundorum, rursum Tychonico, sum vsus. [1]

† 373 Horologium Tychonicum.	Vrbicum German.	Bohemicum.	Vera ergò hora.	
9. 12½.	10. 0		9. 53½.	Arturus in meridiano.
9. 59.				Luna nondum deficiens, stabat in eodem praecisè verticali cum corde Scorpii, à quo propter motum primum et parallaxin in seqq. et toto durationis tempore iterum recessit in occidentem.
10. 4.		3. 0.		
10. 10.			10. 49.	Iupiter in Meridiano alt. 24°. 32′. Et iam vibratio Lunae in meis oculis, perspicillis semotis, frangebatur.
10. 14.	11. 0			
10. 18.			10. 59.	Mihi videbatur initium. Lunare instrumentum prodidit inclinationem vmbrae infra ad ortum gr. 224½. Stabat a. 270 in Nadir.
10. 23.			11. 4.	Aliis quoque aliquid deesse videbatur, inclinatio 228. Luna deserebat verticalem cordis ♏ quasi retrocessisset, non tamen toto corpore.
10. 29½.			11. 10.	Inclinatio 230½. linea ex Saturno transibat per centra.

Horologium Tychonicum.	Vrbicum German.	Bohemicum.	Vera ergò hora.	
10. 42.			11. 24.	Caput Serpentis in Meridiano. Inclinatio 236½. Deerant 5 digiti. Iam, quae per centra, supra Saturnum transibat.
10. 48.		3. 45.		
10. 51.			11. 32.	Inclinatio 242.
10. 57.				Dimidium.
11. 2½.		4. 0.		Saturnus in merid. alt. 21°. 47½′.
11. 9.			11. 49.	Aberat dimidium circumferent. [1]
11. 13.	12. 0.		11. 55.	Inclinatio 244½.
11. 19.			12. 1.	Lunae centrum in meridiano, eius residuae lucidae partis medium altum 19°. 7′.
11. 24.			12. 6.	Inclinatio 255.
11. 31.			12. 13.	Cornua spectabant cor Scorpii.
11. 43.			12. 25.	Luna supina stabat, demissis aequaliter cornubus.
12. 2.			12. 44.	Cornua cum ♄ erant in recta, iam occidentaliùs ferè eleuabatur.
12. 3.		5. 0.		arguebat medium.
12. 23.			1. 5.	Inclinatio 288½.
12. 47.			1. 29.	Inclinatio 300. aberat quasi ⅓ diametri.
1. 3.		6. 0.	1. 45.	Inclinatio 302½.
1. 10.			1. 52.	Adhuc deerat aliquid.
1. 14.			1. 56.	Inclinatio 302. vel 300. Quidam putabant iam desiisse. Mihi nondum rotunda putabatur.
1. 26.			2. 8.	Vibratio mihi, vt h. 10°. 10′. initii.

374

Interim et Saturnus fuit obseruatus à fixis, vt de eius loco constaret olim, propter inclinationes per ipsum descriptas. Inter Saturnum et boream Lancem erant 17°. 22′. Inter hunc et Genu Ophiuchi 13°. 20′. Hinc et ex altitudine meridiana locus eius prodit 0. 2½′ ♐. cum latitudine 2°. 10½′ Boreali.

39) 0. 46½′♐

Duratio à TYCHONIS calculo proditur 3°. 2′. visa est aliis H. 2°. 52′. Mihi luscioso 2°. 59′. At cum vibratione, quae meros articulos antecedebat et sequebatur 3°. 19′.

Consensus trium horologiorum arguit constantiam eorum in dinumerandis temporibus durationis.

Medium H. 12°. 30′. TYCHONIS calculus exhibet illam in Meridiano Huennensi H. 12°. 27′. Pragae 12°. 32′.

375 Cùm ergò hora 12. o superfuerit semihora ad medium, centro | Lunae 15 minutis anteuertente centrum vmbrae, quae faciunt in transitu 1 minutum, pulchrè euenit, vt horâ 12. 1. centrum Lunae in meridiano notaretur.

In TYCHONIS BRAHE obseruationibus omnium commodissima huic negotio, et Meridiani opportunitate, et obseruandi diligentia, est Eclipsis Lunae anni 1588. 3. Martii. Nam toto durationis tempore, praesertim in Nonagesimo, distantia limborum à corde Leonis, et Spica Virginis creberrimè capta fuit. Illa verò commodiùs refertur in partem † alteram, quae demonstrationes continet restitutionum lunarium ex Eclipsibus.

PROBLEMA XXII

Instrumento Ecliptico tempora notare expeditè

Nihil noui, nisi quod vsum instrumenti explico, et quomodo omnia ab vno obseruatore perficiantur, quaecunque hactenus obseruanda occurrebant, demonstratur.

Obseruator igitur mensae adstat, transtrum brachio ad motum Solis transferens, regulam verò vel attollens vel deprimens, atque vbi placuerit aliquod momentum omnibus circumstantiis notare, et index rotulae rectè ad radium habuerit, signum facit, et in quadrato Azimuthali, et in transtro, et in regula, qua se mutuò secant, hisque tribus signis eandem notam apponit, postea immoto instrumento numerum seu notam signorum exscribit, et quid index monstrauerit, quid transuersale, quid vmbra in diuisa diametro, addit. Eo facto, rursum se ad aliud momentum aucupandum confert. Ita omnia eodem loco iisdem manibus et sine titubatione efficiuntur: quod in lucro ponendum, vbi adiutores periti defuerint. Nam insueti plùs turbant, quàm adiuuant.

In Azimuthali igitur quadrato, Azimuthorum tangentes, in regula secantes distantiae luminaris à vertice, in transtro tangentes eiusdem arcus, inuenientur, legitimâ dimensione particularum adhibitâ: et haec tria probandi causâ ad idem temporis momentum eliciendum adhibentur. Exemplum sequetur in fine capitis.

29) notum

PROTHEOREMA AD SEQVENS PROBLEMA

Quòd via Ellipsis eius, quâ Sol pauimentum pingit, per rimam admissus, sit sectio conica[1]

Nam via Solis in coelo est circulus, in aequinoctiis maximus, et pro- 376
pemodum circulus (alter enim ab altero nexus nonnihil interrumpit omnimodam circularitatem) in solstitiis tropicorum magnitudine minimus, locis intermediis intermedius. Iam verò et fenestella nostra et vniuersus terrae globus ad sensum est in axe ad omnes illos circulos dierum naturalium recto. Ergò lineae connectentes fenestellam cum omnibus punctis circuli, quem quoque die Sol perambulat, hoc est, radii Solis vno integro die per idem foramen ingressi, iuncti vniuersi ex omnibus Solis situbus, efformant conum rectum per 1. 4. et 8. definitionem primi conicorum. Sed per eandem primam definitionem, iidem radii Solis formant etiam intra Cameram seu fenestram, conum alterum, exteriori similem, cùm κατὰ κορυφὴν anguli sint aequi. Pauimentum verò ponitur plano horizontis parallelon. Et radii Solis in quocunque situ per foramen ingressi continuantur in pauimentum. Fingantur per totum diurnum circulum multa et continuata Solis corpora, ergò radii ab omnibus simul ingredientur, hoc est, superficies conica ingredietur per foramen. Et illa secatur à plano pauimenti. Ergò communis sectio, hoc est, via, quam Ellipsis Solaris toto die describit, est sectio conica. Cùm ergò Sol non occidit, sed horizontem fenestellae stringit, planum horizontis est imae coni illius lineae parallelon, quare sectio hic est Parabole per 11. primi Conicorum. At vbi Sol planè non occidit, et omnes radii circumcirca per horas 24 in pauimentum incidunt, sectio est Ellipsis, per 13. eiusdem. Nisi sub polo ipso, vbi haec sectio est circulus, per 4. eiusdem.

Vbi verò Sol occidit, planum horizontis non omnes totius circuli radios excipit (non enim illos, qui sunt infra horizontem) et est parallelon alicui plano, quod per verticem coni ductum basin eius secat, circulum nempe diei naturalis. Ergò per 13. primi Conicorum, sectio haec est Hyperbole, et ad vitandam confusionem, ingemino tibi, quod continuatio Ellipsium in pauimento per totum diem, creet figuram Hyperboles.[1]

Idem verum est de extremitatibus seu nodis gnomonum: qui sunt 377
loco fenestrae. Et vt in nostra camera duo coni luminares verticibus coibant, ita in Sciotericis conus luminaris cono vmbratili ad commune gnomonis signum iungitur. Quod nescio an sit animaduersum à scriptoribus Sciotericorum.

24) Elementorum

Cumque in nostro climate omnes huiusmodi lineae sint Hyperbolae, (excepto cum Sol aequinoctium conficit, tunc enim iter Ellipsium est linea recta, omnium Hyperbolarum obtusissima) notanda est etiam habitudo Ellipsium radiosarum ad Hyperbolam suam. Notum est ex antecedentibus, si ex centro fenestrae demittatur perpendicularis, quòd axes (seu vulgariter longiores diametri) omnium Ellipseon porrigant sese ad id punctum pauimenti, in quod perpendicularis ex fenestella incidit. Perpendicularis enim et radius et axis Ellipseos in eodem sunt plano verticalis circuli. Ad idem verò punctum tendit etiam axis Hyperboles, quam creant Ellipses eius diei. Ergò data Hyperbolae specie, et axe, datur in eo punctum, à quo omnes Ellipsium axes extenduntur, secantes Hyperbolam.

PROBLEMA XXIII

Tempus phasium ex continuatione Ellipsium elicere

Charta immota in pauimentum strata excipe, siue annota hyperbolicum iter alterutrius vel vtriusque verticis Ellipseos, simul et ductum axis aliquot Ellipseon. Nam horâ meridianâ axis Ellipseos in iter hyperbolicum rectus incidit, manè et vesperi obliquissimè. Ducta itaque contingente Hyperbolen, metire angulum axis elliptici cum ea factum. Deinde seu circino seu calculo constitue Conum eius diei, sectionemque eius hyperbolicam, et punctum vertici coni perpendiculariter subiectum, quod erit in axe Hyperboles: Punctum item Hyperboles, apud quod angulus obseruatus constituitur: denique punctum in basi coni, in quod à vertice ducta recta in punctum Hyperboles inuentum incidit. Arcus enim inter hoc punctum et altissimum, seu id per quod verticalis per
378 centrum basis | ducta transit, metitur temporis interuallum inter meridiem et phasin.

Durationem etiam temporis et minuta vel sine horologio metieris in hunc modum: si marginem dextrum lateralem Ellipseos iam signatae stylo comprehendas, tantisperque teneas, dum luminosa Ellipsis stylum transeat, et sinistro margine stylum tangat; eo momento memineris axem Ellipseos notare, et stylo transitionem ad dextrum latus facere, et sic semper. Ex numero continuatarum Ellipsium habebis tempus. Nam corpus Solis in apogaeo praecisè gradus dimidium occupat, qui metitur minuta ferè duo. Figura verò Ellipseos in plano paulò est amplior (propter foraminis amplitudinem) eâ figurâ, quae per foramen puncti magnitudine crearetur.

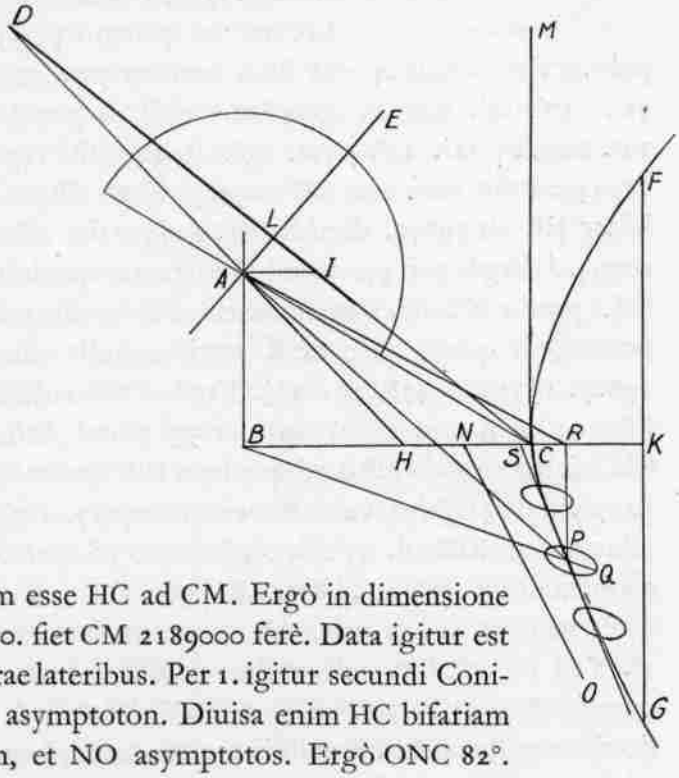
Exempli causâ anno 1598. 25. Febr. vel 7. Martii, cùm idoneis instrumentis destituerer, et coelum nubilum me de obseruando penè desperare iussisset, sub tecto tamen fui, et rimam incertae formae et quan-

titatis aperueram, occasionibus qualibuscunque intentus. Cùm iam notabile quid deficeret, vmbra stabat praecisè ad dextram: erat vnus aut alter digitus: Radius in papyro grossi argentei magnitudine; vt accuratè discernere nequiuerim; Sol enim in nictu oculi rursum condebatur. In vrbico horologio sonuit quadrantem vnum supra decimam. Post horam, aliud furtum aspectus. Cornu pronum, in radio paulum ad occasum vergens, et valdè attenuatum, in coelo igitur supinum, et Eclipsis septentrionalis. Finis clarus. Horâ vrbis 12. paulò minus, 6 digiti erant in vmbra radii. Vmbra ad sinistram infra, si radium inspiceres, ad septentriones conuerso vultu. Quadrante post duodecimam in vrbe, digiti quasi 4. Inclinatio quasi 23°. Cùm digiti essent $3\frac{3}{4}$ circiter: Inclinatio videbatur 20°. Cùm digiti $3\frac{2}{5}$, iam altero etiam horologio quadrantem vnum sonante: Inclinatio quasi 21°. Paulò post digiti $3\frac{1}{4}$: Inclinatio 22° circiter. Horâ vrbis dimidia primâ digiti $1\frac{2}{3}$: Inclinatio 25° circiter. Paulò post digiti $1\frac{2}{5}$ quasi: Inclinatio vt videbatur, verissima 21°. Causa discrepantiae haec fuit, quod MOESTLINI [1] praeceptorum non benè memor, neglexi circulos in papyro descriptos, diuisis in vncias diametris, ad obseruationem afferre: ergò dum vtramque circumferentiam per puncta signo, Sol interim abibat, nec discernebam, an perpendiculo radius in papyrum incideret. Itaque et Lunae diameter vt plurimùm quidem minor, nonnunquam tamen maior vel aequalis solari videbatur. Quin etiam hoc deerat, quòd verticalis indicium non aliud erat, quàm papyri longitudo. Iamque agnoscebam impedimenta ista: ergò ad subitanea consilia conuersus, finem Eclipseos per Ellipses notare coepi, non dubius, quin calculo, quod iam doceo, et inclinatio et tempus hinc haberi possent. Ab hoc igitur momento nouem Ellipses vsque ad finem Eclipseos excepi, sex harum minimè sanè se mutuò tangentes. Itaque minuta plus quàm duodecim superfuêre ad finem. Sanè cum desiisset, paulò post sonuit tertium quadrantem post duodecimam. Erat mihi quadrans ligneus non maior spithama. Hoc igitur cepi distantiam Solis à vertice, postquam tertium quadrantem sonuisset, graduum 54 minus. 379

Fuit illo meridie locus Solis ex TYCHONE 16°. 49′ ♈. declinatio 5°. 14′ meridiana. [1] Altitudo aequatoris Gratii Styriae ex consentientibus obseruationibus 42°. 58′. Ergò altitudo meridiana Solis 37°. 44′. Distantia à vertice 52°. 16′. et per parallaxin 52°. 18′. A sit fenestra, planicies BC. perpendiculum AB. Conus illius diei DAC. angulo DAC 169°. 32′. Coni axis AE in polum mundi vergens. Sectio FCG hyperbolica, C vertex, BC axis, quandoquidem Sol est in meridiano, sic vt ABC sit planum trianguli DAC per axem coni AE. Continuetur latus DA. donec cum BC concurrat in H. Igitur HC est figurae latus transuersum, 380

10) duodecimum

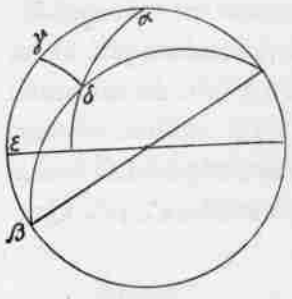
per 12. primi Conicorum. In numeris: qualium AB est 100000. BC erit tangens distantiae Solis à vertice 129385. et quia declinatio est 5°. 14′. erit HAC 10°. 28′. Ergò BAH 41°. 50′. Cuius tangens 89515. Relinquitur ergò HC 39870. Pro figurae latere recto, ducenda est AI. ipsi BC parallelos, et CM perpendicularis ipsi BC ex C. faciendumque vt sit sicut quadratum AI ad rectangulum DIC. sic HC ad CM. In numeris: qualium AB est 100000. AC est secans anguli 52°. 18′. scilicet 163525. Quia verò L est centrum, basis DC. et conus rectus, ergò ALC rectus est, et ACL est 5°. 14′. AIL verò est altitudo aequatoris 42°. 58′. Qualium ergò AL est 100000. talium AC est secans complementi declinationis, scilicet 84°. 46′. 1096348. et CL tangens eiusdem 1091778. AI verò secans altitudinis poli 146719. et IL tangens eiusdem 107362. quare DI 1199140. et IC 984416. Propterea quadratum AI adrectangulum DIC ferè est, vt 215 ad 11804. Debet autem sic etiam esse HC ad CM. Ergò in dimensione qualium HC fuit 39870. fiet CM 2189000 ferè. Data igitur est Hyperbole, datis figurae lateribus. Per 1. igitur secundi Conicorum datur angulus asymptoton. Diuisa enim HC bifariam in N. erit N centrum, et NO asymptotos. Ergò ONC 82°. 19′. sic habetur Hyperbola eius diei.



Sit iam PQ Ellipsis illustrationis, cupio scire, quantum qualibet diei horâ eius axis PQ. hoc est, linea BQ faciat angulum cum sectione seu lineâ, quae sectionem in P tangit. Quod si Sol decurreret circulum magnum, sic vt Ellipsium iter esset recta linea, puta CM. patet, quòd haec ipsa linea esset futura loco tangentis tàm CAM quàm CBM anguli, siquidem illic CA. hic CB sit fu|turus sinus totus. At quia ipsum iter est curua linea et hyperbolica, Solis verò iter circulus minor, ideò PR ordinatim applicata, est tangens anguli PBR. cùm BR radius, et anguli PAR. cùm AR est radius seu sinus totus. Eum verò angulum metitur arcus circuli magni inter Solem et Meridianum, ad Meridianum recti.

26) 2192000

Sit nobis propositum, calculum continuare ad momenta haec: H. 0°. 15′. H. 0°. 30′. H. 0°. 45′. H. 1°. 0′ post meridiem. Exponatur meridianus βγ. in eo polus australis β. Sol verò sit in δ. portio circuli magni γδ.

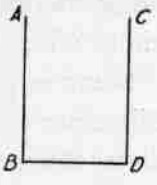


Et quia tempus metitur angulos ad polum, erunt igitur γβδ anguli 3°. 45′. | 7°. 30′. | 11°. 15′. | 15°. 0′. Est verò βγδ rectus, et βδ complementum declinationis Solis australis sc. 84°. 46′. Ex his notis inquiritur et βγ latus ex basi et angulo adiacente, quod fit in momento primo 84°. 45⅓′. in secundo 84°. 43⅓′. in tertio 84°. 40′. in quarto 84°. 35′. Sit βε profunditas poli 47°. 2′. erunt εγ vel BRA residua 37°. 43⅓′. | 37°. 41⅓′. | 37°. 38′. | 37°. 33′. Eorum complementa BAR parallaxi aucta 52°. 18⅔′. | 52°. 20⅔′. | 52°. 24′. | 52°. 29′. Itaque BR 129437. 129592. 129853. 130244. Prius verò erat BC 129385. Ergò CR 52. 207. 468. 859. Cùm igitur HC sit 39870. dimidia NC 19935. fiet NR 19987. 20142. 20403. 20794. | Ergò per 37. primi Apollonii quadratum NC diuidatur in NR. prodit NS linea inter centrum et contingentem sectionem in P puncto, in quod, quae ex R rectis angulis educitur, incidit, scilicet 19883. 19719. 19478. 19111½. Ergò si NS auferas ab NR. relinquitur SR 104. 434. 925. 1682. Sed per 37. primi Apollonii erit vt HC ad CM. sic rectangula NRS ad quadrata RP. Quare RP fient 10676. 21900. 32170. 43804. Prius verò BR erant 129437. 129603. 129853. 130244. Hinc anguli RBP 4°. 43′. | 9°. 36′. | 13°. 55′. | 18°. 35′. Et eorum complementa BPR 85°. 17′. | 80°. 24′. | 76°. 5′. | 71°. 25′. In triangulis verò SRP. manent RP. et prius SR dabantur, hinc anguli SPR 0°. 33½′. | 1°. 8′. | 1°. 39′. | 2°. 12′. quibus à BPR subtractis, relinquuntur BPS quaesiti 84°. 43′. | 79°. 16′. | 74°. 26′. | 69°. 13′. Potes autem probationis loco lineas RP. à quibus regitur totum hoc negocium, inquirere aliter: quaesitis arcubus circuli magni γδ. Nam vt sinus anguli γ seu sinus totus ad sinum βδ. sic sinus angulorum β ad sinus arcuum γδ. qui prodeunt 3°. 44′. 2″. | 7°. 28′. 6″. | 11°. 12′. 7″. | 14°. 56′. 7″. Atqui hi sunt anguli PAR. Dantur autem AR secantes angulorum BAR. scilicet 163565. 163689. 163895. 164206. hi verò multiplicati in tangentes arcuum γδ. vel angulorum PAR. produnt lineas PR scilicet 10673. 21459. 32457. 43800. non multum sanè à prioribus differentes.

In Eclipsi igitur nostra cuperem familiariùs hac doctrinâ vti. Caeterum, cùm Ellipses exciperem, de hyperbolica Ellipsium viâ nondum

12) 37°. 41¹/₅′. 14) 52°. 20⁴/₅′. 51°. 19′ (statt 52°. 29′.). 129603 (statt 129592). 15) 218 (statt 207). 16) 20153 (statt 20142). 21) 1672. 23) 43664 24) 18°. 32′. 25) 71°. 28′. 27) 2°. 42′. 28) 69°. 16′. 34) 163696 (statt 163689).

cogitaueram. Vnde factum, vt papyrum in pauimento stratam non satis caute custodiuerim in eodem situ. Sub finem tamen Eclipsis duas vltimas Ellipses quietiùs notaui. Eram enim ad finem attentus. Consignatio ipsa circino examinata prodit angulum BPS circa finem Eclipsis 70. graduum, connexis duarum Ellipseon diametris AB. CD. altrobique linea BD. et considerato, quòd linea BD secet Hyperbolam in B. D. ideoque angulus ipsius Hyperboles cum AB paulò maior, cum CD paulò minor fuerit, aequalis verò cum aliqua intermedia. Tribus igitur minutis ante horam 1. angulus 70° esse potuit. Exiguo igitur post 0°. 57′ finis Eclipsis. Itaque praeter exemplum operandi, vides haec satis accuratè tractari posse. Auto[4]maton vrbicum duobus post finem minutis, sonuit tertium quadrantem in primam. Altitudo Solis (sed vt in meridie et paruo quadrante lubricè) obseruata tribus quasi minutis post finem, indicat minutum 58¼. quod angulo meo hyperbolico non malè consentit. In proximo .n. schemate sit αβ 137°. 2′. βδ 84°. 46′. δα 53°. 50′. Prodit αβδ 14°. 34′. Hoc certissimum est, tempus pomeridianum fuisse. Iam enim fugiebant Ellipses à foramine. Quod si horologio vrbico de constantia in tam breui spatio credemus, quod puto tutò posse, iam duratio patebit. Nam quo tempore digitum aut minus quid deficere vidi; praecisè sonuit quadrantem supra decimam, ergò cum duobus minutis post finem sonuerit tres quadrantes post duodecimam, amplior igitur duratio fuit 2½ horis. Nam tredecim vltimis minutis temporis decreuit Eclipsis per 1⅔ digitos, ergò octo minutis digitus decrescit aut crescit. Itaque si digitus vnus in primo aspectu defecit, duratio fit H. 2°. 36′. Sin illic minus, hic quoque minus erit.



Cùmque duobus indiciis finis defectus cadat in horam 12°. 55′. ablatis igitur H. 2°. 36′. initium cadet in 10°. 19′. aut plus. An hic quoque testimonium habebimus ab obseruatione? Videamus. Cùm in quadrante meo distantia Solis à vertice argueretur 59° graduum, nullum adhuc erat vestigium defectus. Calculus arguit minutum octauum ante decimam. Inde Sol nubes subiit, et sanè quamdiu latuit, quasi ½ horae; donec emergens digito deficere videretur.

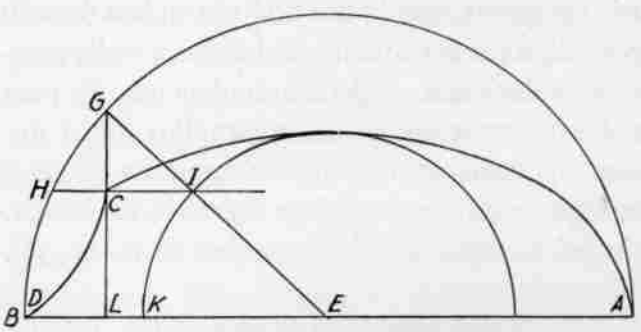
Huennae Daniae à quodam Tychonis studioso eodem tempore contemplationis huius causâ in insula versante, proditum est initium H. 10°. 3′. finis H. 12°. 32′. Duratio H. 2°. 29′ minuta. Digiti 9⅔. Atqui tempus longius esse decuit, quàm Gratii. Luna enim vt Septentrionalis, par est vt in illa poli eleuatione, quae 9 gradibus meam superat, minutis 5 in Solis corpus demersior apparuerit, viamque confecerit tanto longiorem per corpus Solis. Vide igitur fallacias visus supra ex capite

4) Ellipsis 5) Eclipseon

sexto. TYCHO ipse, vt ad MOESTLINVM scripsit, initium Wandesburgi ad Hamburgum per armillas obseruauit H. 9. M. 52. quod esset Huennae H. 10. M. 4½. quia HONDIO Meridianorum differentia est 3°. 8′. Medium igi|tur Huennae H. 11°. 17½′. Gratii H. 11°. 37′. aut plus. 384 Quare differentia meridianorum circiter 20 minutorum, seu 5 graduum: siquidem omnia ritè constarent, quae adhibita sunt. Nec HONDII tabula multò aliter, differentiam scilicet meridianorum vltra 4° facit.

Rursum differentia meridianorum inter Vraniburgum et Gratium, sine tamen consideratione diuersae parallaxeos.

Nunc et problema 17. hoc exemplo declarabo, et quaenam ex meis Ellipsibus prodeant inclinationes, ostendam. Primum exquiram proportiones diametrorum inter se, ad altitudines Solis 37° et 36°. quales fuêre paulò ante et post finem Eclipseos, quo tempore Ellipses signaui. Cum arcu 52°. 45′. | 53°. 0′. | 53°. 15′. prodeunt tangentium differentiae 1197. 1212. Ergò longior diameter 2409. breuior verò per axem coni ducta (multiplicato secante gr. 53. in tangentem min. 15′.) 1450. Rursum cum arcubus 53°. 45′. | 54°. 0′. | 54°. 15′. differentiae tangentium prodeunt 1255. 1271. Ergò longior diameter 2526. breuior per axem coni 1486. proportio quae 17 ad 10. prior paulò minor. Proportio in meis schematismis, sed rudissimis, et rapidissimis, prodit minor, ideoque vitiosa, ob causas problemate 17. dictas: et haec causa est, cur in hunc modum ex praecepto probl. 17. corrigendam suscipiam. Diameter igitur longior in secunda mearum Ellipsium fuit planè haec, literis AB expressa, cornu alterum in imo apice D. alterum in linea GL perpendiculari ad AB. Diuisa ergò BA medio loco in E. scribatur ex E circulus BG. quem secet LG in G. Et bisecetur arcus DG inter cornua in H. erit DH inclinatio, quae iam prodit 22½ graduum.



Quod si scire desideras, quis verè fuerit locus alterius cornu; centro E. amplitudine EI. quanta est breuior diameter ad longiorem, scribe circellum IK. | et connecte EG. quae secabit circellum in I. quare per I 385 parallelon ipsi BA. agas lineam CI. quae secabit lineam GL in C. Ergò C fuit cornu alterum, D verò reliquum. In tertia Ellipsi mea, cornu adhuc erat quasi infra, in apice seu vertice Ellipseos, inclinatio mechanicè 20°. in quarta 19½°. in quinta adhuc minor, dum cornu alterum semper in imo vertice censeo, quod tamen inde à prima paulatim discedebat. At in sexta, vbi iam humilitas imi verticis ab humilitate in-

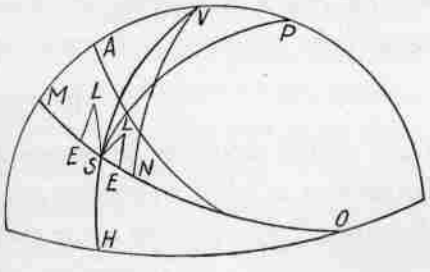
ferioris cornu discerni potuit, prodit rursum inclinatio 22½°. In septima 26°. procul dubio vitiosè. In octaua 20°. In nona et vltima diligentissimè 22½°. in ipso fine: quae collatione omnium est et verissima. Nam inclinationes hae in principio et fine tardè, in medio celerrimè variantur.

Da veniam Lector, quòd haec tibi non vsquequaque sibi ipsis consona obseruata propono. Deliquium enim insigne fuit, quod à quibusdam Astronomis per multos annos cum desiderio fuit expectatum; neque tamen nisi paucissimis locis visum; coelo nubilo. Quare praestare puto haec qualiacunque de eo extare, quàm planè inobseruatum haberi. Neque tamen tanta inest incertitudo, vt repudiari debeant. Quòd enim omnia dubia recludo, candoris mei est. At non vbique necessaria erat admonitio: nam sub finem Eclipsis duo, quae obseruatu lubrica sunt, et de quibus singulis seorsim dubitare possum, an sat fuerim attentus, in vnum ferè momentum conspirant, sincerissimè et nullo planè praeiudicio, ex obseruatione proposita, priusquam examinarentur: Altitudo Solis, et angulus inter Ellipsin et Hyperbolam. Et hic ipse consensus non est fortuitus, sed cum obseruatis in Saxonia et Dania, cumque ipso TYCHONIS renouato calculo consentiunt. Nec scio, quid contra quatuor consentientes testes excipi possit. Caeterum de inclinatione sequentibus problematis hoc idem inquiram, an cum his temporibus consentiant.

PROBLEMA XXIV

Dato tempore, quantitate defectus, diametris luminum, et inclinatione circuli per centra ad verticalem, eruere latitudinem visibilem Lunae à Sole, vt et longitudinem [1]

386 Problema MOESTLINI est, sed fit per nostram parallacticam facilius. Sit datum obseruationis principium horâ 10°. 27′. quando defecit digitus quasi vnus, Solis diameter est ex superioribus 30′. 35″. Lunae diameter in hac distantia à perigaeo 49°. 24′. et eccentricitate 4336. assumatur 32′. 44″. Neque haec multum in incertitudine versatur, vti supra disputatum fuit probl. 5. et 13. Inclinatio verò circulorum aequet rectum, vt ex obseruatione patuit. Exponatur meridianus circulus VP. polus P. vertex V. Sol sit in S. verticalis VS. declinationis circulus PS. Et per S centrum Solis visibilis transeat arcus circuli magni in centrum Lunae, qui sit SL. Eius quantitas sic habetur. Summa semidiametrorum est 31′. 40″. digitus est 2′. 33″. ablatus relinquit distantiam centrorum.



Ergò SL est 29′. 7″. Et sit VSL rectus. Oportet hinc enucleare visibilem Lunae latitudinem ab Ecliptica visibili SE. sc. arcum LE. et longitudinem visibilem ES. Ergò per doctrinam primi mobilis, quaeratur angulus ESV. et ante hunc altitudo nonagesimi gradus ab ortu, quae aliorsum etiam est vtilis. Cùm ergò Sol sit in 16°. 43′ ♈. eius Asc. recta est 347°. 47′. Hinc ablata 23°. 15′. tempora distantiae Solis à meridiano, relinquunt Asc. rectam medii coeli 324°. 32′. cum qua coelum mediat 22°. 10′ ♒. et huius declinatio 14°. 11′. scilicet MA. Sed AV est altitudini poli 47°. 2′ aequalis, ergò MV 61°. 13′. Oritur autem eo momento 22°. 31′ ♊. Ergò 22°. 31′ ♈ est in gradu nonagesimo, sc. in N. arcus ergò MN 30°. 21′. et MNV rectus semper est. In triangulo igitur MNV rectangulo, basis MV et latus MN dantur. Quod si ergò secantem illius diuiseris in secantem huius, exit secans NV arcus quaesiti, qui est hic 56°. 4′. distantia Nonagesimi à vertice: cuius complementum 33°. 56′. est altitudo nonagesimi, metiens angulum O inter Eclipticam et horizontem, quibus arcubus postea parallaxes latitudinis excipientur secundum caput 9. Nam COPERNICI tabula valdè concisa est, nec hos | arcus 387 | sufficienter exhibet. Itaque inuenta NV. iam in triangulo SNV rectangulo ad N. dantur latera. Nam S est 16°. 43′. ♈. N. 22°. 31′. ♈. SN ergò 5°. 48′. Quare tangentem NV. auctum cyphris radii, diuide in sinum NS. exibitque tangens quaesiti anguli NSV 86°. 7′. et VSM 93°. 53′. versus Lunam, quae sub principium solet esse in occidentali parte, iam meridiano propior quàm Sol. Ex obseruatione verò est LSV. 90°. Ergò residuus LSE est 3°. 53′.

Demissâ ex L rectâ in ME. quae sit LE. tertium datur nobis triangulum plano proximum, quod est LES. in quo basis LS et anguli dantur, quare non ignorabuntur latera LE visa latitudo 1′. 57″. Boreal. ES. longitudo visibilis Lunae ante Solem 29′. 3″. Ad fugiendum verò taedium multiplicationis sinuum in distantiam centrorum: *quaere distantiam centrorum in fronte parallacticae, et angulum inter Eclipticam et circulum per centra in margine, Area dabit visam latitudinem. Si complementum anguli huius quaesieris in margine, area exhibebit visam longitudinem.*

Compendium diducendae distantiae centrorum in longum et latum per parallacticam.

PROBLEMA XXV

Data visibili latitudine ad certum momentum compendiosè inuenire visibilem latitudinem ad aliud momentum in certa à priori distantia. Oportet autem et distantiam Lunae à centro terrae mediocriter esse cognitam: et horarium Lunae, et angulum motumque latitudinis

In exemplo sit nobis (post horam 10. 27. quando latitudo est 2′. Borealis) proposita hora 12°. 55′. quando desiit Eclipsis. Et sit horarius

14) complementum SH 33°. 56′.

Lunae à Sole ex TYCHONE 33′. 30″. minutorum. Ergò horis 2°. 28′. debetur motus Lunae à Sole verus 1°. 22′. 38″. Tantundem Luna etiam à nodo discessit ferè. Cumque consistat circa gradum 10. à nodo, latitudo eius vera per tantum arcum creuit 7′. 4″. minutis in Boream. Sed et parallaxis auget visibilem latitudinem, quod sic patet. Hora 12. 55. est Asc. recta Medii coeli 2°. 8′. Oritur ergò 24°. 48′. ♋. mediat coelum 2°. 17′. ♈. cum declinatione boreali 0°. 51′. Quare arcus inter culminans punctum et verticem (prius erat MV) iam est 46°. 11′. MN verò est 22°. 31′. quantum est inter culminans et Nonagesimum. Hinc VN prodit
388 10 41°. 27′. quae prius erat 56°. 4′. | quibus duobus arcubus per praeceptum cap. 9. excerpo ex tabula parallactica, sub titulo 55. semidiametrorum (quanta iam assumitur distantia Lunae à terra) parallaxes latitudinis prius 51′. 28″. post 41′. 1″. Vnde apparet, inter assumpta momenta decrescere parallaxes latitudinis 10′. 27″. seu à Sole 10′. 22″. minutis: sub titulo 56. semidiametrorum esset tantum 10″. secundis minus decrementum: tantundem verò accrescit visibili latitudini. Iunctis ergò 1′. 57″. | 7′. 4″. | et 10′. 22″. coaceruatur summa 19′. 23″ minutorum. Haec igitur in hunc quidem modum colligitur visibilis latitudo in fine Eclipsis.

20 Iam per 24. problema conuersum, assumpta inter data latitudine, qualem videri oportuit; constituemus inclinationem, qualem obseruari oportuit: vt eam cum obseruata nostra comparemus. Sit S iam vltra meridianum, EL verò horizonti ortiuo iam propior. Finis Eclipsis est, quando circuli luminum se contingunt. Ergò SL est summa semidiametrorum 31′. 40″. EL verò 19′. 23″. Hinc prodit LSE 37°. 39′. Ita VSN inquiritur hunc in modum. Prius inuenta est VN hoc vltimo momento 41°. 27′. Et SN inter Solem et nonagesimum est 37°. 59′. Prodit ergò angulus inter Eclipticam et verticalem 55°. 8′. Subtraho LSN. relinquitur 17°. 29′. inter transeuntem per centra et verticalem. Obseruatus
30 est 22½°. Differentia est exigua. Nam e conuerso, si 22⅓ assumpseris, prodibit latitudo visa 17′. 6″. tantum 2⅓ scrupulis minor: quae minutiae varias ob causas desiderari possunt. Vel vt vmbra primi momenti non planè ad dextram steterit: vix enim momento visa est haec species. Vel quòd de quantitate defectus illius incerti sumus: quis enim haec in tam paruo radio exquisitè sine instrumento dignosceret? Vel quòd in fine tyrocinium nouae artis, et inclinationes non vsque quaque perfectae. Denique quòd cautiones capitis secundi hic ob subtilitatem et ignoratam foraminis quantitatem non adhibui. Nam vt in penultimo schemate patet, minuto radio elliptico per limbum, minuetur et incli-
40 natio. Caeterum exemplo docui, quantum conferant inclinationes ob-

9) prodiit 17) 1′. 51″. 19′. 2. 25) 19′. 21″.

seruatae, addiscendae visae latitudini. Pro visibili longitudine in fine Eclipsis, ab angulo VSN 55°. 8′. auferatur VSL | 22½° obseruatus, et 389
relinquitur LSE 32°. 38′. computatus verò fuit 37°. 39′. quare SLE. illic 57°. 22′. hic 52°. 21′. Quorum sinus in summam semidiametrorum ducti constituunt illic 26′. 40″. hic 25′. 4″. longitudinem visibilem Lunae vltra Solem, prius ante Solem erat 29′. 3″. Ergo Horis 2°. 28′. visibilis motus Lunae à Sole, iuncta vtraque vel 55′. 43″. vel 54′. 7″. illa ex obseruata inclinatione, haec ex computata.

PROBLEMA XXVI

Ex data visibili longitudine et latitudine ad certa momenta, et assumptis aliunde distantiis Lunae et Solis à centro terrae, constituere veram longitudinem et latitudinem, proinde et horarium, et articulum verae coniunctionis; vel contra assumpto horario, mediocriter inquirere distantiam Lunae à terra

Parallaxis mixta vero motui, constituit visibilem, separata relinquit verum. Parallaxin verò efficit propinquitas sideris ad centrum terrae. Problema itaque satis patet ex conuersione praeceptionum de computandis Eclipsibus: tantum hic repeto ad vsum praecepti supra cap. 9. suo loco allati declarandum simul etiam, vt pateat vsus obseruatarum inclinationum in constituendo vero loco Lunae, et vt Solis Eclipses calumnia liberentur, demonstrato, plus illas conferre ad inquirendos Lunae motus, quàm Lunares. Assumatur distantia Solis et Terrae 1150. semidiametrorum vt illa TYCHONI placet, de qua alibi. Haec summa in fronte tabulae nostrae parallacticae quaesita offert horizontalem refractionem proximè 3. Lunae verò distantia à terra assumatur, vt supra, 55. semidiametrorum. Erit eius horizontalis parallaxis proportionaliter ex fronte tabulae nostrae excerpta 62′. 30″. Hinc ablata solaris 3′. relinquit horizontalem parallaxin Lunae à Sole 59′. 30″.

Sit iam primum momentum quando distantia inter nonagesimum et verticem fuit 56°. 4′. cum quo sub titulo 59′. praecisè minutorum excerpuntur 48′. 57″. sub titulo verò 30″. excerpuntur 24″. 53‴. Summa 49′. 22″. parallaxis latitudinis ☾ à ☉. |

Sed visa latitudo ☾ à ☉ fuit 1′. 57″. borealis. Ergò addita parallaxi 390
latitudinis prodit vera latitudo 51′. 19″.

Pro longitudinis parallaxi, cum altitudine nonagesimi 33°. 56′. excerpo sub iisdem columnis 59′. et 30″. maximam longitudinis parallaxin 33′. 13″. Ergo sub columnis 33′. et 13″. per visibilem Lunae distantiam à nonagesimo 6°. 17′. (Luna ad visum in 16°. 14′. ♈. Nonagesimo in 22°. 31′. ♈. versante) excerpo geminato ingressu iustam longitudinis, huius loci parallaxin 3′. 37″. Lunae à Sole: eamque occidentalem, quia

Luna est occidentalior nonagesimo. Ablatis ergò 3′. 37″. parallaxi à 29′. 3″. visibili Lunae distantia à Sole, relinquitur 25′. 26″. vera distantia Lunae à Sole in praecedentia. In altero momento, quando distantia Verticis et nonagesimi est 41°. 27′. cum hac sub iisdem columnis 59′. et 30″. vt antea, excerpo parallaxin latitudinis Lunae à Sole 39′. 23″. Quod si rectè inuenta fuit visibilis latitudo Problem. 25. Minutorum 17′. 6″. Boreal. Ergò addita parallaxi Lunae à Sole vera latitudo fuerit 56′. 29″. Pro longitudine ad hoc momentum, vt prius, sic ago. Quia NV est 41°. 27′. Altitudo ergò nonagesimi est 48°. 33′. Cum hac sub titulis 59′. et 30″. excerpo nouos titulos 44′. 34″. Sub his nouis columnis per visibilem distantiam à nonagesimo 37°. 31′. (est enim Luna in 17°. 17′ ♐. nonagesimus in 24°. 48′. ♈.) excerpo parallaxin longitudinis Lunae à Sole, hoc loco 27′. 9″. in occasum. Adde hanc ad superationem visibilem ex obseruatione deductam, quae fuit 26′. 40″. prodit longitudo vera Lunae à Sole 53′. 49″. Prius ante Solem 25′. 26″. Ergò Luna vero motu horis 2°. 28′. mota fuerit à Sole 1°. 19′. 15″. minus etiam, si calculatam inclinationem finis adhibeamus. Supra ex TYCHONE hunc horarium 1°. 22′. 30″. excerpsimus. Hic si verus, argueretur error aestimationis in principio Eclipsis, et Luna planè exiguo (non verò digito) fuisset ingressa super Solem; forsan et paulò maior requireretur diameter Lunae, aut Vrbis horologium in media duratione fuisset mutatum. Denique et vicissim, omnibus obseruatis rectè habentibus, aut nimis magnus esset motus horarius TYCHONIS, aut nimis parua parallaxis. Interim, minuto arcu veri motus Lunae, minuitur et incrementum latitudinis, ex TYCHONE com|putatum, itaque computata 19′. 22″. visibilis 391
latitudo, ad obseruatam 17′. 6″. propius nonnihil accedet, nec nimio augeretur duratio supra eam, quae in Dania fuit annotata.

Ex hac varietate diligens, ingeniosus et circumspectus Astronomus facilè videt, quae quibus cohaereant, et quaenam ab obseruationibus omnium tutissimè petantur, atque ad extructionem canonum afferantur, quae verò rudia etiam, et non planè cognita citra magnum errorem adhiberi nihilominus possint. Denique quanti ad res Astronomicas et Geographicas intersit, inclinationes phasium exactè, et quidem opticè per foramen obseruari et annotari.

Pro articulo verae coniunctionis, oportet te certum esse de horario Lunae. Dabimus igitur, concurrentibus pluribus coniecturis, initio non integrum digitum fuisse obseruatum, at nihilominus horario TYCHONIS aliquid adimemus. Nam huius rei causas habeo praeterea nonnullas, quas in secunda parte olim sum patefacturus, Deo volente. Sit igitur veritas in medio, et assumatur horarius 32′. 50″. Nam etiamsi planè nihil defecisset in primo articulo temporis: non tamen prodiret tantus

motus verus ad horas 2°. 28′. quantus ex horario TYCHONIS proditur, stantibus parallaxibus, quarum fides est certior. Igitur in fine hora 12°. 55′. Luna superauerat verum locum Solis 53′. 49″. Si 32′. 50″. minuta horam efficiunt vnam, quid 53′. 49″ ? Regula prodet horas 1°. 38′. 20″. Ergo articulus verae coniunctionis Gratii fuerit Horâ 11°. 17′. Quòd si finis momentum ritè habet, de medio verae coniunctionis planè intra vnum minutum certi sumus.

Si ab horario assumpto ad parallaxes inquirendas regredi velis, via non ita prona: sed cancrina seu auerso visu. Fortuna enim inuocanda, vt hanc ipsam parallaxin assumas statim initio, quam optas, quae scilicet te ad optatum locum, ad assumptum nempe horarium deducat, methodo iam explicata. Quod si aberres à vera parallaxi, repetendus labor, et collatione errorum cum differentiis parallaxium caeca ratione veritas est palpitanda; quasi per falsi regulam. [1]

PROBLEMA XXVII

392

In data poli eleuatione, visibili initio et fine seu momentis, et loco Solis cognito, assumptisque Horario et diametris luminarium, qualitate motus latitudinis crassiori minerua; denique distantiis luminarium à centro terrae: inquirere coniunctionis verae articulum et latitudinem veram: Inde verò et differentiam Meridianorum

Ludamus. Nullum enim laboris huius praetium certius voluptate hac. Et si libet etiam cantu laborem solemur. Cupio scire, quo articulo vera coniunctio fuerit in Dania, vt certior differentia meridianorum habeatur: simul etiam scire desidero, an visus fallaciis impeditus obseruator, initium seriùs, finem tardiùs annotauerit. Nam id facilè patebit, si latitudinem nostrâ elicuerimus maiorem. Nec erimus immemores, in nostra latitudine ad finem Eclipsis inesse duorum minutorum incertitudinem. Poli Huennensis altitudo 55°. 54′. 45″. Horarius Lunae assumatur, vt iam modo 32′. 50″. Summa semidiametrorum 31′. 40″. Scimus Lunam verè Septentrionalem esse, et fugere à nodo ascendente. Parallaxis Lunae à Sole horizontalis sit vt prius 59′. 30″. Initium H. 10°. 3′. Finis H. 12°. 32′. Locus Solis initio in 16°. 43′. 27″. ☌. fine in 16°. 49′. 42″ ☌.

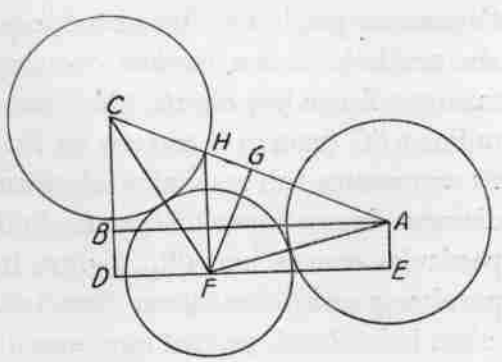
Ante omnia constituantur parallaxes. Ergò initio Ascensio recta Solis 347°. 48′. Hinc ablata 29°. 15′. tempora distantiae Solis à meridiano, tenore obseruationis Huennensis probl. 23. recensitae relinquunt ascensionem rectam medii coeli 318°. 33′. cum qua coelum mediat 16°. 5′. ♒. Et huius declinatio 16°. 5′. Austrina. Hinc in schemate problem. 24. cum AM sit 16°. 5′. AV. 55°. 54′. 45″. Ergo MV 72°. Oritur autem hoc momento 18°. 24′. ♊. Et N 18°. 24′. ☌. Ergo MN est 32°. 20′. Et NV 68°. 33′. †

39) In 18°. 24′. ♊. Rechenfehler

eiusque complementum 21°. 27′. Quibus excerpo parallaxes Lunae à Sole, latitudinis 56′. 22″. Longitudinis titularem 21′. 45″. Et cùm sit Sol in 16°. 43′. ♌. Nonagesimus in 18°. 24′. ergo SN est 1°. 41′: augeo circiter 30′ minutis, quibus Luna Solem antecedit ad visum, vt fiat 2°. 11′. quo cum ex columnis 21′. 45″. excerpo iustam longitudinis 0′. 48″. in occasum. Haec in parato sint. |

393 Fine Eclipsis ascensio recta Solis (16°. 50′. ♌) 347°. 54′. Adde 8°. tempora distantiae Solis à meridiano, fiet ascensio recta M. C. 355°. 54′. cum quo in meridiano est 25°. 32′. ♌. Et huius declinatio 1°. 47′. Australis, scilicet MA. Ergò MV. 57°. 43′. Oritur autem eo momento † 27°. 43′. ♋. et N 27°. 43′. ♈. Ergo MN 32°. 11′. Et NV 50°. 44′. Eiusque complementum 39°. 16′. quibus excerpo parallaxes Lunae à Sole latitudinis 46′. 3″. Longitudinis titularem 37′. 39″. Et cum sit Sol in 16°. 50′. ♌. Nonages. in 27°. 43′. ♈. Ergò SN est 40°. 53′. Minuo circiter 25. minutis, quibus Luna Solem sequitur ad visum, vt fiat 40°. 28′. quo cum sub titulis iam inuentis 37′. 39″. excerpo iustam longitudinis Lunae à Sole parallaxin 24′. 26″. in occidentem. Haec iterum in parato sint.

Iam quia tempus intermedium est H. 2. 29′. et horarius Lunae à Sole 32′. 50″. Ergo motus Lunae 1°. 21′. 32″. Quanto arcu circa nodos variatur latitudo circa distantiam à nodo graduum decem, per 6′. 57″. (posito latitudinis angulo 4°. 58½′). Et quia Luna ascendit in septentrionem: Ergo in fine latitudo vera Borea per 6′. 57″. maior erit. Sed et ob parallaxin visibilis latitudo augetur. Nam in principio fuit paral- † laxis latitudinis Lunae à Sole 56′. 22″. in fine 46′. 3″. differentia 10′. 19″. quae accrescit differentiae visarum latitudinum. Addo ergò ad 6′. 57″. prodit 17′. 16″. visae latitudinis excessus in fine super initialem. Eodem modo cum vtraque longitudinis parallaxis Lunam retardet, minorem 0′. 48″. à maiori 24′. 26″. aufero, restat 23′. 38″. retardatio, haec vicissim à vero Lunae motu ablata, qui fuit 1°. 21′. 32″. relinquit 57′. 54″. visum motum Lunae à Sole intra tempus durationis proditum. Exponatur recta quaedam BA repraesentans visum motum Lunae 57′. 54″. eique ad rectos agatur BC longitudine 17′. 16″. differentia visarum latitudinum: connexa igitur CA erit visa via Lunae.



394 Su|per AC struatur isosceles AFC. vt vtrumque crus habeat 31′. 40″. summam semidiametrorum, et ex A. C scribantur circuli diametri Lunae, ex F cir-

11) In 27°. 43′. ♋. Rechenfehler 34J differentiae

culus diametri Solis, tangens diametros Lunae, et per F agatur DE recta, parallelos ipsi BA. et CB continuetur in D. ipsique aequalis fiat AE. erit DE. Ecliptica visibilis, et AE. CD visibiles latitudines, ex quibus verae postea, mediantibus parallaxibus, facilè habentur.

Oportet ad CB apponere aliquam BD sic comparatam, vt ablatis quadratis CD. et BD vel AE. ab FC vel FA. relinquantur duo quadrata, quorum radices iunctae aequent ED. Si cui lubet per Algebram quaesitum elicere, is ad aequationem eam veniet, vbi cubus et numerus aequatur quadratis et positionibus. Nobis via Geometrica patet. Nam vt AB ad BC. sic sinus totus ad tangentem anguli BAC. qui fit 16°. 36½′. Vicissim vt sinus totus ad AB. ita secans anguli BAC ad AC. quae fit 1°. 0′. 25″. cuius dimidium AG 30′. 12½″. Vt ergò AF ad AG. ita sinus totus ad sinum AFG 72°. 33′. cuius complementum FAG 17°. 27′. A quo subtractus BAG 16°. 36½′. relinquit FAB vel AFE 0°. 50½′. Denique vt sinus totus ad sinum anguli AFE. ita AF ad AE. vel BD quaesitam, quae fit 0′. 28″. Ergò latitudo visa ad principium Eclipseos 0′. 28″. Borealis, ad finem 17′. 44″. parallaxibus latitudinum adiectis, prodit illic latitudo 56′. 50″. Borealis vera, hic 1°. 3′. 47″. Borealis. Ecce quanto maior prodeat eâ, quae est Gratii obseruata, initio 51′. 20″. fine 56′. 30″. vel summum 58′. 20″. Ac cum haec nostra cum calculo Tychonis rectiùs conueniat, qui in medio Eclipsis latitudinem veram exhibet 54′. 11″. planè concludimus, errorem vsitatum obseruatori obrepsisse, vt initium et finem non annotauerit, sed proxima his momenta, deficiente visu, in clara Solis luce. Nec te turbet, quòd errorem illi 5½ minutorum tribuo in vera latitudine. Nam principia, quibus hoc elicui, sic sunt comparata, Luna praesertim penè medium Solis corpus transeunte, illumque à decliuibus lateribus tangente, vt si vel minimum aliquid addideris tempori; haec iam dicta summa de latitudine tollatur; vtraque lunula nostri schematis, quasi laxatis vinculis, in Solis corpus profundius desidente. [1]

Illud etiam arguit, latitudinem verè fuisse minorem, quòd digitos 393
Obseruator prodit 9⅔. Et verò ex cap. 5. certum est, siue per foramen, seu oculis in Solem intentis contemplatus fuerit, defectum vtrinque maiorem fuisse 9⅔ digitis. Quod si ex hoc schemate computes longitudinem FG (nam in G maxima est Eclipsis) prodibit illa 9′. 30″. distantia centrorum sub maximam obscurationem, et hinc ablatus excessus diametri Lunae super diametrum Solis relinquit 8′. 25″. liberas Solis particulas, quae faciunt $3^{3}/_{10}$ digitos. Itaque tantum $8^{7}/_{10}$ digiti in vmbra potuissent esse, cùm tamen vltra 10°. fuisse certum sit. Vide de hoc etiam infra Probl. 32. Sed esto aequalis oculorum fallacia in principio

7) quarum

et fine, quaeritur iam vera coniunctio Huennae. Et quia AFE 50½′. erit EAF 89°. 9½′. Quare vt totus ad AF. sic sinus EAF ad EF visibilem praecessionem Lunae, quae manet 31′. 40″. Subtracta à 57′. 54″. sc. ED. relinquitur FD 26′. 14″. Parallaxi longitudinis illic subtracta hic addita, prodit illic vera praecessio 30′. 52″. Hic vera superatio 50′. 40″. Quod si motus Lunae 32′. 50″. dat horam, quid 30′. 52″ ? Prodeunt 56′. minuta horae addenda principio. Ergò Horâ 10°. 59′. articulus verae coniunctionis: Gratii hora 11°. 17′. differentia meridianorum 18′. seu gradus 4½. quantum proximè et HONDIVS facit. Atque hoc erat inquirendum hac vice.

