

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;

Potissimum
DE ARTIFICIOSA OBSERVATIO-
NE ET ÆSTIMATIONE DIAMETRORVM
deliquiorumq; Solis & Lunæ.
CVM EXEMPLIS IN SIGNIVM ECLIPSIVM.

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

AVTHORE
IOANNE KEPLERO, S. C. M^{ti}
Mathematico.



FRANCOFVRTI,
Apud Claudium Marnium & Hæredes Ioannis Aubrii

Anno M. DCIV.

Cum Priuilegio S. C. Maiestatis.

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
 Cillum Astronomum TYCHONEM BRAHE, qui exquisitissimis obserua-
 tionibus, et subtilitate incredibili, cum ipsa rerum natura certauit, habeat-
 que Germania, praeter antiqua illa Mathematicae facultatis lumina, PEVR-
 BACHIVM, REGIOMONTANVM, APIANVM, et quos longo ordine recensere
 10 potest Viennensis Academia, nunc etiam nouum hoc exemplum, idque
 sublime et admirandum, diligentiae et perfectionis: aequum esse arbitror,
)(25 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 con-
 templantationibus nonnihil temporis impenderam, occasionem suppedi-
 20 tauit 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 penitus enucleanda censerem. Indignum enim optica
 scientia putauì, 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 astro-
 nomicae, cuius insimularetur, à sese amoliri non posse. Itaque non leue
 30 decus existimaui, si mihi contingeret, nodos, qui obiicerentur, bona
)(35 methodo, et demonstrationum euidencia dissoluere; et Opticam scien-
 tiam ad eam subtilitatem perducere; vt Astronomo satisfacere illa pos-
 set. 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, in-
 ueneram; 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 deliquis. 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, eademne an diuersae essent omnibus temporibus, omnibusque locis 10 refractiones: ex quo denique sequitur, vt quandoque obseruator suae diligentiae atque curae, quam inter obseruandum adhibuerat, nimium tribuens, locumque sideris praecisissime supponens ¹ cognitum, demonstrationes in difficultatem coniiciat; natura luminis, Opticarum causarum inconstantia circumuenti, tantam instrumentorum subtilitatem non semper admittente. In hoc itaque negotio 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 vltius dimanent. Atqui hac re in dubio ver- 20 sante, 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, 30 redundat. Itaque vt tabulae motuum, quas, Authoris morte interrump- tas, 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 cui- 40 quam 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 prae buerat.

(4v) At cum quae iam recensita sunt, potissimam eorum ¹ partem com-
 10 plectantur, quae de Astronomia dici ex Optica possunt; iamque liber
 pene titulum mereretur, Astronomiae Opticae; operae compen-
 dium me facturum putavi; si, quantum erat residui, et ipsum adiunge-
 rem: erant autem de Lumine, Situ, et Motu siderum; quae capitibus
 VI. IX. X. sum persecutus. Nam et sextum et nonum famulantur vn-
 decimo; illud ad aestimandam diametrum Lunae, hoc ad mirabiles ap-
 paritiones Eclipsium, et mutationes plagarum παραδόξους optice de-
 monstrandas. 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 to-
 20 tius 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 compendiosissi-
 mum vsum, in tota reliqua doctrina secundorum mobilium, suo tem-
 pore, 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-
 11 tum¹ cum vtilitate nauigandum, quod ego cum periculo, et dispendio
 30 forsitan 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. Cae. M^{tis}. Tuae ad-
 ducerem, 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 indonata praetermittit Astronomiam; meque Tychonicae
 40 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 fovere debeant.¹

Quod si quid est insuper in hoc opere, quod mihi fiduciam addere (:):^{1 v} 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, totidem-¹⁰ que 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, indagavi. 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 plane²⁰ 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 si¹ Maiestas Tua clementissime probauerit: sat ego me foelicem (:):^{2 f} 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, eadem³⁰ 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 comectum 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, absolvere foeliciter possim.

DEVS Optimus Maximus Tuam Imp. Maiestatem quàm diutissime tueatur incolumem; eiusque victricibus armis Othomannicae domus⁴⁰ tyrannidem, annis maturam, barbarica inuisam superbia, blasphemiiis

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

Sac. Caes. Mtis. Tuae

Subiectissimus

Mathematicus

Joannes Keplerus.

LIBRI CAPITVM DISPOSITIO.

(:) 31

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 potissimum 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 5.¹

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 deliquorum vtriusque. *pag. 335.*

Problemata habet 32.

Figurae lignae in vniuersum ad 100.

Subiunctae sunt Notae ad loca difficiliora, quas Lector primùm in-

spiciet; et
Particularium materiarum, et Authorum INDEX.

10

20 (:) 3 v

30

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 penetrabile 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.

10

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
 Mens. Qua licet expediam; faueat modò fama loquenti;
 Mortales chartis perpetuabo meis.
 Hic etiam referam, quae pro me damna tulistis:
 Hicque suum et naevis irradiabo iubar.

20

(2) 4v

ALIVD EODEM SENSU

Loquitur Oculus.

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

30

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 vtrique quidem vtrique dicatarum 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 Observationes, alterum Axiomata Physica seu Metaphysica. Circa Observationes 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, Observationes ipsas complexa: cuiusmodi exquisitissimarum Observationum, annos propemodum 40. praeteritos complectentium, libros 24. Lector sciât 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 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 Observationibus Tychonicis, et super fundamentum Astronomiae adamantinum restituti per TYCHONEM BRAHE motus Solis fixarumque ordinatarum extractis) complectar, quam Clauem Astronomiae penitioris dicere posse mihi videor.

Vides, amice lector, quo loco Astronomia Tychonica, hoc est, verissima et exquisitissima versetur. Materiam ad aedificium futurum locupletissimam congegit in libros observationum: Eius materiae probitatem in Mechanicis demonstravit: Fundamenta domus duo firmissima
 10 iecit, ut iam dixi, Fixarum catalogo subtilissimè et verissimè descripto, qui coementi optimi loco fuit, eritque ad materiam Observationum conglutinandam: et Theoria Solis constituta, quae ipsum fundamenti robur habet, mediaque columna est, fornices omnes ad fastigium usque complexa ostium etiam cum testudine ad omnia conclauiua pertinente. Frontem vero domus ad finem perduxit, Theoriam dico Lunae, primum Palatium, et porticum; ut iam domus habitationi apta sit; cui in hunc usum hoc libello fenestrae et scalae partim accedunt, partim effractae reponuntur. Armarium, seu Theoria Martis, extractum est, valuae seu editio propediem accedent. Restat officina, Oratorium,
 20 Coenaculum cum thalamo, Musaeum: quibus omnibus altius tabularum superstruetur loco speculae, ad capiendum saeculorum prospectum, Theoria octaua, et Apogaea Planetarum; rudibus illa quidem aliquibus, et carie confectis trabibus antiquarum observationum intermixta; sed tamen et hae, quantum fieri potest, polientur et solidabuntur: ut denique tectum seu summus apex Tabularum Rodolphi imponi queat. Quod ut primo quoque tempore fieri possit, si quidem Astro-
 30 nomiam Tychonicam amas: mecum Deum Opt. Max. exora, ut 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 sup-
 peditaturus sit.

Status
Astronomiae
Tychonicae.

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

Subiecti
astronomici
distributio.

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,
 40 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 ^f 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 aestima- ¹⁰ rent, 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?

Porro 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 con- ²⁰ stitui 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 arcè tota reliqua Astronomia cum Solis motu copuletur, quantumque nobis Luna, diei noctisque particeps, opituletur, quando nos omnia alia media deficiunt: iure credet, vniuersam ⁴ Astronomiam his luminum obscuracionibus inniti, adeo vt hae tenebrae sint Astronomorum oculi, hi defectus doctrinae sint abundantia, hi naevi mentes mortalium preciosissimis picturis illustrent. O eximium et omnibus gentibus commendabile argumen- ³⁰ tum 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 obuiaae, difficulter tamen men- ⁴⁰ surari 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

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 oculis moneo, quam Graeci communi voce dicunt ἀνάκλασιν radorum, 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 usurpatione 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 usurpatio 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 radorum 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 significato id quoque deflectere dicitur, quod cum vnum esse deberet, in duas lineas rectas¹ contiguas abit, planè vt radii: vitandae tamen implicationis causa, *flectendi voce planè absterneatur*. Nam hoc quidem significato reflexus vtrique radorum 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 hìc morem Opticorum, et variemus appellationes, dicaturque alter Virgilianà et speciali voce *Repercussus*, alter generis nomine *Infractus*, vt ipsae praepositiones ad rei naturam alludent.

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

Principia et Suppositiones ad disputationem de Natura lucis.

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 agitare animo, formam ei destinavit sibi ipsi quam similimam. Hinc ortum totum quantitatatum 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 proportionem, 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 destruat. ¹

Lucis origo.

Sphaericum SS. Trinitatis imago.

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,

Sphaericum lucis (adeoque mundi) archetypus.

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

10

PROPOSITIO II

Punctum quodlibet infinitis numero lineis effluit. Scilicet ut orbem omnem circumcirca illustret, quod fieri debere diximus. Sphaericum autem infinitas habet lineas.

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 eiectoria infinita est, quia luci materia, pondus, seu resistentia nulla est per superiora. Infinita ergo virtutis ad pondus proportio.

20

PROPOSITIO IV

Lineae harum eiectationum 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 unitatem partium, aut separationem, utrumque fit per motum rectum compendiosissimè. Nam quia quo brevius quaeque distant, hoc magis unita intelliguntur, et rectae sunt omnium linearum inter eadem puncta brevissimae: motum ergo qui unit res, ut motum ponderum ad terram, chalybis ad magnetem, in linea recta fieri necesse est: aliàs non omnes partes motus ad eundem finem tenderent, sed in medio itinere alicubi, quod erat uniendum alteri, deflecteret ab hac unionis affectatione. Eadem de contrario motu separationis, qui in rebus naturalibus violentus dicitur, intelligenda sunt. Nam ei etiam contrarius motus unionis motui competit: rectus igitur, quia recto non nisi rectus contrarius.

30

Luci non vnitio, sed separationis aliquid simile competit, et eiactio 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. seipsa¹ apta est in infinitum prorogari: lineae vero curuae, quatenus curuae in se ipsas redeunt, et terminantur.

PROPOSITIO V

110 *Lucis motus non est in tempore, sed in momento.* Nam vt in libris de motu 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 luci 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 eiactor, 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. nihil aliud est nisi ipse motus lucis. Sanè vt et in motu physico, motus ipsius 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 pertinet ad superficiem.¹

PROPOSITIO IX

10

Sicut se habent sphaericae superficies, quibus origo lucis pro centro est, amplior ad angustiore: 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 approbavit. 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 afficienda; 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.

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
10 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, cum densitas et extenuatio sint sub eodem genere.

PROPOSITIO XV

20
† *Color est lux in potentia, lux sepulta in pellucidi materia*: si iam extra visionem consideretur; et diuersi gradus in dispositione materiae, causâ varietatis et densitatis, seu pellucidi et tenebrarum; diuersi item gradus luculae, quae materiae est concreta, efficiunt discrimina colorum.* Cum enim colores,
12 qui cernuntur in iride, sint ex eodem genere, vnde et colores 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 superiniiectione materiae aquae existere. Quare et hi indidem
30 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; sanè 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, quod 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 posituum 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 undique 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 10
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 coloratae per 16. seu quantitatē 13
colori addat profunditas medii, seu color ipse multum ab albedine recedat, tenebrarumque multum sit particeps.

Esse verò nihil absolutè opacum, etiam ARISTOTELES libro de sensibus recepit. 20

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 30
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 primum lucis opus; colores à luce diluuntur, lux à coloribus tingitur et inficitur. De quibus omnibus ordine in sequentibus.

7 *Notet verò hîc Lector originem quartae lucis speciei, quam caeteri Optici frigide 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
10 negatione termini proprii definiuntur. ¹

14 Cur autem et in motu physico et in luce accadat 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
20 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

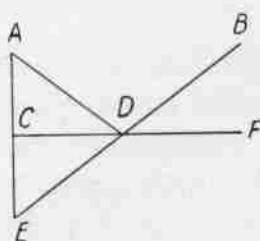
Repercussus fit ad aequales angulos, et eius, quod obliquè incidit, ad latus alterum. Est 10. quinti VITELLIONIS. Nam virtus aequalis aequalem etiam motum praesupponit. Virtus verò in puncto conflictus vna est et eadem; motus ergo etiam aequalis. Sed qui ad angulos aequales, est aequalis. Ad angulos 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 allap-
30 sum per 18. praecedentem. At vt plurimum obliquè illabatur. 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 parallelus. Quare nec impedit partem sibi paralleon, 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

4 Kepler II

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 varia-



bit CDE. ¹ angulum. Nam nisi B. in D. reper- 15
cutteretur, faceret CDE. angulum aequalem ipsi
BDF. quia recta esset linea BDE. At non im-
pediens 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 10
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 perpendi-

cularem 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. 20

Sit radius obliquus AB. incidens in superficiem in puncto B., agatur

tangens illam superficiem, quae sit BC., et ab A. descendat perpendi-

cularis AC. Hic ergo lux ex A. angulo BAC. spargitur ad vnum latus,

et quantum lucis intra BAC. angulum fuit in partibus ipsi A. propiori-

bus; 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 super-

ficies BC. sit densioris medii, sistet hanc dis- 30
persionem per 14. idque secundum magis et

minus. Lux vero BC. si sine dispersione porrò

moueat, oportebit illam in DE. superficie

tantundem occupare spatii, ac in BC.; quare ex DE. resecari aliquam,

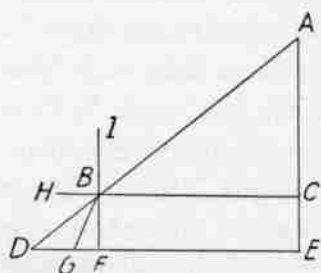
aequalem BC.; illa sit FE. Nam in ACE. est terminus omnis dispersionis

lucis, quia AC. radius in CB. rectus; quare E. communis ter¹minus lineae 16
EF. et ED. erit. Erit igitur BF. parallelos ad CE. et ideo et ipsa perpen-

dicularis ad BC. Lux igitur sine vlla dispersione vsque ad ED. veniens,

occuparet spatium EF.; eadem sine vlla perturbatione eousque descen-

dens, occuparet spatium ED., spargens et extenuans se eadem pro- 40



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 pel-
lucidae 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. Con-
tingere autem eadem necessariò et in mobilibus physicis, quoties globus
10 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 tardiozem efficit eius descen-
sum, et retundit, dummodo descendat: posterius verò repellit ipsam à
sua linea, vt quia motus erat BD. futurus, repellatur à BH. et fiat BG.
20 Hoc accidere necesse est in proiectilibus, quae à corpore densiore impe-
diuntur. 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.
17 (nam respectu huius solius lineae maximè¹ obliqua est ad ipsam AB.).
Et fertur siue attenuatur lux non versus partem BC. sed versus BH.
30 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 comparisonem 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 im-
pulsu 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 collima-
bamus, colliditur, adhaerescenciaque 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.

De Librae ratione
demonstratio per
digressionem.

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

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 CAR-

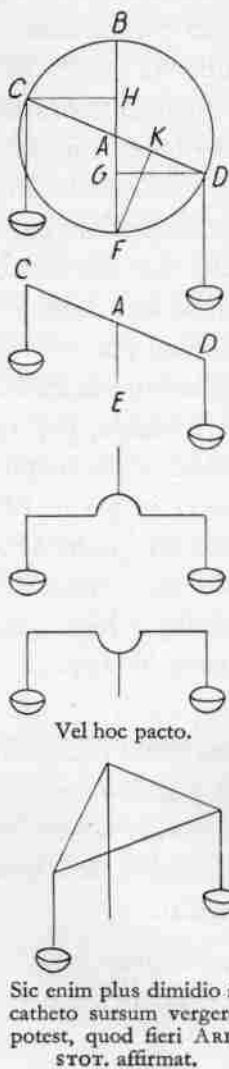
DANVS lib. de subtilitate approbavit: non enim substituisset aliam: forsàn quia obscura est.

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 dissimulavit IORDANVS, CARDANVS non admodum¹ 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.

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

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 affirmavit ARISTOTELES, manere virgulam CD. semel inclinatum; fatendum omninò erit, lapsum esse experiun-

Velitatio cum
GVIDVBALDO, è
Marchionibus
Montis Ferrati.



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 censi 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
 10 euertatur: qui tamen manet ab angulo appensus.¹

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

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 titubabat. 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
 20 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
 30 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 proportionem, 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.
 40 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.

Velitatio cum
CARDANO.

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

PROPOSITIO XXII

Lux colores illustrans vndique reperiuntur 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: Reperiuntur igitur quasi à superficieribus vndique. At simul et tingitur per 16. Reperiuntur ergo radius colorem habet medii seu obiecti: ¹ 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 reperiuntur, 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 stimulat, 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 reperiuntur 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 quacunq̃ue 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 dilucidè satis est dicta, lector aliam comminiscatur. Simul fundamenta hîc *Halonibus et Crepusculis* iecisse videor.

Halones, Parelia,
Crepuscula.

PROPOSITIO XXIV

*Lux reperiussa à superficie corporis, quatenus corpus, non coloratur**. Nam per 15. color inest corporibus per materiam, quae tres dimensiones habet; superficies habet tantum duas. Non est ergo in illa color. Quod autem aliquid coloris miscetur, hoc corpus, cuius est superficies, de suo addit, quantum 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 tantum in superficie, sed et in corpore est.

PROPOSITIO XXVI

Lucis radii se mutuò neque colorant, neque illustant, neque impediunt vlllo modo. Radii enim per 4. nihil aliud sunt, quam 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 lucas 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 reperiendum, 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 euidentens non est, quia materiata et dura omnia, hìc nihil tale. VITELLIO probat experimentis.

PROPOSITIO XXVIII

Luces variae in idem obiectum incidentes et accumulatur et permiscuntur, tum inter se, tum etiam cum colore obiecti, quaeque pro suae fortitudinis vel densitatis proportionem, vnde nouus existit color, seu potius lux¹ genita diuersa ab aliis omnibus. Nam quia quantitatis sunt participes omnes, vt attenuari potuerunt 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 primò post egressum è corpore suo consistunt et figuntur. Confunduntur autem, quia per 16. quaelibet à colore obiecti mutuo patitur. Et nouus existit color radians, quia per 15. colores tantum gradibus lucis et tenebrarum differunt, variant verò hunc gradum lucis accumulatae, quare et colorem ipsum.

PROPOSITIO XXIX

Cum est immoderata proportio mutua inter lucas 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 proportionem 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 viciniore^s vehementer clarescent per 28. Et sic obliterabunt colores nigro^s viciniore^s per 29. Id non est cum superficiebus nigris, quia sunt potius priuatio lucis.¹ Sequitur hinc ceu corollarium ad 30. et 31. radios ad²⁷ 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 sibi²⁰ 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 proportionem ad calorem vnus 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 planetae³⁰ omnes ciere vapores. Omnibus igitur suus caloris effectus. De ignitis Cincindulae, rursum res est euidens. De Cincindularum luculâ tenuissimâ negare non potes, quin cum calore sit. Viuunt enim et mouentur, hoc autem non Putrida ligna, 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

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 passium rectè dici.

26 Patet, quia nihil est, quod à seipso calorem ha¹beat, materiaturum cum sit. Id in iis, quae à Sole vel igni calefiunt, manifestum est. Liberata enim praesentiâ caloris vel ignis rursum frigescunt. Qui verò in ani-

Calor
animantium.

10 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

Flamma in corde.

Folles.

aëris, vt solet in igne; arteriarum fumaria et pulsus, seu expulsus fumi,

Fumaria.

ne opprimatur hic igniculus à suo excremento, Cordis latebrosa lampas,

Lampas.

Sanguis ex ipso cauae venae caudice per canalem peculiarem in cor traductus, ad instar olei, vnde viuatur haec flamma? Non hoc contendo,

Oleum.

pulmonum aërem et venae arterialis sanguinem nihil esse nisi merum alimentum huius flammæ; nec illud, nihil in arterias transire nisi mera

20 excrementa huius flammulae, sic vt omnia vni cordi ceu principi seruiant.

Concedo enim cor ipsum totius animalis ministerio deputatum. Concedo hos quasi redditus 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, na-

Ventilatio et Ex-
piratio.

turaeque machinamentum in valvulis, 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 compa-

ratam naturam vniuersi corporis, et in eo cordis, vt à cordis recrementis

30 corpus rectissimè sustentetur. Nam nisi naturam vrgeret flammulae huius conseruandae necessitas, poterat leuiùs et tranquillius 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 con-

formatum est, et aperitur atque clauditur. Quare non dubito, quin hanc luculam oculis quoque simus excepturi; si nobis contingat exclusa

An lucula in
corde?

diei luce in cordis latebras ¹ illaesa flamma hac introspicere. Ita calor animalis à luce dependet. Vt taceam, quòd animam per se inuisi-

40 bilem, luci cognatam essentiam habere consentaneum sit: quo no-

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 quamvis 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 praecedat anima, comitatur ignis siue lux. 10

PROPOSITIO XXXIII

Lucis calor immateriatus est. Lucis enim comitem fecimus, et luci nulla est materia, vti nunc eam consideramus. 20

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 tantum 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 30

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. 28

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 inflamat 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.
 20 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 priori non possumus. Principia enim sunt adsciscenda plus quàm Optica. Id solùm contra vulgatum
 29 loquendi morem notetur, species illas non in humoribus oculi¹ 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.
 30 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
 40 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 autoritate 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 10 in Opticorum scholam seu discendi seu contradicendi studio pertrabantur, libuit hic ARISTOTELIS de visione commenta ex professo discutere. Propria quidem capitis quinti materia, si voces et titulos spectes, cum primi capitis materia sit lux et colores, natura priores visu et oculo, quae in quintum caput retuli. Sed ita comparata sunt ARISTOTELIS argumenta, vt parum 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 prae- 30 cipuae sententiae.

1. Color propriè et seipso fit visus subiectum, et habet in seipso causam cur 20 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 EMPEDOCLEI, qui dixerat, ferri lucem tendique rectis lineis inter Terram et, quod nos ambit atque complectitur (coelum), etsi à nobis non animaduertatur id fieri. 30
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 tenebrosus 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, 40

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.*

10 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 sensationem (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. λαμπρουσι μὲν ἀλλ' οὐ φῶς ἐμποιεῖ.*

31 20 *Ex his aphorismis apparet, quod maioris euidentiae causa dico, vt fiat necessaria¹ 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
30 *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
40 *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 utrobique tenebrosa manent, alia tantum absente luce.

Ita in tertia sententia fit utrique 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 utriusque causâ, scilicet ut colores ab vno Sole absente illustrari possent. Non itaque lux est actus perspicui, sed actus potius 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 ¹⁰ 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 ²⁰ 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, ut ne quidem sub eiusdem generis physici complexu esse possint: cum de perspicuo negetur color, hoc ¹ est, omnimoda lux, negetur ³² 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 usque, pro materiae densitatis et opacitatis proportionem in intermedio adesse, hoc est, in perspicuo, quatenus perspicuum, non adesse: hancque causam esse, cur à nobis non deprehendatur. ³⁰

Septima et octava 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, ut 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 exten- ⁴⁰ dere, 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 peruiro, 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) euidentius, idque continuè. Ergo vbi nulla coloris illustratio, nulla etiam eius visio, quicquid fiat perspicuo. Ita et de perspicuo testatur experientia, quo magis in ipso lux¹ animaduertitur, hoc magis impedi colorum visionem, qui trans illud sunt, quia inbaesio 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 cum 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

6 Kepler II

futabilibus experimentis stabilitam, à Sole scilicet, et à coloribus Sole illustratis, defluere species consimiles, ipsoque fluxu attenuari, donec in medium quacunq[ue] ratione opacum incidant, ibique suum fontem depingant: fierique visionem (quod infra cap. 5. dicitur), 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, nunquam Aristotelicis principiis efficietur, ut 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, ut dixi, nocet potius 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 pervertenda 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 potius formetur, ut, 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 informandum¹ sensum confert hic medium. Quinimo tem-
pore 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 cum alibi tum evidentissimè
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.

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, rectius è propinquo haurimus sonos quàm eminus? decuisse namque puto, vt causâ auctâ augetur 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.

- 10 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 ἐμπροίχῃ, 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.
- 20 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.

- 30 I. In omni sensu τὸ αἰσθητὴριον ab aliquo αἰσθητῷ mouetur. Est enim sensus passio, non quidem quae ad φθορὰν, sed quae à potentia in actum, similis ἀλλοιώσει, non tamen ἀλλοιώσει. Cap. 5.¹

- 31 Visus est sensus. Ergo et in visum mouetur τὸ αἰσθητὴριον ab aliquo αἰσθητῷ.

II. Color si oculo admoneatur, 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 αἰσθητὴριον, nullus verò motus sine contactu.) Relinquitur ergo medium, quod moueat τὸ αἰσθητὴριον.

- 40 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 tenebrosus non est pellucidus: seu quod idem est, aër et huiusmodi, in tenebris nondum est pellucidus.

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

Responsio ad haec argumenta.

10

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. Omnino 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. Ergo 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. 20 Ergo 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 ani- 30 malium 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 36 externi, tamen confusè et penè non cernitur, sed circumdatur limbo indiscreto et penè umbratili, 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 ergo causis experimenti adducti suppetentibus, non licet conclusionem ad vnā aliquam, multò minus ad aliam praeter has restringere, idque tantò magis, quòd hic fundamenta visionis explicandae struuntur.

40

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 illustrata sunt. Sol etiam et ignis alia illustrata reddunt.

Verum 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. 10 Nam luminis seu radiorum ab illustribus descendentium sunt certae passionēs, quatenus lumen, non quatenus in pellucido aëre inhaeret, cuiusmodi sunt emissio et extenuatio, iisque contrariae, repercussio et refractio seu condensatio. Ergo nihil prohibet eiusdem etiam actiones quasdam esse, nempe, experiētiā teste, illustrationem et alterationem parietum, quibus non tantum affunduntur colores seu lux, sed etiam imprimuntur et contrarii destruuntur.

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

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

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

30 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 vllō sensu conclusio vera est (destructa praemissa) nisi si quis transitionem passionem dicat, cum tamen, quò expeditius transitur medium, hoc minus patiatur, nec vllā in parte patiatur, nisi in vtraque superficie, quò respectu medium esse nequit. Nam ARISTO- 37 TELES 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.

Hinc et V. refutatur, quia pendet à quarto. At neque si ex meis principiis 40 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. Pellucet 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 utique indicant, non pellucere, lumen igitur nomen ipsi conciliat pellucens. Sed hoc pacto lumen non est aliud quippiam quàm species à coloribus manans, nec seruit intento ARISTOTELIS, qui τὸ φῶς, actum pellucidi, facit naturā 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 formā 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 an¹ 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*, inquires, *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, reii-
cit, ipse se in latebras arcanæ lucis naturæ cum VITELLIONE recipit,
lib. 1. prop. 5. HARTMANNVS, qui PISANVM edidit, et demonstrationum
defectus tollere instituerat, haesitationem istam reliquit. Etsi verò Pi-
sANVS verba affert aliorum, quibus vera causa explicatur: *Alii*, inquit,
assumunt vt causam remotam Solis rotunditatem, radiorum autem intersectio-
nem vt propinquam: ipsa tamen demonstratio, quam proximè subiungit,
ex eorundem proculdubio authorum sententiâ, veritatem rursum tegit,
10 et alium verbis hisce sensum tribuit, quàm habere possunt. Idem prope-
† modum accidisse ARISTOTELI credi potest, qui cùm in problematis sec-
tione 15. cap. 10. quaestionem mouisset, *cur si deficientis Solis radii per folia*
platani, aut per compositos in transversum manus vtriusque digitos transirent,
lunulas in pauimento effigarent: veram quidem causam affert: *Conos*, in-
quiens, *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 circu-*
20 *laria 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 VITELLIO¹ 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 compre-
30 hendere nequirem: confugi ad αὐτοψίαν in solido. Librum in sublimi
locaui, qui esset loco lucentis corporis: hunc inter et pauimentum fige-
batur 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 foraminis. 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
40 concurrere ad problema demonstrandum, rotunditatem non radii vi-
sorii, 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 eno-
 dationem argumenti pulcherrimum experimentum afferens, de Solis de-
 ficientis radio similiter deficiente, cum is per angustum foramen recipi-
 tur: occasionem REINHOLDO, GEMMAE, et MAESTLINO Praeceptorum meo
 subministrauit, accommodandi theorema ad vsum non minus nobilem.
 Nam hi à me nominati auctores docuerunt Astronomos Eclipsium So-
 larium quantitates, diametrorum Solis et Lunae proportionem, et circuli
 per luminum centra traiecti ad verticalem inclinationem, citra oculorum
 damnum, citraque errorem, qui solet nuda aestimatione committi, cir-
 cino dimetiri. Ab eo igitur tempore, quotquot Solares Eclipses à prae- 10
 stantibus 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 hinc operae pretium est, videre, quantum incommodum habeat
 ignorata theorematis demonstratio. Haec enim cum auctores aliquos
 fugerit, factum est, vt theoremati sine limitatione credentes in magnum
 errorem inciderint. Etenim¹ quotquot hoc modo obseruatae sunt Eclip- 40
 ses, 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 20
 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 pagel-
 lis tollere, demonstratione theorematis expeditâ, et apertis errorum fon-
 tibus, qui mihi ex accurata consideratione deliquii Solaris, quod anno
 1600. contigit, sese conspiciendos exhibuerunt. 30

DEFINITIO

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

PETATVR

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

PROPOSITIO I

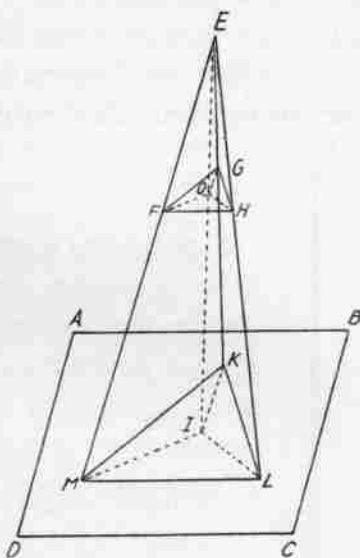
Si vnicum ad sensum punctum esset, à quo lux spargeretur, radius in pariete rectè obiecto figuram habiturus esset similem fenestrae, per quam recto illapsu fuit ingressus; eademque proportio foret dimetientium parietis illustrati et fenestrae,

† 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 ¹ 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 capituli. 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. vndecimi 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 vnus 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 homol¹oga, et sic omnia latera vnus, omnibus alterius. 42
Per 1. ergo defin. sexti figurae sunt similes. At vltra MKL. terminos descendendum 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 si- 10
miles, et EO. sit distantia fenestrae à puncto lucido, EI. vero distantia parietis indidem; clara est etiam altera pars propositionis.

COROLLARIUM

*Sequitur hinc à quolibet superficiei lucentis puncto, radium pyrami-
dalem in obiectum parietem proiici, cuius basis figurae fenestrae sit
similis; itaque descendente à tota superficie lucente radium in illu-
stratum 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.*

20

PROPOSITIO II

*Si vnicum punctum luceat, à pariete et fenestra propinquis inaestima-
bili submotum interuallo, lumen in pariete rectè obiecto non figuram
tantum, sed et quantitatem fenestrae, quam recto itinere transiit, re-
praesentabit.* 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 fene-
strae. Dico FGH. et MKL. ad sensum aequales esse. Cum enim FO. vel quaecunque linea ex centro fenestrae FGH. sensibilem 30
habeat proportionem ad OI. quia supponuntur propinquae superficies, sed OF. insensibilem ad OE. habebit et OI. insensibilem ad OE. Quare per postulatam, radii EF. et EO. connexi basi FO. insensibilem ad se quantitatem habente, sunt ad sensum aequidistantes. Aequales verò sunt EOF. EIM. anguli, et in eo-
dem trianguli EIM. plano, qua¹ 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

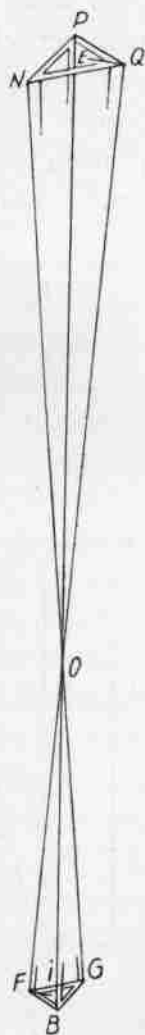
32) et FI.

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 dis-

cessuum vtriusque à puncto fenestrae. Sit FGH. superficies illustranda, eique aequidistans NQP. superficies lucens, et sit
 10 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
 20 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.
 44 aequales verò anguli POQ. et HOF. quia ad verticem. Quare triangu- la haec per 6. sexti sunt aequiangula, et PQ. FH. $\delta\mu\lambda\omicron\gamma\alpha$. Ita et omnia alia latera vnus omnibus alterius.
 30 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.



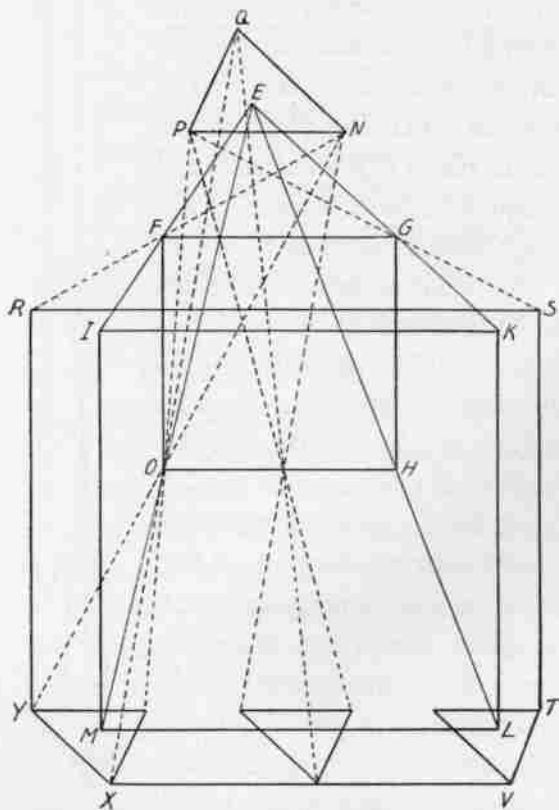
36) IFE. EQF.

COROLLARIUM

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 10 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 lu-
cens, cuius E. centrum, et
sit FGHO. fenestra. Pri-
mum itaque per coroll' la- 41
rium primae E. centrum
lucentis superficiei creabit
IKLM. figuram in pariete 20
similem FGHO. fenestrae,
et maiorem per primam
huius, aut ad sensum aequa-
lem, per secundam. Iam per
corollarium tertiae per sin-
gula marginum fenestrae
puncta singulae transmit-
tuntur imagines lucentis
inuersae: cuiusmodi vides
ad M. et L. per puncta O. 30
et H. transmissas. Cum-
que 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 vtrâque.

COROLLARIUM I

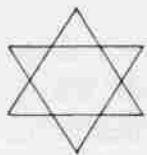
Sequitur hinc, si similium vtrinque figurarum latera et ex oppositis partibus erunt aequidistantia, figuram radii communem vtriusque figuram perfectè imitaturam, situ verò fenestram.

28) competet in KS.

30) K. competat

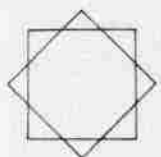
32) figura

COROLLARIUM II



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

COROLLARIUM III

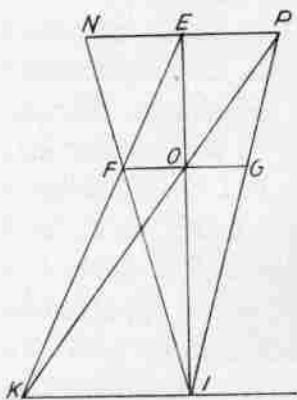


Cum ergo lucens et fenestra circuli figuras induunt, radius in pariete perfectum circulum describit. Habet enim circulus et latera et angulos quodammodo infinitos, quare duo, vt in 1. corollario, aequidistantes circuli, et latera lateribus, angulos angulis, vt in secundo corollario, opposita habere censi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

LEMMA I. AD PROPOSITIONEM SEQVENTEM



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

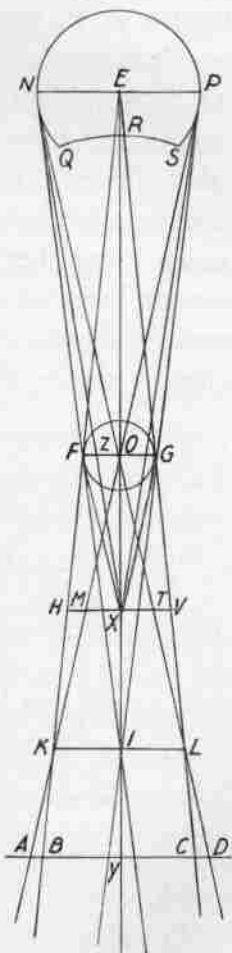
Punctum inuenire, quod totidem diametris lucentis distet à lucente, quot diametris fenestrae distat à fenestra. Sit NEP. diameter lucentis, eique aequi-

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 est¹ 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.