Exactior inquisitio differentiae meridianorum inter Vraniburgum et Gratium.

Itaque si saltem vnico loco Eclipsis aliqua Solis omnibus circumstantiis ritè fuerit obseruata, aliis verò locis tantum certa momenta principii et finis, hac methodo pronunciari potest de differentia meridianorum tutissimè.

PROBLEMA XXVIII

Si per foramen obseruata sit Lunaris diametri proportio ad Solarem, non habita foraminis ratione, sciatur vero vera proportio diametrorum aliunde: aestimare, quantum obseruatio digitorum à vero aberrauerit: et caetera

Anno 1590. die 21. Iulii MOESTLINVS Praeceptor meus Tubingae obseruauit Eclipsin Solis sub amplo et obscuro tecto, radio Solis per tegu-
396 las intromisso. Descriptionem obseruationis, vt illius | mihi copiam author fecit, communicabo, vt hoc exemplo vsum aliquot superiorum problematum declarem. Initium nos fefellit. Ergo cùm de Sole deficeret semidiameter, fuit eius altitudo supra horizontem orientalem 26°. gr. inclinatio, vt in probl. 14. obseruata fuit graduum 88°. Luna in radio superior, in coelo inferior Sole.

Circa medium Eclipsis dimensus est proportionem diametrorum, modo eo, qui probl. 7. est, et inuenit, qualium Sol erat 24. Lunam occupare 23. centrorum verò distantiam ad Solis semidiametrum, vt 59. ad 88.

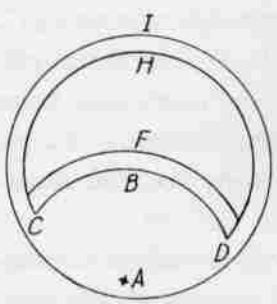
Post maximam obscurationem, cùm iterum semidiameter deficere videretur, inuenta est altitudo Solis 33°. Inclinatio circuli per centra ad verticalem 2½° graduum, quo arcu Luna à Sole fuit Occidentalis, et Australis sicut ante.

Cum quarta pars deficeret, altitudo Solis fuit 37¼°. Inclinatio circuli per centra cum verticali 19°. Erat autem Luna tunc à verticali facta orientalior.

In fine totius Eclipsis altitudo Solis fuit 41¼. circulus per centra cum verticali comprehendebat angulum 30°. Luna fuit orientalior.

26) superior in coelo, inferior

Exponatur centris B. A radius CBDI deficiens dimidia diametro: Et quia AB est Lunae semidiameter, BI Solis, erit proportio BI ad BA ex obseruatione, quae 24. ad 23. tota igitur AI erit 47. Cùm autem supra cap. 2. demonstratum sit ampliari limbum radii per foramen admissi, quare centris iisdem B et A. scribantur arcus interiores, diastemate illic BH. hic AF. sic vt FB.et IH. sint aequales. Igitur AF erit semidiameter Lunae, et BH semidiameter Solis: quae sic habentur. Cùm Sol sit vno signo ab apogaeo: igitur vt sinus totus ad 30″. secunda, quibus is augetur ad visum ab apogaeo ad longitudinem mediam: ita sinus versus digressionis ab apogaeo ad augmentum huius loci ferè. Ita diameter 30′. 4″. semissis 15′. 2″. Vel per nostram parallacticam: quaere differentiam mediocris et minimae diametri (hic 30″.) in fronte, gradus compl. distantiae ab apogaeo (in hoc exemplo) in margine, quod area exhibet, aufer à fronte, residuum adde minimae diametro. Si E distantia ab apogaeo excedit quadrantem, excessus in margine quaerendus est, et quod area exhibet addendum fronti, summaque addenda diametro apogaeo. Eodem modo cum Luna agemus. Distabat Luna ab apogaeo 40°. 50′. gradibus, per huius complementum, et Eccentricitatem 4336. vt in superiori exemplo, elicitur diameter Lunae 30′. 50″. semis 15′. 25″. Qualium ergò AF est 15′. 25″. talium BH est 15′. 2″. Et quia sunt aequales BF et HI. aequales ergò et BH. FI. Summa ergò AF et BH aequalis est summae AF. FI. hoc est AB. BI. Ergò AI MOESTLINI dimensio 47. est aequalis verae dimensioni 30′. 27″. Ergò si 47. dant 30′. 27″. quid efficient 23. in hac dimensione? Regula prodit 14′. 54″. scilicet AB. et AF. 15′. 25″. obscura pars 15′. 32″. cùm putaretur MOESTLINO dimidia diametros deficere. Et quia BI 15′. 32″. et AI 30′. 27″. Ergò AB iusta visibilis distantia centrorum (per probl. 12.) relinquitur 14′. 55″



Compendium variandi diametros luminarium per nostram parallacticam.

PROBLEMA XXIX

Ex altitudine Solis vel Stellae cognita declinatione et altitudine poli compendiosè et discretè tempus seu elongationem Solis à meridiano indagare

Certamus in vna triangulorum forma, cum negotio prosthaphaeretico Wittichiano. Quamuis enim laborem non minuimus; in sublimi tamen incedimus, et prospectum itineris habemus ob oculos. WITTICHIVM verò valles abscondunt. Quia demonstratio eius generalis est, ex

circulo in sphaeram tralata: mea haec peculiariter ipsi sphaerae est aptata.

Finge planum horizonti parallelon per centrum eius circuli transire, quem eo momento Sol ad diurnum motum conficiendum occupat. Vt igitur sinus totus est ad sinum altitudinis poli, ita sinus declinationis Solis vel stellae est ad sinum altitudinis vel profunditatis huius plani
398 supra horizontem, prout Sol in septen|trione vel meridie fuerit. Deinde perpende, vt Ecliptica super aequatore, aequator super horizonte, sic parallelon super hoc plano inclinari, et proportionari sinus graduum à
10 plano inchoatorum sinibus altitudinum super planum, iis quidem, quorum maximus est differentia sinuum altitudinis plani et altitudinis meridianae stellae: vel contra aggregatum profunditatis plani et altitudinis
† meridianae stellae. Itaque sinum altitudinis plani subtrahe, profunditatis adde ad sinus altitudinis, et meridianae, et temporalis vel obseruatae. Vt igitur duorum residuorum vel aggregatorum prius ad posterius, ita sinus totus ad sinum complementi ad quadrantem (si stella altior plano) vel excessus super quadrantem (si humilior) distantiae stellae à meridiano. Exemplum in proposita Eclipsi, et primo momento. Sit altitudo poli Tubingensis 48°. 24′. Nam omnes tabulae faciunt Tubingae et
† 20 Augustae eandem latitudinem. Augustae verò, seu Geggingae loco paulò meridionaliori ad dimidium milliare seu 2′. minuta inuenta est accuratissimè altitudo poli 48°. 22′. vt vides in tomo 1. Progymnasm. TYCHONIS fol. 361. et seqq. Quin et MOESTLINVS anno 1588. in fine libelli sphaerici prodit Tubingae hanc altitudinem. Locus Solis sit crassa minerua 7°. 30′. ♌. quia nescitur tempus praecisè, cuius declinatio 18°. 28′. Hinc sinus altitudinis plani 23687. Et quia altitudo aequatoris 41°. 36′. addo declinationem 18°. 28′. hinc Solis meridiana altitudo 60°. 4′. Solis obseruata 26°. Horum sinus 86661. 43837. diminuti altitudine plani, relinquunt 62974. 20150. Et hic ab illo (cyphris auctus radii) diuisus
30 prodit 31997. sinum arcus 18°. 40′. cuius complementum 71°. 20′. metitur tempus distantiae à meridie H. 4. 45⅓′. Defecerunt ergò scrupula 15′. 31″. Horâ 7. 14⅔′. ante meridiem.

Tubingensis poli altitudo.

Eandem methodum sequar et in altero momento, cum esset altitudo Solis 33°. et in duobus reliquis, vbi altitudo Solis 37¼°. 41¼°. Nisi quod hic miscebo prosthaphaeresin in prima parte, ad effugiendam multiplicationem. Locus Solis ad horam 7. 15′. exhibetur à calculo TYCHONIS 7°. 25½′. ♌. Ergo in fine Eclipsis verè est in 7°. 30′. ♌. declinatio à 7°. 25½′. in 7°. 30′. decrescit 2 minutis. Tutò itaque vti possumus invariata hac declinatione. |

26) 22687. 30) sinu 32) Horâ 7. 14⅓′.

Declinatio	18°. 28′.			399
Alt. aequat.	41. 36.			
Aggregatum	60. 4.	sinus	86661	
Differentia	23. 8.	sinus	39287	
	Reliquum		47374	
	Dimidium		23687	altitudo plani quaesita.
	Reliquum		62974	Diuisor.

Altitudines Solis	33°. 0′.	37°. 15′.	41°. 15′.	
Sinus	54464	60529	65935	
Altitudo plani	23687	23687	23687	Sub.
Reliqua	30777	36842	42248	Diuidendi.
Prodeunt	48873	58503	67088	
Horum arcus	29. 15½.	35. 48.	42. 8.	
Complementa	60. 44½.	54. 12.	47. 52.	
Horae	4. 3′	3. 37′	3. 11½′	
Tempus ante mer.	7. 57′	8. 23′	8. 48½′	

Haec ad declarationem huius problematis sufficiunt. Caeterum exemplum per problemata 24. et 26. continuabimus, elicita primum visibili, tùm vera latitudine, longitudine, et caeteris, ad haec momenta quatuor.

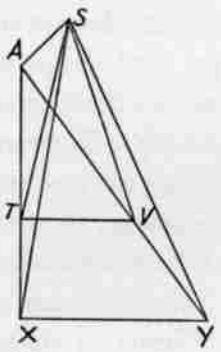
Loca Solis	7°. 25½′ ♌	7°. 27′. 10″ ♌	7°. 28′. 12″ ♌	7°. 29′. 14″ ♌
Ascensio recta	129. 51.	129. 53.	129. 54.	129. 55.
Distantia à mer.	71. 20.	60. 45.	54. 12.	47. 52.
A.R.M.C.	58. 31.	69. 8.	75. 42.	82. 3.
Culminant	0. 41. ♊	10. 44. ♊	16. 51. ♊	22. 43. ♊
Horum declin.	20. 22.	22. 8.	22. 52½.	23. 19½. Sub.
Altit. poli	48. 24.	48. 24.	48. 24.	48. 24.
Latera MV in schem. probl. 24	28. 2.	26. 16.	25. 31½.	25. 4½.
Asc. obl. horosc.	148. 31.	159. 8.	165. 42.	172. 3.
Oritur ergo	7. 5. ♍	14. 3. ♍	19. 34. ♍	24. 12. ♍
In Nonagesimo	7. 5. ♊	14. 3. ♊	19. 34. ♊	24. 12. ♊ [1]
Ergo Latera NM	6. 24.	3. 19.	2. 43.	1. 29.
Calculus exh. NV	27. 20.	26. 4.	25. 23.	25. 2.
Complementa	62. 40.	63. 56.	64. 37.	64. 58.
In triangulo NSV est NS	60. 20.	53. 24.	47. 54.	43. 17. dist. ☉ à Nonag.
Ergo vel per SV vel per SN inuen. NSV	30. 43.	31. 36.	32. 35.	34. 15.

38 In 31. 36. Rechenfehler (richtig 31. 21.)

Haec hactenus ex motu primi mobilis. Iam in schemate problematis 24. S non est in hoc quidem exemplo inter NM. sed N ipsi M proximum, quod moneo ad vitandam confusionem. Itaque si à superiori parte verticalis, verso in Solem vultu numeres ad Eclipticam versus dextram et occasum angulum NSV. 30°. 43′. in primo momento: ab inferiore verò verticalis parte ad circulum per centra luminum, angulum ex obseruatione 88°. residuum inter circulum per centra et Eclipticam erit 61°. 17′. Luna ante Solem in Austro. In secundo momento angulus superior fuit 31°. 36′. inferior est obseruatus 2°. 30′. Ergò residuum ad semicirculum 145°. 54′. inter circulum per centra et partem occidentalem Eclipticae: ergo inter eundem et orientalem partem (Luna australi, vt prius) 34°. 6′. Hic ergò Luna propior Orienti; et vltra Solem.

In reliquis duobus momentis, quia inclinationes sunt maiusculae, lubet ergò experiri an cautio problematis 14. necessaria sit. Altitudo Solis est 37°. 15′. Inclinatio 19°. in plano quidem instrumenti, quod non Soli, sed Azimuthali horizontis puncto perpendiculariter erat obiectum. Cum autem duo plana sphaeram tangunt in eodem maximo circulo, vel tangentibus planis aequidistant, mutua illorum sectio recta est, perpendicularis plano illius circuli maximi, et linea ex centro sphaerae, per planum circuli maximi educta, vt occurrat illi mutuae sectioni; rectis angulis in eam incidit. Nam per 4. vndecimi EVCLIDIS linea in planum perpendicularis, in omnes plani lineas est perpendicularis. In hoc negotio tria habemus plana talia. Nam circulus maximus est hic verticalis per centrum Solis eductus. Finge illum tangi in puncto verticali ab vno plano, ei igitur planum horizontis aequidistat. Finge tangi
401 illum ab altero plano in sectione cum horizonte, ei plano | diximus aequidistitisse planum instrumenti: Finge tertio illum tangi in centro Solis à plano tertio. Ergo sectio huius et plani horizontis cadit extra sphaeram. Sectio verò plani instrumenti cum plano horizontis cadit intra sphaeram.

Sit AXY planum horizontis, STV instrumenti, SXY tertium, A centrum sphaerae, S Sol, TV. XY sectiones. In plano TSV ad TS comparetur alia SV faciens angulum TSV 19°. et continuetur AV in XY connectaturque SY. Et quia ATV. ATS. AXY recti: erit TS sinus altitudinis Solis 60529. Sed TSV inuentus fuit 19°. Ergò TV 20842. Est autem AT sinus complementi altitudinis 79600. Angulus verò TSX est aequalis altitudini Solis 37°. 15′. Ergò TX 46027. Tota ergò AX 125627. Vt verò AT ad TV. sic AX ad XY. quae ideò fit 32893.



11) Eccliptícae 21) 13tii Euclid.

Et quia STX rectus, et TSX 37°. 15′. Ergò vt totus ad ST. ita secans TSX ad SX. quae fit 76051. Quia ergò SXY rectus (nam SX est in plano verticalis, XY in plano horizontis) ergò vt SX ad XY. sic totus ad tangentem XSY quaesitum, qui fit 23°. 23′. maior.

Sic in fine Eclipseos, cùm esset altitudo Solis 41°. 15′. Inclinatio in instrumento 30°. inuenitur angulus XSY in ipsa sphaerae circumferentia simili processu 37°. 31′. Atque hoc pacto vtraque haec inclinatio correcta est.

Cùm igitur in tertio momento angulus superior ad dextram inter Eclipticam et verticalem sit 32°. 35′. vt supra ex tempore fuit probatum, eique aequalis inferior ad sinistram, sit verò verticalis et circuli per centra angulus itidem ad sinistram inferior 23°. 23′. Ergò hoc ab illo subtracto, restat inter circulum per centra et Eclipticam 9°. 12′. Luna in Austro.

In quarto momento prior angulus supra fuit 34°. 15′. posterior earundem affectionum 37°. 31′. et maior. Illo igitur ab hoc subtracto restat inter Eclipticam et eum per centra 3°. 15′. Luna iam boreali.

Caeterum problemate 14. monui lubricum esse modum hunc, | ob titubationem manuum. Ea quantum hac vice potuerit, in successu non latebit. 402

Iam enim his angulis inuentis, constituemus longitudinem et latitudinem visam ad omnia 4 momenta. In paruis enim triangulis LSE probl. 24. dantur bases LS et anguli: quare et latera LE latitudinis, SE longitudinis. Sunt autem bases in primo et secundo momento aequales, quia vtrinque semidiameter deficere videbatur. Distantia igitur seu LS supra inueniebatur 14′. 55″. In tertio momento, quia quarta pars radii ampliati videbatur deficere, ergò subtrahatur haec à summa semidiametrorum: Vt quia semidiameter Solis 24. Lunae 23. summa 47. quarta diametri Solis 12. residuum ergò 35. in radio ampliato. Manent verò centra loco suo per 12. problema. Et quantum augetur semidiameter Solaris, tantum minuitur Lunaris: itaque et summa semidiametrorum manet eadem, vt et in 28. problemate. Proportio igitur summae ad centrorum distantiam eadem. At quia summa semidiametrorum verè est 30′. 27″. Ergò vt 47 ad 35. sic summa ad centrorum distantiam 22′. 40″. In fine verò distantia centrorum aequat summam semidiametrorum 30′. 27″. Quamuis subtilitatem hanc exempli tantummodo causâ tracto. Nam rem ipsam quod attinet, memini inter obseruandum mutata esse foramina: itaque paulò fortè alia quantitas fuerit in posterioribus; nec ad hanc amussim omnia respondeant. Sed in exemplo pergo.

Cognitas iam bases, vt parùm à rectis lineis differentes, multiplicabimus in sinus angulorum, et reiectis vltimis quinque, prodibunt

latitudines, cum sinibus complementorum longitudines visae Lunae à Sole.

Momento primo ante Solem		Secundo post Solem		Tertio		Quarto	
	7′. 10″.		12′. 21″.		22′. 23″.		30′. 24″.
Latitudo	13. 3.		8. 22.		3. 37. Aust.		1. 44. Bor.

Idem prodibit, si compendium problemati 24 subiunctum fueris secutus.

Hactenus exemplum per problema 24. traduximus. Iam vt satisfaciamus et 26. problemati plenè, tractemus et parallaxes. [1] Et quia TYCHO BRAHE Lunae in mediocri longitudine tribuit distantiam 56½ semidiametrorum, ergò per eccentricitatem 4336. quam veri similiorem censeo, in huius eclipsis anomalia distabit Luna à terra $58^{2}/_{5}$. Quare horizontalis parallaxis 58′. 54″. Solis verò 2′. 58″. Ergò Lunae supra Solem proximè 56 in horizonte. 403

Per arcus igitur NV supra inuentos sub titulo 56′ excerpo parallaxes latitudinis 25′. 42″. | 24′. 36″. | 24′. 1″. | 23′. 42″. Ab his visae latitudines austrinae ablatae, additae verò boreales, faciunt veras latitudines 12′. 39″. | 16′. 14″. | 20′. 24″. | 25′. 26″.

Per complementa verò NV nouos excerpo titulos ex parallactica 49′. 50″. | 50′. 20″. | 50′. 36″. | 50′. 45″. | Et sub his titulis per visas distantias Lunae à Nonagesimo (vel quasi) scilicet 60°. 13′. | 53°. 36′. | 48°. 15′. | 43°. 47′. Excerpo parallaxes longitudinis Lunae à Sole 43′. 15″. | 41′. 31″. | 37′. 45″. | 37′. 7″. has augeo Lunae visis praecessionibus, minuo eiusdem separationibus, quia Orientalis Eclipsis, prodeunt verae longitudines Lunae ante Solem 50′. 25″. | 29′. 10″. | 15′. 22″. | 4′. 43″. Sequebatur itaque vera coniunctio finem Eclipseos. Et quia hinc horarius Lunae à Sole prodit 29′. 16″. (TYCHO prodit 27′. 56″) diuisa ergò residua scrupula 4′. 43″. per hunc ostendunt 10 proximè minuta, quibus post finem Eclipsis incidit vera coniunctio Horâ scilicet 8°. 58½′ ante meridiem.

De hac vera longitudine parum, latitudine non parum dubitandum. Nam intra sesquihoram vix 4 minutis variari latitudo vera potest; hic sunt 13 ferè. Ac etsi vtamur vltimis inclinationibus incorrectis 19°. et 30°. tamen in variatione latitudinis etiamnum erunt minuta 9. Itaque hoc manuum titubationi et lubrico modo obseruandi tribuo. TYCHONIS calculus ad meridianum Huennensem verae coniunctionis articulum reponit hor. 9°. m. 2′. apparentem. Ergò differentia meridianorum esset 1° gradus oppidò parua. Consulamus igitur obseruationem Vraniburgi-

Differentia meridianorum Tubingensis et Vraniburgi.

10) 25. problemati 34) in correctis

cam, simul etiam vt de latitudine Lunae certius aliquid habeamus. Hora 6. 53′ iam agnoscebatur defectus, hora 9. 0′ Sol totus luxit. Censebant obseruatores, incepisse Eclipsin H. 6°. 50′. desiisse H. 8. 58′. vt fuerit duratio 2°. 8′. Additae erant et picturae, ex quibus prima Lunam Sole repraesentat altiorem paulò. At hora | 7°. 5′. aequilibria luminaria. Hora 404
8°. 21′. additum, quintam partem defecisse et cornua cernua fuisse versa aequaliter deorsum. Nulla magis fida notatio. Considerabimus hanc initio. Quinta pars diametri sunt minuta 6. Ergò distantia centrorum 25′. 27″. eaque in ipso verticali. Hora verò 8. 21′. (vt hoc etiam compendium sectemur) exhibet altitudinem Solis, altitudo parallaxin mixtam seu μηκοπλατῆ, quae addita ad altitudinem Lunae statim constituit veram altitudinem; vnde postea mediante angulo verticalis cum Ecliptica, statim datur longitudo et latitudo Lunae vera.

Declinatio ☉	18°. 28′.		
Alt. aequat.	34. 5.		
	52. 33.	79388	
	15. 37.	26920	
		52468	
		26234	altitudo plani.
		53154	eleuatio ☉ merid. super planum.

Distantia à Meridie hora 8°. 21′. est 3°. 39′. Gradus 54°. 45′.
Complementum 35°. 15′.
Vt ergò totus ad 53154. sic sinus complementi 57715. ad eleuationem Solis temporalem super planum.

53154	32. 7.		
	54. 45.		
	86. 52.	99851	
	22. 38.	38483	
		61368	
Ex Sole in planum demissa		30684	
		26234	
In horizontem		56918	34°. 42′. Altitudo Solis.
			55. 18. Complementum.

Huic distantiae Solis à vertice addita visibilis distantia centrorum 25′. 27″. (quia Luna inferior) facit 55°. 43′. 27″. quae sub titulo 56′. in parallactica exhibet 46′. 16″. parallaxin, vnde ablata visa distantia relinquit 20′. 49″. distantiam centrorum veram. |

35) 55°. 33′. 27″. 36) 46′. 11″. 37) 20′. 44″.

405 Vt verò sinus complementi altitudinis Solis ad sinum anguli 54°. 45′. ita sinus altitudinis aequatoris ad sinum anguli inter Eclipticam et meridianum 33°. 49′. cuius complementum 56°. 11′. qui sub titulis 20′. et 49″. (quae est distantia centrorum) exhibent veram latitudinem Lunae borealem 11′. 33″. Longitudo ante ☉ 17′. 14″.

Expectabam vt Tychonica obseruata MOESTLINVM in latitudine adiuuarent. At incertior abeo quàm pridem. Nam latitudinem TYCHONIS calculus, ex Lunaribus Eclipsibus extructus, exhibet 16′. 47″. in medio Eclipsis. Hoc igitur momento decuit maiorem fieri, quia post medium. Da mihi maiorem huius momenti defectum, et maiorem extruxero latitudinem. Vides itaque quantum visus decipiat. Forsan et pro ⅓ scripsere $^1/_5$. Nam quî fieri posset, vt MOESTLINO deliquium in quarta diametri parte restituenda consumpserit non plus 25 minuta temporis, Tychonicis in quinta parte planè 35′. Itaque tertia pars est 10′ minuta, antea 6′ erant; latitudinem hinc extruimus 15′. 30″. proximè. Haec ego quamuis incertiuscula non frustrà inculco. Cupio enim Astronomis patefacere, quàm crebrae sint hallucinandi occasiones, quanta vicissim, et quàm exoptata vtilitas, si diligentia in huiusmodi obseruationibus adhibeatur.

Sed quia Tubingae tempus finis nullum habet euidentem errorem, examinemus et finem Vraniburgi obseruatum. Sit latitudo Lunae vera sub finem 17′ borealis: et finis planè hora 9°. 0′. Gradus distantiae à meridie 45°. Ascensio recta medii coeli 84°. 55′. Culminat 25°. 20′ ♊. cum declinatione 23°. 26½′. quae ablata ab altitudine poli 55°. 54½′. relinquit 32°. 28′. Latus MV. in schemate probl. 24. Et quia 174°. 55′. oritur; de Ecliptica ergò 26°. 37′ ♍ cooritur; et in Nonagesimo est 26°. 37′. ♊. Ergò latus NM 1°. 17′. Et NV per calculum 32°. 26′. exhibens parallaxin latitudinis (sub titulo 56′) 30′. 3″. eius complementum 57°. 34′. exhibet titulum 47′. 17″. Sit Luna planè in 8° ♌ ad visum. Distat igitur à Nonagesimo 41°. 23′. quae ex titulis 47′. 17″. exhibet parallaxin longitudinis 31′. 15″. Latitudo verò ponitur 17′ borealis, parallaxis latitudinis 30′. 3″. Ergò latitudo visibilis Austrina 13′. 3″. Visa verò cen-
406 trorum distantia 30′. 27″. Ex basi ergò et latere latus reliquum longitudinis visae 27′. 31″. Et parallaxis longitudinis 31′. 15″. subtracta illa ab hac, relinquit 3′. 44″. interstitium inter vera loca Solis et Lunae Huennae Daniae. Eandem latitudinem si Tubingae adhibeamus: et à parallaxi latitudinis 23′. 42″ auferamus, erit visa latitudo 6′. 42″. australis. Et parui trianguli basis 30′. 27″. Ergò latus longitudinis 29′. 42″. Sed parallaxis longitudinis 35′. 7″. Illud ergò ab hoc ablatum relinquit 5′. 25″. Itaque differentia locorum Lunae 1′. 31″. quae faciunt minuta

4) 44″.

Exactior differentia Meridianorum Tubingae et Vraniburgi. Aliter.

3′. Tubingae ergò Horâ 8. 51½′ (additis ad finem 3′ minutis) Luna ibi fuit, vbi erat Vraniburgi Horâ 9°. 0′. differentia meridianorum minuta 8½′. gradus 2°. 8′. Minus etiam si Huennae desiisset Eclipsis horâ 8°. 58′. Nec multum et hac via abludimus: Tubingae visus est defectus aequaliter H. 7°. 14′. et H. 7°. 57′. Ergò medium defectus est tempore intermedio ferè, scilicet hora 7°. 36′. Huennae verò incepit H. 6. 50′ desiit H. 9. 0′. Dimidia duratio H. 1°. 5′. Medium ergò H. 7. 55′. Sed parallaxis longitudinis Tubingensis superat Danicam 4′ minutis. Ergò 8 minutis temporis iusto citius incidit Tubingae Eclipsis. Itaque remota parallaxium differentia, medium Tubingae esset H. 7°. 44′. differentia meridianorum 11′ temporis seu 2°. 45′ aequatoris. Et quia Huennae supersunt Lunae ad Solem 3′. 44″. temporis igitur 8 ferè. Vera igitur coniunctio Horâ 9°. 8′ apparenti. TYCHO ponit H. 9°. 2′ apparenti, differentia 6′ temporis, 3′ minuta motus Lunae. Vnde apparet hoc loco certitudo calculi Tychonici. Infra probl. 32. plura de hac Eclipsi.

PROBLEMA XXX

Ex tempore et inclinationibus praecipuarum phasium ritè obseruatis prodere angulum visibilis latitudinis, seu eum quem visa via Lunae cum Ecliptica facit. Vbi prodigiosus angulus hic, et admonitio de PTOLEMAEO, REINHOLDO *et eorum discipulis*

Id ipsum quidem iam in vtroque praemissorum exemplorum, idque aliquoties praestitimus. In schemate probl. 27. Datis momentis temporum et Inclinationibus, et distantia centrorum FA. FC. hoc est, phasi nominatâ, non latebit visibilis Lunae lon[1] gitudo à Sole FE. FD. visibilis itidem latitudo EA. DC. per Problema 24. 407

Ergò minori latitudine EA à maiori DC ablata, si fuerint eiusdem plagae, additâ, si diuersarum, habebitur BC latus. Sed BA et DE aequales, et DE componitur ex EF praecessione, FD superatione Lunae. Datis igitur lateribus circa rectum, non ignorabitur angulus BAC. In Eclipsi igitur anni 1598. initio fuit latitudo Lunae australis 1′. 57″. Luna ante Solem 29′. 3″. In fine latitudo vel 17′. 6″. vel 19′. 21″. Et Luna vltra Solem, vel 26′. 40″. vel 25′. 4″. Quare AB 54′ et BC 20′ proximè, et BAC circiter 21°.

In altero exemplo clementer agemus non secuti suspectam finis visibilem latitudinem, qualis ex exemplo elicitur: sed illam, quae ex praesupposita latitudine iusta sequebatur. Cùm ergò Luna esset 7′. 10″. ante Solem, latitudo visa fuit 13′. 3″ australis. In fine computauimus distare vltra Solem debuisse 29′. 42″. cum latitudine visa 6′. 42″. Subtracta hac ab illa, prodit 6′. 21″. quod iam erit latus BC. Additae verò

39) 6′. 28″.

longitudines constituunt BA 36′. 52″. Angulus ergò BAC 10°. circiter. Infra Probl. 31. alium et Mechanicum modum vide.

Cùm autem verae latitudinis angulus sit non maior 5°. dici non potest, in quanta confusione quamdiu haeserim, PTOLEMAEO et REINHOLDO mihi ridiculum exhibentibus negocium. Nam etsi MOESTLINVS me per literas admonuit de parallaxibus, quae hoc efficiant: mihi tamen ob oculos versabatur PTOLEMAEI methodus, Prutenicarum praecepta 63. 64. 65. MAGINI exempla, qui omnes parallaxes priùs tractant, postea demum ad angulum hunc, seu ad initialem finalemque latitudinem visam progrediuntur: eamque ab initio ad finem maximarum eclipsium rarò vltrà 6 minuta variant. Accedebant et argumenta: Si negligerent authores parallaxes, quomodo initia et fines Eclipsium possent certò prodere? Imò quomodo PTOLEMAEVS inclinationes hinc extruere ritè posset: quibus ille in praesignificatione euentuum plurimùm tribuit, adeò vt quas in plagas spectant, illas regiones signari affirmet?

408 Itaque diutissimè in erronea hac opinione fui, mirabilem ali[1] quam in Lunae motu inaequalitatem latere, non animaduersam ab authoribus, eamque praecipuè circa Eclipses sese ostendere: quando Luna transit Eclipticam.

Adeoque operae praetium esse putaui monere et alios, si qui forsan hoc pelagus nauigabunt, vt ab hoc scopulo caueant.

Notabit igitur huiusmodi aliquis, primò PTOLEMAEVM lib. 6. capitibus vltimis apertè testari, se praecisionem summam hoc negocio non sequuturum: quare etiam inclinationes has ventorum plagis, non exquisitiùs notandas censuit. REINHOLDVS verò, quem MAGINVS secutus est, non ideò visas latitudines Lunae ad initium et finem prodit, quia visas appellat; quod diligenter nota. Nam exempla Eclipsium, et verior methodus computandi, probl. 25. proposita, et ipse PTOLEMAEI discursus super variatione parallaxium reclamant. Tabulam latitudinis Lunae REINHOLDVS ingreditur per motum Lunae, competentem scrupulis et articulis incidentiae et emersionis: inde affirmat se visas referre latitudines. At illa latitudinis tabula ex constanti angulo 5° graduum est extructa. Oporteret igitur latitudinis parallaxin à principio ad finem nihil variari, si verè excerpi possent visae latitudines, methodo REINHOLDI. At PTOLEMAEVS ipse affirmat et tabulae testantur, latitudinis parallaxes non mediocriter ad omnia momenta mutari. Non est ergò planè visa latitudo, sed quasi visa, quae per praeceptum 64. excerpitur. Nam adhibetur quidem parallaxis latitudinis; at ea non propria, sed translatitia ex medio ad deliquiorum terminos: Nec schema Eclipseos secundum praeceptum 65. Prutenicarum verum extruitur, sed prope verum. Vt-

1) 36′. 42″. 18) eumque

plurimum enim visibilis via Lunae duplo, triplo, quadruplo est obliquior ad Eclipticam, quare etiam obscuratio maxima, ab articulo visibilis coniunctionis secundùm longitudinem, differt amplius, et tempora ingressus et emersionis variantur.

Apponam autem hic experimentum ex obseruationibus WALTHERI, quod me diutissimè aberrantem in viam tandem reduxit. Vbi quod in coniunctionibus inque nodis fieri mirabar; idem tempore intermenstruo, Lunâ dimidiatâ, triginta septem gradibus à nodo remotâ visum aliquando didici.[1]

Refert ergò BERNHARDVS WALTHERVS, anno 1482. die 12. Ianuarii manè horis duabus cum dimidia ante Solis ortum visam sibi esse Lunam iam propemodum bisectam ad Saturnum aduolui, quem et postea cum circa meridianum versaretur, texerit. Descriptio sic habet. *Cum Luna fuerat in vltima quadratura, aut circa, vtique deficiebat ex parte occidentis. Et quando primò intuebatur, videlicet circa 2½ horas ante ortum Solis, fuerat ♌ orientalior, et vt apparuit, meridionalior Luna, distans per duas Lunas. Postea interuenerunt nubes, quod principium cernere non potui. Iudicaui autem pro certo, quod Luna cornu australi apprehensura erat Saturnum. Post quod autem reuidebam Saturnum, distabat in diametro ad duos digitos, vel circa à cornu septentrionali: et tum vice versa apparere reincepit: transiuere iam medium coeli. Eo verò tempore, quo medium huius eclipseos iudicaui, accepi altitudinem Lunae ferè in linea meridiana existentis, et reperi 32. grad.*

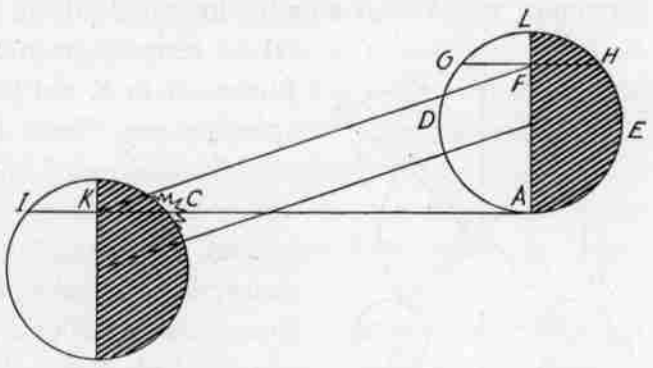
Id quod supra posui, videlicet Lunam primò Saturnum apprehensuram cornu australi, NON VIDETVR POSSIBILE, CONSIDERANDO VIAM LVNAE. *Sed hoc quidem euidenter apparuit, Saturnum in Diametro Lunae à cornu septentrionali per duos digitos aut circa distetisse.* Dignus est et author clarus et obseruatio diligens et imprimis id, cuius causâ hanc adducimus: vt non minus diligentiae in ea ponderanda adhibeamus.

Sit ergò diameter Lunae, seu sectio dirimens partem lucentem ab obscura AL. et sit E pars deficiens in partes Eclipticae (seu circuli maximi per Solem et Lunam) occidentales, D in partes orientales versus Solem. Ducatur ipsi LA ad rectos linea AC contingens Lunam in A. sitque AC. Cum ergò Luna paulò plus quadrante distet à Sole, circulus ergò magnus per AL continuatus transibit per polos et Eclipticae et circuli magni per centra luminum ducti, secabitque vtrumque ad rectos. Et illorum circulorum arcus circa hunc quadrantis locum erunt propemodum paralleli; secat verò AL et lineam AC ad rectos. Ergò AC et Eclipticae et circulo per lumina est quodammodo parallelos. Fiat AC dupla ad AL. secundum quod Saturnus ab initio visus est duabus Lunis abesse à Luna, et in C statuatur stella Saturni: quae hoc situ meridionalior sanè vide-

10 409 † 20 30 40

27) imprimis, id cuius 34) per AB

410 bitur Luna in AL (quia AC [1] est Eclipticae parallelos) et omnino in situ tali, vt si Lunae centrum directè versus D ad Solem accederet, cornu eius A Saturnum in C praecisè comprehensurum videatur. Iam quando Saturnus fuit retectus, quia tunc in diametro Lunae duobus digitis abesse visus fuit à cornu septentrionali, diuidatur AL 10 diametros in partes 6. sitque sexta, vel 2 digiti LF. et per F recta ad rectos ipsi LA ducatur, secans circumferentiam in G. H. et ipsi GH aequalis in AC porrò extendatur quae sit CI. et per C. I. puncta scribatur schema seu circulus Lunae. Cùm enim Luna, vt prius, in quadratura versetur, diametri seu termini luminosae partis in vtroque schemate manebunt proximè paralleli, et eidem CA ad rectos erunt. Et sic geometricè delineata erit haec WALTHERI obseruatio.



20 Bisecetur iam CI in K. et connectantur K.F. Aestimeturque diameter LA vtcunque, nempe 200000. erit LF pars sexta scilicet 33333. quare FA. 166667 et FH. vel KC 74528. CA verò 400000. Et tota igitur KA 474528. Vt verò KA ad sinum totum, sic AF ad tangentem anguli FKA. Ergò angulus FKA est 19°. 21′. angulus nempe, quem visibilis via puncti F. quae est FK facit cum Ecliptica, cui hic propemodum parallelos est KA.

Hic igitur etsi Luna non ita praecipiti motu in latum fertur, vt in ipsis nodis: quia tamen simul ad nodum descendentem tendit, simul ♐ et ♉ et ♒ oriuntur, per quae signa decrescit angulus inter Eclipticam 30 et horizontem, inque vicem crescit latitudinis parallaxis: vnde simul et vero motu et phantasia visus in Austrum fertur: ideo tale quid etiam WALTHERO exercitato Astronomo contigit, quod non tantum mirum ei videbatur, sed etiam fidem oculorum propriorum in dubium adducebat. [1]

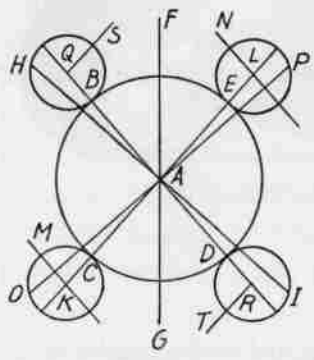
411 ## PROBLEMA XXXI

An possibile sit, principium alicuius Solaris defectus in ortum vergere, alterius finem in occasum: Lunae verò deficientis principium in occasum, alio tempore finem in ortum

Hoc est inter paradoxa à PLINIO proposita. Nam Solem ordinaria via ab occasu deficere conuenit sub principium: impleri ab ortu: Lunam

1) in AF

contra ab ortu incipere, ab occasu desinere. A Luna incipiamus. Centro A scribatur circulus vmbrae terrae BCDE. per A ducatur recta FG. repraesentans verticalem: per idem ducatur et HI arcus Eclipticae occasui proximus, vt FAH sit angulus inter Eclipticam et verticalem. Et ipsi HI ad rectos agatur KL. Quod si centrum Lunae est in K vel L. verae coniunctionis articulus erit. Tunc igitur aequet summa semidiametrorum Lunae et vmbrae, latitudinem Lunae veram, in K australem decrescentem, vt sit via Lunae KM versus Eclipticam; in L borealem crescentem, vt sit via Lunae LN ab Ecliptica. Vtrinque igitur aliqua particula Lunae deficiet (nam hac quoque correctiunculâ authores indigent in hoc quidem negocio) Luna enim paulò post K. et paulò ante L. centro A fit propior, propter obliquitatem viae Lunae ad Eclipticam: et in eo viae suae puncto, in quod ex A perpendicularis incidit, defectus est maximus. Et mensurae causa. Vt secans graduum 5 (latitudinis maximae) 100382 ad radium, ita summa semidiametrorum, quam assumemus 60 scrupula, ad distantiam centrorum in defectu maximo 59′. 46″. Ita 14″ incidunt in defectum: pars quidem exigua, non planè centesima. Nos tamen hic apices summos sequimur. Nihil prohibet, idem quod hic demonstramus, contingere, etiam cum Luna in K nonnihil vmbram delibauit. Erit autem in K principium, in L finis defectus, et C contactus circulorum, seu | nota defectus, verget in occasum ad dextram, vt et tota duratio: E verò finis verget in ortum. Vtrumque etiam in orientali arcu fieri potest. Sit enim OP arcus ortui vicinus, et FAP angulus, QR verò perpendicularis, et Luna in Q septentrionalis descendens, via SQ. in R verò australis, itidem descendens, seu à nodo recedens, via RT. Tunc illic B defectus in principio verget in occasum ad dextram: D verò finalis defectus in ortum. 412



Talis Lunae Eclipsis visa est nuperrimè 1603. 8. 18. Nouembris quae cum incepisset quasi 65°. gradibus à vertice ad sinistram numerando; desiit, vmbra non penitus ad verticem perueniente, sed adhuc ad sinistram vergente, versus ortum. Nam fuit in orientali quadrante meridionalis defectus, Luna descendente in meridiem.

Cepit decem minutis postquam culminasset dexter humerus Aquarii, cùm iam ante dimidiam horam lumen pallescens illa ipsa parte notaretur, vel paulò versus sinistram inferius. Cumque Sol fuerit in 25°. 55′. ♍. Hora hinc arguitur 6°. 21′.

Desiit tribus minutis postquam caput Andromedae culminasset. Ergò

horâ 8. 17′. Duratio 1°. 56′. TYCHONIS calculus prodit 2. 10′. Mihi sanè circa medium minus quartâ parte deesse putabatur: at contendebant alii plus quartâ parte delituisse. De circumferentia quidem minus ⅓. plus ¼ abesse censebatur. Consentiunt autem haec: defectum minorem, durationem breuiorem esse, quàm in calculo, et vmbram ad verticem non peruadere. Medium H. 7. 19′. quod ipsum minutum TYCHONIS calculus in Meridiano Huennensi exhibet, pro vera longitudinis coniunctione, quae nonnihil à medio Eclipsis differt.

Visa est circumferentia obtenebrata; cum vix viderentur clarissimae Pleiades, aliquot gradibus remotae: adeò clarè Luna etiam in vmbra illustrabatur: quod ad superiora refer.

Quod calculum attinet, is planè consentit huic phaenomeno. Nam h. 8. 17′ angulus inter verticalem et Eclipticam est 62°. 48′. in cuius sinum summa semidiametrorum 60′. 16″ (TYCHO enim vmbrae semidiametrum facit 44′. 6″. de quo suo loco) multiplicata, ostendit latitudinem
413 hoc momento 53′. 40″. quanta fuisset, si vm|bra planè in vertice desiisset. Iam ad sinistram exiguo cum declinarit, ergò et exiguo maior angulus inter Eclipticam et per centra euntem. Sit maior 5 gradibus, tanta scilicet declinatio ad sinistram. Ergò latitudo hoc momento 55′. 48″. In medio igitur, ante horam 53′. 20″ circiter, vnde sublata 44′. 6″. relinquunt 9′. 14″ de corpore Lunae in vmbra, paulò plus 3 digitis. Sic igitur et calculus hoc phaenomenon requirit. Similem ferè
† et TYCHO BRAHE vidit. Anno enim 94. 19. Oct. mane h. 5. 56. Luna in summo limbi, vel vt in altero obseruatorio pictura excepta fuit, paulum ad dextram obscurari cepit: quamuis is defectus occidentalioribus admodum magnus apparuerit. Luna igitur ab occasu cepit obscurari; et ab eadem plagâ (quamuis Huennae sub terrâ) rursum fuit impleta.

Sed in Solaribus euidentior est ratio et quantitas ob parallaxes. Nam si assumpseris angulum visibilis viae Lunae 20 graduum, quantus non semel iam euaserat: secans 106418 diuidens summam semidiametrorum, quae 30 assumatur tantummodo, constituit $28^{1}/_{5}$. reliquum $1^{4}/_{5}$ parùm abest à digiti quantitate. Itaque cum in ipso articulo coniunctionis visibilis summa semidiametrorum aequat visibilem Lunae latitudinem*, potest tamen digitus deficere.

Sufficit autem ad demonstrationem expediendam recensere rursum extrema occasionum, quibus hoc fieri contingit. Rursum igitur vt in Lunaribus, et quantum ad verum Lunae motum, requiritur Lunae latitudo vel septentrionalis decrescens, et Eclipsis in ortu: vel meridionalis decrescens, et Eclipsis in occasu, si Solis Eclipsis ab ortu incipere debet. Rursum si ab occasu desinere, Lunae latitudinem vel septentrionalem

crescentem esse oportet, Eclipsi in occasu, vel meridionalem crescentem, Eclipsi in ortu.

Sed quod parallaxes attinet, penes quas est principatus causae: considerandа sunt ea, quae capite nono sunt demonstrata, et inspicienda tabula COPERNICI angulorum horizontis. Oriente igitur Ariete incipiunt anguli crescere vsque in Libram, oriente Cancro crescunt maximè. Tunc igitur paralla[1]xis latitudinis decrescit maximè, et Luna, quocunque in signo super horizontem versans, visibiliter in Septentrionem fertur, plus quàm vero motu in Austrum, et multò plus, si etiam vero motu ascendat. Tunc igitur Sole versus occasum existente in parua Eclipsi australi, possibile est fieri, quod proponebatur, vt Sol ab ortu incipiat deficere. Contrà septentrionalis parua Eclipsis versus ortum existens poterit ab occasu impleri.

Contrà oriente Capricorno à Libra in Arietem, minuitur angulus horizontis, augetur parallaxis, Luna visibili motu fertur in austrum. Eclipses ergò septentrionales in quadrante orientali existentes, incipient ab ortu deficere: Australes in orientali quadrante, ab occasu desinent. Verum tamen haec causa tàm est euidens, vt in ipso penè meridie valeat, adiumento caeterarum. Nam in Meridie celeriter Luna retroagitur per visus phantasiam. Itaque ferè tantum in Septentrionem ascendere videtur, in signis quidem idoneis.

Anno 1599. 12. vel 22. Iulii manè in ipso exortu Solis visus est exiguus defectus Pragae à TYCHONE in ipso penè vertice corporis Solaris.

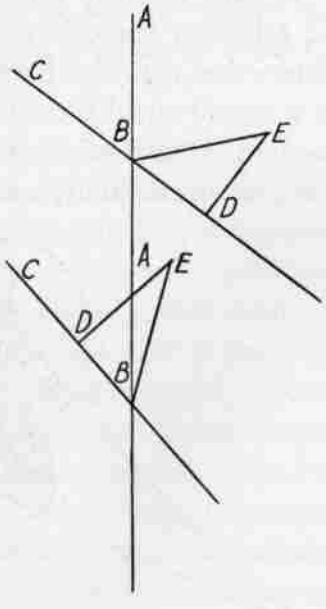
Cùm igitur Luna quidem vero motu descenderit versus nodum deuehentem, at contra per visus phantasiam plurimum in Septentrionem fuerit euecta, minutis latitudinis parallaxibus, quippe oriente Leone: igitur minima inclinatio, finis ad ortum spectauit. In climatibus igitur australibus, vbi minor defectus, necesse est, ab occasu stetisse defectum à principio ad finem. Anno 1593. 20. Maii Seruestae obseruatus est Sol ad duos digitos ab infra deficere; vergebat defectus initio parùm ad sinistram, in fine plus. Coepit igitur ab ortu Lunâ motu latitudinis in Septentrionem enitente. Huennae nihil visum est deficere, vt calculus tempus ostendit H. 2°. 40′.

Anno 1588. 16. Februarii Huennae post horam 1°. 32′ meridiei Sol deficere coepit; horâ 2°. 51′ desiit. Principio defectus pingitur circiter 36° gradibus à vertice ad dextram[1] declinare: qui cùm ascenderet, ad verticem tamen Solaris corporis non peruenit. Nam in fine inclinatio versus dextram et occasum pingitur adhuc 12. aut 15. graduum. Oriebatur Leo. Lunae vera latitudo Borealis decrescebat; ad visum tamen plus augebatur, minutis parallaxibus latitudinis. Contra per incrementa magna

5) horizontalis

parallaxeos longitudinis (augebatur enim et titulus, aucto angulo horizontis, et portio de titulo, quia Luna Nonagesimo propinqua) Luna in motu ab Occasu in Ortum plurimum retardabatur.

Sed ne qua restet dubitatio, ecce computabo inclinationes, quales videri oportuerit ad principium et finem. Fuit Sol in 7°. 17′ ♓. | 7°. 20′ ♓. Ascensio recta 339°. 0′. | 339°. 3′. Distantia temporalis à meridiano 23°. 0′. | 42°. 45′. Ergò Ascensio recta M. C. 2°. 0′. | 21°. 48′. Coelum mediant 2°. 11′ ♈. | 23°. 34′ ♈. quorum borealis declinatio 0°. 52′. | 9°. 12′. Altitudo poli 55°. 55′. Ergò culminantium punctorum altitudo 34°. 57′. | 43°. 17′. Oriuntur verò 1°. 56′ ♌. | 15°. 6′ ♌. Et horum quadrangula in Nonagesimo. Inter ergò Nonag. et culminans 29°. 45′ | 21°. 32′. Hinc distantia Nonagesimi à vertice 48°. 43′. | 42°. 31′. Excerpunt sub titulis 57′. 20″. parallaxeos Lunae à Sole, parallaxes latitudinis 43′. 5″. | 38′. 44″. Eorundem verò complementa 41°. 17′. | 47°. 29′. excerpunt titulos 37′. 49″. | 42′. 16″. Et quia Sol vel Luna proximè à Nonagesimo abest 54°. 39′. | 67°. 46′. his ergò sub titulis inuentis excerpuntur longitudinis parallaxes 31′. 1″. | 39′. 6″. Per easdem verò Solis à Nonagesimo distantias, anguli inter Eclipticam et verticalem prodeunt 54°. 24′. | 44°. 44′. Iam assumatur semidiameter Solis 15′. 20″. Lunae 15′. 58″. summa 31′. 18″. basis parui trianguli. Ex calculo TYCHONIS etiam assumatur latitudo 1°. 8′. | 1°. 5′. Hinc ablatae parallaxes latitudinis visibilem latitudinem relinquunt 24′. 55″. | 26′. 16″. alterum parui trianguli latus circa rectum. Ex basi et latere dantur anguli latitudini obiecti 52°. 45′. | 57°. 3′. Et vt consensus appareat, longitudinis latera veniunt indidem 19′. 0″. | 17′. 21″. illud ante, hoc post Solem. Illud subtractum à parallaxi longitudinis, hoc additum suae quodlibet, dant veras longitudines vltra | 416 Solem 12′. 1″. | 56′. 27″. Ergò horis 1°. 19′ motus Lunae verus 44′. 26″. horarius ergò ferè 34′. exiguo maior iusto, quod, vt semper initium iusto tardius obseruetur, finis maturior vero. Sed ad angulos: AB sit verticalis, CB Ecliptica. Angulus CBA 54°. 24′. | 44°. 44′. BE sit arcus per centra. Et EBD 52°. 45′. | 57°. 3′. Ergò ABD in principio Eclipsis est 125°. 36′. quare ABE 72°. 51′. In fine verò, quia ABC est 44°. 44′. et EBC 57°. 3′. maior, ergò EBA est excessus 12°. 19′. adhuc E ad dextram verticalis, seu versus



10) 55°. 3′. | 46°. 43′. 24) censensus

occasum stante, quod erat inquirendum ex calculo. Quod autem prior angulus prodit duplo maior meo, ex schematismis TYCHONIS excerpto, fieri puto ob vitiosam picturam, aut quod ego in metiendo pro duplo perperam simplum pronunciauerim.

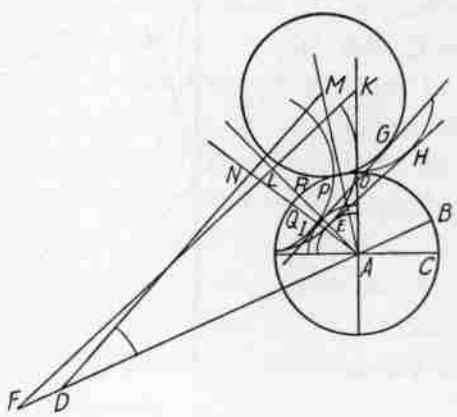
Planè similis Eclipsis visa est anno 1595. 23. Sept. vel 3. Octob. MOESTLINVS enim in disputatione de Eclipsibus anno 96. edita, thesi 53. sic describit illam. *Initio, paulò post meridiem, oram Solis deficientem à verticali non ad occasum sed ad ortum 9° gradibus declinasse: defecisse autem 2 digitos et dimidium, nihil vltra, diligenti obseruatione testante.* Haec Tubingae.

Argentorati, vt reperi in obseruationibus TYCHONIS, à quodam annotatum est, cepisse ante horam duodecimam, finitam horâ primâ praecisè. Schemata omnia ostendunt, vmbram semper à vertice ad sinistram declinasse.

Eandem Ego quoque Gratii obseruaui, cepit mihi praecisè in vertice, cum distantia Solis à vertice 51⅛°. quadrante paruo et ligneo. Cùm tres digiti mihi in radio deesse viderentur, distantia Solis erat 55° à vertice. Paulò post declinare videbatur defectus 15° gradibus. Lunae diameter minor Solari apparebat in radio. Vraniburgi finem eius obseruabant horâ 2. M. 5. Obscurabantur digiti quatuor. [1]

Erat in hac Eclipsi verus visusque motus Lunae in plagam eandem. 417
Luna enim voluebatur ad nodum deprimentem. Et oriente Sagittario et Capricorno, celerrimè decrescebat angulus horizontis, crescebat parallaxis latitudinis.

Et quia nuspiam sufficientibus circumstantiis est obseruata, frustrà ad calculum reuocabitur. Solum ex his datis occasionem captabimus aliter etiam expediendi problema 30. Angulus enim insignis est. Centro A scribatur circulus corporis Solis OC. in quo OA verticalem, AC horizontem, AB Eclipticam repraesentet, et OAB sit graduum 67°. Nam si OA esset meridianus, secaret AB in A 10. gradu ≃ (qui est locus Solis) angulo 66°. 48′. Iam verò OA est vltra meridiem versus Nonagesimum, ideò paulò rectior. Quia ergò MOESTLINO principium declinauit 9 gradibus ad ortum; ergò sit OP 9°. et ex A per P recta eiiciatur, ex P verò diameter Lunae PM extendatur et centro M scribatur PG circulus diametri Lunae. Et quia maxima obscuratio fuit 2½ digitorum, diuidatur ergò AQ se-



midiameter, vt QI sit 2½. IA 3½. et centro A diastemate AI circellus delineetur, quem tangat recta, quae eadem et circulum PG tangit, tactus sit in I. Ergò continuetur AI. et ex I semidiameter Lunae extendatur IN. connectatur MN. et continuetur ad communem sectionem cum BA Ecliptica, quae sit D. Erit MDA angulus visibilis viae Lunae 27 graduum ferè, vt mechanica ostendit. Quia enim principio centrum Lunae certò in M. ibit igitur viam aut altiorem MN. et sic non 2½ digitos teget, aut profundiorem, et sic plus teget. Ergò solam MND viam ire videbitur.

Ex mea obseruatione paulò minor prodit angulus, est enim, vti visibilis tantùm, ita diuersis locis diuersus. Et mihi et altitudo poli minor
418 et oriens vicinior erat. Supra enim probl. 27. in|ter Huennam et Gratium 4°. 30′ longitudinis erant. Deinde Probl. 29. inter Tubingam et Huennam 2°. 45′. Ergò inter Tubingam et Gratium 7°. 15′ circiter.