10 PROPOSITIO VI

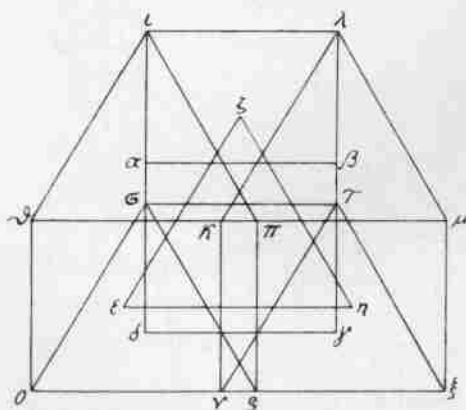
Cum fenestra totidem suis dimetientibus à pariete distat, quot superficies lucens suis: confusio figurarum est euidentissima, et figura radii ex aequo participat de vtriusque figura. At cum paucioribus suis dimetientibus abest à pariete fenestra; figura radii, situsque eius propius accedit ad figuram fenestrae. Cum 20 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 20 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 propius accessurum ad figuram O. oblitterata figura E. Contra si cadat vltra I. quò longius ab O. distet, hoc exquisitiùs repraesentaturum figuram E. lucentis, oblitterata paulatim figura O. Ad hoc obtinendum nota primum, quod puncta concursuum K. I. L. per lemma primum praemisum, sunt in eadem linea, quae aequidstat NE. lucenti. Proinde 49 omnia tria sunt in superficie¹ illustranda. Deinde radii FK. et GL. ex E. centro lucentis per terminos fenestrae FG. demissi, deferunt per 1. huius corollarium 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 fenestreae 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 fenestreae centrum circumstant, quia in singulis talis sectio fit. Cùm ergò hi quatuor radii se mutuò secant in K. L. punctis I. superficiei, erit KL. communis mensura vtriusque figurae, et lucentis inuersae, et fenestreae 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 fenestreae 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 fenestreae, vti illa in pariete à quolibet puncto lucentis exprimitur, et sit $\alpha\beta\gamma\delta$, sitque figura lucentis inuersa $\epsilon\zeta\eta$, tanta, vt eodem circulo capiatur. Moueatur iam centrum figurae $\epsilon\zeta\eta$ per omnes margines $\alpha\beta\gamma\delta$, erit eius situs circa α , triangulum $\vartheta\iota\pi$, circa β verò $\kappa\lambda\mu$, itaque angulo ι descripsit lineam $\iota\lambda$



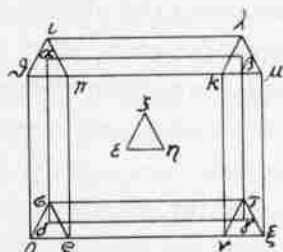
aequidistantem $\alpha\beta$. Circa γ verò erit $\tau\nu\zeta$, et descripsit angulo μ lineam $\mu\xi$. Denique circa δ erit $\sigma\rho\theta$, et angulo θ facit lineam $\theta\vartheta$; latere verò $\nu\zeta$, lineam $\xi\theta$. Sic $\epsilon\zeta\eta$ descripsit 4 lineas, terminantes figuram $\iota\lambda$, $\mu\xi$, $\xi\theta$, $\theta\vartheta$, parallelos quatuor lineis fenestreae.

Ad eundem modum moueatur centrum figurae $\alpha\beta\gamma\delta$ per omnes margines $\epsilon\zeta\eta$. Erit situs eius circa ϵ . $\vartheta\kappa\nu\theta$, circa η . $\mu\pi\xi\rho$, circa ζ . $\iota\lambda\tau\sigma$, et descripsit lineam $\delta\gamma$ lineam $\theta\xi$, angulo μ lineam $\mu\lambda$, angulo ϑ lineam $\vartheta\iota$.

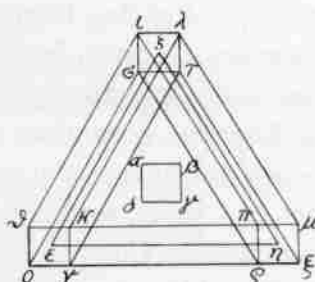
Hic vides et trianguli decliui et quadrati recta extare latera, in totius

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

Iam sit dimetiens fenestralis figurae maior, sitque $\alpha\beta\gamma\delta$, sed figura à lucente inuersa sit $\varepsilon\zeta\eta$, sitque vtraque vt prius ad idem centrum collocata. Circumferatur iam centrum trianguli in marginibus $\alpha\beta\gamma\delta$, erunt eius situs $\vartheta\iota\pi$, $\kappa\lambda\mu$, $\nu\tau\xi$, $\omicron\sigma\rho$ et intermedii; vides quòd describat ternis angulis tres lineas $\omicron\vartheta$, $\iota\lambda$, $\mu\xi$, latere verò lineam $\omicron\xi$. Circumferatur itidem centrum fenestralis in marginibus $\varepsilon\zeta\eta$, erunt eius situs tres, circa ε , ζ , η puncta hi: $\vartheta\kappa\nu\omicron$, $\pi\rho\xi\mu$, et $\iota\lambda\tau\sigma$; vides quòd describat binis angulis binas lineas $\vartheta\iota$, $\lambda\mu$, reliquis duobus et intersecto latere lineam $\omicron\xi$ communem. Huic ergo figurae minimum aliquid deest, quò minus fenestrae perfectae similis sit. Figurae verò lucentis superficiei vestigia perquam exigua sunt.



Econtrario sit dimetiens fenestralis figurae minor, sitque $\alpha\beta\gamma\delta$, et circa idem centrum figura inuersa superficiei lucentis $\varepsilon\zeta\eta$ et manente eodem circumductu gemi¹no, scribentur modo dictae lineae, sola proportionem 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, magiaequae naturalis non minimam partem fecit. Sed experientià 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. Aperiat 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 $\alpha\beta\gamma$

8) Kepler II

conclusionem 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, solum everso 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 ut 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 everso 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 ¹ exprimi 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 clariùs 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 tam arcè, 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 mutant: 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 efficitur 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 nimis¹ 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 tam minutam picturam luce tam maligna illustratam capiant. Contra si laxes foramen, tantò quidem clarior et euidentior, sed et
10 tantò rudior et confusior erit pictura. Itaque moderatum foramen oportet esse. Deinde, si paries à foramine multum distet, pictura quidem distinguetur exquisitiùs, vanescente proportionè 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, profundius 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
20 distantia 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
30 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.*¹ Cum .n. circularis luminaribus figura sit, qua
34 incurrunt in oculos, per sextam igitur patet propositum. Itaque non est
40 verum simpliciter, per angulares fenestras angularem ingressum in pro-

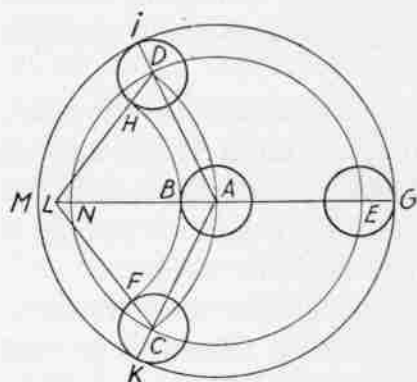
gressu exquisitè rotundum fieri. Defectus .n. in sensum incurrit, si accuratiùs inspicias. Quae falsa persuasio veterum ingenia tantoperè tor-
sit. Porro ex iisdem principiis patet, *si fenestra sit circularis, radium fore
circularem, si quadrangula ampla, radium non planè quadrangulum futurum,
sed obtusorum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

PROPOSITIO IX

*Deficiente Sole deficiet et species illustrati parietis per quaecunque foramen
tàm altè intromissa, ut 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 de-
monstratio. 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 intro-
missâ, cornua non ut 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 corolla-
rium 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 acumina-
tam, et fenestrae rotundam, per corol-
larium verò tertium eiusdem, con-
fusio haec circulo, quatenus circulus,¹

nihil de figurae similitudine detrahat, sed tantummodò promoueat ter-
minos fenestrae D. E. C. A. ut fiat IGK. FBH. sola igitur cornua C.D.
acuminata manent in causâ: circumducta enim secundum circum-
ferentiam 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. Ma-
nente figura priori continuetur DAC. segmentum, eiusque circuli cen-
trum L. connectatur cum C. A. D. Continuatur etiam DEC. segmentum*

29) promoucant

per N. eiusque circuli centrum A. connectatur cum C. E. D. punctis, et producat 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
 10 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 $\gg$ in radio, quàm AD. semidiameter $\odot$ in coelo, ad AL. semidiametrum $\gg$ in coelo. Haec inaequalitas admodum est sensibilis, quia fenestra ferè assumitur satis ampla.

PROPOSITIO XII

Digitus Ecliptici pauciores apparent in radio quàm in coelo. Continuetur enim in schemate priori segmentum IGK. per M. Cum ergo EN. ad
 20 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 ra^1 dii, quàm NA. partis
 30 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*

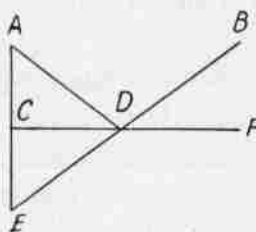
30 **I**n ipso fundamento Catoptrices demonstrationes Opticorum etiamnum caligant, dum à sensu petunt, quod et ipsum demonstrandum erat. Nec nullus error inde trahit originem. Nos in Opticis hisce ob Eclipses et obseruationes stellarum in refractiones inquirimus diligentius: ad refractiones verò nobis 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

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



EVCLIDES Theor. 16. 17. 18. Catoptricarum, 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 10

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.

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 emissionem radiorum visoriorum ex oculo. Nam huc facit, quod EVCLIDES postulato primo visum (Graece *ὄψιν*) definit esse lineam rectam; itaque sumptum passim in specularibus vsurpat. Videtur¹ 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 *ὁψεσι* loquenti videntur adhaerere ex hac Euclideâ 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 auctori 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^lsitum (nihil enim aliud sonant), deinde causam subiuncturus dicit illam esse occultam. At hoc non est demonstrare.

Videtur tamen huc alludere, hanc imaginis in perpendiculari locationem 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 perpendiculararem, patebit ideo et in ipsa perpendiculari consistere.

VITELLIO subiungit ALHAZENI sententiae id, quod impertinens et falsum circa repercussionem supra in EVCLIDE notaueramus. ^l *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 negotium. 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 angustiore angulum repercutit, concaua modicà inclinatione ad coitionem properantes, repercutit in breviorrem 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 magnum¹ angulum. Haec inquam generaliter dicta in sequentibus demonstrationibus ob oculos statuuntur. Nunc ipsam demonstrationem adorno.

DEFINITIO I

Primum ex Catoptrice, in quam ingredimur, definitionem Imaginis desumptam in vestibulo colloco. *Dicunt enim imaginem Optici, cum res ipsa quidem cum suis coloribus et figurae partibus cernitur, sed situ alieno, alicubi et alienis induta quantitibus et partium figurae proportionem 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 quantitibus 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 qualemcumque 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 superficierum vel politis vel mediorum densiorum, vel reperiuntur 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 petatum in confesso sit, visionem legitimam fieri, quando valuae seu pupilla oculi, lucis radio proximè aduenienti opponitur. Inde sequetur, *visum de plaga vnde lux adueniat, per hanc oculi totiusque vultus directionem, ceu adminiculum, certiore reddi.*¹

PROPOSITIO IV

Et iam statim et hoc patet, *necesse esse, vt visus in errore versetur, de plaga mundi seu situ rei statuens, cum species seu radii à rebus dependentes, inque superficiem politam allapsi, reperiuntur ad visum in plagam oppositam.* Cum enim in superiori schemate, B. oculus ad plagam BD. conuertatur, nec possit reperiuntur radii ADB. in D. factum persentiscere, per 2. huius capituli, 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 cum visio sit passio, et passio sit inter contraria, quorum est idem genus, consentaneum est, *quaecumque rerum visibilium affectiones sunt oculo communes ratione eiusdem generis, omnes illas ab oculo quadamtenus percipi, adiuvantibus 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 proportionem 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. ¹ Sufficit igitur ipsa oculi figura rotunda, vt inter principia crassiori Minerua sciamus, *oculum sensum habere angulorum apud se constitutorum*. ⁶² 20

PROPOSITIO VIII

Tertiò cum sint singulis animantibus à natura dati bini oculi, quos inter est aliqua distantia, hoc adminiculo sensus visus rectissimè utitur ad indicandas Visibilium distantias, dummodo sensibilem habeat distantia illa proportionem ad distantiam oculorum. Nam si immanis excessus sit, non aliter distantia illa comprehenditur, quàm quacuis alia, infinitis partibus maior. Est enim hic planè trianguli Geometria, vt infra de parallaxibus copiosius 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 remotà, vt euanescat ad eam comparata binorum oculorum distantia, axes oculorum propemodum paralleli diriguntur. Quò verò res propior erit, hoc magis oculi contorquebuntur. 30

Etsi igitur in Catoptrica non tantum tunc de loco imaginis statuimus, cum binos adhibemus oculos, sed etiam tunc, cum vno solo utimur: haec tamen distantias dignoscendi facultas primum 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 vsitatiore 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 distantia. Proportio enim attinet omnes superficiei visae dimensiones, distantia verò consideratur in lineâ tantùm rectâ,
 10 vnde illic solida pyramis, hîc planum triangulum requiritur.

Nota et Censura

Sequentes propositiones 9. 10. 11. 12. 13. 14. sunt auctarii loco; possetque capitalis demonstratio vel sine iis consistere. Testatur quidem
 63 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

20 *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 proportionem, 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 potius, quàm per aliam altitudinis. Etsi enim oculus intrâ vndiquaque circularis est: extrâ
 30 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 altiore esse (in animalibus quidem perfectissimi visus) eò quòd ad trianguli mensorii, ad planicie 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 incident 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 vtriusque¹ oculi, simul etiam fiat noua aliqua dispositio 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, 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 potius est quàm causa facultatis huius in singulari oculo: cogitandum de interna et genuina causa. Ac vnam quidem iam dedi, quae ferè sufficeret, corrugationem 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 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,

radiis lucidis ex aëre in rotundum densius ingre¹ 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 aëriæ, 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, *sensiet 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 proportionem 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.

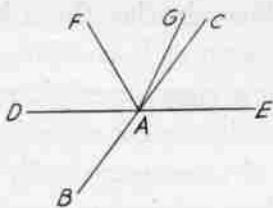
PROPOSITIO XIV

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 passionem 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, non est insensibilis ex hypo¹thesi. 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 $\gamma\delta$,

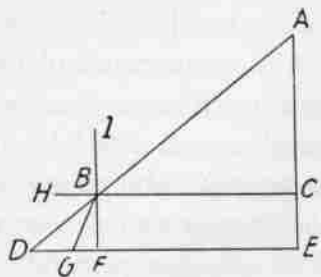
17) contingit. Cùm

et causam tandem inde deriuant, quòd natura agat per lineas breuiore,
 † quod ex EVCLIDE et PTOLEMAEO hauserunt. Atqui haec opera non sunt
 formae consilio vtentis aut finem respicientis, sed materiae suis Geo-
 metricis necessitatibus astrictae. Praeterea et stellarum imagines cer-
 nimus in lacubus iisdem repercussuum legibus, vbi comparatio linearum
 penitus euanescit. Denique si genuina esset demonstratio, sequeretur
 etiam in negotium 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, refractione ad perpen-
 dicularem, 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, quan-
 tum ex illa obscuritate colligi potest.

Cùm enim plagae collocentur in orbem, transeant ergò per A. punc-
 tum repercussus binae rectae BC. DE. in superficie reperiunt, de-
 signantes quatuor plagas. Transeat iam BFGC. superficies repercussus
 20 per alteram harum linearum BC. quae si¹ inclinatur in superficie reperiunt DCEB. in-
 clinabitur 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 perpendicularum 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 simplicius idem patet. Nam quia refractione non
 fit nisi ad perpendicularem, ergò in schemate propositionis 20. primi
 capitis linea CB. quae in superficie densioris HC. à puncto C. inciden-
 tia, perpendicularis ipsi AC. ad punctum re-
 fractionis B. ducitur, parallelus incedet ei,
 quae in quacunque profunditate medij den-
 sioris 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-



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 10 vel reperlus aduenit. Deinde visus et in angulo aberrat. Imaginatur enim sibi, qua inclinatione incedant vsque ad binorum oculorum centra, radij refracti vel reperlus; eâdem inclinatione seu angulo incedere 69 etiam illos, qui à puncto radiante in puncta reperlussum vel refractionum, respondentia oculo, primùm allabantur per 2. et 7. huius tertii capitis. Estque locus imaginis genuinus illud punctum, in quo coeunt producti radii visorii ex vtroque oculo, per sua puncta refractionum vel reperlussum per 8. huius tertii capitis. Atqui cuiuslibet oculi radius visorius (linea lucida ex oculo per punctum reperlussum, vel refractionis in continuum per imaginationem educta) est in eadem super- 20 ficie cum superficie refractionis vel reperlussum, per def. 2. Et cuilibet oculo sua est superficies reperlussum vel refractionis per eandem. Ergò vbi concurrunt radii visorii vtriusque oculi, ibi concurrunt et superficies refractionum vel reperlussum, per oculum quaeque suum trans- eunt. Ergò cùm sit locus imaginis in concursu visoriorum, per definitionem primam, erit in concursu superficierum refractionis vel reperlussum vtriusque oculi. Concurrunt verò illae superficies in puncto visibili, ex definitione 2. Et cùm sint perpendiculares hae ambae refractionis vel reperlussum superficies, super superficiem refringentem vel reperlussum, per 16. huius tertii capitis, seque mutuò secant; erit 30 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 reperlussum superficiem. *Quare rursum omnes rei visae imagines erunt in perpendiculari ex re in superficiem seu refringentem, seu reperlussum: 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

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 reperiuntur 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 10 puncta T. G. sitque locus imaginis in T. continuetur etiam GO. donec secet DL. in V. Eliciantur 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 circum in E. sed etiam idem fieri ipsi DGT. per GV. tangentem circum 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, ablati aequalibus, erunt residui XED. TEL. aequales. Sed aequales TEL. DXE. quia DX. 20 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. 72 ad KT. Et per 1. mutatis vt DK. maior ad DV. minorem, sic KT. minor ad VT. maiorem, quod planè est absurdum. Falsum est itaque, quod 30 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 reperiuntur 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 reflexionis continuata priùs iterum secet circumferentiam GE. quàm cum lineâ CE. ab altero oculo ad alterum reflexionis punctum ductâ concurrat. 40

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.

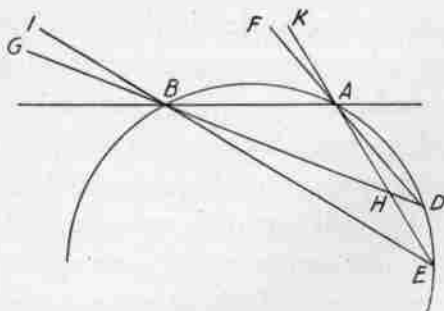
Est autem, vt hoc etiam addam, quicquid huius vnico oculo notari potest, aut insensibile, cùm arcus circuli repressuum, angulum visorium varians, semper sit minor ipsâ pupillâ oculi, ideoque et repressus vtriusque perquam tenuis differentia: aut si bini oculi speculo tantum appropinquent, tantumque inclinentur, vt magnus aliquis arcus inter puncta repressuum 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 valde 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

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. aliquotusque, 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 contrâ. Quare in A. refractionis erit minor, quia EA. minus à perpendiculo declinat; in B. refractionis 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 perpendiculari in BA. Multò igitur plus appropinquat imago ipsius E. ad A. perpendicularem, recedens ab E. puncto, quàm ipsum visibile E. Quod erat demonstrandum. 10 74

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. 20

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 καὶ ὁλοῦ esse: quare et determinatum initio fuit accuratius, vt praedicatum subiecto exaequaretur in latitudine: et ostensi casus, qui ab vniuersali Opticorum regula exciperentur. 30

Vt autem videas, nuspiam non pullulare errores ex ignorantia, vide nunc etiam, quale discrimen sit inter Opticorum et meas conclusiones, super hoc theorema extractas. *Putabant illi luctari imaginem, vt recta via perveniat ad superficiem. Quare etiam in conoidibus speculis exemplo praeerunt (ALHAZEN lib. 5. VITELLIO lib. 7.) perpendicularem ex re in superficiem conoidis speculi ducendi, quod secus 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 40

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 multum refert ad rationes specularias, hinc 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 fuisset 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 MENSURA

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 salè inutile, videre, an quid certi huic rei subsit, vt tantò confidentiùs pronunciare audeamus, an sint in locis omnibus refractiones eadem. 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 diligentius, quàm consueuere Veteres, explicare sunt aggressi. Ac cum 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. Faut 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
 † 10 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 refractionis, quae quidem
 78 in hanc causam conferri posset. Sphaeras enim circulo commit^{ti}, si quidem diuersae sint: refractiones non, vti par erat, per omnem circuli
 20 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 occubitus vsque ad 18°. et 24°. graduum profunditatem comitantur. Conclisit ergo, infringi stellarum radios in ea materia, quae crepusculis praebet occasionem, quam arte Geometrica demonstrant Physici non superare duodecim millia-
 † rium 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
 30 tantoperè praecipitet, residere sanè in vaporibus circa horizontem. Neque sufficere ad discrimina aëris et aetheris confundenda, vt demonstraretur, 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 subito, 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
 40 est sideribus in altitudine 30. graduum. Ita huc concessit, ad metiendos angulos refractionum concurrere profunditatem et conduplicationem

vaporum, ex obliquo sideribus obiectorum, quòd in Progymnasmatism fol. 92. 95. repetit, addita tamen correctione; vbi etiam existimat, nimiam coeli distantiam minutulas refractiones aspectui subtrahi, quod à refractionum negotio paulò est alienius. ROTHMANNVS contrà, ne vapores quidem hoc modo refractionibus fieri causam. Esse enim in perpendiculari 12. miliarium profunditate, in horizonte ex latere duodecuplo profundiores, in altitudine 30. graduum sextuplo. Futurum igitur, vt refractionis angulus 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 10 prope ipsum etiam verticem venturas. Itaque de sua sententia alium tradidit modum, qui vapores causam statuatur 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. Quà verò à latere transitus spatium constitutum superet, omninò frangi. Hoc pacto sperauit se negotio 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. Caeterum, quod inter principia rerum constituendarum 20 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 aethere, et obliterationem densitatis aëriae, sed manifestum et euidentis discrimen, quod si quis supra consisteret, non minùs ipsi in oculos esset incursum, ac iam superficies, quae aërem ab aqua separat, in oculos incurrit. ROTHMANNVS contrà non impegisset in principia optica, feriri à luce superficiem densioris medij, 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) miliarum

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.

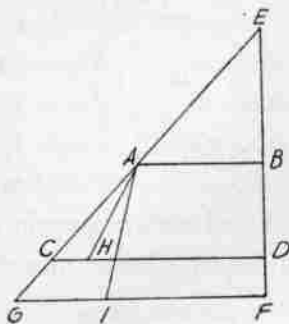
Deinde et hoc certum, si lux perpendiculariter incidat in superficiem; eam non refringi, at tantò euidentius refringi, quantò incidit obliquius. Igitur et incidentia concurrat ad causam, quod supra quoque prop. 20. primi capitis à priori deducere sum conatus.

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 spoliatur. 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 corpulentia 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. ¹

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 refractionio, quod repugnat sensui, et prop. 20. primi capitis. Deinde refractionio horizontalis in



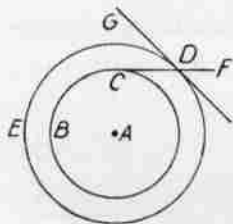
18) à priori

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 experiētiā notum, esse horizontali refractioni certum suum modum in aqua. Circulus enim angulorum mensor seipso finitur, et quatuor rectos amplectitur. Cūque sit refractionis nisus ad perpendicularē, non est maior angulus eius, quae horizonti parallelus est, cum perpendiculari, quā rectus. Non potest igitur ne maxima quidem refractionis medii densissimi esse maior angulo recto.

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

Quartō auctā profunditate medii augebitur refractionis. Continuatur enim EC. in G. Maior igitur fiet proportio AG. ad BD. manentem, quā AC. ad eandem. Maior igitur refractionis in A. manente illā in B. Hinc sequetur, quod vbique ROTHMANNI argumenta redolere videntur, ACG. non esse rectam, sed arcum, quod prop. 22. primi capitis negauimus, et experiētiā facile est refutare. Statue tria puncta in aëre in eadem recta, imple situlam aquā, ordina visum, vt extrema simul comprehendas, medium iterum coincidēt extremis planē, 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 eādē, sed diuersis refractis. Sequi autem id quod dixi, sic patet. Ex A. descendat re' fractus AH. in fundum H. Auctā fundi profunditate ex ea parte, quia simul augetur angulus, descendat ergo ex A. plus refractus AI. Patet manifestē, quod A. H. I. puncta non sint futura in recta. Ac etsi quintō haec opinio videtur cum densitate coniungere incidentiam, tamen re verā separat; quia incidentiam non aliter considerat, quā quatenus auget prolixitatem transitus, quae etiam aliundē, vt modō depressione fundi, augetur.

E contrario tenebitur eiusdem culpa, 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 ergo 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 coincidēt 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



GD. ad certum angulum, differentia incidentiarum est GDC. Ea paulatim minuitur, ita vt in vertice nulla sit, quia à vertice radius ad vtramque

7) parallelus, 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
 10 varietatem densorum mediorum spargi etiam incrementorum diuersas formas. Praeterea si refractiones essent à sola figura, nulla fieret refractio, cùm pellucidi superficies sunt planae; vt in aquam eadem recta
 83 iisdem angulis incidit, quibus in fundum aquae, parallelum ad superficiem. Hic 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
 20 maximam horizontalem constitui à medii densitate, eam paulatim spargi per omnes incidentiarum gradus, vt quanto eleuetur lumen in arcubus circuli, tanta proportionem à maxima decrescant refractiones reliquae, donec in vertice oblitterentur. Hunc modum postea vterque, TYCHO et ROTHMANNVS agnouerunt experientiae repugnare. Nam in tabula VI-
 TELLIONIS prop. 8. lib. 10. etiam in aqua praecipitantur refractiones versus horizontem, nec respondent verticales (vel quasi) horizontalibus, in hac proportionem 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
 30 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 instituentem, 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 sensibilibiter concedunt versus horizontem, estque in horizonte refractio maxima circiter 37° graduum, nihilque hic interuenit, praeter aquae superficiem: multò magis vergent refractiones
 40 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 constitui¹ 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 $\frac{1}{10}$ pars de horizontali refractione deberetur[†] altitudini 60. scilicet $3\frac{2}{5}$. de quibus inclinationi 30°. (quia altitudo ponitur 60°.) 1' minutum deberetur, quod negat BRAHEVS fieri. 10

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

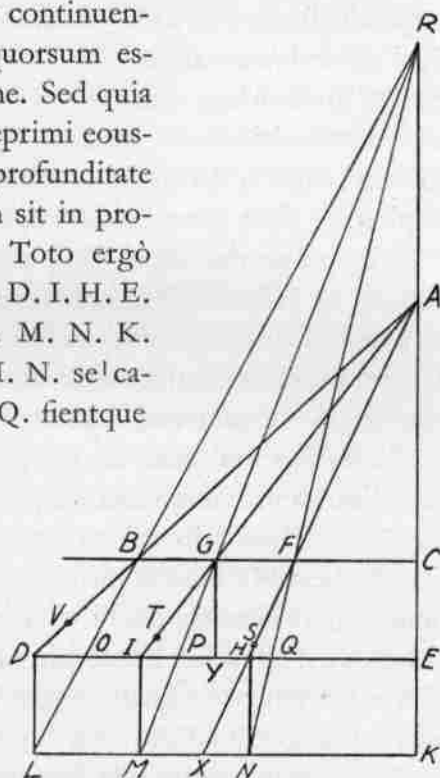
Quo nomine taxatur illa ab ALHAZENO et VITELLIONE allegata causa refractionum. Lux, inquiunt, quaerit compensationem damni ex obliquo inflictu accepti. Quanto enim debilitata fuit à densioris occursu, tanto se recolligit accedendo ad perpendicularum, vt rectiore ictu feriat fundum medii densioris. Ictuum 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 tantum 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 potius quàm ad parallelum, quia fortior sit motus perpendiculari. 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 arbitrato non extranea vi; agendo, non patiendo, sese ipsam infringeret. 20

Si haec ratio vera esset, dimensio refractionum esset expedita.¹ Crescerent enim refractiones cum sinubus distantiarum à vertice, propterea quòd in eadem proportionem 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 cumulat; circa verticem paruo variatur, quod idem et sinubus accidit. 30

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 perpendicularum, ipsi quoque altero sui termino, quo visile contingunt, intelliguntur demergi et sic prolongari. Sit A lux, BC superficies medii densioris, DE fundus.

10 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. descendunt perpendiculariter in L. M. N. K.

20 86 Connexis igitur B. G. F. cum L. M. N. se^labitur 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 vnā rectam, sic et RBL.

30 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

40 sunt, sicut et RAG. GIM. Et tertio 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 experienciâ: nam anguli refractionis versus AC. perpendicularem, vt HFQ fiunt nimis magni respectu horizontalium. 10 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 ¹ calculo seu circino, cuicumque 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 refraction 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. 20

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 vnus ad alterum. Aut concipitur in planiciebus, vt si sit in hac densorum proportionem 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 30 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 proportionem densitatis mediorum. Hos modos omnes coniunxi, quia eundem omnes habent Elenchum.

Nam quacunque ratione linea, planum, vel pyramis EI ad EP. aut abbreviata YI ad YP retineat eandem vbique proportionem, vtpote 40

‡ quae est mediorum, certè EI tangens distantiae puncti A à vertice fiet
 88 in horizontali distantia¹ infinita, reddet igitur et EP. vel YP infinitam.
 Vnde IGP angulus refractionis abolebitur, et approximans horizonti,
 paulatim minor atque minor euadet, quod ab experienciâ refutatur. Nam
 maximus est in horizonte. Nec illae in scenam introductae pyramides
 benè conueniunt cum prop. 7. 8. primi capitis, quia species lucis super-
 ficiei dimensiones habet, non corporis. Denique haec species in ipsa
 superficie densioris refringitur, ab hac passione recto motu fertur, qua-
 litercunque fundus illi occurrat. Sunt igitur fundus et lineae EI. EP et
 10 confictae hae pyramides in refractionis negotio planè accidentaria.

Tandem igitur itum est ad ipsam rei imaginem, cui locum supra
 cap. 3. ex Opticis definiuimus in concursu radii visorii cum catheto in-
 cidentiae. 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. Con-
 currit ergò AGI cum MI catheto in puncto I. Quare ex Opticorum
 definitione I locus erit imaginis. Hanc imaginem primo sic consului:
 20 an semper in IE parallelo ad BC superficiem permanendo, refractionibus
 metiendis praebeat ansam. At hoc falsum ipse sensus oculorum testa-
 batur. Quo enim obliquius inspicias aquam, hoc magis ascendunt ima-
 ‡ gines 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 imagi-
 num) sint in eâdem parallelo ad BC. LK. et DL. IM. HN. EK sint
 perpendiculares, vt hîc quoque ponitur, tunc KC. NF. MG. LB con-
 currere in eodem puncto R. itaque esse vnum ex modis reiectis.

Rursum quaesiui, vtrum à punctis suarum refractionum imagines
 30 aequaliter abessent, minimamque distantiam metiretur ratio densorum.
 Vt si E sit imago, C aquae superficies, K fundus, et CE ad CK. vt me-
 dium 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 experienciâ, 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
 40 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 ἀνάγκασιν, quid visui accidat, ex cuius errore imago resultat.

10

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 20 deceptione visus, quae¹ 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 negotium de nouo repeto; totiesque, vt fit, idipsum, quod tanto ardore quaerebatur, 30 temeraria persuasione pro iam inuento animo complector.

Et hunc quidem Catoptrices nodum Gordio difficiliorem, solà 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

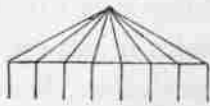
13) aperiebamus

minoris, prout rector 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, tam 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, vltèrius persequi. Optabam enim
 10 tenere mensuram refractionum, quantumuis caecam, dummodo aliquam: certà spe, fore vt mensurà legitimè cognitâ, causa quoque patesceret. Sic ergò perrexi.

Quemadmodum in speculis conuexis minor fit rei imago, sic etiam
 91 in mediis rarioribus: et vt in speculis concauis imago fit maior, 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
 20 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 experienciâ 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
 30 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.

† Accommodabam 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
 40 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.¹

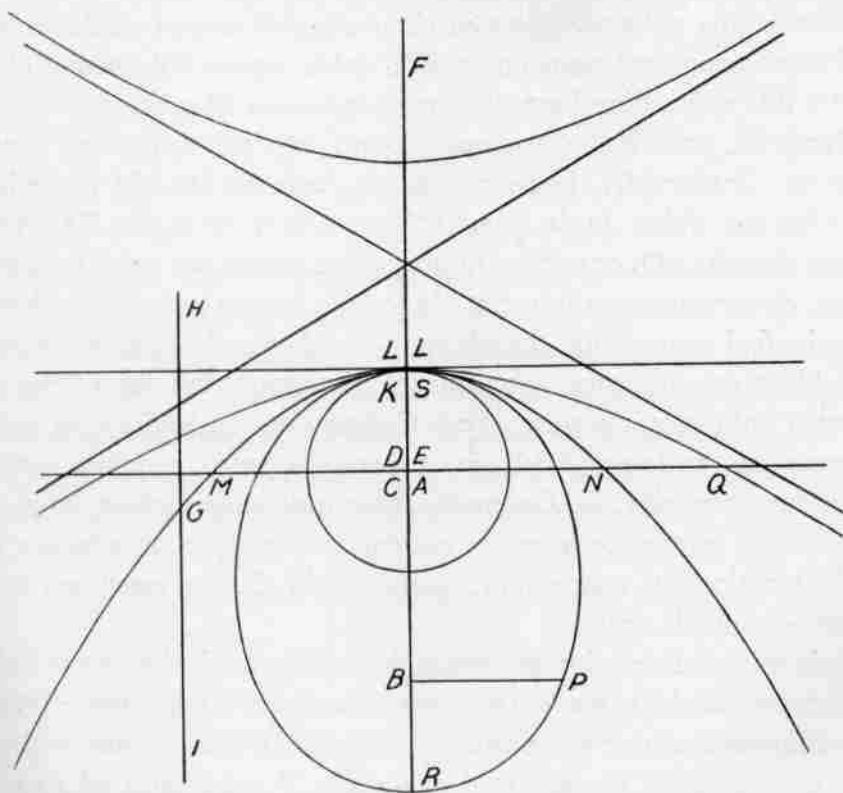
Atqui in sphaerica concaua superficie radii ex centro in superficiem vndique illapsi post repperitum non fiunt paralleli, sed recolliguntur ad suam originem. Circumspiciendum igitur fuit de tali concauo, talique eius puncto diametri, à quo in superficiem egressi omnes reppererentur in meros parallelos. Quod nisi iam praecepissem gustum aliquem conicorum: nunquam eò peruenissem, quò contendebam. Memor autem eram eorum, quae VITELLIO de speculo Parabolico adurente scripserat, lib. 9. prop. 39. 40. 41. 42. 43. 44. Etenim quae APOLLON. lib. 3. prop. 48. et aliquot circumstantibus de Hyperbola et Ellipsi demonstraueat; ea circa Parabolen ommissa 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 educatae axi paralleli. Atque id est, quod quaerebamus. Caeterum quia difficilis est consideratio sectionum, propterea quòd parum teritur, libet aliqua mechanicè, analogicè et populariter de iis disserere: date veniam Geometrae.

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 sectiones in quinque cadunt species. Etenim linea in superficie conii per sectionem constituta aut est recta, aut circulus, aut Parabolae aut Hyperbolae 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, acutissima Parabolae: sic omnium Ellipsium acutissima est Parabolae, obtusissima Circulus. Parabolae 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 enim et ipsa est, sed finitionem ex altera parte affectat, quò magis enim producit, hoc magis fit sibiipsi parallelos, et brachia, vt ita dicam, non vt Hyperbolae expandit, sed contrahit ab infiniti complexu, semper plus quidem complectens, at semper minus appetens: cum Hyperbolae, quò plus actu inter brachia complectitur, hoc plus etiam appetat. Sunt igitur oppositi termini, circulus et recta, illic pura est curuitas, hic pura

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
 10 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.
 20 isque idem qui et centrum: in Ellipsi foci duo sunt B. C. aequaliter à



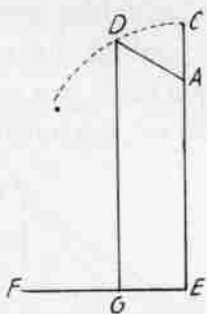
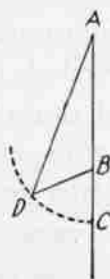
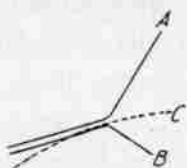
centro figurae remoti et plus in acutiore. In Parabole vnus D est intra sectionem, alter vel extra vel intra sectionem in axe fingendus est infinito interuallo à priore remotus, adeò vt educta HG vel IG ex illo caeco foco in quodcunque punctum sectionis G. sit axi DK parallelos. In Hyperbola focus externus ¹F 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 10 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, coeunt 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 ¹ 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 20 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 demonstraui, sagitta DK praecisè aequat 4 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 proportionem, donec euanescat in recta, vbi foco in lineam ipsam incumbente, altitudo foci seu sagitta euanescit, et simul chorda infinita efficitur, 30 coincidens sc. cum arcu suo, abusiue sic dicto, cum recta linea sit. Oportet enim nobis seruire voces Geometricas analogiae: plurimum namque amo analogias, fidelissimos meos magistros, omnium naturae arcanorum conscios: in Geometria praecipue 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 plurimum me iuuat. Etenim ex 51. et 52. tertii APOLLONII descriptio Hyperboles et Ellipseos efficitur facilima; potestque vel filo perfici. Positis enim focus, et 40 inter eos vertice C. figantur acus in focus 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. Inse-
 96 re 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 Parabolam describi. Tandem analogia monstrauit (et Geometria comprobata) 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 Parabolam placuerit describere. Placeat vsque in E. Acus ergò in A figatur, ab ea sit nexum
 20 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 Parabola.



Dixi haec de sectionibus conicis tantò libentiùs, quòd non tantùm hìc dimensio refractionum id requirebat, sed etiam infra in Anatome
 30 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.

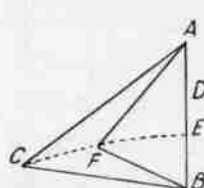
Machinamenta
Optica PORTAE

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

densitatis rationem habere fingitur, vsque ad eam, quae planè nullam habet densitatem: sit verò¹ in antecedentibus demonstratum, dimensionem 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 Parabolae: propterea quòd, vt in densissimo radii post refractionem, sic qui ex foco Parabolae, 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 refractione, pertineat ad situm lucis in ipsa caua superficie seu vertice Parabolae: an verò potius, quia Parabolae 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, hìc 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 causà pro refractionibus aquae, sumatur in inclinatione 80° . refractione 30° . refractus 50° . ex VITELLIONE. Et sit B focus A oppositus: ad punctum B lineam BA. angulus 80° . comparetur, qui sit CBA.

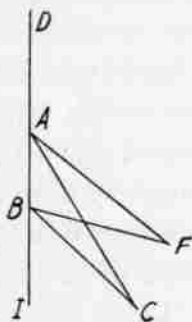


Sic ad punctum A lineam AB angulus refractus 50° . qui sit CAB. et coëant AC. BC. in C. Cùm ergò sit B. 80° . et A. 50° . erit et residuus C. 50° . et AB. BC aequales. Quare si AB sit 100000. erit AC. 128558. Est verò et BC. 100000.

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 Hyperbolae, et D vertex oppositae sectionis. Videamus iam, an reliquarum inclinationum refractiones, à VITELLIONE propositae sequutur sint. Sit EBF. 70° . ad quam inclinationem VITELLIO ponit refractionem $24^\circ 30'$. refractum $45^\circ 30'$. An igitur in hac iam constructa Hyperbole FAB est $45^\circ 30'$? Cùm itaque sit AB 100000. et ABF 70° . et AF superet FB spatio DE. agamus ergò per Falsi, et sit FAB $45^\circ 30'$. Erit AFB $64^\circ 30'$. 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 $44^{\circ}. 29'$. Erit AFB $65^{\circ}. 31'$. quare FB 76993. FA 103254. differentia 26261. debuisset esse 28558. Vides, imminutione anguli FAB per $1^{\circ}. 1'$. 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 refraction ipsa totidem, nempe 3. ferè gradibus augenda, vt fiat $27^{\circ}. 30'$. 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 subito 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, ¹ 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 ² 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, ³ quod ponit VITELLIO, refraction 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 refraction 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. 10
 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° . 20
 quare DK 98481. KC 17365. ¹ et residua EK 26388. Et per 33. primi 100
 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. 30

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 $67^\circ. 50'$. et IOC $22^\circ. 10'$. Cui si adiiciatur aequalis, vel subtrahatur ab OIC $67^\circ. 50'$. restat $45^\circ. 40'$. angulus, quem repercussus facit cum axe, repraesentans refractionem aquae horizontalem.

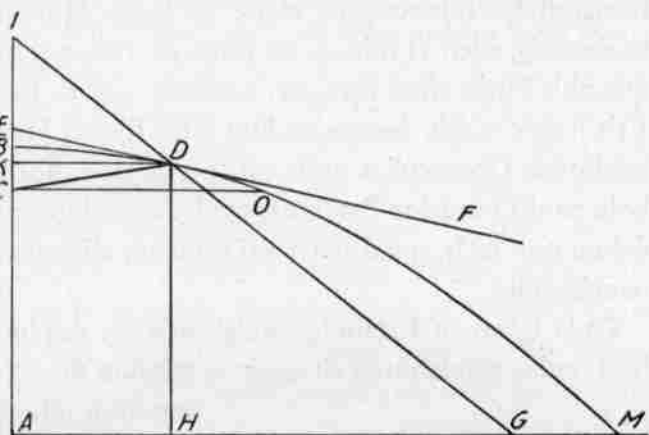
Si iam experiri lubeat caeteras refractiones in VITELLIONE, sic agemus. Primùm facilioris calculi causâ accipiat AM dimensionem rotundam 40

24) AM 183770.

30) sic AG. sit AG.

100000. fietque CB $8314\frac{1}{2}$. Sit iam BCD 70° . ad quam inclinationem
 101 VITELLIO ponit refractionem $24^\circ. 30'$. et refractum $45^\circ. 130'$. qui re-
 praesentetur à CID. Oportet KD tantam assumere, vt cum KC constituat
 angulum KCD 70° . vt ponitur, et simul sit ad AM in proportionem 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
 10 eodem tangente an-
 guli KDC rursum
 minue. Residuum
 erit KD in hac in-
 clinatione 18262.
 Cum autem KD
 semper sit medium
 proportionale inter
 EK et AM. et sit
 qualium AM 100000.



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

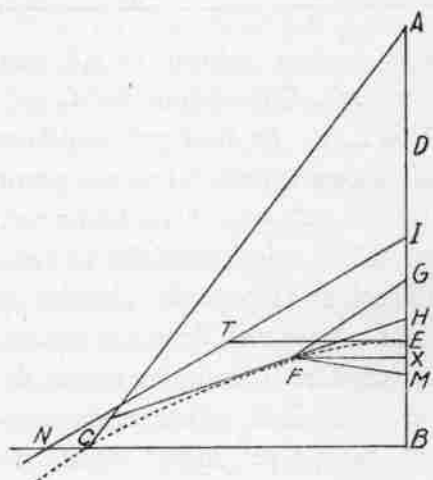
Cùm autem Parabolae sit Hyperbolarum omnium acutissima, facilis
 est nobis reditus cum hac inquisitionis forma ad Hyperbolas. Manebitur
 igitur in foco ipso, tantummodo cùm de densissimo agitur medio, illique
 sola Parabolae quadrabit. Mediis caeteris seruiant Hyperbolae vel El-
 lipses non foco, vt 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 Para-
 bola. Manu ducet autem nos Parabola. In ea enim, si mansissemus in
 40 foco, repercussus creuissent proportionem inclinationum. Iam vbi de-

27) $45^\circ. 40'$. 31) 90° per $15^\circ. 30'$.

scensum infra focum, praecipitati fuerunt percussus circa horizontem. Ex quo datur intelligi, cum nimia fuerit praecipitatio, nimium infra focum descensum. Rursum si mansissemus in foco, percussus horizontis fuisset maximus gr. 90. vbi descendimus, inuenimus 45°. 30'. Ergo si rursum ascendamus supra stationem pristinam, plus habebimus in horizonte, vel in inclinatione gr. 90. plus, inquam, quam 45°. 30'. Plus igitur in gr. 80. quam 30°. Nimium igitur. At Hyperbolae minuunt horizontales percussus, etiam ex foco. Minuunt et praecipitationes horizontis, adeo vt minori proportionem crescant ibi, quam inclinationes, quamuis initio circa verticem crescant maiori. Idem et Ellipses faciunt. Erit itaque nobis descendendum infra focum Hyperbolae. Inquisitionis methodus Geometrica nulla est, periclitanda fortuna, sumenda Hyperbole paulo obtusior Parabolâ, explorandi duo percussus. 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 reperiendae educantur. Educatur MF. vt FMG sit 80°. et quia FGM 50°. et GFM itidem 50°. quae igitur sectionem in F contingit FH. cum bisecet GFM. faciet FHM 75°. Ergo per 50. secundi APOLLONII, quia data est Hyperbole, proportionem EB ad BC. poterit duci contingens HF. faciens cum EB angulum imperatum. Sit enim A focus oppositus, erit AC longior, quam CB. spatio DE axis. At simul potest AC vtramque AB. BC. Ergo DE est 2. quailium AD 1. et EB 1. vel AB 4. et BC 3. et AC 5. Ergo bisecta AB in I. erit I centrum, et concursus Asymptoton, per 1. secundi APOLLONII. Vt autem sciatur angulus Asymptoton, nota quod per 10. secundi APOLLONII, vt DB. BE rectangulum ad BC quadratum, sic DE transuersum latus ad latus rectum. Et contra. Vt autem DE ad latus rectum, ita figura ad quadratum lateris recti. Ergo 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. ergo et quadratum lateris



lium AD 1. et EB 1. vel AB 4. et BC 3. et AC 5. Ergo bisecta AB in I. erit I centrum, et concursus Asymptoton, per 1. secundi APOLLONII. Vt autem sciatur angulus Asymptoton, nota quod per 10. secundi APOLLONII, vt DB. BE rectangulum ad BC quadratum, sic DE transuersum latus ad latus rectum. Et contra. Vt autem DE ad latus rectum, ita figura ad quadratum lateris recti. Ergo 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. ergo et quadratum lateris

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
 10 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.

20 Inuento puncto susceptae Hyperboles, ex quo in superficiem egressa recta, angulum 80°. cum sagitta faciens, in aliam reprecuteretur, 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 1 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
 30 36397. et 31842. iungendi, vt pro quatuor sint tres facti, horum omnium tripla constituentur. 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 $11^{\circ}. 3'$. Sed XFM erat assumptus 20° . compositus ergò HFM $31^{\circ}. 3'$. 10
Est verò GFM duplus ad hunc ex antedictis, quare $62^{\circ}. 6'$. Sed GMF constitutus fuit per hypothesin 70° . Residuus ergò FGM prodit $47^{\circ}. 54'$. At ex VITELLIONIS obseruatis debuit esse $45^{\circ}. 30'$. In Parabola euadebat $49^{\circ}. 18'$. 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. ¹ EM verò 31842. 105
Ascendimus igitur. Atque id prius fieri debere dixeramus. Vbi ergò 20
aliam obtusiorẽ Hyperbolam elegerimus, amplius etiam ascendemus.

Sit ergò Hyperbola obtusior, cuius sagittae ad semichordam proportio, quae est vnus ad quatuor. Erit ergò EB sagitta et ED transversum 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 $44^{\circ}. 58'$. qui prius erat $47^{\circ}. 54'$. Debuit ex VITELLIONE $45^{\circ}. 30'$. 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 30
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 reperiendum, 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- 40

hibent, refractione radiorum in sese demersarum rerum factâ, Hyperbolis repraesentauimus, et repercussibus earum specularibus. Atqui sunt ista toto penè genere diuersa, repercussio et refraction. 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
 10 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 $\alpha\beta$. $\alpha\gamma$. $\alpha\delta$. $\alpha\epsilon$. $\alpha\zeta$. $\alpha\eta$. $\alpha\theta$. $\alpha\iota$. $\alpha\sigma$. vt sit $SA\beta$. 30° . $SA\gamma$. 24° . $30'$. $SA\delta$. 19° . $30'$. $SA\epsilon$. 15° . $SA\zeta$. 11° . $SA\eta$. 7° . $30'$. $SA\theta$. 4° . $30'$. $SA\iota$. 2° . $15'$. quanti sunt anguli refractionum VITELLIONIS. Erigatur verò ipsi AS perpendicularis ex S per ι . θ . et reliqua signa. Et ad signa adiciantur anguli tanti, quanta cuilibet refractionis angulo tribuitur à VITEL-
 20 LIONE altitudo (ipse complementum altitudinis inclinationem ponit) eritque $\alpha\beta\lambda$ 10° . $\alpha\gamma\mu$ 20° . $\alpha\delta\nu$ 30° . $\alpha\epsilon\xi$ 40° . $\alpha\zeta\omicron$ 50° . $\alpha\eta\pi$ 60° . $\alpha\theta\rho$
 + 70° . $\alpha\iota\tau$ 80° . $\alpha\sigma\chi$ 90° . Oportet dicere, qualis sit superficies, in quam hae radiationes hoc situ ex α prodeuntes sic incident, vti in $\beta\lambda$. $\mu\gamma$. etc. lineas hîc incident: 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
 30 angulo, si sic incident, vt dictum, quod VITELLIONIS experientia nobis hypothesis loco proponit. Quòd si ergò superficiem quaesitam tangit $S\beta$ in S. illa verò radiationi $A\iota$. debet occurrere in obliquitate $\tau\iota$. debet ergò flecti ab S infra ι in ν . et $\alpha\iota$ producta, vltra ι in illam incidet, puta in ν . tanget verò in ν puncto incidentiae, aliqua parallelos ipsi $\tau\iota$. 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 ν , secat $S\iota$ tangentem loco intermedio inter S et ι . Producat, donec secet et $\alpha\theta$. infra θ . Rursum ergò, quia superficies quaesita occurrere debet ipsi $A\theta$ in obliquitate lineae $\rho\theta$. et tangitur à
 40 parallelo ipsi $\tau\iota$. in ν . debet ergò infra sectionem ad θ transire, et quae illam in loco concursus, scilicet in φ tangit, aequidistans ipsi $\rho\theta$. trans-

Angulus λ est 40° . μ . 44° . $30'$. ν . 49° . $30'$. ξ . 55° . 0 . 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
 $\alpha\beta\lambda$ 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, quae-
 que in inclinatiorem tangentem incidens; et tangentes, quò obliquiùs
 et minori angulo cum radiationibus et superficie concurrant, hoc di-
 stantioribus punctis tangant (vt longiùs distant BD. quàm DF). Ergò
 10 infinita erit superficies, incipiens scilicet à quantitate $\sigma\nu$. eaque maiores
 $\upsilon\varphi$ 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), aequi-
 distat. Porro 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
 20 $\tau\nu$. 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 co-
 109 gnatis superficiebus paulùm¹ ab Hyperbola deflectentibus insunt, theo-
 rema 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. perpendicu-
 lares in AS cadant BH. DI. FK. ordinatim applicatae, et ipsi $\beta\lambda$ aequi-
 distans ducatur BC. sic ipsi $\gamma\mu$ aequidistans DE. et ipsi $\delta\nu$ aequidistans
 30 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, Hy-
 perbole 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,
 40 vt HBH (quae breuitatis causâ notatio quadrati HB esto) ad IDI. et KFK.

Machinamenta
optica per Cry-
stallos.

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, 10 scito te in Mechanica magni quid consecutum.

6. Causae quantitatis Refractionum

Enimuerò Lector, sat iam diu te meque suspensum tenui, dum¹ men- 110 suras quidem variarum refractionum vno fasciculo colligare nitor, causam tamen in mensura hac non inesse agnosco. Nam quid refractionibus, quas in planis superficiebus mediorum pellucidorum primitus constituimus, commune cum sectionibus conicis mixtilineis? Quare, quod Deus benè vertat, iam etiam de causis huius mensurae satagemus. Etsi enim à scopo forsitan etiamnum nonnihil aberrabimus: praestat tamen collimando nostram demonstrare industriam, quàm negligendo supini- 20 tatem. 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 suscepit, vt legitimam demonstrationem probet. Ergò tentanda mihi alia demonstratio: quae sic habet. Nisi enim 30 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.

PROPOSITIO IV

Lucis tenuis, et lucis densioris nulla est differentia refractionis, caeteris paribus. Nam si, quae tenuior, plus vinceretur à medio densiori, refractionis esset affectus non motus, sed ipsius lucis causâ suae essentiae. At refractionis 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 vel¹ remotione, cum omnis omninò motus lucis sit celerrimus, et planè momentaneus. Ergò refractionis 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, cum 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 eadem incidentiâ, AB. diuersae contingerent refractiones ab eodem medio, pro accessu vel recessu ipsius A in linea AB. Id autem experientiae repugnat. Omnium enim luminum tam 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 refractionis Lunae stellae coniunctam repraesentabit, si citra refractionem disiunctae fuerint appariturae.

PROPOSITIO V

Refractiones crescunt circa horizontem praecipitatis incrementorum proportionibus. Quia enim duae causae solae concurrunt, tertia (per¹ praemissam) nulla est. Ergò altera causa est inclinationibus proportionalis,

28) Rothomannus

37) praecipitatis

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 subito crescunt. Ergò et BM. At in BM ad ML proportionem vel quasi, diximus, refractiones crescere, praeterquam quòd proportionaliter crescunt ipsis inclinationibus. Crescunt igitur et refractiones subito.

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. Praeterea, etsi tantum rectus integer, (non plus) per secantem infinitam constitueretur, vnicus radius ex aquae vel cuiuscunque medii profundo perpendicularis in vnicum superficiem 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 superficiem 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 cau¹ 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 refractionis, per praemissam, parum etiam adimitur quadranti pro vltimis secantibus quaerendis, quando iam vehementer crescunt. Contrà vbi magna densitas, magna est horizontalis refractionis, et multum demitur quadranti pro excerptis vltimarum refractionum secantibus. Illic igitur vltimae refractiones in magna crescunt proportione, hic in minori. Denique si maxima refractionis 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. Ita-
que tardè et circa finem demum incipiet sentiri. 10

PROPOSITIO VIII

Problema I. *Ex cognita cuiuscunque inclinationis refractione composita, +
venari refractionis elementa, et refractiones inclinationum caeterarum composi-
tas seu integras.* Sit medium aqua, inclinatio 80° . Refractio ex VITELLIONE
 30° . Hanc assumam, vt grandiore minusque in experientia fallacem.
Ergò, qui sub aqua est, is 50° gradibus inclinatur ad perpendicularum,
cuius anguli secans 155572. Vt hic ad secantem anguli o. id est, ad sinum
rectum, sic refractionis composita 30° . ad refractionem proportionalem
inclinationis 80° . Nam demonstratum hoc est in superioribus. Ergò re- 20
fractionis simplex seu proportionalis inclinationis 80° . est $19^\circ. 17'$. cui
 $10^\circ. 43'$. accedit, propterea quòd medium refracto sub aqua densius oc-
currit, quàm directo in proportione, quae est 155572 ad 100000. Habitâ
refractionis simplici inclinationis Gr. 80. fiat distributio in inclinationes
caeteras, quia simplex refractionis est inclinationibus proportionalis, an-
gulus angulis. Deinde quaelibet multiplicetur in secantem refracti non-
dum plenè cogniti. Totiesque iteretur inquisitio secantis, donec nulla
sit residua discrepantia. Per Cossam id fieret, si etiam à rectis ad curvas +
esset ¹ transitus in cossicis denominationibus. Exempli causâ. Inclina- 117
tionis 50° radii per aërem ingressi ex distributione refractionis simplicis 30
obuenerunt pro simplici refractione gradus $12^\circ. 4'$. At haec nondum est
totalis refractionis. Agam tamen ac si esset totalis, et subtraham à 50° .
restant $37^\circ. 56'$. cuius secans 126787. seu excessus super sinum totum
26787 multiplicatus in $12^\circ. 4'$. et diuisus per sinum totum ostendit $3^\circ.$
 $14'$. pro parte refractionis, quae est ex secantibus, quae prius itidem
erat subtrahenda à 50° . Subtrahatur igitur à iam diminuto $37^\circ. 56'$. Re-
linquuntur $34^\circ. 42'$. Cuius secantis excessus super sinum totum est
21633. qui multiplicatus in $12^\circ. 4'$. ostendit $2^\circ. 37'$. nimium ergò prius

23) proportione, qua

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

Distantia radiantis à vertice, in medio raro	Pars refractionis proportionalis inclinacionibus		Additamentum ob secantes		Tota demon- stratiua refractionis		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. +
20 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.		1

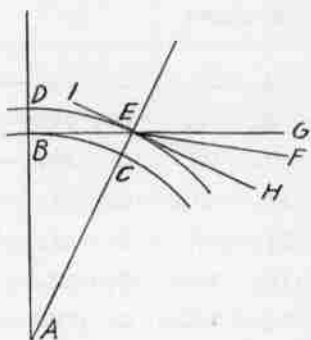
116 Neque te moueat tantilla discrepantia, credas mihi, infra tantam subtilitatem, experientiam in hac minus apta materia non descendere. Vides inaequalitatem inesse magnam differentiis mearum et Vitellianarum. Meae verò refractiones ex aequalitate et ordine profectae sunt. Ergò in VITELLIONIS refractionibus culpa haeret. Id tantò magis credes, si ad incrementorum incrementa in VITELLIONE respexeris. Surgunt enim
30 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 tam 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 aëriæ superficiei EC. quae refractionem affert, statim 10 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 proportionem BA. daretur EA. et BA. et EBA. quare et EAB. ideoque et GEH huic aequalis, et GEF refractione sublata, 117 restaret FEH inclinatio FE irrefracti super 20 tangentem EH. Atqui nescitur EC altitudo aëris refractionem facientis. Nam quod Op-

Crepusculorum
materia.

tici demonstrant altitudinem crepusculorum materiae aequare 12 miliaria, 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, illu- 30 minabuntur (cùm sint materiati) ad crepusculorum claritatem, refractionem verò nullam efficient. Nam fumis per pr. 11 primi capituli, pellucidi definitio non competit, quare neque refractione.

His circumuenti difficultatibus, aditus tentemus, non quos lubet, 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 40 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 sensibiler
 10 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 refractione, proportionalis angulis est 43" secunda.
 118 Vni ergò gradui respondent 43'''¹ 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 nu-
 merus 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 refractione proportionalis 1'. 0".
 20 23''' . 28''' . Secans est decuplum radii. Ergò refractione 10'. 3". Debuit
 26'. Sit ergò 87°. 8'. multiplica 1'. 27°. 8'. per 43''' . prodit simplex 1'. 3".
 Secans est vigecuplum. Ergò refractione 20'. Debuit esse 26'. Sit rursum
 87°. 48'. multiplica 1'. 27°. 48'. per 43''' . prodit simplex refractione 1'. 3".
 Secans est vigesimum sextuplum. Ergò refractione 27'. 20". Debuit 26'.
 Ergò in aëre radius is inclinatur refractè per 87°. 47'.

Hic si vtraque refractione rectè haberet, scopum iam tetigissemus. At
 quia refractione tam parua 1'. 25". qualem ex TYCHONE asciuius, in alt.
 30°. facilimè errorem obseruationis admittit, per se non quidem ma-
 gnum, sed postmodum in multiplicatione intolerabilem; videndum igitur
 30 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 refractione est 63". Ergò tota refractione
 prodit 30'. 5". debuit ex inclinatione TYCHONIS esse 34'. Etsi igitur non
 planè scopum tetigimus hac vice, lux tamen est nobis aperta, vt dis-
 cernere 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 refractionis gradus 89° . Ergò simplex refractionis, quam ex altitudine 30° . deriuauimus, est minuenda.

In summa igitur, notandum, quod ab 89° in 90° proportionalis refractionis futura est perexigua in differentia, quia dum incli¹natio in terra 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 refractionis tam exilis ad sensum eadem. Et est illa multiplicanda in secantes duos, vt alter efficiat 26. alter 34. At cum aequemultiplicium 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 $88^\circ. 54'$. in $89^\circ. 10'$. per 15. vel 16. minuta. Vide iam an inclinationes in aëre, respondententes inclinationibus in terra $90^\circ. 89^\circ$. distent 16 minutis. Si BAE sit $0^\circ. 50'$. erit AE 10001058. vbi B rectus. At si EBA 91° . erit vt EA ad EBA. sic BA ad BEA. prodit $88^\circ. 45'$. BEA. prius $89^\circ. 10'$. differentia $25'$. Distant 25 minutis, et secans $88^\circ. 45'$. iam minorem exhibet refractionem in gr. 89° . quàm $26'$. Ergò iam metam transiuimus. Veritas est inter secantes 88° . et $89^\circ. 10'$. pro refractione $34'$. item inter $87^\circ. 47'$. et $88^\circ. 45'$. pro refractione $26'$.

Tentabo 89° . aëris, respondentem 90° . terrae. Ergò BAE 1° . AE 10001524. vt hoc ad 9998477. sic 10000000 ad sinum BEA. Prodit BEA $88^\circ. 35'$. Secantes illic 573. etc. Hic $404\frac{1}{2}$. Si 34 dat 573. quid 26. prodit 438. debuit $404\frac{1}{2}$. Propius accessimus, sed tamen secantes, vt vides, etiamnum sunt nimis praecipites.

Descendemus per alia $10'$ minuta, vt sit BAE. $1^\circ. 10'$. Erit AE. 10002074. vt hoc ad 9998477. sic totus sinus ad sinum BEA. $88^\circ. 28'$. Est autem secans complementi anguli BAE. $49\frac{1}{10}$. Secans BEA. $37\frac{1}{2}$. Proportio 34 ad 26. requirebat vt esset $37\frac{1}{2}$. Ergò quàm proximè venimus, et tamen absumus nonnihil, quod descensu per alia 5 minuta 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) perexigua 21/22) DE 10001524. 23) Hoc 34) 25 prima 38) $1'. 26''$.

refractionibus 26'. 34'. in altitudine 1°. 0°. satisfacit differentia angulo-
 120 rum 1°. 15'. Videndum an refractio 8'. quam TYCHO¹ ponit ad altitu-
 dinem gr. 14°. hac ex hypothese 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 89½ factâ, venit vni gradui 30". Sit
 iam BAE. 1°. 15'. Ergò AE 10002381. Rursum sit EBA. 104°. Com-
 plement. 76°. prodit BEA. 75°. 57'. Cui respondere debet refractio
 10 8'. vt sit irrefracti inclinatio in aëre 76°. 5'. Huius et 89°. 19'. diffe-
 rentia est 13°. 14'. quibus refractio simplex 6". 38". respondet, au-
 ferenda 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 proportio-
 nalis refractionis.

Tentabimus verò et priorem hypothesein pro refractione ad 14°. altitu-
 dinis. 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" se-
 cunda. 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. In-
 esse 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 re-
 fractiones, et fit quidem altitudinis variatio in hoc negotio sensi-
 bilis. Nam perquam humilis est superficies aëris refractiones efficiens.
 Deinde respice ad TYCHONIS differentias refractionum, statim ex iis
 121 ap¹ paret inaequale quippiam, quod in nullo ordinato locum habere
 potest, siue circuli seu cuiuscunque alterius rei ordinatae naturam
 imitetur. Ecce

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

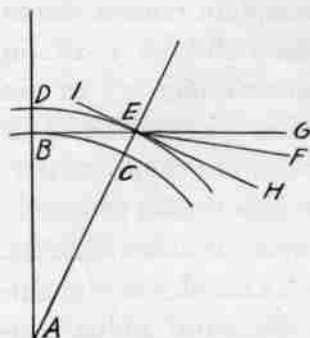
10/12 9.0 0.45
8.25 0.30
6.45

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^l 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 alti-
 tudinis poli Huennensis. Declinatio obseruata quadranti addita con-
 stituit 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 de-
 clinatio 18°. 45'. 10''. et ante dimidiam horam tantummodo 20'' secun-
 dis maior. Addendum verò est aliquid his declinationibus propter Solis
 parallaxin, quae est in altitudine tam parua 3' primorum: vt appareat,
 quanta fuerint futurae declinationes Solis, si aër refractionem nullam
 fecisset. Totius operationis vide tabellam sequentem.

Series obser- uationis in alti- tudine	Declinatio obseruata	Parallaxis declina- tionis	Declinatio sine parallaxi	Declinatio vera	Refractio decli- nationis	Ad com- plendam refrac- tionem alti- tudinis	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, me-
 thodo 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^lctionem hic inuenimus 31'.
 10''. Respondeat verò in aëre BEA 87°. 30'. vt subtracto GEF. 31'. 10''. à

GEH. $2^{\circ}. 30'$. relinquatur FEH $1^{\circ}. 58'. 50''$. vel eius complementum $88^{\circ}. 1'. 10''$. Secans $87^{\circ}. 30'$. est 2292558. per hunc diuide $31'. 10''$. vel



1870''. prodit $81\frac{1}{2}''$. Haec portio in 88° diuisa constituit vnus gradus refractionem simplicem $55\frac{1}{2}'''$. Et quia vt BEA ad BA. sic EBA ad EA. ideò fit EA 10009000. Sit iam EBA $3^{\circ}. 50'$. supra 90° . in qua altitudine refractionem hic inuenimus $14'. 22''$. Vt igitur EA ad EBA. sic BA ad BEA. qui fit $86^{\circ}. 59'$.: differens dimidio [†] gradu à priori, quare inclinatio FE erit $87^{\circ}. 14'$. 10 tribus quartis minor priore, quibus $42'''$ de

simplici refractione competunt. Relinquitur igitur simplex $1'. 22''$. Secans verò $86^{\circ}. 59'$. multiplicat nouies decies hanc summulam. Nimiam igitur efficiet refractionem, et est secantium proportio nimium vicina. Pergendum erit versus horizontem. Falsa ergò positio BEA $87^{\circ}. 30'$.

Ergò cùm est EBA $35'$ supra 90° . sit BEA 89° . vt fiat inclinatio FE $89^{\circ}. 31'. 10''$. Secans igitur arcus 89° . scil. 5729871. si fit 100000. quid $31'. 10''$. vel $1870''$? Prodit simplex refractione $32\frac{1}{2}'''$. vnus gradus $22'''$. Hinc EA fit 10001005. Sit iam EBA. $3^{\circ}. 50'$. supra 90° . fiet BEA. $86^{\circ}. 5'$. et FEA. $86^{\circ}. 20'$. differens à priore $2^{\circ}. 40'$. totiesque $22'''$ ablati à $32\frac{1}{2}'''$ 20 relinquunt $31\frac{1}{2}'''$. Secans verò $86^{\circ}. 5'$. est 1464011. multiplicatus in $31\frac{1}{2}'''$. 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 refractione diuisa in $88\frac{1}{2}$. producit 44 simplicem. Et vbi EBA $93^{\circ}. 50'$. fiet BEA $85^{\circ}. 43'$. irrefractè 86° . prius $88\frac{1}{2}^{\circ}$. ergò $44'''$ bis et semis aufer à $65''$. sc. $1''. 50'''$. relinquuntur $63''. 10'''$. Secans verò $85^{\circ}. 43'$. multiplicat radium $13\frac{39}{100}$ ies, ergò fit refractione $14'. 49''$. Ergò per positionem 88° . scopum tetigimus sufficienter. Exploretur refractione simplex, quando inclinatio in aëre est 90° . Addendum erit ad $1'. 5''$. 30 simplicem gr. $88\frac{1}{2}$. circiter 1. pro $1\frac{1}{2}$ gradibus, vt fiat $1'. 6''$. Hinc facile deriuantur simplices refractiones ad omnes gradus aëris. ¹

3) $82\frac{1}{2}'''$.
22) $31\frac{1}{20}''$

5) $56\frac{1}{2}'''$.
7. $40'$

9) In $86^{\circ}. 59'$. Rechenfehler.

14) secantum

125	In aethere libero- rum in- clinatio	Sim- plex re- fractio	Com- posita	In aethere libero- rum in- clinatio	Simplex refractio	Composita	In aëre refractorum inclinatio	In terra refrac- torum 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
10	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
20	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. 13	67. 57. 45	68. 3	4.
30	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.
40	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.
50						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. 1	

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.

Sit in gr. 60° tota refractionis $1'. 28''$. subtrahe à 61° . restant $60^\circ. 58'. 32''$. 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 $61^\circ. 58'. 29''$. cuius secans 21 etc., is in $45''$ refractionem gradus 62° ductus, relinquit refractionem $1'. 35''$. pro gradu 62° . Rursum sit in 84° . refractionis $9'. 43''$. 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 $110\frac{1}{2}$ 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 Tyconicas 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
Excusatio. 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 negotium, 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 negotium 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

In Tyconomastigas.

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
 10 persuadet inuenisse. Desinant igitur interim, aliorum silentio, suâ nempe obscuritate sese iactare.

PROPOSITIO X

Problema III. *Ex Refractionum quantitate inuestigare proportionem mediorum ad inuicem, puta aëris ad aquam, causâ densitatis suae.* Propositione 6. huius capituli 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. Comparantur itaque simplices refractiones earundem inclinationum: ne imponat diuersus medii vtriusque
 20 situs ad incidentem eundem radium. Vt prop. 8. huius capituli in inclinatione 80° . simplex radii refractione ex aëre in aquam est $19^\circ. 17'$. In eadem inclinatione 80° prop. 9. huius capituli simplex radii refractione ex aethere in aërem est $59''$. Igitur ex aethere in aquam esset refractione
 128 simplex $19^\circ. 18'$. Proportio itaque eadem, quae Vni^l tatis ad $1177\frac{2}{3}$. 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,
 30 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 aequepondera-
 + tura 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

Pluuiae vnde.

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.

Aër naturâ frigidus et ponderosus.

Non ignoro, ne credas, me Physicorum reprehensionem incursum, 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.

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 fuère 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 milliari Germanici, non maior.

Hic 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) sphaerae

ROTHMANNVS et PENA, à terra ad coelum nihil esse nisi aërem, excepto pauculo vapore. TYCHO vnà cum illis ignem Aristotelicum eliminavit, vapores circa terram diuersos ab aëre agnouit: sed aërem ad confinia Lunae prorogavit, 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 inculcatae, 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 infra. 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 refractionis 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.

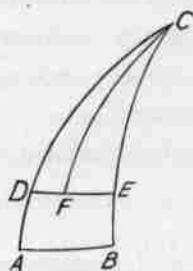
Iam prop. 51. quòd distantiae stellarum in Zenith capitis minores iusto videantur, verum quidem est, sed quicquid huius est, insensibile est. Nam et refractiones in vertice per 9. huius capitis sunt insensibiles.

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 acquè vicinarum horizonti sunt insensibili minores iusto.

horizontis, C vertex, CA. CB. quadrantes, et videatur A per refractionem in D. B verò in E. sic¹ 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 observatio infida efficiatur. Demissa igitur perpendiculari CF. erit CFE rectus, FCE 45°. 10

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 capituli: illos igitur ad hanc propositionem ablego. 20

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 firmitus, quàm haec ipsa VITELLIONIS propositio. Sit vt margo Solis inferior horizontem stringat, eius refractionis erit 34'. superioris verò, vt qui altitudinem habet dimidii gradus, refractionis erit 29'. Itaque pro 30' diametro Solis videbitur quantitas 25' minorum, transversa verò seu horizonti parallelus erit 30'. Semidiameter altitudinis 12½. in hanc visus¹ directus, praeterquam quod à toto corpore aberrat, aberrabit etiam à centro corporis refractè visi per 2½ minuta. 30

In Tychonomastigas refractiones negantes.

An refractionis diametros siderum maiores exhibeat?

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

ficiebus hinc inde terminatum, quarum altera stellae, altera visui nostro obiiatur 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 negotium 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 inspicitur. Hic verò planè contrarium accidit ei casui, qui existit, proiecto in aquam denario. Denarium enim in densiori medio versantem, inspicias 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 negotio, 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.

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

Caeterùm, vt hic etiam meam sententiam aperiā, videtur illa à VITELLIONE ex CLEOMEDE allegata causa (quamuis illam infrā adhibiturus sum in demonstrando alio phaenomeno) parū 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. planè¹ affirmat, Euro flante
133 maiora videri omnia. Cū itaque tam crebrò hoc accidat, non equidem
30 existere poterit ex fortuito vaporis obiectu, nos inter et stellas. Praeterea 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 quā 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
40 humore graues non pendent, sed guttatim decidunt) non mirum est

Quare interdum stellarum lumina solito maiora.

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 distantis. 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 visiorum 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.

Sidera circa hori-
zontem cur maiora
videantur.

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 ¹ minora efficit, quae sunt horizonti propinqua; sed nocet aestimationi quantitatis, et decipit hanc visus facultatem, vt rem sibi maiorem imagnetur, 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 vnus 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 observatio, quae fit per instrumenta, vitium nullum contrahit. Hoc solùm praestat, vt cùm legimus, antiquos non instrumentis, sed aestimatione distantiarum suas observationes 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.

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

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
 137 10 ex mari, et mediterranea, quae sunt ¹ proxima fluuiorum originibus, ob altitudinem supra littora marina, quae decursum irritat fluminum, respondent quadamtenus breuibz in mari. Vnde vulgata opinio, salubriorem esse in Alpibus aërem, quòd sit tenuior et defecatio, 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 spaciî libramento, in aqueductibus. Dubium non est, quin pernicioza futura sit nauigationibus
 20 altitudo tanta. Itaque si Albis anfractibus centum tribuas milliaria, multò minus dimidio milliari cedit 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 Sueviae, quàm Norici fastigium. Ita efficietur, vt Vogesus et continuae Rhetiae alpes ferè superent altitudinem aëris, qui refractiones efficit. Quod confirmant perpetuae nives; designant enim cacuminum illorum nuditatem à vapido aëre. Quare neque ibi refractiones erunt vllae vt plurimum.* At si tempestates ingruant, et subiti ex vicinis montibus existant vapores; priusquam illi defluant, et sese in aequalitatem sphaerae aëriae didant, consentaneum
 30 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.
 40 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 Da¹nia obseruauit fol. 29. et 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 eleuator 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 subito 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 horizon¹ tem 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 dimidiis extat, si montes abessent, totus extaret. Maior igitur integro gradu fuit refractionis vnus sideris. Est autem illa Sueviae pars non multum 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 Sueviae
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 Progymnasmatibus fol. 79. et 280. Et tomo 1. Epistolarum fol. 64. requirit aërem admodum purum et serenum, quando periculum refractionum facit. Itaque in Observationibus 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 refractionis, 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 ¹ altior. Nam fol. 64. Epistolarum libri 1. apparet, et in Progym. fol. 93. apertè praecipitur, tunc potissimum obseruandas refractiones, cum 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 pernociem 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, cum ROTHMANNVS fol. 122. Epistolarum Tychonicarum affirmet à se saepiùs, cum in medio staret obseruatorii calefacti, visas esse stellas refractè per vaporem hypocausti?

Fixarum refractiones
cur minores?