Cùm ergò mihi ceperit in vertice, continuetur AO. et sit OK semidiameter Lunae, OH circulus eius, RE digiti tres, EH tangens in E corpus Lunae, EL semidiameter Lunae, et puncta KL connectantur, haecque et Ecliptica continuentur, donec in F concurrant. Facient angulum circiter 20°. Nescio tamen an non maior defectus euaserit. Nam nubes dimidium temporis occuparunt, quae et finem, forsan et maximum defectum occultarunt.

PROBLEMA XXXII

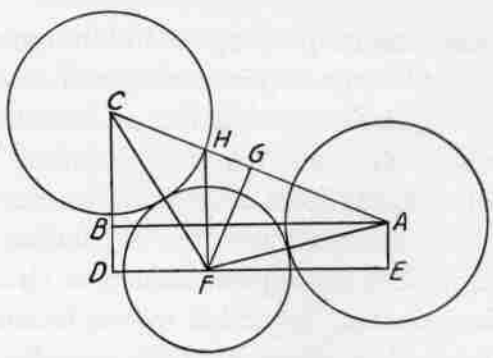
An iter visibile centri Lunae sit recta linea, hoc est, an ex principii et finis obseruatione quantitas maximi defectus citra errorem habeatur vsitata via? Hic agitur de correctione subiungenda Problemati 30. *et praeceptis vsitatis de formando typo Eclipseos*

Primùm illud satis clarum est, tam paruum spatium, quantulum Luna trihorio conficit, rectae aequiparari, etsi curua est circa centrum Terrae circumducta. Verùm de hoc iam non quaeritur: sed de illo, an centrum Lunae in eodem circulo magno spectetur toto tempore durationis? Dico non esse necesse, vt hoc fiat semper. Posse enim fieri incuruam viam. Nam quia ad Lunae viam concurrunt latitudo vera et parallaxis in longum et latum: quod veram quidem latitudinem attinet, ea circa nodos penè proportionatur confectis spatiis, itaque hic rectam lineam nihil turbat. Aequalibus enim temporibus quàm proximè aequaliter euehitur in plagas, aequaliter et prouehitur in ortum. Sed quia inaequaliter variantur longitudinis parallaxes genuina causa, et tantò celerius, quantò propiores Nonagesimo: itaque fieri potest, vt vera latitudo ae-

13) 4°. 30′ gradus

qualiter crescens, inaequaliter crescentibus visibilibus longitudinibus applicetur, fiatque hinc flexus viae. Id multò magis ob latitudinis parallaxes. Nam signa inaequaliter ascendunt, et trihorio fieri potest, vt angulus horizontis initio tardè, fine celeriter crescat: tardè igitur (secundùm demonstrata cap. 9.) initio, celeriter in fine variabuntur parallaxes latitu|dinis, et sic latitudo visa: vnde rursum compositam Lunae 419
viam flexuosam fieri contingit. Caeterùm differentiola quae hinc existit, non videtur sensibilis: nisi circa Meridianum et Nonagesimum. Quare exemplis agendum.

In Eclipsi anni 1598. persuadebar vidisse circa mediam obscurationem, quasi vnico momento temporis, Sole nubes penetrante, defectum magnum admodum, cornu scilicet residuum vehementer attenuatum: quantum quidem defectum me vidisse non est possibile, si visibilem Lunae viam rectam statuamus, et schema faciamus inde; multò minùs, si ea considerentur, quae supra TYCHO in hac Eclipsi obseruata nobis annotauerat. Hamburgi enim et in Dania maiorem oportuit esse, quàm in Styria, quia Septentrionalis fuit. Erant autem cornua ferè cernua in radio, supina in coelo; inclinata tamen parumper 10 gradibus ad aestimationem. Et IESSENIVS mihi ferè fidem fecerat, qui centrali proximam se Torgae vidisse affirmabat. Qua de re cùm anno 1598. ad MOESTLINVM scriberem, is nihil affirmare quidem, totum verò, quicquid verè mihi † apparuerit, in dubiam principii obseruationem et Parallaxes reiicere, nec obscurè huic ipsi Problemati subscribere. Caeterùm incidit hoc, cùm raptim haec species sit visa, an non papyrum inclinatam obiecerim radio, vnde Elliptica coni sectio speciem longioris, eoque et tenuioris cornu praebuerit. Nos tamen nihilominus consulemus calculum. Problemate 25. iter Lunae visibile fuit 55′. 43″. latitudo initio 1′. 57″ borea: fine 17′. 6″. Differentia 15′. 9″. In schemate Probl. 27. hîc repetito BC est 15′. 9″. BA 55′. 43″. ergò BAC 15°. 12′. 40″. et AC 57′. 44″ proximè, AG verò 28′. 52″. et AF 31′. 40″. Hinc FAG 24°. 16′. 35″. et FG centrorum distantia in maxima obscuratione 13′. 1″. Sed Lunae semidiameter est 16′. 22″. Ergò excedit centrum Solis 3′. 21″. minutis, quae | ad 15′. 18″ semidiametrum Solis 420
adiecta faciunt 18′. 39″. qualium 30′. 35″ sunt 12 digiti. Defecissent ergò digiti non plus $7^2/_5$. Minus etiam per calculatam finis latitudinem;



27) 26. 39) 18′. 38″.

idque tum, si principio planè insensibile quid defecisse statuamus. At si circiter vnum digitum defecisse dicamus, paulò propiora fient in medio centra, circiter 12″.

Faciam itaque periculum per parallaxes in maxima obscuratione: cuius punctum paulò est alio loco, quàm in coniunctionis visibilis puncto. Erecta enim ex F perpendicularis in DE. secat AC in H. Estque H visibilis coniunctionis locus, G verò maximae obscurationis, quia FH longior, quàm FG. cùm H angulus sit acutus, G rectus. Nec te turbet, quòd authores quantitatem obscurationis maximae in H metiuntur: faciunt enim id non accuratè, quod parùm referat. G verò medio loco est inter C. A. siquidem FC. FA aequales sumantur. Quod si visibilis motus et proportionalis esset tempori, maximae obscurationis tempus fuisset H. 11°. 41′. vel paulò ante. Horis 1°. 14′ Lunae motus est 40′. 29″. cui competit variatio latitudinis 3′. 24″. Vera verò fuit in principio 51′. 19″. vt est probl. 26. Iam ergò 54′. 43″. Ascensio recta Solis 347°. 51′. Aufer 4°. 45′ gradus, qui faciunt 19 minuta distantiae à meridie, restant 343°. 6′. Asc. recta M. C. cum qua coelum mediat 11°. 40′ ♐. eius declinatio 7°. 12′. 45″. addo ad altitudinem poli 47°. 2′. Erit MV 54°. 14′. 45″. Oritur verò 9°. 33′ ♋. Hinc MN 27°. 53′. Et VN 48°. 38′. exhibens ex titulis 59′. 30″. latitudin. parallaxin 44′. 40″. quae ablata à vera latitudine 54′. 43″. relinquit visibilem 10′. 3″. Complementum VN 41°. 22′. ostendit titulum 39′. 20″. Et quia Luna proximè cum Sole in 16°. 46′ ♐. ad visum, erit NS 22°. 47′. qui ex titulis inuentis exhibet parallaxin longitudinis 15′. 14″. Lunae verò verus motus ad horas 2. 28 inuentus est 1°. 19′. 15″. ad dimidium igitur 39′. 37″. Principio verò erat vero motu 25′. 26″ ante Solem. Ergò iam 14′. 11″ post Solem verè, et per parallaxin visibiliter 1′. 14″ ante Solem. At in schemate hîc repetito FGH et CBA sunt similia triangula, quare etiam HFG est 15°. 12⅔′. Itaque qualium FG 10′. 3″ (si ponas Lunam iam esse in G puncto maximae obscurationis, cum hac latitudine | visibili) talium esset GH distantia Lunae à puncto visibilis secundùm longum coniunctionis minutorum 2′. 45″. At quia Luna tantùm 1′. 14″ est ante H. ergò iam superauit G punctum maximae obscurationis, minutis temporis 3′. Et cùm crescat latitudo visibilis: ante 3′ igitur minuta temporis minor fuit quàm 10′. 3″. Differentia itaque latitudinis visae, quae ex computatione parallaxeon habetur, ab illa, quae ex diagrammate initii et finis, et proportionali medio habetur, est vltra 3′ minuta, seu $1^{1}/_{5}$ digitos. Defecerunt ergò plus quàm $8^{3}/_{5}$ digiti. Et sic probatum est, hoc in meridianis Eclipsibus satis esse euidens.

Quare supra Problem. 27. si relinquas hoc Tychonicis, aequalem fuisse oculorum fallaciam, non tantùm in principio et fine, sed etiam in ipso

6) perpendicularis in D 19) In 9°. 33′ ♋. Rechenfehler

medio: causa nihilominus erit, cur apparuerint 9⅔ digiti, plus scilicet quàm ex proportione initii et finis elicitur.

In Eclipsi anni 1590. cùm fuerit circa maximam obscurationem, distantia centrorum ad semidiametrum Solis fimbriatam, vt 59 ad 88. et qualium Sol est 24. talium Luna 23. Qualium ergò distantia centrorum est 59. talium diameter Lunae est 84⅓. Itaque in hac dimensione summa semidiametrorum est 172⅓. Ergò (ad exemplum probl. 28. et 29.) vt 172⅓ ad 59. sic 30′. 27″ ad 10′. 25″. quaesitam centrorum distantiam in vsitata dimensione. Et quia Lunae semidiameter 15′. 25″. ergò excessus 5′ pertingit vltra medietatem Solis. Fuerunt itaque digiti octo. Videbimus, quid sequatur, si proportionaliter agamus, quasi via Lunae fuerit linea recta.

Cùm igitur momentis duobus, altero ante, altero post medium, deficere visa sit semidiametros, et distantia centrorum fuerit 14′. 55″. ideoque longitudo 7′. 10″ ante Solem, et 12′. 21″ post Solem, summa seu iter visibile 19′. 31″. Latitudo illic 13′. 3″. hic 8′. 22″ australis, quare differentia 4′. 41″. Quare AC est 18′. 7″. AG verò 9′. 4″. et GF centrorum distantia 11′. 52″. Differentia ab obseruata 1′. 27″. Quare digiti fuissent tantum $7^{2}/_{5}$. Itaque si rectè habent, quae de obseruatis sunt consignata: etiam in hac Eclipsi defectus sensibiliter maior fuit eo, qui ex diagrammate et aequalis defectus momentis in medium deriuabatur. |

Vt autem hoc in dubiis exemplis constet, simul vt videat Lector, quae- 422
cunque ferè hactenus varias ob causas manca ex parte proposui; ea non ex obseruandi difficultate sic habere, aut in PLATONIS Rempubl. pertinere, sed adhibitâ curâ perfici omninò posse, subiungam iam duo clarissima exempla duarum postremarum Solis Eclipsium, quibus totius ferè artis, his 32 Problematibus traditae, specimen exhibebo.

Prius exemplum

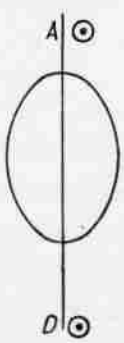
Anno 1600. die 30. Iunii, vel 10. Iulii Gratii Styriae instrumento ligneo, cuius descriptio planè extat Probl. 1. sub dio fui, circumiectâ scenâ. Cumque nondum esset diuisum instrumentum in suas particulas, notas 15 insculpsi cultello, easque ordine suis numeris insigniui, quaeque ad notas singulas in tabella viderentur, seorsim in papyro consignaui. Sed seriem obseruationis candidissimè tibi ex scheda descriptam exhibebo. Odi enim τὰς προσθαφαιρέσεις ἀτέχνους et infidas, quae vti- †
nam non praecipuas PTOLEMAEI obseruationes obsiderent. Ego quidem sic ista scribo, ac si persuasum habeam, in manus posteritatis ventura. Quare vt iudicium ei in vtramque partem sincerum et liberum relinquatur: nihil etiam vel simulandum vel dissimulandum erit.

16) 17′. 31″.

	Azimuthorum et altitudinis notae.	Anguli verticalis cum circulo per centra. Numerabantur ab infra versus occasum vsque ad indicem (qui stabat è regione vmbrae radii. Ergò in easdem partes cum Luna in coelo.)	Digiti in vmbra.	
	1.	62½. vel 72½..	0.	Initium. Regula texit notas denariorum.
	2.	58.	2⅓.	
	3.	52½.	3.	
	4.	46.		
	5.	34.	vltra 4.	
	6.	13. circiter.		
		Versus ortum.		
	7.	4.	6	circiter.
	8.	22. circiter.	6	plus putabam.
		Valdè pallidus et confusus.		
	9.	32.		
	10.	47.	5	circiter.
	11.	59.	infra 5.	
	12.	64.	4	circiter.
	13.	64. 15′ praecisè	3. 55′	
	14.	80.	vltra 2.	aestimando non mensurando.

Cùm iam (in radio) non amplius discernere possem, deficeretne quid, an secus, (deficiebat tamen adhuc ½ circiter, et pallor tantùm in causa fuit) verticalis angulus erat nondum 90°.

15. Paulò ante finem, nondum erat 90 in vertice.



Nota de his notis, azimuthorum indicibus et altitudinum: fine transtrum seu regula horizontalis propendebat, et altitudinem praebebat nimiam.

Tunc omnia schemata per tecti rimas hanc habebant formam in plano horizontis.

De Azimuthis et Altitudinibus ad haec 15 Momenta

Perfecta obseruatione quadrangulum meum Azimuthale diuisum fuit in altero latere in meridiem porrecto, in 2000 particulas, reliquo, quod in

ortum et occasum spectabat, vtrinque in 1200 earundem particularum. Hoc quadratum diebus antecedentibus vtcunque ad aestimationem, in meridiem direxeram, quo ita firmato, quaesiui via vsitata, per Solis antemeridianas et pomeridianas altitudines aequales vtrinque, verum azimuthalis plani meridiem, inuenique meridiem instrumenti versus occasum declinare, gr. 1°. 4′ minutis.[1] Atque eo subtracto arcu, ab in- 424
uentis per dinumerationem particularum arcubus, relinquebantur iusta Azimutha, seu verticalium per Solem euntium plagae in horizonte. Atque ne dubitarem de processu inuenti meridiei, ex distantia verticalium, qui eandem Solis altitudinem exhibebant, et cognita Solis declinatione, atque altitudine, quaesiui poli altitudinem. In triangulo enim inter P. Polum, V. Verticem, S. Solem, dabatur SV ex altitudine Solis, PS ex declinatione Solis, et SVP ex dimidio summae vtriusque Azimuthi. Quare et VP complementum altitudinis poli, quae prodiit 47°. 10′. sanè pro conditione huius operationis et instrumenti lignei, quàm proxime accedens ad veram altitudinem 47°. 2′. Itaque certus fuit meridies. Sequitur ordo dinumerationis.

		In linea versus ortum.	Ergò arcus reducti.		
Meridies.		37½.	1. 4.	0. 0.	Versus occasum.
Momentum	1.	751.	19. 31.	20. 35.	
temporis	2.	1171.	29. 17.	30. 21.	
		In linea versus meridiem.			
	3.	1830.	32. 11.	33. 15.	
	4.	1613.	35. 35.	36. 39.	
	5.	1374.	40. 4.	41. 8.	
	6.	1075.	47. 5.	48. 9.	
	7.	1003.	49. 3.	50. 7.	
	8.	874.	52. 52.	53. 56.	
	9.	828.	54. 20.	55. 24.	
	10.	745.	57. 6.	58. 10.	
	11.	678.	59. 28.	60. 32.	
	12.	637.	60. 58.	62. 2.	
	13.	524.	65. 21.	66. 25.	
	14.	474.	67. 23.	68. 27.	
	15.	431.	69. 11.	70. 15.[1]	

Quò minus autem eodem tempore et transtrum, columellam, regu- 425
lamque diuiderem, particulasque momentis interceptas dinumerarem,

domestica impediebant. Ante dies enim planè paucos è Bohemia redieram, intereaque instrumentum apparaueram: et iam statim cum familia me ad nouum iter Pragam versus parabam. Itaque anno 1601. cum in Styriam redissem, instrumentum, quod reliqueram, illaesum repertum, per ocium examinaui diligenter. Qualium igitur columella seu cathetus habebat 5040. talium habebat

	Hypotenusa seu regula	Basis seu transtrum	Hinc prodit cathetos	Respondent distantiae Solis à vertice per Hypoten.	Per basin	Hae altitudines dant Azimutha	Peccant ergò superiora Azimutha
1	5604	2450	5040	25. 56.	25. 56.	20. 18.	17. +
2	5679	2615	5041	27. 27.	27. 25.	30. 21.	0.
3	5706	2677	5039	27. 58.	27. 58.	33. 8.	7. +
4	5740	2750	5038	28. 36.	28. 37.	36. 2.	37. +
5	5813	2896	5040	29. 53.	29. 53.	41. 8.	0.
6	5957	3173	5041	32. 12.	32. 12.	48. 32.	23. —
7	6012	3265	5048	33. 2.	32. 56.	50. 40.	33. —
8	6116	3468	5038	34. 30.	34. 32.	54. 30.	34. —
9	6160	3537	5043	35. 6.	35. 3.	55. 48.	24. —
10	6266	3723	5040	36. 27.	36. 27.	58. 46.	36. —
11	6369	3893	5041	37. 42.	37. 41.	60. 15.	17. +
12	6444	4014	5042	38. 33.	38. 32.	62. 52.	50. —
13	6692	4393	5047	41. 8.	41. 5	67. 19.	54. —
14	6850	4635	5044	42. 38.	42. 36.	68. 24.	3. +
15	6964	4797	5048 debuit vbique esse 5040	43. 38.	43. 35.	71. 15.	60. — 1

426 Patet igitur, ad translationem transtri, cardine columellae firmiusculè haerente, secutum instrumentum, vi reuulsum, retinaculis remittentibus, idque post 5 momentum. Error tamen in tempore permodicus. At contra momentis vltimis trabs, à qua scenam suspenderam, occurrentem translatione regulam impediuit modico, quò minus Solis descensum eleuatione assequeretur. Quod si in fine tempus ex altitudine, iterumque ex Azimutho extruas, differentiam inuenies 4 minutorum. Altitudo enim dat horam 2°. 59′. 36″. Azimuth horam 2°. 55′. 23″. Ac cùm certum sit, vtrumque in errorculo esse, azimuth et altitudinem: medium 2°. 57½′ pro vero assumptum, non vno minuto aberit ab ipsa veritate.

11) In 20. 18. Rechenfehler 14) 27. — 38) dimidium (statt medium)

In caeteris ab altitudinibus sto, Azimuthis testimonium eminùs perhibentibus. Haec adeò diligenter, cum quia super hac Eclipsi ceu angulari lapide fundamenta demonstrationum lunarium poni poterunt; tum quia mihi cum TYCHONE BRAHE p. m. super tempore initi' nonnulla fuit altercatio; qui occasione leuicula capta, totam temporum fidem in dubium vocabat. At non dubito, si, quoad ipsi consensum hunc ostendissem, vitam ipse continuasset: quin se praebiturus fuisset. Tempora igitur sic habent, vnà cum necessariis ex motu primo, secundùm superiora problemata. Declinatio Solis 22°. 17'. et ob parallaxin 16'. Alt. poli 47°. 2'.

Momentum	Horae	Puncta culminantia	In Nonagesimo	Distantia eius à vertice	Solis à Nonagesimo	Angulus inter verticalem et Eclipticam	Inter Eclipticam et circulum per centra
1	12. 37. 44.	27. 2. ♋	21. 31. ♋	25. 40.	3. 22.	83. 2.	20. 32.
2	12. 58. 16.	1. 59. ♌	24. 24. ♋	26. 16.	7. 14.	75. 41.	17. 41.
3	1. 4. 20.	3. 27. ♌	26. 32. ♋	26. 46.	8. 22.	73. 53.	21. 23.
4	1. 10. 52.	5. 3. ♌	27. 45. ♋	27. 5.	9. 35.	71. 58.	25. 58.
5	1. 22. 56.	8. 0. ♌	29. 57. ♋	27. 39.	11. 46.	68. 44.	34. 44.
6	1. 42. 40.	12. 54. ♌	3. 35. ♌	28. 37.	15. 24.	64. 4.	51. 4.
7	1. 48. 16.	14. 18. ♌	4. 38. ♌	29. 0.	16. 26.	62. 58.	66. 58.
8	1. 59. 36.	17. 10. ♌	6. 42. ♌	29. 39.	18. 30.	60. 51.	82. 51.
9	2. 3. 36.	18. 10. ♌	7. 27. ♌	29. 54.	19. 15.	60. 10.	Ad ortum 87. 50.
10	2. 13. 8.	20. 36. ♌	9. 13. ♌	30. 29.	21. 0.	58. 40.	74. 20.
11	2. 21. 32.	22. 47. ♌	10. 45. ♌	30. 58.	22. 32.	57. 26.	63. 34.
12	2. 26.	23. 56. ♌	11. 35. ♌	31. 19.	23. 21.	56. 55.	58. 50.
13	2. 42.	28. 4. ♌	14. 32. ♌	32. 26.	26. 18.	55. 7.	44. 53.
14	2. 53. 20.	1. 3. ♍	16. 38. ♌	33. 10.	28. 23.	53. 58.	inter 46. 2. et 36. 2.
15	2. 57. 30.	2. 18. ♍	17. 31. ♌	33. 36.	29. 16.	53. 40.	inter 46. 20. et 36. 20.

Medium ergò aestimatum ex initio et fine mihi Gratii H. 1°. 47½'. duratio 2°. 20'. Tychonicis in arce Benatek, quae 5 Germanicis milliaribus versus Euroaquilonem abest Pragâ: Medium fuit H. 1°. 46½'. duratio horarum 2°. 1'. Digiti ipsis censebantur circiter 5. cùm mihi etiam in radio 6⅓ apparuerint, quare post enucleationem 7½.

16) Die ganze Zeile fehlerhaft 35) Tychonici 37) horarium

Atqui non debuit TYCHO BRAHE metuere, ne mea obseruatione sua subuerteretur, neque ex sua meam arguere, aut absurdum existimare, mihi orientaliori visum initium Horâ 12. 37½. sibi occidentaliori Horâ 12. 46. Nam et meridionalior fui gradibus 3. totidemque ferè scrupulis tectiorem Solem vidi, quare initium maturius, finem serius: et me tenebrae sub scena in dignoscendo initio et fine adiuuerunt: ipsorum aciem oculorum rationes opticae supra explicatae, et in duratione et in quantitate nonnihil fefellerunt. Nec circino, vt ego, vti potuerunt, sola aestimatione fallaci subnixi.

MOESTLINVS Tubingae nubibus vtplurimum impeditus *hoc* ait *vnum excepi, quod notabiliter vltra medium Sol defecerit.* Hoc idem | quidam et 428
Witebergae annotarunt, quae 2 gradibus est septentrionalior. Sanè pro diuersitate visuum ista.

De diametri Lunae aestimatione per hanc Eclipsin vide supra probl. 12.

Fuit autem, vt vides, cùm ex tabella hac, tùm ex digitis, maxima obscuratio inter horam 2°. 0′. et 2°. 3½′. propius huic: circiter ergò horam 2°. 3′ coniunctio visibilis secundum longitudinem, per dimidiam horam propior fini quàm principio. Nam incrementa parallaxium longitudinis decrescunt post meridiem. Et quia Sol in 18° ♋. semidiameter eius erit 15′. 1″. Lunae verò anomalia simplex sig. 8. 14°. 30′. per eccentricitatem 4336. ostendit semidiametrum 16′. 10″. qualium in apogaeo est 15′. 15″. Ergò summa semidiametrorum 31′. 11″. Haec est centrorum distantia in principio et fine Eclipseos.

Vt autem haec eadem habeatur etiam in momentis caeteris, nota quod in his problematis ex cap. 2. non semel repetitum est digitos deficientes in ampliato radio numerare veram centrorum appropinquationem. Sunt verò digiti deficientes in radio, partes duodecimae de ampliato radio: Et radius Solis ampliatus, vt supra Probl. 2. indicatum, habuit 105½. verius 106. In secundo igitur momento et reliquis, quibus notati digiti, particulae hae dantur. Abiectae igitur de 53 semiradio, vna cum 8¼ semidiametro fenestrae, relinquunt particulas vsque ad centrum Solis superstites, quae quot valeant minuta, ex enucleato radio habebitur, qui est 89½. Nam si 89½ sunt 30′. 1″. quantum igitur efficient residuae ad centrum? Quicquid hic prodit, ad Lunae semidiametrum adiectum, constituit veram centrorum distantiam. At si summa particularum ex semidiametro fenestellae et digitis collectarum, superat particulas semidiametri radii, excessus in minuta gradus redactus, auferendus erit à Lunae semidiametro, vt rursum vera centrorum distantia habeatur.

His sic constitutis, et adhibito angulo, quem vltimo repereramus, constituitur visibilis longitudo et latitudo ad omnia momenta, quae in tabella hac adhibeo.[1]

Momento	Particulae deficientes	Residua ad centrum	Valor	Distantia centrorum	Visa latitudo australis	Visa longitudo ante ☉
1	2. circiter	42¾ circit.	14′ 16″	30′ 26″ circit.	10′ 40″	28′ 31″
					vel 5. 34.	vel 29. 56.
2	20½.	24¼.	8. 8.	24. 18.	7. 22.	23. 10.
3	26½.	18¼.	6. 7.	22. 17.	8. 7.	20. 45.
5	35. vltra	9¾. minus. Excessus.	3. 12.	19. 22. minus.	11. 1.	15. 55.
7	53. circiter	8¼. circit.	2. 42.	13. 28. circit.	12. 24.	5. 16.
8	53. plus vidi.	8¼. plus.	2. 42.	13. 28. minus.	13. 23.	1. 40.
						Post ☉
10	44. circiter	¾. circit.	0. 11.	16. 21. circit.	15. 44.	4. 26.
11	44. infra	¾. plus.	0. 11.	16. 21. plus.	14. 43. pl.	7. 17.
12	35. / 34½.	9¾. / 10¼.	3. 12. / 3. 22.	19. 22. / 19. 32.	16. 43.	9. 58.
13	18. vltra	26¾.	8. 54.	25. 4.	17. 40.	17. 42.
14	4½. circiter	40¼.	13. 25.	29. 35.	inter 21. 18. / et 17. 24.	20. 34. / 23. 56.
15	0	44¾.	15. 0.	31. 11.	inter 22. 34. / et 18. 28.	21. 34. / 25. 8.

Vides initio, quid prosit, plura habere momenta, praeter initium et finem. Nam nisi statim alterum momentum, et ex eo reliqua, primum fulcirent consensu suo, intra 5 minuta latitudinis initialis in eo dubio fuissem relictus, in quod ex oscitanti numeratione inclinationis incideram, vnum denarium graduum praetereundo.

Vides et secundò, in momento vndecimo quàm facile prodatur error. Nam in annotatione est, infra 5 digitos fuisse in defectu. Hic itaque ex praesupposito 5 praecisè digitorum omninò fieret visibilis latitudo retrograda et decrescens. Quare benè est, plus hac latitudine ex obseruationis modulo requiri.[1]

Tertiò manifestè patet, maximam obscurationem fuisse momento 7. et 8. cùm Luna nondum esset Soli coniuncta visibiliter, secundum longitudinem. Digiti in radio 6⅓. in coelo post enucleationem 7½.

Quartò angulus visibilis latitudinis insignis est, quod patet ex momento primo et tredecimo certis. Differentia enim latitudinum est 12′. 6″. dum Luna visibiliter conficit 47′. 38″ longitudinis. Angulus ergò visae latitudinis 14°. 16′. Crescebat enim parallaxis latitudinis, simul etiam descendebat Luna vero motu in Austrum. Quod verò maior hic

angulus non fuit, in causa est altitudo signi, in quo parallaxes paruae, et ipsa incrementa modica.

Quintò via Lunae visibilis inflexa fuit, quod patet ex 1. 8. et 13. momentis. Nam si 1. et 8. comparentur, Luna per 28′. 16″ longitudinis visibilis, visibiliter euecta fuit in altum 7′. 49″. Angulus igitur latitudinis 15°. 27′ maior, quàm antea ex 1. et 13. momentis.

Quorsum haec Eclipsis nobis in probandis Lunae motibus sit vtilis, cuius causâ tantum operae posuimus in enucleanda illa: sequetur in parte altera, quorsum etiam parallaxes huius Eclipseos reseruantur.

Alterum exemplum

Anno 1601. 14. 24. Decembris, Pragae Bohemorum spectauimus Eclipsin Solis septentrionalem pomeridianam, modo eo qui sequitur.

Tabellas meas è Styria mecum adduxeram vnà cum mensura pedis, qua regulam eiusdem cum Styriaca longitudinis comparaui. Conclaue erat apprimè obscurum. Regula cum tabella nitebatur transuersali, eoque in planum verticalis surrigebatur, vt probl. 15. dictum, crassitie muri non ferente totum instrumenti, primò descripti, apparatum. Quin et fenestra sub finem mutanda fuit, Sole nimis obliquè meridionalem murum feriente.

Tempora non ex altitudine Solis, sed compendiosius per horologium Tychonicum, cum minutorum et secundorum indice, annotata sunt. Eius horologii periculum nocte antecedenti feceramus, an iustae esset celeritatis, obseruatis transitibus fixarum: et in meridie antecedenti, indice ad horae 12. punctum firmato, tàm diu motum eius impediuimus, donec Solis centrum per quadrantes Tychonicos in meridiem venisset. Quin et per paruum quadrantem orichalcicum sesquipedalem, inter initia, Azimutha Solis, rudiori Minerua notauimus. [1]

17) descripsi

Sequitur ergò descriptum schedae, in qua obseruationes consignatae, sincera fide 431

Hora	Azimuth parui quadrantis		Inclinatio verticalis. Index ab infra versus occasum in instrumento: cum coelo igitur:
12.	1. Versus ortum circiter.		
12. 59. 0.	12. 30. versus occ.		
1. 11. 40.	15. 20.		
1. 17. 30.	. . . . .	Initium.	
1. 18. 45.	. . . . .	. . . . .	70. plus: intellige 72. vt in seq.
1. 23. 15.	. . . . .	. . . . .	72.
1. 24. 30.	. . . . .	Digitus 1. .	72. subintellige ex antecedenti.
1. 25. 15.	18. 30.	. . . . .	75. incerta.
1. 30. 0.	. . . . .	. . . . .	72.
1. 35. 30.	21. 40.	Digiti 2. .	72.
1. 42. 0.	. . . . .	. . . . .	74. 15. certior.
1. 44. 30.	23. 0.	Digiti 3. .	76.
2. 20. 30.	. . . . .	Digiti 6⅓. .	86.
2. 23. 30.	. . . . .	. . . . .	90.
			Sursum retrorsum.
2. 30. 0.	. . . . .	Digiti 7⅓ .	84.
2. 43. 30.	. . . . .	Digiti 7⅔..	79.
2. 53. 0.	. . . . .	Digiti 8. .	19. †
3. 0. 0.	. . . . .	Digitis 8 minus. Sunto 7⅔.	Nondum nihil.
3. 6. 0.	. . . . .	. . . . .	7.
3. 9. 30.	. . . . .	Digiti 6⅔..	14.
3. 15. 0.	. . . . .	Digiti 6 circiter.	
3. 21. 0.	Sol strinxit horizontem visibilem alt. aliquot graduum.	Digiti 5½..	25. circiter. Solis enim limbus superior post nubem, inferior post montem erat.

Lunula mea capiebat 30'. qualium Sol 31'. sed vmbra sensibiliter eam superauit. Vide Probl. 13.

26) 2. 53. 30.

Azimutha quinque, gradu vno aucta, quo instrumentum declinauit à meridie in ortum, ostendunt tempora.[1]

432 Minus iusto.

12. 56. 50.	2′. 10″.
† 1. 8. 44.	2′. 56″.
1. 22. 36.	2′. 39″.
1. 35. 0.	0′. 30″.
1. 42. 28.	2′. 2″.

Quo arguitur declinationem instrumentuli paulò maiorem fuisse, circiter $1\frac{1}{2}°$ ad ortum. At dimidium gradus internosci commodè non potuit, in tàm paruo instrumento et negotio hoc, vt Sol planum instrumenti vtrinque aequaliter illuminet.

Sequuntur necessaria ex motu primo

Horae	Culminatio	In Nonagesimo	Distantia Nonagesimi à vertice	Distantia Solis à Nonagesimo	Angulus inter verticalem et Eclipticam	Angulus inter Eclipticam et circulum per centra
						Australis
1. $17\frac{1}{2}$.	20. 45. ♐	15. 44. ♒	70. 4.	42. 51.	76. 9.	6. 9. minus, intell. 4. 9.
1. $18\frac{3}{4}$.	21. 17. ♐	16. 41. ♒	69. 50.	43. 48.	75. 44.	5. 44. minus, intell. 3. 44.
1. $23\frac{1}{4}$.	22. 6. ♐	18. 8. ♒	69. 39.	45. 15.	75. 15.	3. 15.
1. $24\frac{1}{2}$.	22. 26. ♐	19. 40. ♒	69. 21.	46. 46.	74. 52.	2. 52.
1. $35\frac{1}{2}$.	25. 2. ♐	23. 0. ♒	68. 37.	50. 6.	73. 17.	1. 17.
						Borealis.
1. $44\frac{1}{2}$.	27. 10. ♐	26. 22. ♒	67. 58.	53. 27.	71. 59.	4. 1.
2. $20\frac{1}{2}$.	5. 51. ♒	8. 24. ♓	64. 46.	65. 29.	66. 47.	19. 13.
2. 30.	8. 11. ♒	11. 17. ♓	63. 53.	68. 21.	65. 30.	30. 30.
2. $43\frac{1}{2}$.	11. 32. ♒	15. 8. ♓	62. 36.	72. 22.	63. 43.	37. 17.
						Iam versus ortum.
2. 53.	13. 54. ♒	17. 44. ♓	61. 40.	74. 47.	62. 31.	81. 31.
3. 0.	15. 39. ♒	19. 35. ♓	60. 59.	76. 38.	61. 39.	inter 80. 39. et 61. 39.
3. $9\frac{1}{2}$.	18. 5. ♒	22. 3. ♓	60. 3.	79. 5.	60. 30.	46. 30.
3. 15.	19. 38. ♒	23. 25. ♓	59. 31.	80. 27.	59. 22.	inter 45. 52. et 34. 52.
3. 21.	21. 1. ♒	24. 26. ♓	58. 54.	81. 57.	59. 8.	34. 8. [1]

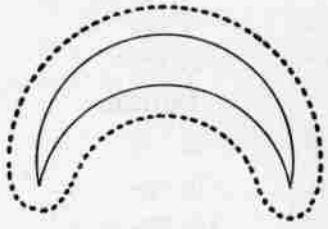
433 Diametros Solis fimbriata particulas obtinuit 110. Lunae seu vmbrae 75. de quo vide Probl. 13. Summae semissis $92\frac{1}{2}$. Quicquid igitur in

5) 1. 0. 44. 15–18) inter verticem et Eclipticam

defectu fuerit, hinc auferetur, restabit vera distantia centrorum in nostris particulis. Comparanda tamen non ad 110 fimbriatae diametri quantitatem, sed ad 93½ enucleatae: hac argumentatione. Si 93½ efficiunt 31 scrupula, quid nostra residua? Hae verò centrorum distantiae secundum angulos eius cum Ecliptica, eorumque complementa, per nostram parallacticam in longum et latum deducentur in subiecta tabella.

Horae	Distantia centrorum	Latitudo visa australis	Longitudo visa
		Intellige.	Intellige.
1. 17. 30.	30. 40.	3′. 17″. minus. 2′ 14″	30′. 30″. plus. 30′. 35″.
1. 24. 30.	27. 38.	. . . . . 1. 26.	. . . . . 27. 36.
1. 35. 30.	24. 33.	. . . . . 0. 32.	. . . . . 24. 32.
		Boreal.	
1. 44. 30.	21. 33.	. . . . . 1. 30.	. . . . . 21. 30.
2. 20. 30.	11. 25.	. . . . . 3. 46.	. . . . . 10. 47.
2. 30. 0.	8. 25.	. . . . . 4. 16.	. . . . . 7. 15.
2. 43. 30.	7. 24.	. . . . . 4. 30.	. . . . . 5. 53.
			vltra Solem.
2. 53. 0.	6. 22.	. . . . . 6. 19.	. . . . . 0. 56.
3. 0. 0.	6. 22. pl.	inter 6. 18. plus, et 5. 36. pl.	inter 1′. 2″. plus, et 3′. 1″. pl.
	Sunto 7. 24.	Sunto inter 7. 19. et 6. 31.	inter 1. 12. . . et 3. 38.
3. 9. 30.	10. 28.	. . . . . 7. 35.	. . . . . 7. 26.
3. 15. 0.	12. 26. cir.	inter 8. 56. . . et 7. 7.	inter 8. 37. . . . et 10. 12.
3. 21. 0.	13. 58.	. . . . . 7. 50.	. . . . . 11. 33.

Hic quia defectus valdè magnus, et in medio distantia centrorum exigua, parùm itaque differunt articuli maximae obscurationis et visibilis coniunctionis secundum longitudinem. Fuit haec H. 2°. 51′. illa paulò ante. Defectus igitur exiguo maior 8 digitis in radio. Aufer 6′. 22″ distantiam centrorum, et eo minus, à 15′. 15″ semidiametro Lunae, restant 8′. 53″ plus, [1] quibus addita semidiametro Solis, efficit 24′. 23″ particulas deficientes et plus, quae sunt in coelo digiti 9½ ferè, aut eo amplius. Fuitque species defectus planè ista in radio, vbi lineae interiores verissimam defectus speciem post enucleationem radii exhibent.



Via Lunae rursum inflexa est. Nam si 30′. 35″. et 0′. 56″. illud ex H. 1°. 17½′. hoc ex H. 2°. 53′ iungas, iter longitudinis est 31′. 31″. Iunctis latitudinibus, est iter latitudinis 8′. 33″. Angulus ergò 15°. 11′. si idem cum H. 1°. 17½′. et H. 3°. 21′ agas, angulus fiet 13°. 26′. Ita hactenus semper in medio defectus est maior, quàm ex initio et fine colligitur.

39) Angelus

SEQVVNTVR NOTAE ALIQVAE

quibus obscuriora nonnulla loca, quae inter relegendum occurrebant, illustrantur. Tu, lector, cuius hoc causa feci, boni quaeso consule.

Ad pag. 10. Consecutio est in origine vocis pellucidum. Excipiuntur autem Nigra in summo gradu, quae etsi vna, pellucida tamen non sunt, propter accidens summi nigroris, vt sequitur prop. 17. Et cum hac limitatione accipe vocem, colorata, lineâ sequenti 30. Vbi etiam color summè albus excipitur, non quatenus color, sed per accidens, quatenus is non nisi per confragosa corpora (quae pellucida non sunt) repraesentari potest. Quòd verò l. 28. et p. 13. l. 4. ARISTOTELI tribuo hanc sententiam; causa est, quod is loco citato postquam dixisset de Aqua, Aëre, et si qua alia sic dicerentur (pellucida nempe) subiungit: ἐν τούτοις δὲ ἔστη, καὶ ἄλλοις σώμασιν ἐνυπάρχει, τοῖς μὲν μᾶλλον, τοῖς δὲ ἧττον. Videbatur dicere, praeter ea quae communiter pellucida dicerentur, reliquis etiam corporibus inesse hanc naturam secundum magis et minus. Quodsi te distinctio verior aliter docet, exue hanc sententiam authoritate Philosophi, mihique nudam remitte.

Ad pag. 11. ad prop. 15. Cum haec definitio competat coloribus secundum magis et minus, minimùm igitur competit Nigerrimo. Nam is est colorum omnium terminus: et habet se ad colores, vt punctum se habet ad lineam, ad quantitates pertinens, quamuis quantitas non sit. Ita et Nigerrimus color luce potentiali omni destituitur, merisque tenebris materiatis constat. Et radians in obscuram cameram, non pingit parietem nigro, sed cinereo; nec agnosceretur, nisi circumdaretur speciebus aliorum colorum. Itaque penè tantum sub ratione, deficientis penè omnis radiationis: in picturâ parietis agnoscitur. Superest tamen, quod mireris, tantum posse materiam, vt per eam lux hostem suum, nigrum colorem, hoc est, meras tenebras radiosas, seque ipsas nonnihil in superficie obiecta pingentes constituat.

Ad prop. 22. fol. 21. 22. Quomodo oriatur haec quarta lucis species, communicata nempe, vbi lux Solis ex vna sola plaga allabens, ita fit propria superficiebus seu laeuibus coloratis, seu asperis; vt non tantum orbiculariter spargatur (cum solummodo in latus à Sole auersum spargi debuerit, si mansisset simplex repercussa) sed etiam colorem superficiei suae induat: huius inquam ortus dixi modos duos: quibus nescio quo pacto mihi ipsi non planè satisfacio. Alter vtitur repercussu, refractione, pelluciditate per omnia corpora quadamtenus eunte, penetratione lucis Solaris, vel diei in aliqualem profunditatem, quae omnia nondum viden-

tur planè sufficere. Alter dicit quidem aliquid, sed modum non indicat. Itaque vti est occulta ratio, quomodo lux et tenebrae materiae vinculis astringi possint: ita videtur etiam hoc etiamnum quaerendum; quomodo à luce aduentitia è materia rursum eliciantur, et quasi fax de face incendantur: fiatne id principiis hactenus vel assumptis vel demonstratis, an verò insuper aliis. Hoc problema Opticis et Philosophis esto propositum. Ii considerabunt etiam, an quae hoc pacto radiosa constituuntur, ex eorum numero haberi possint, quibus competit | summus 456
densitatis gradus. Nam etiam summè densorum lucida si fuerint puncta singula, pro se quodque radiat orbiculariter.

Ad prop. 24. 25. pag. 23. Quod in repercussu non coloretur lux, experimento constat facili, si aliquot ordine patellis, variorum colorum humores (aequaliter tamen puros) Soli exposueris; sic, vt repercussus in locum feratur vmbrosum, et super albam superficiem. Ita his experimentis fit euidens, colores non esse in superficie, sed in profundo: proinde elucere, atque ideò in materia quadamtenus pellucida haerere. Omninò corpus requirunt colores, non minus atque infra cap. 6. lux. Quod autem nihilominus corpora repercutientia, communicatam suam lucem orbiculariter sparsam, etiam repercussae intermisceant, patet in radiationibus seu illustrationibus debilioribus: vt, specula quaedam metallica faciem repraesentant rubicundam, quia scilicet sui coloris radio simplici illustrant et tingunt retiformem, non multò debilius, quàm faciei radius duplex, siue repercussus à speculo. Hinc per 28. fit mixtio ex vtroque et nouus color, in oculo.

Proinde prop. 25. color in superficie non aliter statuitur, quàm supra prop. 13. densitas. Estque sensus: quòd hactenus quidem lux, vtpote quaedam superficies, passa sit à densitate solius superficiei, quia densitas corpulentiae nihil habebat cum illa commune. Iam verò color omnis, per totam corporis profunditatem, luci partim cognatus est, ob lucem potentialem, partim contrarius, ob intermixtas tenebras. Per totam igitur corpulentiam pellucidi lux à colore afficitur, non tantum in traiectu superficiei, cùm refringitur.

Ad pag. 24. Propositio 31. cum suo corollario fertur propriè ad cap. 5. et causam coloris in Retiformi reddendam.

Ad pag. 32. Dari dico casum non actu vnquam, sed fictione; posito nempe, quod solus Sol luceat. Reuerà enim nunquam accidit, vt solus Sol luceat; nam collucet omnis aër, omnisque tellus.

Ad pag. 37. Radii vox iam porrò ferè semper sumitur pro portione, seu figura lucis in superficiem per aliquam fenestram seu foramen allapsae et figuratae.|

437 Ad 79. pag. et ad pag. 83. et ad prop. 9. à pag. 116 ad 120. Duplex est vaporis omnis ratio, alia cùm surgit ex terrae visceribus, calore quodam terreno subuectus: tunc enim et naturam habet ascendendi, ebullitque ex montanis, instar fontis, et à fastigio ebullitionis in decliuia circulo diffunditur, primum atque frigus montanum patitur, gignitque ferè ventos hoc pacto. In hoc itaque statu pellucidus est, instar aquae. Propterea stellarum lumina tunc grandia apparent et scintillant multum: quo indicio ventos, et hyeme resolutionem frigoris, instare scitur.

Alia item ratio est vaporis consistentis et frigefacti, qui haeret iners vno loco, mistus fumis crassioribus, per quem stellarum lumina obscura rubea, et vt VIRGILIVS ait, ferruginea apparent, qui pellucidus nequaquam est.

Illud genus rarum et momentaneum; hoc quotidianum et perenne. Illud ferè montes obsidet, hoc promiscuè omnem terrarum faciem tegit.

Cùm itaque nego, vapores concurrere ad formandas refractiones, de hoc posteriori genere intelligo: quia hoc pro causa perpetua adducebatur ab authoribus huius opinionis, etiam coelo serenissimo. At prius vaporum genus ipse etiam infra p. 125. adhibeo ad rariores quasdam et insolentiores refractiones efficiendas.

Ad pag. 135. l. 20. Exemplum clarissimum: Anno 1601. 10. 20. Maii Sol à complurium graduum altitudine occidit sine vllis radiis, liuente facie, quasi per aquam; coelo planè sudo ad aspectum. Eram in parte Styriae, quam Colles Germanico vocabulo indigetant: ad occasum sunt montes altissimi. Ergò Sol distinctè apparens, color aëris aequalis, arguebant materiam pellucidam, densiorem tamen, vt quae suo lumine combibito, Solis lumen valdè debilitatum adaequaret, vt Sol vmbram circumscribere nullam posset. Secuta est triduo decumena pluuia, et eluuies illorum locorum perniciosa.

Sequente linea 25. dum altis locis refractiones tribuo maiores; intellige 438 horizontales. Nam quae fiunt in aliqua siderum alti'tudine tanto sunt minores, et tanto citius desinunt, vt supra demonstratum.

Hinc infra linea 34. in Hassia, quae alta est, minores dicuntur refractiones, scilicet altiusculae; et eae, in quibus sidera obseruari possunt. Nam planè horizontalem, alibi immanem obseruarunt, et in ipso horizonte stellas rarò instrumentis ceperunt. Haec duo enim diligenter distinguenda sunt, primùm quod in aliqua regione vel tempore refractiones ob aëris tenuitatem possunt esse minores, vbi ad imminutionem earum, quae contingunt in aliqua siderum altitudine, sequitur quidem etiam imminutio totalis refractionis, eius nempe, quae fit in radio, sphaeram aëris contingente. Deinde verò in eadem illa regione et tempore, horizontalis nihilominus maior potest apparere; propterea, quod

ob altitudinem regionis obseruator extremae superficiei aëris est vicinior, fruiturque radio contingente Aëris sphaeram, plurimùm refracto; qui longè supra caput ipsius fuisset transiturus, si obseruator humiliori loco constitisset. Non enim vbique locorum, quanta contingit maxima refractio, tantam et habet Sol occumbens, vt diligenter inculcaui.

Et per se patet, quantitatis minoris aliquam esse partem, toti viciniorem, quae maior esse possit parte aliqua quantitatis maioris, plus à toto suo deficiente. Quare etsi totalis refractio radii contingentis minor aliquando sit in vno loco, quàm in alio, maior tamen esse potest pars eius, quam habet Sol occumbens, parte alterius loci.

Ad marginem fol. 162. Regero ego IESSENIO, non esse veri simile, cuiquam hominum, truncato Naso, truncatum esse et id vallum inter oculos, illaesis oculis; neque si factum esset, futurum talem tam atroci vulnere superstitem. Testes ergo contra hanc mutuam oculorum repercussionem futuram adducit, non idoneos.

Ad 163. et 177. Ignosce Lector rudi similitudini. Nam cùm haec scriberem, nondum animum induxeram, tabulam PLATERI, quae oculi partes ad viuum exprimit, imitari | typo, et operi adiicere, quod postea persuaserunt amici, vt pag. 177. inferius ea insereretur. Itaque verbis hîc praestare volui, et similitudinibus, quod pictura tunc nolebam. *439*

Tu igitur, hac missâ similitudine identidem ad dictam tabulam respicito, et quae dicuntur toto hoc statu, diligenter cum illa conferto.

Ad pag. 170. Consideratione dignissimum est, quod olim Heidelbergae contigisse, Mag. D. MATTHAEVS WAGGER, Caesari à consiliis Aulae Imperialis, mihi narrauit. Quidam oculo altero amisso, altero forte manus palmâ tecto animaduertit, si splendens quippiam infra nares sisteret, splendorem se agnoscere atque etiam internoscere quadamtenus. Dubium itaque num hiatus aliquis in vacua oculi camera, per illam lineam sursum in caput, adque nerui visorii extremitates, spirituum sedem, porrigeretur, an verò idem spiritus etiam in olfactus instrumenta diffunderetur.

Confirmatur hoc exemplo id praecipuè, quod spiritus lucis et colorum capaces esse statuuntur.

Ad pag. 180. p. 4. Haec causa est, cur speculis vitreis materia liuens et prope decolor subducatur; metallica verò potissimum ex chalybe, aut alia materia nigra conficiantur. Hinc etiam cum fenestras vitreas foris tenebrae obsident, noctu nempe ad incensas faces, vitra fenestrarum nobis speculorum vicem praestant.

Ad fol. 187. Demonstratio huius facilima est. Nam GL. AK sunt paralleli ex constructione. Non igitur concurrunt per definitionem par-

allelarum. Nullum itaque est in toto NH arcu punctum, cui non sit sua ἀσύμπτωτος. Sic intelligitur linea 32. pag. 188.

Ad prop. XI. fol. 187. (In medio non densissimo.) Nam in densissimo omnes radiationes ex toto Hemisphaerio in idem punctum ingressae refringuntur ad centrum per lineam vnam, vt supra cap. 4. pag. 91. indicatum, pag. 113. prop. 7. demonstratum, et infra cap. 6. fol. 225. vsurpatum inuenies.

Ad 188. Axis semper accipitur, vt p. 8. pro recta, quae per centrum et punctum radians (infra p. 17. 18. etiam per punctum oculi) ducitur.[1]

440 10 Ad 189. *Cis et vltra*, voculae respiciunt globum.

Ad prop. 13. pag. 188. 189. Perspicuitatis causa ponam ob oculos omnia huius negotii membra, (quamuis propositio tantum de aliquibus loquatur: sequens verò 16 de residuo) idque eo magis, quòd pagin. 189. lin. 30. demonstratio ipsa etiam longius euagatur.

Sunt duo puncta in axe AN continuato, alterum I. alterum paulò supra F. quae distinguunt radiationes in tria genera. Primum est punctorum inter IN. secundum punctorum inter I et punctum alterum proximè supra F. Tertium reliquorum punctorum omnium, supra illud punctum ad F per infinitam lineam.

20 Primi et tertii contrariae sunt rationes. Nam radiationes ex linea IN. non tantum non concurrunt cum AD. sed etiam digrediuntur ab ea omnes, nullâ exceptâ. At radiationes supra signum ad F in infinitum, concurrunt omnes (nullâ exceptâ) cum axe AD.

Ita terminorum primi et tertii generis rationes iterum sunt contrariae. Nam radiationes ex I non minus quàm ex linea IN omnes ab axe digrediuntur, exceptâ planè vltimâ IH in circulum globi minorem desinente, quo in circulo globum contingunt illae radiationes. Hae namque primae sunt ex IN. et solae, quae neque digrediuntur neque concurrunt, sed fiunt axi AD paralleli, vt GL. ex I exiens.

30 At radiationes ex signo ad F omnes concurrunt cum axe, vsque ad intimam FN. quae coincidit cum axe: quod idem et reliquae omnes supra F faciunt, sed haec prima ex illis est, cuius radiationes omnes concurrant cum axe.

Secundi verò generis nempe punctorum inter IF rationes sunt intermediae. Nam radiationes (verbi gratia) puncti O, quae sunt vicinae axi OA. digrediuntur ab axe, vsque ad punctum aliquod superficiei, in quo leges propositionis 10. exprimuntur. Nam in eo puncto, seu potius circulo sphaerae circa N polum, radiationes fiunt paralleli axi. Et ab eo puncto vsque ad id, in quo sphaera contingitur à puncti O radiatione

441 40 omnes radiatio|nes interiectae ex O egressae concurrunt cum axe. Itaque latus quidam in globo limbus seu zona est, aequaliter axi circumiecta,

in cuius puncta incidentes ex O radiationes omnes concurrunt: intra illum limbum superficies est instar pileoli, aut zonae frigidae, seu terrae polaris in sphaera mundi, cuius punctorum radiationes non concurrunt.

Primi generis radiationes omnes manent intra pileolum NH. quarum extremae effigiant circulum H. qui zonam à pileolo, instar circuli arctici distinguit, habentque hunc circulum latitudine carentem loco zonae. Secundi generis radiationes iam zonam nanciscuntur, tanto latiorem, quanto sunt ab I remotiores, proferuntque eius zonae terminos cis et vltra H. Nam eius zonae quam punctum F habet (id autem paulò humilius est termino secundi et tertii generis, vt iam dictum) terminus, ipsi N proximus, est C remotissimus, ibi, vbi ducta ex F contingit CM sphaeram.

Terminus sectionum parallelorum vltimus, seu punctum supra F primum est, quod circa N. pileolum nullum relinquit, sed ex ipsa zona quendam quasi pileum facit.

Tertii ergò generis puncta à signo supra F per infinitam lineam ex hac impropriè dicta zona magis magisque faciunt hemisphaerium, adeò, vt si daretur punctum infinitae distantiae, eius radiationes sphaeram in M. G. punctis oppositis tacturae, et hemisphaerium completurae sint.

Hic omissa est demonstratio eius, quod radiationes ex O etiam tunc concursurae sint cum axe, cum in puncta ab N remotiora, quàm est H inciderint; in quibus propositio 10. manente AN axe; locum habere non potest. Sed facilè demonstratur: idque per prop. 9. et schema praesens. Nam quia parallelus remotissimus LG. refractione peruenit in H. reliqui paralleli omnes, vt KB. in punctum axi seu polo N. propius incidunt, quàm est H. vt in C. parallelorum igitur nullus vltra H versus G vel M incidet. Si ergò aliquis in punctum vltra H incidit, non erit ipsi AD parallelus, multò minus digrediens ab AD versus D plagam: nam illae omnes intra NH cadunt, relinquitur ergò, vt concurrentes cum | AD. versus D plagam. Et id erat demonstrandum. Hac eadem demonstratione vtere etiam ad sequentis pr. 16. plenariam demonstrationem.

Ad pag. 190. Nam BA est perpendicularis, CB refractus, eius in aëre constitutae partis declinatio à perpendiculari 10°. refractio 2°. 15′. Hoc arcu subtracto, relinquitur refracti inclinatio 7°. 45′. In triangulo igitur CAB aequicruro summa angulorum ad crura est 15°. 30′. quae ab 180 ablata relinquit CAB ad centrum A. 164°. 30′. Et cum KB inclinetur per 10°. ad AB perpendicularem, DA illi parallelos tantundem ad eundem inclinabitur: quare et BAD 10°. Existit autem CFN ex duplicatione refractionis, quia bis KB refringitur per 2°. 15′ versus DA parallelon, semel in B. iterum in C. Demonstratur parallelis axi per B. C ductis.

Ad 191. prop. 16. corollarium primum. Si desideras corollarii demonstrationem, inspice schema prop. 13. Distet radians in AD versus D. infinito spatio ad sensum, irradiabit igitur proximè integrum Hemisphaerium MBG. et radiationibus quidem KB. LG proximè parallelis, per postulatum secundi capitis. Ergò per 13. huius, I est intersectio omnium proxima globo, quae potest esse.

Sed et alter intersectionum terminus F est omnium proximus. Transfer namque cogitationes in partem schematis superiorem, et finge, radians punctum ex infinito interuallo appropinquare, radii eius semper semperque omnes cum axe concurrent, donec proximè F veniat, per 13. Iam ab F quaedam non amplius concurrunt. At cùm ex secantibus lineis fiunt paralleli, sectio in infinitum excurrit, priusquam in parallelos desinat. Ergò radiante puncto ad globum accedente vsque ad propinquitatem F. sectio vltima in infinitum effugit. Prius verò cùm infinitè distaret radians punctum; vltima sectio supra F. paulò plus semidiametro globi, nil amplius abfuit. Ergò cùm continuè causae excrescant ab infinita radiantis distantiâ ad breuissimam: effectum quoque, seu propinquitatem intersectionis vltimae à breuissima ad infinitam crescere
443 continuè oportet, non verò inter|rumpi. Sic ergò initio erit omnium proxima globo, quod erat demonstrandum.

Corollarium secundum ex parte iam est declaratum, quod attinet terminum intersectionum vltimum. Quod superest, clarissimè cernitur in schemate fol. 192. Nam quo magis appropinquat α, hoc magis fugit ν. Et in schemate fol. 189. radiante in termino ad F collocato, radiationes omnes concurrunt: eo infra F descendente, concurrunt tantum exteriores, quae scilicet post globum designant sui sectione terminum citimum. Denique radiante in I collocato, iam etiam vltimi cessant intersecare, et sectio effugit in infinitum: at si radians ex altera parte globi infinito absit, terminus citimus est proximè globum in I. Itaque rursum dum radians à breuissima distantia in infinitam prouenit, terminus hic citerior ab infinita ad breuissimam distantiam decrescit.

Non potest autem fieri,vt causis continuè crescentibus, effectus interdum crescat, tum imminuatur iterum. Ergò planè initio minimum oportet esse, fine maximum. Collocato igitur radiante prope F. citimus terminus quidem est aliquis, et longè à globo distans, sed tamen longius, imò infinito distans ab vltimo termino, qui iam non est terminus, cum non terminet, sectionibus in infinitum excurrentibus. Non tamen hoc vult corollarium, quod radiante in F. citimus sit remotior, quàm radiante in I. Nam in I vterque citimus et vltimus in infinitum abeunt: in F vltimo iam vanescente, citimus tamen manet in certa distantia. Com-

parat igitur corollarium hic punctum F non cum punctis F. I. sed cum se superioribus tertii generis.

Corollarium tertium est ex praemissis, et oculariter declarari potest in schemate fol. 192. Si enim δη et εζ sint paralleli, erunt aequales λα. λν. quia aequicrurum δαε. ηνζ. bases δε. ηζ. aequales, et anguli α. ν. ob refractiones easdem in δ. ε. et η. ζ. Tunc igitur etiam λγ ipsi λϑ aequalis erit, (si γ. ϑ. citimi sint termini) et λβ. λμ (si β. μ. vltimi) et denique γβ. ϑμ aequales.

Ad pag. 191. prop. 17. Cogit me res ipsa distinguere inter Inter|sec- 444
tiones non parallelorum, et intersectiones parallelorum, quas à prop. 15. denomino, seu vtrarumque terminos. Id itaque diligenter nota. Termini intersectionum parallelorum perpetuo habent eundem situm ad globum, termini non parallelorum vagantur vltro citroque in infinitum vsque.

Ad pag. 192. l. 20. subintellige proxime sequens corollarium.

Ad corollarium I. pag. 192. Erectum videbitur, quicquid percipitur radiationibus ex pileolo (quod prop. 13. in notis introduximus) euersum, quicquid per limbum seu zonam: circulare (hoc est vnum punctum, verbi gratia nigrum oculi, in circularem limbum distractum) quicquid per circulum, limbi et pileoli terminum.

Ad III Corollarium. Geometricè idem est siue oculus in rem, seu haec in oculum radiet, vtrinque globus interpositus idem praestat. Oculo autem inter βγ collocato radiationes diuiduntur in polares seu pileares, circulum, et zonam. Radiationes zonae vt αδην. αεζν sese secant inter ϑμ. Hic ergò res collocata obiicitur illis, et in oculum influit euersa, si inter νμ sit: at simul erecta, quia occurrit etiam radiationibus polaribus sese non secantibus. Et tota quidem erecta spectabitur, quia minor est, quàm vt occurrat radiationibus circuli. Different tamen imagines situ. Nam erecta vt magna, ita post globum remota putabitur, euersa haerebit in ipsa superficie globi conuexa.

Corollarium IV. est, cum tantum est visibile, vt etiam circuli radiationibus occurrat: aestimetur ex 1. et 3.

Ad 196. Quantum aliâs etiam sine obiectu perforatae tabellae proximè K terminum intersectionis vltimae accumulatur per 15. praemissam.

Ad 197. terminentur, obiectu papyri in KN loco concursus radiorum.

Ad 198. vocibus conuergere, diuergere, vtor breuitatis causâ, de rectis, quae si producantur altrobique, in idem omnes punctum concurrerent.

Ad pag. 214. l. 10. ARCHIMEDES hoc solum spectauit, vt angulum quaereret, qui certò minor esset eo angulo, quo Sol specta|tur. Id autem 445
quo ad Solem, impetrauit sua demonstratione. Nam radii ab oppositis Solis extremitatibus radentes quantitatem aequalem visui, eique pro-

ximam; concurrunt non in centro vitrei, vbi iusta esset mensura anguli; sed post illud, vbi verè minorem faciunt angulum, quod quaesiuit ARCHIMEDES. Lineâ igitur 13. occurritur obiectioni. Possit enim aliquis dicere, has extremitatum rei radiationes interdum in ipsum vitrei centrum incidere. Respondetur, id non semper fieri, sed tunc tantum, vbi visa res fuerit aequalis complexui KL. Et quemadmodum re visa hunc KL complexum excedente, concursus sit ante I vitrei centrum (quo casu res maior iusto appareret), ita, si res visa deficiat ab hac quantitate, vt Sol (visibile sc. ARCHIMEDI propositum) tunc omnino concursum esse post I vitrei centrum. Haec igitur tria membra in sequentibus demonstrantur, continentibus explicationem et obiectionis et solutionis.

Ad pag. 214. l. 15. Subintellige conuersam sententiam pag. 212. l. 14. nempe, vt rectae à visibilis punctis in puncta picturae sibi respondentia ducantur.

Sed inquias, quis metietur illum angulum, siue in centro vitrei sit, siue extra? Respondeo id ARCHIMEDES docuit, vt supra fol. 213. l. 3 indicatum. Cylindrum enim adhibuit alium maiorem eo, qui esset aequalis visui, eumque sic collocauit, vt (in schemate fol. 212.) inter FE. GE competeret, sc. in BC. et distantiam cylindrorum cum eorum quantitate comparauit, vide locum ipsum.

Ad pag. 219. Differunt visio confusa, et visio erronea. Confusa est, cùm duas res videt eodem loco, vt supra p. 213. l. 21. Erronea fit, cùm locus omnis alteri tantum rei visae soli attribuitur, vanescente visione reliquae rei eodem loco visae.

Ad pag. 221. Sensus est: etsi spatiis coeli inter magna sydera, vt et minutissimis sideribus sua etiam sit radiatio: puncta tamen retinae, in quae illa radiant, occupari latitudine radiationis fortioris magnarum stellarum, quare illas stellas grandes apparere et radiis cincinnatas: Coelo verò iam primùm albescente, cincinnos hos maiorum stellarum obliterari, quia vincit coeli albescentis radiatio in suum retinae locum, radia-
446 tionem clarae | stellae lateralem, et circa coni axem in alieno loco vagantem: quod tanto facilius potest, quod haec radiatio iam debilitata est, constrictione pupillae.

Est autem haec quaestio intelligenda de primo aurorae exortu, cùm est lux dubia, non de plena. Nam ea iam plenè vincit sidera; quemadmodum etiam illa claritas aëris, quae est noctu à Luna aërem ex alto, pleno orbe, illustrante.

Ad pag. 223. Pellucidum corpus Solis statuo, soli suae propriae luci, non alienis; neque perspicuum ideò erit. Nam neque summa densitas visum transmittet (aut colores rerum ad visum) neque eximia lux locum in oculo relinquet rebus caeteris videndis, quae sunt post orbem Solis,

Ad marginem pag. 237. Hanc noui phaenomeni suspicionem non temerè, aut sine exemplis moueo. Videtur enim non adeò rarum, vt cometas, sic stellas quoque peregrinas videri. Misit DAVID FABRICIVS ad BRAHEVM obseruationes quasdam in Frisia habitas, dimensus Mercurii distantiam à clara quadam in Ceto, quae nec à FABRICIO potuit inueniri amplius, nec à quoquam alio. Sic olim JVSTVS BYRGIVS Landgrauii Automatopaeus, cùm globum coelestem sculperet stellis fixis insignem, eumque cum coelo ipso conferret, in Antinoi sidere aliquam reperit, à PTOLEMAEO praeteritam. De ea verò, quae hodie fulget in pectore Cygni, constanter affirmat, non visam eo tempore, quo ipse cum Landgrauianis descriptioni huius sideris incumberet. Sanè vti eam neque Tychonici notarunt, (sexcenties iterata mentione simplici, eius quae in pectore Cygni antiquitus est visa, quasi esset solitaria, cùm haec noua sit illi proxima et loco et magnitudine) neque PTOLEMAEVS et GEBER in descriptione viae lacteae accuratissima: cùm haec tamen noua ad eius marginem, loco collocetur euidentissimo.

Ad pag. 257. Conditionem hanc sic accipe, vt montis planities supera speculatori conspectum aëris infra sese radiantis intercipiat. Nam haec omnia referuntur ad oculum: quod p. 258. diligenter nota. Nam citra respectum [1] directionis oculorum, Sol sanè à coeli medio clarius illustrat terras, et aërem; maioremque claritatem efficit diei, quam Horizonti incumbens, quod hactenus ostensum. At cùm de eo agitur, vnde rectius Luna possit cerni, iuxta Solem stans; num ex edito monte luminibus in coeli medio versantibus, an ex planitie, occumbentibus illis: tunc omnino splendor aëris circa Solem occumbentem est latior, quàm circa culminantem; latiùs igitur occupat oculum. Ac etsi clarior splendor aëris in medio coeli communiter: tamen nostrum speculatorem altiorem constituimus, ea materiâ, quae ob Solis vicinitatem adeò resplendescit.

Ad paginam 258. TYCHO BRAHE anno 1583. 14. Martii, vidit Lunam in 15° ♈. cùm Sol occidisset in 4° ♈. Erat Luna in boreo limite.

Ad 282. Consecutio haec est: Nam DE sunt partes meridionales respectu Eclipticae AG. quare, vt vides in schemate fol. 279. illustrabuntur à refractis regionis in terra contrariae, Septentrionalis scilicet. Et quia parua Lunae superficies illustratur, sc. DE. arguitur igitur magna refractio Septentrionis, qua fit vt (fol. 279.) regio τχυ fiat terrae propior, ideoque transitum Lunae latè occupet. Vicissim CF sunt partes Lunae orientales, cùm A sit punctum orientale Eclipticae: quare (in schemate fol. 279) illustrabuntur hae partes EF à refractis regionis in terra contrariae, Occidentalis scilicet. Et quia CF est lata portio Lunae, ideò

10) und 13) Cycni

arguit paruam refractionem; qua efficitur, vt regio τχυ remotior fit à terra, Lunamque vix tenui mucrone stringat.

Ad pagin. 283. Quare hic vtar cono συναυγείας, ejusque vertice M. qui est punctum inter Terram et Solem, causa petenda est ex pagina 279. Nam posito Sole sic, vt πδ et πε continuatae tangant Solis margines: ductae sunt τι et υϑ sic, vt (contingentibus iustis refractionibus in ι. ϑ et in λ. κ) et Terram in γ. β tangerent, et Solis margines oppositos, lineis λν. κμ comprehenderent. Quod si igitur λν dextra tangit Solis partem sinistram, et κμ sinistra dextram, ergò prius concurrunt. (vt pagina 239. in I.) Quapropter, etsi quidem ipsae λν. κμ continuatae | terram βγ non tangunt (nam λγ. κβ sunt lineae aliae) sunt tamen ob ingentem Solis distantiam tangentibus ferè aequidistantes. Ergò etiam ferè eundem angulum faciunt inuicem, quem faciunt lineae circulum συναυγείας designantes. Porrò ex eodem schemate fol. 279. apparet, quod illae lineae τι. υϑ incidant in partes Lunae, quae pag. 282. literis F. E. signatae sunt: hoc enim hic supponitur. Quemadmodum igitur fol. 279. cognito angulo, quem λν cum ωα continuata facit superius (scilicet 18′. 30″. pagin. 241. l. 22.) et cognitâ refractionum quantitate, quam terram tangens λι patitur in λ et ι. scilicet vtrinque 34′. facile cognoscitur et angulus ιχα. 49′. 30″. et αχ 70 semidiametri, et discessus ipsius χτ. à linea χπ in quacunque altitudine: ita iam vicissim manente eodem angulo 18′. 30″. posita verò digressione ipsius χτ. à χπ (pagin. 283. ipsius RF vel RE ab NO) in partem oppositam, idque in certa altitudine à terra; facilè cognoscitur et refractionis in ι. λ quantitas (pag. 283. in T.R.). Atque hoc ipsum fit pag. 283. nisi quod pro aequalibus vsurpantur, qui sunt omninò proximi, compendii causâ. Ne igitur mouearis, quod I anguli ad oculum neque in terra verè sunt, neque in aëre, sed extra: nihil enim sensibile differunt ab iis, qui apud R constitui debuerunt, vel in alio aliquo vicino puncto.

Ad 283. Imò et alia exceptio valet, haec nempe, quod omnia ex aestimatione sensuum constituta et mensurata sunt, praesertim fol. 282. l. 34. et 284. l. 20. atque hic ex fiducia visus facilè in quantitate erramus.

Ad 284. Sit X Gradus oriens, Z Luna, Y azimuth horizontis, et XZY sectio Eclipticae cum verticali.

Ad pag. 332. Definitio itaque haec est stationis apud COPERNICVM, quod tunc perficiatur, cum linea per Tellurem et planetam translata non inclinatur, sed sibi ipsi manet parallelos.

Ad pag. 333. Argumentum hoc: EVCLIDES vtitur voce astronomicâ, ergò Astronomiam tradit. At de translatione oculi loquitur. Ergò de tali Astronomia, in qua visus sic mouetur, vt retrograda sidera appareant,

nempe de Copernicana. Addo tamen ad hunc discursum et hoc; videri 449
EVCLIDEM voce προηγεῖσθαι velle rationem tradere, cur in campo currentem montes non tantum comitari (quod ego solum perpenderam) sed etiam praecurrere videantur. Ita magis popularis fiet origo vocis προηγεῖσθαι.

Ad pag. 413. Ergò nota, quod alia sit coniunctio vera secundum longitudinem, alia coniunctio apparens secundum longitudinem, alia denique coniunctio apparens secundum propinquitatem maximam. Nam Luna in eadem visibili longitudine cum Sole, non tamen est in propinquitate maxima visibili, nisi sit planè centralis.

PERORATIO

Hactenus itaque de visus deceptionibus egimus; remque per obseruandi modos et cautiones traductam, penè intra limites libri 4. 5. *et* 6. *in Opere Magno* PTOLEMAEI *deuoluimus. Tempus igitur, vt receptui canamus, ne omnia in omnibus.*

Caeterùm si DEVS *vitam viresque mihi prorogarit, libello altero, quem siue secundam huius Operis partem, siue appendicem dixeris, vsum harum obseruationum patefaciam; tresque iam nominatos libros* PTOLEMAEI, *nouis ingeniosis et iucundissimis Problematis secundorum mobilium passim interpolabo; doceboque breuius et compendiosius, obseruationibusque paucioribus et facilè comparabilibus eadem inuestigare, quae* PTOLEMAEVS *inuestigauit. Id tantò magis videtur necessarium, quòd* TYCHONIS BRAHE *Lunaria sine demonstrationum apparatu prodierunt, libri Progymnasmatum forma, vt in eius appendice monitum, rem omnem non nisi intra paucas paginas admittente. Et quia potissimus libelli scopus erit, inuestigare magnitudines et interualla trium Corporum, Solis, Lunae et Terrae, eandem verò materiam* HIPPARCHVS, *vt ex* THEONE *patet, peculiari libello, cui hic ipse titulus, est persecutus. Quod igitur foelix faustumque sit, libello nomen* HIPPARCHVS *esto. Vale lector, et conatus meos votis persequere, memor, quòd*

Dimidium facti, qui benè coepit, habet.

16) quam

INDEX RERVM ET QVAESTIONVM MEMORABILIVM, LOCORVMQVE EX AVTHORIBVS, ALLEGATORVM

A

Aequantis circuli causae 330.
Aequinoctium bis eodem die et quare 146. ea obseruandi ratio veterum 146. 150.
Aëris altitudo 129. 134. claritas aestiuis diebus vnde 255. 259. eius vis 303. aëris color 258. densitatis causâ 127. 140. materia qualis 117. 128. 129. motus 144. opacitas et vmbra 248. 270. ad aquam Proportio 128. splendor in Sole 22. 299. 301. aëris et aetheris discrimen 77. 79. 130.
Aetheris essentia 259. 265. 301.
Albategnius de Eccentricitate Solis 147. 330. de eclipsi Solis 289. 367. diametro Solis 343. figuranda phasi Lunae 237. 243. lumine siderum 260. de diametro Lunae 349.
Albis fluuius 135.
Alexandriae altitudo poli 149. Situs et aër et refractio 149.
Alhazen Arabs de loco imaginis 57. Refutatus 58. de refractionibus 77. siderum 130. 150. de perpendicularitate superficierum refutatus 67. de causa refractionum sententia refutatur 84. Alhazenis error circa modum visionis 158.
Alpium salubre coelum 135.
Ammianus Marcellinus 293.
Amrami filius, Arabs, de Lunae lumine 227. 229.
Anaxagoras de Lunae lumine 226.
Ἀναχλᾶσθαι quid 5.
Anaximandri sententia de Sole 222.
Annales Constantinopolitani 294.
Anni initium à paschate vbi 306.
Annonius 294.
Antichthon quid 229.
Antonius Maria Copernici praeceptor de altitudinis poli mutatione 148.
Apollonius 75. 92. 95. 97 et seqq. 198. 243. 244. 363. 364.
Aquilae cur sublimia petant 159. [1]
Aqua fortius relucet, quàm Terra LII 2r 251. 252.
Aquapendentius 159.
Aranea oculi vnde verè dicta 167.
Archilochus 289.
Archimedes 75. 343. de angulo visorio 212. examinatus 214.
Aristarchi sententia probabilis 256. de diametro Solis 343.
Aristoteles 222. de aëris altitudine 134. qualitate 128. 296. luce, pellucido, opaco, colore refutatus 10. 13. 25. 29 et seq. de disco Lunae 233. de lineis phasium Lunae 243. 245. de rotundo Solis radio sententia examinata 38. occasio errandi 57. locus ex mechanicis de retrogradatione 331. Trutina 17. ventis 129. 132. de visione opinio et quaestiones 162. 183. 202. 204. 205. 207. 209. 212. 219. 311. 326. 330. refutata 210.

veteribus iniquus 205. 229. Aristotelis obseruationes 304. 306.
Arteriarum pulsus mensura 327.
Astrologicae Theses 128. 261.
Astronomiae partes quae 1. pars physica 223. 349. 358. astronomiae praecisio quanta 271. subiecti distributio 3.
Astronomi ADMONENTVR 252. 351. 358. 360.
Astronomo opus est circumspectione 391. 408.
Atlas 259.
Augustae Vindelicorum alt. poli 398.
Auditus ratio 34.
Auerroes de Mercurio in Sole 306.
Aures tuas quatenus videre possis 175.

B

Balticum mare 136.
Batauorum nauigatio in Septentrionem 138.
Beda 294.
Berosus 226.
Bodinus 134. eius sententia de insulis 139.
Bohemia hyeme frigidior Dania 136.
Buntingus 290. 291. 292.

C

Calor omnis ab anima et à luce 25. 26. 27.
Camelopardali collo cur longo 159.
Camera obscura res foris repraesentans 51.
Candela super papyrum vt ardere videatur 195.
Canopus 148. 149.
Carbunculus 25.
Cardanus de natura aëris 128. de rubore ⟨ deficientis 273. de cometa 266. de libra 17. refutatus 19.
Carinthiae montes odore perfusi 34.
Catoptrices fundamenta demonstrata 56 et seq. Catoptricorum reuidendorum occasio 90.
Cedrenus 294.
Cerebri conformatio 163.
Chaldaeorum obseruationes 307.
Chasmatum proprietas et causa 280.
Ciconiae cur collum surrigant 159.
Ciliorum vsus 162. 163.
Cincindulae 25.
Circulus illuminationis 229. 233.
Clauius 285. 296. 297. 298. 299. 302.
Cleomedes de mira apparitione eclipsis Lunae 145. de eclipsi Solis 289. 292. de Canopo 148. Palilitio 149. lumine Lunae 226. 227. 228. 229. 253. 272. 298. de luce communicata 261. de motu Solis aspectabili 326. Cleomedis locus correctus 145. locus explicatus 132. 141. 142.
Cogitabundorum oculi 179.
Collimandi ratio 211.
Color quid 11. 32. colores an noctu luceant 12. quomodo luceant 33. à luce dealbantur 28. colorum origo 11. duo genera 12 marg.
Cometam in pariete repraesentare 267. cometae an deflagrent 267.

cur pestilentes 267. cometarum caudae 260. barbae vel caudae vnde 264. quales 264. cur curuae 323. cur declinent 264. 267. earum figurae 265. ceratiae vnde 267. cur mutentur 267. eorum corpora pellucida 265. aquea 266. exempla 266. 267. 335. lumen vnde 264. motus non circularis 335. de cometica materia suspicio 259. 304.
Commandinus 214.
Coniunctio magna Saturni et Iouis quid significet 305.
Coni sectiones 92. earum descriptio 95. conicarum sectionum calculus variè 97 et seq. 380 et seq.
Conus visorius 170.
Copernicanus Terrae motus qualis 227. 326. Copernici hypotheses verae 260. excusatae 256. 321. cum scriptura conciliatae 327. explicatae 321. defensae 322. 325 et seq. in Euclidis Opticis traditae 331 et seq. Copernici obseruatio coniunctionis Veneris et
Lll 3 r Lunae 306.
In Corde flamma 26. 224. an et lucula 26.
Crepuscula 23. crepusculorum altitudo contra vulgatam sententiam 287. causa 143. quantitas 78. eorum materia non causatur refractiones 117.
Crystallinus humor 167. vsus 176. cur protuberet 198. de crystallino experimentum 208.
Crystallinae pilae spectacula optica 177. crystallinae lentis 181.
Cydias 289.
Cyprianus Leouitius 295.

D

Danubius fluuius 135.
Democriti opinio de visione 205. conciliata 205.
Denarii in aqua visi exemplum 132.
Dionysius Halicarnasseus 290.
Dioptrarum ratio, varietas et vitia 216.
Distantia quo adminiculo videatur 62. 63. 311. distantiam rei metiendi artificium vna statione 195.
Dolor quid 29.
Dresdae theatrum mirabilium 181. 224.

E

Eccentricus quid 328. et explicatio 333.
Eclipsium quantitates obseruandi ratio 349 et seq. Eclipsium computan. Praecepta fallunt 407. 411. 413. 420. Eclipsium inclinationes 360 et seq. earum vsus 360. 391. absurditas 360. 411 et seq. eclipsium tempora annotandi modi 367 et seq. eclipsium finis in Natura 3.
Eclipsis Lunae non ab vmbra Terrae 268. 270. 271. mira 136. partialium necessitas 350. initia finesque cur incerta 238. 240. obseruationes 136. 217. 218. 249. 250. 274. 275. 276. 277. 283. à pag. 290 in 296. variae et antiquae 349. 367. 368. 371. 372. 412.
Eclipses Solis anno 1560. 285. 296. anno 1567. 297 et seq. anno 1590. 303. 395 vsque 406 et seq. anno 1598. 303. 363. 378 vsque 395. anno 1600. 357. 422 vsque 430.

anno 1601. 359. 430 ad finem. anno 1600. 4. 40. anno 1601. 285. anno 1605. 252. 358. obseruatio 359. 378. 414. 416. imago in pariete 54. an totus Sol tegi possit
Lll 3 v 297. 298 et ' seqq. 345. eclipsium Solis comparatio et regulae 303. color 303. Diagrammata vitiosa ex Prutenicis 408. eclipses Solis matutinae quid proprium habeant 295. 303. eclipses Solis totales non semper noctem inferunt 287. quaenam noctem inferant 287. 296. 303. eclipsium Solis vtilitas 389.
Empedocles de luce 30. 32. defensus 210. de eclipsi Solis 288.
Epicycli quid? 330.
Esaias 289.
Etesiarum origo 144.
Euclides 67. Pythagoraeus fuit 331. Copernici sententiam in Opticis profitetur ibidem. Euclidis Catoptrica principia refutata 56. Optica 7. 233.
Euri venti proprietas 133.

F

Facies homini cur erecta 160.
Felium oculi lucentes 166.
Fernelius de humoribus oculi 204.
Figurae Geometricae naturales in fossibilibus 224.
Finis consideratio aliena à catoptrica 57. 58. 67. 69 et à refractione 84.
Fixarum ab aequinoctiis promotio quomodo inquirenda 152. 153. per eclipses Lunae 370 et seq. Fixarum refractio cur minor Solari 112. 137. fixae an voluantur 262.
Flamma in quibus materiis 224. quomodo in vase clauso conseruetur 26.
Flectere quid 5. 18.
Fluuiorum libramenta quanta 135.
Fossilium miracula 224.
Frigus actiua qualitas 12.
Frodoardus 274.
Frontis vsus 162.
Funccius 296.

G

Galenus 160.
Gemma Frisius de radio Solis deficiente 39. modus obseruandi eiusque vitium 350.
Cor. Gemma de eclipsi Lunae 274. taxatus 274. de mira phasi Lunae 256. de prodigiosa Solis caligine 259. de totali Solis eclipsi 295. 296. de stella noua 166. de visione 208. obseruationes 343. 349. obseruatio eclips. 297.
Gilberti Gulielmi magnetica 148. 222.
Gratii longitudo 368. 384. 395. latitudo 380. 424.
Gronlandicae nebulae 140.
Guidubaldus de librae ratione refutatus 17. 19.

H

Halones 23. quid 133. proprietates 157. '
Haly de cometa 266. Lll 4 r
Hartmannus 38.
Hassiae refractiones 135. minores Danicis quare 136.
Herodotus 290. 291.
Hipparchi dioptrae 216. 298. 347. ex Hipparcho coniectura de re-

fractione 146. 147. Hipparchus de diametris 298. 299. 343. Hipparchi eclipsis Solis 292. De magnitudinibus et interuallis 292.
Hirqui 161.
Hoeberg Sueuiae mons 137.
Hollandi 138
Homerus 289.
Horizontem quid faciat 309.
Hyperbolae figura in oculo 167. eius vsus 176. hyperbolica superficies radios ad vnum punctum colligit 105. hyperbolicum speculum metitur refractiones 105. hyperboles aptitudo ad refractiones 198. locus in Scioteris 377.
Hypothesium veritas et certitudo 260. comparatio 328.

I

Idolum vide Imago et Pictura.
Io. Iessenius à Iessen 159. 162. in marg. 164. 166. 167. de eclipsi Solis 299. 419. Iessenii de visione sentent. examinata 203.
Ignem aqua frigida vel glacie incendere 194.
Imago in aëre pendula 180. 181. in globis medii densioris 178. 180. 181. 182. imago in oculo quid 205. imago quid? 60. quibus rebus constet 181. imaginis specularis locus 56 et seq. 69. 70. 72 et seqq. causa 59 et seqq. eius locus an semper in perpendiculari 69. 70. 72. imaginis specularis propria 57. 58. 59. imaginis et picturae discrimen, vide pictura.
Imagines in aqua an refractiones metiantur 88. 89. imagines refractoriae globi 178 et seqq.
Instrumenti ecliptici constructio 335. 354. 358. figura 339. et partium 354. 359. 362.
Instrumentorum Tychonis cum Landgrauianis comparatio 217.
Iordanus de libra 17.
Iornandus 294.
Melchioris Iöstelij calculus prosthaphaereticus 367.
Iris oculi vnde dicta 165. iris matutina 263. iridis causae 133. colores 11. quomodo existant 266. 274. 282. colorum ordo 266. humoris comites 266. proprietates 157.
Italia refractiones habet 146.
Iulius Capitolinus 293.
Iulius Obsequens 293. Lll 4 v
Iustinus de Cometa 266.

L

Leui Rabbinus de angulo visorio 214. taxatus 215.
Librae ratio demonstrata 17.
Libri huius pars altera seu appendix 360. 367. 375. 391. 430. 449.
Liechtenbergius 294.
Ligna putrida 25.
Λιπαύγεια 239.
Liuius 292.
Ludovvicus L. B. à Dietrichstein 201.
Luna crispa 218. cur 200. 219. obseruatu difficilis 218. proprio lumine caret 228. 252. 253. 254. 256. 272. 273. 277. 278. senescens, vt cognoscenda, vel nascens 246.
Lunae Aër circumfusus 302. cornua quorsum Astronomis vtilia 246. corpus quale 228. 229. 248.

250. 252. 253. 256. diametri obseruationes et mensura 343 et seqq. 349. discus cur planus 233. 234. facies 226. latitudinis visibilis angulus inopinatus 407 et seqq. maculae 234. 246 et seqq. 251. incolae quales 250. Lunae lumen in visu ampliatur 217. 218. vnde 226. lumen quale 228. 242. 243. 252. illuminatur à Tellure 252. 254. 255. à sideribus 277. motus qualis 227. Obseruationes 217. 218. 237. 246. 258. 300. 306. 344. 347. 348. 409. pallor in eclipsi 242. 277. phases 233 et seqq. quibus lineis figurentur 243. 245. prima phasis 257. an ἕνη καὶ νέα esse possit 257. Luna plena vel noua quamdiu 237. rubedo in eclipsi vnde 271. 412. vmbra Lunae 258. eius diametri mensura 343 et seq. Lunam inter et Tellurem quid interponatur 129.

In Luna purgatorium gentili fabula 250.

Lux an sit defluxus 31. 33. communicata 13. 22. 27. 31. 228. eius proprium 261. ens analogicum 36. est quantum quippiam 7. 8. 9. 10. 23. Lucis archetypus 7. definitio 31. encomium 7. figuratio 37. motus localis 7. 8. 9. 11. 13. 15. 21. 22. natura 5. 31. origo 6. 15. 224. proprietat. 13. 25. 28. refractionis causa 16. 17. species quatuor 13. 22. lux vt pote accidens, an seipso moueri possit 36. Mmm 1r

Lucida diffunduntur in visu 217. 218.

Lupi etymologia 159.

Lycosthenes 296.

M

Machinamenta optica per Crystallos 109. 195. conicorum indiga 96.

Macrobius de causa refractionum errat 84. de visu 209. Macrobii locus 228.

Mich. Moestlini modus obseruandi 351. 361. 370. obseruata 297 marg. 305. 306. 349. obseruatio de diametro Solis 342. eclipsi Solis 361. 395. 396. 416. 427. Doctrinae 386 et seq. 419. Moestlinus de totali eclipsi Solis 290. eius calculus 291. de radio Solis deficiente 39. de corpore Lunae 248. de illuminatione Lunae nouae à Terra 254. Moestlini obseruatio eclipsis Lunae 275. mirae 136. 145. eius diligentia 157. testimonium de refractione 156.

I. A. Magini calculus eclipsium Solis quid peccet. 407.

Magnetis natura 225.

Marcellinus 294.

Martianus Capella de eclipsi Solis 289. eius locus obscurus 150.

Martis stella quando prodigiosae magnitudinis 333. de Marte commentaria 2. 328. 329. 330.

Meninges cerebri 163.

Mercatoris chronologia 290. 297 marg.

Mercurius in Sole visus, quando 306.

Meridianorum differentia per eclipses vt habeatur 368. 392. 395.

Mimnernus 289.

Miuerii opinio 139 marg.

Montium vmbra quanta in eclipsi Lunae 248.

Montes Lunae dicti, quid ad refractiones possint? 149.
Moses 7. 222. 223.
Motus corporum quibus causis inflectatur 16. 17. 20. 21. 23.
Mundus ratione conformatus, non motibus elementorum 223.
Mura fluuius Styriae 251.

N

Nasi vallum quorsum vtile 162 et in notis.
Nauclerorum obseruandi ratio cum astronomica comparata 309.
Nicri fontium proprietas 137.
Nigra à luce facilius incenduntur 28. 220. nigra an radios cogant 28.
Mmm 1v Nili ortus 149.
Noctium claritas inaequalis 296.
Norici agri altitudo supra Oceanum 135.
Nubes in aëre cur pendeant 133.

O

Oby fluuius 142.
Obseruandi cautio, ratio, vitia, instrumenta 129. 212. 215. 221. 238. 240. 246. 256. 285. 286. modi aliqui 263. 286 et seq.
Obseruationum rudiorum excusatio 385. 391. 405. minutularum circumstantiarum excusatio 422. 426. obseruationes veterum, vnde vitiatae fuerint 134.
Oceani littora septentrionalia quare minus frigida 136.
Oculus vt nutriatur 204. oculi anatome 158. oculi colorum causae 164. conformationis causae 63. 64. 161. 197. 198. 199. cur alicubi vnico vtamur 212. cur duo, et situs eorum ratio 62. 159. 160. 161. 310. 312. etymologia 159. partes 163 et seq. oculi partium icones 177. scintillationes vnde 165. similitudo in cepa 163. oculum tangentia, cur non videantur 35. oculis nocet multa visio 35.
Odoratus ratio 33.
Olympi altitudo 134.
Opacum quid 12.
Ὄψις quid sit, Euclid. 56.
Optica qua methodo tradenda 76. Optices neglectus 190. 210.
Ouidio contradictum 159. eius fabula optica 327.

P

Palpebrarum causae 161.
Parallaxes diducendi in longum et latum modi 156. 316. parallaxium doctrina 307 et seqq. parallaxis quid 312. 313. 314. 315. finis in natura praestantissimus 313. 321. vsus in astron. 315. difficultas ibidem. parallaxes orbis quae 321. parallaxium vis 323. parallactica, et eius necessitas 320. vsus 320. 387. 397. exempla 387 et seqq. 433.
Parelia 23. et paraselenae, quid proprium habeant 157.
Paulus Fabricius 296.
Pellucidum quid 10. 31. 32. 33. 35. 37.
I. Pena de aëris et aetheris substantia 129.

Perspicillorum ratio 200. proprietas 173.
Perspicuum, vide pellucidum.
Mmm 2 r Peruanae montium altitudo, frigus 134.
Peurbachius de apparitione Lunae 257. eclips. Lunae 371.
Pictorium artificium 258.
Pictura per globos medii densioris 178. 193 et seq. pictura rerum visarum in oculo 168. picturae visoriae cum vulgari comparatio 199. de picturae visoriae inuersione 206. picturae et imaginis discrimen 178. 180. 193. 208.
Pindarus 289.
I. Pisanus de rotundo Solis radio taxatus 38.
Piscium oculi cur tales 64.
Planetarum vires in meteoris 274. coniunctiones variae 305. eorum vmbrae 304. planetae cur sub fixis incedere videantur 308. 313. cur stantes, retrogradi 330. 331.
F. Platerus 159. 160. 163. 164. 166. 167. Plateri sententia de visione examinata 207. Eius tabula Iconum oculi 177.
Plinius de absurda eclipsium inclinatione 411 et seqq. de eclipsi Solis 289. 290. 293. de mira eclipsi Lunae 144. de Canopo 148. Plinii dictum 3. locus explicatus 234. et correctus 235. 236. alii 246. 257.
Plutarchi liber de facie Lunae 222. 227. 228. 229. 234. 247. 248. 250. contra 251. 273. 277. 293. 299. de tenebris diurnis 288.
Pluuiae vnde 128.
Poli altitudo an mutetur 148. modus singularis inquirendi 424.
Ponti aër qualis 296.
I. B. Porta de perspicillis 200. 201. de visione 209. Portae artificium opticum 51. aliud examinatum 180. 182. 195. Optica 201. 210.
Posidonius de Canopo 148. de Lunae lumine 228. 229. 253.
Problema Geometris et Cossistis propositum 109. aliud Geometris, et Opticis et Physicis 113. aliud Opticis Geometrisque 190.
Proclus de Cometa 305. de planetis 305.
Proclus Diadochus 147. 298. 299. ex eo coniecturae de refractione 149.
Proclus Lycius allegatus pro refractione 148.
Προηγεῖσθαι quid significet 333 et in notis.
Prosthaphaereticus calculus triangulorum 367.
Ptolemaeus de repercussu 67. de siderum emersione 260. de obser- Mmm 2 v uationibus veterum 134. 304. 306. de dioptris 216. de diametris 298. 299. 343. de eclipsi Hipparchi 292. Ptolemaei calculus 149. 230. 231. 232. latitudinis ex quo fundamento 306. eius Hypotheses explicatae 328. Ptolemaeus de parallaxibus 316. de eo suspicio 147. 422. ex eo coniectura de refractione 146. in eius Geographia consideratio 148.
Pyramis visoria vulgaris 61.
Pythagoraei de Lunae materia 229.

R

Radii quid 8. 9. aliter sumpta vox 31. 37. 339.

Refractio non variatur distantia siderum à Terra 112. refractiones cur interdum maiores 137. 138. refractiones in longum et latum distribuendi compendium 155. refr. in plano ex vna reliquae à priori inquisitae 114. idem in sphaerico medio 116. omnibus temporibus 144. 156. quando obseruandae 137. 138. quid varient per loca et tempora 134. 278. refractionum demonstratione constitutarum tabula 125. comparatio cum Tychonicis 126. admonitio ad lectorem 126. refr. ex obseruationibus calculatio 123. modus computandi 126. earum mensura 76 et seq. ex conicis 96. 105. nâtura 187. 226. quantitatis vera causa inquisita 109 et seq. vsus eius in astronomia 77. 130 et seqq. 143. in refractionum impugnatores 127. 131. 156. refractiones globi 183 et seqq. genera varia 196.

Regiomontanus 150. 153. 367. 371.

Reinholdus de Lunae lumine 228. 233. 234. 242. latitudinis motu visibili, quantitate et diagrammatis eclipsium Solis limitatus 407. 408. 411. 413. de maculis 247. phasi 237. 252. 253. 257. rubore 272. contra 272. 352. de Solis radio deficiente 39. parallaxibus 316. in circulo illuminationis correctus 230. 231. Reinholdi in Purbachium commentaria egregia 230.

Repercussus mobilium causae 14. reperc. an metiatur refractiones 90. rep. natura 227.

Retiformis vera etymologia 166. causa similitudinis alia 174. [1]

Rhetiae Alpes cur perpetuo niuo- Mmm 3 r
sae 135.

Rhodi aër 144. altitudo poli 149. longitudo 149.

Frid. Risnerus 132. 150.

Rothmannus de aëris et aetheris substantia 129. de dioptris 217. Rothmanni cum Tychone disputatio de refractionibus 77. obseruatio refractionum 135. 138. sententiae de refractionibus 136. 137. de causis refractionum refutatae 79. 81. 83. 112.

S

Iose. Scaliger 257.

Schekel montis Styriae altitudo 251.

Scintillationes pilorum et oculorum 165.

Scioterica animaduersio vtilis 377.

Secundum temporis minutum quantum 327.

Sensus finiti 24. sensuum analogia 30. 33. ratio 34.

Serenus 245.

Sidera cur circa horizontem maiora 133. siderum altitudo à centro Terrae 310. motus an oculis notentur 307. 324. ortus et occasus est visus fabula 327. vide stellae.

Sol et Luna cur appareant aequales 308. Sol animatus 223. quomodo luceat 226. quiescens Copernico quomodo moueri videatur 334. 335. circa horizontem non rotundus 131. S. Trinitatis imago 226. Solis aequans 330. Solaris caloris gradus quomodo metiendi 85. corporis materia qualis 222. veteribus lapidea 222. pellucida 223. aquea 223. Solis deficientis lumen ampliatur in visu 218. 286. diameter maior iusto visa 302. diametri obseruatio 339 et seq. veterum ratio obseruandi 147. cum Lunari comparatio 344. 345. 353. 356. 360. variatio 341. 343. eccentricitas an verè olim maior 146. dimidianda est 330. Solis eclipsis, vide eclipsis. in mundo locus 7. lux qualis 221. officium 222. 223. parallax. incerta 304. 351. prodigiosus vultus 259. radius per angustum foramen rectè ingressus, quare rotundus 37 et seqq. obliquè incidens est Ellipsis 363. huius ellipseos iter est hyperbola 376. reditus ante tempus est prodigiosus 138. excessus ex ecliptica 150.

Sonus quid 34.

Sosigenes de proportione diametrorum Solis et Lunae 289. 298. 343.[1]

Mmm 3 v Species pulsus 29. lucis in clausis oculis quid 28. species passionis 29. specierum opticarum proprium 29.

Spectaculum opticum iucundum 51. eius animaduersio vulgata 209. alia spect. optica 177. 178. 193 et seqq. 196. 251. 267. 274.

Speculum conuexum parabolicum 75. specula vitrea cur multiplicent repercussus 143. Speculorum fabricae ratio 23 in notis.

Sphaericum Trinitatis imago 6.

Spiritus lucis conseruatores 29. spiritus munia in visione 204. an quantum quid 209. eius culpa vitiatae visionis 220. spiritus visorii, quomodo concurrant ad visionem 168. 169. 170. an optico considerandi 169. 220.

Stellae calefaciunt omnes 25. cur interdiu lateant 259. et cur paruae iuxta magnas 219. de die visae 259. cur in aurora purius cernantur 221. fixae, vide Fixae. cur per nubes currere videantur 325. stellae nouae suspicio 237, et in notis. de Noua anni 1572. 266. 335. quomodo versantes infra horizontem supra possint videri 151. cur maiores prope horizontem 133. 327. stellarum colores 261. diametri cur interdiu maiores 132. 133. quid significent 132. distantiae visuales vt mensurentur 308. 309. quid sint 310. vbi et quomodo per refractionem varientur 130. 131. 133. stellae locus quis dicatur 308. lumina qualia 262. 263. in aëre franguntur 130. vnde 260. 261. occultatio mutua 304. situs 308 et seq. scintillatio 133. 262. 263.

Stesichorus 289.

Sueuiae altitudo 135.

Συναύγεια 239.

Superciliorum vsus 162. 163.

T

Tabulae Rudolpheae 2.
Cornel. Tacitus 293.
Tarsus oculi 161.
Tartaria 142.
Tenebrae fiunt actiua qualitas 12. tenebrarum diurnarum testes 288. 289. exempla 285. 290 et seqq. vnde sint 303.
Terra quanto altior mari 135. relucet 229. minus aqua 251. terrae globus animali facultate praeditus
Mmm 4r est 27. | eius opera 224. Terrae illuminatio 233. motus diurnus 332. Copernico qualis 227. defensus 325 et seqq. eius in Natura finis 322. Penumbra 239. 241. vmbra 267 et seqq. an penitus tenebrae 278. eius anatome 279. longitudo 270. 304. terrarum orbis metiendi ratio noua 251.
Thales Milesius de Lunae lumine 226. Thaletis eclipsis 290.
Theon de rubore Lunae 272. de Hipparchi eclipsi 292. de tenebris diurnis 289.
Thucydides 291.
Tilemannus Stella 296.
Tinnientia quae 10.
Trianguli sphaerici compendiosa solutio 397. 398.
Tubingensis horizon 137. refractio 137. Tubingae longitudo 403. 406. latitudo 398.
Tycho Brahe, cur Lunam in coniunct. minuat 252. 285 et sequentib. de aëris et aetheris substantia 129. de centro visionis 215. 216. de cometae illuminatione 264. colore 266. cauda 323. motu 335. de ignis elemento 129. de obseruationibus veterum 134. 148. de Walthero 156. Tychonis Brahe calculus 156. 252. 274. 295. 296. 297. 299. 316. 330. 350. 368. 369. 372. 374. 389. 391. 394. 403. 406. 412. cum Rothmanno disputatio de refractionibus 77. dioptrae 216. hypotheses 260. earum cum Copernicanis comparatio 321. explicatio 322. instrumenta 285. 328. Mechanica 1. 309. in eius canali quid desideretur 339. obseruandi modi digitos eclipticos 350. inclinationes 366. tempora 367. locum Lunae 370. diametrum Solis per rimam 342. Obseruationes defensae 309. 310. perpensae 350. 368. 383. 394. 403. 405. 413. 426. 427. Obseruata circa refractiones 130. 135. 137. 150. 152. 157. in eclipsi Lunae 145. in aequinoctio 146. obseruationum libri 1. 122. 218. 261. 275. 276. 277. 297 marg. 306. 348. 350. 366. 375. sententia de refractionibus 126. 136. 137. tabulae | re- Mmm 4v
fractionum aëris 83. 86. 112. 117 et seq. ipsae 121 et seq. refractionum tabulae quàm scrupulosae 119. 120. sententiae de causis refractionum 78. 79. 83. 112. de conuolutione stellarum 262. Tychoni Luna à Venere illuminatur 254. 277. Tychonicae Astronomiae status 2. in Tychonomastigas 127. 309.

V

L. Valla 149.
Venus an cometas illuminet 264. an Lunam illuminet 254. an Solis particulam tegere possit 305. de die cur cernatur 260. Veneris iter 260. claritas 260. occasus 136. obseruatio 262. 263. 305. obseruatio valde magna 333. in coniun. Solis 258. in coniun. cum Mercurio 305.
Venti quid 129.
Vindelicae hyemes frigidiores Danicis 136.
Visurgis fluuius 135.
Visio distinctissima 172. geminata rei vnius vnde 183. indirecta 172. comparatio directae et indirectae 173. perpendicularis 174. visio puncti 172. visio quomodo fiat 60. 158. 211. 311. ignoratum hactenus 168. visionis confusae causae 200. visionis remotorum geminatae causae 200. de visione conflictus sententiarum 205.
Visorii anguli centrum vbi 212. 214. 215. 216.
Visus cur turbetur capite euerso 63. quomodo considerandus 201. visus tenerorum cur vitiosus 200. 219. errores 61. varii circa luminosa 217. 242. circa situm siderum 313. circa motum 324 et seqq. latitudo, quomodo inuestigetur 213. 214. obiecta quae 61. visus turbati exempla contraria 202. visu quomodo vtantur Astronomi 211. 217.
Vita Caroli Magni 306.
Vita Ludovici Pii 294. 295.
Vitellio de imaginis loco correctus 57. 182. de lumine siderum refutatus 260. illuminatione Lunae 229. 231. 233. 237. 240. 243. 244. 245. de maculis Lunae 247. de rubore Lunae deficientis 273. de visa Luna in eclipsi Solis 252. propositiones astronomicae examinatae 129. 130 et seqq. de refractionibus 77. 86. 225. earum causis 84. tabula refractionum aquae 83. descripta 115. censura 116. de refractione siderum 150. taxatus de perpendicularitate superficierum 67. notatus de refractionibus globi 189. de rotundo Solis radio taxatus 37. 58. de speculo parabolico 92. de vmbra Terrae 268. textus restitutus 132. de visus erroribus in motu et magn. 327. de visione 172. sententia examinata 203 et seq. 209. error de centro visionis 215. errores circa modum visionis 158. 166. 168. 169. 174. Vitellioni quae desint 4. 23. 243. 244. idem de totali Solis eclipsi 289.
Vitruuius 135.
Vmbra, corpus et Sol simul videntur 175.
Vogesi montis altitudo 135.
Vraniburgi longitudo 368. 384. 395. 403. 406. latitudo 392.
Vrinale aqua limpida repletum, quae optica spectacula praestet 178. 193.

W

Ber. Waltheri de refractione locus luculenter explicatur 150. alius de coniun. Saturni et Lunae expli-

catus 306. de eclipsi Solis 295. eius diligentia 156.
Wildanum Styriae 251.
Wilhelmi Landgr. Hassiae refractionis obseruatio 136. 149. eius dioptrae 217.
Witichiana Triangulorum compendia 397.

X

Xerxis eclipsis 290. verior 291.

Y

Ὑπολείπεσθαι vox quid significet 333.

Z

Zemblae refractio 138. poli altitudo 138. 140. situs 142. 274.
Zenith qua re efficiatur 309. 327.
Zingiber 12. 22.

FINIS.

NACHBERICHT

Astronomiae Pars Optica und Astronomia Nova sind die beiden Hauptzeugen für Keplers eindrucksvolle Schaffensperiode nach dem Tode Tycho Brahes. Der große Däne hatte in seinen Beobachtungsjournalen endlose Zahlenreihen angehäuft, in denen wie das Gold im Erze die unbekannten Gesetze der Planetenbewegung versteckt waren. Auf diesen Zahlen Schlüsse von weittragender Bedeutung aufzubauen, mußte indes so lange gewagt erscheinen, als über die optischen Grundlagen der Astronomie keine hinreichende Gewißheit herrschte. Wohl hatte Brahe vielfach optische Fragen berührt, eine systematische Behandlung des ganzen Gebietes unter Berücksichtigung der sehr verfeinerten astronomischen Beobachtungskunst hatte er aber als eines der wichtigsten Desiderate seinen Nachfolgern überlassen. Beides, Optik und Planetengesetze, hat Kepler nahezu gleichzeitig und mit gleichem Ernst, aber nicht mit gleichem Erfolg in Angriff genommen. Während er in der Widmung der Astronomia Nova dem Kaiser stolz ankündigen durfte, daß er ihm den Mars gefangen vorführen werde, konnte er in seiner „Optik" bei einem der akutesten Probleme, dem Brechungsgesetz des Lichtes, das er mit dem Aufwand seines ganzen Scharfsinnes angefaßt und in das er sich förmlich verbissen hatte, nicht ans Ziel durchdringen; er hat es bis zu einer erstaunlich guten Näherungsformel gebracht, die wahre Form des Brechungsgesetzes hat sich ihm aber tückisch verborgen. Dieser Schatten liegt auf seinem Werk; er ist einer der Gründe dafür, daß die Nachwelt die Astronomiae Pars Optica im Gegensatz zur Astronomia Nova nur als Markstein zweiter Ordnung auf dem Wege vom mittelalterlichen zum modernen Weltbild gewertet hat. Indes muß festgehalten werden, daß Keplers „Optik" die Reihe der neueren optischen Literatur eröffnet, daß sie durch ihren Reichtum an glänzenden Ideen und durch die klaren Formulierungen der Probleme und Beweise starke Anregung ausgeübt hat, und daß sie für die Physik die grundlegende Erklärung des optischen Bildes, die in ihren wesentlichen Zügen endgültige Theorie des Sehvorganges und das Grundgesetz der Photometrie als Vorstufe des Gravitationsgesetzes, für die Astronomie die rechnerische Auswertung der Finsternisse sowie eine rein theoretisch gewonnene verbesserte Refraktionstafel, für die Geometrie endlich eine neue Betrachtungsweise der Kegelschnitte gebracht hat. Methodisch hat sie zum Durchbruch der Induktion beigetragen, doch zeigt sie Kepler in einzelnen Proben auch als Meister der Deduktion.

Schon die Fassung des Titels deutet an, daß der „Optik" der einheitliche Charakter fehlt; sie zerfällt vielmehr in zwei etwa umfanggleiche Bestandteile, die in den Seitentiteln als „Paralipomena in Vitellionem" und „Astronomiae Pars Optica" bezeichnet sind. Der erste, aus den Kapiteln 1–5 bestehend, dient der Darstellung von Keplers eigenen Forschungen auf dem Gebiet der reinen Optik, während der zweite, Kapitel 6–11 umfassend, als Lehrbuch der astronomischen Optik anzusprechen ist. Der Hauptteil im Sinne des Verfassers ist der zweite, für das historische Interesse liegt jedoch der Schwerpunkt umgekehrt in den Paralipomena.

ENTSTEHUNGSGESCHICHTE

Die „Perspektive" des Witelo, die Kepler als Ausgangspunkt für seine Studien nimmt, ist ums Jahr 1270 entstanden[1] und stellt die Summe des optischen Wissens im christlichen Abendland um diese Zeit dar. In 10 Büchern wird darin der Stoff abgehandelt, beginnend mit dem geometrischen Rüstzeug aus Euklid und Apollonius, dann der Reihe nach die Ausbreitung des Lichtes, Bau des Auges und Lehre vom Sehen, die 22 Eigenschaften des Sichtbaren und die optischen Täuschungen, sehr breit, nämlich volle fünf Bücher umfassend, die Lehre von der Spiegelung und den Spiegeln, wobei außer der ebenen, sphärischen, zylindrischen und konischen Form auch das Paraboloid berücksichtigt wird, als Abschluß endlich im 10. Buch die Brechung des Lichtes. Nicht ohne Grund war diese Schrift im 16. Jahrhundert dreimal aufgelegt und damit zum Lehrbuch der Optik schlechthin gestempelt worden, nämlich zweimal in Nürnberg 1535 und 1551, zuletzt in Basel im Jahre 1572. Ein besseres Werk stand nicht zur Verfügung, als, durch den Humanismus angeregt, das Interesse für Naturwissenschaft neu erwachte. Am weitesten verbreitet war die von Friedrich Risner besorgte, textlich vielfach verbesserte Basler Ausgabe, die auch Kepler zur Hand hatte. So hoch indes Witelos Werk im Kurse stand, so gering dachten Leute wie Maurolycus, Porta, Brahe über die Leistung des Verfassers. Risner hatte dieser Tendenz insofern Vorschub geleistet, als er der Optik Witelos die ältere des Ibn Alhaitam, im Abendland Alhazen genannt, beigegeben und eine Art Konkordanz der beiden hergestellt hatte, indem er bei jedem Satz Witelos auf den entsprechenden bei Alhazen verwies. So trat die Abhängigkeit Witelos von Alhazen offen in Erscheinung, und es konnte der Eindruck entstehen, als sei er lediglich der „imitator" Alhazens, wie Tycho ihn nannte.[2] In Wirklichkeit hatte er noch weitere Quellen herangezogen und ein didaktisch wertvolles, stofflich umfassendes Lehrbuch geschaffen, so daß er, wenn man ihm schon die Originalität absprach, immer noch als Kompilator von Rang gelten konnte.

Diese weiteren Quellen waren die griechischen Optiker Euklid und Ptolemäus. Hatte sich Euklid nur mit Optik in des Wortes engster Bedeutung, nämlich der Lehre vom Sehen, und mit der Katoptrik befaßt, so stellte die Schrift des Ptolemäus das Hauptwerk des Altertums über das Gesamtgebiet der Optik dar. Die fünf Bücher, in die es eingeteilt ist, haben der Reihe nach zum Gegenstand: Theorie des Sehens mit Hilfe der Hypothese von den Sehstrahlen, allgemeine und philosophische Prinzipien, Lehre von den Spiegeln und der Brechung. So überragend ist dieses Werk, daß alle Geschichte der Optik bis hin zu Kepler von ihm auszugehen hat. In seinem Schatten stehen die Araber und das Abendland, deren Leistungen im Vergleich damit als mehr oder minder geringfügige Verbesserungen erscheinen. Während aber die an-

[1] C. Bäumker: Witelo, ein Philosoph und Naturforscher des 13. Jahrhunderts. Münster 1908. S. 201 ff.