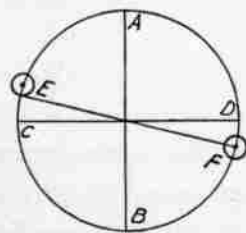
Itaque vt hunc locum concludam, certum hoc sit, diuersis locis et temporibus diuersas esse refractiones, et insolitis insolitas. Vt si ingens sit loci altitudo, refractionis nulla erit; si praecipua resolutio vaporum, prodigiosa erit refractionis. Sin loca et tempora mediocriter se habuerint, refractiones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

9. *De observatione Hollandorum in alto Septentrione*

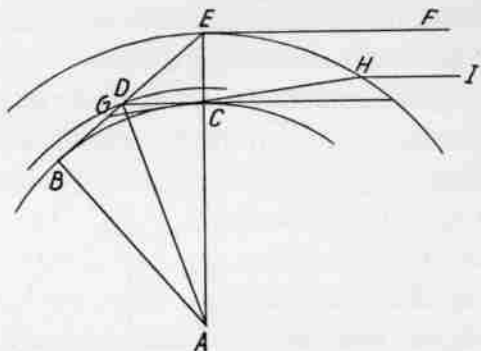
Tritum est omnium manibus itinerarium Batauorum, seu descriptio +
 nauigationis per Oceanum septentrionalem in desertas regiones, Noua
 Zembla dictas: ad quaerendum fretum, quo in Oceanum Scythicum et
 orientalem esset transitus. Quo libello inter alia memorabilia et hoc re-
 ferunt, cùm haerentes in 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 prin-
 cipiis, non rediturum Solem ante 11 Februarii Anni 1597. factum tamen,
 vt 24 Ianuarii, septendecim diebus ante legitimum tempus, Solem rur- 10
 sum 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^l glecta fuisse ab ipsis dierum 139
 noctiumque iusta spatia ob continuas tenebras. Vt autem omnis dubi-
 tatio tollatur, die 27 Ianuarii totum Solem extare viderunt. Ergò 25 Ia-
 nuarii centrum fuit ortum. Eius rei admiratione capti multi multos pas-
 sim consulere Mathematicos, quorum alii aliud, ego hoc respondi: +
 cùm fide digna videatur Batauorum narratio, causam non omnem con-
 iiciendam suspicionibus in errorem nautarum, circa altitudinem poli in-
 uestigandam, quod alii faciebant. Nam si hoc nautis adimas, vt intra 20
 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 ipso-
 rum 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 $\odot$ in $11^{\circ} . 37' . \text{III}$. cùm non totum vide-
 runt, die 3. in $12^{\circ} . 38' . \text{III}$. vbi vix summum marginem conspexêre. Ergò
 centrum occidit in $12^{\circ} . 7' . \text{III}$. cuius declinatio $15^{\circ} . 27'$. quanta est etiam
 Soli, cùm ingreditur per $17^{\circ} . 53' . \text{III}$ die 6 Februarii, non cùm $\odot$ in $5^{\circ} . 30$
 $28' . \text{III}$. 25. Ianuarii. At neque natabat in Oceano locus seu littus illud,
 in quo glaciei vinculis captiui tenebantur (vt BODINI discipulis hic re-
 spondeam), vt per sexaginta miliaria à septentrione in austrum per
 illam trimestrem noctem transucti esse possint. Nam paulò post re-
 petita poli, adeoque et Solis altitudo, rursum prioribus obseruationibus
 proximè respondebat. Et remeantes idem iter peragrarunt, quod exe-
 untes confecerant. Relinquitur igitur, vt sola refractio culpam huius
 phaenomeni sustineat. Vt autem verisimilis esset tàm prodigiosa re-
 fractio, tot graduum, iussi primùm intueri in haec modò allegata exem-
 pla Tubingae et Hassiae, vbi refractionem horizontalem maiorem, illic 40

Quod etnuperrimè
 MIVERIVS sensit,
 libello in CHRIST-
 MANNVM scripto.

vno, hic duobus gradibus notauere authores fide digni. Nam etsi locus Batauorum fuit maritimus, vbi secundum naturam humoris propemodum eadem altitudo aëris, quae et in Dania: potuit tamen altera causarum, densitas nempe illius aëris, ¹ adiuuare refractiones. Quod si verum est, in tenebris condensari aërem, luce extenuari: tenebrae quidem iis locis pro tanta refractione sat diuturnae fuere, trium circiter mensium. Addidi et aliud experimentum, de nebularum Gronlandiae guttis, incredibilis planè magnitudinis, vt testatum reliquit nescio quis. His in praesentia priusquam aliquid adiungam, primum examinetur ipsorum
 10 altitudo poli. Sit EF Horizon, CD aequator, cuius poli A. B. die $2\frac{1}{2}$ Nouembris Sol in F. cum declinatione DF $15^{\circ}.27'$. 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 $9^{\circ}.20'.8$ cum declinatione $14^{\circ}.39'$. quae est CE. subtrahe $15'$. semidiametrum. Ergò in declinatione $14^{\circ}.24'$. centrum Solis in horizonte esse potuit. Est igitur AE $75^{\circ}.36'$. et DF $15^{\circ}.27'$. summa debuit esse 90° . at superat 90° per $1^{\circ}.3'$. qui est modulus iunctae vtriusque refractionis in E
 20 et F. Sanè quam paruus. Quod si observatio 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 refractione ob longitudinem diei 20'. hic ob breuitatem 43'. fiet altitudo poli $75^{\circ}.16'$. aequatoris $14^{\circ}.44'$. at centri Solis primum visi $18^{\circ}.58'$. declinatio. Ergò refractione $4^{\circ}.14'$. per bisectionem summae refractionum esset $4^{\circ}.3'$. 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 $4^{\circ}.14'$. 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 $85^{\circ}.46'$. cuius secans 1354677. Hinc simplex refractione graduum 90° est $19'$. At supra
 40 communi¹ 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, duùm ferè milliariū. 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 $4^{\circ}. 14'$. Erit ei aequalis BAE per superius demonstrata, et fiet certa altitudo CE. Si iam humiliores velis pingere aëris superficiem, ergò centro A scribatur circulus intra E. secabit is



EB refractum, secet in D. et ex D puncto ipsi EF parallelus educatur DC. vt sic refractionis angulus sit rursum $4^{\circ}. 14'$. nempe BEF aequalis angulo BDC. Dico DC iam non ampliùs in aethere, ¹⁰ 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 cum sit DA semidiameter nouissimè scripti circuli aëris per D. plus igitur circumferentia D discedit ab A. quàm C punctum. Ergò DC secatur circumferentiam versus partes C non minùs, quàm in D puncto. ²⁰ 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 miliarium.

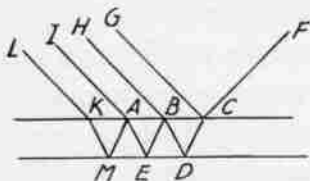
Ostendam igitur duos alios modos, quibus tale phaenomenon possibile sit contingere: vtrumque à CLEOMEDE delineatum, si benè ipsius verba in fine 2. libri cum his conferantur. Primus in eo consistit, vt si observatio fiat in B puncto, ducatur DC con¹tingens superficiem Terrae, ¹⁴ et comprehendens angulum cum DB imperatum, vt quia refractionis debet esse $4^{\circ}. 14'$. sit BDC $175^{\circ}. 46'$. Tangat Terram in C. et secet BE in D. Et ponatur iam in C nullus aër. Ergò in locis ipsi D subiectis existat ³⁰ 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 $4^{\circ}. 14'$. 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 CLEOMEDIS collocat oculum observantis in aëre extra crassiorem illum vaporem. Cum ergò sint recti DBA. DCA. et DAB. DAC aequales, et quilibet $2\frac{1}{9}$ gra- ⁴⁰ dus, 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 refractione 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 tan-
 10 toperè 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 ¹ superficiem, et exteriorem ad faciem, et interiorē in
 20 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
 30 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.
 40 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
 Crepuscula videri potuerit. Videant docti, an hoc modo et crepuscula defendi pos-
 sint, vt non necesse sit materiam illuminandam ad 12 milliaria ascendere;
 sufficiat, vt Solis radius semel ingressus superficiem aëris, qua rursum
 egreditur, reperiatur angulis intus aequalibus, idque bis, ter, vel
 quater fiat, donec illustratio aëris, reperiatur radiis facta, penitus ob-
 literetur, nec in oculos ampliùs incurrat.

10. Coniecturae ex vetustate de Refractionibus

Magno Astronomiae damno, in inuestigatione motus Solis et aë- 144
 quinoctiorum, factum est, vt refractiones à veteribus fuerint neglectae. 10
 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, 20
 pellitur in altum, et supra, qua fastigiatur, sese didit, vicissimque Boream
 petit, in decliuorem aëris superficiem sese infundens: nisi vi fortiore
 repulsus, puta toto aëris aequore ex primo impulsu in motum consti-
 tuto, repellatur, et quasi restagnet. Et in summa, quod densitatem at-
 tinet, perpetua existit commixtio aëris nostri cum meridionali; et vi-
 cissim illius cum nostro, idque propter ventorum continuos flatus. Ita-
 que densitatis respectu non erit admodum magna differentia nos Euro-
 paeos 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 30
 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 firma-
 menta, testimoniis et coniecturis ex antiquitate petitis fulcienda sunt,
 ex quibus appareat, continua successione saeculorum aut animaduersas,
 aut minimùm sensu perceptas refractiones in aëre siderum.

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

hebetatrix sub terra esse debeat, semel iam acciderit, vt in occasu Luna deficeret, utroque super terram conspicuo sidere. Ecce Solem si¹ mul 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 facile 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 despiciamus, 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 eleuatum 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 deditissent, in dubitationem conicere?* At CLEOMEDEM incredulum MOESTLINVS et TYCHO non semel in observationibus suis fortius constrinxerunt. Nec iniuria miratur MOESTLINVS, affirmare CLEOMEDEM potuisse, 1 nullum vnquam professione Mathematicum, hoc à se visum, scriptis reliquisse testatum: quamuis à Chaldaeis, Aegyptiis, caeterisque Eclipses omnes usque 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 percussu 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, refractionis 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. PROLEMAEVS lib. III. Magni operis affirmat, saepe eodem die à se bis aequinoctium obseruatum 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 secundum Calippum periodi, die 27. mensis Mechir, referente PTOLEMAEO, aequinoctium obseruauit in manè: at verò Armillae Alexandrinae vtrique 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 ¹ hodiè TYCHO, et ante octingentos annos ALBATEGNIUS: 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 excerpabatur 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 procliuè ad credendum, quàm hoc, eum aequinoctio diem praefiniuisse HIPPARCHVM, quo die Sol in horizonte visibili bina è diametro opposita signa, alterum oriendo,

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 apprens 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 euident argumentum refractionum, ab HIPPARCHO obseruatarum. ¹

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 quotidie contingere videtur horizontem; ibidem aestium tropicum ab horizonte secari in 5 et 3. Hae binae traditiones inter se non conueniunt: suspicio plausibiliter in refractiones conici potest, quod aut pes vrsae tangere videatur horizontem, quem tamen re verâ subit: aut quod Sol citius iusto oriens, serius 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 crassius 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 ³⁰ 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 ⁴⁰ 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 $7\frac{1}{2}$ graduum praefere, ¹ in Rhodo horizontem stringere, ¹⁴⁹
in qua insula noctis aestivae ad diem proportio traditur ea, quae est 19
ad 29. Cùm enim hinc existat altitudo Rhodiorum ciuitatis 36° . Alexan-
driae verò sit 31° . quomodò Canopus, qui in Rhodo vix à summis
montibus est conspicuus, teste PROCLO, idem in Aegypto $7\frac{1}{2}$ gradus, ¹⁰
seu quarta parte signi extare potest? Hanc enim altitudinem constanter
et iisdem verbis produnt PROCLVS, et CLEOMEDES, et PLINIVS, astipu-
lante 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 plu-
uiis 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 occidentalis Alexandria.

Minus fortasse firmitatis obtinet, quod idem CLEOMEDES confidenter ²⁰
affirmat, duas esse stellas, diametro distantes, Oculum Tauri et Cor
Scorpii, quarum quaecunque oriatur, reliqua occidat, simulque in hori-
zonte conspiciantur. Si hoc verè quisquam vnquam vidit, per refractionem
vtramque supra horizontem eleuatam fuisse necesse est, cùm re verà
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 hemi-
sphaerio est, altera latitudinem habens 5° . $31'$. altera 4° . $27'$.

Huc aliquid, quamuis obscurum, ex PROCLI DIADOCHI libro Hypo-
typoseon astronomicarum, et eius mirabilium quaestion. 8. referri pos- ³⁰
sit: 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 con-*
sidentem. Nam iisdem penè verbis vsus est WILHELMVS Hassiae Land-
gravius, in prima sua de rebus astronomicis ad TYCHONEM epistola, re-
fractionis animaduersae occasiones explicans. Ac etsi quae ibi PROCLVS
mi¹ ratur, ob vitium calculi tunc vsitati accidere potuere: ita tamen in ¹⁵⁰
rationibus eorum reddendis PROCLVS desudat, vt non iniurià 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 testimonio 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 REGIONOMONTANI Torqueto, planè idem testatus est, se experientiâ edoctum, astra saepè supra horizontem apparere, cùm re verà 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 40 Veneris quasi in eodem instanti adeò difformiter repertus sit: est notandum, quod circa horizontem astra apparent propter radios fractos super horizontem,

cum secundum 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 incidunt, 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 declinuius descendunt, nobisque videntur magis ardui. Et quidem si de aqua agamus, Sol nunquam esse potest infra superficiem aquae, semper supra, propterea quod aquae 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: ¹ Quo pacto 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 animaduerneret, 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-

promi: tunc inspiciatur, eo momento, quibus cum fixis Luna congregiatur. 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.

10 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
113 obtinere, si ex centro terrae prospiceret; tamen parallaxis, cuius incredibilis est varietas, illam in alia atque¹ 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*
20 *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 observatione fixarum habetur altitudo poli et aequatoris. Deinde observatur altitudo Solis meridiana, quae comparata ad altitudinem aequatoris, prodit declinationem. Et declinationi cuilibet certa distantia Solis à punctis cardinalibus, seu locus in Ecliptica respondet, praesupposità declinatione maximâ. *Cùm verò in occasu Solis loca amborum, videlicet Solis et*
30 *Veneris, examinare visus fueram, vertendo Eclipticam armillarum, et locum Solis in eadem* (vertendo illam Eclipticae partem, in qua Sol haerere per meridianam observationem 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, mo-*
40 *uendo 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 ¹ 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 vtrunque aequaliter adulteraretur: quia tamen ¹⁰ 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* ²⁰ *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 compete-
bat, 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 refractionis, quae solet in verticali fieri, penè omnis concedebat in latitudinem, parùm vitiata* ³⁰ *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 perpendicularum, speciali ingenio,* ¹³⁵ *quod perpendicularum 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 refractionis, et perpendicularis à puncto refractionis, in vna sunt superficie, quam hic imaginamur planum* ⁴⁰ *circuli verticalis. Et videbam, dum intersectio Eclipticae ac circuli latitudinis*

verum locum Solis repraesentans *ad contactum horisontis venerat*, qui situs respondebat vero occasui Solis, *quod Sol per foramen alterius pinnulae versus Solem*, quo alias tantum in stellis utebar, *filum perpendiculi adhuc illuminauit*. Dedi operam, vult dicere, vt Sol non circulum latitudinis, non Eclipticam, sed filum perpendiculi ex foramine vnus 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 potius 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 horisonti, ergò in verticalis plano, ergò et verus Solis locus in eodem, cum 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 instrumenta-
 156 taliter sine calculo ex longitudine et latitudine eliminare per observationem, 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 adiui, paulò minus dubito, quàm TYCHO fol. 91. Progymnasmatum. Caeterum si quis adeò diligens est, vt nolit
 30 in re tam 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 πραγματεία 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 negotium negant, nisi in sola diametrorum ampliacione 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 §8. placuit coronidis loco huic capiti subiungere; vt eius viri inuenta cum Tychonicis conferantur, tantoque maior sit autoritas huius doctrinae; suffulta plurium suffragiis: quibus tandem ora oblocutoribus obturentur. Sic ille 10 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 per¹ 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.* Porro hic vnus ex iis modis est, quibus refractiones TYCHO creberrimè explorauit, vt aliquando patebit, Deo 20 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 tennes 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 30 45°. ergò quicumque 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 tam propinquis proprium Halonem videt, non minus quàm Iridem, quia alii spectatori alia nubes inter sidus interponitur.

Adeoquae saepè mihi eodem loco permanenti Halo et Paraselene iam apparuit, nube iusto loco consistente, iam euaniuit, 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
10 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 pluvia sit, seu pellucida nubes, seu nebula (vidi enim Irides et in nebula) haec inquam format et figurat refractiones radiorum Solis; quae
138 verò post spectatorem est, ea excipit hos radios Solis refractos. ¹ Nubes verò superstans obumbrat locum, et radios Solis directos auertit, vt colorati radii cerni queant.*

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

20 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 negotii 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,
30 tradidissent clarè, dilucidè, et citra incertitudinis aleam, liberassent me hoc labore, Paralipomena ad Vitellionem in hoc quoque capite continuandi. Vt autem hoc negotium 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 ¹⁰ spectator fuerim, neque administer? Lo- ¹⁵⁹ quantur igitur pro me viri receptae autoritatis de materia ipsis notissima: quoad negotium ad meae professionis limites fuerit deuolutum. Tunc enim haud grauatum et mihi lampada tradent, quoad illam in Mathematica legitimè sum praelaturus, de quo peritorum erit iudicium.

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 Aqvapendentium se potissimùm sequi profiteatur, sed et suoapte Marte plurimùm Anato- ²⁰ micis laboribus impenderit: Si quos in hoc ordine meliori merito, ipse professione Mathematica occupatissimus praeterii, veniam mihi dabunt.

Oculus à Graeco ὀπλή, vnde ὀπτεσθαι, 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 ³⁰ potissimùm sit sphaericum, oculus nulla collocatus in sublimitate, nihil planè de planitie posset intueri, tumore globi quaquaversum praeepeditus. 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 IESSENTVS, 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

contemplaturi oculos demittimus. De homine OVIDIVS ethicè et sapienter.

*Pronaque cùm spectent animalia caetera terram
Os homini sublime dedit, coelumque tueri¹
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 debeat, 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.¹

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

¹⁹ Kepler II

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 pulvisculi 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, 10 cum periculum imminet, aut cum 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, nusquam à globo oculi dehiscat, non vno loco plus tendatur quàm alio, cum vnus 20 sit totius tarsi motus. Hic igitur tarsus aperiri et claudi vix aliter potuit, sine fatiscencia, et cum 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 cum sin¹guli, 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, 30 ne quid illic obstaret. Id quidem apud nasum necesse non fuit, potius 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- 40

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

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.

10 sibi discutiendum esse putauit, sed absurda radiorum emissionem, 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 qua¹ si rigore, quoad is non

20 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

30 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 exterior tunicam oculi producit, tenuis membrana mediam, ipsa verò cerebri substantia neruum opticum, qui fit tunica intima,

40 haecque ipsa non simplex. Quamuis PLATTERVS hanc tunicam impro-

17) transualuas

priè dici asserat, fortè quod neruos opticos neruis reliquis similes statuatur, 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 meningē pronasci exteriorem globi ocularis tunicam, quae sola totum oculum amplectatur, sed secundum diuersas eius partes diuersa sortiantur 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 obtegit, pellucida est et protuberat, indice IESSENIO, et suffragante experiētiā, 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 *ἐπιπεφυκία* 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 insipientibus. Quòd si bene IESSENIUM intelligo, vult ille, non album tantum oculi, sed et solem ipsum hac pellucidā et tenuissimā membranā integri: quod quidem requirere videtur affixionis lex: cū oculus hoc potissimū vinculo in suo cauo retineatur. Caeterū 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 causā sunt addita, quamuis non faciant ad formanda aut percipienda rerum simulachra, et tantum ad motum et religionem, forsā et nutritionem oculi pertineant. Suspicionem quidem albedo sclerodis, et diuersi colores iridis dictae, praebere possint, quasi et exteriora ad visionem faciant, cū sint interiora nigerrima, exteriora adeò alba. Caeterū, quī intrò aliquid conferant, non intelligo, cū ea, qui-

165 bus ¹ subducuntur, et colore nigerrimo, et opacitate, transitum ipsis non
 praebent intrò. 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, posset-
 que 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 destruat, si nigra facta fuisset.

10 Secunda igitur oculi tunica, quae sclerodi subducitur, à tenui meninge
 cerebri orta, posteriori parte choroides, anteriori vnea appellatur. Nec
 tantùm situ differunt istae partes, sed et crassitudine. Nam vnea cho-
 roide perhibetur duplo crassior: denique et applicatione ad exteriorem
 sclerodem tunicam. Nam qua choroides appellatur, adhaesit fibris pas-
 sim dispersis sclerodi, eidemque circulo connascitur, qua sclerodes in
 corneam abit. Inde verò exorta vnea, iam non connascitur residuae parti
 sclerodis, quae cornea dicitur, sed ab ea, versus interiora oculi deurgit,
 hiatum opplente humore aqueo. Cumque sclerodes cum sua cornea con-
 stituissent integram tunicam, haec iam vnea in medio est perforata;
 20 humore aqueo foramen opplente, eandemque intus etiam alluente: adeo-
 que tota haec pars, quae vnea 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 vnea, sed magis caerulea: pars vnea
 intus aspera et nigerrima, foris, quâ Solem in oculo dictum per corneam
 translucentem repraesentat, laeuis, et vnà cum choroidis exteriori super-
 ficie variorum colorum est, iam fusca, iam caesia, iam fulua, iam splen-
 dida. Ita latum circulum repraesentans (in cuius medio nigrum oculi
 seu foramen) Iris dicta est. Huius attritu, cum laeuis sit et rigida, viden-
 30 tur excitari scintillationes illae, quas interdum percipimus in oculis:
 166 planè vt felium hirsuta terga, atque etiam homi¹num 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 scintilla-
 tiones, transitoria, IESSENIUS 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
 40 tamen mucosam, et subrufam (subcaeruleam à IESSENIO) esse; vnde col-

ligis, potissimum albam dilutam videri, suffuso rubore, vel caerulo. IESSENIUS etiam subdividit hanc in nervi substantiam et tunicas.

Hic in diversa cum VITELLIONE IESSENIUS 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 vuae dici incipit, ex vuae nempe, minimè verò ex retina, oriri processus quosdam circumcirca, qui à similitudine ciliares dicantur, inque circulum maximum crystallini desinant: itaque crystallinum vuae 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, nusquam nisi suo nervo 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 nervo, (vel retina nervi 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 ¹⁶⁷ infra. Pro quo et hoc militat, quod ciliares processus, quibus crystallini circulus maximus reuincitur, nigrore suo non Retinam, sed vuae repraesentant.

Et IESSENIUS ipse
huc inclinat in δευ-
τέραις φροντίσιν.

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 ³⁰ 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 vuae, et substrata hya- ⁴⁰ loide vitrei humoris: strangulatur verò in medio, et quasi in duo diui-

ditur ab vnea, 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 dimidia. Aqueus sphaericis quidem superficiebus constat, sed in medio, vt dixi, in angustum collum redactus est. Crystallinus ea facie quae à ciliaribus processibus determinata 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 IESSENIUS, non sphaericum esse, quod PLATTERVS aiebat, sed valdè protuberare, et oblongum fieri, quasi in conum assurgat: anteriore verò facie, depressa esse rotunditate; et similes, 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 vneae 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 vneae, minimum foramen vneae 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) accipit

33) Philosophia

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 VITELLIONEM¹ pro. 20. 169 lib. 3. qui haec idola lucis, per neruum vltius 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 opticcè 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 quì 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 opticcè 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 im¹pressis fitque confusus ex vtroque 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 Op-
tices vox descen-
dit: itaque per in-
iuriam 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 agnitus esset ipsissi-
 10 mam hemisphaerii figuram in tam 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 eadem basi,
 20 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
 171 centrum foraminis vueae incidat in hoc visibile¹ punctum. Cùm ergò
 30 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, circumstantes 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
 40 circulus maximus ab iis radiis in cornea descriptus, qui foraminis margines descensu attingunt, sit latior circulo foraminis vueae, hi tamen

3) albam

33) prohibet

20 Kepler II

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 cui-libet oculo sua est, nec planè omnibus eadem) primitùs fuerint orti, propter similem corneae et crystallini conuexitatem, omnes illi prope-modum perpendiculariter incidunt. Quare puncti directè visui oppositi, et concinnè distantis radiorum ferè nulla fit noua refractionis in anteriore crystallini superficie, quamuis crystallini densius sit medium quàm aquei. 10
Rursum autem hic araneae et suo humori, crystallino scilicet, ascribo eandem densitatem causâ refractionis, vt et infra vitreo et tunicae hyalinae. Descendunt igitur hi vnus 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, vnâ eandemque faceret conicam superficiem, cuius quidem amplitudo est foramen vueae illo loco, vertex verò desiturus esset in punctum aliquod post oculum. Iam verò radii 20
hi per conicam posteriorem crystallini superficiem¹ in Vitreum egressi, 172
cuius est medium rarius medio crystallini, refringuntur à perpendicularibus, in superficiem per puncta refractionum ductis, quare fit vt refracti coeant versus axem; itaque terminantur breuiore et obtusior cono, quàm fuerat is, quo hactenus peruenerant. Coeunt 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. 30

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 vilo 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- 40

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
 10 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 qui-
 173 dem superficiei crystallini à priori etiam ¹ illustratam, partem verò à priori puncto non illustratam, sed sinistriorem; et fit penè idem, quod supra cap. 2. demonstraui 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, obli-
 20 quus tamen nihilominus crystallinum traiecit, 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 sinistram 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 con-
 30 cursu 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 breuiore, 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,
 40 semper variaretur cum oculi conuersione, vt fit cùm perspicilla oculis

1) inferiis

admoventur. Nam haec, quamvis 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 directam 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 deuior 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 hinc causas: quare pictura fit confusior. Directus collimat ad centrum retinae medium, obliqui ad latera. Directus rectà 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 fuere 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, cum 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. ¹

Est itaque retinae color, neque tenebrosus seu niger, ne colores rerum 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 teneitudinem 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, cor-
 10 rugari 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 formarum 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 op-
 20 positum 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 hircum 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 ani-
 30 mal 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 conum cuiuslibet axem. Quodsi et densior vitreus aqueo, quò densior, hoc profundius descendere poterunt, qui per ciliares rimas ingrediuntur, et extremis conis per crystallinum conformatis appropin-
 40 quabunt.

1) corrol. 17) abundantè

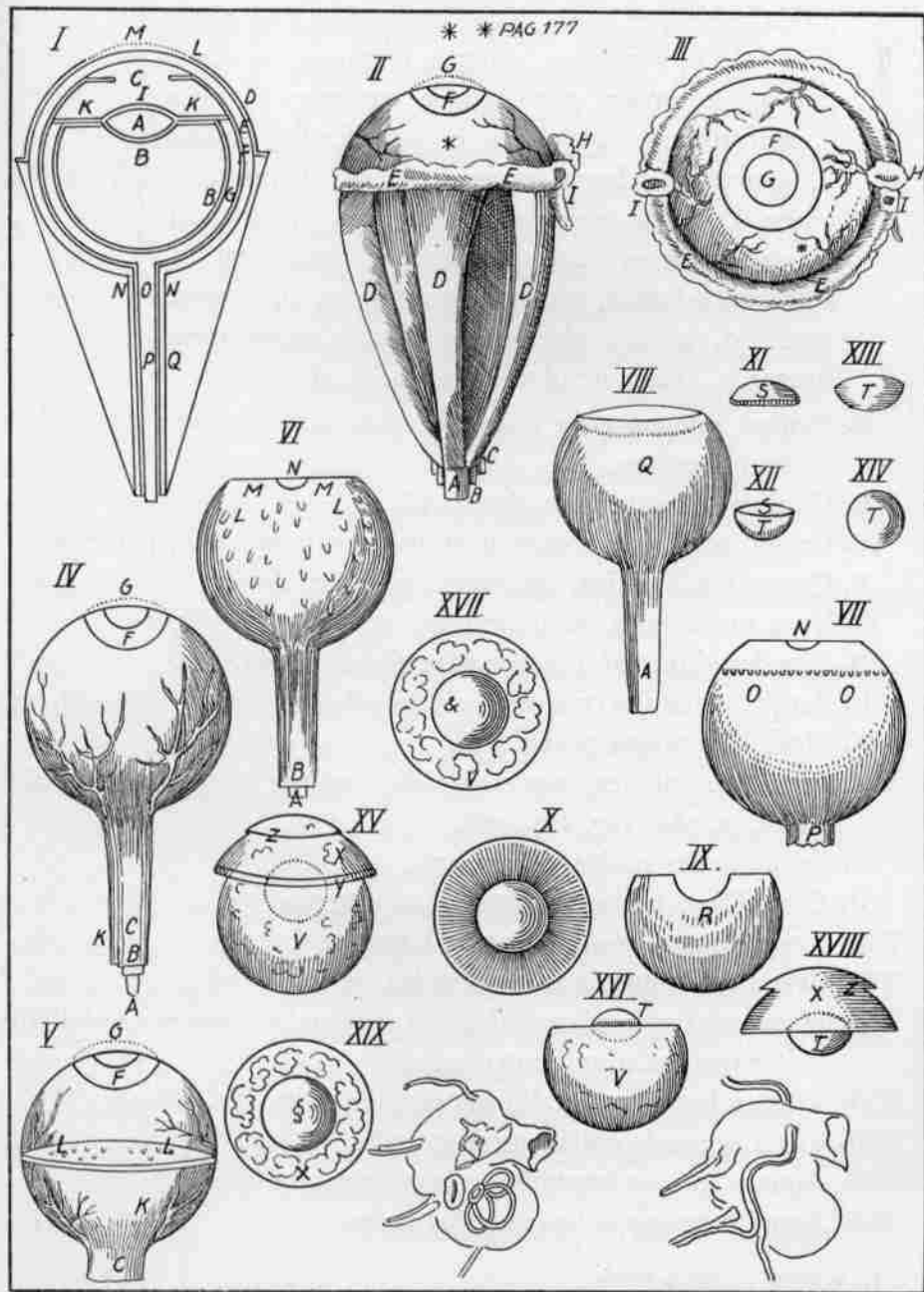
Crystallinus iam tuniculam est nactus, ne, mollis cùm sit, cum aqueo confunderetur. Minor autem est, quàm vt latera retinae tangeret, vt hoc diastemate radii conorum colligerentur ad punctum. Quare et stabiliri et connecti nutrimenti causâ debuit, per ciliares processus choroidi annexus. Qui nigri sunt 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, turgesciendi 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 deuius 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, vnquam¹ illam absolueret 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 tam 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 percussi. Tota nigra, etiam quâ retinam complectitur, substantiae similitudine. Nutri-
mentum 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.

- | | |
|---|--------------------|
| <p>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.</p> | <p>} Vide 168.</p> |
| <p>II. Oculus integer cum musculis, è caluaria erutus, à palpebris tantum liberatus.</p> | |
| <p>III. Oculi globi anterior sedes. p. 163.</p> | |
| <p>IV. Crassa oculi tunica cum portione nerui optici. p. 161. 163.</p> | |
| <p>V. Crassa oculi tunica, transuersa sectione diuisa.</p> | |
| <p>VI. Vuea tunica cum portione nerui optici. p. 165. 176.</p> | |
| <p>VII. Eiusdem inuersae interior superficies. p. 165. 177.</p> | |
| <p>VIII. Retiformis tunica cum nerui visorii substantia. p. 163. 166. 168. 175.</p> | |
| <p>IX. Hyaloides tunica. p. 167. 176.</p> | |
| <p>X. Processus ciliares, per hyaloidis tunicae anteriora radiatim sparsi. p. 166. 167. 175. 176.</p> | |
| <p>XI. Crystalloides tunica. p. 167. 176.</p> | |
| <p>XII. Crystallinus humor, tunica adhuc intextus.</p> | |
| <p>XIII. Crystallinus humor nudus, à latere positus.</p> | |
| <p>XIV. Crystallini humoris anterior sedes. p. 167.</p> | |
| <p>XV. Humores tres oculi simul iuncti, aqueus, vitreus et crystallinus obiter tantum adumbratus. p. 167.</p> | |
| <p>XVI. Vitreus humor crystallinum continens. p. 167.</p> | |
| <p>XVII. Vitrei humoris solius anterior sedes.</p> | |
| <p>XVIII. Aqueus humor crystallino superfus. p. 167. 177.</p> | |
| <p>XIX. Aquei humoris solius anterior sedes.</p> | |

17) p, crassa

18) q, tenuis

- a. in II. IV. VI. VIII. Nerus 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 vnus lateris. p. 161. 164.
 ce. 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.
 10 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 pro-
 tuberantiam, 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. I. V. VI. Fibrae, quibus vuae tunica crassae nectitur. p. 165.
 m. m. VI. Impressio vuae, qua à cornea abscedit. p. 165.
 20 n. VI. VII. Foramen vuae seu pupilla. p. 165. 177.
 o. o. VII. Processuum ciliarium initia. p. 166.
 p. VII. Principium vuae, 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 crystalloïdis tunicae. p. 167. 168.
 t. in XII. XIII. XVIII. Pars crystallini humoris posterior sphaerica (vt
 30 alii, protuberans in conum, vt ego explico hyper-
 bolica). 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 hyaloïde distinguitur. p. 167.
 z. XV. XVIII. Sedes, qua vuae in aqueo humore innatat. p. 167.
 &. XVII. Cautas vitrei humoris, quae exempto crystallino
 remansit.
 40 §. XIX. Cautas aquei humoris, ob eandem causam.

1) VIII fehlt

22) dilatata.

21 Kepler II

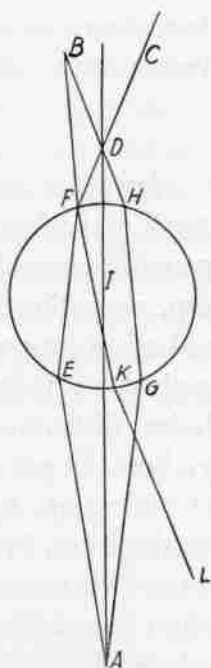
3. *Demonstratio eorum, quae circa modum visionis de crystallino dicta sunt*

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 ¹ conclauis aliquo, adhibeat-
 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 iu-
 cundissimè in opposita papyro per crystallinum depingantur. Cumque
 in vnica hac remotione (nempe semidiametri papyri à globo) pictura ap-
 pareat, 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 tenebrosus 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 di-
 stinctis imaginibus, euerso situ, et paruas, et in ipsa globi superficie pro-
 xima haerentes. Prius verò papyro ibi sitâ, euauerat planè pictura. Haec
 omnia fiunt circa globum aqueum, propter refractiones et figuram, eò
 quòd conuexitas aliqua insit figurae. Cùm igitur et crystallinus è con-
 uexis sit, et densior circumstantibus humoribus; vt aqua in vitro den-
 sior est aëre: igitur quaecunque de globo aqueo in hunc modum, et his
 mediis vsi, demonstraerimus, eadem et de crystallino probata erunt,
 reseruatis ei priuilegiis suis ob certam conuexitatis figuram, discrepan-
 tem 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 utroque 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 ¹ radius refractus ab AE. Tunc A. E. F. erit vna superficies per 2. definitionem *

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,
 10 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 propin quarum contorquendos esse oculos. Contortio est praeter naturam, quae oculis situm parallelum tribuit.
 20 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
 30 luce ab eadem regione; eandem consecrabitur, priorem amittet.

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

PROPOSITIO IV

180

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 fuere causae. Nam hac propositione quidem non tantum corrigitur, quod I. B. PORTA libro 17. cap. 13. pollicetur, *pila crystallina facere, ut pendula imago in aëre videatur*, sed etiam propositioni primae huius derogatur. Igitur cum locus imaginis per 1. huius sit propior oculis, quam globus aqueus: ergo per 2. huius, difficilius oculi contorquebuntur ad locum imaginis, quam ad globum. Et per 3. huius rapiuntur oculi ad globum, cuius lux est fortior et euentior, quam 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 elicit. Hinc PORTA titubans: *Si visibile, inquit, fuerit maximè visibile, ut ignis, vel candela, res sine difficultate, et clarior videbitur.* Ergo 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 papyrus obiciat, clarè videbis, ut candela accensa super papyrus ardere videatur.* Nempe malignè et vix videbitur imago, fatente PORTA, in ipso nudo aëre. At si papyrus obiciat, si inquam interponas papyrus inter lentem et visum, (nam hic PORTA mecum adhuc de imagine loquitur, nondum de pictura, de qua verum hoc est, ut infra patebit), iam non pendula in aëre, sed fixa in papyro videbitur imago. Papyrus enim euidentiùs feriens oculos, stabilit illos in loco imaginis, ut contorqueri eo possint. Et tamen quia tum 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 coeuntes, 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
 10 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. ¹ praemissis euinco. Cùm enim oculum
 182 inter et globum nullus occurrat locus imagini aptus, primus globus est,
 20 qui luce sua oculum retinet, luce verò eâdem, quâ et imago, constat. Quare per 3. praemissam et globus et imago eodem videndi actu spectantur.

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 vltiori cautela considerent, 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.
 30 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, tunc¹ is globi locus directè quidem videbitur, vtrinque verò imago aliqua^{18j} indirectè.

Qui fiat, vt geminata res aliqua appareat.

Hic propter schematis opportunitatem, quamuis extra oleas, adiicio demonstrationem eius, quod ARISTOTELES sectione 31 problemate 11 et 17 quaerit. Quomodo cum 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. Cum igitur FC sit axis oculi C continuatus, D apparebit oculo C in linea axis. Et cum FB sit axis oculi B continuatus, BD verò sit linea alia quam axis, D apparebit oculo B extra lineam axis in alia parte superficiei, ita pro diuersa collocatione in oculis diuersae species apparebunt. Ebriosi itaque et morbidis, et pueris senibusque, et quorum voluntarii motus impediti sunt, hoc accidit.

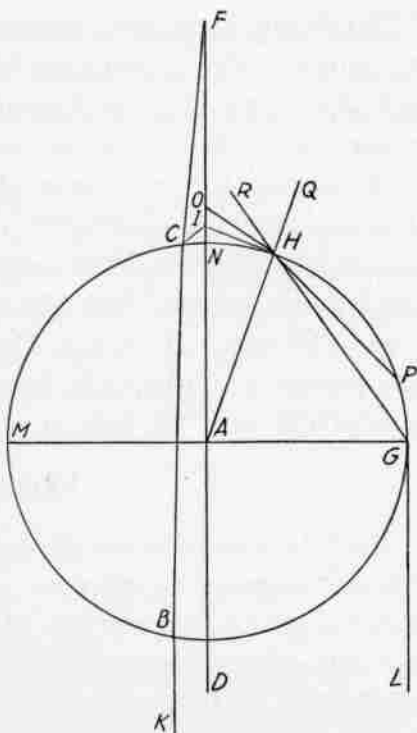
PROPOSITIO VIII

30

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. Ergo lineae à puncto illo ad quodcunque punctum sphaerae ducti, insensibiliter different ab¹ 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 ergo ad perpendiculares BA. GA. et KBC. LGH. fiunt binae

184

lineae, angulos in B. G. facientes.
 Ergò CB secat BK. quare et eius par-
 allelum DA producta. Sic HG. secat
 GL. quare et eius parallelum DA.
 Et quia BC. GH concursurae cum
 AF exeunt in medium rarius, refrin-
 gentur 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.

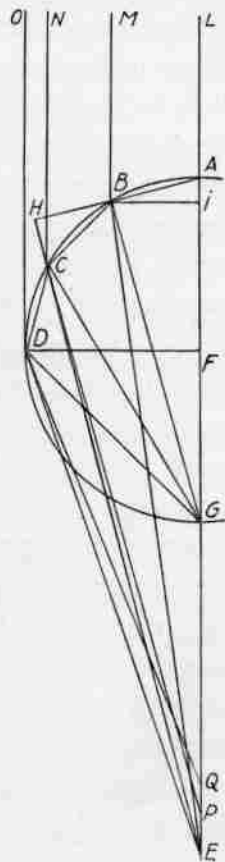


LEMMA AD PROPOSITIONEM IX. SEQVENTEM

*Cùm ab aequalibus circuli arcibus rectae ducuntur ad
 punctum extra circulum, inaequales sunt anguli ad punc-
 tum, ab aequalibus arcibus subtensi, et maiores, quorum
 arcus sunt diametro per punctum viciniore.*

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 super-
 ficiei, 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.
 perpendiculares cadant 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. 10

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 hìc sunt LAF nulla, deinde MBF. NCF. et ODF horizontalis vel maxima. Et sit MB. refractione vnà factà in B. concursus cum axe in E. vltra globum, dissimulatà iam refractione alterà, 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 proportionem 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, ¹ refractione vna factà: 184
tunc ex parallelis, propiores perpendiculari, remotius cum ea concursuras, remotiores à perpendiculari, propiorem sphaerae facturas intersectionem. 30

Iam verò, si gemina fiat refractione, 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 coeant: tunc haec ratio duplicatur, quia per 9. decimi VITELLIONIS, refractionis anguli aequales sunt, siue ab aqua in aërem, siue ab hoc in aquam lux eàdem lineà perueniat.

Denique quia refractiones non sunt proportionales angulis incidentiae, sed multò maiores anguli refractionum in plus inclinatis, quàm fert 40

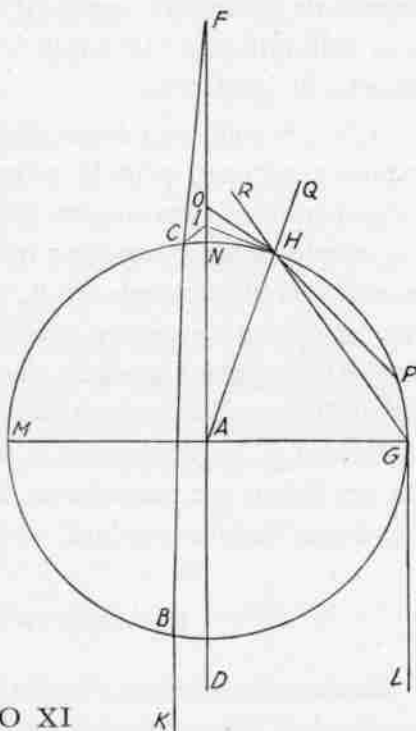
modus incidentiae: Ergò rursum noua causa accedit, quae radiationes plus à perpendiculari distantes propius, quàm antea, cum axe colligat, radiationes verò propiores axi, longius à sphaerâ, quàm antea, cum axe conuenire faciat.

PROPOSITIO X. PROBLEMA

Ad susceptum sphaerae punctum quodcumque radium alicuius puncti lucentis sic accommodare, ut refractus non concurrat cum axe ex radiante puncto per sphaeram ducto. Suscipiatur punctum

sphaeram ducto. Suscipiatur punctum
H in schemate penultimo prop. 8. et

10 ex H agatur recta quaecunque non
per centrum A. secans sphaeram, sit-
que HG. ad quam inclinetur HI an-
gulo iusto, quantum requirit inci-
dentia refracti GH in superficiem
sphaerae per p. 9. c. 4. Sit IHG. fiat
ei aequalis HGL, et ipsi GL paral-
lelus agatur per A centrum recta DA
secans HI in I. Dico I punctum pro-
iicere radium in H susceptum punc-
tum, sc. IH. qui refractus in H. G. ¹
20 non concurrat cum AD.* Demonstratio patet ex antecedente, cuius haec
117 est conuersa.



PROPOSITIO XI

Impossibile est eundem refractum in medio non densissimo à pluribus unâ 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 quantitibus 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 10 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 aliquousque¹ in R. quia igitur RH superior quàm OH. re- 11 fractus 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. 20 At nec iidem per praemissam. Inferiores ergò. Itaque fit in H sectio: quod erat demonstrandum.

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. 30 secans axem AF in I. Dico hunc esse terminum radiationum cum axe concurrentium, hoc est, ipsum I. nullum amplius radium proicere 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 inclinior ex I non potest exire in sphaeram. Et quia GL parallelus est ad FA. non concurrent igitur haec vltima radiatio puncti I cum axe. Educatur iam alia ex I in punc-

non dissimulat sic concludens: *Sed et in his¹ multa est diuersitas, quam 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. refractionis horizontalis est per 8. pr. quarti capitis, $36\frac{1}{2}^\circ$. quare AGH residuus ad rectum est $53\frac{1}{2}^\circ$. Huius verò AGH. vel MGH ad superficiem duplex 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 $2^\circ. 15'$. Cùm ergò BAD est 10° . CBA erit $7^\circ. 45'$.^{*} Et tantus ACB. Ergò arcus BMC $164^\circ. 30'$ et BAD addito $174^\circ. 30'$. Restat CN $5^\circ. 30'$. Et quidem si $2^\circ. 15'$. refractionem duplices, existet CFN $4^\circ. 30'$. Et CNF proximè rectus, vt ergò sinus anguli CFN ad $5^\circ. 30'$. seu subtensam 9596. sic sinus FCN $85^\circ. 30'$. 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 factorum finis vltimus non longè abest à sectione radiationis, quae 10 graduum obliquitatem obtinet. Ipsum quidem punctum, vbi fieret vltima intersectio, geometricè designare desperavi: 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 axi¹ vicinarum: qualitercunque demonstrabo ex propositione 9. praemissa. Nam primum refractiones, vt prop. 8. 4. capitis demonstratum, planè insensibile est, quin proportionentur incidentiis propè perpendiculararem in inclinatione paruâ. Quare refractionis remotioris ab axe (proximae tamen per se) insensibiliter est maior quàm refractionis propioris,

Dic quibus in punctis, et eris mihi magnus APOLLONIUS.

14/15) secans est. NH arcus

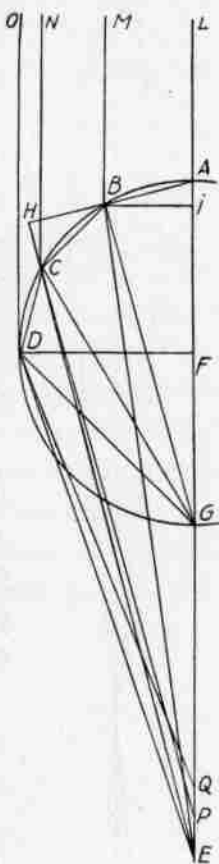
respectu suae incidentiae. In lemmate verò pr. 9. etiam CEB insensibiliter est minor, quàm BEA. Ergò refracti proximè repraesentantur in magna propinquitate, à lineis AE. BE. ad idem penè punctum concurrentibus et CP (proxima axi AE) insensibiliter superiùs secabit AE. quàm BE. sic vt P. E. sint proximè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

PROPOSITIO XVI

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

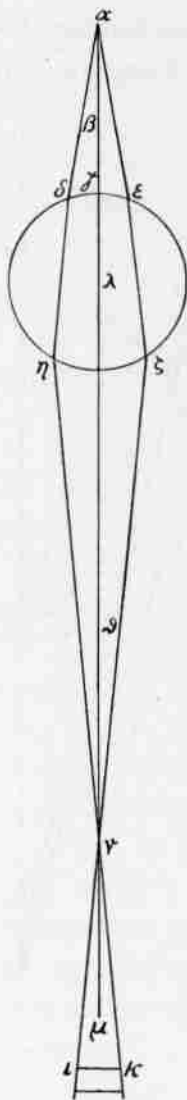
HINC EXISTVNT HAEC COROLLARIA*

1. *Cum infinitè distat punctum radians, termini intersectionum et globo, et sibi ipsis sunt proximi.*
2. *Cum proximè ultimum intersectionum (à parallelis determinatarum per 15. praemissam) terminum accesserit punctum radians, termini intersectionum ab his novis 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 ultra terminum intersectionum propositionis 15. à globo remoueat, quicquid post globum ultra terminum vltimum intersectio¹num, quas hae oculi radiationes non paralleli faciunt, collocatur, eius imago euerso situ apparet in superficie globi. Sit $\delta\epsilon\zeta\eta$ globus, centro λ . $\alpha\lambda\theta$ axis, in eo β . γ termini intersectionum parallelorum, ϑ . μ . * termini intersectionum non parallelorum, sed earum radiationum, quae ex α veniunt, sitque α oculus, $\iota\kappa$ res visibilis, ille remotior, quàm $\beta\gamma$. haec quàm $\nu\mu$. Dico $\iota\kappa$ visum iri euersam in $\delta\epsilon$ superficie. Etenim, quia res est extra intersectionem, nulli igitur radii ad $\iota\kappa$ extrema ex α venient, qui non inter ϑ . μ sint intersecti. Intersecant ii, qui extrema comprehendunt, sese in ν . et sint $\alpha\delta\eta\nu\kappa$. $\alpha\epsilon\zeta\iota$. igitur per 6. praemissam, ι putabitur in ϵ . et κ in δ haerere. Sicque extrema situ commutato apparent. At quia etiam quae inter $\iota\kappa$ interiectae sunt partes, ultra μ remotae sunt, videbuntur radiis inter*



$\alpha\delta$. $\alpha\epsilon$ intermediis et sese per γ . praemissam post ν secabunt, intra tamen μ terminum. Ita sese secantes, partes quoque interiores omnes euerterent. Vt ita res tota everso situ appareat.*

COROLLARIA*

1. Patet hinc, oculo α longius etiam distante quàm $\gamma\beta$. si tamen $\alpha\lambda$ fuerit inter $\delta\mu$. partim everso 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 α sit etiam intra δ citimum intersectionis terminum, tota erecta videbitur.

3. Si verò oculus intra $\beta\gamma$ 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 eversa simul, siquidem remotior fuerit citima intersectione: Sin propior, erecta tantùm apparebit.¹

4. At si excesserit complexum parallelorum, ultra terminum tota eversa, 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 curvae. Etenim radiationes ab α proximae axi parùm obliquè incidunt, angulo magno comprehensae, inde subito obliquius. Parùm igitur in medio per multum spatii increscit refractionis, à lateribus subito, 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. Curvae autem putantur res, quia in superficie, quae curua est, haerere videntur.

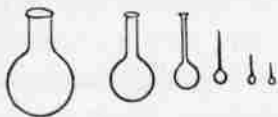
DEFINITIO

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

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 papyrus, limbo lucidissimo. Quicquid enim intra hunc complexum est radiorum, ii nondum intersecti sunt cùm axe. Cùm papyrus



globum tangit, omnes hñc sunt, qui globum transire potuere. 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 subito,

in fine tardè. Causa verò genuina est

successio radiorum.

Intersectis enim in axe et dispersis, qui prius limitem efformauerant in α . β . γ . δ .

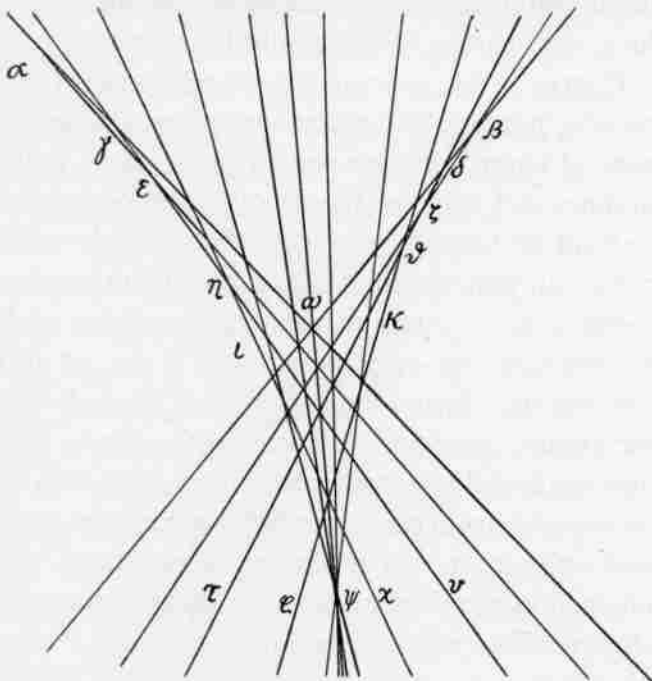
exteriores; succedunt semper interiores in ϵ . ζ . η . θ . Quod si conus iste radiationum refractarum

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 conii 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 $\tau\phi\chi\upsilon$ 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 perfectos, in vnum punctum colligit, ¹ per supra demonstrata. Quod autem ¹⁹⁷ id fit non in ω termino citimae intersectionis, causa est, quia citimam intersectionem ω efficiunt $\alpha\omega$. $\beta\omega$. 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 conii 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 ²⁰ puncto, proximè circumsistentes perpendiculararem fortissimum $\psi\omega$. coeunt ad vnum punctum per 15. praemissam, et quia conii 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 $\eta\upsilon$ veteris conii: 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 ³⁰ cono post vitrum pingit; vnde fit vt axes conorum $\psi\omega$ in centro sphaerae sese intersecant, 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

Propin quarum rerum picturae locus est à vitro remotior, remotarum propior.

Mechanicis et artificiiis opticiis 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) $\alpha\omega$. $\sigma\omega$

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

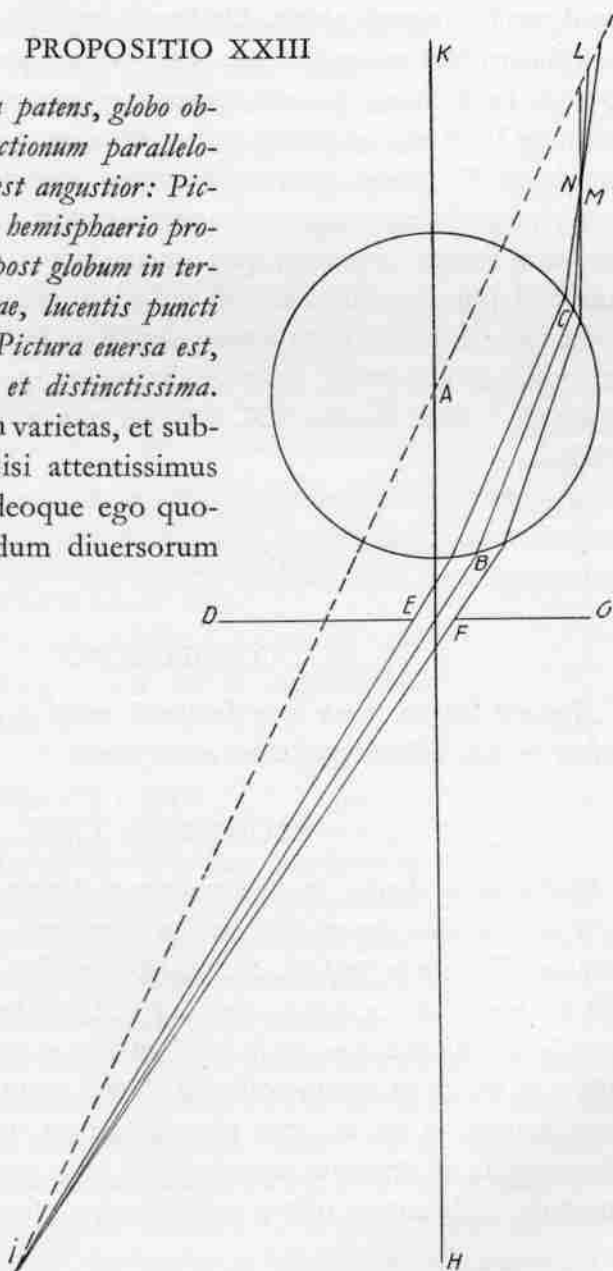
PROPOSITIO XXII

196 *Haec pictura proportionem retinet suae distantiae.* Nam perpendicularibus irrefractis in centro concurrentibus potissimum delineatur ¹ per 20. praemissam. Id experimento patet. Candelâ admotâ et recedente loco picturae pictura crescit, et contra.

Notabunt Geometrae practici.

PROPOSITIO XXIII

10 *Cum tabula, fenestella patens, globo obiiicitur inter terminos sectionum parallelorum; et fenestella globo est angustior: Pictura maximae partis de hemisphaerio proiiicitur in papyrus, 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
20 *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*
30 *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 hac 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.¹

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.

COROLLARIUM

Apparet hinc ex parte vsus foraminis vuae in oculo: item, quare latera retinae propius admota crystallino quàm fundus.¹

PROPOSITIO XXIV

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 mediū $\beta\zeta$. in quo $\beta\lambda$. $\gamma\kappa$. $\delta\iota$. $\epsilon\theta$. $\zeta\eta$. conuergant ad π . Et sit $\beta\alpha\pi$ axis. Ergò per superiora $\zeta\eta$ refringetur in $\eta\sigma$. et $\epsilon\theta$ in $\theta\xi$. et $\delta\iota$ in $\iota\upsilon$. et $\gamma\kappa$ in $\kappa\mu$. Cupio omnes radios in vnum punctum colligere. Opus igitur mihi erit in $\iota\kappa$ refractione maiori, vt $\kappa\mu$. $\iota\upsilon$ citiùs cum $\alpha\pi$ coeant; in θ . η verò refractione minori opus, vt remotiùs coeant $\eta\sigma$. $\theta\xi$. cum $\alpha\pi$. et sic $\sigma\xi\upsilon\mu$ fiant vnum punctum. Erit autem refractione maior in κ . si $\gamma\kappa$ obliquius incidat, et

31) centro A

minor in η . si $\zeta\eta$ rectius incidat in superficiem. At quia manent $\gamma\kappa$. $\zeta\eta$. superficiem igitur $\eta\theta\iota\kappa\lambda$ oportet mutari, vt in η non sit ita decliuis ad $\zeta\eta$ et in κ decliuior ad $\gamma\kappa$. 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 $\eta\zeta$. eundem circulum
 10 secans in κ . rursum egressu facto obliquius obiicietur ipsi $\gamma\kappa$. Porro 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.

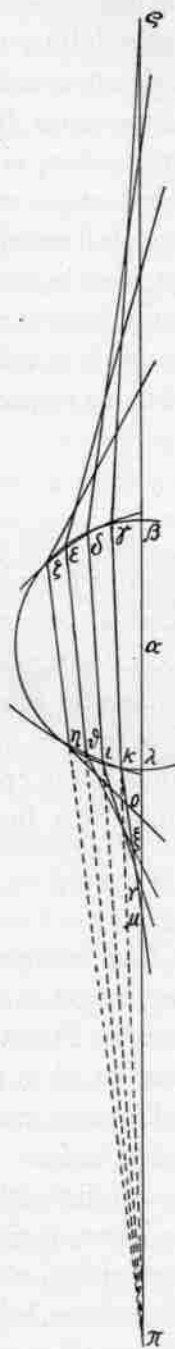
COROLLARIUM

Hinc apparet consilium naturae circa posteriorem crystallini humoris in oculo superficiem. Voluit scilicet cuiuslibet rei
 20 visibilis radiationes omnes ingressas foramen vueae colligere in vnum retinae punctum, cum vt punctum picturae tantò esset euidentius, tùm vt caetera puncta picturae non 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
 30 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 $\lambda\beta$. $\kappa\gamma$. $\iota\delta$. $\theta\epsilon$. $\eta\zeta$ 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



parallelus, 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, 10 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 secatur conum intra verticem. Penicillus igitur crassus non cl'ara et dilucida ducit lineamenta, et terminos 200 dilatat, pro linea superficiem scribens. 20

PROPOSITIO XXVII

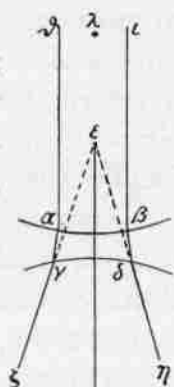
Cùm res aspectabilis collocata est vltra punctum cuiuslibet oculo natura tributum, ex quo in retinae punctum omnes radiationes colligerentur; res illa confusa apparet. Patet contraria ratione. Etenim per 2. coroll. 16. praemissae non est idem punctum, ad quod remotae, et ad quod propinquae rei colliguntur 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 30 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 distant, geminas aut tergeminas videant, qui hoc vitio laborant. Hinc pro vna Luna 4 decem aut amplius mihi obiciuntur. Et quidem vt confusio etiam se-

quatur hanc coni sectionem, oportet teneritudinem visus accedere, qui à fortibus radiationibus moueatur validè tam 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.

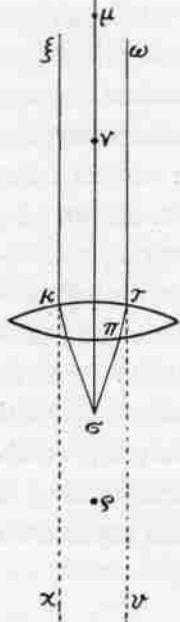
PROPOSITIO XXVIII

Qui remota distinctè vident, propinqua confusè; iis perspicilla conuexa prouident. Qui verò confuse vident remota, distinctè propinqua, iuuantur concauis perspicillis. Quanta admiratio, rei tantae tam latè propagatum vsum: et
 10 tamen causam ignorari hactenus; vt titubanter pronunciem, clarissimis
 † 201 demonstrationibus inuentis. VNUS BAPTISTA PORTA professus est, rationem in opticis reddere: quae à librariis frustrà hactenus requisitiui. 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
 20 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
 30 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
 40 aequè 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.

Vicissim quibus punctum, seu distantia distinctae visionis admodum brevis 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^l deatur. Nisi enim perspicilla adhibeant, fiet illis, quod prop. 27 dictum est; conus nempe tam 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 cavitatis adiuuant, ad remotiora percipienda: quibus quidem perspicillis meus visus planè confunditur, quamuis ipse quoque vtar cauis, sed aequabilioribus. Alter iam pridem fato func-



tus, 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 $\mu\omega\pi\epsilon\varsigma$ et $\pi\rho\epsilon\sigma\beta\acute{\eta}\tau\alpha\iota$, 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 $\alpha\beta\gamma\delta$ specillum cauum, punctum lucidum adeò remotum sit, vt radiationes propemodum paralleli sint, veniant inquam $\vartheta\alpha$. $\iota\beta$ radiationes ab eodem lucente puncto. Quia ergò $\alpha\beta$ densioris superficies caua est, cuius centrum λ inter ϑ . ι . ergò $\vartheta\alpha$ refringetur ad perpendicularem $\lambda\alpha$ continuatam, quare in $\alpha\gamma$ versus exteriora, et $\iota\beta$ versus $\lambda\beta$ continuatam, iterumque in exteriora in $\beta\delta$. sicque $\vartheta\alpha$. $\iota\beta$ paralleli prius, iam diuariantur. Et quia $\gamma\delta$ causa superficies est densioris medii, seu conuexa rarioris, centro μ . ergò $\alpha\gamma$ refringetur à $\gamma\mu$ in $\gamma\zeta$. et $\beta\delta$ à $\delta\mu$ in $\delta\eta$. magis igitur diuariantur $\gamma\zeta$. $\delta\eta$. adeò vt continuatae imaginatione concurrant in ϵ . Itaque remotissimi puncti radiationes sic in oculum seu corneam $\zeta\eta$ 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 $\kappa\sigma\pi$ sit specillum conuexum, punctum σ radiet, radiationes sunt $\sigma\theta$. $\sigma\pi$. Quae quia incidunt in conuexum, coeunt versus perpendiculares $\theta\nu$. $\pi\nu$. refringunturque in $\theta\kappa$. $\pi\tau$. et hi egressi in $\kappa\tau$ cauam rarioris medii superficiem, fugiunt à perpendicularibus $\rho\kappa$. $\rho\tau$. continuatis, refringuntur igitur in $\kappa\xi$. $\tau\omega$: sicque occurrunt corneae in $\xi\omega$. ac si à puncto longissimae distantiae per $\chi\xi$. $\upsilon\omega$ promodum parallelos essent allapsi. Rursum itaque, quid in concursu radiationum apud retinam emendetur, hac fictâ remotione puncti σ .
 10 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 IESSENIUS, 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;
 20 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 conuic-
 204 tus, videri amplius quàm quantum de hemisphaerio perpendiculariter oculum ingreditur. Iam vitreum ait VITELLIO nutrimentum esse crystallini, aqueum verò eiusdem excrementum, forsàn Medicos secutus, nam idem FERNELIVS ex iisdem. Pellucidos, hunc, vt ingredi possit species,
 30 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 (quamvis se authore iactet ARISTOTELE, qui τοῦ ὀφθαλμοῦ, τὸ ὁρατικὸν ὕδατος esse ait cap. 2. de sensu et sensilibus) prosternitur, resecto crystallino, à neruo et à retina, nexoque cum vnea, 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 statuuntur. 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 10 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, perpendiculare et iis proximi¹ marum. Confusa itaque sensio, frustra laborante VITELLIONE. Sed nihil verbis opus. Demonstratum est rationibus et experimentis certissimis, picturam rei seu hemisphaerii statui ad 20 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 30 ARISTOTELES refutauit, monens, non esse idolum id, rem aliquam, sed εἰκασιν, imaginem, vt in Catoptriciis, non picturam, nec esse πᾶθος 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 proportionem. Retina verò illustratur distinctè, per puncta singula, à 40 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 *ἐμψασιν*. Saepe antiquis vsu venit, vt ab ARISTOTELE sub commenticio sententiae schemate refellerentur immeriti.

Quòd verò mihi obiici posset inuersio meae picturae, quam VITEL-
LIO magno studio declinauit: primum is, ad eam sententiam obtinen-
dam, planitiem crystallino, contra manifestam experientiam tribuit;
10 quae cùm gibbam esse superficiem illam asserat, fatente itaque VITEL-
LIONE fiet simulachrorum inuersio. Atque ego diutissimè sanè me torsi, vt
ostenderem, conos in ingressu foraminis vuae sinistros ex dextris fac-
tos, 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 propo-
sitionem 11. et 12. ex praemissis incidissem, quibus haec sententia pla-
nissimè refellebatur. Ac etsi obtinuisssem propositum, querela tamen
erat superfutura: Hemisphaerium tamen peruersum erat futurum, qui
enim foris, vultu ad nos conuerso stant, dextra censentes haec, illa
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
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 ob-
iiceretur rei directè, alicubi non, vt à lateribus: declinaret enim ab op-
positione. Nihil igitur absurdi committitur, inuersâ picturâ, quod VITEL-
LIO tantoperè fugit: quod et IESSENIUS secutus est, existimans, refra-
ctionem in cornea hoc prae¹ stare, ne dextra fierent sinistra: quod propos.

1) commentitio

24 Kepler II

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 ἐνυποληπτότερον εἶναι, quod recipiat et conseruet melius quàm aër) sit sentiendum, ex conclusione cap. 1. apparet. De peruatione 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 19 specilla praestant lusciosis, efficere namque, vt res maiores appareant. Omnino 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 sequeretur et in partem oculi. Causa haec est, quia in oculo integro est non tantum centrum, in quo radii omnium lucentium concurrunt (vel quasi 20 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 proiciunt (vt iam hoc per se falsum concedatur), quâ ergò ratione punctum illud retinae excipiet distinctas rei visibiles 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 illu- 30 strant res visibiles plures, vt tamen et in idem centrum quasi coëant, et sectione (vel quasi) factâ, ab eodem vnico puncto excipiantur in 29 retina. Tunc itaque perspicilla conuexa praestare possunt, vt à re quam maior superficies retinae occupetur. At inter crystallinum et retinam nullum est punctum concursus radiorum ex diuersis visibiles rei punctis venientium, per 12. praemissam: quare potius 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 40 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 negotio. 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 dedità 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 intro¹ 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 videntur 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 vquam 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 besti nos, 40 ò excellens naturae mysta; lite illâ diremptâ, receptione an emissionem

5) fallacia

fiat visio? Nam quod multi passim vel obiter sunt admirati, vel negle-
 xerunt visum, vel diligentius excultum per inuidiam et maximam gloriae
 diuinæ iniuriam, Reique publ. literariae damnum priuatim ostentare
 maluerunt: aut animaduersum quidem (vt in Sueuia vietores, in doliis
 abditis amplioribus, patente exiguo osculo) non potuere 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 my-
 steriorum, disputationi vtilissimae accommodares. Itaque quod me at-
 tinet, habes admiratorem et praedicatorem tui nominis non ingratum:
 de caeteris eadem tecum spero. Neque puto vel aliter posse rectius con-
 firmari receptionem specierum in visum, et refutari emissionem radio-
 rum, (de quibus vide MACROBIUM lib. 7. Saturnalium) quod quidem
 posterius VITELLIO lib. 3. p. 5. attentauit, et ARISTOTELES libello de
 Sensili cap. 2. neque fore quenquam, qui vel tantillum amplius dubi-
 taturus 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,
 rectius, quàm ex ARISTOTELE, philosophari discent. Absurdus est ARI-
 STOTELI libello de sensili EMPEDOCLES, quod χρώματα dixerit ἀπορροιας.
 Incommodum enim putat, visionem fieri cum oculus effluxu à colori-
 bus 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 emissionem longè est incommodior. Vt taceam, quod diaphanum
 ab eo sic definitur, ac si esset vox, vt loquuntur, positiua rei ad visio-
 nem necessariae, cum sit priuatiua rei visui obstantis, opacitatis scilicet,
 nec ideò diaphanum aliquid sit, quia luce collustratur, sed quia super-
 ficierum 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. Caeterum de modo visionis paulò
 accuratius verba tua, PORTA, consideranda sunt. *Hinc*, inquis, *patet, quo-*
nam fiat visio loco, et postea explicans, *intromittitur*, inquis, *idolum per pu-*
pillam, per foramen vueae, *fenestrae foraminis instar; vicemque obtinet ta-*
bulae, 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. vsurpauì: ad locum verò destinatum
 peruenisse haud dixerim. Sane si hìc scopum fixum habes, si non vltra
 crystallinum descendis, errasti sententià. 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
 111 sex^lti, 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
 10 non possit) tamen in hac persuasionem multus fui; visionem non esse quicquam aliud quàm intersectionem: globum verò aqueum tantum 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 tam 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. Debit autem in remotis punctis distinctius pingere, si sola
 210 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 euentiam picturae praestat, fierique et per illam inter-
 20 sectionem, vt imago fiat euersa, et per hanc collectionem, vt distinctissima sit et euentissima: hoc inquam si addideris tuae sententiae, planè absolueris visionis modum.

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

Etsi perfectio visus in duobus consistit oculis: Astronomi tamen visu vtuntur non semper ad internoscendum obiecta: vt plurimum verò ad
 212 constituendum angulum inter binas stellas: ¹quo in negotio centro Ratio collimandi.
 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 scorpioes, quique bom-

37) ad quem

bardae 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 visio-
nis.

Cùm itaque stellarum distantiae instrumentis astronomicis sunt capiendae, diligentiores Astronomi, vt dictum, non fidunt oculo. Sciunt

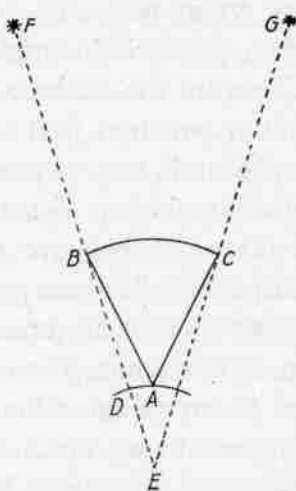
enim, etsi oculus ipsum instrumenti centrum attingat, (quod tamen difficulter obtinetur) non attingere tamen, nisi superficietenus, in qua quidem lineae ex vtraque stella per superiora pinnacidia ductae non concurrant. Sint F. G stellae, BAC instrumentum, centro A. DA superficies oculi, E centrum oculi. 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 eadem 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 cautionem¹ hanc adhibuit: 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.

Porro quanam 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.

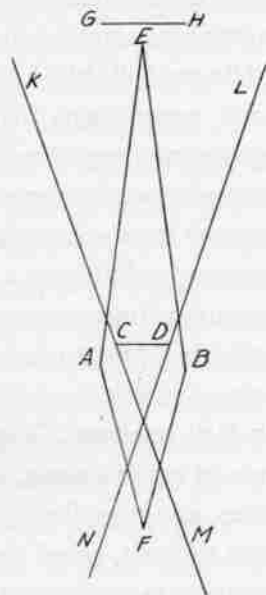
Nam D terminus dexter pinget N sinistram ipsius F retinae partem, C sinister, M dextram huius.

10 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 po-

20 nit GH remotiorem cylindrum, et albumesse iubet, distinctae visionis causâ. Quòd si cylinder GH totus cernatur, nihil impediante cylindro CD.

multò minores visu pronunciat; sin aliqua de GH pars omittitur, paulò minores. Sin totus GH occultetur (aequalibus semper existentibus inter se vtroque) maiores¹ visu asserit. Huic affirmato parum aliquid deest.

30 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 maneat 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, transi-
40 retinas 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 Archimadaeae 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 Archimadaeum 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 pictura res repraesentans; id inquam centrum est simul et retinae et vuae et albae seu sclerodis tunicae: ideoque et totius globi ocularis centrum. Nam quod Rabinus ille addit, inuenisse se id punctum in centro visus, *quod sit in centro humiditatis congelatae*, id ex ALHAZENO, suo contribute, 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 ultimo 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 Progymnasmatibus fol. 341. monuit. Cumque visus sibi esset vsurpatione tabellae, cuius structura fol. 342 habetur, errores obser-

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 resedis-
disse in eo, quod *non ex pupilla*, quod TYCHO BRAHE ponebat, *radius visualis potissimum procedat*, siue foramen vuae intelligas, seu corneam
216 hoc obtegentem, vt ipse vsurpare vide! tur: sed ex medio globi puncto, vt iam technicè de radio visuali loquar cum antiqua EVCLIDIS schola.
10 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
20 vtriusque stellae visio, nisi centrum pupillae, manente oculi centro, ex altera linearum in alteram transferatur.

Haec itaque oculi quantitas obseruationibus accuratis affert incom-
1 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 $\delta\psi\epsilon\iota\varsigma$ sese in hoc foramine certò secarent, nec esset sectionis huius punctum per latitudinem oculi quaerendum. Idque PROLEMAEVS est imitatus. Hodiè pro dioptra rimam subtilissimam efficiunt, erectis duobus pinnacidiis penè sese contingentibus. At ne huic quidem rimae, praesertim
30 in breuioribus distantis, fidendum auctores 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. Caeterum euanescunt seu globuli seu cruces in tenebris, et candelâ admotâ visus impeditur. Propter haec, cùm in citimâ, tùm in remotioribus dioptris incommoda, nulla
47 40 TYCHONI BRAHE visa est expeditior collimandi ratio, post diuturnum

Ratio et varietas dioptrarum.

1/2) fol. 342. 36) tegunt

25 Kepler II

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 effectū 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 vnus 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 portione, 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 circum angustiores. 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 τοῦ ἥλιου pars, supra cor eminaret, 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 47²/₅.

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 vmbraam accedente, et exutâ Solis radiorum parte potissimâ. In Solis Eclipsibus diu latet initium, subito 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
 10 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, interposito 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
 20 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 illustant suam superficiem. Faciunt
 219 igitur, vt quae ibidem pinguntur minus clara, quâ 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
 30 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*
 40 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 tantum, sed et nigra, exilia si fuerint et immodicè remota, duplicata intuentur.

Quare prae claritate Lunae, aut Iouis aut Veneris, minutiona 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 proportionem est: quare et sensio penè nulla. Nam 10 vti se habet distincta retiformis pictura ad distinctam visionem, ita fortis picturae illustratio ad fortem sensationem: in qua spiritus multum patiuntur. Magis fortasse spectat hoc ad alterum visus vitium, quod sequitur. Igitur alter respectus, quo retina lucidorum picturas ampliat, 220 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 20 disiici, nigro coire? Praesertim si videat nigra potissimum 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 inclarescant, 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, 30 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 co- 40 gnationem naturae diffundere, non aliter quàm gutta rubea in aquae

An radii nigro colligantur, dissipantur 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
 127 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, contracta 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
 10 per totum hoc caput placuit inquirere. Hoc itaque ex hoc capite Astro-nomi considerabunt, non semper fidendum esse intuitui oculari aut aestimationi, quantumvis consideratae in quantitate diametri plenae Lunae, aut defectus in Eclipsi: quare non tantum in consilium adhibendos certiores modos alios, sed neque temerè ab iis dissentendum, visus fiducia, si quando fiat, vt dissentiant illi à visu. Demonstratum enim est euidentissimè, ex ipsa visus conformatione, fieri crebrò, ut visui error accadat, dum lucida nimis magna existimat.

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

Cursidera surgente aurora distinctius appareant.

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
 30 vsumpauimus 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) eximiac

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 Sole¹ enim 222
omnis motus et vita et conseruatio, et ornatus coelestium et terrestium;
adeò vt quò propius contempleris, hoc plura in illo vno inuenias mira-
cula: decere Philosophum arbitror omnes naturae thesauros rimari ad 10
dogmata tanto miraculo conuenientia proferenda. Ac cùm iam in Optica
versemur, age quod est in hac scientia nobilissimum excutiamus, huic-
que 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 dis-
tributa. 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 con- 20
clusum 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 can-
dens, quàm carbo. Quorsum respiciens quidam veterum Philosopho- 1
rum, vt est in DIOGENE LAERTIO, non tàm absurdè locutus, quàm ini- 30
què 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 ma-
gnetica discas, 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, suis¹ 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 lenitate sua in caput compulsus, neque
cor sua grauitate in pectus delapsus est: sed vtrumque ita collocatum, quia hoc
modo erat conducibilis. 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 re-
 quirere 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 tam arctè condensari, vel
 illud tam 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 ob-
 stante summa densitate, Solis corpus pellucidum nihilominus erit. Ita-
 que per 11. primi capituli, fluore aliquo constitutum esse, et denique ex
 aqua in summum gradum condensata et depurata, quod et diuinitus
 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 spectabili
 mundo dispenset: animam quoque tanti muneris administram, seu malis
 224 facultatem vitalem, in corpore¹ 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 ma-
 teriam videris inflammari, quae non sit per animalem aliquam facul-

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

* 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 argenteo 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.

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.

Haec igitur animalis in Sole facultas, lucis productrix, etsi per totum corpus fusa totum inflamat, (non vt alienam materiam consumptura, ¹⁰ 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 recoligetur, 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 ²⁰ speculi remoui.

Erumpit tamen potissima pars per superficiem in apertum ¹ aetherem, ²²⁹ de qua nota haec membratim. Primum, 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 coeuntibus: quare nullus fiet egressus vllius puncti (quamuis radiantis in orbem) intra corpus Solis existentis, nisi in lineis perpendicularibus. ³⁰

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 eadem rationationis 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) ⁴⁰

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 aequipollebit 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
 10 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
 226 in tota superficie aspe^lctabili, centrum Solis per refractionem intueri: vt cuius fortissima est illustratio; id nisi tam forte esset, aliquid sanè de Solis corpore cerneres.

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: inter-
 20 medium 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.

† Berosys Chaldaeus, referente Diogene Laertio, Lunam docebat esse ex dimidia parte lucidam, seu vt Cleomedes refert, semigineam, 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
 40 ex parte se ipsa lucere dixit: Quod Plutarchus 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 su¹ per 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 eadem Lunae partes semper in lumine sunt, quod BEROSVS existimabat: Sed eadem 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 impugnamdam 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, inquit, 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 omnem¹ omninò 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 reperiussa et refracta, introduxi, cui nomen communicatae lucis attribui.

Quare etsi his iam expeditis rationibus verissimè euincitur, Lunam non vti luce ex Sole simpliciter reperiussa; 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 obuiò pariete, ab eodem Sole descendens, radiat in omne hemisphaerium, et quacunque Camera illi tenebricosa obicitur, in eam aperta fenestella ingreditur, seque cum suo colore in opposito albo
 10 pariete depingit: vt supra cap. 2. prop. 7. demonstratum est. Quorsum
 † refero illa PLUTARCHI verba, quae reliquis inutilibus excusationibus tandem subnectit, *Luna*, inquit, *multas habet asperitates, inaequalitates multas, vt fulgores, qui à magno corpore accidunt, altitudinibus non exiguis resplendere possint, ac commodè reflecti, implicari, resplendentiamque 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 re-
 percuti à Luna solarem lucem, sed etiam alterari in Luna, vt splendorem ignis in ferro, et sic propriam fieri.