[2] Tycho Brahe: Opera Omnia. Ed. J. L. E. Dreyer. Tom. II, p. 76.

dern Werke des Ptolemäus im 15. und 16. Jahrhundert durch den Buchdruck erst recht zur Verbreitung kamen, verschwindet die Kenntnis der „Optik" in dieser Zeit mehr und mehr. Von 1611 bis ins 19. Jahrhundert galt sie gar als verschollen, und auch Kepler wußte nicht einmal von ihrer Existenz.

Die Unkenntnis des Ptolemäus kann für Kepler deshalb nicht stark ins Gewicht fallen, weil Witelo aus dieser Quelle geschöpft hatte. Dagegen wird gern auf eine andere Lücke in seiner Literaturkenntnis aufmerksam gemacht. Aus der Reihe der wenig bedeutenden optischen Schriften von Witelo bis Kepler sticht ein kleines Werkchen von knapp 80 Seiten Umfang heraus: Die „Photismi de lumine et umbra" des aus einer vertriebenen byzantinischen Familie stammenden süditalienischen Abtes Franz Maurolycus (1494–1577). Wichtig im Hinblick auf Kepler sind darin zwei Dinge: Die richtige Erklärung der Camera obscura und die Erkenntnis der wahren Funktion der Linse im Auge. Beide Entdeckungen hat Kepler wieder gemacht; die erste war für ihn sogar, wie wir sehen werden, der unmittelbare Anlaß zur Beschäftigung mit optischen Problemen. Als Erscheinungsvermerk der Erstausgabe der „Photismi" wird an zahlreichen Stellen bis herein in die allerjüngste Zeit Venedig 1575 angegeben. Das beruht aber auf einem Irrtum: Die Ausgabe von 1575 existiert überhaupt nicht. Weder lassen sich von ihr Spuren im letzten Viertel des 16. Jahrhunderts entdecken, noch gelingt es heute, ein Exemplar davon nachzuweisen, vielmehr hatte der neapolitanische Drucker recht, der seine Ausgabe von 1611 mit dem Vermerk versah: „Nunc primum in lucem editi." Unschwer läßt sich auch die Quelle ermitteln, aus der die falsche Angabe stammt: Es ist der 1753 erschienene, von I. G. Chaufepié herausgegebene dritte Supplementband von P. Bayle's Dictionnaire historique et critique. In Wirklichkeit ist also des Maurolycus Schrift posthum und erst nach Keplers „Optik", vielleicht gar unter deren Einfluß erschienen. Kepler behält jedenfalls die Priorität der Veröffentlichung, und es erscheint nun auch objektiv gerechtfertigt, daß er von Witelo ausging. Dessen „Perspektive" repräsentierte trotz ihres hohen Alters noch zu Beginn des 17. Jahrhunderts in allen wesentlichen Punkten den Stand der optischen Wissenschaft.

Gegenüber der reinen Optik war die astronomische Optik um eine ganze Stufe zurückgeblieben. Ptolemäus hatte wohl die Notwendigkeit gesehen, die Brechungserscheinungen in die Astronomie einzubeziehen, aber das Problem der atmosphärischen Strahlenbrechung war seiner Schwierigkeit wegen für ihn unangreifbar gewesen. So bildete für die mittelalterliche Astronomie genau so wie für die antike der eine Satz von der geradlinigen Ausbreitung des Lichtes immer noch die ganze Brücke zur Optik hin. Mit ihm ließ sich die Erklärung der Mondphasen, der Schattenbildung und der Finsternisse wie auch die Lehre von den Parallaxen bestreiten. Erst die in der zweiten Hälfte des 16. Jahrhunderts vor allem durch Tycho Brahe und den Kreis der Kasseler Astronomen vervollkommnete Beobachtungstechnik stellte nicht nur an die Verbindung zwischen Astronomie und Optik, sondern auch an diese selbst neue, größere Anforderungen. Als erster hat wohl Brahe sich bemüht, diesen

gerecht zu werden; seine drei Refraktionstafeln für Sonne, Mond und Fixsterne stellen einen derartigen Versuch dar. Trotzdem sah Kepler die Aufgabe in ihrer ganzen Schwere an sich gestellt: „Indignum enim optica scientia putaui, cum in Astronomia sensus et instrumenta requirantur; in optice Geometrica certitudo non desit: superari hanc ab illa; neque demonstrationibus hic firmari posse, quod illic oculi comprehendissent: indignum multo magis, prouocatam ab Astronomis Opticen, ad opem sibi ferendam, non comparere; culpamque impeditae subtilitatis astronomicae, cuius insimularetur, à sese amoliri non posse" (S. 7). Schrittweise ist Kepler in diese große Aufgabe hineingewachsen, um schließlich mehr zu geben, als unmittelbar von ihm verlangt war, nämlich eine Darstellung der astronomischen Optik in ihrem ganzen Umfang.

Wären wir für die Entstehungsgeschichte der „Optik" allein auf die Briefe als Quelle angewiesen, dann ließe sich nur ein unvollkommenes Bild gewinnen. So mitteilsam sich nämlich Kepler hinsichtlich der Astronomia Nova Freunden und Bekannten gegenüber zeigt, so viele Einblicke in die einzelnen Etappen der Arbeit er dort gewährt, so wortkarg zeigt er sich hier. Am ehesten sind es Äußerungen seines Unmutes über den schleppenden Gang der Arbeit und die unvermuteten Schwierigkeiten, denen wir in den Briefen begegnen. Das Werk selbst gibt nur geringen Aufschluß über seine Geschichte, um so willkommener sind einige Blätter aus den Bänden 1 und 15 des in Pulkowo liegenden Nachlasses. Sie erst geben die Möglichkeit, das Auf und Ab zu verfolgen, das zwischen den beiden Enden liegt, dem ersten Plan, Ergänzungen zu Witelo zu verfassen, und der „Optik" selbst, wie wir sie vor uns haben.

Das Bewußtsein von der Unvollkommenheit hergebrachter Vorstellungen und den daraus entspringenden Anreiz zu eigener Beschäftigung mit optischen Problemen vermittelte Kepler die Sonnenfinsternis vom 30. Juni/10. Juli 1600. Die Finsternisse, zumal die Sonnenfinsternisse, hatten für die damalige Astronomie zentrale Bedeutung. Sie gaben die einzige Möglichkeit, Meridiandifferenzen zwischen verschiedenen Orten zu messen, und, was noch wichtiger war, sie waren das beste Hilfsmittel zum Studium der Bewegungen von Sonne und Mond. Hielt man es, wie Kepler, mit Kopernikus, dann konnte man die Planetenbewegungen nur auf einer genau bekannten Bewegung der Erde bzw. der Sonne aufzubauen hoffen, mußte also zu einer einwandfreien Theorie der Finsternisse vorzudringen suchen. Man sieht gerade an dieser Stelle die enge Beziehung zwischen Astronomiae Pars Optica und Astronomia Nova, und versteht andererseits Keplers Ansicht, daß Gott die Finsternisse eigens dafür geschaffen habe, um den Menschen ein Instrument zur Erforschung des gestirnten Himmels in die Hand zu geben. „Die Augen der Astronomen" nennt er in einem reizenden Wortspiel die Finsternisse.

Neben der alten, direkten Beobachtung der Sonnenfinsternisse war seit dem 15. Jahrhundert[1] die Projektion des Sonnenbildes auf einen Schirm nach dem

[1] Pauschmann: Zur Geschichte der linsenlosen Abbildung. Archiv für die Geschichte der Naturwissenschaft und der Technik 9 (1920) S. 95.

Kameraprinzip in Übung gekommen. Kepler hatte, wie er im 11. Kapitel berichtet, diese Methode bei Mästlin in Tübingen in einer äußerst primitiven Form kennengelernt. Als Kamera diente der hohe Dachraum der Kirche, als Öffnung die Lücke eines passend gezogenen Ziegels, das als Schirm dienende Blatt Papier hielt ein Diener in freier Hand. Die Beobachtungen nach beiden Methoden hatten eine merkwürdige Erscheinung gezeitigt. Bei Sonnenfinsternissen erwies sich nämlich der Durchmesser des Mondes stets kleiner als der an der Scheibe des Vollmonds gemessene. Tycho Brahe, der die Erscheinung für real nahm, hatte daran die seltsam anmutende Theorie eines mit der Periode des synodischen Umlaufes pulsierenden Mondes geknüpft, wonach der Halbmesser der Mondkugel in Konjunktion mit der Sonne um ein Fünftel kleiner war als in Opposition. Kepler lehnte diese Ansicht mit sicherem Instinkt ab, mußte nun aber die Gründe der Erscheinung aufzudecken suchen. Von der Kamera her war die Lösung nicht ohne weiteres zu erwarten. Deren Abbildung war offenkundig mit Fehlern behaftet, da sie an Stelle der spitzen Sonnenhörner bei der Finsternis abgerundete zeigte. Gelang es aber, den Abbildungsfehler geometrisch aufzuzeigen, dann konnte er eliminiert und das wahre Bild der Finsternis konstruiert werden. Dieses Ziel hat Kepler im Jahr 1600 wirklich erreicht. Er hatte ein neues Instrument ersonnen und auf dem Marktplatz von Graz aufgebaut, dessen Kernstück eine um einen festen Punkt in Azimuth und Höhe drehbare Achse war. Auf dieser waren senkrecht zur Längsrichtung in bestimmtem Abstand voneinander Scheiben angebracht, deren obere das kreisförmige Fenster trug, während die untere als Bildschirm diente. Drehte man also die Achse in die Richtung der Sonne ein, so fiel das Licht senkrecht auf Fenster und Schirm. Sowohl die Bewegungen der Achse wie auch der Durchmesser des Bildes und die für die Finsternis charakteristischen Größen waren durch besondere Vorkehrungen bequem meßbar gemacht. In den ersten Julitagen (julianischen Datums) ging Kepler an die Auswertung seiner Beobachtung. Die Aufzeichnungen während der Finsternis und die anschließenden Berechnungen sind uns erhalten.[1] Zuerst ermittelt er den Durchmesser der Sonne auf Grund der Aufzeichnungen und findet ihn zu groß. Er variiert seine Zahlen, um zu sehen, welchen Einfluß ein etwaiger Beobachtungsfehler haben könnte, prüft, ob die Farbe des Papiers eine Diffusion des Sonnenbildes bewirke, entdeckt, daß er für den Abstand Schirm – Öffnung eine falsche Zahl eingesetzt hatte, beginnt die Rechnung von neuem und findet wieder den Sonnendurchmesser zu groß. Schließlich prüft er die Aufstellung seines Instrumentes nach — es ist der 12./22. Juli — und fängt wieder an zu rechnen, aber dazwischen springt ganz plötzlich ein neuer Gedanke auf: „Da fällt mir gerade etwas ein wegen der Durchmesser der Leuchten [Sonne und Mond], warum der Mond in Konjunktion kleiner erscheint als in Opposition. Der Beweis geht aus der Figur klar hervor. Ich muß mir nur noch die Reihenfolge der Probleme überlegen." Und nun wirft er in kurzen Sätzen, die teilweise schon die endgültige Formulierung zeigen, eine neue Theorie der Camera obscura in den

[1] Mss. Pulk. XV. Bl. 247 ff.

Umrissen fertig auf das Papier. Ein schöneres Beispiel für Keplers Art, schwierige Zusammenhänge intuitiv zu erfassen, wird sich nicht leicht finden.[1]

„1. Die Körper von Sonne und Mond sind kugelförmig.

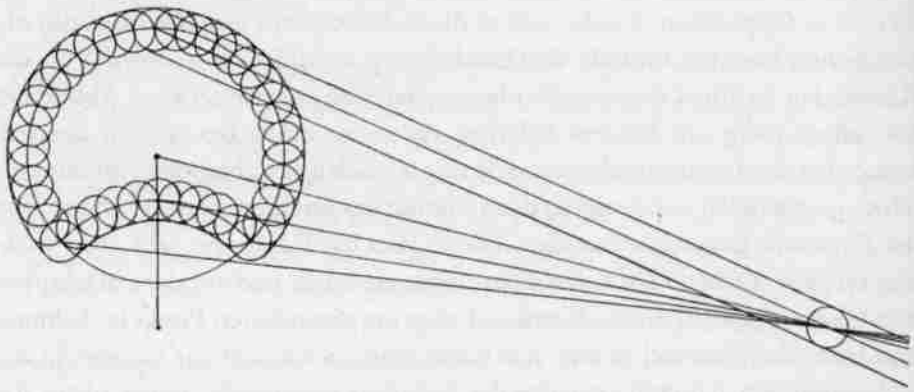
2. Die äußersten Ränder der Leuchten erscheinen vollkommen kreisförmig.

3. Sowohl die Kreislinie als die Kreisfläche besitzt unendlich viele Punkte.

4. Das Licht fällt in geraden Linien vom Leuchtenden auf das Beleuchtete.

5. Alle Punkte eines leuchtenden Körpers senden Lichtstrahlen aus.

6. Jeder Punkt einer leuchtenden Kreisscheibe streut Licht ringsum nach allen Richtungen des durchsichtigen Halbraumes und nach allen seinen Punkten ohne Ausnahme.



7. Leuchtet ein einziger Punkt, so wird das Licht auf einem senkrecht dagegen gestellten Schirm die Figur des Fensters annehmen, durch das es in senkrechtem Einfall gekommen ist, und das Verhältnis der Abmessungen des Fensters und des Lichtbildes auf dem Schirm wird dasselbe sein wie das der Abstände dieser beiden vom leuchtenden Punkt.

8. Irgend zwei Lichtstrahlen eines leuchtenden Punktes bilden schließlich einen Winkel, wenn sie in ihrem Ursprung zusammenlaufen. Aber bei ungeheuer großem Abstand des Leuchtenden vom beleuchteten Gegenstand lassen sie sich nicht unterscheiden von Parallelen und nicht Schneidenden.

9. Leuchtet ein einziger Punkt in unendlicher Entfernung, so wird das Licht auf einem senkrecht dagegen gestellten Schirm nicht allein die Figur, sondern auch die Größe des Fensters, das es senkrecht passiert hat, darstellen.

10. Weil aber das Leuchtende durch eine gewisse Ausdehnung ein Maß der Lichtquelle gibt, so übertrifft notwendig die Größe des Lichtbildes auf dem Schirm die des Fensters.

11. Ist der Abstand des Fensters vom Schirm in Vielfachen des Fensterdurchmessers kleiner als der des leuchtenden Körpers in Vielfachen von dessen Durchmesser, hat ferner der leuchtende Körper gleiche Figur wie das senkrecht zum Licht gestellte Fenster, sind schließlich alle Begrenzungslinien des Fensters den entsprechenden des leuchtenden Körpers parallel,

[1] Seines großen Umfanges wegen geben wir diesen Abschnitt mit der einleitenden Bemerkung in Übersetzung.

dann wird auch der durch direkte Strahlung beleuchtete Teil des Schirmes die beiden gemeinsame Figur annehmen, und zwar in gleicher Lage.

12. Stimmen aber bei gleichbleibenden Abständen die Figuren des Leuchtenden und des Fensters entweder nach Lage oder Gestalt der Begrenzung nicht überein, dann geht den Rändern des Lichtbildes auf dem Schirm etwas von der Schärfe bei gemeinsamer Figur ab.

13. Wäre das Fenster ein Punkt, dann würde das Licht auf dem senkrecht entgegengestellten Schirm genau die Figur des leuchtenden Körpers annehmen, aber invers, und das Verhältnis der Abmessungen des leuchtenden Körpers und des beleuchteten Schirmes wäre dasselbe wie das ihrer Abstände vom Fenster.

14. Ist der Abstand des Fensters vom Schirm in Vielfachen seines Durchmessers nicht kleiner als der des leuchtenden Körpers in Vielfachen seines, so weicht die Figur des Lichtbildes auf dem Schirm von der des Fensters nach der des leuchtenden Körpers hin ab.

15. Wenn nun bei solchem Abstandsverhältnis das Fenster und der leuchtende Körper gleiche Figur haben, aber genau inverse Lage, dann nimmt das Licht auf dem Schirm vollkommen gleiche Figur an wie die beiden, aber die Lage der Figur ist der des Leuchtenden entgegengesetzt.

16. Unter den gleichen Voraussetzungen ist das Verhältnis der Abmessungen des Leuchtenden und des Lichtbildes dasselbe wie das der Abstände beider von dem Punkt, in dem sich die einander zugeordnete Punkte verbindenden Geraden schneiden. Es ist ja das Verhältnis des Abstandes des Fensters vom Schirm zu seinem Abstand vom Leuchtenden gleich dem Verhältnis des Durchmessers des Lichtbildes, vermindert um den Fensterdurchmesser, zum Durchmesser des Leuchtenden, vermehrt um denselben Fensterdurchmesser.

17. Sind aber die Figuren des Fensters und des Leuchtenden nicht gleich oder nicht in inverser Lage zueinander, dann geht den Rändern des Lichtbildes etwas von der Schärfe des Leuchtenden ab."

Und nun die Abbildung der Sonne in Keplers Ekliptikinstrument, von der die ganze Fragestellung ausging. Sie ist ein Sonderfall der eben skizzierten Theorie; die darauf zugeschnittenen Erkenntnisse und die damit lösbar gewordenen Aufgaben, aus dem Bild der Finsternis in richtiger Weise die für die Auswertung wichtigen Bildelemente abzuleiten, werden in weiteren 14 Sätzen formuliert. An der Spitze steht die Lösung der alten Frage, unter welchen Bedingungen das durch eine Ritze senkrecht auf einen ebenen Schirm fallende Sonnenlicht Kreisform annehme. Dieselben Bedingungen bewirken, daß in der Lochkammer die Verfinsterung der Sonne sichtbar wird. Ganz scharf wird das Finsternisbild aber nur dann, wenn das Fenster entweder punktartig ist, oder wenn es als Kreis von merklichem Durchmesser genau so durch eine Kreisscheibe ausgeblendet wird, wie die Sonne am Himmel durch den Mond, jedoch von der entgegengesetzten Seite her. Im Ekliptikinstrument wird aus prakti-

schen Gründen ein unabgeblendetes Kreisfenster verwendet. Das Bild der Finsternis wird darin also unscharf, und zwar dadurch, daß die Ränder des Bildes, das bei punktförmigem Fenster erschienen wäre, nach allen Seiten hin um den Halbmesser des Fensters verschoben werden. Das hat zur Folge, daß das Bild der leuchtenden Sonne vergrößert erscheint, umgekehrt der dunkle Mond und der Grad der Verfinsterung verkleinert, ferner, daß die Hörner der Sonne abgestumpft sichtbar werden und daß das Bild einer noch so schmalen Sonnensichel nicht unter die Breite des Fensterdurchmessers herabsinken kann. In der Kamera erfolgt daher der Übergang von der partiellen zur totalen Finsternis nicht stetig wie am Himmel, sondern sprunghaft. Ist das alles bekannt, so liefert das an sich fehlerhafte Kamerabild ein vorzügliches Hilfsmittel, um die scheinbaren Größen von Sonne und Mond in Konjunktion, die wahre Größe der Finsternis, den Positionswinkel des Mondmittelpunktes relativ zum Sonnenmittelpunkt und die scheinbare Distanz der beiden richtig zu bestimmen.

Das also ist nun die Lösung des Rätsels der scheinbaren Verkleinerung des Monddurchmessers bei Sonnenfinsternissen: Nicht der Mond wird kleiner, sondern das Bild der leuchtenden Sonne auf Kosten des Mondbildes größer, und zwar bei senkrechtem Lichteinfall und kreisförmigem Fenster längs des ganzen Randes um den Halbmesser des Fensters. Aufs neue fängt Kepler nun an zu rechnen, aber schon nach wenigen Zeilen steht diesmal das Ergebnis da: „☉ ad ☽ ut 10 ad 11 circiter". Das Herz schlug ihm höher ob dieser Entdeckung. Er hatte nicht nur eine alte Unklarheit aus der Optik ausgeräumt, sondern gleichzeitig für die Beobachtung der Sonnenfinsternisse eine exakte Grundlage geschaffen. Zur Entdeckerfreude gesellt sich daher sofort der Gedanke an die Veröffentlichung. Schon am Schluß der die Finsternis betreffenden Aufzeichnungen nennt er seinen Entwurf zu einer Theorie der Kamera „adornatio ad paralipomena". Deutlicher wird er Mästlin gegenüber:[1] „Carum mehercule deliquium; sed ex quo tamen didicj, quid causae sit, quod luna tam parvam in Novilunio Ecliptico diametrum monstret. Itaque reliquo mense Julio scripsi Paralipomena ad librum secundum Optices Vitellionis." Hier stehen wir also, sachlich sowohl wie dem Namen nach, am Ursprung der „Optik". Der Weg zum Ziel ist indes noch mannigfach gewunden.

Fürs erste hält Kepler an seinem Plan fest, eine Monographie über seine Entdeckung ausgehen zu lassen. Die Ergebnisse der Beobachtung der Julifinsternis an anderen Orten, durch Tycho in Prag, Jöstel in Wittenberg, Mästlin in Tübingen, konnten ihn in dieser Absicht nur bestärken. Während Kepler die wahre Größe der Verfinsterung zu 8 Punkt angegeben hatte – der Sonnendurchmesser wird zu 12 Punkt angenommen – hatte Tycho nur weniger als die Hälfte der Sonne, nämlich 5 Punkt, verfinstert gesehen und behauptete seinen Standpunkt mit der ihm eigenen Starrheit. Mästlin und Jöstel bewegten sich zwischen diesen beiden Extremen. Am 16. Dezember 1600, an dem Kepler von Prag aus, wohin er inzwischen mit seiner Familie übergesiedelt war, an

[1] Brief vom 9. September 1600.

seinen alten Lehrer nach Tübingen schreibt, ist das Manuskript der gedachten Veröffentlichung fertig, und er ist auf der Suche nach einem Drucker: „Demonstratio totius rej cum sit pulchra et artificiosa, videtur mihi digna, quam typis mandem, ut haederam suspendam, cum jam absolutum nihil habeam aliud. Itaque si sit typographus, curabo imprimj."

Man braucht sich die Frage nicht vorzulegen, auf welche unüberwindlichen Hindernisse dieser Plan gestoßen sein könnte. Eher muß man sich darüber wundern, daß Kepler ihn so lange ernsthaft erwog, wenn man den Grund nicht in der eben wiedergegebenen Briefstelle angedeutet sehen will. Jedenfalls drängte das eng umschriebene physikalische Problem hinaus zur Astronomie, von der es umgekehrt angeregt war, und eröffnete dort eine wesentlich größere Perspektive. Man kann nicht anders erwarten, als daß Kepler diesen Weg einschlug. An Hand brieflicher Zeugnisse läßt er sich allerdings vorerst nicht verfolgen, dagegen gibt der Nachlaß die Stütze dafür. Es gehört nämlich zu Keplers Eigenarten, wenigstens in dieser Zeit, seine Arbeitsprogramme in Form von numerierten Verzeichnissen der zu behandelnden Fragen aufzustellen. Ein derartiger „Catalogus problematum proponendorum", der insgesamt 56 Nummern umfaßt, begegnet im ersten Band der Pulkowoer Handschriften.[1] Inhaltlich handelt es sich um eine kleine Zahl physikalisch-optischer Probleme, die große Mehrzahl dagegen ist astronomisch-optischer bzw. astronomischer Natur. Zur ersten Gruppe gehören die Nummern 1–4, die sich auf die Abbildung in der Camera obscura beziehen, außerdem: „8. Data oculorum distantiâ invenire distantiam rej visae. 12. Refractiones densorum mediorum Geometrica ratione metirj. 13. Invenire proportionem aeris ad aquam ex refractionibus. 14. Invenire altitudinem aeris refringentis radios siderum." In der zweiten Gruppe stehen die Finsternisse und die damit zusammenhängenden Fragen der Parallaxen, Größenverhältnisse und Bewegungen von Sonne und Mond beherrschend im Vordergrund. Obwohl keines der Blätter mit Datum versehen ist, lassen sie sich doch mit Sicherheit auf die Jahre 1601/1602 ansetzen. Die Überschrift kann also nicht so verstanden werden, als ob es sich prinzipiell um ungelöste Probleme handelte, denn bestimmt gilt das nicht für die Camera obscura.

Für sich genommen, besagt der Catalogus nicht viel; er deutet lediglich die Richtung an, in der sich Keplers Gedanken um diese Zeit bewegen. Seine Bedeutung für die Entstehungsgeschichte der „Optik" erhält er erst durch die nachfolgende „Deliberatio de methodo",[2] die zu ihm gehört und das Ziel verrät, auf das der Catalogus gerichtet ist.

„Deliberatio de methodo.

Generalia Optices axiomata demonstrata jam sunt, et faciunt caput primum.
Secundum est de figuratione radij et umbrae.
Tercium de dimensione refractionum.

[1] Mss. Pulk. I. Bl. 131–133.
[2] Ebenda Blatt 135.

Quartum negocium umbrae.
Quintum de oculo et ampliatione lucidorum.
Sextum, quanta fides oculis, apparitionj stellarum tribuenda in aestimatione Eclipsis Solis.
Octavum de parallaxibus.
Nonum de motibus.
X. De dispersione lucis Solaris in lunam, lunae in terram, terrae in lunam, siderum in lunam et terram, Veneris in terram.

Pars altera: pervera methodo.

Primo statuitur diameter ☉ ad haec nostra tempora.
Secundo diameter ☽, ubi multorum testimonia et observationes.
Tertio probatur, quod non sit sensibile discrimen, quo Sol variat umbram in eadem altitudine à terrâ.
Quartò ex eclipsibus, quae contingunt partiales in eâdem anomalia, motus latitudinis, latitudo et angulus latitudinis. Angulus enim ex partialibus ejusdem plagae. Motus ex partialibus diversae plagae et angulo. Latitudo ex utroque.
Quintò hinc diameter umbrae in illâ altitudine.
Sexto ex eclipsibus Solaribus, vel observatis lunaribus vel conjunctionibus cum fixis, praesertim in eâdem anomaliâ ☽, et prope nodos (ut certi simus de eodem angulo latitudinis) parallaxes Lunae capiantur, et cum quadrantibus comparentur.
Septimo hinc altitudo Solis à ♃.
Octavo hinc motus horarius et variatio altitudinis ☽, quae faciunt pro hypothesj oppositionum.
Nono obiter monendum, quam multa hinc in theoriam Solis redundent."

Hierzu ist zunächst zu bemerken, daß im ersten Teil nachträglich „Tercium de loco imaginis in Catoptricis" eingefügt und die Numerierung der folgenden Kapitel entsprechend abgeändert ist – die Nummer 7 ist irrtümlich übersprungen –, daß im übrigen dieser Teil infolge zahlreicher Streichungen und Änderungen nur schwer lesbar ist. Von einer Anmerkung zweifelhafter Lesungen kann indes abgesehen werden, da es in diesem Zusammenhang auf Einzelheiten des Wortlautes nicht ankommt. Wichtig ist dagegen zu bemerken, daß den einzelnen Kapiteln Zahlen beigefügt sind, die auf die entsprechenden Nummern des Catalogus hindeuten, und daß die Kapiteleinteilung des ersten Teiles sich, von der Reihenfolge abgesehen, nahezu mit der der „Optik" deckt. Als Ganzes kann die Deliberatio nur als Disposition für ein geplantes Werk aufgefaßt werden, dessen Keimzelle, das zeigt der Catalogus deutlich, die Paralipomena vom Jahre 1600 darstellen. Aus der dem Umfang nach recht bescheidenen Erklärung der Abbildung in der Lochkammer sollte ein die ganze Optik und die Astronomie der Sonne und des Mondes umspannendes Werk werden. Unwillkürlich fragt man sich, ob dieser Bogen nicht allzu kühn ge-

spannt war, wo wir wissen, daß die Bausteine dazu, die 56 Probleme, höchstens zu einem kleinen Bruchteil fertig dalagen. Gelegentlich fällt auch der Titel des gedachten Werkes:[1] „Hipparchus seu de Magnitudinibus Solis et Lunae."

Schon oberflächlicher Betrachtung fällt es auf, daß die Optik im Rahmen des „Hipparch" ein ziemlich selbständiges Gebilde darstellt. Es war jederzeit leicht möglich, sie herauszubrechen und für sich zu behandeln. Das geschah tatsächlich, durch äußere Umstände veranlaßt, im September 1602. Kepler war als Nachfolger Tycho Brahes nach dessen im Oktober 1601 erfolgtem Tod kaiserlicher Mathematiker geworden. Die Erben Tychos, voran dessen Schwiegersohn Tengnagel, bereiteten ihm aber große Schwierigkeiten wegen des Nachlasses. Infolge der von dieser Seite kommenden Verdächtigungen mußte nun Kepler im September 1602 Rechenschaft darüber ablegen, welche Arbeiten er für sein Gehalt auszuführen gedenke. Unerwartet vor die Entscheidung gestellt, gab er „Optik" und Astronomia Nova an: „Nuncupavi Astronomiae partem Opticam ad sequentia Natalitia, et Commentaria de motibus Martis ad sequens Pascha. Seposito igitur Marte sumpsi Optica."[2] Der Plan zur „Optik" war aus der Astronomie heraus geboren und in besonderem Maße an dem engeren Problemkreis des „Hipparch" groß geworden. Daß Kepler ihn jetzt auf sich selbst stellen konnte, muß als glückliche Wendung bezeichnet werden. Denn der „Hipparch", wie nun der zweite Teil allein heißt, ist zwar ein Lieblingsplan Keplers geblieben. In der Peroratio spricht er die Absicht aus, ihn als eine Art Fortsetzung der „Optik" auszuführen: „Caeterùm si Deus vitam viresque mihi prorogarit, libello altero, quem siue secundam huius Operis partem, siue appendicem dixeris, vsum harum obseruationum patefaciam. . . . Et quia potissimus libelli scopus erit, inuestigare magnitudines et interualla trium Corporum, Solis, Lunae et Terrae, eandem verò materiam Hipparchus, vt ex Theone patet, peculiari libello cui hic ipse titulus, est persecutus. Quod igitur foelix faustumque sit, libello nomen Hipparchus esto." Aber dem Omen zum Trotz stand der „Hipparch" unter einem ungünstigen Stern. Lange Jahre hat Kepler immer wieder daran gearbeitet, möglicherweise ist das Manuskript sogar fertig geworden, über seinen Verbleib breitet sich aber geheimnisvolles Dunkel.

Über den weiteren Verlauf der Arbeit sind wir durch den Briefwechsel mit dem bayerischen Kanzler Herwart von Hohenburg unterrichtet. Ihm berichtet Kepler am 12. November noch ganz optimistisch, daß die „Optik" in 8 Wochen fertig sein müsse – auf Weihnachten hatte er sie versprochen – und daß er sicher sei, bereits auf dem „Königsweg" zu sein. Aber noch war er nicht auf die eigentlichen Schwierigkeiten gestoßen. Je mehr er indes von der astronomischen Optik her in das Gebiet der physikalischen hineingeführt wurde, um so höher türmten sich die Hindernisse. Ganz mißmutig klingt es, wenn er im Mai 1603 an Herwart schreibt: „Spinosam Optices doctrinam suscepi et plus de paralipomenis ad Vitellionem quam de Astronomiae parte optica sum sollicitus. Locus imaginis mihi negotium facessebat; vici. Natura lucis rimanda fuit; hanc

[1] Mss. Pulk. I. Bl. 128.

[2] Brief an Longomontan [1605].

tractavi mediocriter. Oculus secundus erat; perlustravi anatomos. Refractiones metiendae; hic haereo. Deus bone, quam occulta ratio. Devoranda prius erant universa Apollonij conica, quae jam pene absumpsi." Einmal hatte er sich schon am Ziel geglaubt und Verhandlungen wegen des Druckes eingeleitet, dann aber aufs neue wieder angefangen zu arbeiten.[1] Um die Mitte des Jahres fühlte er sich allmählich über dem Berg und seine Äußerungen werden ruhiger. Am 5. Juli kann er berichten, daß der zweite Teil in der Hauptsache fertig sei. Im September steht das Inhaltsverzeichnis endgültig fest und schon ist auch ein Teil der Holzstöcke fertig, die unter seinen Augen geschnitten werden. Bis Weihnachten zieht sich die Arbeit hin; selbst das Ergebnis der Mondfinsternis vom 8./18. November 1603 wird noch in das 11. Kapitel eingearbeitet. Aber Kepler drängt jetzt auf den Abschluß und die Herausgabe, nicht aus persönlichen Gründen, sondern, wie er selbst angibt,[2] um den Astronomen das Werk so zeitig in die Hand zu geben, daß die nahe am Perigäum eintretende wichtige Sonnenfinsternis am 2./12. Oktober 1605 nach seiner Methode beobachtet werden könne. Am ersten Januar 1604 wird das fertige Manuskript dem Kaiser als Neujahrsgabe überreicht. Noch hat Kepler die Hoffnung, die „Optik" im Katalog der Frühjahrsmesse zu sehen, aber ein wertvoller Monat verstreicht, bis er sein Manuskript vom Kaiser zurückerhält.[3] Und nun hat man es in der Offizin des Claude Marne in Frankfurt nicht eilig mit dem Beginn der Arbeit. Erst am 29. Mai erhält Kepler auf eine energische Mahnung hin von Marne die Versicherung, daß mit dem Satz begonnen sei – als Beweis dafür liegt der erste Bogen dem Brief bei – und daß man auf Jakobi fertig zu werden hoffe. Von den Abbildungen fehlt nur noch das Kupfer der Augentafel, das nun auf Marne's Vorschlag aus Platers Anatomie genommen werden soll. Zur Herbstmesse 1604 lag die „Optik" schließlich fertig vor.

ANALYSE DES INHALTS.

Als „ein Werk in ausdauerndster Forschungsarbeit geschmiedet wie nur eines"[4] bezeichnet Kepler selbst seine „Optik"; aus ihr spricht derselbe große Theoretiker der Naturerkenntnis, der die Astronomia Nova schuf. Es ist notwendig, diese Tatsache hervorzuheben, weil ein kurzer Aufriß des Inhaltes sie kaum richtig in Erscheinung treten lassen kann. Die „Optik" faßt nämlich, wieder nach Keplers eigenen Worten,[5] eine große Zahl von Einzelerscheinungen zu einem Ganzen zusammen, und es besteht deshalb die Gefahr, daß weniger der Tiefgang als die umfassende Breite und Fülle der Gedanken sichtbar wird.

[1] Brief an Longomontan [1605].
[2] Im 11. Kapitel, S. 305.
[3] Brief an Fabricius vom 7. Februar 1604.
[4] Brief an Bruce, 4. September 1603.
[5] Brief an Herwart von Hohenburg, 12. November 1602.

I. Paralipomena in Vitellionem.

Es gibt nach Kepler für die Optik eine natürliche Disposition. Nach dieser müßte auf ein einleitendes Kapitel über das Wesen des Lichtes sofort die Behandlung des Auges und des Sehvorganges folgen, erst am Schluß die Katoptrik mit der Erklärung des optischen Bildes. Er jedoch will sich im Gegensatz dazu an die Reihenfolge seiner Entdeckungen halten: „At mihi ad fidem Lectori faciendam satius est visum, seriem ipsam mearum inuentionum sequi" (S. 78). Immerhin zeigt er sich der natürlichen Einteilung und einer eingefleischten Tradition verhaftet, wenn er mit dem Kapitel „De natura lucis" beginnt, in dem nach hergebrachter Sitte, aber trotzdem mit neuartigen Gedankengängen, die Eigenschaften des Lichtes aus seiner Wesensbestimmung auf dem Wege metaphysischer Spekulation hergeleitet werden.

Das Licht versteht Kepler nicht als isolierte physikalische Erscheinung, losgelöst vom Schöpfungsganzen, sondern als organischen Bestandteil davon. Innerhalb dieser Totalität ist es, verwandt dem Magnetismus, eine Kraft, die den Kosmos formt und belebt „quasi quoddam Creatoris instrumentum ad figuranda et vegetanda omnia" (S. 19). Solche Kräfte sind notwendig, weil ohne sie die materiellen Körper, in ihre Grenzen gebannt, nicht aufeinander einzuwirken vermögen und deshalb von sich aus nicht imstande sind, auf die von dem Kusaner als Symbol der göttlichen Dreieinigkeit geforderte kugelförmige Anordnung hinzustreben. Sie haben ihren Sitz in den Körpern, sind selbst nicht materiell, aber doch von einer gewissen Substantialität, die geometrischen Gesetzen unterliegt. Diese Wesensumschreibung des Lichtes, die Kepler später dem empiristisch eingestellten Engländer Harriot gegenüber[1] „eher theologisch als optisch" entschuldigt, zusammen mit Begriffen der aristotelischen actus-potentia-Lehre und axiomatischen Sätzen wie: „Quae sub eodem genere sunt, apta sunt ad se mutuò afficienda" (Propositio XII), „Virtus aequalis aequalem etiam motum praesupponit" (Prop. XIX), „Aut natura affectat vnitatem partium, aut separationem" (Prop. IV), sind die Grundlage für die folgende Deduktion, der Keplers schärfster Kritiker in optischen Fragen, der Kaufbeurer Arzt J. Brengger, das Prädikat „elegans et ingeniosa" erteilt hat.

Das strenge Schema, nach dem sich der Aufbau vollzieht, ist folgendes: Das Licht hat zwei respectus, Wesen (essentia) und Quantität. Jedes dieser beiden hat seine eigene Wirkung (energia), das letztere als Ortsbewegung (a), das erste als Beleuchtung (c). Objekt der Beleuchtung ist die Farbe (d), Objekt der Ortsbewegung die Quantität (b). Diese letztere ist wieder in zweierlei Hinsicht zu betrachten: Nach dem Gegenstand, zu dem hin (e) und dem Medium, durch das hindurch (f) die Bewegung erfolgt (Zurückwerfung und Brechung). Im Akt der Beleuchtung wird das Licht von den Körperfarben beeinflußt (g), andererseits erzeugt es Wärme (h) und zerstört es die Farben (i).

a) Ortsbewegung. Propositio 1–5. Die Tatsache der Lichtausbreitung nach allen Richtungen hin folgt aus der Zweckbestimmung des Lichtes. Die Ge-

[1] Brief vom 2. Oktober 1606.

schwindigkeit ist unendlich groß, da das Licht ohne Masse ist und dementsprechend das Verhältnis von bewegender Kraft zur Masse auf alle Fälle unendlich groß wird. Die Form der Ausbreitung ist die Kugelform; die Lichtstrahlen sind die Radien und als solche geradlinig.

b) Quantität. Prop. 6–9. Die Substanz des Lichtes hat mit der Materie die Unzerstörbarkeit gemein. Breitet sich also Licht in einer Kugelfläche aus, so erfährt es nur eine Schwächung in der Oberfläche, nicht aber im Radius. Die Folge davon ist das in Prop. 9 ausgesprochene Grundgesetz der Photometrie, wonach die Lichtdichte mit dem Quadrat der Entfernung abnimmt.

c) Beleuchtung. Prop. 10–14. Beleuchtung ist Auftreffen von Licht auf einen materiellen Körper. Durch diesen, er sei mehr oder weniger durchsichtig, wird das Licht beeinflußt. Hier vertritt Kepler eine eigenartige Ansicht, die für seine Theorie der Brechung von Bedeutung ist, wenn sie nicht umgekehrt dort ihre Wurzel hat. Licht als bewegte Oberfläche kann nur von etwas „ex eodem genere" affiziert werden, also nur von der Oberfläche des Körpers, nicht von dessen dreidimensionaler Körperlichkeit. Dabei wird aber der Oberfläche eine Dichte zugeschrieben, die mit der des Körpers korrespondiert.

d) Farbe. Prop. 15–17. Die fundamentale Erklärung Keplers lautet in aristotelischer Terminologie (Prop. 15): Farbe ist Licht der Potenz nach, Licht, das in der Materie des Durchsichtigen schlummert („Color est lux in potentia, lux sepulta in pellucidi materia"). Wie bei Aristoteles sind die Farben Stufen zwischen hell und dunkel, dünn und dicht, durchsichtig und undurchsichtig. Licht und Farbe sind „sub eodem genere" und beeinflussen sich daher gegenseitig.

Die weiteren Propositionen 18–38 dienen dem Schema entsprechend den näheren Ausführungen über Ortsbewegung und Beleuchtung, und zwar:

e) Zurückwerfung des Lichtes an einer Oberfläche. Prop. 18–19.

f) Brechung des Lichtes. Prop. 20–21.

g) Beeinflussung des Lichtes durch Körperfarben und anderes Licht. Prop. 22–31.

h) Erwärmung durch Licht. Prop. 32–35.

i) Zerstörung von Gegenständen und Farben durch Licht. Prop. 36–38.

In einem Anhang setzt sich Kepler mit Aristoteles auseinander, und zwar mit Kapitel 7 des 2. Buches von dessen Schrift „Περὶ ψυχῆς". Es ist keineswegs die Lust zu disputieren, die ihn dazu veranlaßt, sondern die Beobachtung, daß bei den Scholastikern nur das Beachtung findet, was für oder gegen Aristoteles redet. Nachdem sie bisher die Lehren der Optiker überhaupt ignoriert haben, will er sie zu einer Stellungnahme zwingen, indem er eben das erwähnte Kapitel, in dem Aristoteles seine Ansicht über Licht und Sehen niedergelegt hat, Satz für Satz einer Prüfung unterzieht.

Mit dem zweiten Kapitel „De figuratione lucis" gelangen wir in die uns vertrautere Atmosphäre der Induktion. Entsprechend der bereits erwähnten Absicht, der Reihe seiner Entdeckungen zu folgen, bringt Kepler in diesem

Kapitel die schulgerechte Durchführung der im Juli 1600 flüchtig hingeworfenen Skizze über die Abbildung in der Lochkammer. Es bedeutet keine wesentliche Einschränkung des Problems, wenn von Anfang an Bildschirm und Fenster in parallelen Ebenen angenommen werden. Unter dieser Voraussetzung wird die Lösung in mehreren Schritten erreicht. 1. Die Lichtquelle sei punktförmig und in endlicher Entfernung, dann entwirft sie auf dem Schirm ein Bild des Fensters, das diesem ähnlich ist. Rückt der Lichtpunkt ins Unendliche, so werden die beiden kongruent. 2. Ist die Lichtquelle ausgedehnt, so kann die auf dem Schirm entstehende Lichtfigur aufgefaßt werden als Summe der unendlich vielen Einzelbilder aus den Punkten der Lichtquelle. 3. Ist das Fenster ein mathematischer Punkt, so erscheint auf dem Schirm ein umgekehrtes Bild der Lichtquelle. 4. Durch ein ausgedehntes Fenster wird auf dem Schirm eine Lichtfigur entworfen, die als Summe der unendlich vielen Bilder von dem als Punktmenge gedachten Fenster aufzufassen ist. 5. Das wirkliche Lichtbild entsteht durch Zusammenwirken der direkten Bilder des Fensters und der inversen des Gegenstandes. Ob das Bild des Fensters oder des Gegenstandes stärker hervortritt, darüber entscheiden die Abstandsverhältnisse. Am besten wird die Vermischung der beiden, wenn sich die Durchmesser von Fenster und Gegenstand genau so verhalten wie deren Abstände vom Schirm. Rückt das Fenster näher an den Schirm, so überwiegt das Bild des Fensters und die Abbildung wird schärfer, im umgekehrten Fall tritt das Bild des Gegenstandes mehr hervor, die Abbildung wird unschärfer.

Es wird gelegentlich darauf hingewiesen, daß dieser Gedankengang gegenüber dem des Maurolycus umständlich sei. Das ist richtig, aber man darf dabei nicht übersehen, daß die größere Breite bei Kepler den Zweck hat, die Bildelemente klar in Erscheinung treten zu lassen. Deutlich zeigt sich das gleich bei der Anwendung auf die Sonnenfinsternisbeobachtung. Kepler will das wahre Sonnenbild herausschälen, muß also den durch die Ausdehnung des Fensters verursachten Fehler beseitigen. Das von jedem einzelnen Punkt der Sonnenscheibe entworfene Bild des Fensters ist aber kongruent zum Fenster, da die Sonne als unendlich fern betrachtet werden kann. Die Kamera zeigt daher ein Sonnenbild, das nach allen Seiten hin um den Halbmesser des kreisförmigen Fensters vergrößert erscheint.

Selbstverständlich darf Kepler in diesem Zusammenhang die durch J. B. Porta's Magia naturalis zu Berühmtheit gelangte Abbildung von Vorgängen und Gegenständen auf die Wand eines verdunkelten Zimmers nicht übergehen; auf die weiteren optischen Kunststücke Portas einzugehen lehnt er jedoch ausdrücklich ab.

Wir kommen zu dem wichtigen 3. Kapitel „De fundamentis Catoptrices et loco imaginis". Die Katoptrik, die als abgeschlossen galt und deshalb von den älteren Optikern immer mit behaglicher Breite abgehandelt wurde, krankte tatsächlich in ihrem Kern. Als Kepler auf der Suche nach dem Brechungsgesetz sich die Frage vorlegte, ob es gerechtfertigt sei, von dem Bilde eines unter Wasser liegenden Gegenstandes direkt auf die Größe der Brechung zu schließen, hoffte

er in der Katoptrik den gewünschten Aufschluß über das Wesen des optischen Bildes zu finden. Statt dessen stieß er auf vage Erklärungen, die die tatsächlich vorhandene Lücke verrieten, eine „macula foeda in pulcherrima scientia" (S. 64). Während nämlich Euklid an das Aufsteigen eines realen Bildes im Flächenlot geglaubt hatte mit der Konsequenz, daß das Bild in dem Augenblick aufhöre, wo aus dem Spiegel der Fußpunkt des Lotes weggenommen werde, hatten Alhazen und Witelo diese konkrete Vorstellung fallen gelassen und an deren Stelle ein allgemeines Entsprechungsprinzip gesetzt. Fest hielt man dagegen an der Euklidschen Regel, daß das Bild bei jeder Art von Spiegel im Lot vom Gegenstand auf die Spiegelfläche zu suchen sei. Kepler hat diese Regel erschüttert, oder, besser gesagt, auf ihren Geltungsbereich zurückgeführt, indem er die eben erwähnte Lücke schloß und damit der geometrischen Optik eine ihrer wichtigsten Stützen gab. Aber die Arbeit begegnete ungeahnten Schwierigkeiten. „Neque sanè mediocris is [labor] erat, dum inter principia in re tam perplexa pro falsis Opticorum traditionibus alias falsas opiniones sequor: dum ter quater aliam insisto viam, totum negocium de nouo repeto" (S. 88). Mehrfach hatte er geglaubt die Lösung zu haben und Sieg geblasen, aber jedesmal mußte er bei der Niederschrift die Unzulänglichkeit erkennen. Erst als er zur Reflexion die Brechung in den Kreis der Betrachtung zog, enthüllte sich ihm das Rätsel. Aber nun konnte er sich nicht mehr entschließen, das Kapitel aufs neue umzuarbeiten, vielmehr begnügte er sich damit, an den entscheidenden Stellen Korrekturen anzubringen.[1] Das ist ein fühlbarer Mangel, der seinen Teil dazu beigetragen hat, Keplers Leistung nicht im richtigen Licht erscheinen zu lassen.

Die grundlegend neue Erkenntnis des Wesens des optischen Bildes kommt in der Definition des Bildortes zum Ausdruck, die lautet: „Est locus imaginis genuinus illud punctum, in quo coeunt producti radii visorii ex vtroque oculo, per sua puncta refractionum vel repercussuum" (S. 72). Daß dieser Satz uns heute so selbstverständlich anmutet, ist nur ein Beweis für die Größe von Keplers Schritt. Da er vom beidäugigen Sehen als Regelfall ausgeht, so wird ein Exkurs über das Sehen im allgemeinen und das beidäugige im besonderen vorausgeschickt, wobei indes auch die Möglichkeit ausgesprochen wird, innerhalb gewisser Grenzen mit einem einzigen Auge Entfernungen wahrzunehmen. Nachdem die wahre Ursache des Bildes erkannt ist, bleibt die Überraschung nicht aus. Jedes Auge sieht das Bild in seiner Spiegelungs- bzw. Brechungsebene, deren jede auf der spiegelnden oder brechenden Fläche senkrecht steht und die Verbindungslinie vom Auge zum Gegenstand enthält. Das Bild befindet sich also in der Schnittlinie dieser beiden Ebenen. Ist diese ihrerseits senkrecht zur Fläche, so gilt die Euklidsche Regel, und zwar auch in ihrer Übertragung auf die Brechung, die die alte Optik vorgenommen hatte, ohne dafür andere als allgemein metaphysische Gründe angeben zu können. In allen andern Fällen wird sie dagegen, wie man sieht, falsch.

[1] Vgl. den Brief an Brengger vom 17. Januar 1605.

Als besonders charakteristische Fälle greift Kepler solche heraus, in denen sich beide Augen in derselben Spiegelungs- bzw. Brechungsebene befinden. Es zeigt sich, daß dann sowohl beim sphärischen Konvexspiegel wie bei einem brechenden Medium von ebener Begrenzung das Bild aus dem Flächenlot herausrückt. Den Unterschied zwischen seiner und der alten Regel veranschaulicht er schließlich durch das Beispiel der Spiegelung am konvexen Parabolspiegel. Die alte Theorie führt hier zu einer völlig sinnlosen Konstruktion; bei seiner eigenen spielt die Beschaffenheit der spiegelnden Fläche in der Umgebung des Reflexionspunktes die ausschlaggebende Rolle, und indem er nur den Schnitt des Paraboloids mit der Spiegelungsebene betrachtet, kommt er als erster auf den Gedanken, die Parabel in der Umgebung des Reflexionspunktes durch den Krümmungskreis zu ersetzen.

Als das schwierigste Kapitel der Paralipomena gilt mit Recht das vierte „De refractionum mensura". Ein doppeltes Ziel verfolgt darin Kepler: Die Entdeckung des Brechungsgesetzes und die Anwendung dieses Gesetzes auf die atmosphärische Strahlenbrechung. Das Material, das ihm dafür mangels eigener Experimente zur Verfügung stand, waren die Ptolemäischen Brechungstabellen in der von Witelo überlieferten Form, dazu die bereits erwähnten drei Refraktionstafeln Tychos für Sonne, Mond und Fixsterne. In dieser Dreiheit deutete sich aber schon die Verworrenheit der Vorstellungen über die atmosphärische Strahlenbrechung an. Der Mehrzahl derer, die sie wenigstens im Prinzip anerkannten, stand eine Gruppe mit dem Heidelberger Professor Christmann an der Spitze gegenüber, die sie rundweg leugneten. Unter den ersteren gingen die Meinungen wieder weit auseinander, ob sie zu allen Zeiten und an allen Orten wirksam sei, ob sie von Lichtstärke und Entfernung der Lichtquelle abhänge (Tycho), ob sie durch die Luft oder die darin enthaltenen Dünste verursacht sei (Streit zwischen Tycho und Rothmann). Kepler hat weder das Brechungsgesetz gefunden, noch, in physikalischen Vorstellungen seiner Zeit befangen, den Fragenkomplex um die Refraktion restlos zu klären vermocht, aber im ganzen hat seine Arbeit doch wie ein reinigendes Gewitter gewirkt.

Ebenso wie in der Astronomia Nova führt Kepler in diesem Kapitel den Leser über all die Irr- und Umwege, die er selbst gegangen ist, wobei man im Zweifel sein kann, ob darin die Bedeutung zum Ausdruck kommt, die er seiner Untersuchung beimißt, oder ob dieses Verfahren eher als eine Art Rechtfertigungsversuch aufzufassen ist: „Magno constitit vel solus modus mensuraque Refractionum: nec sic impunè admittendus es lector; quin per eadem priùs dumeta inquisitionum traducaris, quae ipse perreptaui; vt quia fructum communem es habiturus, laborem quoque praelibes." (S. 81). Dementsprechend macht er den Leser im 2. Abschnitt, nachdem er im ersten den Streit zwischen Tycho und dem Kasseler Astronomen Rothmann geschildert hat, mit einer ganzen Reihe von Versuchen bekannt, auf heuristische Art die Differenz von Einfalls- und Brechungswinkel als Funktion des Einfallswinkels, oder den einen der beiden Winkel als Funktion des andern mit Hilfe der Kreisfunktionen

darzustellen, eine „ferè coeca inquirendi ratio". Keiner dieser Versuche genügt den daran zu stellenden Anforderungen, die Brechung als abhängig von Einfallswinkel und Dichte, und zwar von der Oberflächendichte, nicht der corpulentia densi, erscheinen zu lassen und gleichzeitig den von der Erfahrung geforderten Verlauf zu zeigen; deshalb müssen sie alle abgelehnt werden.

Nachdem auf diese Weise das Vorfeld abgetastet ist, geht Kepler im 3. Abschnitt zur methodischen Untersuchung über. Der Weg, den er einschlägt, ist eigenartig und höchst bemerkenswert. War er im vorhergehenden Kapitel der Schwierigkeiten dadurch Herr geworden, daß er zur Spiegelung die Brechung hinzunahm und die Analogien zwischen den beiden herausarbeitete, so macht er jetzt den Versuch, durch eine Analogiebetrachtung von den bekannten Gesetzen der Spiegelung zum unbekannten Brechungsgesetz vorzudringen, in der Weise, daß er jedem Brechungsvorgang einen Spiegelungsvorgang zuordnet, also gewissermaßen ein Spiegelmodell für die Brechung konstruiert und das dioptrische Problem im katoptrischen Raum löst. Rein qualitativ wird zunächst der Brechung im dünneren Medium die Spiegelung am Konvexspiegel zugeordnet, da beide Bildverkleinerung bewirken; umgekehrt entsprechen sich dann Spiegelung am Konkavspiegel und Brechung im dichteren Mittel. Schwieriger ist die quantitative Beziehung herzustellen. Der Reihe verschiedener Dichten des stärker brechenden Mittels kann entweder die Reihe verschiedener Lagen des Gegenstandes zwischen Mittelpunkt und Oberfläche des sphärischen Konkavspiegels, oder aber eine Deformierungsreihe des Spiegels zugeordnet gedacht werden. Sicher scheint die Zuordnung der Brechung in einem Mittel von unendlich großer Dichte zu der Spiegelung der vom Brennpunkt ausgehenden Strahlung an einem parabolischen Spiegel.

Das Eintreten des Paraboloids bzw. der Parabel in den Gesichtskreis gibt Kepler zunächst Veranlassung, im 4. Abschnitt einen Abriß der wenig bekannten Lehre von den Kegelschnitten einzuschieben („aliqua mechanicè, analogicè et populariter de iis disserere"), der vielleicht das bekannteste Stück der ganzen „Optik" geworden ist. Es erübrigt sich deshalb näher darauf einzugehen. Als besonders fruchtbar erweist sich dabei wieder die Analogiebetrachtung, für die er eine große Vorliebe bekundet und die innere Beziehungen zwischen den verschiedenen Kegelschnittypen aufleuchten läßt. In diesem optischen Zusammenhang fällt auch zum ersten Male die Bezeichnung „focus".