20 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
 † 229 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
 30 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,
 40 mecumque concludit, mecum denique contra POSIDONIVM, vtrique

25) und 40) POSSIDONIUM

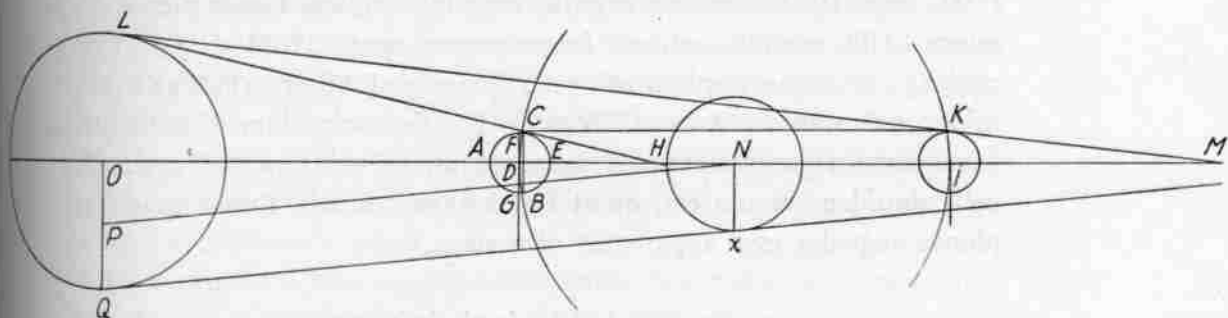
et Lunae et Terrae suos colores tribuit, qui excitati à luce Solis radient in dimidium orbem, vt istà causâ resplendescant Terra et Luna paria faciant. De hac itaque Lunae illustratione certissimi sunt Astronomi: quod à Sole veniat, quodque hîc Lunae corpus ipsum non aliter se exhibeat, quàm quilibet 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 circum, 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. REIN¹ HOLDVS in 230
commentario super Theorîas PYRBACHII 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. 20
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 30
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 illumina¹tionis, tangit etiam Solem illuminantem, cuius centrum 231
figitur 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 40

spectatur vtriusque corporis semidiameter. At vtriusque corporis semidiameter à PROLEMAEO 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 $180^\circ.31'.20''$. et residuus CEB $179^\circ.28'.40''$. 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 umbra 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
 10 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 PROLEMAEI, 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
 30 vicissim plena. In quo situ tangat Lunam et Solem recta KL. concurrans cum HC producta in L. continuenturque LK et DI ad concursum in M. et sit HL ex placitis PROLEMAEI 1210 semidiametri. HC verò et HK 64.

vt CK sit 128 ferè et CL, subtracta CH sit 1146. Hic enim subtilitate non est opus. In triangulo igitur LCK, dantur latera LC, CK, et angulus LCK, cum enim CK et DI sint paralleli, erunt DHC et HCK aequales: quare LCK residuus ad semicirculum, scilicet $179^{\circ}. 44'. 20''$. 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 $180^{\circ}. 28'. 12''$, minor quàm antea. Arcus CEB verò dimetiens circulum visionis CB, 10 Lunâ rursum apogaeâ et plenâ, manet idem, qui prius, nempe $179^{\circ}. 28'. 40''$, siquidem verum est, quod PTOLEMAEVUS 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 umbra terrae et longior, umbra 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 $5\frac{1}{2}$. In superiori 20 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 $5\frac{1}{2}$ qualium NR 1. erit OP talium $4\frac{1}{2}$ 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 $180^{\circ}. 25'. 36''$. arcum.

4. De Lunae Phasibus

30

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 condant, 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

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 ¹ plena disputat, tunc apparere plenam, cum visus est inter Solem et Lunam, et circulus visionis in parte illuminata totus comprehenditur, aut circum illuminationis tangit. Propositione 75. demonstrat, cùm secant se mutuo circulus illuminationis et visionis, axes verò obtusum faciunt
10 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, falcata 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
+ 20 acumini credendum est, quem PLVTARCHVS libello de facie Lunae confirmare videtur his verbis: *Atræ in Luna apparentes maculae, quasi isthmis quibusdam à splendore umbrosa diuidente, ita distinguuntur, vt auulsa à se et suis finibus circumscripta sint et lucidorum in umbrosa penetratio texturæ cuiusdam figuram efficiat.*

5. De aetate Lunae cognoscenda ex Phaseos quantitate

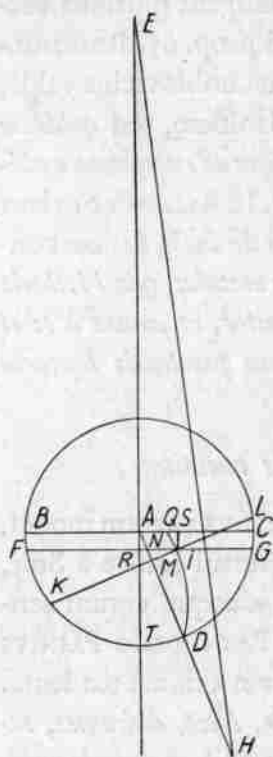
† Iam quod ad ipsas Lunae phases attinet, REINHOLDVS rursum monet, augmentum luminis propemodum respondere digressui Lunae à Sole, quod ex PLINII obscuro quodam loco mutuatur, eiusque verum sensum coniecturis venatur. Mihi paulò aliud quàm REINHOLDO PLINIVS
30 dicere videtur; summa tamen sententiae in hoc ipsum axioma tendente. PLINII itaque locum prius explicabo. *Luna, inquit, lucet, dodrantes, semuncias borarum 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 ¹ 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

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 $47\frac{1}{2}$ 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 PLINIUS 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 non-nihil. Nos et veri propinquitatem et aberrationem leuiculam demon- 10 strabimus 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 20 maior erit angulus AHE. determinans digressio- nem Lunae à Sole, quàm angulus AEH. vtris- que verò iunctis aequalis est exterior et oppo- situs TAH. Ergò TAH maior quidem est AHE digressione à Sole, sed exiguo maior. Sed TAH est angulus, quo inclinatur AH axis vi- sionis, et AE axis illuminationis, ad quem an- gulum latitudo lucentis cornu sequitur. Ergò latitudo seu augmentum lucentis cornu ferè qui- dem, non tamen omnimodè, respondet digressui 30 Lunae à Sole. REINHOLDVS differentiam in qua- draturis, vbi maxima est, ostendit esse graduum trium semisse plus vel minus.

Quod si omnes subtilitates libet consecrari, 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 40



semunciis latitudinis cornu lucentis, dies aetatis Lunae, seu digressionem à Sole scrupulosè velit colligere. Digi-
 ti 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 arcibus 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 vnus rectae, in aequales arcus, latiores qui visui directè obiciuntur, exiles qui in decliua globi versus visionis terminum sese subducunt.

Haec adeò causa est, cur prima nascentis Lunae incrementa valdè
 237 tardè appareant, et vltima euanescentis decrements, 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'. x: 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 concedere videtur REINHOLDVS) non respondeat.
 30

6. Nullum vnquam fuisse merum nouilunium παράδοξον

Quod iam in specie ipsam plenilunii phasin attinet, monet ipse VITELLIO 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-

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

24) Luna

27 Kepler II

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.

Verum quia hinc ἀκριβολογεῖν, liceat et mihi contradicendo ἀκριβο-
λογεῖν. Audiant hanc nouam et admirabilem vocem; quam ex his ipso-
rum fundamentis extruo: nunquam nec visum esse, nec videri posse
vllum perfectum plenilunium. Tantum abest, vt vnum pleni- 10
lunium duas horas duret. Etenim quia semidiameter ¹ vmbrae 238
aequat duas semis lunae semidiametros, addita vna Lunae semidia-
metro, vt centra Lunae et vmbrae spatium iustum expers vm-
brae admittant, conficientur circiter 64. aut 66 scrupula: totidem ne-
cesse est, lunam abesse à Solis opposito seu in longum seu in latum;
nisi vmbra 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, priusquam implea- 20
tur, deficere incipit, vmbra terrae subiens. Nisi forte distant in Bo-
ream parallaxis Austrina, vel contra subueniat.

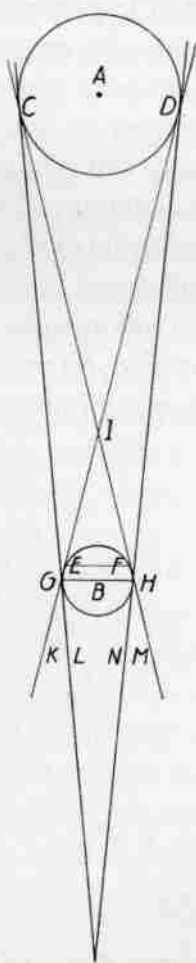
Atque haec de plenilunio. Consimilia ferè de nouiluniis dici possent.
Nam quocunque loco Luna in nouiluniis Solem intactum praeterit, ob
causas iam dictas, cornu habet residuum. Quin etiam in ipsissima centrali
coniunctione, si fortasse minor appareat Sole (de quo infra) circulus
illuminationis descendet intra circulum visionis, et videbitur (si Solem
interim abscondi contingeret à nostro visu) limbus circulariter illumi-
natus. Iam autem praefatus sum, me cum authoribus ἀκριβολογεῖν. Nam
quod rem ipsam attinet, defectus iste in plenilunio perexiguus est, quod 30
hinc facile colliges: quod iam modò dixi, insensiles esse partes illas
versus circulum visionis decliues, quantumuis satis magnas. Esto nam-
que 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.
Cum ergò 90 gradus subtendantur 100000 particulis, 89 gradus parti-
culis 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 40
fuit explorata: etsi Luna propter Boream latitudinem ab Austro, vel

239 contra nondum penitus fuerit impleta. Non tamen negauerim, quin haec
causa initia et fines Eclipsium red¹dat 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 hebe-
scere conuenit.

7. *De συναυγεία, λιπαυγεία in illustratis, et penumbra Terrae*

Accedit namque, quod ex illa parte Lunae, quae iamiam vmbram
10 est delibatura, circulus illuminationis rumpitur, seseque recipit intra cir-
culum 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. sini-
stras 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 col-
lustratur. Dicatur verò notionis causa συναύγεια. Con-
20 nectantur EF. et GH. repraesentantia circulos integros,
minores. Quicquid igitur est inter hos circulos, id col-
lustratur 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 ap-
pellationes eadem, 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, quod¹ puncto
D intersepto, punctum H lumen nullum recepturum
sit, et partibus DA versus C paulatim interseptis ob-
iectu Terrae, lumen ab H paulatim, vsque in F extin-
guetur. Quare GH circulus λιπαυγείας, qui fuit in
superioribus circulus illuminationis, rumpetur ex
parte H. seque versus F circulus συναυγείας recipiet, idque multò
ante quàm incipiat eclipsis. Vt autem quantitates inuestigentur, rursum
ponamus ea, quae VITELLIO et REINHOLDVS posuere, distantiam Solis



¹) hac

Hinc iam et hoc inuestigetur: quanta sit penumbra in transitu Lunae. Producat^{ur} 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
 10 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 $72\frac{1}{4}$. Penumbrae cum vmbra profunditas. Vmbrae verò est circiter 45'. differentia 27 plus minus. Nam vmbra, ex accessu Terrae ad Solem, decrescente, crescit penum-
 242 umbram. ¹ Itaque nondum incipiente Lunâ deficere verè, iam totum ferè Lunae corpus in penumbra est, et circuli *λιπαυγείας* exigua portio
 20 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.

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,
 30 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 συζυγεία 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 experienciâ 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 intuiti Luna in medio clarius cernitur, videtur esse visus affectio, quem in centrum directum clarae partes circumstant vn¹ dique, qui si dirigatur in marginem, iam ex altera parte deseritur à claritate, ingerente sese coeruleo coeli colore. 10
243

At Lunâ iam decrescente, aut nondum plena, planè valent adductae causae, attestante quoque experienciâ. Lumen enim, quod interiorum 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, suprâ 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. falcatae 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. 20
30

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

244 Lunae recta ¹ linea esse putatur, minimè verò curua. Igitur quotiescun-
que 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, perpen-
dicularem ei, quae ex oculo in Lunae centrum. Planum igitur imagina-
rium seu potius superficies oculi quasi plana secatur conum iam dictum.
Iam APOLLONIVS definit Ellipsin hanc esse, quando conus plano seca-
tur, quod neque parallelum sit basi conici, neque subcontrariè positum,
10 sic vt sectio conueniat cum quacunque recta, quae à vertice conici in
superficie ducitur; hoc est, vt conus totus abbreviatur. Hae omnes con-
ditiones 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 con-
iunctione 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
20 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 vltiore, cauum Lunae falcatae, gibbumve ἀμφικύρτου de-
terminans, 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
30 infra in quodam problemate vtile. Posset ex 56. quarti VITELLIONIS pro-
bari, 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-
4 245 TELLIO, ¹ iam SERENVS reliquum suppleret, qui ostendit conici et colum-
nae sectionem esse eandem. Hoc itaque differt defectus falcatae Lunae à
defectu obtenebratae, quod ille terminatur Ellipsi, hic perfecto circulo.

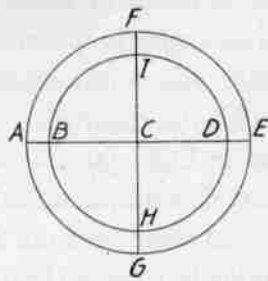
Quemadmodum verò sectio falcatae vel gibbosae Lunae est elliptica,
sic dimidiatae necessariò quidem recta apparere debuit. Vide VITELL.
l. 4. p. 76. et ARIST. loco dicto. Videtur autem ei ad rectitudinem exi-
40 guum aliquid deesse. Anno 1602. 11. 21. Decembris vesperi diligenter

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 $180^{\circ}. 31'. 20''$. in plena $180^{\circ}. 28'. 12''$. Ergò in dimidiata erit $180^{\circ}. 29'. 46''$. 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 appars lucida sit ICHD. obscura ICHB. Cùm ergò de proportionem 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 239¹ ad 241. sensu distinguì potest à proportionem aequalitatis. Altera enim alteram 15'' circiter secundis excederet. Quare tutò contemni potest. Atque hoc quoque infra expediet, hac nos suspitione liberatos esse.

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 expedit, 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. Quamuis 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.

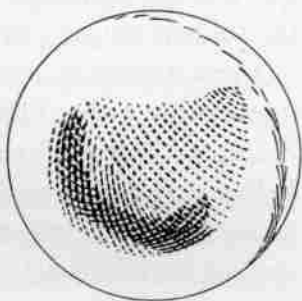
10 Anno 1602. 21. 31. Decembris manè hora 6 per artificium capite 2.

† 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

247 parte gibbi: nam ibi dilutior cernebatur. Medium verò vna continua¹ macula seu tenebrositas erat, obscurior alibi, alibi clarior. Neque putes in papyro fuisse, quod sim opinatus inesse radio Lunae; transferebatur enim et

20 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 ingressit, 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-

40 modauerimus, liberabimur hac opinione, quae permultum habet difficultatis, causamque macularum, non repugnantibus his authoribus,

aliorum 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 facile patet collatione instituta cum resplendentibus aliis, penes nos, quorum, quo magis quilibet perspicuum, hoc minus repercutit radiorum. Nec ita¹ multis Terrae diametris à nobis Luna discessit, vt à Terrenis²⁴⁸ 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 vmbra¹⁰ usque ad Lunae corpus prorogat: An non rariorem hoc ipso nostro aëre fecerimus Lunam, si per quingenta millia 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, tam 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 vnus miliaris spatio³⁰ 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 millia sint, vsque ad illam montis vmbra¹; subtendet igitur vmbra¹ montis vix 4'' secunda. Quare quindecim miliarium altitudo demum vnum minutum vmbrae addit, quorum ad 90 sunt in vmbrae dimetiende. Quare si quid irregulare in partialibus Lunae defectibus occurrit, id ab ipso Lunae corpore necesse est originem⁴⁰ 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
 10 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.

Horà 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 circumstantià cendum esset, vel expressione temporis, lector curiosus errore horologii, si quis fuit, coniiceretur in difficultates. Quae alia de hac Eclipsi annotauit, dicentur infra cap. 7. n. 3.¹

250 Anno 1598 die 11. 21. Februarii manè cùm Luna paulò ante quintam
 30 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 vmbrae sese insinuantibus, quasi discerpta aut laniata, quique arcus esse debuit, vmbrosam à lucida parte distinguens, asseris confracti limbum repraesentauit inaequalitate sua. Credo equidem adiuuissse crepusculum. Nam ab eadem septentrionali vmbrae parte Luna affecta Anno 1601 Decembri, et hoc 1603 Maio,
 40 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 sensibilibiter 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 proportionem ad suum globum, quam sunt terreni in sua proportionem. 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, 10 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, 15 aquam aut aërem calig¹nosum 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 reperiendum Solis lumen ferè in omnes plagas sint aptae, hoc vero iuuat lucem communicatam. Quo minus enim nigra, hoc magis alba. 20 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 25 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 40 obiecit, adeò vt cum orta subito nebula coeli mihi faciem interceptis-

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 facillè 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 re¹ctis propemodum lineis intueri potuissem? Atque haec sanè oculis fidem faciebant, plus ab aqua claritatis existere solere, quàm à Terris, non simplici re²percussu; 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 dicitur, 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 re-
percuti.

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 cir-
culo, sed planè tota facie rotunda cernitur. Verùm nulla harum causarum proba est. De lumine in defectu Lunae residuo dicitur 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. Oc-
tobris, indice TYCHONIS BRAHEI calculo Luna ferè περίγειος Soli centra-
liter in dictis regionibus obiicietur. Nam quod TYCHO diametrum Lu-
nae in Solis Eclipsibus minorem esse opinatus est, quàm quae Solem totum occupare posset, de eo dictum nonnihil est in Appendice ad eius

Eclipsis magna an-
no 1605.

8) subuexisset 33) Rhaetias

Progymnasmatum primum To^l 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 cor-
 pus 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 pro-
 positâ quaestione, ratiunculas passim colligit, quibus efficere nititur,
 non debere radios Solis penitus transire Lunam aut claritatem illi con-
 ciliare. Ita planè contrarium dicit eius, quod VITELLIO: forsitan ex effectu 10
 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 ambigüe disputant. VITELLIO, transiri corpus Lunae ra-
 diis Solis, et transitu facto, valde quidem debiles, sed tamen conspicuos 20
 esse, et in oculos incurrere dixit, at non aliâ vice, quàm cùm Luna pro-
 xima 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 cor-
 pore, diametro per Luminaria iam à nostris oculis aberrante, dixit, Lu-
 nae 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 30
 sit, infra clarè ostendetur, idque tunc maximè conuelleretur, 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 mar-
 gine, sed in toto corpore, nec vno, sed duobus tribusve diebus, imò
 et in quadraturis nonnihil, vbi semicirculus illuminationis planè post
 Lunam latet.

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 latius 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.

- 10 Caeterùm veram causam MÖESTLINVS 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 praecedat, non obscure-*
- 20 *tur. 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, quòd 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*
- 25 *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*
- 30 *esse fortitudinem et resplendentiam: 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 con-*
- innectâ 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*
- 40 *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, ut 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 tam 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 quotidie maximè aestiuis die-
 bus in oculos incurrit, quanta diei claritas existat, Sole terras rectiori
 angulo feriente. Nam terra reuibratis orbiculariter Solis radiis vndique
 in aërem omnibus suis partibus, tantum efficit splendorem, ut oculi
 conniueant. Desinant¹ igitur Peripatetici succensere PLVTARCHO, quod
 Terram is in coelum intulerit, hoc est Lunae corpus terrestre esse tradat:
 cùm videant certissimis experimentis constare, quod in lucis consorti-
 um, 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 tem-
 pore superiores fuerint Graeci apud Famagustam (Salaminem puto di-
 cere voluit, non Cypri urbem, 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 ob-
 seruavi, proximè Pleiadas stantem, ut non integra diametro abesset,
 intermicantibus distinctè omnibus stellulis Pleiadum. Ut taceam, quod

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 tantum nullam lucem ostendit, quam sibi ipsi acceptam ferret, sed etiam densitatis et opacitatis est conuicta.

27 10 Suspiciones verò de luce in totalibus suis deliquiis, ¹ infra diluam, vbi de vmbra egero. Ostensurus namque sum hanc quoque potissimum à Sole venire.

11. De prima Phasi seu exortu Lunae

Cur ad primam Lunam tam diligenter attenderint gentes, quae lunari anno utebantur, 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, cum PVRBACHIVS dixisset, Lunam eodem die veterem et nouam cerni posse, quod cum antiquitate congruit, qui nouilunii diem ex eo
 ἐν τῇ 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 accommodandis valdè sudat. Denique ad experientiam prouocat. Ego, ne nihil
 30 hinc afferam, existimo, hanc rem regulis comprehendere non posse. Verè enim REINHOLDVS ait, aestiuas noctes claritate suà 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 gracilius apparet: quod quidem REINHOLDVS sibiipsi sollicitè obiicit;

vicissim tamen totus Lunae discus integro terrae lumine¹ fruens, facile 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 tantum ob causam, sed etiam ob id, quòd Lunae lumen clarissimo die cerni potest praesente Sole, iudico altitudinem poli, et varietates exortuum propemodum cadere, fierique facile 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 trans-eunt, hoc maiorem claritatem efficiunt, hocque magis oculos excaecant.

Anno 1598. 21. 31. Iulii manè Gratii vidi Lunam circa 16^o clarissimè, vt spes esset, et postridiè visum iri: sed nubes insequentem diem occupabant. Erat Sol circa 7. δ .

Anno 1603. 25. Aug. vel 4. Sept. Sole in 11 η . Luna in 24 δ et tamen deiecta in litem austrinum, visa nihilominus est clarissimè.

Anno 1603. 4. 14. Martii vesperi, Lunam adeò clarè vidi, vt planè necesse videretur, videri et pridè potuisse, nisi coelum ab occidente fuisset nubilum. Fuit Sol hora 6. in 23°. 49'. κ . Luna in 14°. 43'. γ . 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 obiiicitur, quòd radiis transmittant: quare multò eui¹ dentius cernuntur, 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 tam 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 interdum sidera lateant, non
 10 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 reperiussa sideris instar erat.
 20 *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. †

260 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

30 Existimat ALBATEGNIUS 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 pellucencia, 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, extinguì, 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, ¹ vt in ipso interdum coniunctionis articulo cerni queat instar magnae stellae, vt annotatum inueni in Braheanis obseruationibus, nec oblitteretur 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.

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 hìc 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 mutuatum, 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-

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, rubet, si ex rubino multa lux pelluceat, Iouio similis ¹ fulgor constituetur. Si clarissimum et pellucidissimum sit, flauum corpus, exque eo 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 falleret 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 mications ciet Arturo, cur longiores? Et cur cor Scorpii adeò celeres, oculus Tauri adeò tardos, prunam sub cinere vigentem te cernere diceres. Capella 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 Progymnasmatibus placuit, partiumque et superficierum, aliarum post alias explicatione proueniens.

Anno 1602. 19. 29. Decembris vesperi Venus iam multum decliuus, per patentem fenestram in obscuram Cameram radiabat clarissimè. Aura erat frigidissima. Scintillabat Venus concitatissimè. Cùm ad album parietem respicerem, in quem radius Veneris pro amplitudine fenestrae allaberetur, vndulabat ille, quasi ¹ fumo flammam impediante, 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 aerae mutationem contuli. Sed paucos post dies, nempe 5. 15. Ianuarii anno 1603. vesperi coelo iterum sereno, cum Lunae triduanæ superessent ad Venerem octo circiter gradus, et vtraque per eandem fenestram radiaret; videbantur vtriusque radii in satis euidenti proportionem, sic vt Luna quidem multò clariùs irradiaret, quàm Venus, sanè, quia et maius eà 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. Attinisset enim et Lunam.

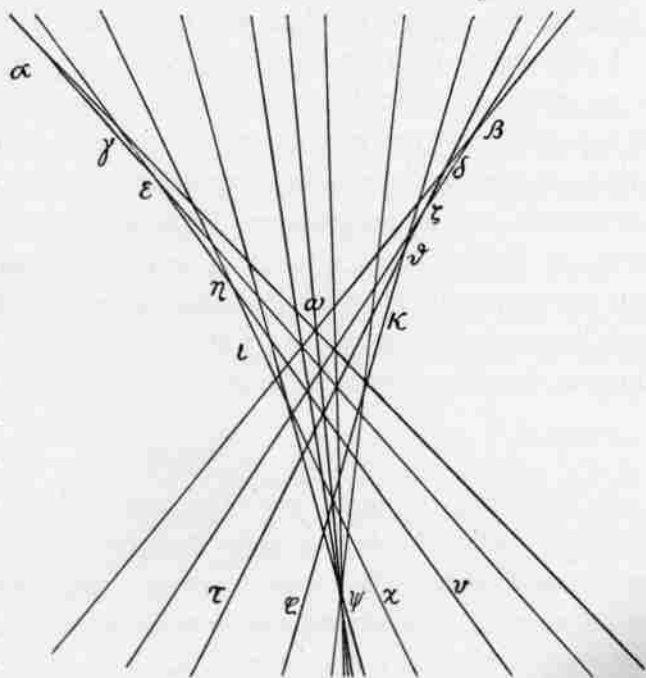
Porro hanc de luminibus siderum, quamvis Physicam magis, quàm Astronomicam mentionem tantò libentiùs inieci, quod non impossibile existimem, Veneris, Iouis, aliarumque stellarum azimutha, et altitudinem per sua in parietes illata lumina metiri. Vidi namque anno 1601. mense Decembri, Iouis et Spicae Virginis distincta lumina per eandem fenestram in eodem albo pariete. Cogitet de hac re Studiosus observationum coelestium, adhibeatque, si opus est, etiam specula plana, in quae despiciatur. Semper enim, nescio quo pacto, ad despiciendum procliuiiores sunt oculi, quàm ad suspiciendum. ¹

13. De Cometarum lumine

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 effinxis monstrum. Si auram aetheriam, quaero, cur illa non quotidie 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.

- 10 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. Inclinatione igitur seu deflexus caudae à Solis diametro est
- 20 nihil aliud quàm pars curuaturae. Itaque quae rectà à Sole coeperat produci, omnibus articulis incuruata, tandem speciem praebuit declinantis.
- 26f Dicite, Pierides, quae sit causa in flexionis huius, et de inclinatione constabit. Non parallaxis. Nam vt infra cap. 9. dicitur, 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
- 30 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
- 40 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 10 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 latiore. Nam haec omnia ex globi solidi pellucidi legibus sequi necesse est.¹

Sequitur 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 20 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 eadem constant 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 30 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 40

† 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.

10 Iam concessâ semel illuminatione aurae aetheriae, concedentur et certi propin-
 267 quita¹ 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 co-
 20 gantur ad vnum quasi punctum, ibique sectione factâ rursus dilatentur: extre-
 20 mitates itaque caudae laterales vtrunque 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
 30 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
 30 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 obice 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 figurà esse, propter^{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 περιγεios nigrior sit vmbra inuolutâ, quàm ἀπὸ γειος, quam quaestionem hic ex professo trademus.

2. *Περὶ ἀδόξου Lunam non obscurari ab vmbra Terrae*

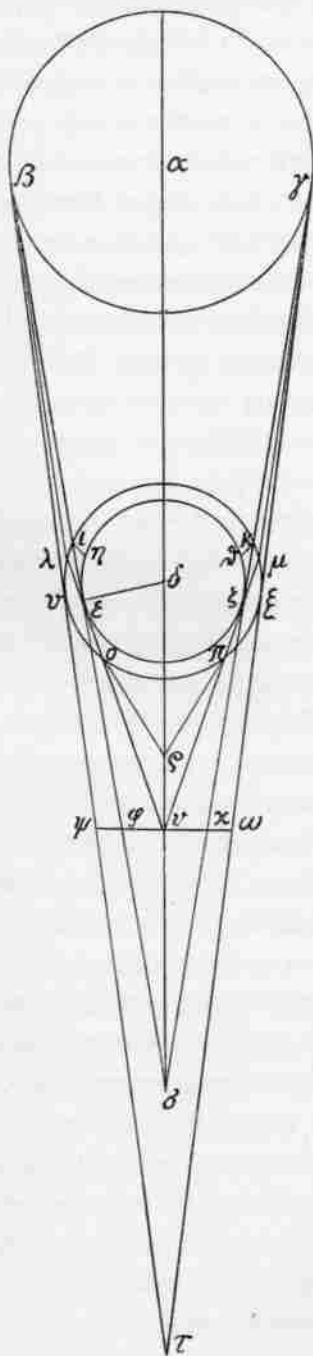
His itaque sic se habentibus, cùm inde à nata Astronomia fuerit in confesso, deliquia Lunae prouenire ex incursu eius in vmbra Terrae, 20 calculus etiam super his exstructus fundamentis tantùm non subtilissimè responderit euentui: summam difficultatem obiicere huic negotio videntur illa, quae capite 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 vmbra 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 $\beta\gamma$ circulus maior, Solem repraesentans, centro δ circulus $\epsilon\zeta$ Terrae minor, et ducantur contingentes $\beta\epsilon$. $\gamma\zeta$. vsque dum 30 in σ concurrant, cum $\alpha\delta$ axe. Manifestum est $\epsilon\sigma\zeta$ futuram vmbra Terrae, si $\beta\epsilon$. $\gamma\zeta$ irrefracti peruenirent. At iam Terrae globum $\epsilon\zeta$. amplectatur sphaera aëris $\iota\kappa\pi\theta$. cuius est medium densius medio aetheris, quare $\beta\epsilon$. $\gamma\zeta$ ingressurae aërem in punctis ι . κ . non possunt peruenire in ϵ . ζ . sed refringuntur in $\iota\eta$. $\kappa\theta$ 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

269 $\beta\iota$. $\gamma\kappa$ proiicit, quorum vtiq̃ue aliqui contingent terrae orbem, et transi-
 bunt praeter terram in partem aëris oppositam. Sint $\beta\lambda$. $\gamma\mu$ radii, qui
 10 refringan¹ tur in $\lambda\sigma$. $\mu\pi$. contingentes terram in ε . ζ . Ex iis autem, quae
 TYCHO BRAHE experiundo constituit, $\lambda\varepsilon$. $\mu\zeta$
 horizontales radiationes refractionem pa-
 tiuntur 34' minutorum. Quare angulus $\beta\lambda\varepsilon$
 est $179^\circ. 26'$. tantus et $\gamma\mu\zeta$. Ac cum per 9
 decimi VITELLIONIS eadem accidunt in in-
 gressu, quae in egressu: Erit igitur $\lambda\sigma\rho$
 10 itidem $179^\circ. 26'$. sic et $\mu\pi\rho$. Quare vmbra
 terrae genuina erit $\varepsilon\sigma\rho\pi\zeta$. imò adhuc bre-
 uior, 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 $\lambda\varepsilon$. $\mu\zeta$ profundita-
 tem aëris ad nos ingressa. Diem enim nobis
 praestat nihilo minus, et vmbra à corpori-
 bus proiicit. Etsi igitur $\lambda\sigma$. $\mu\pi$ spatia dupla
 20 sunt ad $\lambda\varepsilon$. $\mu\zeta$. non tamen fieri poterit, vt
 penitus lux aboleatur.

Porro ex his suppositis facilè habetur alti-
 tudo $\delta\rho$ vmbrae terrae, quam facerent radii
 $\lambda\sigma$. $\mu\pi$. quamuis alii adhuc breuiorem prae-
 stent, vt infra dicetur. Supra cap. 6 Numero
 3. angulus $\varepsilon\sigma\zeta$ determinatus est ex suppo-
 sitis Ptolemaicis gr. $0^\circ. 25'. 36''$. In trian-
 gulo verò $\lambda\beta\varepsilon$. iuncti $\lambda\varepsilon\beta$. $\lambda\beta\varepsilon$ faciunt 34'.
 At quia $\lambda\beta\varepsilon$ planè est insensibilis, propter-
 30 ea quòd $\lambda\varepsilon$ breuissima aëris portiuncula in-
 sensibilis est ad $\lambda\beta$. quae aequat 1200 semi-
 diametros terrae; ideo $\lambda\varepsilon\beta$ solus est 34'.
 Continuetur $\lambda\sigma$ in ν . Ergo in $\sigma\varepsilon\nu$. erit $\sigma\varepsilon\nu$
 270 34'. et $\varepsilon\sigma\nu$ est 12'. 48''. dimidium ¹ $\varepsilon\sigma\zeta$.
 Quare exterior et oppositus $\varepsilon\nu\rho$ aequat
 vtrumque, estque 46'. 48''.

Amplius in $\nu\sigma\rho$ triangulo datur $\nu\sigma\rho$ 34'.
 et $\sigma\nu\rho$ 46'. 48''. et $\sigma\rho\delta$ est exterior et op-
 positus, aequat igitur vtrumque, estque $1^\circ. 20'. 48''$. Ducatur ex ρ
 40 contingens ad circulum terrae $\varepsilon\zeta$. sitque $\rho\varepsilon$. et punctum contactus ε



cum δ centro coniungatur. Igitur in $\delta\epsilon\rho$ rectangulo dantur anguli, quia $\epsilon\rho\delta$ planè exiguus, et insensibili minor est quàm $\phi\rho\delta$. 1° . $20'$. $48''$. Sit tamen 1° . $20'$. Vt autem sinus $\epsilon\rho\delta$ ad $\epsilon\delta$ semidiametrum Terrae, sic $\delta\epsilon\rho$ ad $\delta\rho$ altitudinem vmbrae. Hinc igitur ipse mucro vmbrae prodit non altior à δ centro, quàm 43 semidiametrorum, cùm aliàs $\delta\sigma$ ex his suppositionibus existimaretur 268 semidiametrorum. Luna verò cùm proximè terram accedit, ad 54 semidiametrorum confinia venit, 11 diametris superior transiens, quàm umbra terrae, per $\lambda\theta$. $\mu\pi$ terminata, desinit. Haec itaque demonstratio verissima est, nisi quantum in angulo refractionis maximae horizontalis à vero receditur, qui non vbique ter- 10 rarum 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 sub- ruto collabitur? Nempe hoc dicendum, quod res est, aequis auribus nos excipite, ô veneranda antiquitas, Refractionum enim negotium in vestrum honorem deserere non possumus, à TYCHONE BRAHEO firmis- simè 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. 20 Contingant sphaeram aëris in ν . ξ lineae $\beta\nu$. $\gamma\xi$. concurrentes cum $\alpha\delta$ in τ . Dico igitur $\nu\tau\xi$ vmbram aëris, id esse, quod Lunam suo lumine priuat. Itaque quale opacum, talis umbra, 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 principium¹ Eclipsis in umbra 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 30 horizontem apparentibus. Cùm enim visio fiat radorum receptione, non aliâ transibit visus noster in plano Horizontis constitutus, aliâ radii luminarium, sed radii Solis ad Lunam in umbra aëris versantem, eandem inuenient viam per aërem, quam nostri oculi signant.

Hic aliquis obiiciat, nihilominus turbatum iri calculum Astronomorum. Nam si non terra $\epsilon\xi$. sed laxior aëris sphaera $\nu\xi$ vmbram proiicit, certè nos terrae insistentes, non aëris superficiei, parallaxes et altitudines Lunae metimur semidiametris terrae $\epsilon\delta$. non aëris $\nu\delta$. Vmbram igitur in loco transitus Lunae semidiametris terrae non aëris mensi, cum illa tamen ab aëre exoriatur, et supponentes, illam in terra tantam habere 40 crassitiem, quanta est nostra mensura, ortam ex terra, vtique extenua-

mus illam; vnde fit, vt Sol nimium altus nobis in nostro calculo euadat. Sit ν locus, vbi Luna transit, crassities vmbrae ex terra esset $\varphi\chi$. vmbrae verò ex aëre est $\psi\omega$. hanc per $\varepsilon\delta$ metientes perinde est, ac si lineas $\varepsilon\psi$. $\zeta\omega$ falsa imaginatione duceremus, quae vt Solem $\beta\gamma$ 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 milliariis, etiamsi horizontis refractione plane 34' sit. Talium verò terrae semidiameter habet 860. Quare
 10 dum mille septingentas terrae semidiametros computamus, vna nobis deest ob altitudinem aëris. At potest de 60 semidiamentris 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 ra-
 272 diis Solis per aërem admissis et refractis etiamnum illu¹stratam, etiam cùm deficit tota, respiciat diligenter ad Eclipses Lunae totales, inueniet hanc illustrationem in oculos incurrentem. Neque nuper mentionem
 20 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 inter-
 itum solent consequi; non vtique mutationibus neque decrementis sese subiiciet. Sed cum PROPRIVM LVMEN nactum sit imbecillius, quod ad nostros visus nequit facillè pertingere: mutuato ex Sole, lumine alio splendidior apparet, vt illuminet terras et aërem. Cùm igitur Terra radiationibus solaribus intercedit;*
 30 *tunc Luna solari luce priuata; et obtenebrata cono vmbrae, rursum DEBILIOR ET OBSCURIOR 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 ILLUSTRATA QUIDEM 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
 40 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 enecta, 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 REINHOLD¹ DO. Profundam enim vmbram ingressa nigrior apparet; altior et apogaeo propior rubicundior, 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. 273 10

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 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 praescribere, 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 prunum potius quis alienum à Luna dixerit ac mixturam potius luminis deficientis (egregiè mecum) et per vmbram enitentis, proprium verò nigrum et terrestrem.* 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 omnè lumen proprium prop. 77. libri 4. huic tamen rubori Lunae in Eclipsibus videtur destinasse propositionem 31. libri 2. *Vmbram, ibi ait, remotioribus partibus minus umbrescere.* 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 aliud in suo corpore pateretur, profundius et caliginosissimam partem 40 274

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 vmbrae rasisit; cum hunc ruborem prae se ferret.

10 Refert CORNELIVS GEMMA Cosmocritics libro 2. folio 64. Anno 1569 Martii die 3 *manè horâ tertiâ, Phoebe 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
20 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 refractione existeret. Quod verò GEMMA addit, horam noctis tertiam, videtur potius ex Ephe-
30 meridibus 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
275 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
40 ☽ maximae, ad horam 2°. 58'. inuenio annotatum, *Lunam iam ad ortum*

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 euident 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 caliginosior partem ingrediente. Vltima ex Sole lux desinebat in ἀκμῇ 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 vmbra 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.

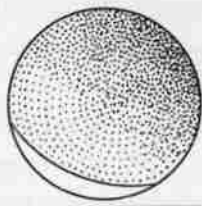
Vide tale quippiam et infra cap. 11. probl. 31. in Eclipsi Lunae anni 1603. 8. 18. Nouemb. ¹

Sed nullum clarius exemplum suppeditari potest, quàm quod vidi 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 censere-tur 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, vmbrae 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 opposuère. 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

[illegible]

Grain diameter at verite	13		14		15		16		17		18		19		20		21		22		23		24		25		26		27		28		29		30		31		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	
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	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																																																						
80	31	0	12	0	31	0	34	0	31	0	39	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																																				
81	31	0	12	0	31	0	34	0	31	0	39	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																																				
82	30	31	0	12	0	31	0	34	0	31	0	39	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																																			
83	30	31	0	12	0	31	0	34	0	31	0	39	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																																			
84	30	31	0	12	0	31	0	34	0	31	0	39	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																																			
85	30	31	0	12	0	31	0	34	0	31	0	39	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																																			
86	30	31	0	12	0	31	0	34	0	31	0	39	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																																			
87	30	31	0	12	0	31	0	34	0	31	0	39	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																																			
88	30	31	0	12	0	31	0	34	0	31	0	39	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																																			
89	31	0	12	0	31	0	34	0	31	0	39	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	31	0	12	0	31	0	34	0	31	0	39	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																																				
91	30	31	0	12	0	31	0	34	0	31	0	39	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																																			
92	30	31	0	12	0	31	0	34	0	31	0	39	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																																			
93	30	31	0	12	0	31	0	34	0	31	0	39	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																																			
94	30	31	0	12	0	31	0	34	0	31	0	39	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																																			
95	30	31	0	12	0	31	0	34	0	31	0	39	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																																			
96	30	31	0	12	0	31	0	34	0	31	0	39	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																																			
97	30	31	0	12	0	31	0	34	0	31	0	39	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																																			
98	30	31	0	12	0	31	0	34	0	31	0	39	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																																			
99	30	31	0	12	0	31	0	34	0	31	0	39	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																																			
100	30	31	0	12	0	31	0	34	0	31	0	39	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																																			
101	30	31	0	12	0	31	0	34	0	31	0	39	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																																			
102	30	31	0	12	0	31	0	34	0	31	0	39	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																																			
103	30	31	0	12	0	31	0	34	0	31	0	39	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</																																																																		

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 transmittibat; pars denique lucida immunis vtriusque vmbrae, puro Sole, vel eius aliqua particulâ, fuerit potita.¹

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 recorderer 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

³¹ Kepler II

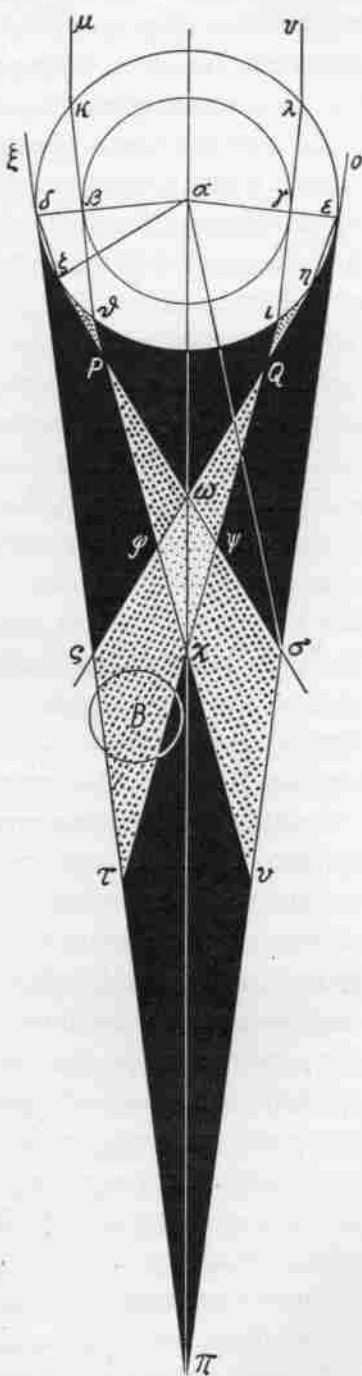
coloribus. Sin autem de solo tenuissimo Lunae pallore, seu cinereo colore quaestio sit, vnde is in Lunam perueniat, et an de proprio Lunae lumine sit, respondebo cum PLVTARCHO, hanc luculam conciliari Lunae à sideribus Solem circumstantibus, seu quicquid aliud est in coelo lucidum. Id fecero aequo TYCHONE, qui solam Venerem supra sufficere putauit (quam¹ uis minus consideratè) quae Lunae tam forte lumen conciliaret, vt eo per crepusculi claritatem eximiam enitatur, à Sole digressa. 278

Nulla nox tam 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 10 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 attenuatà, 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 tam luculentis causis huius luculae suppetentibus, nihil est opus Lunae proprium lumen tribuere. 20

5. *Problema: Refractiones in longissimè distantibus regionibus metiri ex observatione 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, Lunarum corporis partem genuinae vmbrae omninò permisimus obscurandam. Quo loco ne contradictoria quis proposita existimet, velim illud consideraret; non omnibus locis 30 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 $\beta\gamma$. et laxioris¹ circa hunc 279 aëris $\delta\epsilon$. sitque $\delta\epsilon$ circulus illuminationis aëris: et $\xi\delta$. $\theta\epsilon$ Radii ab extremitatibus Solis coëant in π . determinantes vmbram aëris, quae Eclipsin Lunae causatur. Tangentes verò sphaeram aëris in δ . ϵ . refringantur in $\delta\zeta$. $\epsilon\eta$. ibique egressi rursum refringantur in $\zeta\omega$. $\eta\omega$. Erit igitur $\alpha\omega$ citimus vmbrae terminus. Nam quod attinet partes Solis intra $\delta\epsilon$. $\theta\omega$ radios 40

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 $\zeta\omega$. $\eta\omega$. Rur-
 sum sint β . γ . loca in meridiani terrae op-
 positis semicirculis, in quibus locis, cen-
 tro Solis in linea $\alpha\omega$ constituto, totus
 vtrinq̃ue Sol refractè cernatur, margine
 infimo stringens horizontem: ita vt $\mu\kappa$. $\nu\lambda$
 10 refringantur in $\kappa\theta$. $\lambda\iota$. indeque in $\theta\chi$. $\iota\chi$.
 secantes $\zeta\omega$. $\eta\omega$ in P. Q. Necesse est, per ea,
 quae cap. 5. Num. 3. prop. 9. demonstrata
 sunt, vt si maximè $\xi\delta$. $\mu\kappa$ paralleli fuis-
 sent, sic et $\omega\varepsilon$. $\nu\lambda$. tamen $\xi\delta\zeta\omega$. et $\omega\varepsilon\eta\omega$ ci-
 terius concurrere in ω . quam $\mu\kappa\theta\chi$. $\nu\lambda\iota\chi$.
 Multò id iam magis, inclinatis illis lineis,
 quia $\xi\delta$. $\omega\varepsilon$ à superiori Solis margine venire
 ponuntur, $\mu\kappa$. $\nu\lambda$ ab inferiore. Ita χ erit
 remotius, quàm ω . et $\theta\chi$. $\iota\chi$ termini ra-
 20 diationum refractarum alteri. Nam quae-
 cunque radiationes praeter $\mu\kappa$. $\nu\lambda$ à su-
 perioribus partibus corporis solaris in κ . λ
 280 inciderint, sectione fa'cta in terram im-
 pingent; cum $\mu\kappa$. $\nu\lambda$ sint vltimi non im-
 pingentium in terram, sed eam refractione
 factâ tangentium in β . γ . His ita positis
 continentur $\zeta\omega$. $\eta\omega$. $\theta\chi$. $\iota\chi$. donec se mu-
 tuò secant in ϕ . ψ . et amplius donec secant
 30 $\delta\pi$ in ρ . τ . et $\varepsilon\pi$ in σ . υ iunctis. Erit igitur
 in medio vmbrae regio conica biuertex
 $\phi\chi\psi\omega$. in qua circulariter allapsi refracti
 colliguntur, circa altitudinem à Terra 43
 semidiametrorum. Rursum erit in vmbra
 Terrae quaedam obliqua, et in aciem de-
 sinens corolla, repraesentata duobus locis
 per spatia $\zeta\theta$ P. $\eta\iota$ Q. in qua lux Solis refracta
 spargitur circulariter, collectior tamen in
 circulo P. Q. vbi rursum regio conica caua
 incipit per $P\omega\phi$. $Q\omega\psi$ repraesentata, in qua iterum refracta lux Solis, sed
 40 tamen debilior, spargitur, quia per latiorē regionem. Vtrum autem

36) $\kappa\iota$ Q.

Chasmata. alterutra harum seruiat illuminandis chasmatis, quae ferè semper septentriones spectant, Physici iudicent. Denique restat conica vtrunque excauata regio vmbrae per $\rho\phi\chi\tau$. et $\sigma\psi\chi\upsilon$ repraesentata, per quam multò latius dispergitur lux Solis refracta, estque multò altior 43 semidiametris Terrae, et in medio per meram vmbra $\tau\chi\upsilon$ excauata. Hic igitur est locus, quem Luna traiecit.

Vt hanc regionem dimetiamur, nota primò, quod supra cap. 4. numero 6. prop. 9. refractionis radii ex aethere tangentis aërem (posito, quod is, qui refractus Terram tangit, refractionem 34' patitur) fuit $1^{\circ} 1'. 30''$. Angulus ergò $\xi\delta\zeta$ est $178^{\circ} 58'. 30''$. Et arcus ideò $\delta\zeta$ $2^{\circ} 3'$. per 2. 10 tertii EUCLIDIS. Et cum sit $\delta\pi\alpha$ (vt supra, et cap. 6.) $12'. 48''$. et $\alpha\delta\pi$ rectus, erit $\delta\alpha\pi$ $89^{\circ} 47'. 12''$. Subtracto $\delta\alpha\zeta$ $2^{\circ} 3'$. erit $\zeta\alpha\pi$ $87^{\circ} 44'. 12''$. qui est $\zeta\alpha\omega$. Et quia $\xi\delta$ tangit circulum, tanget et $\zeta\sigma$. per 9. decimi VI-TELLIONIS. Quare $\alpha\zeta\omega$ rectus. Prius autem erat $\zeta\alpha\omega$ $87^{\circ} 44'. 12''$. Ergò $\zeta\omega\alpha$ est $2^{\circ} 15'. 48''$. Hinc qualium semidiameter aëris $\alpha\zeta$ est 1. talium $\alpha\omega$ fiet non longior $25\frac{1}{3}$ semidiametri. Et quia $\zeta\omega\alpha$ est $2^{\circ} 15'. 48''$. erit et $\sigma\omega\pi$ tanta. Sed $\omega\sigma\epsilon$ exterior aequat ω . et π interiores et oppositos, et $\omega\pi\sigma$ est $12'. 48''$. Ergò $\omega\sigma\epsilon$ erit $2^{\circ} 28'. 36''$. Cum verò $\delta\theta\epsilon$ circumferentia fuerit $179^{\circ} 34'. 24''$. vt cap. 6. numero 4. dictum, et $\delta\zeta$ sit $2^{\circ} 3'$. erit $\zeta\theta\epsilon$ $177^{\circ} 31'. 24''$. cuius dimidium $88^{\circ} 45'. 42''$. qui est $\epsilon\alpha\sigma$. vel $\zeta\alpha\sigma$. 20 quia $\zeta\sigma$ et $\epsilon\sigma$ sunt tangentes. Quare $\alpha\sigma\epsilon$ $1^{\circ} 14'. 18''$. Hinc qualium semidiametri aëris $\alpha\zeta$ est 1. talium $\alpha\sigma$ fiet $46\frac{1}{3}$ semidiametri Terrae. Hic 281 ergò incipit regio illuminata refractis Solis radiis.

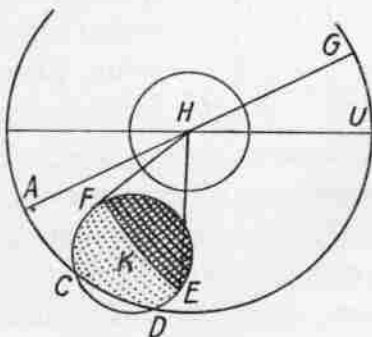
Rursum quia $\beta\gamma$ arcus superior, per ea quae posita sunt, (et per cap. 6. numero 8.) debuit esse $179^{\circ} 23'$. si radii Solis irrefractè peruenissent, vterque verò obseruator in β . et γ . Solem per 34' videt iusto altiore, augetur ergò iste arcus per $1^{\circ} 8'$. fitque $180^{\circ} 31'$. quare inferior arcus $\beta\gamma$ $179^{\circ} 29'$. Cuius dimidium $89^{\circ} 44'. 30''$ est $\beta\alpha\chi$. quare $\beta\theta$ continuata, cum $\alpha\chi$ concludit angulum $15'. 30''$. et $\theta\chi\alpha$ exterior aequat illum simul, et complementum ipsius $\beta\theta\chi$. siue $34'$. Est itaque $\theta\chi\alpha$ $49'. 30''$. Et cum 30 $\chi\theta$ continuata secet $\alpha\delta$ inter β . δ . proximè β . parùm referet, siue $\alpha\beta$. siue paulò maiorem, multò tamen minorem quàm $\alpha\delta$ mensurae loco assumamus. Cum ergò $\beta\alpha\chi$ sit $89^{\circ} 44'. 30''$. et $\alpha\chi\theta$ (sit iam $\alpha\chi\beta$.) $49'. 30''$. erit $\alpha\beta\chi$ $89^{\circ} 26'$. Qualium igitur aliqua, quae est propior ipsi $\alpha\beta$. quàm ipsi $\alpha\delta$. est 1. talium $\alpha\chi$ 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 40

21) $2^{\circ} 14'. 18''$. 34) $89'. 26''$.

semidiametris, et regio $\rho\tau$. $\sigma\upsilon$ sit illuminata refractis Solis radiis, Luna-
que inter dictos terminos transeat inter altitudines 54 et 60 semidia-
metrorum, quod testatur Astronomia, patet igitur, quòd in vmbra aëris
versans, nihilominus illuminetur nonnihil à Sole.

Rursum cùm $\tau\chi\upsilon$ mera vmbra terminetur χ apice in 70 semidiametro-
rum distantia, Luna itaque per meram vmbra non transiret, quia in-
ferius transit, et tamen cum $\tau\chi\upsilon$ (si intelligatur iam regio carens aliqua
particula Solis etiam refractè lucentis) terminetur apice χ in 43 semi-
diametrorum distantia. Luna igitur, quae altiùs transit, traiciet vtique
10 $\tau\chi\upsilon$ mucronem, (in secundo significato sumptum) ita vt in principio
vmbra 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 consenta-
282 neum¹ est, quod ex GEMMA notum est, colores Iridis interdum in Luna
videri. Nam in globo aqueo certissimum est, vbi particula de Sole re-
fractè 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.

20 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, lu-
centem, rubentem, latentem, et lucens à rubente manifesta linea distin-
gueretur, rubens verò ab obscurata non manifestâ linea vel limite, sed
successiue rubens in obscuratam desineret: consentaneum omninò vide-
tur, 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 $\tau\chi\upsilon$. eiusque apex χ non à septua-
30 gesima diametro Terrae demum exoriri debet, sed longè inferius, vt in
loco transitus Lunae aliqua particula possit in mera vmbra esse. Quaeri-
tur quomodo hoc obtineatur? Responsio
facilis est, si refractionis horizontalis assu-
matur maior, tunc enim $\vartheta\chi$. $\iota\chi$ citiùs coi-
bunt. Itaque anno 1598. Augusto, si AG
Ecliptica, et ACG vmbra Terrae sit, CD
pars meridiana, tunc terminus F radio-
rum refractorum à minore refractione
proueniet, E à maiore. In Septentrione
40 itaque maior fuit refractionis, quàm in oc-
casu, (quia A pars est vmbrae orientalis.)*



52½' Vraniburgi. Gradus sunt 117° circiter. Tot gradibus versus oc-
 † cidentem Sol in meridiano fuit: in regione Iucatana Americae: Erat
 autem Sol in 23°. 20'. Ω circiter, cum declinatione 13°. 47'. Septentrio-
 nali. Posito ergò altero circini pede in dicti meridiani et paralleli inter-
 sectione, altero extenso, vt gradus paulò plus 90 metiatur, circulus scri-
 betur 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
 10 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°. χ circiter: hinc ex tabula COPERNICI folio 42. sectio hori-
 zontis et Eclipticae, in penultimo schemate GHV fuit circiter 20°. Ergò
 in ZXY rectangulo* angulus X datur cum basi ZX. à 23 $\approx$ in 18 χ .
 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
 20 vmbrae F erant proximè Eclipticam, E verò proximè verticalem. Illae
 proiiciebantur ab insulis Salomonis et Guinea noua; qui verò inter-
 spergebantur refracti, passi erant refractionem in Africae desertis in-
 timis. Hae verò à Magellanica exortae radiis Solis in Finmarchia et cir-
 cum ea loca refractis interspergebantur. Maior itaque fuit refractionis, hoc
 momento, in nostro Septentrione, quàm in Africa.

Quantum in hac nulli priorum trita semita proficere potui, praestiti.
 Nihil impedit, quin haec doctrina ad nonnullam vtilitatem excrescat,
 ab his vilibus orta seminibus. Itaque quicumque es veritatis amator, et
 cognitionis rerum cupidus, haec in primo ortu imbecillia ne opprimas
 30 ludibriis; quin potius secundis rumoribus firmare et educare coneris. ¹

1) 127°

CAPVT VIII

285

DE VMBRA LVNAE ET TENEBRIS DIVRNI

Pertinuit haec quaestio facilioris intellectus causa ad ea, quae infra de diametri Lunae quantitate sumus dicturi. Methodi verò elegantia non patitur vmbram Lunae ab umbra 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 pronouiluniis 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 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 vnusmodi. 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 potius 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.

Quodd 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 potius 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 artificio, 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 intercipientem, Sol tamen prominere videatur circumcirca.

2. *Exempla ex historiis, quòd Lunae umbra 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 umbram conicam pronunciauimus.

Quod si diameter Lunae ad sensum non maior est diametro Solis, sed aequalis; umbrae Lunarum 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 vmbra, 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 priuaretur, vmbra Lunae 10 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. $9^{\circ} 31'$.



Ad¹ 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 $9\frac{1}{2}$ vtrinque gradus in circulo magno telluris, minimùm variatur. At etiamsi non maiorem illi 20 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 Tr-

CHONIS tabula parallactica. Sex igitur minutis diametrum solis superet 1 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 30 prodigiosam Lunarum diametri magnitudinem, concilient.

Nam, vt propositum propius vrgeamus, existere interdum tenebras tam profundas, autoritate et historiis liquidò probatur. Propterea PLV-ARCHVS, vt validissimo argumento euinceret, Lunam non esse pellucidam, nec transmittere Solis radios, ad vulgarem prouocat experientiam. *Tantum, inquit, abest, ne fulgeat, vt cum ipsa in coitu obscura* (inconspicua) 1 *sit, tùm saepenumero Solem quoque abscondat.* Et adducit EMPEDOCLEM, qui etiam euidentius hanc sententiam versibus exprimit.

*Et terrae spatium tam latum lumine priuat
Quàm latum glaucae Lunae complectitur orbis.*

Paulò minus intellige spatium, vt fert ratio Geometrica. Quae EMPE-
DOCLIS 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 Lu¹nae eandem tribuere sub-
stantiam, 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 autoritate 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 adiungit c. 13.) *qui facies hominum nocte et caligine occupari ait,*
Solemque et Lunam de coelo periisse. Adeo hoc apud PLVTARCHVM in con-
fesso est. De STESICHORO et PINDARO PLINIVS lib. 2. cap. 12. in hunc
modum: *Hominum mente, in defectibus stellarum, scelera aut mortem ali-*
quam 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 subtenso. 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 obserua-
tione deprebensum. *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 obumbravit orbem. Et ALBATEGNIUS pro confesso usurpat, 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 tradi-
dere, diametro Solis, ad visum; omnes autem hoc docuere. Nec mirum:
290 Plenae namque sunt historiae ¹ exemplorum, quorum aliqua ex MOEST-
† LINO et MERCATORE, et Historicis antiquis in medium adducam. Nam
40 haec commemoratio non tantum hic vtilis est, sed etiam ad aliud opus-

10) MIMNERMVM

culum, quod de anni magnitudine meditor, Deo vitam et vires suppeditante, 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 $7\frac{1}{4}$. posterior $9\frac{1}{2}$. facilè tamen fieri potest, vt calculus emendatus (indiget enim emendatione) alterutram totalem prodat.

HERODOTVS libro 2. de bello, Lydos inter et Medos. *Sexto anno pugna 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 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 plurimum: pro die verò nox extitit.* Cùm transitus XERXIS in Europam in eum inciderit annum, cuius aestate Olympias 75. celebrata est (hoc enim XERXIS iam Graeciam ingresso retulerunt aliqui, spectare Graecos Olympia, securos) et verò calculus astronomicus eo anno nullam Solis eclipsin exhibeat; iure credideris, prodigium in Sole 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° $\approx$. et sic primo vere, quod HERODOTI recensione 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-

nis huius conuictus, et fame enectus fuit. Huc facit illa Magorum interpretatio, è re praesenti sumpta, *significari Graecis defectum ciuitatum.*

Saepe cogitauī, 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 ἡμαυρώθη Eclipsis intelligatur, an qualiscunque obscuratio, seu offuscatio. Haec igitur paulò incertior est.

THUCYDIDES lib. 2. anno primo belli Peloponnesiaci memorabilem Eclipsin Solis describit, quae in annum 2. Olymp. 87. incidit. *Sol defecit*
 10 *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 LVDOVVICI 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
 20 simpliciter ὁ ἥλιος ἐξέλιπε. Cur autem adderet illa γενόμενος μηνοειδής, causa videtur eadem, quae impulit ipsum haec addere, *videri sibi defectum Solis in solo nouilunio posse contingere.* Confirmatur enim hanc suam opinionem, quod Luna Solari lumini obstat 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 sub-*
 30 *iisset.* 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

de ea CLEOMEDES refert, *Sol totus in Hellesponto deficiens, observatus est in Alexandria quinta parte diametri salva, reliqua deficere.*

Meminit eius PROLEMAEVS 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, ut nihil de eo appareret.* Non tantum hoc affirmat, totum Solem in Hellesponto latuisse: sed etiam latitudinem illi phaenomeno tribuit, *in locis inquiring circumiacentibus.* Hinc est, quod CLEOMEDES lib. 2. refert, procul dubio ex hoc ipso HIPPARCHI loco, *hanc umbram plus quàm quater mille stadia occupare. Omnis enim locus, in quo Sol non cernitur, Luna subtercurrente, umbra Lunae est.* THEON enim refert, HIPPARCHVM ex illa eclipsi collegisse distantiam Lunae citimam 71 semidiametrorum, ultimam 83. quamvis postea descenderit ob causas alias à 62 ad 72½. Quòd si diameter Lunae assumatur minorum 30'. in apogaeo, quod HIPPARCHO visum, fiet in perigaeo 35. per eccentricitatem Hipparchianam excedens diametrum Solis, quanta ab HIPPARCHO vsurpabatur, 5' minutis. Vt autem corpus in hac sublimitate 71 semidiametrorum terrae permutet locum per 5' minuta, opus est, ut per 6°. gradus circuli terreni eat à loco, ubi 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; utroque nomine validè conuincitur, totalem fuisse hanc Eclipsin, Sole post Lunam cum aliqua mora latente.

C. MARIO, C. FLACCO Coss. *bora 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 diuertacula, 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 IUNIOR 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 Iuliani III.: *Per Eoos tractus coelum caligine cernebatur obscura, et à 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*
 294 10 *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 XII 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
 40 vel secunda cernitur, et sic per augmenta totam venustatem tota rota Solis reci-*

peret. Author fide dignus est; quia Astronomiae peritiam habuit, stellasque omnes¹ exactè calluit, et LVDOVVICO monstrare est solitus: quod apparet ex colloquio, quod cum LVDOVVICO de Crinita anni praecedentis, eiusque significatis habuit: videtur aemulari MARCELLINVM. 295

Anno 878. 29. Octobris, author modò dictus, *Solem*, ait, *post horam 9. ita obscuratum esse, per dimidiam horam, ut 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, ut stellae à prima hora usque ad horam tertiam apparerent.* 10

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 αὐτοψία. Fuit Luna versus perigaeum.

Anno 1133. 2. Augusti, recensent Historici Eclipsin Solis *maximam*, calculus totalem concedit. 20

Anno 1187. 4. Septembris, *Eclipsis Solis adeò magna, ut stellae per diem visae sint, tanquam in nocte.* Totalis igitur, ut 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. 30

Anno 1485. 16. Martii, defecit Sol, WALTHERO aestimatore, ad 11 digitos, quem utique visus nonnihil fefellit, ob causas supra explicatas. Nam alibi *fuerunt merae tenebrae, adeò ut candelis accensis opus¹ esset: in urbibus gallinae, foris diuersi generis animalia ad solitae quietis nocturna loca se contulere,* LYCOSTHENE teste. Luna in perigaeo. 296

Anno 1544. 14. Ianuarii, Eclipsin GEMMA Frisius obseruauit (per foramen) 10 digitorum, falsus itaque est, ut demonstratum cap. 2. Et maior fuit defectus. FVNCCIVS vndecim digitos aestimauit: sed et hunc oculi fefellerunt, ut 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* 40

bilares, cum tantae subito 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 obsurationis decidisse.* Luna περιγειος. 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.

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 impediuntur 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 prouenientis. Anno 1599. in Eclipsi mensis Ianuarii vel Februarii, 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. Sequenti Nouembri, cum non quarta pars in vmbrâ esset, visus tamen margo.

Inaequalis noctium claritas.

3. *An fieri possit, vt in centrali coniunctione luminarium, Sol tamen non totus lateat?*

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-*

Medium huius Eclipseos Vraniburgi calculo Tychonico H. 12. 10' meridiei, quantitas digitorum 6. 29. MOESTLINVS Tubingae obseruauit digitos

1) obtumescere

ferè 10. ab Austro.
GERHARDVS MER-
CATOR Duisburgi
Cliuiæ initium H.
10. 25' finem hora
1. Ergò medium
H. 11. 43'. CORNE-
LIUS GEMMA LO-
uanii initium H. 10.
12'. vigorem H.
11. 40'. finem pau-
lò post 12 $\frac{1}{2}$. puncta
ferè 9. Lumen
valdè pallidum, at
stellæ nullæ, tem-
pus tamen quasi
vespertinum. Coe-
pit ab occasu à
parte Solis inferio-
re. TYCHO BRAHE
in literis ad CLA-
VIVM ait, se ado-
lescentem obser-
uasse hanc Ro-
stochii ad litus
maris Balthici in
ipso quasi meridie,
digitorum non
planè 7. Et in Pro-
gymnasmatibus est
H. 12. o. digiti 6.
29. quantum et
calculus prodit. In
alia tamen scheda
inueni H. 11. o.
digitos 9. o.

circa. Fuit tamen Luna media inter altissimam et humilimam. Mirum inquam est: nam hic quidem visibilis Lunæ diameter omninò minor esset, nec possis hoc accidens visui transcribere, vt initio huius capitis factum. Quæ enim siue in oculo, siue in obscura camera, cum lucida sint, dilatantur; ea primum radium ad locum illum proiicere necesse est: quæ verò non radiant, obiectu opacorum impedita, vt Sol obiectu Lunæ; neque dilatari poterunt. Non est itaque visui transcribendum hoc phaenomenon.

Quod igitur TYCHO BRAHE in alteram CLAVII Eclipsin, idem ego in alteram attentavi; 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 hæc 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 antea contigisse.*¹

Atqui sat consideratè CLAVIVM hoc phaenomenon memoriae prodidisse, perpensis circumstantiis, demonstrant hæc ipsa authoris verba. Quare vt de re planè certissima sic disputemus.

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 PROCLIO Diadocho hæc forma apertè tribuitur, commemoratà prius PTOLEMAEI sententiâ. Dixerat PTOLEMAEVUS, per HIPPARCHI dioptram hoc certum haberi, Solis diametrum ab apogaeo in perigaeum, ad sensum non variari, sed eodem angulo spectari: Lunæ verò diametrum tùm demum diametro Solis aequalem spectari: cum Luna plena in apogaeo sui Epicycli sit constituta: at in perigaeo Lunam videri maiorem. PROCLIVS igitur ad hæc addit: *Hoc si verum, non est verum, quod SOSIGENES narrat Peripateticus, in eis quæ de Revolutionibus inscripsit, Solem in perigaeis Eclipsibus factis spectari non totum in anteriora procurrentem* (intellico post Lunam sese recipientem), *sed in extremis circumferentiae ipsius, circulum Lunæ euadere, ac minimè impeditum lumen dare.* Apparet HIPPARCHVM idem dixisse, quod PTOLEMAEVUS 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 ἀπὸ γειοῦ et ita minori angulo obiiciatur, et sic Sol non totus per omnes extremitates tegatur. Propterea PROCLIVS 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 vnā prodidit. Quo quidem loco sibiipsi PROCLVS interpretationem affert eius, quod à principio libelli Hypotyposeon, mirabilium
 299 quaestionum quintā dixerat. *Cū etiam, inquit, Luna in perfectis solaribus Eclipsibus quaedam cernantur differentiae: nam totus aliquando Sol ob-*
 10 *tegi conspectui videtur nostro: aliquando in ipso articulo, quo centra duo et ocu-*
lus in eandem incidunt lineam, Luna intra Solis ambitum spectatur. Ostendit, inquam, loco prius adducto, se hīc loqui non de experientia, sed ex SOSIGENIS traditionibus. Nam si eorum, quae hīc 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 experientiā 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, quā solaris etiam περὶγειος. 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 vmbra.* 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, quantā cono visi Solis intercipitur,
 30 fuerit obscurata, circumstans aër splendere videbitur, circulari formā. Accedunt alia experimenta. Confirmat mihi sanè D. IESSENIUS, 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 allegoriā prosecutum. Illa tamen Eclipsis in Braheano calculo totalis esse non potuit, ne quidem per legitimam Lunae diametrum à perigaeo discedentis. Non potuit igitur IESSENIUS vndique Solem videre, sed quod vndique Lunam circumstare vidit, splendor erat aëris. ¹

300 Anno 1603. 8. 18. Ianuarii, horā vnā post occasum Solis, Lunam
 40 totam obstruente pilā 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 discerne-
 batur 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 lami-
 nula aerea, sic vt oculo per foramen in rotulam perpendicularis esset
 prospectus, nec quicquam oculi latitudinis occasione posset contingere. 10
 Cumque qualium interuallum oculi et rotulae erat 10368, talium rotulae
 latitudo 104 esset, tegens arcum $34\frac{1}{3}'$ minorum: sperabam istâ ro-
 tulâ Lunam planè tectum iri, propter alios modos obseruandi, quos vnâ
 adhibebam. Atqui circumcirca Luna prominere videbatur. Hic me sol-
 llicitudo incessebat, ne fortassis alii modi, quibus plurimum fido, falsi
 essent. At fallaciam esse, statim patuit, oculo ad rotulam appropin-
 quante. Etenim nondum sese recipiebat omnis illa claritudo post rotu-
 lam, 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 20
 tegetetur Luna, semper enim lucidum quid circumcirca vidi, etiam à
 septem pedum interuallo. Nec multò aliud mihi anno 1600. Gratii ob-
 iiciebatur, 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 ex-
 cederet 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, denique minorem circulum longè superabat. 30 301
 Radius enim Solis per tàm angustum foramen valdè attenuatus, non
 multò clarius illustrare poterat papyrum, quàm radii ex aëre Solem cir-
 cumstante, quorum cum solaribus continuatio maiorem iusto amplitu-
 dinem, 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, 40
 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 vmbrae 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, communica-

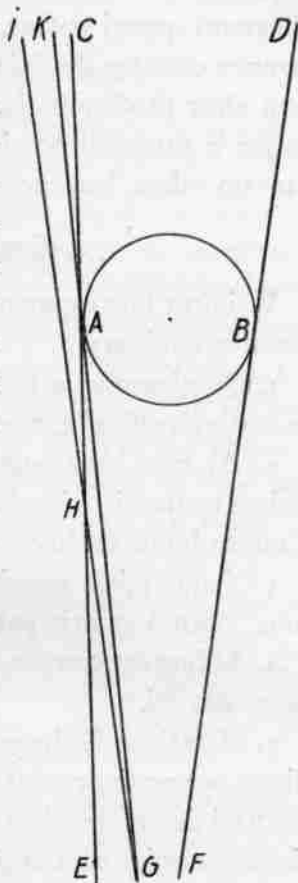
10 bitur illi substantiae (quae ponitur esse coloris nonnihil particeps) aliquid de luce Solis, idque radiabit in plagam à Sole. Quae ergò sunt in spatio KA particulae, fortius radiabunt in G. quàm quae sunt in spatio IH. quia illae rectoris sunt radiationis, et ipsi CE radiationi solari propiores; IHG 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 cùm PLVTARCHO processimus, vt ausi fuerimus

30 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.

40 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 detectum iri. 20

5. Matutinae Eclipses semper ad tenebras sunt procliuiiores 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 pluuiæ, nubesue 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, pluuiò, 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

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, ¹ 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
 10 illam proprio lumine carere, quod supra cap. 6. numero 12. negatum est. Si tamen hoc concedatur, videbitur stella Martis non omninò suspicionem libera, quòd in vmbra 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
 20 suspicionem etiam supra moui.

Eo verò modo, quo Sol, stellas omnes praeter Lunam, quotidie videmus deficere: semper inferioribus superiores tegentibus, si in suo illas itinereprehenderint.

Anno 45. secundum Dionysium, qui fuit annus 241. ante Christum, Parthenonos 10. seu Septembris 4. stella Iouis eoi occultauit asellum Austrinum. PROL. I. 11. C. 3.

Eandem stellam ARISTOTELES vidit bis congregi cum altera duarum in pedibus Geminorum, eamque occultantem ἀφανίσαντα.

Anno 13. Dionysii, Aegoceronis 25. qui est 272. ante Christum,
 30 18. Ianuarii, matutinum sidus Martis existimabatur suppositum προστε-
 θεικέναι boreali frontis Scorpii. PROL. I. 10. c. 9.

Anno 13. Philadelphi, inter 17. et 18. Messori, 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. PROL. I. 10. c. 4. ¹

305 MOESTLINVS anno 1574. 16. Sept. mane h. 4. vidit cor. δ 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 Tubingæ, 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 præcedentes 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 impredientibus 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 Regione monte calculus Prutenicus exhibet locum Solis $0^{\circ} 45' . \gamma$. Mercurii $0^{\circ} 31' . \gamma$. cum lat. $2^{\circ} 9'$. quam latitudinem certum est à PTOLEMAEO citra observationum 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
 10 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, cum*
bifariam ita diuisa esset, vt altera ex parte obscuraretur, ex alterâ luceret,
 20 *sensim congregi 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 quinae, ante Christum anno 357. in nocte 4. April. Sole in 10 Tauri, Luna cum Marte in 3 Ω . latitudine eadem; 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

30 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 cum nunc consideramus, stellarum loca. Eodem enim cum stellis omnibus extimo mundi orbe includimur. Atque cum huius aedificii mundani 10 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 20 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 visiorum, 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 30 respectu superficiei mundi sufficienter arguant. Est enim et haec consideratio gemina. Primùm dicitur 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, erroribus binis coniunctae, eodem angulo, eodemque arcu circuli maximi, anguli visorii mensore, dicimus et ipsos erroneos respectu superficiei distare. Ita, quo angulo cernuntur extremi margines Solis, vel Lunae distare, haec esse dicitur magnitudo Solis vel Lunae. Adeoque hinc Sol 40

309 et Luna aequales putantur, quamuis Sol¹ multis millibus vicium Lunam superet, tantum quia propemodum aequali angulo cernuntur. Vide
 † 19. quarti VITELLIONIS. Has tam fixarum, quam erronum, adeoque et marginum Solis vel Lunae distantias vnus ab altero, Astronomi metiuntur instrumentis, puta radiis seu baculis astronomicis, sextantibus, et aliis, comparisonem 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 sumptuosissime nobilissimus ille TYCHO excoluit, diligentissime verò tradidit.

Deinde cum nec rerum natura patiatur, nec semper vsus ferat, vt ap-
 pulsum 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 im-
 20 minet: quodque lineam perpendiculi monstratur, secundum quam et omnia graua 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 bal-
 † butire coepi, vt occasio mihi daretur in quendam TYCHONIS Momum exclamandi: qui cum ob ingenii foelicitatem inter Astronomos con-
 30 numerari potuisset: cum opificum vulgo ineptias plus quam 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 subtilis-
 310 sima, numerationes putans) eam 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
 40 causam superficiei, hasque distantias, has altitudines, et quocunque no-

In Mathematicum
 Misastrum Tycho-
 nomast.

1) Sol Lunam multis

25) perpendiculi

29/30) connumerari

30) vulgò

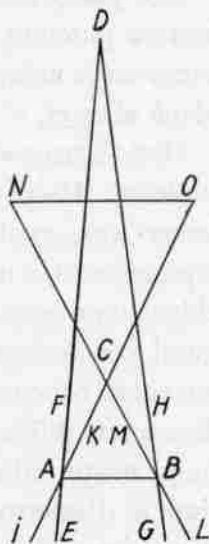
mine alio veniunt, non institui ob res seu stellas ipsas primario, quarum inter centra huiusmodi arcus non intersunt, sed ob visum nostrum; totumque hoc negotium in Astronomia opticis rationibus niti: ac proinde stultum esse, aliam subtilitatem, quàm quae visu praestari possit, affectare velle; superbum 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
 10 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 tantum, vti vulgò creditur, in subsidium iacturae, si quam alterius oculi
 20 facturum fuis¹ set animal: sed ad comprehensionem distantiae visibilium
 311 ab oculis. Cum enim oculi vtriusque centra ab inuicem absint in certa proportionem ad corpus, puta vnus 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 aequidistant, 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
 30 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, quâ 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 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, parallelas 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 distantia binorum oculorum impedita. 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 accadat; 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 vaea, maxime 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 parallelas ad sensum incedere, si visus ad siderum aliquod dirigatur. Itaque sublata 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 locatos putemus, nihil adiuuante nos distantia oculorum. Atque hoc pacto visus noster in aestimando situ Planetarum causâ diametri mundi planè aberret.