Die vorher in der Schwebe gebliebene Zuordnungsfrage erhält nach diesem Exkurs im 5. Abschnitt folgende Antwort: Entweder hält man die Parabel fest und läßt bei gegen Null abnehmender Dichte die Lichtquelle vom Brennpunkt gegen die Oberfläche rücken, oder aber man läßt die Lichtquelle im Brennpunkt fest und variiert die Parabel nach einem der verwandten Kegelschnittypen, Ellipse oder Hyperbel hin. Im letzteren Fall würde der Dichte o je nachdem der sphärische Hohlspiegel oder der Planspiegel entsprechen. Die Entscheidung wird vom Versuch abhängig gemacht, und zwar wird zuerst die Lichtquelle im Brennpunkt festgehalten, als Meridianschnitt des Spiegels die Hyperbel angenommen, weil das Bild des Grundes im Wasser dafür zu spre-

chen scheint. A und B seien die Brennpunkte der Hyperbel. Denkt man sich diese spiegelnd, so wird ein von A unter dem Winkel α gegen AB ausgehender Strahl so reflektiert, daß er von B herzukommen scheint und dort mit BA den Winkel β bildet. Die als Modell dienende Hyperbel müßte nun bei veränderlichem α in den Wertepaaren α, β eine Brechungstabelle für ein Medium bestimmter Dichte liefern. Beim Übergang von Luft in Wasser gehört nach Witelo zum Einfallswinkel $\alpha = 80°$ der Brechungswinkel $\beta = 50°$. Kepler konstruiert eine dieser Bedingung genügende Hyperbel, indem er die Brennpunkte A, B willkürlich annimmt und dazu einen Kurvenpunkt C bestimmt, der von A und B aus unter den Winkeln 80° und 50° gegen AB erscheint. Die Probe mit $\alpha = 70°$ fällt aber bereits völlig unbefriedigend aus. Der entsprechende Versuch wird mit ähnlich schlechtem Ergebnis an der Ellipse gemacht. Es erscheint also aussichtslos, die Lichtquelle im Brennpunkt festzuhalten.

Deshalb wird jetzt die andere Möglichkeit ausprobiert, mit Hilfe der Parabel und auf der Achse beweglicher Lichtquelle die Brechung darzustellen. Willkürlich wird eine Parabel angenommen – später werden ihre Abmessungen einer bequemen Rechnung angepaßt – und auf deren Achse zwei Punkte C und I so bestimmt, daß ein von C unter dem Winkel 80° ausgehender Strahl nach der Reflexion an der Parabel von I unter einem Winkel von 50° gegen die Achse herzukommen scheint. Die Probe mit dem Winkel 70° stimmt zwar wieder nicht, aber der Fehler ist weit geringer als vorher. Das ist für Kepler ein Fingerzeig, von der ursprünglichen Alternative abzugehen und bei beweglicher Lichtquelle den Versuch mit einer Hyperbel zu machen, die stumpfer ist als die Parabel. „Inquisitionis methodus Geometrica nulla est, periclitanda ortuna" (S. 98). Mit großer Mühe wird also die Rechnung in derselben Art an zwei Hyperbeln durchgeführt, die derart ausgewählt sind, daß das gesuchte Spiegelmodell zwischen ihnen liegen muß. Als Kriterium für die Modelleigenschaft hat Kepler lediglich die Probe mit dem Einfallswinkel $\alpha = 70°$. Stillschweigend setzt er voraus, daß diese Hyperbel auch die ganze Brechungstabelle von Luft in Wasser richtig liefern würde. Aber überraschenderweise verzichtet er darauf, sie durch Annäherung von zwei Seiten wirklich zu bestimmen, vielmehr bricht er die Untersuchung ab und behandelt nur noch das Problem, die Oberflächenform für Wasser zu finden, die ein von einem nahen Punkt herkommendes Strahlenbündel parallel macht. Die exakte Lösung gelingt ihm nicht, obwohl er viel Zeit daran verloren hat, aber er kann wenigstens zeigen, daß die gesuchte Oberfläche durch Umdrehung einer hyperbelähnlichen Kurve entsteht. Die Entscheidung, ob es die Hyperbel selbst ist, überläßt er dem Leser: „Vbi hanc superficiem perfectè quacunque ratione didiceris, scito te in Mechanica magni quid consecutum" (S. 104).

Unerschüttert im Glauben an seine Analogiemethode legt sie Kepler beiseite. Man kann den Grund deshalb nur darin suchen, daß er daran verzweifelt, mit seinen mathematischen Hilfsmitteln auf diesem Weg zum Ende zu kommen. Tatsächlich flüchtet er sich nun aus der Induktion in die Deduktion, indem er im 6. Abschnitt auf die Ursache der Brechung zurückgeht. Als diese be-

trachtet er nach Prop. 20 von Kap. 1 den Widerstand des dichteren Mittels gegen die Zerstreuung des Lichtes. Die wirksamen Faktoren sind danach die Dichte und die Schiefe des Einfalls; näherhin setzt Kepler voraus, daß sich die totale Brechung (refractio composita) $\alpha - \beta$ aus zwei additiven Bestandteilen τ_1 und τ_2 zusammensetzt, deren erster von der Dichte allein abhängt und proportional dem Einfallswinkel α ist, während τ_2 nur eine Funktion der Streuung ist und mit der Sekante des Brechungswinkels β wächst. Als Ausgangsgleichung setzt er ohne weitere Begründung an $(\alpha - \beta) : \tau_1 = \sec \beta : \sec 0$, was wegen $\tau_1 = k \cdot \alpha$ einem Brechungsgesetz von der Form $\alpha - \beta = \lambda \cdot \alpha \cdot \sec \beta$ entspricht.

Diese Gleichung gestattet die Berechnung einer Brechungstabelle, wenn man zu einem einzigen Einfallswinkel α den zugehörigen Brechungswinkel β kennt. Eine Schwierigkeit entsteht lediglich dadurch, daß die eine der beiden der Bestimmung von τ_2 und β dienenden Gleichungen transzendent ist. Die als Beispiel durchgerechnete Tabelle für die Brechung von Luft in Wasser zeigt gute Übereinstimmung mit den Witeloschen Zahlen und läßt Kepler an die Richtigkeit seiner Annahmen glauben. Einen Fortschritt bedeutet es, daß seine Tabelle das Wertepaar $\alpha = 90°$, $\beta = 53° 30'$ enthält, mit dem im Prinzip die Totalreflexion entdeckt ist.

Etwas komplizierter gestaltet sich die Anwendung der Grundgleichung auf die atmosphärische Strahlenbrechung. Daß er dieses Problem überhaupt in Angriff nehmen kann, verdankt er seiner falschen Vorstellung von der Atmosphäre, die er als inkompressible Flüssigkeit betrachtet. Als neue Unbekannte tritt deren Höhe auf, von welcher der Unterschied der Winkel abhängt, die irgendeine von einem Punkt der Erdoberfläche ausgehende Gerade hier und an der oberen Grenze der Lufthülle mit der Richtung zum Zenit bildet. Deshalb müssen zur Aufstellung der Refraktionstafel zwei Wertepaare α, β gegeben sein. Ausgehend von den Tychonischen Tafelwerten für die Zenitdistanzen 60° und 89° berechnet Kepler die Horizontalrefraktion und findet sie zu klein. In schwieriger Rechnung bestimmt er deshalb die Konstanten seiner Gleichung so, daß die Tychonischen Refraktionen bei den Zenitdistanzen 89° und 90° erzwungen werden; geht er damit aber zur Zenitdistanz 76°, so wird das Ergebnis wieder wesentlich falsch.

Den Fehler in seinen eigenen Hypothesen zu suchen lehnt Kepler so lange ab, als die Tychonischen Zahlen nicht vollkommen verbürgt scheinen. Es besteht aber in der Tat der Verdacht, daß gewisse tägliche Ungleichheiten Eingang in sie gefunden haben. Indem er eine geeignete Beobachtungsreihe der Sonne in den Braheschen Journalen ausfindig macht, kommt er in der Nähe des Horizontes zu anderen Beträgen der Refraktion. Mit diesen verschwinden die Unstimmigkeiten der Rechnung nahezu ganz und Kepler kann nun als Abschluß der „taediosa inquisitio" seine Refraktionstafel aufstellen. Aus ihrer Entstehung heraus krankt sie an dem Mangel, den Einfallswinkel im Äther zum Argument zu haben, während dem Beobachter die Zenitdistanzen an der Erde gegeben sind, aber ein Vergleich mit den modernen Tafeln läßt die Keplersche Tafel den Tychonischen weitgehend überlegen erscheinen.

Anschließend behandelt Kepler sofort zwei Aufgaben, die sich schon in dem früher erwähnten „Catalogus problematum" finden, nämlich das Dichteverhältnis von Luft zu Wasser und die Höhe der Atmosphäre zu bestimmen. Bei der ersten Aufgabe stützt er sich auf den Proportionalteil der Refraktion, der ja allein durch die Dichte bestimmt sein soll. Als das gesuchte Verhältnis findet er $1:(1177\ ^2/_3)^3$, fragt sich aber, ob statt des Kubus nicht das Quadrat oder die $^3/_2$. Potenz angezeigter wäre. Auf alle Fälle wird der Luft dadurch ein Gewicht zugeschrieben, vor Galilei und Torricelli: „Non ignoro, ne credas, me Physicorum reprehensionem incursurum, qui aerem et hic et antea grauem seu ponderosum esse statuam. At sic me docuit totius naturae contemplatio" (S. 120). Die Höhe der Lufthülle tritt in der Berechnung der Refraktionstafel explizit als Größe auf. Danach beträgt sie nicht mehr als eine halbe deutsche Meile oder ungefähr 4 km. Die höchsten Berge ragen über die Atmosphäre hinaus. Kepler schließt das, abgesehen von gewissen Erfahrungen, aus einer rohen Schätzung, die die Länge von Flüssen zu dem von Vitruv für Wasserleitungen geforderten Gefälle von ½% in Beziehung setzt. Die Dämmerungserscheinungen, die auf eine viel größere Höhe hindeuten, sind seiner Meinung nach Reflexionserscheinungen an Staub- und Rauchteilchen, die in der Luft infolge des Auftriebes nach oben steigen und hoch über der Atmosphäre schweben.

In den folgenden Abschnitten 7 und 8 werden Witelos Anwendungen der Refraktion auf die Astronomie besprochen und kritisiert, und der Streit zwischen Tycho und Rothmann von Keplers Standpunkt aus geklärt. Ein weiterer Abschnitt gilt der Beobachtung der an der Expedition Barents beteiligten Holländer, die unfreiwillig auf Nowaja Semlja überwintern mußten und die Sonne viel früher aufsteigen sahen, als nach der Rechnung zu erwarten war. Bemerkenswert ist vor allem einer der Erklärungsversuche Keplers, der die Erscheinung als Luftspiegelung, eine Art Fata Morgana, deuten will. Der letzte Abschnitt stellt schließlich zahlreiche Zeugnisse aus der Vergangenheit über beobachtete Refraktion zusammen. Diese geben erst das Recht, alte Beobachtungen, bei denen die Refraktion unberücksichtigt geblieben war, nachträglich zu korrigieren. Andererseits lassen sich damit manche der als merkwürdig geschilderten Erscheinungen erklären.

Das 5. Kapitel „De modo visionis" behandelt als Abschluß der Paralipomena Auge und Sehvorgang. Was den älteren Theorien als Mangel anhaftete, war viel weniger die unzureichende Kenntnis der Anatomie des Auges als die Unklarheit über das Wesen des optischen Bildes. Nachdem Kepler diese schwerwiegende Lücke im 3. Kapitel ausgefüllt hat, ist er instand gesetzt, das Auge als optisches Instrument zu begreifen. Mit erstaunlicher Leichtigkeit fließen deshalb hier die Ergebnisse und formen sich zu einer Theorie, an deren wesentlichen Zügen die Folgezeit nichts zu ändern gefunden hat. Inhaltlich gliedert sich das Kapitel wie folgt: 1. Anatomie des Auges. 2. Sehvorgang und Funktion der einzelnen Teile des Auges. 3. Geometrische Optik der Kristallinse. 4. Die älteren Ansichten über das Sehen. 5. Sehfehler in der astronomischen Beobachtung.

Für die Beschreibung des Baues des menschlichen Auges sieht sich Kepler vollständig auf die Anatomen angewiesen. Sein wichtigster Gewährsmann ist der Basler Mediziner Felix Plater (1536–1614), aus dessen 1603 in neuer Auflage erschienenem Werk „De partium corporis humani structura et usu libri 3" er auch die das Auge betreffenden Abbildungen entnommen hat. Mit Plater läßt daher Kepler den Sehnerv in der Augenachse in die Netzhaut einmünden.

Das Sehen kommt nach Kepler physiologisch dadurch zustande, daß auf der rötlichweißen Hohlseite der Netzhaut ein umgekehrtes Bild erzeugt wird. Man kann das Auge nicht als Camera obscura nehmen; dafür ist das Uvealoch viel zu groß. Das Bild kommt vielmehr durch den brechenden Apparat des Auges zustande. Der von einem einzelnen leuchtenden Punkt herkommende Strahlenkegel wird beim Eintritt in das Auge durch die Hornhaut so gebrochen, daß ein neuer Kegel entsteht, dessen Spitze hinter dem Auge liegen würde. Von der Vorderfläche der Hornhaut gehen die Strahlen nahezu ungebrochen durch die wässerige Flüssigkeit und die Vorderfläche der Linse. Erst an deren als hyperbolisch angesprochener Rückfläche tritt wieder stärkere Brechung ein, und zwar vom Lot weg, weil der Glaskörper dünner ist. Das hat zur Folge, daß das konvergente Strahlenbündel noch konvergenter wird. Bei deutlichem Sehen fällt nun die Kegelspitze auf die Netzhaut, genauer auf das Ende des Sehnerves. Lichtkegel, die ihre Spitze im Sehnervende haben, heißen coni directi, andere, die seitlich davon endigen, coni obliqui. Von der Abbildung verlangt Kepler, daß durch sie die Anordnung der Punkte, wie sie in dem vor dem Auge liegenden Raume ist, nicht gestört wird. Insbesondere sollen die Bilder von Punkten, die sich in bezug auf das Auge diametral gegenüberliegen, auf der Kugelhaube der Netzhaut in bezug auf deren Mittelpunkt die entsprechende Lage einnehmen. Das wird dadurch möglich, daß der Mittelpunkt der Netzhaut nicht mit dem Sehzentrum, dem Schnitt der Lichtkegelachsen, zusammenfällt, sondern dahinter liegt, und daß die Netzhaut mehr als eine Halbkugel umspannt. Die darüber hinausragende Zone kann zwar auch von keinem conus obliquus getroffen werden, dient also nicht einmal dem indirekten Sehen, trotzdem hält sie Kepler optisch nicht für bedeutungslos. Vielmehr erklärt er damit die Vergrößerung des Gesichtsfeldes, die für den Schutz des Auges von Wichtigkeit sei und so weit gehe, daß man beinahe seine eigenen Ohren sehen könne. Es soll nämlich Licht durch die Ritzen der Ziliarfortsätze auf die vordere Zone der Netzhaut dringen können.

Nachdem Kepler die Funktion des Kristallkörpers beim Sehvorgang richtig gedeutet hat, muß er nähere Rechenschaft über die geometrische Optik eines derartigen Gebildes ablegen. Als Hilfsmittel zum Experimentieren steht ihm nichts anderes als eine Glaskugel oder gar nur eine kugelförmige Glasflasche zur Verfügung. Daran führt er deshalb die Betrachtung durch: „Quaecunque de globo aqueo in hunc modum et his mediis vsi demonstrauerimus, eadem et de crystallino probata erunt, reseruatis ei priuilegiis suis ob certam conuexitatis figuram, discrepantem à conuexitate globi" (S. 162). Ausführlich und in Propositionen gegliedert werden nun Strahlengang und Bildentstehung an der

brechenden Kugel entwickelt. Ein paralleles Strahlenbündel wird nicht in einem Punkt gesammelt, sondern in den Punkten einer gewissen Strecke. Je weiter ein Strahl des parallelen Bündels von der Achse entfernt ist, um so näher an der Kugeloberfläche trifft er nach der Brechung die Achse (Diakaustik). Dreht man den Strahlengang um, so gibt es also einen der Kugel nächsten Punkt A und einen fernsten E, so daß die von einem Punkt innerhalb A oder außerhalb E herkommenden Strahlen durch keine Zone der Kugel parallel gemacht werden. Die ersteren werden divergent, die letzteren konvergent. Die Kugel vermag also ein von einem Punkt herkommendes Strahlenbündel weder parallel zu machen noch in einem Punkt zu sammeln; eine brechende Oberfläche, die das leisten soll, muß vielmehr dem Hyperboloid ähnlich sein. Weiterhin wird das Bild nach Lage, Größe und Deutlichkeit studiert, wobei die Wirkung einer Blende in Betracht gezogen wird. Die Anwendung auf das Auge geschieht in den Propositionen 26 bis 28. Es gibt einen Nahpunkt und einen Fernpunkt, die die innere und äußere Grenze für punktförmige Abbildung und damit für deutliches Sehen darstellen. Innerhalb dieser Grenzen gibt es eine gewisse Akkomodation, über deren physiologische Seite Kepler nicht ganz klar ist. Er denkt an einen veränderlichen Abstand zwischen Linse und Netzhaut oder eine Dichteänderung der Flüssigkeiten im Auge. Beim Sehen sehr ferner Gegenstände wie aller astronomischen Objekte, die außerhalb der Akkommodationsgrenze liegen, tritt verschiedene Wirkung ein. Leute mit schwachen Augen wie er selbst sehen die Gegenstände mehrfach; wer gutes Gesicht hat, kann trotzdem noch deutlich sehen, obwohl in Wirklichkeit die Vereinigungspunkte der Strahlenkegel vor der Netzhaut liegen. Wie können aber die Augenfehler, Kurz- und Weitsichtigkeit, behoben werden? Für den Weitsichtigen ist die deutliche Sehweite groß. Soll er einen näher liegenden Gegenstand deutlich sehen, so muß der Strahlengang so verändert werden, daß er von einem ferneren Punkt herzukommen scheint. Er muß also weniger divergent gemacht werden, und das geschieht durch die Konvexbrille. Umgekehrt braucht der Kurzsichtige die Konkavbrille.

Der ungeheure Fortschritt, den Keplers Theorie bedeutet, zeigt sich mehr oder weniger ungewollt in dem folgenden 4. Abschnitt, wo sie denen eines Witelo, Jessen, Plater, Cornelius Gemma und Porta gegenübergestellt wird. Im 5. Abschnitt schließlich kommt Kepler noch auf Sehfehler zu sprechen, die naturgemäß für die astronomische Beobachtung von großer Bedeutung sind. Die Winkelmessung mit einem Instrument einfachster Art, bei dem vom Drehpunkt aus an den Schenkeln entlang visiert wird, führt deshalb zu einem falschen Ergebnis, weil der Drehpunkt des Instrumentes nicht mit dem Sehzentrum zur Deckung gebracht werden kann. Streng genommen liegt hier keine fehlerhafte Eigenschaft des Auges vor; darum ist auch eine Korrektur möglich, die Hipparch durch seine Diopter erreichte. Um wirkliche Fehler des Auges handelt es sich aber bei der heute als Irradiation bezeichneten Erscheinung, die das Netzhautbild eines hellen Gegenstandes gegenüber dem eines gleich großen dunkleren vergrößert, ferner bei Abbildungsfehlern des

Auges und zuletzt bei dem Verschwinden lichtschwacher Objekte, wenn ein lichtstarkes in das Gesichtsfeld tritt.

II. Astronomiae Pars Optica.

Der ganze Stoff, der für Kepler unter den Begriff der astronomischen Optik fällt, verteilt sich auf zwei Problemkreise. Der erste begreift die Fragen des Leuchtens, der Beleuchtung und der Schattenbildung der Himmelskörper in sich (Kap. 6–8). Der andere umfaßt die Veränderungen des scheinbaren Ortes eines Gestirns: Parallaktische Verschiebung und Bewegung (Kap. 9–10). Die beiden Kreise fließen schließlich zusammen in der Theorie der Finsternisse (Kap. 11), in welcher der zweite Teil und damit das ganze Werk gipfelt.

Das 6. Kapitel „De varia luce siderum" ist dem Problem des Leuchtens und der Beleuchtung gewidmet. Im Vordergrund steht naturgemäß die Sonne. Sie besteht aus Materie von ungeheurer Dichte. Ihre Masse setzt Kepler der Summe der Massen aller übrigen Himmelskörper gleich, weil sie den ganzen Raum beherrscht. Die Struktur der Sonnenmaterie ist „simplicissima et maximè vna"; das besagt, daß sie vom Charakter einer vollkommen klaren, durchsichtigen Flüssigkeit ist. Außerdem ist sie farblos, denn Farbe wurde als Licht „in potentia" erklärt, während die Sonne nur Licht „in actu" besitzt. Wie hat man sich nun aber den Leuchtvorgang zu denken? Die Sonne ist das Herz des Weltalls; von ihr strahlen Licht und Wärme aus und sie zieht die Planeten in ihren Bahnen. Die Strahlung geht aber, ähnlich der wärmespendenden Kraft des tierischen Herzens, nicht mit einem Verbrennungsvorgang einher. Die Ursache des Leuchtens der Sonne kann daher nur in einer Beseelung, einer anima bzw. facultas vitalis gesucht werden. Die anima hat ihren Sitz im ganzen Sonnenkörper und bringt ihn daher in allen seinen Teilen zum Leuchten. Da aber die Sonne als eine brechende Kugel von unendlicher Dichte zu gelten hat, so kann nur senkrecht auf die Oberfläche auftreffende Strahlung nach außen dringen, wie umgekehrt alles von außen kommende Licht nach dem Mittelpunkt hin gebrochen wird. Das Sonnenlicht, das wir wahrnehmen, stammt also in der Hauptsache aus dem Mittelpunkt der Sonne, dringt im Radius zur Oberfläche und wird von dieser nach allen Richtungen verteilt. Damit haben wir auch bei der Sonne die Dreiheit Mittelpunkt-Radius-Oberfläche, das Symbol der göttlichen Trinität.

So unzweifelhaft die Sonne im Eigenlicht strahlt, so sicher leuchtet der Mond in geborgtem Sonnenlicht. Der sphärische Durchmesser der von der Sonne beleuchteten Mondhaube beträgt wenig mehr als 180°, dagegen ist der Durchmesser der von einem Punkt der Erde aus sichtbaren Mondhaube etwas kleiner als 180°. Die Mondphasen entstehen durch Überschneidung dieser beiden Kugelhauben, deren Grenzkreise als circulus illuminationis und circulus visionis bezeichnet werden. Streng genommen ist es nicht möglich, einen wirklichen Neu- oder Vollmond zu beobachten. Tritt nämlich zu diesen Zeiten keine Verfinsterung von Sonne oder Mond ein, so müssen sich circulus illuminationis und circulus visionis bereits überschneiden. Hinsichtlich der Beleuch-

tungsstärke wird die von der vollen Sonne beschienene Haube (συναύγεια) von dem schmalen Gürtel unterschieden, der nur von einem Teil der Sonne Licht erhält (λιπαύγεια). Dem von Kepler errechneten Größenverhältnis der beiden Zonen haftet jedoch die damals allgemein viel zu groß angenommene Sonnenparallaxe von 3′ als Fehler an. In der Frage der Mondflecken geht er mit Plutarch und Mästlin, die den Mond für einen Körper wie die Erde erklären mit Kontinenten, Gebirgen und Meeren. Im Gegensatz zu Plutarch glaubt er aber eher die Flecken als Festland, die helleren Stellen als Meere ansprechen zu sollen. Die Mondberge sind verhältnismäßig höher als die Erdberge. Dieser Umstand verleitet ihn dazu, etwaigen Mondbewohnern größere Körpermaße zuzuschreiben als uns Menschen. Dadurch sollen sie gleichzeitig auch befähigt sein, nicht allzusehr unter den großen Temperaturschwankungen während der 15tägigen Mondtage und -nächte zu leiden. Das sog. aschgraue Licht des Mondes wurde bereits von Mästlin richtig erklärt. Für die nach reinen Mondmonaten rechnenden Völker ist schließlich der Zeitpunkt des Sichtbarwerdens der Mondsichel nach dem Neumond von großer Bedeutung. Vor allem interessiert sich Kepler für die Frage, ob es möglich sei, daß der Mond an ein und demselben Tage morgens und abends mit entgegengesetzten Phasen gesehen werden könne. Er kommt zur Bejahung der Frage.

Planeten und Fixsterne stellt Kepler in eine Reihe. Beiden schreibt er Eigenlicht zu, und zwar deshalb, weil Venus sonst dasselbe Spiel der Phasen zeigen müßte wie der Mond. Zu diesem Eigenlicht kommt aber Sonnenlicht hinzu. Die Ursache des Szintillierens sucht er im Eigenlicht; näherhin soll es auf Vorgänge im Sterninnern zurückzuführen sein. Das Kometenlicht ist gleich dem des Mondes von der Sonne geborgt. Schwierig ist aber die Erklärung der Kometenschweife, die Kepler schließlich im rein Optischen findet. Wenn nämlich der Kopf des Kometen kugelförmig ist und aus durchsichtiger, brechender Materie besteht, dann muß das Sonnenlicht hinter dem Kometen die bekannte Diakaustik zeigen, die sowohl durch ihre Krümmung, wie durch ihre Richtung und Verbreiterung nach dem Ende etwa die Form der Kometenschweife wiedergibt. Allerdings muß man dabei dem Äther wenigstens einen geringen Grad von Materie zuschreiben.

Die Schattenbildung von Erde und Mond ist als Element der Finsternistheorie von großer Bedeutung. Ihr sind deshalb zwei volle Kapitel gewidmet: Kap. 7 „De vmbra Terrae" und Kap. 8 „De vmbra Lunae et tenebris diurnis". Da im 6. Kapitel den Planeten Eigenlicht zugeschrieben wurde, so läßt sich bei ihnen der Eintritt in den Schatten eines andern kaum erkennen. Zweifelhafte Beobachtungen dieser Art und Nachrichten über Sternbedeckungen werden im letzten Abschnitt des 8. Kapitels zusammengestellt.

Die Geometrie des Erd- und Mondschattens ist seit alter Zeit zur fertigen Lehre ausgebildet und insbesondere auch von Witelo ausführlich abgehandelt; darüber braucht Kepler also kaum ein Wort zu verlieren. Neu kommt beim Erdschatten die Berücksichtigung des brechenden Einflusses der Atmosphäre hinzu. Infolge der atmosphärischen Strahlenbrechung verkürzt sich der Kern-

schattenkegel, und zwar nach Kepler von 268 Erdhalbmessern auf 43. Da der Mond im Perigäum 54 solcher Halbmesser vom Erdmittelpunkt absteht, so kann die Spitze des Kernschattenkegels den Mond nicht erreichen. Was man bei totalen Mondfinsternissen beobachtet, ist also der Schatten der Erdatmosphäre; daraus erklärt sich das merkwürdige Erscheinungsbild und die rote Farbe. Die Helligkeitsverteilung innerhalb des Erdschattens wird jetzt kompliziert, ist sie aber einmal festgestellt, dann kann umgekehrt das Bild einer totalen Mondfinsternis dazu dienen, das Brechungsvermögen der Atmosphäre und speziell die vermuteten lokalen Brechungsunterschiede zu ermitteln. Die Anwendung auf ein konkretes Beispiel (Mondfinsternis vom August 1598) entbehrt schon deshalb der zwingenden Kraft, weil die Beobachtungsdaten zu dürftig sind; sie ist aber immerhin charakteristisch für Keplers Art, einen Gedanken zu Ende zu denken.

Beim Mondschatten tritt keine Komplikation auf. Kepler kann deshalb ohne Umwege auf das strittige Ziel losgehen: Das Problem der totalen und ringförmigen Sonnenfinsternisse. Tycho Brahe hatte als Folgerung aus seiner Theorie des pulsierenden Mondes die Möglichkeit einer totalen Sonnenfinsternis leugnen müssen. Dieser Meinung stehen aber zahlreiche Zeugnisse aus älterer und neuerer Zeit gegenüber. Eine optische Täuschung ist bei der Beurteilung der Totalität einer Sonnenfinsternis ausgeschlossen. An der Möglichkeit darf danach nicht gezweifelt werden, es müssen nur die Bedingungen für das Eintreten vollständiger Dunkelheit aufgestellt werden. Dafür ist jedenfalls nicht ausreichend, daß der Mond die Sonne eben deckt, weil dann noch Dämmerungserscheinungen auftreten würden. Um auch diese auszuschalten, muß der Durchmesser des Mondschattens an der Erde rund 300 Meilen betragen. Das ist aber nur möglich, wenn der scheinbare Durchmesser des Mondes je nach seiner Stellung in der Bahn um 6′ bis 20′ größer ist als der der Sonne.

Für eine ringförmige Finsternis gibt es überhaupt nur ein Zeugnis, und zwar von Clavius für den 9. April 1567. Kepler hält im Gegensatz zu andern die Nachricht für glaubwürdig, kommt aber doch, weil die Sonne damals nicht im Perigäum, der Mond nicht im Apogäum stand, zu der Erklärung, daß entweder eine optische Täuschung vorliege, oder daß, falls die Beobachtung doch zutreffe, eine Mondatmosphäre vorhanden sein müsse. Eine solche würde den scheinbaren Sonnendurchmesser vergrößern. Zum Schluß stellt Kepler Nachrichten über die gegenseitige Bedeckung anderer Himmelskörper zusammen.

Den zweiten Problemkreis der astronomischen Optik betreten wir mit dem 9. Kapitel „De parallaxibus". Kepler macht darin den Versuch, die ihrer Schwierigkeit wegen berüchtigte Theorie der Parallaxen, „quae sola totius Astronomiae longe est difficilima et molestissima", zugänglicher zu machen. Er hofft sich den Dank der Astronomen zu verdienen, wenn er diesen Stein des Sisyphus endlich über die Höhe des Joches hinüberbringe, damit er nicht wieder zurückrolle. Seine Darstellung muß in der Tat in didaktischer Hinsicht als ein klassisches Stück bezeichnet werden.

Die Parallaxen gab der Schöpfer den Menschen als Hilfsmittel, um zur Erkenntnis des Baues des Weltalls gelangen zu können. Versagt bei der Beurteilung der Entfernung astronomischer Objekte das beidäugige Sehen, weil beide Augen wegen des zu kleinen Abstandes das Gestirn an dieselbe Stelle der Fixsternsphäre projizieren, so können wir den Augenabstand dadurch vergrößern, daß wir von verschiedenen Stellen der Erde aus gleichzeitig beobachten. Da aber die Forderung der Gleichzeitigkeit undurchführbar ist, so hilft sich der Astronom selbst, indem er von einer Stelle aus beobachtet und den von einer andern Stelle aus zu beobachtenden Ort errechnet. Als die andere Stelle wird stets der unzugängliche Erdmittelpunkt angenommen. Die auf diese Weise in Erscheinung tretende Verschiebung des Sternortes an der Sphäre, die sog. tägliche Parallaxe, ist nichts anderes als der Winkel, unter dem der zum Standort des Beobachters gezogene Erdhalbmesser vom beobachteten Gestirn aus erscheint. Sie äußert sich als Höhenänderung, für die eine einfache trigonometrische Beziehung gilt. Für den praktischen Gebrauch stellt Kepler eine große Parallaxentafel auf, die zu Zenitdistanzen von 1° bis 90° und zu Horizontalparallaxen von 1′ bis 66′ die zugehörige Höhenparallaxe angibt. Der Astronom, der die Sternörter auf die Ekliptik bezieht, braucht aber ebensohäufig die Parallaxen in Länge und Breite. Es werden deshalb geometrische Hilfssätze aufgestellt, die eine angenäherte Berechnung der Längen- und Breitenparallaxen mit Hilfe der Tafel der Höhenparallaxen ermöglichen.

Würde die Erde im Mittelpunkt des Weltalls ruhen, dann wäre die tägliche Parallaxe das einzige Instrument zum Studium der Struktur des Weltgebäudes. Tatsächlich versagt sie bereits bei den oberen Planeten. Deshalb gab Gott ein weiteres Hilfsmittel in der jährlichen Parallaxe, die aus dem Umlauf der Erde um die Sonne entspringt, damit der Mensch erkennend in die Tiefen des Weltgebäudes vorzudringen vermöge. Es ist erstaunlich, wie Kepler das kopernikanische System immer wieder von einer neuen Seite her zu beleuchten vermag. Der parallaktische Winkel erscheint zwar auch im tychonischen System, hat aber dort eine andere Bedeutung, wie Kepler zeigt. Die Frage einer Fixsternparallaxe wird hier nicht diskutiert.

Einer Theorie der Bewegungen am Himmel hat eine prinzipielle Erhebung darüber vorauszugehen, wie wir diese Bewegungen wahrnehmen und beurteilen und welchen etwaigen Täuschungen wir dabei ausgesetzt sind. Das ist der Inhalt des 10. Kapitels „De motibus siderum fundamenta optica", in dem sich Kepler von überkommenen Lehren des Aristoteles, Nikolaus Oresme u. a. abhängig zeigt. An die Spitze stellt er die Definition: „Omne quod mouetur, in loco mouetur, motus enim est loci mutatio" (S. 279). Den „Ort", der in die Definition eingeht, erklärt Kepler wie Oresme als das, was das Bewegliche umfaßt („Locus tribuitur superficiei, quae continet mobile"). Das Umfassende ist aber stets größer als das Umfaßte. Sind zwei Körper in Bewegung gegeneinander, so übernimmt in unserm Bewußtsein der größere die Funktion des Ortes, der kleinere die des auf den Ort Bezogenen, und da für uns stets der Ort das Ruhende, das Ortsbezogene das Bewegte ist, so sprechen wir unabhängig

vom wahren Sachverhalt das Kleinere als das Bewegte an. Kepler macht dieses Urteil aus dem Sehvorgang und am Beispiel des durch eine dahinziehende Wolke leuchtenden Sternes plausibel.

Einen besonders wichtigen Ort bilden die über das Auge vorragenden Gesichtsteile, die als unveränderliche Begrenzung des Sehraumes hinausprojiziert werden. Was mit dieser Begrenzung fest verbunden erscheint, unser Kopf und Körper, das Haus, ein Schiff, die ganze Gegend, wird in den Ort einbezogen und daher als das Ruhende betrachtet, was aber diesen gegenüber seine Lage verändert, nennen wir bewegt. Würden wir auf den Mond versetzt werden, dann würden wir ihn entgegen dem Augenschein mit uns als ruhend betrachten und den übrigen Himmelskörpern außer ihren eigenen Bewegungen auch die des Mondes zuschreiben. Für die Astronomie ergibt sich daraus die wichtige Folgerung, daß man rein optisch nicht gegen Kopernikus argumentieren kann, um so weniger, wenn man bedenkt, daß die Geschwindigkeiten am Himmel so gering sind, daß sie sich der direkten Wahrnehmung entziehen. Mit der Bewegung legen wir dem Beweglichen auch die Spezies der Bewegung bei, wie etwa den Sternen das Auf- und Absteigen. Der Optiker weiß, daß das nur Bilder sind. Es ist deshalb unnötig, wenn Kopernikus in der Hl. Schrift zwischen astronomisch Richtigem und Falschem unterscheiden will.

Täuschungen hinsichtlich einer Bewegung entstehen dadurch, daß wir die Bewegungslinie falsch beurteilen. Die Astronomie kennt zwei Arten von Täuschungen (phantasiae), die im Exzenter und Epizykel einer Planetenbahn ihren Ausdruck finden. Bei der ersten geht es um die Größe der Bewegung, die Geschwindigkeit. Die ungleichförmige Bewegung der Planeten hat zwei Ursachen, eine physische, insofern die Geschwindigkeit sich tatsächlich periodisch verändert, und eine optische, die auf die wechselnde Entfernung des Planeten infolge der Exzentrizität seiner Bahn zurückzuführen ist. Je weiter nämlich der Planet von uns entfernt ist, um so kleiner erscheint die von ihm zurückgelegte Strecke, um so langsamer also scheint er sich zu bewegen. Dieser Satz läßt sich aber nicht einfach umkehren. Ptolemäus, der zunächst in diesen Fehler verfiel, mußte nachträglich die Größe seiner Epizykel korrigieren und einen Teil der Ungleichheit auf den Ausgleichskreis übernehmen. Bei der Sonne allein, wo kein Epizykel erforderlich ist, blieb der Fehler; erst Kepler hat ihn entdeckt und durch Halbierung der Exzentrizität beseitigt. Die zweite Art von Täuschung betrifft die Richtung der Bewegung. Zu gewissen Zeiten erscheinen uns die Planeten rückläufig oder stationär. Für Ptolemäus ist diese Änderung der Bewegungsrichtung real und er braucht zu ihrer Darstellung den Epizykel, Kopernikus dagegen erkennt sie als reine Täuschung, ein Spiegelbild der Erdbewegung um die Sonne. Wegen der Darstellung des kopernikanischen Systems verweist Kepler den Leser auf den Urheber selbst, er macht nur – ne nihil dictum sit – den interessanten Versuch, die kopernikanische Theorie aus den Propositionen 53–58 des Euklid herauszulesen, „quibus quidem propositionibus Euclides puram putam Astronomiam Copernicanam tradidit“ (S. 285).

In einem Anhang spricht er schließlich noch die Vermutung aus, daß die Kometenbahnen geradlinig seien.

Die Darstellung der astronomischen Optik ist damit abgeschlossen. Kepler hat jetzt die Hilfsmittel in der Hand, um das eigentliche Ziel des ganzen Werkes, die Verbesserung und rechnerische Auswertung der Sonnenfinsternisbeobachtungen in Angriff nehmen zu können. Das geschieht in den 32 Problemen des 11. Kapitels „De artificiosa obseruatione diametrorum Solis et Lunae et deliquiorum vtriusque".

Eine Sonnenfinsternis ist hinreichend charakterisiert, wenn der Ort der Sonne, die scheinbaren Größen von Sonne und Mond, ferner der Grad der Verfinsterung in Bruchteilen des Durchmessers sowie der Positionswinkel der Zentrale (Inklination) zu einer Reihe von Zeitpunkten bekannt sind. Aber selbst Tycho Brahe, der Meister der Beobachtungskunst, konnte keine wirklich auswertbare Finsternisbeobachtung aufweisen; so groß waren die prinzipiellen und technischen Schwierigkeiten. Keplers Bemühen geht deshalb von Anfang an darauf, durch Schaffung eines eigenen Ekliptikinstrumentes die Beobachtungstechnik zu verbessern. Auch seinem Instrument, dessen in dem Abschnitt über die Vorgeschichte der „Optik" bereits Erwähnung getan wurde, haftet zunächst noch eine prinzipielle Schwierigkeit an; erst nachdem er aus diesem Anlaß die Abbildung in der Lochkammer erklärt hatte, konnte er es den Astronomen als das Vollkommenste, wenigstens der Idee nach, anbieten, was in der Zeit vor dem Aufkommen des astronomischen Fernrohres ersonnen werden konnte.

Einrichtung und Gebrauch des Ekliptikinstrumentes sind das Hauptthema für den ersten Teil (Probl. 1–23) des Kapitels. Die Aufnahme des Finsternisbildes erfolgt in der Weise, daß der Träger von Fenster und Schirm (regula) in die Richtung der Sonne eingestellt wird. Dann fällt das Bild in die Mitte des Schirmes und kann dort ausgemessen und nachgezeichnet werden. Die Zeit jeder einzelnen Beobachtung wird durch eine Marke am Rahmen des Instrumentes festgehalten, die das Azimuth und die Höhe der Sonne angibt. Wir haben also unzweideutig die Urform der heutigen photographischen Himmelsaufnahme vor uns. Da das Arbeiten am Bildschirm unbequem ist und leicht zu Ungenauigkeiten führt, konstruiert Kepler weitere Vorrichtungen, die entweder (Probl. 13) die wichtigen Größen an dem Lichtbild abzulesen gestatten, „das sicherste Verfahren, das sich ausdenken läßt", oder wenigstens (Probl. 10) die Inklination direkt angeben und so viele Punkte des Bildes festlegen, daß dieses nach der Finsternis geometrisch konstruiert und ausgemessen werden kann. Neben dieser Methode nehmen sich die älteren eines Mästlin oder Brahe, die Kepler schon aus dem Grunde beschreiben muß, weil er deren Ergebnisse zum Vergleich heranzieht, primitiv aus. Das Keplersche Instrument eignet sich seiner geringen Lichtstärke wegen nicht für Mondfinsternisse, wodurch sein Wert kaum beeinträchtigt wird, da diese ihrer Unschärfe wegen viel geringere Bedeutung haben als die Sonnenfinsternisse.

Der Hauptvorzug des Ekliptikinstruments besteht darin, daß die mit seiner Hilfe gewonnenen Beobachtungen einer vollen rechnerischen Auswertung

fähig sind. Schon in Problem 2 und 4 wird die Bestimmung der scheinbaren Durchmesser von Sonne und Mond durchgeführt. Die weitere Auswertung folgt in Problem 24 bis 27. Ausgehend vom scheinbaren Ort der Sonne wird zunächst der des Mondes zu den verschiedenen Zeitpunkten berechnet. Von den scheinbaren Örtern geht man über zu den wahren, d. h. geozentrischen, und findet die wahre Geschwindigkeit des Mondes und den Zeitpunkt der wahren Konjunktion mit der Sonne. Kennt man diesen Moment für verschiedene Beobachtungsorte, so ist der Weg frei zur Berechnung ihrer Meridiandifferenzen. Die Durchführung im einzelnen hat gewisse Schwierigkeiten, die sich äußerlich im Umfang dieses Teiles zeigen. Der Rest des Kapitels (Probl. 28–32) rundet schließlich die ganze Untersuchung durch die Lösung rechnerischer und prinzipieller Fragen ab.

DIE AUFNAHME DES WERKES

Auf der Frankfurter Herbstmesse, Ende September 1604, erfolgte die Auslieferung der Astronomiae Pars Optica an die Buchhändler, und diese trugen sie nun hinaus nach allen Richtungen. Kepler hatte nach damaligem Brauch als Entgelt für seine Arbeit vom Verleger eine Anzahl Freiexemplare erhalten, die er seinerseits an Freunde und Bekannte, an namhafte Fachgenossen und nicht zuletzt an hochgestellte Persönlichkeiten verteilte. Die letzteren pflegten Widmungen von Büchern mit einer „Verehrung" in Geld zu erwidern. So erhielt Kepler vom Kaiser die über Erwarten hohe Summe von 100 Talern bewilligt, der Kurfürst von Bayern gab 12 Gulden, die Herwart von Hohenburg von sich aus auf 6 Dukaten erhöhte. Von den anderen erwartete Kepler eine Antwort auf den mächtigen Ruf, den er hinausgesandt hatte in die Friedhofsruhe, die sich seit langer Zeit über die Optik gebreitet hatte. Auch der Kaiser als Gönner Keplers war darauf gespannt zu hören, wie die gelehrte Welt über die Leistung seines Mathematikers denke. Anerkennende Äußerungen von Leuten wie Mästlin konnten dessen Stellung befestigen.

Es war daher eine Enttäuschung für Kepler, daß solche Urteile nur zögernd eingingen, ja daß es anfänglich beinahe so aussah, als sei sein Ruf im leeren Raum verhallt. In Wirklichkeit war er an vielen Stellen gehört worden, aber er war zu unvorbereitet gekommen, als daß man ihn sofort richtig zu deuten verstanden hätte. Das klingt uns aus einem Brief von Keplers ehemaligem Rektor an der Stiftsschule in Graz, Joh. Papius, entgegen, der sich ganz offen über die Schwierigkeiten ausspricht, die ihm die Lektüre der „Optik" bereite: „Vtinam vero paralipomena tua tam essent perspicua: quam sunt ingeniosa et subtilia; mihi per omnem vitam meam nihil tam difficile oblatum est, in ullo mathematico, ferè dixerim, in ulla disciplina philosophica."[1] In ähnlicher Tonart hatte sich schon früher Mästlin vernehmen lassen, der sich gar, als Kepler um ein Urteil in ihn drang, für unfähig dazu erklärte: „De eo libro, meam

[1] Papius an Kepler, 26. Februar 1606.

quasi censuram, quam obliquè petere videris, frustrà expectas, sublimiora nempe in eo continentur, quam de quibus ego iudicium mihi sumere ausim."[1]

Ein eigentlich kritischer Briefwechsel, wie Kepler ihn wünschte, kam in der Folge nur mit zwei Männern zustande, dem Kaufbeurer Arzt J. Brengger und dem Engländer Th. Harriot. Brengger bewegt sich philosophisch etwa auf der gleichen Ebene mit Kepler, beide denken in denselben Kategorien, und der lebhafte Gedankenaustausch, der sich über die Zeit vom Januar 1605 bis Juni 1608 erstreckt und so ziemlich alle wichtigeren optischen Fragen umfaßt, führt daher zu einer fruchtbaren Auseinandersetzung, in der die Rollen des Gebenden und Nehmenden fortwährend wechseln. Kepler sieht sich einem scharfen Kritiker gegenüber, der an mehr als eine schwache Stelle des Buches rührt, so an die These, daß nicht die körperliche, sondern die Oberflächendichte die Brechung des Lichtes verursache, oder an Keplers Auffassung von der „Flamme" im Herzen der Lebewesen. Brengger korrigiert die irrige Ansicht, daß bei senkrechter Sicht auf Wasser der Grund nicht gehoben erscheine und zeigt von Kepler nicht beachtete weitere Fälle auf, in denen das Spiegelbild aus dem Flächenlot herausrückt. Er vermag aber die Tragweite der neuen Gedanken Keplers nicht durchweg zu erfassen, ja er äußert sogar Zweifel an dessen genialer Erklärung des optischen Bildes. Obwohl sich daher Kepler in einzelnen Punkten überzeugen läßt, so behält er doch im ganzen klar die Überlegenheit.

Harriot, der sich in seinen Briefen als Vertreter des jungen englischen Empirismus zu erkennen gibt, kann als ein Gegenstück zu Tycho Brahe betrachtet werden. Wie dieser besitzt er wertvolles Beobachtungsmaterial, das er selbst nicht auszumünzen versteht. Aber anders als Tycho bietet er Kepler nach der Lektüre der „Optik" durch einen Mittelsmann seine Beobachtungen an und übermittelt ihm auf dessen ersten Brief vom 2. Oktober 1606 umgehend die Brechungszahlen von 14 Medien gegen Luft beim Einfallswinkel 30°. Indem er seine Tabelle nach steigender Brechung ordnet und die auf Wasser bezogenen spezifischen Gewichte beifügt, spricht sie eine deutliche Sprache gegen Keplers Theorie der Brechung. „Multa in tabella sum miratus, quae antea ignoravj; clavem mihj porrectam opinor ad inquirendas latentes corporum naturas", schreibt dieser am 2. August 1607 nach London zurück. Die Folgerung, daß zwischen mechanischer und optischer Dichte zu unterscheiden sei, zieht er aber nicht klar, er hält sich vielmehr daran, daß durch Beimengung unsichtbar kleiner Teile eines schwereren Stoffes zu einem leichteren das spezifische Gewicht vergrößert werden könne, ohne daß die Brechung sich dadurch zu ändern brauche. Da Harriot sich nicht auf andere Fragen Keplers (Mechanik der Waage, Wesen der Farbe, Regenbogen, Sonnenhalo) einläßt, so verengt sich der Meinungsaustausch und führt nicht weiter. Im September 1609 schreibt Kepler zum letztenmal.

War es damit, nach dem Erscheinen der Astronomia Nova, still geworden um die „Optik", so begann sich die Saat Keplers langsam zu regen. Zwar, als Galilei im Jahre 1610 von wunderbaren Entdeckungen am Himmel mit Hilfe

[1] Brief vom 28. Januar 1605.

des Fernrohres zu berichten wußte, und dieses mit einem Schlag im Mittelpunkt des Interesses stand, war Kepler noch der einzige, der die in den Paralipomena steckenden Ansätze weiterführte zu einer Theorie des neuen optischen Instrumentes. Wir wissen aber, daß die Arbeiten von Snell und Descartes zur Entdeckung des Brechungsgesetzes und die Konstruktion des Helioskopes durch Scheiner von Keplers Schriften her angeregt waren. Die Welle optischer Literatur, die sich im 2. Viertel des 17. Jahrhunderts zu heben beginnt, schließt daher nicht nur zeitlich an die Astronomiae Pars Optica an: Sie hat dort ihr eigentliches Erregungszentrum.

EINSCHLÄGIGE MANUSKRIPTE

Das Druckmanuskript der Astronomiae Pars Optica, das, nach den erhaltenen und mit Seitenzahlen versehenen Probeabzügen von Figuren zu schließen, etwa 600 Seiten umfaßt haben muß, ist verloren. Es fehlen aber auch die Vorarbeiten und Entwürfe zu dem Werk, die vor allem für die Kapitel 3 und 4 aufschlußreich sein müßten. Offenbar ist es so, daß Kepler diese in einem besonderen Faszikel gesammelt hatte und daß dieser verlorengegangen ist. Denn die wenigen Blätter, die wir in den Bänden 1 und 15 des in der Sternwarte Pulkowo liegenden Keplernachlasses noch entdecken, verdanken ihre Erhaltung mit einer Ausnahme nicht einem glücklichen Zufall, sondern dem Umstand, daß sie mindestens ebenso starke Beziehung zu dem in der Peroratio angekündigten zweiten Teil der „Optik", dem „Hipparch", haben wie zu dieser selbst. Über die Zeit des Verlustes läßt sich nicht mehr sagen, als daß Hevelius in seiner Beschreibung[1] des von Keplers Erben erworbenen Nachlasses 1674 keine Konzepte zur „Optik" mehr erwähnt.

Band 1 der Pulkowoer Manuskripte ist mit Vorarbeiten zum „Hipparch" von der frühesten Prager Zeit an bis etwa zum Jahre 1620 ausgefüllt. An seiner Ordnung, die schon Hevelius bemängelt hatte,[2] scheint M. G. Hansch wenig geändert zu haben. Für die „Optik" kommen daraus in Betracht die Blätter 131/132, 133/134, 135/136, 137/138, 151 und die Schlußblätter des Bandes, 449–456. Die Paginierung der ersten fünf Blätter stammt von Keplers Hand; sie enthalten S. 131 bis 133 den früher erwähnten „Catalogus problematum proponendorum", S. 135 die abgedruckte „Deliberatio de methodo", S. 137 unter der Überschrift „Exempla" eine Aufzählung von 29 Finsternissen bis Juni 1602. Die Rückseiten 134, 136, 138, ganz oder teilweise durchstrichen, sind ausgediente Materialsammlungen zu Kapitel 4 der „Optik". Blatt 151, das einer kleinen Rechnung auf dem freien Rand wegen an seiner Stelle blieb, enthält unter der Überschrift „Methodus" eine erste, vollständig durchstrichene Einteilung von Kapitel 11 in 28 Abschnitte. Was schließlich die Blätter 449–456 betrifft, so finden sich auf ihnen die Probeabzüge von etwa 50 Holzstöcken der Figuren zur „Optik", mit Korrekturen Keplers und mit der Angabe der jewei-

[1] Philosophical Transactions 9 (1674) p. 29–31.
[2] Ebenda p. 27.

ligen Seitenzahl im Manuskript. Diese Blätter tragen keinerlei Paginierung; ihre Erhaltung scheint einzig und allein dem Zufall zu verdanken sein.

In Band 15 sind, ebenfalls als Vorarbeiten zum „Hipparch" gedacht, die sämtlichen Finsternisbeobachtungen und -berechnungen Keplers gesammelt. Unter ihnen finden sich auch, von späterer Hand als Blatt 247–259 signiert, jedoch durch eine alte Paginierung 415–441 von Keplers Hand als hierher verpflanzter Bestandteil aus anderem Zusammenhang erkennbar, die Aufzeichnungen zur Sonnenfinsternis vom 30. Juni/10. Juli 1600, die wir als Geburtsdatum der „Optik" anzusprechen haben. Der Inhalt der Blattfolge ist im einzelnen folgender:

S. 415. Eine Skizze des Ekliptikinstrumentes mit Angabe seiner Abmessungen.
S. 416–420. Erster Versuch einer Auswertung der Finsternis.
S. 420–423. Entwurf der Theorie der Camera obscura und der Abbildung der Sonnenfinsternis im Ekliptikinstrument.
S. 427. Die Aufzeichnungen während der Finsternis über ihren Ablauf.
S. 424. 425. 428. 429. 431. 433–437. Neue Berechnung der Finsternisgrößen.
S. 439–441. „Quae contineantur in folijs de Eclipsj." Eine ins Einzelne gehende Aufstellung über den Inhalt der S. 416–438, sowie den Gang der Rechnung. Danach bedeuten die Lücken in den Seitenzahlen auch Lücken im Inhalt.

Dieser Aufstellung über die wenigen handschriftlichen Aufzeichnungen Keplers zur Astronomiae Pars Optica, die uns geblieben sind, fügen wir das wesentlich längere Verzeichnis des Briefwechsels an, den er über das Buch selbst und seinen Fragenkreis geführt hat. Die Abgrenzung dieses Kreises bereitet allerdings eine gewisse Schwierigkeit. Mit ihrem zweiten Teil greift nämlich die „Optik" weit in den Bereich des „Hipparch" hinein. Auch dort spielen Erd- und Mondschatten, Parallaxe und die Finsternisse vor allem eine große Rolle. Will man die beiden trotzdem getrennt halten, so muß die Trennungslinie etwa so verlaufen, daß die mehr prinzipiellen Auseinandersetzungen zur „Optik", die Einzelfälle aber zum „Hipparch" gehören. Briefe, in denen lediglich vom Verlauf einer Finsternis oder einer einzelnen Parallaxe die Rede ist, sind danach nicht zur „Optik" zu rechnen. Den Briefen wird der genaue Quellennachweis und eine kurze Inhaltsangabe beigegeben, soweit sie in diesen Zusammenhang gehört.

Kepler an Mästlin. *Graz, 11. / 21. August [1598].*

Stuttgart, Landesbibl. Math. 4 a. 71–77. Eigenhändig.

Die Mondfinsternis vom 16. August. Das Problem des Erdschattens unter Berücksichtigung der atmosphärischen Strahlenbrechung.

Kepler an Mästlin. *Graz, 16. / 26. Februar 1599.*

Stuttgart, Landesbibl. Math. 4 a. 87–89. Eigenhändig.

Warum erschien der Mond bei der Sonnenfinsternis am 7. März 1598 kleiner als bei Vollmond in größerer Entfernung von der Erde? Mondfinsternis vom 10. Februar 1599.

Herwart an Kepler. *München, 16. Mai 1599.*

Mss. Pulk. IX. 41–46. Eigenhändig.

Das Problem des scheinbar pulsierenden Mondes. Erklärungsversuche.

Kepler an Mästlin. *[Graz], 19. / 29. August 1599.*

Stuttgart, Landesbibl. Math. 4 a. 90–99. Eigenhändig.

Die Beobachtung der an der Barentsexpedition beteiligten Holländer im Winter 1596/97 auf Nowaja Semlja, wonach die Sonne 14 Tage früher wieder aufging, als nach der Berechnung zu erwarten war.

Kepler an Erzherzog Ferdinand von Österreich. *[Graz, Anfang Juli 1600].*

Mss. Pulk. XV. 240–246. Eigenhändig. Konzept.

Bericht über die einige Tage später zu erwartende Sonnenfinsternis. Zweck ihrer Beobachtung. Optische Fragen der Mondbewegung.

Kepler an Mästlin. *[Graz], 9. September 1600 [a. St.].*

Stuttgart, Landesbibl. Math. 4 a. 101–102. Eigenhändig.

Mitteilung über seine Entdeckung im Anschluß an die Sonnenfinsternis vom 30. Juni / 10. Juli 1600. Die Umstände der Beobachtung. Er hat bereits Paralipomena zum 2. Buch des Witelo verfaßt.

Mästlin an Kepler. *[Tübingen], 9. Oktober 1600 [a.St.].*

Mss. Pulk. XV. 262. Eigenhändig.

Mästlin hat die Vergrößerung des Sonnenbildes und die entsprechende Verkleinerung des Mondbildes bei Sonnenfinsternissen schon lange beobachtet und nach dem Gefühl ausgeschaltet. Seine Beobachtung derselben Finsternis. Stellungnahme zu Witelo Buch 2, Prop. 39 („Alles Licht, das durch ein eckiges Loch einfällt, wird abgerundet").

Kepler an Mästlin. *Prag, 6. / 16. Dezember 1600.*

Stuttgart, Landesbibl. Math. 4 a. 103. Eigenhändig.

Ergebnis der Beobachtung der Julifinsternis an anderen Orten. Er äußert die Absicht, seine „Paralipomena" in Druck zu geben.

David Fabricius an Kepler. *Resterhaave, 13. März 1602 [a. St.].*

Mss. Pulk. X. 2–3. Eigenhändig.

Frage, wie Kepler sich zu den Argumenten des Heidelberger Professors Christmann bez. der Refraktion stelle.

David Fabricius an Kepler. *[Resterhaave], 28. April 1602 [a.St.].*

Mss. Pulk. X. 6–9. Eigenhändig.

Beobachtungen der Holländer im hohen Norden.

David Fabricius an Kepler. *Resterhaave, 1. August 1602 [a.St.].*

Mss. Pulk. X. 10–18. Eigenhändig.

Verschiedene kleine optische Fragen.

Kepler an Herwart. *[Prag], 7. Oktober 1602.*

Mss. Pulk. IX. 113–118. Abschrift.

Neben den Planetenbewegungen hat er die Theorie der Finsternisse im Auge. Sie soll Gegenstand der Astronomiae Pars Optica werden, die er auf Weihnachten fertig zu haben gedenkt.

Kepler an Herwart. *[Prag, 12. November 1602].*

Mss. Pulk. IX. 123–127. Abschrift.

Gegenstand der „Optik". Sie liefert die Grundlage für die Planetentheorie.

Herwart an Kepler. *München, 21. November 1602.*

Mss. Pulk. IX. 133–134. Eigenhändig.

Scheinbare Verkleinerung des Monddurchmessers bei Sonnenfinsternissen.

Herwart an Kepler. *München, November 1602.*

Mss. Pulk. IX. 129–131, 132v. Eigenhändig.

Aufmunterung zur Arbeit an den geplanten Werken.

Kepler an David Fabricius. *[Prag], 2. Dezember 1602.*

Mss. Pulk. X. 38–47. Abschrift.

Antwort auf Fragen die Atmosphäre und atmosphärische Strahlenbrechung betreffend.

David Fabricius an Kepler. *Esens, 8. Dezember 1602 [a. St.].*

Mss. Pulk. X. 48–50. Eigenhändig.

Die älteren Nachrichten über totale Sonnenfinsternisse können nicht richtig sein, wenn der Monddurchmesser in Konjunktion kleiner wird.

Kepler an Herwart. *[Prag], 12. Januar 1603.*

Mss. Pulk. IX. 137–143. Abschrift.

Bei der Behandlung der Optik läßt er sich von dem Gedanken der Anwendung auf die Astronomie leiten.

Herwart an Kepler. *München, 24. Februar 1603.*

Mss. Pulk. IX. 148–151. Eigenhändig.

„Des Herrn Optica, noch vill mehr aber die Theoriam Martis cum appendicibus suis, ist man mitt großem verlangen erwartend."

David Fabricius an Kepler. *Esens, 14. März 1603 [a. St.].*

Mss. Pulk. X. 60–61. Eigenhändig.

Erneute Frage wegen Keplers Stellung zu Christmann. Er selbst steht zur Refraktion.

Kepler an Herwart. *[Prag, Mai 1603].*

Mss. Pulk. IX. 154–155. Abschrift.

Die Schwierigkeiten bei der Behandlung der Optik. Alle sind überwunden mit Ausnahme der beim Brechungsgesetz.

Kepler an David Fabricius. *[Prag], 4. Juli 1603.*

Mss. Pulk. X. 65–77. Abschrift.

Der erste Teil der „Optik" ist fertig. Absicht, über die Bücher 4–6 des Almagest ein weiteres Werk zu verfassen („Hipparch"). Einzelheiten, die in der „Optik" behandelt werden.

Kepler an Herwart. *Prag, 5. Juli 1603.*

Mss. Pulk. IX. 162–163. Abschrift.

Die „Optik" ist fertig. Er sieht sich nach einem Verleger um.

Kepler an Edmund Bruce. *Prag, 4. September [1603].*

London, Brit. Museum. Bibl. Lansdowniana. Bd. 89. Nr. 15. Eigenhändig.

Sein optisches Werk ist mit Hindernissen fertig geworden. Später soll eine Fortsetzung dazu über die Bücher 4–6 des Ptolemäus mit neuer Methode und neuen Problemen folgen.

Kepler an Herwart. *[Prag, September 1603].*

München, Staatsbibl. Cod. lat. 1608. 550–553. Eigenhändig.

Inhaltsverzeichnis des Werkes.

David Fabricius an Kepler. *Esens, 22. Dezember 1603 [a. St.].*

Mss. Pulk. X. 85–88. Eigenhändig.

David Fabricius an Kepler. *Esens, 26. Dezember 1603 [a. St.].*

Mss. Pulk. X. 89–90. Eigenhändig.

Kepler an Mästlin. *Prag, 10. / 20. Januar 1604.*

Stuttgart, Landesbibl. Math. 4 a. 112. Eigenhändig.

Das Manuskript der „Optik" wurde dem Kaiser am 1. Januar überreicht. Er ist jetzt bemüht, es zurückzubekommen.

Kepler an David Fabricius. *Prag, 7. Februar 1604.*

Mss. Pulk. X. 91–97. Abschrift.

Das Erscheinen des Buches zur Frühjahrsmesse ist nicht mehr möglich, weil das Manuskript einen Monat beim Kaiser liegen blieb.

Claude Marne an Kepler. *Frankfurt, 29. Mai 1604 [a. St.].*

Mss. Pulk. V. 72. Eigenhändig.

Mit dem Druck ist begonnen; auf Jakobi hofft man zu Ende zu kommen. Kepler soll durch die „ordinari potten" wöchentlich die fertigen Bogen be-

kommen. Es fehlt noch die Tafel zur Anatomie des Auges. Vorschlag, diese aus Platers Anatomie zu nehmen und in Prag oder Nürnberg stechen zu lassen. Frage, ob Kepler durch Tampach die 30 Dukaten erhalten habe (wohl für die von ihm gelieferten Holzstöcke zu den Figuren).

Baron Ludwig Dietrichstein an Kepler. *Wien, 20. Oktober 1604.*

Mss. Pulk. V. 225–227. Eigenhändig.

Dank für Erwähnung seines Namens in der „Optik".

Herwart an Kepler. *München, 9. November 1604.*

Mss. Pulk. IX. 168–169. Eigenhändig.

Aufforderung, das fertige Werk dem Herzog von Bayern zu dedizieren (obwohl „niemand diser orten, der sich mitt dergleichen Studijs Matheseos delectierte"), ebenso dem Erzbischof von Salzburg und Phil. Ed. Fugger.

Kepler an Kurfürst Maximilian von Bayern. *[Prag, Ende November 1604].*

Mss. Pulk. XI. 335. Eigenhändig, Konzept.

Widmungsschreiben.

Kepler an Herwart. *Prag, 10. Dezember 1604.*

München, Staatsbibl. Cod. lat. 1608. 574–577. Eigenhändig.

Vom Kaiser hat er für die Widmung der „Optik" 100 Taler bewilligt erhalten.

Kepler an Rektor und Senat der Univ. Tübingen. *Prag, 12. Dezember 1604.*

Tübingen, Acta Univ. V, 23. 15–16. Eigenhändig.

Widmungsschreiben.

Kepler an Mästlin. *Prag, 14. Dezember 1604.*

Stuttgart, Landesbibl. Math. 4 a. 116. Eigenhändig.

Bitte um sein Urteil über die „Optik".

Kepler an David Fabricius. *[Prag], 18. Dezember 1604.*

Mss. Pulk. X. 100–101. Abschrift.

Übersendung des Buches. Korrekturen zu Kap. 11.

Brengger an Kepler. *Kaufbeuren, 23. Dezember 1604.*

Wien, Nat.-Bibl. Cod. 10703. 262–268. Eigenhändig.

Er hat sich vor der Lektüre von Keplers Werk die Frage nach dem Bildort bei Reflexion und Refraktion vorgelegt. Zweifel, ob abgesehen vom ebenen Spiegel das Bild im Flächenlot liegen könne. Kritische Stellungnahme zu zahlreichen Abschnitten des Buches.

Kepler an Longomontanus. *[Prag, Anfang 1605].*

Wien, Nat.-Bibl. Cod. 10703. 240–242. Abschrift.

Bemerkungen zur Entstehungsgeschichte der „Optik".

David Fabricius an Kepler. *Osteel, 4. Januar 1605 [a. St.].*

Mss. Pulk. X. 102–107. Eigenhändig.

Fragen, die ihm bei der ersten Lektüre des Buches aufgestoßen sind.

Kepler an Brengger. *Prag, 17. Januar 1605.*

Wien, Nat.-Bibl. Cod. 10703. 269–274. 269–273 Abschrift, 273–274 Eigenhändig.

Zurückweisung von Brenggers Kritik, besonders ausführlich die Frage des Bildortes. Am Schluß ein Problem: Regenbogen und Halo.

Herwart an Kepler. *München, 22. Januar 1605.*

Mss. Pulk. IX. 170–171. Eigenhändig.

Der Kurfürst hat ein Honorar von 12 fl. bewilligt. Bitte um Finsternisberechnungen.

Matthias Hafenreffer an Kepler. *Tübingen, 26. Januar 1605 [a. St.].*

Wien, Nat.-Bibl. Cod. 10702. 88–89. Eigenhändig.

Dank für das ihm überreichte Exemplar der „Optik".

Rektor und Senat der Univ. Tübingen an Kepler. *Tübingen, 26. Januar 1605 [a. St.].*

Tübingen, Acta Univ. V, 23. 17. Eigenhändig.

Dankschreiben.

Christoph Besold an Kepler. *Tübingen, 27. Januar 1605 [a. St.].*

Wien, Nat.-Bibl. Cod. 10702. 243–244. Eigenhändig.

Die ihm übersandten fünf Exemplare hat er nach Keplers Wunsch verteilt, bis auf das für den reg. Herzog Friedrich, zu dem das Begleitschreiben fehlte.

Mästlin an Kepler. *Tübingen, 28. Januar 1605 [a. St.].*

Wien, Nat.-Bibl. Cod. 10702. 35. Eigenhändig.

Ein Urteil über die „Optik" traut er sich nicht zu.

Kepler an Herwart. *[Prag], 10. Februar 1605.*

München, Staatsbibl. Cod. lat. 1608. 610–613. Eigenhändig.

Dank für Herwarts Bemühungen. Zur nächsten Sonnenfinsternis möchte er für den Kurfürsten eine Camera obscura einrichten. Antwort auf Fragen, die Finsternisse betr.

Christoph Hegulontius an Kepler. *London, 4. Februar 1605 [a. St.].*

Wien, Nat.-Bibl. Cod. 10703. 307–308. Eigenhändig.

Lob der Astronomiae Pars Optica.

Kepler an Mästlin. *[Prag], 5. März 1605.*

Stuttgart, Landesbibl. Math. 4 a. 117–119. Eigenhändig.

Verteilung der nach Tübingen gesandten Exemplare des Buches.

Herwart an Kepler. *München, 8. März 1605.*

Mss. Pulk. IX. 172–173. Eigenhändig.

Ein Beispiel zu Kap. 6, Nr. 10 der „Optik".

Kepler an Herwart. *Prag, 28. März 1605.*

München, Staatsbibl. Cod. lat. 1608. 578–589. Eigenhändig.

Erklärung des von Herwart angeführten Beispiels.

Herwart an Kepler. *München, 12. April 1605.*

Mss. Pulk. IX. 184–185. Eigenhändig.

Bedenken zu Keplers Erklärung.

Kepler an Herwart. *[Prag], 27. April 1605.*

München, Staatsbibl. Cod. lat. 1608. 570–573. Eigenhändig.

Stellungnahme zu Herwarts Bedenken.

Kepler an David Fabricius. *[Prag], 11. Oktober 1605*

Mss. Pulk. X. 121–140. Abschrift.

Antwort auf verschiedene Fragen.

Reinhard Ziegler an Kepler. *Mainz, 12. Januar 1606*

Mss. Pulk. XV. 327–328. Eigenhändig.

Er hat Clavius auf die Astronomiae Pars Optica aufmerksam gemacht. Dieser soll die Zweifel an der Zuverlässigkeit seiner Beobachtung einer ringförmigen Finsternis selbst beseitigen.

Kepler an Reinhard Ziegler. *Prag, 14. Februar 1606*

Wien, Nat.-Bibl. Cod. 10703. 370–371. Abschrift.

Wunsch, mit Clavius in Verbindung zu kommen.

Johannes Papius an Kepler. *O. O., 26. Februar 1606.*

Wien, Nat.-Bibl. Cod. 10702. 106. Eigenhändig.

Das Buch ist zu schwierig. Bitte, ihm zum Verständnis behilflich zu sein.

Johannes Papius an Kepler. *Königsberg, 31. August 1606.*

Wien, Nat.-Bibl. Cod. 10702. 107–108. Eigenhändig.

Zwei Dukaten als Gegengabe für die „Optik". Er will für Verbreitung im Norden sorgen durch eine Disputation über Keplers Theorie des Sehens, deren Wortlaut er ihm zur Korrektur vorlegt. Etwas übertriebenes Lob Keplers.

Kepler an Thomas Harriot. *Prag, 2. Oktober 1606.*

Wien, Nat.-Bibl. Cod. 10703. 378–380. Abschrift.

Bitte um Belehrung über das Wesen der Farben und um Mitteilung seiner Lichtbrechungszahlen. Fragen über Waage, Regenbogen und Halo.

Thomas Harriot an Kepler. *London, 2. Dezember [1606].*

Wien, Nat.-Bibl. Cod. 10703. 381–382. Eigenhändig.

Die Brechungszahlen von 14 Substanzen gegen Luft in Tabellenform. Kritik an Keplers Lehre von der Brechung des Lichtes.

David Fabricius an Kepler. *Osteel, [5. April] 1607.*

Mss. Pulk. X. 153–161. Eigenhändig.

Einzelne Fragen.

Kepler an Harriot. *Prag, 2. August 1607.*

Wien, Nat.-Bibl. Cod. 10703. 383. Abschrift.

Versuch, Harriots Zahlen mit seiner Theorie in Einklang zu bringen.

Brengger an Kepler. *Kaufbeuren, 1. September 1607.*

Wien, Nat.-Bibl. Cod. 10703. 275–283. Eigenhändig.

Anatomie des Auges und Sehen. Brechung. Licht und Wärme.

Kepler an Brengger. *[Heidelberg], 30. November 1607.*

Wien, Nat.-Bibl. Cod. 10703. 285–288. Abschrift.

Verteidigung seiner Ansicht in den von Brengger aufgegriffenen Fragen.

Brengger an Kepler. *O. O., 7. März 1608.*

Wien, Nat.-Bibl. Cod. 10703. 289–293. Eigenhändig.

Bildort bei Spiegelung an Hohlspiegeln. Brennpunkt. Brennwirkung.

Kepler an Brengger. *Prag, 5. April 1608.*

Wien, Nat.-Bibl. Cod. 10703. 294–300. Abschrift.

Fragen des Bildortes und der Brechung. Hohlspiegel.

Brengger an Kepler. *Kaufbeuren, 25. Mai 1608.*

Wien, Nat.-Bibl. Cod. 10703. 301–303. Eigenhändig.

Physiologie des Kristallkörpers im Auge. Hohlspiegel. Lage des Brennpunktes. Was sind Lichtstrahlen? Kometenparallaxe.

Thomas Harriot an Kepler. *Syon bei London, 13. Juli 1608 [a. St.].*

Wien, Nat.-Bibl. Cod. 10703. 384–385. Eigenhändig.

Erklärung über die von ihm verwendeten brechenden Substanzen. Seine Ansicht über Brechung und Durchsichtigkeit.

Kepler an Thomas Harriot. *[Prag], 1. September 1609.*

Wien, Nat.-Bibl. Cod. 10703. 386. Abschrift.

Vergleich der von Harriot angegebenen Brechungszahl für Wasser mit der Witeloschen. Erklärung der Durchsichtigkeit.

Galilei an Julianus Medici. *Florenz, 1. Oktober 1610.*

Wien, Nat.-Bibl. Cod. 10702. 71–73. Eigenhändig.

Bitte, ihm Keplers „Optik" zu besorgen, die er in Italien nicht bekommen kann.

Mästlin an Kepler. *Tübingen, 21. September 1616.*

Wien, Nat.-Bibl. Cod. 10702. 42–45. Eigenhändig.

Kepler hat für die Epitome eine neue Lösung der atmosphärischen Strahlenbrechung versucht und ist dabei auf ein geometrisches Problem gestoßen, wegen dessen er sich an Mästlin gewandt hat. Dieser schickt ihm jetzt die Lösung und bittet gleichzeitig um nähere Erklärung des Zusammenhangs.

Kepler an Mästlin. *Linz, 12. / 22. Dezember 1616.*

Stuttgart, Landesbibl. Math. 4 a. 125–128. Eigenhändig.

Darstellung des Gedankengangs, der ihn zu dem Problem geführt hat, und den er inzwischen bereits wieder aufgegeben hat. Neuer Versuch, die atmosphärische Strahlenbrechung zu berechnen.

Wilhelm Schickhard an Kepler. *Tübingen, 2. April 1623.*

Mss. Pulk. XI. 226–227. Eigenhändig.

Bericht über Brechungsversuche an einem Glasprisma. Er hat Keplers Theorie in den Paralipomena „desperabundus" beiseite gelegt und sich anderwärts versucht. Ob Kepler die Leser habe verspotten wollen, weil er sie zuerst durch alle seine Schwierigkeiten hindurchführe und schließlich doch unverrichteter Sache entlasse? Er selbst hat keinen brauchbaren Weg gefunden.

Heinrich Brigg an Kepler. *Oxford, 20. Februar 1625.*

Mss. Pulk. XI. 269–272. Eigenhändig.

Direkte Lösung der von Kepler im 4. Kapitel indirekt gelösten Aufgabe, ein Dreieck aus Grundlinie, einem anliegenden Winkel und der Summe oder Differenz der beiden andern Seiten zu berechnen.

Die Astronomiae Pars Optica ist das nach den Rudolphinischen Tafeln am häufigsten anzutreffende Werk Keplers. Mag sich das aus einem geringen Verlust durch Verbrauch oder aus einer von Anfang an starken Verbreitung erklären, es macht uns jedenfalls verständlich, daß für eine Neuauflage im 17. Jahrhundert kein Bedürfnis vorhanden war. Der Abdruck in: Joannis Kepleri Opera Omnia. Ed. Chr. Frisch, Vol. II, Francofurti et Erlangae 1859, ist bislang überhaupt der einzige geblieben. Ferdinand Plehn hat die Kapitel 2–5 des Werkes ins Deutsche übertragen. Davon erschienen Kapitel 2–4 mit der Epistola Dedicatoria unter dem Titel: J. Kepler, Grundlagen der geometrischen Optik (im Anschluß an die Optik des Witelo). Übers. von F. Plehn. Durchges. und herausg. von Moritz v. Rohr (Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften Nr. 198), Leipzig 1922. Das 5. Kapitel erschien in Zeitschrift

für ophthalmologische Optik, Jg. 8 (1920) S. 154–157; Jg. 9 (1921) S. 13–26, 40–54, 73–87, 103–109, 143–152, 177–182, mit dem Titel: Joh. Keplers Behandlung des Sehens. Inhaltsangaben der ersten fünf Kapitel (Paralipomena) finden sich bei E. Wilde, Geschichte der Optik, Tl. 1, Berlin 1838, S. 182–201, und bei L. Hartmann, Die optischen Arbeiten Keplers, in: Kepler-Festschrift (Bericht des Naturw. Vereins zu Regensburg, Heft 19), Regensburg 1930, S. 181–190.

Zu einer Reihe von Stellen hat Kepler beim Lesen der Korrekturen Anmerkungen verfaßt, die in der Originalausgabe als „Notae" auf den Text folgen. Diese Anordnung wurde in der vorliegenden Ausgabe beibehalten; die entsprechenden Stellen sind durch ein Sternchen im Text gekennzeichnet, während die Kreuzchen am Rande auf Anmerkungen des Herausgebers hindeuten. Der Index des Originals gibt außer den Seitenzahlen auch die Zeilen an. Die letzteren mußten in dieser Ausgabe naturgemäß wegfallen. Druckfehler, die Kepler bereits in seinem „Catalogus Erratorum" vermerkt hat, sind stillschweigend korrigiert, ebenso die Fehler im Index und die mehr als zweihundert in der Parallaxentafel. Bei allen andern Verbesserungen ist unter dem Text die ursprüngliche Lesart angemerkt. Was die Schreibweise betrifft, so hält sie sich im allgemeinen an die Originalausgabe, obwohl diese hierin nicht konsequent ist. Die Figuren sind nach denen Keplers möglichst getreu neu gezeichnet worden.

ANMERKUNGEN

14. 20. *Tycho Brahe:* Astronomiae instauratae Mechanica. Wandesburgi 1598. (Tychonis Brahe Opera omnia. Ed. *J. L. E. Dreyer.* Tom. V, p. 3–162.)

Der Absicht, Brahes Beobachtungen im Druck zu veröffentlichen, ist Kepler bis in seine letzten Jahre treu geblieben, ohne indes zur Verwirklichung zu kommen. Als sie schließlich i. J. 1666 durch *A. Curtius* unter dem Titel „Historia Coelestis" herausgebracht wurden, besaßen sie nur mehr historischen Wert.

15. 22. „Theoria octaua" bedeutet die Theorie der achten, nämlich der Fixsternsphäre (vgl. dazu Epitome lib. 7. „Quot sphaeras habet astronomia vetus?"). In den Bewegungen der Fixsternsphäre und der Apsidenlinien der Planetenbahnen kommen die säkularen Veränderungen am Himmel zum Ausdruck.

16. 4. *Plinius:* Hist. Nat. II, 6 (Schluß).

19. 1. Die Metaphysik des Lichtes ist ein bei allen Naturphilosophen vom Altertum bis zum Ende des Mittelalters wiederkehrendes Thema. Mit seiner Auffassung, daß das Licht der Träger des gegenseitigen Einflusses der Himmelskörper aufeinander sei, steht Kepler mit Witelo den Neuplatonikern nahe. Wegen der Quelle, aus der die mehrfach angezogene Analogie zwischen

der Kugel und der göttlichen Trinität stammt, vgl. *D. Mahnke:* Unendliche Sphäre und Allmittelpunkt. (Deutsche Vierteljahrsschrift für Literaturwissenschaft und Geistesgeschichte, Buchreihe Bd. 23.) Halle 1937. S. 142/143.

21. 10. Die „libri de motu" des *Aristoteles* sind die Bücher 6–8 von dessen „Physica".

22. 1. Im 20. Kapitel des Mysterium Cosmographicum hatte Kepler noch mit einer Verteilung des Lichtes auf Kreise statt auf Kugeln gerechnet und dementsprechend ein lineares Abnahmegesetz behauptet.

22. 19. *Aristoteles:* De generatione et corruptione II, 2.

22. 26. *Aristoteles:* De sensu et sensato, cap. 3.

23. 21. Prop. XV enthält Keplers Farbenlehre; sie wird daher von *Goethe:* Farbenlehre. Historischer Teil, 5. Abt., 17. Jahrhundert (Propyläenausgabe Bd. 22, S. 147/148) wörtlich wiedergegeben. Während er aber die Erklärung zur Proposition „Cum enim colores ... fit actiua qualitas" ins Deutsche überträgt, getraut er sich eine Übersetzung der Proposition selbst wegen der Feinheit von Keplers Sprache nicht zu. An späterer Stelle (ebenda S. 395) bemerkt Goethe: „Bei manchem Artikel könnte sogar eine neue Bearbeitung stattfinden, wie wir zum Beispiel das über Keplern Gesagte gegenwärtig bedeutender und zweckgemäßer auszuführen uns getraueten." Kepler selbst äußert in seinem ersten Brief an Harriot (2. Oktober 1605) bezüglich der Farben: „At quae sit colorum forma, quae differentia specifica, plane ignoro."

25. 1. Die ältere Optik unterscheidet drei species des Lichtes: direktes, reflektiertes und gebrochenes Licht. So erklärt beispielsweise *Alhazen* (IV, 1): „Visio fit trifariam: rectè, reflexè, et refractè." Noch 1646 teilt *J. F. Niceron* seinen „Thaumaturgus opticus" ein in 1. Optice, per radium directum. 2. Catoptrice, per reflexum. 3. Dioptrice, per refractum in diaphanis. Der vierten species, die Kepler einführt, gibt er in Prop. XXII den Namen „lux communicata". Dort findet sich auch die nähere Erklärung.

28. 10. Die Frage, um die es hier geht, ist die Gleichgewichtslage der gleicharmigen Waage bei ungleicher Belastung. Keplers Kritik richtet sich gegen folgende Schriften bzw. Schriftstellen: 1. *Aristoteles:* Mechanica, cap. 2–3. Die zitierte Frage leitet das dritte Kapitel ein. 2. *Jordanus Nemorarius:* De ponderibus propositiones XIII et earundem demonstrationes (Nürnberg 1533; Venedig 1565). 3. *Cardano:* De subtilitate libri XXI (Nürnberg 1550 und zahlreiche andere Ausgaben). 4. *Guidubaldo del Monte:* Mechanicorum liber (Pesaro 1577 und spätere Ausgaben). Von dem letzten Werk hat *Daniel Mögling* eine deutsche Ausgabe mit Zusätzen besorgt: Mechanischer Kunstkammer erster Theil, Frankfurt a. M. 1629, worin sich S. 40/41 der ganze Passus „Quaerit in Mechanicis Aristoteles ... qui communis est luci" übersetzt findet. („Es hat mich aber ferner für gut und rathsam angesehen, vor dem Ersten Buch

Guidubaldi, darinn er sich Cardano so hefftig widersetzt, auch einzuführen die sonderbahre Meynung deß Hochgelehrten vnd vortrefflichen Manns, Herrn Joh. Kepleri, nunmehr dritter Keys. Mayest. Mathematici etc. Meines sonders geehrten Herrn vnd sehr werthen Freunds u. s. w.")

Sachlich ist zu bemerken, daß die von Kepler S. 29, Z. 37/38 aufgestellte Gleichgewichtsbedingung $P_1 : P_2 = (1 - \sin\alpha) : (1 + \sin\alpha)$, wobei P_1 und P_2 die Gewichte, 1 die Länge und α die Neigung des Waagebalkens bedeuten, nur voraussetzt, daß die Drehachse oberhalb des Balkens liegt, aber weder deren Abstand noch das Massensystem der Waage berücksichtigt und daher keiner eigentlichen Diskussion fähig ist. Immerhin gibt sie in der Form $\sin\alpha = (P_2 - P_1) \cdot \frac{1}{P_1 + P_2}$ bei kleinem α und bei geeigneten Gewichten eine brauchbare Annäherung. Man kann daher Keplers Bemerkung in dem Brief an Harriot vom 11. Okt. 1606 verstehen: „Mihi in experimentando suffecit, eminus alludere pondera ad hanc mensuram." Später hat er diese Theorie der Waage zur Erklärung der Planetenbewegung herangezogen (Astronomia Nova. Bd. III dieser Ausgabe, S. 353, sowie Epitome lib. V.). An der eben genannten Stelle der Epitome wird die Waage nochmals behandelt.

33. 11. *Vitellionis* libri Opticae decem (in der Folge kurz als „Witelo" zitiert) X, 10: „Omnis refractio formam lucis et coloris, quae sunt in re visa, debilius visui repraesentat." Die Erklärung dazu wird von Witelo eingeleitet durch die Worte: „Hoc patet per experientiam."

37. 17. *Witelo* III, 6: „Visio fit ex actione formae visibilis in visum, et ex passione visus ab hac forma."

38. 2. Die Überschrift des Anhangs ist so zu verstehen: Das Sehen behandelt *Aristoteles* im 7. Kap. des 2. Buches seiner Schrift „De anima". Die 21 angeführten Sätze sind mehr oder weniger wörtlich daraus entnommen.

40. 9. *Jul. Caes. Scaliger:* Exotericarum Exercitationum libri XV de Subtilitate ad Cardanum. Francofurti 1592. Exerc. 71.

42. 23. Der Philosoph ist Demokrit nach *Aristoteles:* De anima II, 7.

46. 31. *Witelo* II, 35: „Radii ab uno puncto luminosi corporis procedentes, secundum linearum longitudinem ad aequidistantiam sensibilem plus accedunt." II, 39: „Omne lumen per foramina angularia incidens rotundatur."

47. 1. *Johannes Pisanus*, mit seinem eigentlichen Namen *Joh. Peckham*, war im 13. Jahrhundert Erzbischof von Canterbury. Seine „Perspectiva communis", wesentlich kleiner an Umfang als die Witelosche und daher trotz ihrer Schwächen stark verbreitet, wurde seit 1482 wiederholt gedruckt. Die von Kepler benutzte Ausgabe des *Georg Hartmann*, aus der er die falsche Angabe Episcopus Cameracensis entnimmt, erschien erstmals 1542 in Nürnberg. Die

zitierte Stelle „Alii assumunt etc." findet sich im Beweis zur 5. Prop. des 1. Buches.

47. 12. Die Stelle „Cur si . . ." („Διὰ τί ἐν ταῖς τοῦ ἡλίου ἐκλείψεσιν . . .") aus den „Problemata" findet sich in den neueren Ausgaben nicht Kap. 10, sondern Kap. 11 der 15. Sektion. Ebenso ist die nachher angeführte Stelle nicht in Kap. 5, sondern der Anfang von Kap. 6.

48. 1. *Aristoteles:* Problemata XV, 11. *Pisanus:* Perspectiva I, 5. Ferner *Erasmus Reinhold* in der von ihm mit Scholien versehenen Ausgabe von *G. Peurbach:* Theoricae novae Planetarum. Wittebergae 1553, fol. 198. (Diese Ausgabe, die noch mehrfach zu erwähnen sein wird, hatte Kepler selbst zur Hand.) *Rainer Gemma:* De radio astronomico et geometrico. Antverpiae 1545, cap. 18. Über Mästlins Beitrag zur Beobachtung von Sonnenfinsternissen in der Camera obscura siehe Keplers Darstellung in Kap. XI.

48. 21. *Tycho Brahe:* Opera Omnia. Ed. *Dreyer.* Tom. II, p. 147.

48. 32. Zu den folgenden Entwicklungen ist die im Nachbericht S. 400/401 gegebene Übersetzung von Keplers erstem Entwurf einer Theorie der Camera obscura aus den Pulkowoer Manuskripten zu vergleichen.

49. 5. *Witelo* I, 99 und 100 sind die geometrischen Sätze: Werden Pyramide, Prisma, Kegel und Zylinder durch eine zur Grundfläche parallele Ebene geschnitten, so ist die Schnittfigur der Grundfläche ähnlich, und umgekehrt.

57. 28. *Joh. Bapt. Porta* beschreibt die Lochkammer im 6. Kap. des 15. Buches seiner oft aufgelegten „Magia Naturalis". Die Erfindung wird heute jedoch Roger Bacon zugeschrieben. (Vgl. *Hoppe:* Geschichte der Optik. Leipzig 1926, S. 20.)

59. 28. Die Stelle ist so zu verstehen, daß nicht ein Kegel vom Öffnungswinkel α mit der Spitze an der Innenwand aus der Mauer ausgebrochen werden soll, sondern ein Doppelkegel vom selben Öffnungswinkel, aber mit der Spitze in der Mitte der Mauer.

62. 1. *Euklids* „Catoptrica", deren Echtheit angezweifelt wird, in Euclidis Opera omnia, ed. *J. L. Heiberg* et *H. Menge*, Vol. VII. Lipsiae 1895, pag. 288–343. Die Stelle „Nam assumpto loco . . ." ist das vierte der der Schrift vorangestellten sechs Axiome.

62. 22. Aristoteles lebt 384–322, während Euklids Blütezeit auf etwa 295 angesetzt wird. Die Meinung, Aristoteles sei ein Schüler Euklids, die Kepler zu vertreten scheint, ist daher unrichtig.

63. 32. Der Inhalt der Sätze *Witelo* V, 36 und *Alhazen* V, 9. 10 ist die Aussage, daß das Spiegelbild bei ebenen und gekrümmten Spiegeln im Einfallslot liege. Die Stelle „Rerum naturalium status . . ." im Beweis von *Alhazen* V, 10.

63. 36. Die Stelle findet sich am Schluß des Beweises von *Witelo* X, 13.

66. 3. *Witelo* III, 59: „Nullum visibilium comprehenditur solo sensu visus, nisi solùm luces et colores."

68. 9. Das Runzeln und Spannen der Regenbogenhaut ist eine Folge der Erweiterung und Verengung der Pupille. Die Veränderung der Pupillenweite mit der Konvergenz der Sehachsen, die Kepler als erster erwähnt, wird als Konvergenzreaktion bezeichnet. Auf eine andere Möglichkeit der Akkomodation kommt er im 5. Kapitel zu sprechen.

68. 35. Diese Behauptung ist unrichtig. Die Hornhaut der Fische hat einen ähnlichen Brechungsindex wie die der in Luft lebenden Tiere.

69. 6. *Witelo* III, 3: „Organum virtutis visivae necesse est sphaericum esse." III, 4: „Oculus est organum virtutis visivae sphaericum, ex tribus humoribus et quattuor tunicis à substantia cerebri prodeuntibus sphaericè se intersecantibus compositum."

70. 32. Gemeint ist die Figur S. 62.

71. 2. Die „Optik" des *Ptolemaeus* (De opticis libri V) hat Kepler nicht gekannt. Zuletzt hat sie Ambrosius Rhodius 1611 zitiert (vgl. *Hoppe:* Geschichte der Physik. Leipzig 1926, S. 245), dann war sie verschollen, bis sie von Laplace in Paris wieder entdeckt wurde.

74. 8. Das zweideutige Zitat bezieht sich auf Euklid.

77. 18. Zum ersten Male taucht hier der Gedanke des Krümmungskreises auf. Die Bestimmung des Krümmungsmaßes mußte jedoch den Erfindern der Infinitesimalrechnung vorbehalten bleiben.

78. 2. Die Grenzbetrachtung ist nicht richtig. Wandert η auf $\beta\eta$ ins Unendliche hinaus, dann nähert sich sowohl λ wie μ einer bestimmten Grenzlage auf der Verlängerung von $\zeta\beta$. Die Strecke $\lambda\mu$ bleibt dabei endlich.

79. 10. Die zwischen *Tycho Brahe* und *Rothmann*, dem Astronomen des Landgrafen Wilhelm IV. von Hessen-Nassau in Kassel, geführte Korrespondenz über die Ursache der atmosphärischen Strahlenbrechung ist erstmals veröffentlicht in den von Brahe herausgegebenen „Epistolae Astronomicae", Uraniburgi 1596 (nicht 1597, wie Kepler angibt), abgedruckt in: Tycho Brahe: Opera Omnia. Ed. *Dreyer*. Tom. VI. Tycho hatte bei keinem Gestirn in Höhen über 45° eine merkliche Refraktion feststellen können. Trotzdem hielt er prinzipiell daran fest, daß infolge des Dichteunterschiedes zwischen Äther und Luft auch in der Nähe des Zenits Brechung stattfinde, daß diese außerdem gegen den Horizont hin durch die der Atmosphäre beigemischten Dünste stark vergrößert werde. Rothmann dagegen läßt den ganzen Himmelsraum mit Luft erfüllt sein; die Strahlenbrechung rührt deshalb nach

ihm ausschließlich von den Dünsten her, wobei die Größe der Brechung von der Weglänge des Strahles im Dunst abhängt, aber, um mit der Erfahrung in Einklang zu kommen, erst von einer gewissen Schwelle ab den Wert Null überschreitet.

79. 27. Die deutsche Meile wird zu 5 römischen Meilen, also rund 7,4 km gerechnet. Für die nachfolgende Berechnung der Weglängen der unter verschiedenen Winkeln in die Erdatmosphäre einfallenden Strahlen ist zu beachten, daß zu Keplers Zeit der Erdhalbmesser zu 860 deutschen Meilen angenommen wird. Die senkrechte Höhe der Atmosphäre zu 12 d. M. übernimmt Tycho von *Alhazen:* Liber de Crepusculis, prop. 6 (*Witelo* X, 60).

81. 31. Einige der nachfolgend beschriebenen Versuche, durch Probieren zum Brechungsgesetz zu gelangen, sind in die moderne Formelsprache übersetzt bei *H. Bögehold:* Keplers Gedanken über das Brechungsgesetz und ihre Einwirkung auf Snell und Descartes, in: Keplerfestschrift 1930, S. 155/156. Der Hauptfehler Keplers, der sich wie ein roter Faden durch alle Überlegungen hindurchzieht, ist der, die mechanische Dichte nicht von der optischen zu unterscheiden.

83. 17. *Tycho Brahe:* Opera Omnia. Ed. *Dreyer.* Tom. VI, p. 111. Die drei Refraktionstabellen Tychos für Sonne, Mond und Fixsterne (Progymnasmata I, fol. 79. 124. 280) sind abgedruckt auf S. 114.

84. 8. Unter der Voraussetzung, daß die Brechung proportional mit der Länge des Weges im brechenden Medium wächst, wird die Brechung bei der Höhe $h = 60°$ gleich $34' : 10 = 3\frac{2}{5}'$. Ist nun ein einfallender Strahl gegen eine Mantellinie des Kegels $h = 60°$ um 30° geneigt, so müßte nach Brahes Annahme die Brechung $3\frac{2}{5}' : 3 \approx 1'$ werden. Das ist der Sinn der nicht ganz klaren Stelle.

84. 29. *Macrobius:* Saturnalia VII, 14, 2.

87. 1. Die Distanz des Punktes A vom Vertex ist die Neigung der Linie IA gegen die Vertikale, also der Winkel IAE.

87. 23. Den Irrtum Keplers, daß bei senkrechter Sicht auf die Wasseroberfläche der Grund nicht gehoben erscheine, korrigiert *Brengger* im Brief vom 23. Dez. 1604.

88. 32. Deutlicher spricht sich Kepler S. 92, Z. 32 ff. über die Analogien und seine Vorliebe für sie aus. Der Grundgedanke ist der, daß die Natur in allen ihren Ordnungen dieselbe Struktur zeige, oder, wie sich *Pascal*, der den Analogien eine ähnliche Bedeutung beilegt wie Kepler, im Fragment 119 der „Pensées" ausdrückt: „La nature s'imite: une graine, jetée en bonne terre,

produit; un principe, jeté dans un bon esprit, produit; les nombres imitent l'espace, qui sont de nature si differente. Tout est fait et conduit par un même maître: la racine, les branches, les fruits; les principes, les conséquences." (Pascal: Oeuvres. Série 3, Tome 2, publ. par L. Brunschvicg, p. 43.)

89. 33. Durch die zwei Paare: 1) Auge an der Oberfläche, 2) Auge im Zentrum des Konkavspiegels; 3) Brechung im unendlich dichten Mittel, 4) Brechung in einem Mittel gleicher Dichte, entstehen zwei Paare von Analogien, nämlich (1,3) (2,4) und (1,4) (2,3). Das meint Kepler mit der Bemerkung „Hic itaque noua existebant biuia".

90. 24. *Eutokius* von Askalon verfaßte einen Kommentar zu den ersten vier Büchern der „Conica" des *Apollonius*.

91. 17. Die von Kepler geschaffene Bezeichnung Focus bürgerte sich sofort ein, während die der Kreislehre entlehnten Wörter Chorda und Sagitta (S. 92) nicht in Gebrauch kamen.

92. 25. *Witelo* IX, 42. Den Beweis des Satzes hatte jedoch schon Alhazen in seiner Schrift über die parabolischen Hohlspiegel gegeben, die Witelo benutzt hat (vgl. *Heiberg* und *Wiedemann*: Ibn al Haitams Schrift über parabolische Hohlspiegel. Bibliotheca Mathematica 3. Folge 10 (1909/10) S. 236).

92. 39. *Apollonius* III, 51. 52 sind die bekannten Sätze über die Konstanz der Summe bzw. Differenz der Brennpunktabstände der Ellipsen- bzw. Hyperbelpunkte. Von den Fadenkonstruktionen Keplers sind die für Hyperbel und Parabel neu; wahrscheinlich hat er auch die für die Ellipse selbständig gefunden. (Vgl. *Tropfke*: Geschichte der Elementarmathematik Bd. 6, 2. Aufl., S. 155.)

94. 23. Die Brechungstabelle Witelos für Wasser findet sich auf S. 109.

94. 38. Es handelt sich hier um die trigonometrische Auflösung eines Dreiecks, von dem eine Seite, ein anliegender Winkel und die Differenz der beiden andern Seiten gegeben sind. Kepler sucht die Aufgabe durch reines Probieren zu lösen. Erst Brigg hat, angeregt durch Kepler, die rechnerische Lösung gefunden und sie diesem in seinem Brief vom 20. Februar 1625 mitgeteilt.

95. 26. AF und AC sind fehlerhaft berechnet.

97. 6. Die Regel liefert die Auflösung der aus $(KD)^2 = 2 \cdot BK \cdot AM$ und $BK = BC - CK = BC - KD \cdot \operatorname{tg}(KDC)$ hervorgehenden quadratischen Gleichung, wobei zur Vereinfachung $AM = 100000$ gesetzt wird.

97. 27. Daß hier nicht der Brechungswinkel 45° 40′, sondern die Brechung 44° 20′ gemeint sein muß, ergibt schon der Vergleich mit der Zahl 37° bei Witelo. Entsprechend muß dann die Zunahme der Brechung beim Anwachsen des Einfallswinkels von 80° auf 90° geändert werden.

98. 24. *Apollonius* II, 50 ist die Aufgabe, an einen Kegelschnitt die Tangente zu legen, die mit der Achse einen gegebenen Winkel bildet. Die Hyperbel wird durch das Verhältnis von EB zu BC bestimmt; dementsprechend wurde positio korrigiert in proportio.

99. 26. Zu berechnen ist das zum Winkel $FMX = 70°$ gehörige FX aus den bekannten Stücken ED, EM und $\operatorname{tg} 20° = \varepsilon$. Es gelten die folgenden Beziehungen:

$$\begin{aligned} (FX)^2 &= 3 \cdot EX \cdot XD, \\ EX &= EM - XM = EM - \varepsilon \cdot FX, \\ XD &= EX + ED = EM + ED - \varepsilon \cdot FX. \end{aligned}$$

Die Lösung der sich daraus ergebenden quadratischen Gleichung lautet

$$FX = \sqrt{\left(\frac{3\varepsilon}{2} \cdot \frac{ED + 2\,EM}{1 - 3\varepsilon^2}\right)^2 + \frac{3 \cdot EM \cdot (ED + EM)}{1 - 3\varepsilon^2}} - \frac{3\varepsilon}{2} \cdot \frac{ED + 2\,EM}{1 - 3\varepsilon^2}.$$

Kepler rechnet zwar richtig, gibt aber in der umständlichen Beschreibung des Rechenprozesses für den Ausdruck unter dem Wurzelzeichen statt der Summe die Differenz an. Die Beschreibung selbst zerfällt in zwei Teile. Zuerst werden die bei der Rechnung erforderlichen Hilfsgrößen (ED + EM), EM · (ED + EM), $\varepsilon \cdot$ (ED + EM), $\varepsilon \cdot$ EM, ε^2, $\varepsilon \cdot$ (ED + 2 EM) gebildet. Erst mit den Worten „Residuo, diuide triplum . . ." beginnt die eigentliche Auflösung der quadratischen Gleichung.

101. 11. Kepler leitet hier das Wort Algebra, einem im späten Mittelalter offenbar weiter verbreiteten Irrtum folgend (vgl. *Cantor*: Geschichte der Mathematik, Bd. 1, 3. Aufl., S. 722), von dem arabischen Personennamen Geber her.

101. 22. Die Punkte σ und $\varkappa$ fallen zusammen und sind in der Figur durch S bezeichnet. Daß Kepler trotzdem noch von einem Winkel spricht, also den Grenzübergang ausführt, verdient Beachtung.

103. 18. Die Sätze *Apollonius* II, 29. 30 besagen: Die Verbindungslinie des Schnittpunktes zweier Kegelschnittangenten mit der Mitte der Berührungssehne ist ein Durchmesser, und, der Durchmesser eines Kegelschnitts, der durch den Schnittpunkt zweier Tangenten geht, halbiert die Berührungssehne.

107. 24. Die Randbemerkung variiert ein Zitat aus *Vergil:* Eclog. 3, 104: „Dic quibus in terris / Et eris mihi magnus Apollo / Tris pateat caeli / Spatium non amplius ulnas".

108. 13. Nach den vorausgehenden Überlegungen (Prop. 1–7) setzt sich die Brechung $\alpha - \beta$ zusammen aus zwei additiven Bestandteilen τ_1 und τ_2, deren erster zum Einfallswinkel α proportional ist, während der zweite durch eine Funktion der Sekans des Brechungswinkels β dargestellt wird. Ohne

eine bündige Erklärung dafür angeben zu können, setzt Kepler diese an in der Form

$$\frac{\alpha - \beta}{\tau_1} = \frac{\sec \beta}{\sec o}.$$

Das Problem, eine Brechungstabelle aufzustellen, d. h. zu einem beliebig vorgegebenen α den zugehörigen Winkel β zu berechnen, führt daher auf die Auflösung der Gleichungen

$$\begin{aligned} \alpha - \beta &= \tau_1 + \tau_2 \\ \tau_2 &= \tau_1 \cdot \frac{\sec \beta - \sec o}{\sec o} = \varphi(\beta) \\ \tau_1 &= k \cdot \alpha. \end{aligned}$$

Die Aufgabe reduziert sich auf die Auflösung zweier Gleichungen mit zwei Unbekannten, sobald ein zusammengehöriges Wertepaar α_1, β_1 und mit ihm der Proportionalitätsfaktor k bekannt ist. Die Rechnung wird dadurch erschwert, daß die zweite der Gleichungen in transzendenter Form erscheint. Kepler greift, wie auch sonst in diesem Fall, zu einem hübschen Iterationsverfahren. Er setzt der Reihe nach

$$\begin{aligned} \beta' &= \alpha - \tau_1 & \tau_2' &= \varphi(\beta') \\ \beta'' &= \beta' - \tau_2' & \tau_2'' &= \varphi(\beta'') \\ \beta''' &= \beta' - \tau_2'' & \tau_2''' &= \varphi(\beta''') \text{ usw.} \end{aligned}$$

Wie man leicht bestätigt, wird $\beta' > \beta$, $\beta'' < \beta$, $\beta''' > \beta$, allgemein $\beta^{(2n+1)} > \beta$, $\beta^{(2n)} < \beta$ und $\beta^{(2n+1)} < \beta^{(2n-1)}$, $\beta^{(2n)} > \beta^{(2n-2)}$.

Um zu beweisen, daß das Verfahren gegen einen Wert β konvergiert, setze man etwa

$$\begin{aligned} \beta''' &= \beta'' + \lambda_1(\beta' - \beta'') \\ \beta^{IV} &= \beta''' + \lambda_2(\beta'' - \beta''') \\ \beta^{V} &= \beta^{IV} + \lambda_3(\beta''' - \beta^{IV}) \text{ usw.} \end{aligned}$$

Dann strebt die Differenz $|\beta^{(n)} - \beta^{(n-1)}| = |\lambda_1 \cdot \lambda_2 \cdot \lambda_3 \cdots \lambda_{n-2}| \cdot (\beta' - \beta'')$ wegen $|\lambda_n| \leqq s < 1$ mit wachsendem n gegen o. Praktisch ist die Konvergenz eine sehr rasche und das Verfahren nach wenigen Schritten zu Ende. Das Ziel ist erreicht, sobald $\tau_2^{(n)} \approx \tau_2^{(n-1)}$ geworden ist. Alsdann setzt Kepler $\alpha - \beta = \tau_1 + \tau_2^{(n-1)}$.

Um das zahlenmäßige Verhältnis zwischen dem Keplerschen Brechungsgesetz $\alpha - \beta = k \cdot \alpha \cdot \sec \beta$ und dem Snellschen $\sin \alpha = n \cdot \sin \beta$ beurteilen zu können, entwickeln wir $\alpha - \beta$ in Potenzreihen von α bis zur 3. Potenz. Wir erhalten dafür

1) nach Kepler: $\alpha - \beta = k \cdot \alpha + \frac{1}{2} k \cdot (1 - k)^2 \alpha^3 + \cdots\cdots$

2) nach Snell: $\alpha - \beta = \frac{n-1}{n} \alpha + \frac{n^2 - 1}{6 n^3} \alpha^3 + \cdots\cdots$

Verlangt man die Gleichheit der Koeffizienten der ersten Potenz in beiden Reihen, so nimmt die Reihe 2) die Gestalt an

$$2)\quad \alpha - \beta = k \cdot \alpha + \frac{1}{6} k \cdot (1-k)\,(2-k)\,\alpha^3 + \cdots\cdots$$

Als Differenz Δ der Koeffizienten von α^3 erhalten wir demnach

$$|\Delta| = |\tfrac{1}{6} k\,(1-k)\,(1-2k)|.$$

Für die Brechung aus Luft in Wasser mit $k = 0{,}25$ würde das $|\Delta| = \frac{1}{64}$ ergeben. Es müßten also Keplers Tabelle und die Snellsche mit einem mittleren Berechnungsindex $n = 1{,}33$ in den Anfangswerten gut übereinstimmen. Tatsächlich erhält Kepler von dem falschen Wertepaar $\alpha = 80°$, $\beta = 50°$ ausgehend einen Wert $k = 0{,}243$ und daher bereits bei kleinen Argumenten zu kleine Brechung und umgekehrt einen zu großen Brechungswinkel.

	α	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
β	Nach Kepler	7°34′	15°1′	22°11′	28°58′	35°14′	40°52′	45°49′	50°	53°30′
	Nach Snell	7°30′	14°54′	22°5′	28°54′	35°10′	40°38′	44°57′	47°46′	48°45′

108. 28. Unter „Coß" versteht man zunächst die Unbekannte einer Gleichung, späterhin die Gleichungslehre selbst. In diesem Sinn gebraucht Kepler das Wort hier. Der Sinn der Stelle kann ja nur der sein, daß die Bestimmung von β auf eine transzendente Gleichung führt, die mit den Regeln der Coß nicht lösbar ist.

109. 9. *Witelo* X, 8.

110. 34. Die nun folgenden langwierigen Rechnungen erfordern eine kurze Erläuterung. Kepler geht aus von der Voraussetzung, daß die Atmosphäre als Kugelschale von überall gleicher Dichte anzusehen sei. Fällt ein Strahl unter der Zenitdistanz α auf deren Oberfläche, so wird er an der Erde unter der scheinbaren Zenitdistanz γ ankommen. Der Brechungswinkel β hängt mit γ zusammen durch die Beziehung

$$\sin\gamma = \sin\beta \cdot (R + h) : R,$$

wobei R den Erdhalbmesser, h die Höhe der Atmosphäre bedeutet. In die Berechnung des Brechungswinkels tritt also eine neue Unbekannte ein und es genügt daher nicht mehr, zu einer Zenitdistanz den zugehörigen Brechungswinkel bzw. die scheinbare Zenitdistanz zu kennen, es müssen vielmehr zwei solche Wertepaare zur Verfügung stehen. Die Differenz $\gamma - \beta$ nimmt übrigens mit abnehmendem γ ab und wird bei einem von Kepler angenommenen Verhältnis $R:h = 100000:95$ für $\gamma \leqq 60°$ verschwindend klein.

1. Fall. $\gamma_1 = 60°$, $\gamma_2 = 89°$, wofür nach Brahe $\alpha_1 - \beta_1 = 1'25''$, $\alpha_2 - \beta_2 = 26'$. β_1 ist nach dem Vorhergehenden nur unmerklich verschieden von γ_1.

Man kann daher sec β_1 ersetzen durch sec $\gamma_1 = 2$ und findet $\tau_1 = k \cdot \alpha_1$. Ferner kann man $\alpha_2 - \beta_2 = k \cdot \alpha_2 \cdot \sec \beta_2$ in erster Annäherung ersetzen durch die Beziehung $\alpha_2 - \beta_2 = k \cdot \beta_2 \cdot \sec \beta_2$ und erhält durch Probieren $\beta_2 \approx 87°47'$. Aus γ_2 und β_2 errechnet sich R + h zu 100060. Geht man aber mit den gefundenen Werten von k und h über zur scheinbaren Zenitdistanz $\gamma_3 = 90°$, so findet man $\alpha - \beta = 30'5''$ statt des zu erwartenden Tychonischen Wertes 34'.

2. Fall. Die Zunahme der Refraktion beim Übergang von $\gamma_2 = 89°$ zu $\gamma_3 = 90°$ war im 1. Fall zu klein. Um mit der Tychonischen Tafel in Übereinstimmung zu kommen, setzt Kepler jetzt

$$k \cdot \alpha_2 \cdot \sec \beta_2 = 26', \qquad k \cdot \alpha_3 \cdot \sec \beta_3 = 34'.$$

Da $k \cdot \alpha_2$ und $k \cdot \alpha_3$ nahezu gleich sind, so folgt daraus sec β_2: sec $\beta_3 \approx 26:34$, wobei $\beta_3 - \beta_2 \approx 13'$ werden muß. Die Lösung wird durch Probieren erreicht. Macht man aber mit den neuen Werten von k und h die Probe bei der scheinbaren Zenitdistanz 76°, so ergibt sich eine ganz unmögliche Zahl für die Refraktion.

Der Abschluß der Rechnungen mit der endgültigen Refraktionstabelle findet sich S. 115/117, nachdem Kepler, an Tychos Zahlen irre geworden, in der Nähe des Horizontes neue Zahlen für die Sonnenrefraktion aufgestellt hat. Bei der scheinbaren Zenitdistanz $\gamma_4 = 89°25'$ hat er eine Brechung $\alpha_4 - \beta_4 = 31'10''$ festgestellt. Durch sorgfältiges, aber umständliches Probieren ermittelt er β_4 und damit k und h. Macht er jetzt die Probe bei $\gamma = 86°10'$, so zeigt sich Übereinstimmung mit der beobachteten Refraktion. (Vgl. hiezu *C. Bruhns:* Die astronomische Strahlenbrechung. Leipzig 1861.)

115. 3. *Tycho Brahe:* Op. Om. Ed. Dreyer. XI, 193. In der nachfolgenden Berechnung der Sonnenrefraktionen aus der Tychonischen Beobachtungsreihe macht sich die Annahme der Sonnenparallaxe zu 3', wie sie seit Hipparch üblich war, als störender Fehler bemerkbar. Infolge davon erscheinen die Refraktionszahlen alle um nahezu 3' zu groß. Die in Zeile 8/9 angedeutete Beziehung zwischen den Refraktionen in Höhe und Deklination, r_H und r_δ, lautet $r_\delta = r_H \cdot \cos \alpha$, wobei α den Winkel Zenit-Sonne-Pol bedeutet.

116. 9. Den Rechenfehler in 86° 59' bemerkt *Delambre* in seiner „Histoire de l'astronomie moderne" Tom. 1, Paris 1821, p. 365/66.

118. 36. Die Zurückweisung gilt dem Heidelberger Professor *Jakob Christmann*, der in seinem 1601 erschienenen Werk „Observationum solarium libri tres" einen Einfluß der Refraktion auf die Höhe eines Gestirnes bestritten hatte.

119. 35. Es ist 1 pes = 16 digiti = 12 pollices. Das tatsächliche Verhältnis der spezifischen Gewichte von Luft und Wasser beträgt 1,2255:1000.

120. 15. „De fundamentis astrologiae certioribus". Pragae [1601].

123. 13. Witelo selbst gibt seine Quelle nicht an. Die Stelle ist *Cleomedes:* Circularis inspectio II, 6.

125. 6. *Jean Bodin* (1530–1596) ist der Verfasser des oft gedruckten Werkes: Methodus ad facilem historiarum cognitionem. Im 5. Kap. „De recto historiarum iudicio" führt er zahlreiche Beispiele für den Einfluß des Klimas auf den Menschen an. Welche Stelle Kepler im Auge hat, war nicht zu ermitteln. In der Epitome (lib. I, cap. 3) kommt er nochmals auf dieselben Beispiele zu sprechen, wobei er in den „Errata" bemerkt: „Authore jam careo". Möglicherweise liegt also schon hier eine Verwechslung vor.

126. 31. *Maestlin:* Disputatio de Eclipsibus Solis et Lunae. (Def. Marcus ab Hohenfeld). Tubingae 1596, p. 19.

127. 9. „Mons Hoëberg prope Horbam" ist der 1007 m hohe Oberhohenberg im Westteil der Schwäbischen Alb, in der Nähe von Rottweil. Das wesentlich weiter entfernte Horb war zu Keplers Zeiten der Sitz der Regierung für die Grafschaft Hohenberg.

128. 2. Die unter *Wilhelm Barents* 1596/97 durchgeführte Expedition der Holländer, die den Leiter das Leben kostete, hatte den Zweck, einen nördlichen Seeweg nach Ostasien zu suchen. Die Beschreibung der Reise durch *Gerrit de Veer:* Diarium nauticum seu descriptio trium navigationum admirandarum, Amstelodami 1598 und später, erregte allenthalben großes Aufsehen.

128. 17. Mit verschiedenen Fachgenossen hat Kepler über das durch die Beobachtung der Holländer aufgeworfene astronomische bzw. physikalische Problem korrespondiert, so mit *David Fabricius, Mästlin, Brengger, Röslin.*

129. 7. Über die abenteuerlich großen grönländischen Nebeltropfen findet sich auch eine Bemerkung in dem Brief Keplers an David Fabricius, 2. Dez. 1602.

133. 26. Die kursiv gedruckte Stelle ist kein wörtliches Zitat aus Mästlin.

134. 3. *Ptolemäus:* Almag. III, 1. Das 32. Jahr der dritten Periode nach Kalippus ist das Jahr 146 v. Chr. (Vgl. *Ginzel:* Handbuch der math. und techn. Chronologie. Bd. 2. Leipzig 1911. S. 409–419.) Die alexandrinische Armille beschreibt *Ptolemäus* im Almagest I, 12.

135. 15. Die „Sphaera" des *Proclus Diadochus (Lycius)* ist eine sehr kleine Schrift; die angezogene Stelle findet sich gleich im ersten Abschnitt „De circulis sphaerae".

135. 29. Bei *Dominicus*, nicht Antonius *Maria*, wie Kepler angibt, beobachtete *Kopernikus* um das Jahr 1497 in Bologna.

136. 3. *Cleomedes:* Circ. Insp. I, 10. Canopus = α Carinae hatte zu Cleomedes' Zeit die Deklination −52° 25′ (heute −52° 38′). Die geographische Breite von Rhodus ist +36° 25′, die von Alexandria +31° 12′. Als „Montes Lunae" werden nach der Ptolemäischen Karte die Gebirge um den Viktoria-See bezeichnet, also die Gegend des Kilimandjaro, „a quo Nili paludes nives suscipiunt".

137. 19. In der Einleitung zu *Alhazens* „Optik" sagt *Risner:* „Conjectura quaedam est anno Christi millesimo ac circiter centesimo ipsum vixisse". Tatsächlich ist Alhazen 1038 gestorben. Witelo schrieb seine „Optik" um 1270.

137. 26. Das Werkchen „Scripta clarissimi Mathematici *M. Joannis Regiomontani* De Torqueto, Astrolabio armillari etc." Norimbergae 1544, enthält fol. 36–60 „*Joannis de Monteregio, Georgii Peurbachii, Bernardi Waltheri* ac aliorum, Eclipsium, Cometarum, Planetarum ac Fixarum observationes". Die nachfolgend wiedergegebene und von Kepler interpretierte Beobachtung des Jahres 1489 findet sich fol. 52^{v}–53^{r}.

140. 21. Im Original von 1544, das durch mancherlei Druckfehler entstellt ist, steht reperto an Stelle von reducto.

141. 8. Die Stelle lautet im Original: „... scilicet centrum Solis, idem punctus cuius forma refrangitur, centrum visus punctus refractionis et perpendicularis similiter et locus Solis in ecliptica".

142. 5. Vgl. die Anmerkung 126. 31.

142. 31. Der Durchmesser des Regenbogens beträgt tatsächlich nur 83°. Bei den Haloerscheinungen unterscheidet man die häufiger auftretende von 22° und die seltenere von 46° (vgl. *Pernter-Exner:* Meteorologische Optik. 2. Aufl. 1922). *Aristoteles* beschreibt Iris und Halo in Meteorologica III, 3–7.

144. 16. Die Titel der von Kepler benützten anatomischen Werke sind: 1. *Felix Plater:* De partium corporis humani structura et usu libri III, tabulis methodice explicati, iconibusque accurate illustrati. Basileae 1583 u. 1603. 2. *Johannes Jessenius a Jessen:* Anatomiae Pragae anno 1600 ab se solemniter administratae historia etc. Wittebergae 1601. 3. *Hieronymus Fabricius ab Aquapendente:* De visione, voce et auditu. Venetiis 1600.

145. 3. *Ovid:* Metamorph. I, 84–86.

150. 30. Zum leichteren Verständnis der Stelle sei bemerkt, daß „cognominis" hier Adjektiv ist mit der Bedeutung „gleichnamig, synonym".

156. 34. *Witelo* III, 17: „Visio distincta fit solum secundum perpendiculares lineas a punctis rei uisae ad oculi superficiem productas. Ex quo patet, omnem formam uisam sic ordinari in oculi superficie, sicut est ordinata in superficie rei uisae".

158. 13. Vgl. Prop. XXIV, S. 178/179.

164. 37. Über den Inhalt der Dresdener Kunstkammer gibt es eine ausführliche Beschreibung von *A. Weck:* Der Churfürstlichen Sächsischen Residentz- und Hauptvestung Dresden Beschreib- und Vorstellung. Nürnberg 1680. Auch am Schluß von „De nive sexangula" kommt Kepler auf etwas zu sprechen, das er in Dresden gesehen hatte.

165. 28. *Witelo* X, 47: „Vna imago refracta occurrit eiusdem uidentis uisibus ambobus."

171. 40. *Witelo* X, 43.

172. 30. Vgl. die Anm. 107. 24.

180. 37. Der Sehfehler, von dem Kepler hier spricht und an dem er selbst litt, wird in der medizinischen Fachsprache als Polyopia monophthalmica bezeichnet. Er ist eine Form des irregulären Anastigmatismus, bei dem leuchtende Punkte mehrfach abgebildet und gesehen werden. Kepler blieb diese Polyopie als Folge der Blatternkrankheit, die er als dreijähriges Kind nur mit Mühe überstanden hatte. S. 182, Z. 13/14 sagt Kepler überdies, daß er eine Konkavbrille benütze. Er war also auch kurzsichtig.

181. 11. *J. B. Porta:* Magia Naturalis XVII, 10. Nach Poggendorffs Angabe hat Porta i. J. 1583 eine Schrift „De refractione, optices parte, libri IX" herausgebracht, die Kepler offenbar nicht kennt.

181. 15. In den erhaltenen Briefen des Barons *Ludwig von Dietrichstein* an Kepler ist von optischen Fragen nicht die Rede. Die Bemerkung ist also wohl nur als Kompliment aufzufassen, da Kepler Dietrichstein vielfach zu Dank verpflichtet war. Dieser bemerkt in dem Dankschreiben für die Übersendung der „Optik" vom 20. Oktober 1604: „Dass Ir in eurem nunmehr in Druckh verfertigten Büechlin, meiner person auch eingedenkh gewesen, thu ich mich freuntlich bedankhen wiewoll ich leichtlich erachten khan, daß es mehr eur gutte zu mir tragende affection alß meiner person wirdikheit verursacht habe".

183. 15. *Witelo* III, 4.

187. 13. Die „Ars Cosmocritica" des *Cornelius Gemma* ist enthalten in dessen „De naturae divinis characterismis, seu raris et admirandis spectaculis", Antverpiae 1575.

190. 33. *Archimedes:* Arenarius I. (Opera omnia, ed. J. L. Heiberg, 2. ed., Vol. 2, pag. 223 ss.).

192. 9. *Archimedes:* Opera nonnulla a Federigo Commandino nuper in latinum conversa et commentariis illustrata. Venetiis 1558. Commentarius in librum de Arenae Numero, fol. 60^{v}–61^{r}.

193. 23. Ausführlicher als bei Ptolemäus ist die „dioptra" Hipparchs beschrieben in *Proclus Diadochus:* Hypotyposis astronomicarum positionum IV, 3.

198. 29. Der antike Philosoph, der die Sonne für einen glühenden Stein größer als der Peloponnes erklärte, ist *Anaxagoras* nach *Diogenes Laertius:* De vitis philosophorum II, 3. Die ferner angeführten Schriftstellen sind: 1. *Aristoteles:* De coelo, lib. II. 2. *Gilbert:* De magnete, lib. VI. 3. *Plutarch:* De facie in orbe Lunae VIII.

199. 32. Keplers Astronomia Nova trägt den Untertitel: Physica Coelestis.

200. 17. Die in der Randnote erwähnten Fossilien des Boller Bades bei Göppingen in Württemberg sind beschrieben und abgebildet bei *Bauhinus:* Historia novi fontis balneique Bollensis. Montisbeligardi 1598. Lib. IV. (Deutsche Übersetzung Stuttgart 1602.)

201. 34. *Berosus* wird von *Diogenes Laertius* nicht erwähnt. Seine Ansicht über den Mond, wonach er als „orbis semiustus" zu betrachten wäre, vermerkt *Stobaeus:* Eclogae I, 27. Diese Stelle hat Kepler vermutlich im Auge. Im übrigen ist Berosus ein Zeitgenosse Alexanders d. Gr. und daher lange nach Thales. Von einer Verbesserung seiner Ansicht durch Thales kann also nicht die Rede sein. Die Stelle bei *Cleomedes* ist „Circularis Inspectio" II, 4; bei *Plutarch:* De facie XV.

203. 11. *Plutarch:* De facie XVII.

203. 26. Die Ausgabe der Theoricae Novae Planetarum des *G. Peurbach* durch *Erasmus Reinhold*, die Kepler zur Hand hat und meist mit Seitenangabe zitiert, ist die Wittenberger von 1553.

204. 24. Die hier und auf den beiden folgenden Seiten gemachten Zahlenangaben von Ptolemäus stammen aus Almagest V, 14–16.

207. 16. Peurbachausgabe Wittenberg 1553, fol. 165^{v}.

207. 21. *Plutarch:* De facie IV.

207. 26. Peurbachausgabe Wittenberg 1553, fol. 173^{v}. *Plinius:* Hist. Nat. II, 14.

209. 9. Die Angabe, daß die Sinusfunktion von 0° zu 0° 1′ um den gleichen Betrag wachse wie von 76° 9′ auf 90°, ist natürlich irrig. Zu dem Fehler kommt Kepler, indem er zuerst mit dem Halbmesser $r = 10000000$, nachher aber mit $r = 100000$ rechnet.

209. 28. *Albategnius:* De numeris et motibus stellarum. Mit Zusätzen von *Regiomontan.* Nürnberg 1537.

209. 33. *Witelo* IV, 74.

215. 34. *Serenus Antinoensis:* De sectione cylindri. Die Identität von Kegel- und Zylinderschnitt wird gleich in der Einleitung bewiesen.

217. 6. Es mag hier bemerkt werden, daß Kepler von Plutarchs Schrift über den Mond eine Übersetzung ins Lateinische vorbereitet hat, die zusammen mit dem Somnium gedruckt werden sollte. Vgl. dazu *M. Caspar:* Bibliographia Kepleriana, S. 108.

217. 11. Die Beschreibung des Ekliptikinstrumentes folgt zu Beginn des 9. Kapitels.

220. 17. *Plutarch:* De facie XXI (Schluß). Seine Meinung, daß im Gegensatz zu Plutarch die Mondflecken als Festländer anzusprechen seien, widerruft Kepler bereits in der „Dissertatio cum nuncio sidereo".

220. 33. Der „Schöckel" (1446 m) liegt etwa 15 km nördlich von Graz, der Wildoner Berg (550 m) mit der Burgruine Oberwildon (452 m) auf der entgegengesetzten Seite der Stadt. Wie Kepler am 2. Dez. 1602 an Dav. Fabricius schreibt, wollte er aus der Messung „eine Beobachtung über die Krümmung der Erde mit Hilfe der Berge ohne den Himmel" gewinnen. Es handelt sich wohl um die Durchführung der unter den Problemata astronomica (Mss. Pulk. I, 123) angeführten Aufgabe 6: „Terram metirj sine ope coelj".

222. 2. *Cleomedes:* Circ. Insp. II, 4.

222. 23. Peurbachausgabe Wittenberg 1553, fol. 164^{v}–165^{r}.

223. 12. Vgl. Anm. 126. 31.

225. 16. *Jos. Scaliger:* Opus de emendatione temporum. Lutetiae 1583 und spät. Ausg., Prolegomena.

227. 16. In den auf uns gekommenen lateinischen Gedichten Keplers aus der Zeit vor 1604 sind diese Verse nicht enthalten. Es ist aber bekannt, daß andere verloren gegangen sind, so vier Gedichte für Herzog Friedrich von Württemberg vom Jahre 1596. (Vgl. Nova Kepleriana 8, S. 75, Anm. 2.)

228. 22. Die Phasen der Venus entdeckte *Galilei*, der davon dem Giuliano de' Medici am 11. Dez. 1610 in Form eines Anagramms Mitteilung machte.

233. 1. *Cardanus:* In Cl. Ptolemaei Quadripartitae Constructionis libros Commentaria. Lugduni 1555, pag. 353 (lib. II, textus 54).

233. 4. *Marcus Junianus Justinus:* Ex Trogo Pompejo historia, lib. 37.

233. 28. *Plinius:* Hist. Nat. II, 90.

233. 31. *Aristoteles:* Meteorologica I, 6.

237. 23. *Theon Alexandrinus:* Commentaria in Cl. Ptolemaei Magnae Constructionis libros, IV, 1.

238. 16. *Plutarch:* De facie XXI.

238. 25. *Cardanus:* In Cl. Ptolemaei Quadripartitae Constructionis libros Commentaria. Lugduni 1555, pag. 338 (lib. II, text. 52).

239. 6. *Flodoardus:* Annales Remenses. Mon. Germ. Hist. Script. III, 376.

239. 36. *Maestlin:* Epitome Astronomiae. Ed. recogn. 1588, pag. 458.

239. 39. *Tycho Brahe:* Op. Om. Ed. Dreyer. XI, 258.

241. 17. Von 1586 bis 1589 ist Kepler Zögling der Klosterschule in Maulbronn.

241. 28. *Plutarch:* De facie XXI.

247. 2. Nach den zu Keplers Zeit gebräuchlichen Karten, so vor allem nach Ortelius, beträgt der Längenunterschied zwischen Dänemark und der Halbinsel Yucatan gegen 120°, tatsächlich ist er aber nur etwa 100°.

250. 24. *Tycho Brahe:* Op. Om. Ed. Dreyer. II, 132.

250. 36. *Plutarch:* De facie XVI.

251. 9. Ebenda XIX.

251. 23. *Cleomedes:* Circ. Insp. II, 4.

251. 31. *Martianus Capella:* De nuptiis Philologiae et Mercurii VIII, 859.

251. 39. Es erübrigt sich, die nun folgenden zahlreichen Stellen aus antiken und neueren Schriftstellern einzeln nachzuweisen, zumal dies in den von Kepler benutzten Quellenwerken, nämlich: 1. *Maestlin:* Disputatio de eclipsibus Solis et Lunae. Tubingae 1596; 2. *G. Mercator:* Chronologia. Coloniae Agripp. 1569; 3. *H. Bunting:* Chronologia. Servestae 1591, ausgiebig geschehen ist.

252. 1. Eine Schrift „De anni magnitudine", die Kepler nach dieser Bemerkung zu schreiben beabsichtigte, ist nicht erschienen.

255. 29. *Georg Cedrenus*, ein griechischer Mönch des 11. Jahrhunderts, ist Verfasser von Annalen.

257. 38. *Chr. Clavius:* Commentarius in Sphaeram Joannis de Sacrobosco. Cap. IV. (Eccentrici et Epicycli quibus φαινομένοις ab Astronomis inventi sint in coelo.)

258. 30. *Proclus Diadochus:* Hypotyposis astronomicarum positionum, cap. III.

259. 23. *Plutarch:* De facie XIX.

262. 35. An andern Stellen gibt Kepler das richtige Datum (7. März n. St.) der Finsternis an.

264. 2. Auf den Fehler in der Jahreszahl macht Kepler sowohl in der Schrift „De stella nova in pede Serpentarii" wie auch im „Diskurs von der großen Conjunction" aufmerksam, hier mit den Worten: „In meinem Buch Astronomiae pars optica vor 18 Jahren außgegangen, fol. 305. hab ich eine vnrechte Jahrzahl gesetzt, 1464 für 1563, dann Anno 1464 ist Saturnus viel weitter gegen Mittag gestanden, als Jupiter: aber Anno 1563 hat es genawer eintroffen, doch auch nicht gar, wie ich mich damalen habe geduncken lassen, dann es gibt es der Calculus correctus (an welchem es mir noch damalen gemangelt), daß Jupiter, wie jetzo gesagt, habe oben fürüber streichen müssen".

264. 29. Im „Phaenomenon singulare seu Mercurius in Sole visus" bemerkt Kepler zu dieser Stelle: „Quae de nodis et magna latitudine Mercurii in conjunctione Solis objicis, respondi satis in Opticis. Sed ibi in signo erravi. Nam hodie nodus Mercurii non est in initio Tauri, sed Geminorum".

264. 32. „Fränkische Reichsannalen" (Annales Laurissenses maiores). Mon. Germ. Hist. Script. I, 194. In „Mercurius in Sole" kommt Kepler nochmals ausführlich auf diese Stelle zu sprechen, da inzwischen *Maestlin* in der „Disputatio de multivariis motuum planetarum irregularitatibus", Tubingae 1606, die Deutung des Phänomens als Merkurdurchgang abgelehnt hatte. Später (vgl. die Einleitung zu den Ephemeriden auf das Jahr 1617) kommt Kepler ebenfalls zu der Überzeugung, daß es sich um einen Sonnenfleck gehandelt habe.

267. 3. *Witelo* IV, 19: „Omnia uisa sub eodem angulo, quorum distantia ab inuicem non perpenditur, aequalia uidentur".

267. 28. Der „quidam Tychonis Momus" ist wieder, wie schon früher, der Heidelberger Professor *Jakob Christmann.* Vgl. hiezu die Briefe von Dav. Fabricius an Kepler unterm 13./23. März 1602 und 14./24. März 1603, sowie den Brief Keplers an Fabricius vom 4. Juli 1603.

272. 32. Die Ausführungen des *Ptolemäus* über die Parallaxe finden sich in den Kapp. 11, 12, 17, 18, 19 des 5. Buches des Almagest, die von *Brahe* verstreut über die Bände 1–3 der Gesamtausgabe, die Parallaxentafeln des *Erasmus Reinhold* auf Blatt 99–121 der Prutenischen Tafeln. Es verlohnt sich, diese Autoren nachzulesen, um einen Begriff von der Schwierigkeit der Parallaxenrechnung vor Kepler und von dem durch ihn erzielten methodischen und praktischen Fortschritt zu bekommen.

273. 3. Einen einfachen Beweis dieses Hilfsatzes findet man in Nova Kepleriana 9, S. 57.

274. 1. *Copernicus:* De revolutionibus orbium coelestium IV, 26. *Alfraganus:* Elementa astronomica, cap. 27.

275. 23. *Tycho Brahe:* Op. Om. Ed. Dreyer. II, 132–134.

275. 29. Die Tafel der Höhenparallaxen ist berechnet nach der Formel $\sin p = \sin p_o \cdot \sin z$, wobei p_o die Horizontalparallaxe, z die Zenitdistanz bedeutet. Mit Hilfe dieser Tafel lassen sich auch die Breiten- und Längenparallaxe, π_b und π_l, nach den Vorschriften Zeile 30 ff. berechnen. Es wird nämlich (vgl. Nova Kepleriana 9, S. 57) $\pi_b = p_o \cdot \sin \zeta$, $\pi_l = p_o \cdot \sin \delta \cdot \sin \varepsilon$, wo ζ die Zenitdistanz des Nonagesimus, ε seine Höhe, δ den Abstand zwischen Nonagesimus und Gestirn bedeutet, welch letzteres in der Ekliptik stehend vorausgesetzt ist. Allgemein benützt Kepler die Parallaxentafel häufig zur Auflösung von Gleichungen der Form $\frac{1}{\sin \alpha} = \frac{\sin \beta}{\sin \gamma}$. Zur Tabelle selbst ist noch zu bemerken, daß darin mehr als 200 Druck- und Rechenfehler stillschweigend verbessert sind.

278. 7. *Brahe* setzt (Op. Om. II, 430) den Halbmesser der Fixsternsphäre zu etwa 14000 Erdhalbmessern an, wenig mehr nur als die größte Entfernung des Saturn, für die er 12300 Erdhalbmesser angibt.

279. 3. Zu Beginn des Kapitels sei besonders darauf hingewiesen, daß Keplers Bewegungslehre sich mit keiner der zahlreichen Theorien vor ihm deckt, daß sie vielmehr eine eigene Note trägt. Zwar übernimmt er die Erklärung des Ortes als das den Körper Umfassende von den Scholastikern, dagegen macht er sich frei von deren Auffassung der Bewegung als fluxus formae oder forma fluens. Wesentlich ist bei Kepler die Relativierung der Bewegung (wie schon bei *Nikolaus von Cues*), die für die verschiedenen Weltsysteme innerhalb seiner Bewegungslehre Platz schafft und die Entscheidung für oder wider Kopernikus auf eine andere Ebene verschiebt. Es muß aber darauf aufmerksam gemacht werden, daß Kepler die Frage, ob die Fixsternsphäre selbst noch einen Ort besitzt oder ob sie nur Ort sein kann, ob also eine Art absoluter Bewegung existiert, hier gar nicht anschneidet. Erst in der Epitome (lib. IV, pars II, 1) erfolgt die notwendige Klärung. Danach betrachtet er die Fixsternsphäre als absolut ruhend. Für ihre Bewegung läßt sich kein vernünftiger Grund finden, da außerhalb von ihr nichts mehr existiert. Außerdem „werden aus ihrer Ruhe die Bewegungen aller Körper erklärt; würde sie sich nicht als Ort bieten, was sie so richtig nur in ruhendem Zustande kann, dann könnte nicht von Bewegung gesprochen werden".

280. 31. *Aristoteles:* Problemata XV, 12.

280. 41. *Witelo* IV, 3: „Non sub quocunque angulo res sensibiles uidentur". IV, 110: „Motus comprehenditur a uisu ex comprehensione rei motae

secundum diuersos sui situs in instantibus diuersis, inter quae sensibile cadit tempus".

281. 20. *Ovid:* Metamorph. II, 63 ss.

281. 38. *Witelo* IV, 13: „Horizon uidetur quasi peripheriae terrae cohaerere: distantiae tamen maioris apparet, quam zenith capitis uidentis".

283. 30. *Aristoteles:* Naturalis auscult. VI, 2.

291. 31. Als „digitus" bezeichnet Kepler hier den zwölften Teil des „pes", also das, was sonst „pollex" genannt zu werden pflegt. Da nämlich der Abstand von Fenster und Bildschirm zwölf Fuß war (nach S. 289 und Mss. Pulk. XV, 247^{v}), so wird er gleich 12 . 12 . 72 partes = 10368 partes. Nachher (Zeile 37) wird digitus in anderem Sinn gebraucht, nämlich als Zwölftel des Gestirndurchmessers, dem für die Finsternisse üblichen Zahlenmaß.

292. 1. Kepler mißt den scheinbaren Sonnendurchmesser im Perihel direkt und bestimmt den im Aphel mit Hilfe der Differenz. Da der erste Wert zu klein ist, werden beide trotz richtiger Differenz zu klein gefunden. Sie sind nämlich in Wirklichkeit 32′ 32 ″ und 31′ 28″.

292. 20. *Tycho Brahe:* Op. Om. Ed. Dreyer. XII, 108.

292. 41. *Euklid:* Optica, Th. 8: „Aequales et aequidistantes magnitudines inaequaliter distantes ab oculo non proportionaliter spatiis videntur."

293. 3. *Tycho Brahe:* Op. Om. Ed. Dreyer. X, 56/57. Dreyer hat, teilweise abweichend von Kepler, folgende Beobachtungsreihen. Für 15. März: 1) 30′ 48″. 2) 30′ 6″. 3) 30′ 44″. Für 14. Juni: 1) 30′ 4″. 2) 30′ 8″. 3) 29′ 30″.

293. 23. Der Brief, der an *Hieronymus Wolf* in Augsburg gerichtet war, ist nicht mehr bekannt.

293. 31. 1) *Archimedes:* Arenarius I, 4 (Anfang). 2) *Ptolemaeus:* Almagest V, 14. 3) *Proclus Diadochus:* Hypotyposis astron. posit. IV, 3.

297. 6. Vgl. Anm. 193. 23.

297. 36. Die nachstehend aufgeführten Beobachtungen *Brahe's* finden sich der Reihe nach in Op. Om. XII, 196; XII, 191; XI, 142; XI, 257; XII, 120.

299. 2. *Maestlin:* Epitome Astronomiae. Ed. recogn. 1588, pag. 460.

299. 9. Die Finsternisrechnung *Tycho's* in Op. Om. II, 141 ss.

300. 16. Da der scheinbare Monddurchmesser zu rund 31′ angenommen ist, so wird der dritte Teil eines digitus etwas weniger als 1′. Nach der Parallaxentafel entspricht aber der Horizontalparallaxe 3′ eine Entfernung von

1145 Erdhalbmessern, 2′ eine solche von 1718, und 1′ die Entfernung 3470 Erdhalbmesser.

300. 23. Es handelt sich um die Sonnenfinsternis vom 21. Juli 1590, die in Probl. 28 genauer behandelt wird. Kepler war am 17. September 1589 nach Tübingen gekommen.

301. 3. Peurbachausgabe Wittenberg 1553, fol. 198.

305. 33. Nach dieser Aufforderung an alle Astronomen zur Beobachtung der im Oktober 1605 zu erwartenden Sonnenfinsternis verschickte Kepler gegen Ende dieses Jahres eine gedruckte „Epistola de Solis deliquio, quod hoc anno 1605. mense Octobri contigit" an die namhafteren Fachgenossen, um deren Beobachtungsergebnisse zu erhalten.

307. 22. Die Lehre, daß die Sonne bei den in ihrem Perigäum stattfindenden Finsternissen vom Mond nicht vollständig bedeckt werden könne, vertritt *Sosigenes Peripateticus* (nicht der durch Caesar bekannt gewordene) in seiner Schrift „Über die rückwirkenden Sphären" nach *Proclus Diadochus:* Hypotyposis IV, 3. Im 8. Kapitel hat Kepler die Möglichkeit einer ringförmigen Sonnenfinsternis geleugnet.

310. 15. Eigentlich müßte am kleineren Kreis operiert werden, aus dem die Ellipse als Bild hervorgeht. Im Interesse der Genauigkeit ist jedoch der größere Kreis vorzuziehen, zumal der Fehler, wie Kepler zeigt, gering wird.

311. 3. Ist S der Mittelpunkt des zur Abbildung verwendeten Fensters, S′ dessen Projektion auf die Verlängerung von AB, so ergeben sich die angeführten Beziehungen aus den rechtwinkligen Dreiecken SS′A, SS′B, SS′N und dem ebenfalls rechtwinkligen Dreieck, dessen eine Kathete SN ist, während die andere durch den von N ausgehenden kleinen Ellipsenhalbmesser gebildet wird.

312. 31. Es ist nicht uninteressant zu bemerken, daß in einzelnen Exemplaren an Stelle von „motus" das richtige Wort „mobilis" steht.

312. 32. Die Schrift des Wittenberger Astronomen *Melchior Jöstel*, welche die Anwendung der prosthaphäretischen Rechenmethode – eine Vorläuferin des logarithmischen Rechnens, die mit Hilfe goniometrischer Beziehungen Produkte in Summen zu verwandeln lehrte – auf Probleme der täglichen Umdrehung des Himmels zum Gegenstand haben sollte, ist nicht erschienen, obwohl sie im Manuskript fertig wurde. Die Kenntnis davon verdankt Kepler Jöstels Kollegen *Ambrosius Rhodius*, der in den Jahren 1601–1603 in regem Briefwechsel mit Kepler stand.

313. 19. Die Meridiandifferenzen zwischen Graz, Prag und Uraniburg, deren Berechnung eines der wichtigsten Anliegen dieses Kapitels ist, betragen nach neueren Angaben

Graz–Prag $+1°\ 1'$
Prag–Uraniburg $+1°\ 42'$
Graz–Uraniburg $+2°\ 43'$.

Die geographischen Breiten sind: Graz 47° 4′ 9″, Prag 50° 5′ 19″, Uraniburg 55° 54′ 38″.

314. 1. Die Originalaufzeichnung über diese Finsternis in Mss. Pulk. XV, 276.

315. 21. Nicht im 2., sondern im 1. Kapitel des 3. Buches des Almagest finden sich die zwei Beobachtungen. Der 27. Mechir des 32. Jahres der 3. Periode nach Kalippus entspricht dem 24. März 146 v. Chr., der 29. Mechir des 43. Jahres derselben Periode dem 23. März 135.

315. 32. *Regiomontan:* Scripta de Torqueto etc. Norimbergae 1544, fol. 37^{v}–38^{r}. Kepler korrigiert richtig (Zeile 36) „antecedentem" in „antecedentis".

316. 5. Die Originalaufzeichnung über die Finsternis in Mss. Pulk. XV, 263. Der in Zeile 9 genannte *Matthias Seiffard* war erst Gehilfe Tycho's, hernach Kepler's. Er assistiert auch noch bei der Beobachtung der nachfolgend beschriebenen Mondfinsternis vom 14./24. Mai 1603.

317. 1. *Tycho Brahe:* Op. Om. Ed. Dreyer. II, 141–143.

317. 3. Hierzu bemerkt Kepler im Brief an *David Fabricius* vom 18. Dez. 1604: „... Et fol. 372 lin. à fine 10. [corrige:] Efficiunt 1°. 33′. 22″. Ergò duratio 3°. 6′. 44″. At per justum horarium scrupula temporis 1°. 28′. duratio 2°. 56′." Ähnlich im Brief an *Herwart* vom 10. Dez. 1604: „Et sequentj 374 (474) [statt 372], Verissima scrupula incidentiae sunt 1°. 28′. itaque dimidia [sic!] duratio 2°. 56′. Sed si praepostero diurno utamur, fiunt 1°. 33′. 22″. duratio 3°. 6′. 44″. Ubj ego posuj 1°. 34′. 49″. ni fallor, et durationem 3°. 9′. Sequitur alia confusio, quod haec scribo destitutus et exemplarj, et tuis literis ad quas erat respondendum."

317. 14. Die Originalaufzeichnung über die Finsternis in Mss. Pulk. XV, 279.

318. 40. Auf den Fehler in der Länge des Saturn macht Kepler wieder *Fabricius* und *Herwart* aufmerksam in den in Anm. 317. 3 genannten Briefen. An Fabricius schreibt er: „Praeter errata corrige fol. 374. l. 27. prodit 0°. $2^{1}/_{2}$ ♐ (Maginus 0°. $46^{1}/_{2}$ ♐) lat. etc." An Herwart: „Et fol. 372. (vel 472) [statt 374] in Saturni loco desunt verba haec 0°. $2^{1}/_{2}$ ♐ (Maginus 0°. $46^{1}/_{2}$ ♐) lat. etc."

319. 17. Die in Bd. 1 der Pulkowoer Manuskripte vereinigten Vorarbeiten Keplers zum „*Hipparch*", der geplanten Fortsetzung der „Optik", tragen von

seiner Hand die Überschrift: „Restitutionum Lunarium adversaria. Demonstrationes pulcherrimae multae et affectus, liber cui nomen feci Hipparchus."

320. 39. Keplers Vermutung trifft nicht zu. Die Behandlung des Gnomonschattens als Kegelschnitt hat nämlich schon *Chr. Clavius* in seinen „Gnomonices libri octo", Romae 1581.

322. 35. Die zu große Sonnenparallaxe von 3′ beeinflußt das Ergebnis der Rechnung nur unwesentlich.

323. 29. AI ist die Projektion einer Mantellinie AZ des Kegels ADC, die im Raum (A ist senkrecht über B heraufgeklappt zu denken) die Asymptotenrichtung der Hyperbel angibt und daher parallel zu NO wird. Es ist also ∢ ONC = ∢ ZAI und cos (ZAI) = (AI) : (AZ) = (AI) : (AC), woraus ∢ ONC = 82° 18′ 35″.

Dieselbe räumliche Auffassung der Figur ist nachher verlangt, wenn CM bzw. PR als gemeinsame Katheten der rechtwinkligen Dreiecke BCM und ACM bzw. BRP und ARP angesprochen werden.

328. 17. *Copernicus:* Rev. orb. coel. II, 10.

330. 27. In der Berechnung der Parallaxendifferenz zwischen Mond und Sonne stecken zwei Fehler, die sich nahezu aufheben. Die Sonnenparallaxe ist um 2′ 51″ zu groß angenommen, dagegen beträgt der Abstand des Mondes von der Erde bei einem scheinbaren Durchmesser von 32′ 44″ nicht 55, son- dern $57^1/_4$ Erdhalbmesser. Die Mondparallaxe wird daher 60′ statt 62′ 30″.

331. 40. Auf S. 329 war als Differenz der stündlichen Bewegungen von Mond und Sonne in Länge 33′ 30″ angegeben. Nach *Lalande* (Connaissance des Temps, VI^e Année (1798), p. 240) betrug zur Zeit der Finsternis die tatsächliche Geschwindigkeit des Mondes in Länge 36′ 13″, die der Sonne 2′ 30″, also die Differenz 33′ 43″, die stündliche Zunahme der Mondbreite 3′ 18″.

332. 39. Keplers Angabe, daß um 10 h 3′ für Uraniburg 18° 24′ ♊ im Aufgang sei, enthält einen groben und, wie sich später in Probl. 32 zeigen wird, folgenschweren Fehler. Rechnet man mit Hilfe des durch Ekliptik, Äquator und Horizont gebildeten sphärischen Dreiecks nach, so findet man als aufgehenden Punkt der Ekliptik 28° 13′ ♊, für den Nomagesimus 28° 13′ ♐ und für MN 42° 8′ statt 32° 20′. Ferner wird die Zenitdistanz des Nonagesimus 65° 58′, seine Höhe 24° 2′, der Abstand Sonne–Nonagesimus 11° 30′ und daher die Differenz der Breitenparallaxen von Mond und Sonne 54′ 21″ (bei Kepler 2′ zu groß), die der Längenparallaxen 4′ 42″ (bei Kepler 4′ zu klein).

333. 11. Auch hier bedürfen Keplers Zahlen einer Korrektur. Der aufgehende Punkt der Ekliptik ist in Wirklichkeit 26° 57 ♋, der Nonagesimus 26° 57′ ♈, MN = 31° 25′, NV = 51° 15′, das Komplement dazu 38° 45′,

SN = 40° 7′, daher schließlich die Differenz der Parallaxen in Breite 46′ 24″, in Länge 23′ 46″.

333. 25. Setzt man die korrigierten Werte für die Parallaxen ein, so kommt 54′ 21″ − 46′ 24″ = 7′ 57″ an Stelle von 10′ 19″, und 23′ 46″ − 4′ 42″ = 19′ 4″ an Stelle von 23′ 38″. Der scheinbare Zuwachs in der Mondbreite für die Dauer der Finsternis ist also 6′ 57″ + 7′ 57″ = 14′ 54″, die scheinbare relative Bewegung des Mondes gegen die Sonne 1° 21′ 32″ − 19′ 4″ = 1° 2′ 28″. Die letzte Zahl zeigt die Unverträglichkeit der von Kepler der Rechnung zugrunde gelegten Geschwindigkeit des Mondes mit den übrigen Zahlen. Es wäre nämlich in der Figur AB = 1° 2′ 28″, während CF + AF = 1° 3′ 20″ wird. Danach müßte also nahezu eine totale Verfinsterung eingetreten sein.

334. 9. Es ergibt sich eine kubische Gleichung für die gesuchte Größe BD, da sich die vierten Potenzen wegheben. „Numerus" bedeutet Konstante, „positio" erste Potenz. Bei der trigonometrischen Berechnung ist zu beachten, daß AB und BC von Kepler fehlerhaft berechnet sind (vgl. die vorhergehende Anm.).

336. 13. Die von Kepler behauptete Beziehung kann man etwa so beweisen. Es sei e die Exzentrizität, α die sog. exzentrische Anomalie ($\alpha = 0$ das Apogäum), s der zugehörige Abstand Sonne–Erde, Δ der scheinbare Durchmesser der Sonne. Mit $\alpha_1 = 0°$, $\alpha_2 = \alpha$, $\alpha_3 = 90°$ wird $s_1 = 1 + e$, $s_2 \approx 1 + e \cdot \cos\alpha$, $s_3 \approx 1$. Nun ist $\Delta_2 : \Delta_1 = s_1 : s_2$, $\Delta_3 : \Delta_1 = s_1 : s_3$ und

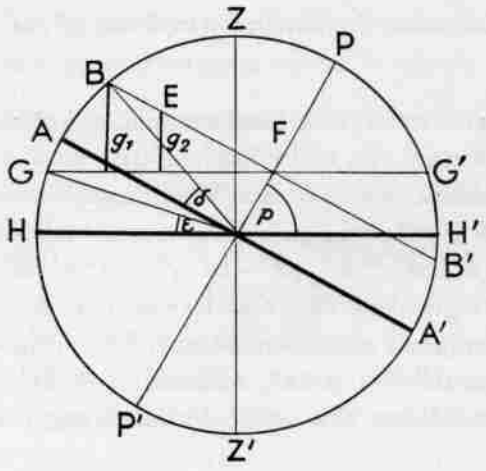
$$\frac{\Delta_2 - \Delta_1}{\Delta_1} = \frac{s_1 - s_2}{s_2}, \quad \frac{\Delta_3 - \Delta_1}{\Delta_1} = \frac{s_1 - s_3}{s_3}.$$

Daher erhalten wir für den gesuchten Zuwachs $\Delta_2 - \Delta_1 = d$ des scheinbaren Sonnendurchmessers von α_1 nach α_2 die Beziehung

$$\frac{d}{30''} \approx \frac{1 - \cos\alpha}{1} \cdot \frac{s_3}{s_2} \approx \frac{1 - \cos\alpha}{1}.$$

336. 36. *Paul Wittich* († 1587), zuerst Gehilfe Tycho Brahe's, später in Kassel, hat Verdienste um die Begründung und Verbreitung der prosthaphäretischen Rechenmethode. Insbesondere gilt er als selbständiger Wiederentdecker der Gleichung $\sin\alpha \cdot \sin\beta = {}^1/_2 [\sin(90° - \alpha + \beta) - \sin(90° - \alpha - \beta)]$. Kepler hat Wittichs Arbeiten, die ungedruckt geblieben sind, durch Vermittlung von *Jost Bürgi* kennengelernt. (*Cantor:* Geschichte der Mathematik, Bd. 2, 2. Aufl., S. 642/43. *Tropfke:* Geschichte der Elementarmathematik Bd. 5, 2. Aufl., S. 62 und 110).

337. 13. Den ganzen Sachverhalt und die daraus entstehenden geometrischen Beziehungen erläutert die umstehende Figur. Als Aufgabe ist gestellt, aus gemessenen Sonnenhöhen die Zeit zu bestimmen.



Es sei ZPZ′ P′ der Meridianschnitt durch die Himmelskugel, Z das Zenit, P der sichtbare Pol, HH′ die Spur des Horizontes, AA′ die des Äquators, BB′ des Tageskreises der Sonne und GG′ der Parallelebene zum Horizont durch F. p sei ferner die Polhöhe, δ die Deklination der Sonne, γ deren Stundenwinkel, ε die Höhe von G und G′. Man liest nun an der Figur sofort die erste der von Kepler angegebenen Beziehungen ab

$$\frac{1}{\sin p} = \frac{\sin \delta}{\sin \varepsilon}.$$

Projiziert man ferner den Mittelpunkt der Sonne senkrecht auf die Meridianebene nach E, wobei E auf BB′ zu liegen kommt, und fällt man von B und E die Lote g_1 und g_2 auf GG′, so erhält man

$$\frac{g_1}{g_2} = \frac{BF}{EF} = \frac{\cos \delta \cdot \cos p}{\cos \gamma \cdot \cos \delta \cdot \cos p} = \frac{1}{\cos \gamma},$$

die zweite von Kepler behauptete Gleichung. Nicht die Sonnenhöhen selbst stehen also in einfacher Beziehung zueinander, sondern die Höhen über der Parallelebene GG′. Die Reduktion auf diese ist mit Hilfe der ersten Gleichung möglich.

337. 20. In Wirklichkeit ist die Polhöhe für Tübingen 48° 31′ 10″, für Augsburg 48° 22′ 20″.

338. 1. Zur Erläuterung der prosthaphäretisch durchgeführten Rechnung sei kurz bemerkt, daß mit den Bezeichnungen von Anm. 337. 13 der Reihe nach gebildet werden: 1) sin 60° 4′ = sin (90° − p + δ) und sin 23° 8′ = sin (90°−p−δ); 2) ½ · [sin (90°−p + δ) − sin (90°−p−δ)] = sin p · sin δ = sin ε; 3) sin (90°−p + δ) − sin p · sin δ = cos p · cos δ = g_1; 4) sin h − sin ε = g_2 (h die Höhe der Sonne), schließlich 5) $g_2 : g_1$ = cos γ, daraus γ selbst und die Zeit.

338. 29. Unter „Ascensio obliqua horoscopi" verstand man die Ascensio recta des Punktes des Äquators, der mit dem Anfangspunkt des 1. Hauses aufgeht. Es ist daher Asc. obl. horosc. = Asc. recta medii coeli + 90°.

343. 3. Die Rechnung, die hier durchgeführt wird, liefert den Winkel an der Sonne im Dreieck Zenit–Pol–Sonne (die sog. Variation), nicht den Winkel zwischen Ekliptik und Vertikal.

344. 30. Irrtümlich nimmt Kepler hier die Breite des Mondes als südlich an, nachdem sie S. 328 und 330 als nördlich angegeben war. In Probl. 32 rechnet er wieder richtig mit nördlicher Breite und findet den Winkel BAC zu 15° 12′ 40″.

346. 13. *Regiomontan:* Scripta de Torqueto etc. Norimbergae 1544, fol. $49^{v}-50^{r}$ (Observationes factae per doctissimum virum *Bernardum Waltherum*). An verschiedenen Stellen korrigiert Kepler wieder das Original. So schreibt er vor allem (Zeile 19) „vel circa" an Stelle von „vel citra".

349. 23. *Tycho Brahe:* Op. Om. Ed. Dreyer. XII, 317/318.

350. 5. Vgl. Anm. 328. 17.

354. 21. Brief Keplers an *Mästlin*, 15. März 1598. Antwort Mästlins, 2./12. Mai 1598.

355. 19. In der Berechnung des aufgehenden Punktes der Ekliptik steckt wieder ein Fehler. In Wirklichkeit ist dieser Punkt 18° 39′ ♋, der Nonagesimus 18° 39′ ♎. Es kommt dazu, daß auch schon die aus Probl. 27 übernommenen Zahlen wesentlicher Korrekturen bedürfen. Keplers Bemerkung, daß in der auf doppelte Weise berechneten Breite des Mondes im Augenblick der größten Verfinsterung, nämlich zuerst aus Anfang und Ende der Finsternis unter Voraussetzung einer geradlinigen Mondbahn, sodann auf direktem Weg, eine Differenz von 3′ auftrete, die zu der Annahme einer gekrümmten Bahn des Mondes zwischen Anfang und Ende der Finsternis zwinge, entbehrt daher der nötigen Grundlage. *J. Lalande* hat im Gegenteil nachgewiesen (*Erreur de Kepler. Sur la courbure de l'orbite apparente de la Lune.* Connaissance des Temps. VI^{e} Année (1798) p. 238–243), daß bei Verwendung der richtigen Zahlen die beiden Berechnungsarten durchaus verträgliche Resultate liefern.

356. 35. Προσθαφαίρεσις, zusammengezogen aus πρόσθεσις und ἀφαίρεσις, bedeutet wörtlich „Zufügung und Wegnahme". Als „kunstwidrige Zufügungen und Wegnahmen" tadelt Kepler an *Ptolemäus* das Verfahren, dem Leser zurechtgestutzte Beobachtungen vorzusetzen, während er selbst nur originale Beobachtungsreihen verwendet.

357. 1. Die Originalaufzeichnungen über die Finsternis in Mss. Pulk. XV, 253.

360. 16. Auf die Fehlerhaftigkeit des in der letzten Spalte angegebenen Winkels 20.32 macht Kepler S. 362, Z. 26ff. aufmerksam. Der Fehler rührt von dem falschen Azimuth S. 359, Z. 11 her, das die ganze zu Momentum 1 gehörige Zahlenreihe beeinflußt.

364. 26. Korrektur nach Mss. Pulk. XV, 267 und den folgenden beiden Tabellen.

365. 5. Die Korrektur ergibt sich aus Zeile 3 der vorhergehenden Tabelle.

367. 4. Die einzelnen Notae sind im Original mit Seiten- und Zeilenzahl versehen. Die Zeilenangabe mußte hier naturgemäß wegfallen; sie ist durch ein Sternchen im Text ersetzt.

378. 24. *Tycho Brahe:* Op. Om. Ed. Dreyer. II, 320–323. Den Appendix zu den Progymnasmata hat Kepler verfaßt (vgl. *M. Caspar*: Bibliographia Kepleriana S. 44/45).

378. 27. *Hipparchs* Schrift über die Größe von Sonne und Mond (Περὶ μεγεθῶν καὶ ἀποστημάτων ἡλίου καὶ σελήνης) ist verschollen. Ihren Titel kennen wir aus dem Timäuskommentar des *Adrastos*, den *Theon von Smyrna* in seinem eigenen Timäuskommentar großenteils wörtlich übernommen hat.

378. 30. *Horaz:* Epist. I, 2, 40.

379. 1. Die Seitenzahlen des Index sind die des Originals; die Zeilenangaben sind weggelassen.

PERSONENREGISTER

Bei dem am häufigsten vorkommenden Namen Brahe wurden einige unwichtige Stellen weggelassen, die übrigen inhaltlich gruppiert.

Agrippas Bithynus 265
Albategnius 134, 209, 214, 227, 251, 284, 293, 298, 312
Albericus 256
Alfons von Kastilien 238
Alfraganus 274
Alhazen 61, 62, 63, 64, 70, 71, 76, 78, 84, 122, 137, 138, 143, 192
Ammianus Marcellinus 255, 256
Amram, Sohn des 202
Anaxagoras 201
Annonius 255
Apianus (Bienewitz), Petrus 7
Apollonius 77, 90, 92, 94, 95, 96, 98, 99, 103, 104, 107, 172, 179, 214, 215, 300, 309, 310, 311, 324
Aquapendentius s. Fabricius, Hieronymus
Archilochus 251
Archimedes 77, 190, 191, 192, 293, 374, 375
Aristarch 224, 293
Aristoteles 21, 22, 24, 28, 29, 34, 38–48, 62, 120, 121, 123, 125, 142, 147, 166, 182–186, 188, 190, 196, 198, 203, 206, 214, 215, 233, 257, 263, 265, 268, 269, 280, 283, 284, 367
Averroes 265

Beda 255
Berosus 201, 202
Bodinus, Johannes 125, 128
Brahe, Tycho. Als Optiker 8, 14. Astronomische Beobachtungen 115, 226, 246, 264, 265, 293, 297, 299, 313, 315, 319, 326, 349, 350, 376. Erklärung der scheinbaren Verkleinerung des Mondes in Konjunktion 48, 248, 249, 307. B. und Rothmann 78, 79, 80, 120, 121, 126, 127. B. und Christmann 118, 267, 268. Cleomedes und Clavius unglaubwürdig 133, 258. Refraktion 83, 84, 86, 106, 111, 112, 113, 117, 124, 136, 137, 138, 141, 142, 235, 236. Parallaxe 141, 250, 272, 275, 276, 277. Astronomische Größenangaben nach B. 221, 239, 246, 292, 322, 329, 330, 331, 337, 341. Tychonisches Weltsystem 228, 282, 284. Kometen 231, 232, 288. Prosthaphäretisches Rechnen 312. Beleuchtung des Mondes durch Venus 223, 242. Finsternisdaten nach Tychonischer Rechnung 314, 317, 327, 334, 341, 344, 349, 351. Sehzentrum 193. Diopter 194. Progymnasmata 378. Aequinoctium zweimal an einem Tag beobachtet 134. Szintillation 229. Ablehnung von Keplers Methode der Zeitbestimmung 360, 361.
Bunting, Heinrich 252, 253
Bürgi, Jost (Justus Byrgius) 376

Cardanus, Hieronymus 28, 29, 120, 233, 238
Cedrenus, Georgius 255
Christmann, Jakob 128
Clavius, Christoph 248, 257, 258, 259, 261, 312
Cleombrotus 253
Cleomedes 123, 130, 131, 133, 136, 201, 202, 203, 222, 228, 237, 251, 254, 258, 280
Commandinus 192
Corbulo 254
Cydias 251
Cyprianus 256

Demokrit 184, 185
Dietrichstein, Ludwig Baron von 181
Diogenes Laertius 198, 201, 265
Dionysius Halicarnasseus 252

Empedokles 38, 40, 188, 250, 251
Eratosthenes 254
Eudoxus 265
Euklid 20, 50, 61, 62, 63, 71, 76, 130, 167, 193, 207, 244, 283, 284, 285, 292, 296, 301, 339, 377, 378
Eutokius 90

Fabricius, David 376
Fabricius (Aquapendentius), Hieronymus 144
Fabricius, Paulus 257
Fernelius, Johannes 35, 183
Frodoardus (Flodoardus) 239
Funk (Funccius), Johann 256

Galenus 145
Geber 101, 103, 376
Gemma, Cornelius 187, 224, 226, 232, 239, 241, 245, 257, 258, 297, 299
Gemma Frisius, Reiner 48, 226, 256, 293
Gilbert, Wilhelm 135, 198
Guidubaldus 28, 29

Haly Ben Rodoan 233
Hartmann, Georg 47
Herodot 252, 253
Hipparch 132, 133, 134, 135, 193, 248, 253, 254, 258, 259, 293, 297, 298, 307, 315, 378
Homer 251
Hondius, Jodocus 326, 335

Jesaia 251
Jessenius à Jessen, Johannes 144, 146, 148, 149, 150, 151, 183, 185, 259, 354, 370
Johannes Pisanus s. Pisanus
Jordanus Nemorarius 28
Jornandus 255
Jöstel, Melchior 312, 313
Julius Capitolinus 255
Justinus, Marcus Junianus 233

Karl der Große 264
Kopernikus 135, 202, 224, 228, 247, 265, 274, 275, 276, 280, 281, 282, 284, 285, 286, 294, 328, 350, 377

Leovitius, Cyprianus 256
Levi, Rabbinus 192
Lichtenberger (De Claro Monte), Johann 255
Linerius 238
Livius 253
Ludwig der Heilige 255, 256
Lycosthenes 256

Macrobius 84, 188, 203
Maginus, Joh. Anton 345
Martianus Capella 137, 251
Mästlin, Michael 48, 126, 133, 142, 218, 223, 224, 239, 251, 253, 257, 263, 264, 265, 293, 299, 300, 307, 308, 315, 322, 326, 327, 335, 336, 337, 343, 345, 352, 354, 361
Melanchthon 286
Menelaus Romanus 265
Mercator, Gerhard 251, 257, 258
Mimnermus 251
Miverius, Daniel 128
Moses 19, 198, 199

Novara, Dominicus Maria 135

Ovid 145, 281

Pena, Johannes 121
Peurbach, Georg 7, 203, 204, 225, 237, 315
Pindarus 251
Pisanus, Johannes 47, 48
Plater, Felix 144, 145, 147–151, 160, 183, 186, 187, 370
Plato 14, 356
Plinius 16, 132, 133, 136, 207, 208, 216, 225, 233, 251, 252, 254, 347
Plutarch 198, 201, 202, 203, 207, 217, 218, 220, 224, 238, 241, 242, 250, 251, 254, 255, 259, 261
Porta, Joh. Bapt. 9, 46, 57, 59, 93, 164, 165, 177, 181, 187, 188, 189
Posidonius 136, 203, 222

Proclus Diadochus (Lycius) 134, 135, 136, 258, 259, 264, 284, 293
Ptolemäus 71, 124, 132–136, 138, 139, 193, 204, 205, 206, 212, 213, 228, 235, 237, 254, 258, 259, 263, 265, 272, 282, 283, 284, 285, 293, 297, 307, 315, 344, 345, 356, 376, 378
Pythagoras 284

Regiomontanus, Joh. 7, 137, 139, 287, 312, 315
Reinhold, Erasmus 48, 203–209, 211, 213, 217, 221, 222, 223, 225, 237, 238, 272, 275, 276, 301, 344, 345
Rhodius, Ambrosius 299
Risner, Friedrich 123, 137
Rothmann, Christoph 78, 79, 80, 82, 83, 106, 120, 121, 125, 126, 127, 194
Rudolf II. 7, 15

Sacrobosco, Johannes de 257
Scaliger, Joseph 225
Scaliger, Julius Caesar 40, 202
Seiffart, Matthias 316
Serenus 215
Seussius, Johannes 13
Sosigenes Peripateticus 251, 258, 259, 293, 307
Stadius, Johannes 239
Stella, Tilmann 257
Stesichorus 251

Tacitus, Cornelius 254
Thales 201, 252
Theon von Alexandrien 237, 263, 293
Theon von Smyrna 254, 378
Timocharis 253, 265
Thucydides 253

Valla, Georgius 136
Vergil 369
Vitellio s. Witelo
Vitruvius 125

Wackher von Wackhenfels, Matthäus 370
Walther, Bernhard 137, 138, 139, 141, 142, 256, 265, 346, 347
Wilhelm, Landgraf von Hessen 126, 136, 193, 194, 292
Witelo (Vitellio) 14, 17, 20, 33, 46, 47, 61, 65, 78, 79, 83, 84, 86, 90, 96, 97, 100, 101, 103, 109, 124, 137, 138, 142, 143, 150, 183, 184, 185, 187, 207, 211, 217, 221, 222, 228, 238, 239, 251, 280, 281, 282. Hinweis auf einzelne Sätze W.s 25, 37, 49, 62, 63, 66, 69, 70, 71, 76, 92, 104, 121, 122, 152, 155, 156, 165, 167, 168, 171, 174, 188, 192, 200, 204, 206, 209, 212, 214, 215, 226, 227, 234, 235, 244, 267, 284, 285, 288.
Wittich, Paul 336

INHALTSVERZEICHNIS

Astronomiae Pars Optica (Ad Vitellionem Paralipomena) 5

Libri Capitum Dispositio 12

Paralipomena in Vitellionem 18

Astronomiae Pars Optica 198

Notae 367

Index 379

Nachbericht 393

Entstehungsgeschichte 396

Analyse des Inhalts 406

Die Aufnahme des Werkes 424

Einschlägige Manuskripte 426

Anmerkungen 436

Personenregister 463