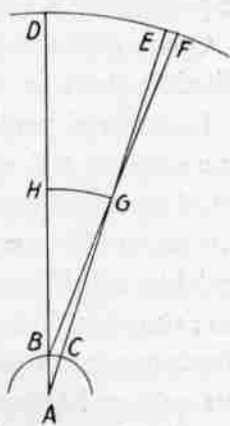
Hunc sensus visus defectum Natura rursum admirabili machinatione subleuat. Haec enim omninò voluntas fuit Dei Creatoris, vt homo, imago sua, oculos ab his terrenis ad illa coelestia attolleret, tantaque sapientiae suae monumenta diligenter contemplaretur. Huc omnis machinae mundanae distributio tendit, 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 dexteris 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 superficiei Telluris 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

10 Terrae, eiciantur 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



20 cum distantiae sideris à vertice ex B loco superficiei apparentis. Cuius rei causa haec est; quia si-

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: con-

315 tinuata BH et AH in vnum D punctum incideret, et est AH $\perp$ 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 arcum, in quibus parallaxes numerantur, quia ab hoc communi termino primum incipiunt existere parallaxes in

30 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 aliàs 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 sensibilter, propterea quod AB semidiameter statuitur esse sensibilis ad AG distantiam sideris. Ergò HAG angulus minor erit sensibilter angulo HBG. Quare et illius mensura DE sensibilter erit minor, quàm DF mensura
40 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 aequialet 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.

10

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 momentum 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 hanc parallaxon 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 *μικοπλατής*, caeterae alterutro nomine dicuntur: vel distribuitur per aequatorem, et circulos declinationum in parallaxin Ascensionis rectae, et declinationis, prout Astronomorum vsus fert.

316

20

4. *Parallaxeon quotidianarum in longum et latum diductio facillima et compendiosissima per nouam Parallaxicam*

Parallaxon 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. PROLEMAEVS 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

30

†

1) autum 8) sed DE seorsim 9) residua 16) instrumenti

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 ¹⁰ 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 ²⁰ 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 tertio, 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.* †

Manentibus enim caeteris, et GH Eclipticam veram repraesentante ^{30 31} 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, occidente Luna ad visum, eaque in circulo verticali, seu $\mu\eta\kappa\omicron\pi\lambda\alpha\tau\acute{\eta}\varsigma$. Et quia ⁴⁰

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 pro-
 10 portio 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. Pro-
 gymnasmatum. 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, quan-
 tus 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 coin-
 cidunt. Sin autem in F. tunc nulla est parallaxis longitudinis. Sit AI 54
 20 semidiametri, erit AIE $45'. 1''$. Quare EI. vel EC 5399532. Quae linea
 320 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 Parallaxica.
 prima scrupula incedit, sed appendices secundorum habet, etiam in
 fronte; tum etiam, quia in eam fit ingressus propriè per veras altitu-
 dines, nos verò visis indigemus: denique quia in margine habet non
 distantias à vertice, sed altitudines, quae res confusionem nobis pareret,
 his de causis addidi hinc tabulam parallaxon vniuersaliorem. Hinc prae-
 † ceptum tale.

* *

30 Per doctrinam primi mobilis computa distantiam nonagesimi gradus et ver-
 ticis, 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, Pruteni-
 carum fol. 99. et seqq. ad initia signorum et aliquot poli altitudines.
 Inde per distantiam nonagesimi à vertice tabulam nostram parallacticam ingre-
 dere à margine; per maximam verò sideris parallaxin, quam in horizonte ob-
 tinet, (collocatur autem ea in fronte statim sub distantia sideris à centro
 Terrae) ingredi 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, uti fieri solet in his. Atque haec tum correctissimè, cùm sidus visibiliter est in Ecliptica, ut Luna in Eclipsi Solis. *Longitudinis* parallaxis duplici marginali ingressu excerpitur in hunc modum. *Primò per altitudinem nonagesimi ingredi à margine, per maximam horisontis parallaxin à fronte, area exhibet longitudinis parallaxin maximam: deinde per hanc rursum à fronte, per distantiam verò visibilem sideris à gradu nonagesimo ingredi 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, 10 cum verus Lunae locus habetur ex calculo. Potest tamen ex altero alter haberi quàm proximè, addita vel ablata parallaxi, primum crassius excerpta ad propinquitatem dimidii scrupuli; indeque per locum transformatum excerpti iustissima parallaxis, ex vtralibet tabula. Quàm parum hoc praecepto peccetur, etiamsi Luna latitudinem obtineat, et quomodo medendum, quomodoque 1 idem ad Aequatorem et circulos declina- 321 tionum, 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, ut columna, quae habet in fronte horizontalem parallaxin 60 20 minutorum, minio notetur.

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, 30 multoque amplius parallaxeon genus Deus est architectatus; si forte futurus esset inter homines, qui hanc rationem inoffensa pietate, omis-saque 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; ut 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.

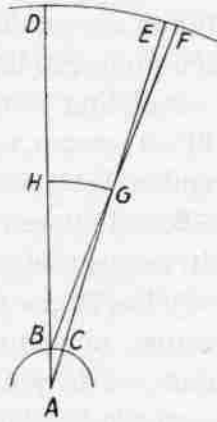
3) ut Lunam Eclipsi 5) nanagesimi

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, coincidēt linea AG et CG. et continuata vtraque, perueniet in vnum punctum E. inter fixas. Siue ergò in A. Sole, siue in C. Terra constituat³²²ur 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 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 inaccessibleis 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 id¹ ipsum momentum per instrumenta innotescat E locus sideris G sub fixis, qui ex Terra A apparet. Habebitur ergò arcus inter D locum Solis, et

⁴⁰ 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 sensibilibiter 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 ¹⁰ 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 ²⁰ 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 ¹ 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 ³⁰ arcana Naturae.

CAPVT X

DE MOTIBVS SIDERVV 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
 10 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 accadat. Nulla siquidem existit comprehensio motus per visum, nisi comparatione facta ad aliqua quiescentia.

20 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, circum-
 325 iectae partes omnes magis magis¹que 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,
 30 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.

Omniū 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 cum 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 naui 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. ¹

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, tertio axis in easdem plagas vergit, manetque sibi parallelus. Quis hic tertii motus opinionem concipit, ex eo quod reuera quies est?

Nam quod axis Terrae successu seculorum tandem etiam inclinatur, id in hunc censem 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 monero, ne sensibilem quidem esse celeritatem siderum. Id ARISTOTELES Sect. 15. q. 12. pro confesso vsurpat, ἀδελον 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. Cum 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 vnus ad quinquaginta millia? planè insensibilis. Idem ex 112. quarti VITELLIONIS, ¹ cùm res visa sensibili tempore in eodem loco sensibili haeret, putatur quiescere. Sed hoc de sideribus verum est. Momentum enim seu vnum secundum horae scrupulum (quod ferè pulsum arteriarum solet aequare) tempus est sensile, locus verò seu arcus oculi, vnus 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. ¹

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

36. Kepler II

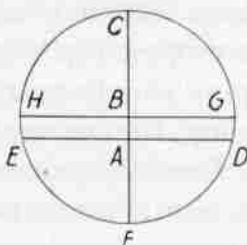
vel recta, vel circulari, patet igitur, si quis error accidit visui in lineis motuum, eundem in motibus ipsis accidere. Huiusmodi errores, seu potiùs *φαντασίαι*, duorum sunt generum apud Astronomos, secundum quod duos potissimum circulos vni Planetæ tribuunt, alterum Eccentricum, alterum Epicyclum: 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 Planetæ, sed centrum Epicycli: Epicyclum contra PTOLEMAEO ipse Planeta suo corpore peragrat, singuli singulos: COPERNICO Terræ 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 Planetæ 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 Planetæ motus simplex circa punctum immobile seu Solem (nisi quatenus huic sententiæ correctiunculam aliquam, ad omnes authores pertinentem, allaturus sum in Commentariis de motibus Martis), neque variatur motu epicyclico, cum hic apud illum auctorem nihil aliud sit, quàm phantasia motus: dum Terræ motus vnicus dissimulatur in Terra, et singulis Planetis transcribitur.

Vtut comparata sit hæc hypothesium differentia, gemina, vt dixi, motuum perceptio existit, errori obnoxia; altera quidem communis omnibus authoribus, quæ est ab Eccentrico: Altera, ab Epicyclo orta, in COPERNICO mera est visus circa Planetam hallucinatio, in caeteris authoribus habet aliquid de vero Planetæ motu coniunctum.

Causâ Eccentrici Planetæ vel tardi, vel veloces apparent. Causa est partim physica, partim optica. Pars causæ physica non præbet visui argumentum errandi, sed id, quod re vera fit, etiam visui repræsentat, de qua in Commentariis de motibus Martis: Veteres eam per circulum æquantem repræsentarunt. Pars causæ optica in hoc sita est, quòd cum motus Planetæ à visu Eccentricus sit, partes igitur aliae huius circuli longius absunt à visu, quàm reliquæ. Per ea igitur, quæ cap. 9. dicta sunt, et per 7. et 131. quarti VITELLIONIS, æquales arcus circuitus Planetæ apparebunt inæquales, circa apogaeum parui, circa perigaeum magni. Etsi igitur Planeta ipse sit æqualis celeritatis in omnibus arcibus, tardus tamen ibi apparebit, vbi arcus apparent minores, velox vbi magni.

Hæc 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
 10 DFE. propterea, quod remotionem partium vtriusque circuli non internoscit, sed aequaliter abesse putat; ideò tardio-rem 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 observationibus 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,
 20 linea sectionis communis est recta; per 3. vndecimi EVCLIDIS, quae cum per centrum aequinoctialis eat, vt per A. quod supponitur in vtroque
 330 plano esse, secabit igitur aequinoctialem in D. E. locis ex A oppositis. Quo igitur artificio Planeta deprehenditur in aequinoctialem incidere, eodem in loca opposita incidere deprehenditur. At id in Astronomia et doctrina primi mobilis docetur.

Porro ex occasione animaduersionis huius phantasiae, velocitatis et tarditatis opticae, Astronomi in alterum et contrarium incidunt errorem, non tam visus, quàm ratiocinationis. Dum n. nos Astronomia docet hoc
 30 axioma: τὰ πορρώτερον φερόμενα βραδύτερον κινεῖσθαι φαίνεται (verba ARISTOT.) Astronomi magna probabilitate conuertunt, τὰ βραδύτερον κινούμενα πορρώτερον 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 PROLEMAEVS 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 re-
 40 tardationis altera, quam, vt modo dixi, in circulum aequantis PROLE-

26) animaduersionis, huius 29 u. 31) πορρώτερον

MAEVS contulit. In Sole Epicyclus nullus requirebatur; quare mansit hic error hactenus. Deprehensus tamen est à me primò, per subtilem observationem diametri visibilis, vt infra dicam; deinde per observationes TYCHONIS exquisitissimas in stella Martis habitas, vt suo loco et tempore explicabo. Vtraque ratione constat, Solem dimidio solùm spatio eius Eccentricitatis, quòd 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: Planetæ nobis non semper progredi, sed interdum stare, interdum et retrocedere videntur. Stare, cum multis noctibus apud easdem 10 fixas haerere deprehenduntur: Retrocedere, cùm initio apud fixas orientiores, post dies aliquot apud occidentiores cernuntur; vti è contrario, progredi, cùm fit contrarium. Sed, vt dixi, apud PTOLEMAEVVM verè retrocedunt¹ Planetæ in suis Epicyclis, dum peragrant inferiorem 337 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 tardiozem. 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. 20 Cùm verò per 4. quarti VITELLIONIS linea recta videatur punctum, cum est directè à visu extensa vltèrius, 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 30 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; nè 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 40 Geometriam esse Pythagoricam et directam in quinque schematum re-

gularium, quae mundana dixere, cognitionem: EVCLIDES igitur Pythagoraeus fuit. Deinde vide mihi fasciculum propositionum Euclideanarum in Opticis eius, nempe 53. 54. 55. 56. 57. 58. quas VITELLIO transtulit in suum librum 4. propositiones 134. 135. 136. ¹ 128. 132. 133. 129. Quibus quidem propositionibus EVCLIDES puram putam Astronomiam Copernicanam tradidit.

Et propositio quidem 53. videtur exemplum rerum coelestium quacere 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: ubi 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 usurpare, vt demonstret, etsi Saturno, Ioui et Marti Epicycli accommodentur eiusdem planè magnitudinis (quod is fecerit, qui Ptolemaicam formam ex Tychonicis observationibus 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 Planetæ 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 Terræ 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.

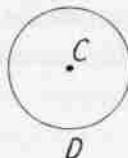
Propositio 55. videtur sonare de motu diurno. *Si, inquit, aliquàm-multa vnà ferantur quiescente vno aliquo, id in contrarium moueri videbitur.* Oculus quidem in centro mundi censeatur, ob euanescentem Terræ
³³³ proportionem, et Terra voluatur ab occasu ¹ in ortum, motu diurno; montibus igitur ita delatis, 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 10 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 *ὕπολειπεσθαι* manifestè vtitur. Est autem *ὕπολειπεσθαι* in Astronomia idem, quod promoueri in conse- 20 quentia; puto respicere vocem ad alteram contrariam *προηγέσθαι*, 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 quies- 30 cens ¹ versus A moueri videbitur, fixae verò Soli iunctae, vt E. deserì à Sole et Terram hoc loco comitari in eandem plagam; quod hac vice voce *ὕπολειπεσθαι* 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, ap- 40 pulsus ad meridianum maturiore, praeuertunt: et sic *προηγούνται*. 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 facile notant: secundos verò motus non aliter nisi per diurnorum differentiam.

10 Fallacia horum parens nominum, non alia est, quàm si quis propter littus, nauim secundo flumine descendente, 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 nauì, hunc perperam nauì ipsi transcribet in contrarium. Et qui haec nomina primum in astronomiam introduxerunt, similiter aberrarunt, existimantes, eundem motum primum in Luna, verbi causâ, remissiore esse, quàm in Sole; ignari quod Luna proprio motu ipsa primo motui communi (vt
20 iam vsitas hypotheses profiteri) contranitur. ¹

33 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. Mibi in pluribus, quorum descriptas observationes sum nactus, successit hac viâ leuius: si, quod natura rerum suadet, rectas ipsis lineas tribuerem, quas aequalibus temporibus ut plurimum aequaliter traicerent, solum initio et fine paulò tardiores, et quieti viciniores, vt et
30 caeterae traiectiones solent. Nam insinuans se motus Telluris, circularitatem illis facile conciliat. Vt ille anni 1577. si rectâ lineâ è plano tropici Capricorni coortus, versus polum borealem, vel paulò incliniori, rectâ tamen lineâ, ascendisset; tunc Terra, uti 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 temporis articulo, quo tam velocis 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 seruebat. Verum optice quidem rectè illi, si assumpta illis sua concesseris: caeterum quae contra TYCHO BRAHE libro 1. Progymnasmatum disputauerit ex aliis scientiis solidè et magno iudicio, ea vide apud Authorem.

CAPVT XI

10

DE ARTIFICIOSA OBSERVATIONE DIAMETRORVM SOLIS
ET LVNAE ET DELIQVIORVM VTRIVSQVE

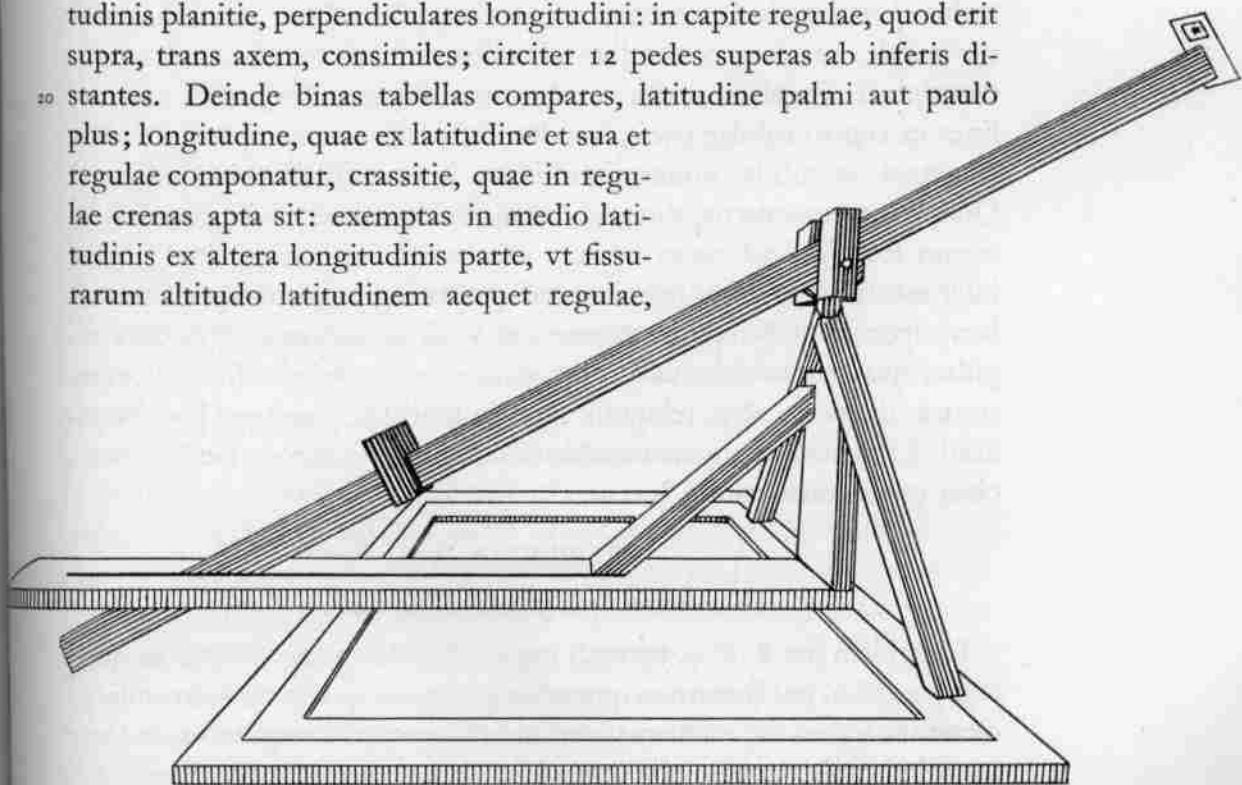
PROBLEMA I

Instrumentum Eclipticum construere

Scena sub dio erigatur, pannis nigris totuplicibus, ne quid lucis ir-
rumpat. Si haec deest commoditas, conclaue eligatur obuersum in
plagam, vnde Solis defectus spectabitur: sit huic conclauī 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 20
quantam asser dedolatus praebet, latitudo semipedis. Ea sic aptetur, vt
quia flexile est lignum, in dorsum incumbat, et inter capita loco interme-
dio, quò minus flectatur. At neque in medio latitudinis perforetur, ne im-
becillius factum frangatur suo pondere. Quin potius ad lineam dorsi,
cui incubiturum est, coassetur trabecula, vt in coassationis linea cen-
trum foraminis seu matriculae constitui possit. Matriculae suus axiculus
sit. Deinde fiat columella versatilis super axe; in summo bifida, vt fis-
surâ crassitiem regulae excipere; perforata, vt eodem cum regula axi-
culo traici possit. Trabecula in qua matricula columellam excipiens,
tignis aequalibus, hinc inde transuersim surgentibus columellam in sui 30
(trabeculae) perpendiculo statuam, cauo complexu columellam teretem
in sublimi includentes. Huic trabeculae tres aliae sociantur, vt ex omni-
bus fiat parallelogrammum rectangulum, loco circuli Azimuthalis. Ca-
piti verò columnae, à quo axis in trabeculam exit, committatur et coas-
setur 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 impediât, et transtrum tam longum, ipsamque regulam, ne sese deserant, Sole cadente; fissurasque vtrouique eodem
 10 aptatas, ipsumque quadratum sublime, ne regula depressa pauimento occurrat: et in plano horizontis, quod columellae appensum perpendicularum facillè 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 sufficit. †

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
 20 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 ad-
 mordeat. Itaque tabellae in crenas immissae, et paralleli erunt, et per-
 pendiculares regulae in longum et latum. Ducatur in vtraque tabella

20) tabellas, compares

37 Kepler II

linea per longitudinem, consurgens à medio fissurae et crassitiei regulae, eique bisectae in puncto sectionis alia erigatur ad perpendicularum, 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 secant 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 pro¹mineat 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.

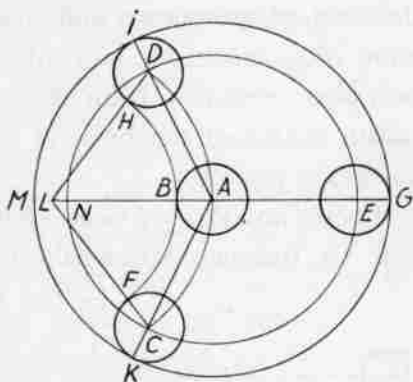
PROBLEMA II

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 angustiorum 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.

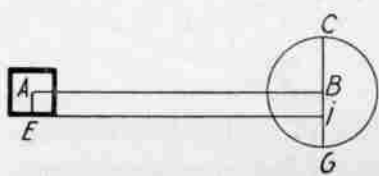
Anno 1601. 13. 23. Decembris fuit diameter radii digitus seu partes 72. et insuper partes 38. hoc est in summa 110. dimidium 55. semidiameter fenestellae $8\frac{1}{4}$. ergò AC $46\frac{3}{4}$. Vt igitur distantia tabellarum 10368 ad $46\frac{3}{4}$. ita 100000 ad 451. tangentem arcus $15'. 30''$. Cuius 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 aestius deficiebat proximè $\frac{2}{5}$ vnus digiti, quantum in hac exilitate iudicari potuit. Cùm ergò tota diameter valeat 31 minuta, hoc est $\frac{31}{60}$ vnus gradus, ergò $\frac{1}{12}$ de $\frac{31}{60}$ est $\frac{31}{720}$. de hoc $\frac{2}{5}$ efficiunt $\frac{62}{3600}$ vnus gradus, siue $\frac{62}{60}$ vnus minuti, hoc est proximè vnum minutum. Et

diameter aestiuo tempore est 30 minutorum. Potui sane procedere, vt antea ¹ hyberno tempore, sed haec via omnium est tutissima, quia radium aestiuum hyberno in proportionem connectit.

Anno quidem 1600. mense Iunio, partes radii, Gratii Styriae per eandem fenestellam, eandemque distantiam videbantur mihi $105\frac{1}{2}$. Dimidium $52\frac{3}{4}$. hinc ablata semidiameter fenestrae $8\frac{1}{4}$ relinquit $44\frac{1}{2}$. Et vt 10368 ad $44\frac{1}{2}$. sic 100000 ad tangentem 429 . cuius arcus $14'. 45''$. duplum $29'. 30''$. Quae quantitas dimidio scrupulo, (seu $\frac{3}{4}$ vnus particulae quarum sunt in digito 72) deficit à priori consideratione. Diebus antecedentibus coelo clariore per foramen 40 particularum diametri radius ingressus superabat circellum $129\frac{1}{2}$ particularum, circiter 1 aut 2 particulis. Sublatis 40 de $129\frac{1}{2}$ restant $89\frac{1}{2}$. dimidium $44\frac{3}{4}$. 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 $18\frac{1}{2}$. Quare BG $9\frac{1}{4}$. Et IG (BI vel AE subtracto) $4\frac{1}{4}$. 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.

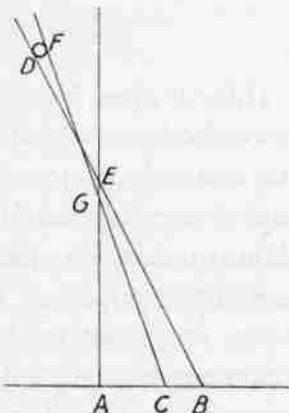
Quod autem non maior, quàm vnus minuti differentia est inter aestiuam et hybernam diametrum; mirum quàm aptè cum Eccentricitate Solis vera et Geometrica conueniat (si fallaciam ex causa physica ortam, qua de cap. 10. separe). Nam quia ¹ TYCHO BRAHE et Landgrauiani vnanimi calculo demonstrant Eccentricitatem 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 tam angustos arcus.

32) hypernam

PROBLEMA III

Diametrum Solis per rimam obseruare

‡ Hoc in TYCHONIS obseruationibus reperi, cui additum erat Enco-
mium, 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, perpen-
diculo A proximum. Contra ab imo luminaris
10 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.
20 15. Martii obseruauit diametrum sic, proditque 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 pro-
ximè eandem facit, nisi quòd hypothesi simplicis Eccen^ttricitatis in-
haerens, ampliat eam, et in apogaeo quidem ait, se deprehendisse eam
343 29'. 36''. In longitudine media 30'. 11''. in perigaeo 31'. 45''.

Nec multum GEMMA abludit radio suo, si quid certi tam crasso in-
strumento inquiri potest.

30 Veteres verò planè quidem mecum faciunt. Testatur de ARISTARCHO

‡ ARCHIMEDES, dixisse eum diametrum Solis $\frac{1}{720}$ partem quatuor recto-
rum, hoc est 30 minutorum. HIPPARCHVS verò (quem sequi PROLE-
MAEVM 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 PROLEMAEO, eiusque expositore THEONE patet.
Idem de SOSIGENE PROCLVS videtur testari.

Primus PROLEMAEVS à veterum modis obseruandi simul et ab ipsa
verissima quantitate diametri luminarium desciiuit, absurda metiendi
40 ratione, eaque et incredibili vsus, quem hactenus authores, ipse adeò

COPERNICVS secuti fuere: quapropter eam mensuram supra cap. 7. citra quidem periculum vsurpauit. Sed res certa est, et cuilibet obuia, exploratu, diametrum Solis in apogaeo 30'. in perigaeo 31 minutorum esse.

PROBLEMA IV

Diametrum Lunae per Instrumentum observare

Difficile opus. Non enim tanta est Lunae claritas, quanta oculis nostris ad certitudinem visionis sufficit. Et si per instrumentum intro in Camera 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 quicumque primus radio angustior fuerit deprehensus, pro¹ximè se maiorem radii 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 105 ½. 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 ἀμφέκυρτος 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 observanda sunt tentandî.

23) maior 29'. 30".

PROBLEMA V

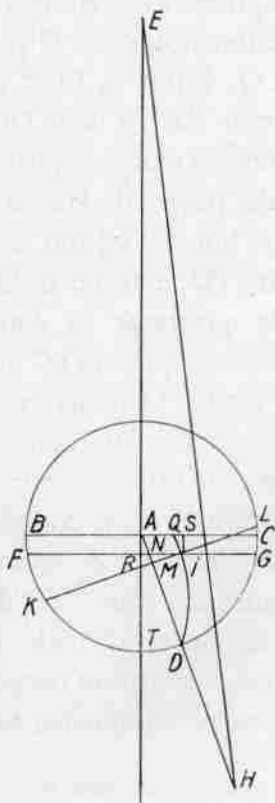
*De Proportione diametri Lunae aspectabilis ad diametrum Solis indicium ferre
ex cornu Lunae in prima phasi*

Supra cap. 6. numero 11. memini exortus Lunae, quem vidi 4. 14. Martii 1603. Pragae horâ 6°. cùm Sol esset in 23°. 49'. χ ; Luna in 14°. 41'. γ . 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'.

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^ltro 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.

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 parallelus 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 pertinet vsque ad M. Secet ergò KL visionis circulum, circulus illuminationis FG. in puncto ultra 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 distisset, 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 10
supra cap. 6. numero 3. demonstratum, si KL visorius, et FG. illumi-
natorius coincidissent, eodem angulo spectatum futurum fuisse vtrum-
que luminare. Ergò quia iam KTL minor est, quàm FTG. maior igitur
diameter apparens Lunae quàm Solis, idque sensibilibus valdè, quamvis
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 20
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 autho-
rum, proportio HE ad HA. sed AHE angulus innotescit ex loco vtrius-
que luminis visibili, ergo producta EA in T. dabitur TAH. cuius men-
sura TD. eiusque residuum ad quadrantem DC quaesita. In DQC. igitur
quaeratur ex datis, primo DQ. tum DQC. Dein ex I perpen-
dicularis arcus in BC incidat, qui sit IS. In triangulo igitur IQS. angulus 30
S rectus, Q datus est, et IS latus est 15' minuta, quanta scilicet est
distantia circuli illuminationis à maximo, supra cap. 6. numero 3. Dabi-
tur 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. Itaque¹ causam 347
aliam concurrere necesse est; scil. acumina cornuum ob exilitatem prae
claritate intermediarum partium evanescent 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 expeditur: hic tamen reliqui modi sub aspectum subiiciendi sunt interim. Et HIPPARCHI quidem dioptra ex
 † PROLEMAEO nota est, qua et ipse PROLEMAEVS 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.

10 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, si quidem 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
 20 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 Palitium à vicina Sicularum 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
 30 *latera umbrae terrae perambulat, rubore suo adhuc clara.* At in medium umbrae immersa, vt an. 1588. Martio, malignè cernitur, infiduae est obseruatio. ¹

348 Videamus verò, etiam cum 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, secundum GEMMAE doctrinam, dimensi prodidit 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' | 32 1/3' | 30 3/4'. 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, 10
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 incertiores 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, certius collimaturum. Adeoque cum dioptra HIPPARCHI, TYCHONIS obseruatio diurna, instrumentum meum, proximè in hanc quantitatem consentiant, quam infra per vmbram Lunae proditurus sum: 20
tantò facilius vel iam nunc concludo, diametrum Lunae in apogaeo 30 1/2 minutorum esse. In perigaeo verò quanta sit, non ita expeditum est, vt in Sole, hinc eli' cere. Cùm enim duplicem habeat Luna aequationem maximam, alteram 5° graduum, alteram in quadraturis 7 1/2 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 30
vnus 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.

* ALBATEGNIUS consentit, Lunae diametrum medium statuens 32'. 25''. Apogaeam verò et perigaeam totali Eccentricitate, sibi quoque credita distinguit; vt sit illuc 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, Tychónico 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

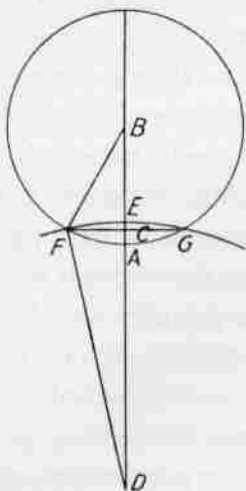
350 Cum autem magni intersit Astronomiae, partiales defectus rectè annotari, TYCHO BRAHE ex CORNELII GEMMAE praeceptionibus, *radio dimetiri solitus est et diametrum Lunae ante defectum, et partem residuam in maximo defectu.*

Caeterùm, quibus difficultatibus hic modus impediatur, prolixè in superioribus est expositum.

20 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 Lunaribus 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 vnā normam quadret.

Itaque vt hic quoque paulò firmioribus praesidiis niterer; *aestimare solitus sum arcum circumferentiae Lunaribus absentem.*

30 Nam hoc dato, et proportionē diametrorum Lunae et vmbrae cognita mediocriter, defectus quantitas et ipsa datur. Centro D scribatur circulus vmbrae FEG. et centro B circumferentia disci Lunaribus 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
40 BFC. 60°. et BF secans 200000. qualium FC 100000.



9) Tycho

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. ³⁵¹ composita ex CE et CA. quâ proportionem 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 red- ¹⁰ undat.

Cupio Astronomos operam dare, vt certiores aliqui modi huius observationis constituentur. 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 vnus scrupuli in defectu Lunari; vt videre est in fronte nostrae Parallacticae.

PROBLEMA VII

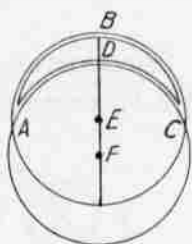
20

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 interceptissent. 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 ³⁰ 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 ³⁵² 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

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 proportionem esset ad priorem, qui Solem repraesentabat.

- 10 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
- 20 EB. ea est visibilis diametri Lunae ad visibilem diametrum Solis.



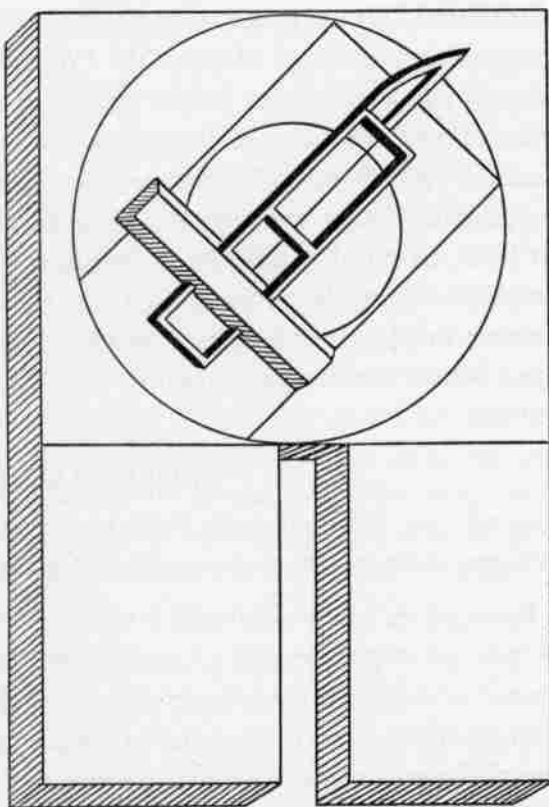
- Caeterum hoc pacto obseruata Lunae diameter plerumque minor solari apparebat. Per 11. verò secundi capitis patet, nisi planè minutissimum sit foramen, puncti instar, semper proportionem diametrorum vitiari, Lunamque iusto minorem apparere, et (per 12.) digitos pauciores apparere. Quare infidus est hic modus, ita simpliciter administratus.
- 30 Adde quod titubatio 1 manuum, et rapidus Solis motus, punctorum consignationem plurimùm turbat. Ergò ad meum instrumentum.

PROBLEMA VIII

Speciem siue radium Solis deficientis, vt is figuratur in instrumento, punctis excipere

30 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

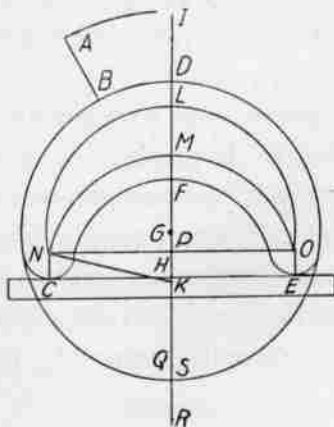
Et regula habeat aciem.
 Ergò pariete et fenestra ad
 355 Solem ¹ rectè habentibus,
 voluatur et index cum ro-
 tula circa axiculum, et
 transversalis super indice
 susque deque, donec ve-
 niat acies ad vtriusque cor-
 nu obtusi contactum. Et
 10 tunc notetur punctum, in
 quo transversalis acies secat
 signatam diametrum: no-
 tetur et punctum, quo ean-
 dem diametrum secat in-
 terior radii circumferentia,
 seu vmbra Lunae. Si hoc
 rectè fuerit administratum,
 signatione punctorum non
 erit opus. Sequitur enim



PROBLEMA XI

Ex transversali 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 fe-
 nestrae, 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 cir-
 culus NLO. qui repraesentabit iustam So-
 30 lis speciem, vt in 9. huius. Secabit is li-
 neam 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 fenestreae. Ergò et NC. OE. Cùm autem per 10 secundi capitis orbiculus fenestreae circa etiam puncta extremorum cornuum circumducatur, et CHE¹ tangat illos circellos, vtpote obtusa radii cornua: 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 fenestreae 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 observationem 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 difficul¹ter ad vtrumque 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 $105\frac{1}{2}$. enucleatus verò 89 (vt haec paulò minor iusto quantitas, quod probl. 2. monitum, iam iusta sit) talium tres digiti sunt $26\frac{3}{8}$. Et HF vel PM $11\frac{13}{18}$. FD verò 9 digiti, sunt partes $79\frac{1}{8}$. Ergò tota HD partes $90\frac{61}{72}$ ferè, et HP. LD. $16\frac{1}{2}$ ablatis, erit PL $74\frac{25}{72}$. et PQ $14\frac{47}{72}$. Haec in se multiplicata faciunt $1089\frac{1}{4}$. quadratum NP. Sed PM fuit $11\frac{13}{18}$. prodit ergò diuisione quadrati NP in PM. residua PR 93 ferè, cui additum segmentum PM constituit totam Lunae diametrum $104\frac{2}{3}$. qualium Solis 89. Fuisset igitur diameter Lunae scrupulorum $34\frac{3}{4}$. cùm tamen paulò fuerit inferior
 10 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 $1\frac{2}{3}$. Si ergò $29\frac{1}{2}$ scrupula dant 89 particulas, 32 scrupula dabunt Lunae particulas $96\frac{1}{2}$ paulò plus. Et quia 3 digiti in radio sunt $26\frac{3}{8}$. 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 $26\frac{3}{8}$. erit ML $62\frac{5}{8}$. Et cùm RM sit $96\frac{1}{2}$ plus, QM verò $26\frac{3}{8}$. erit
 20 RQ $70\frac{1}{8}$. Summa $132\frac{3}{4}$. Vt ergò $132\frac{3}{4}$ ad $62\frac{5}{8}$. sic $26\frac{3}{8}$ ad PM $12\frac{4}{9}$ ferè. ML verò $62\frac{5}{8}$. et PH. LD duae semidiametri foraminis, scilicet $16\frac{1}{2}$. Summa HD $91\frac{5}{8}$ ferè.

Cùm ergò $105\frac{1}{2}$ faciant digitos 12. residuum $13\frac{7}{8}$. efficiet digitos $1\frac{3}{5}$ ferè, at quid hoc in oculari aestimatione differt ab $1\frac{2}{3}$?

338 Cùm igitur et hîc me sensus penè destituerent, cogitavi et de¹ tertia ratione metiendae diametri Lunae in Eclipsibus Solis: quae iam sequitur.

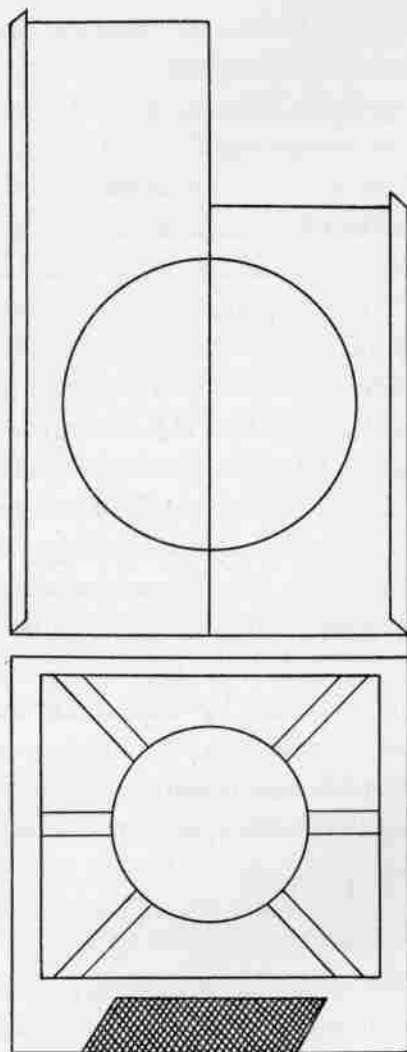
PROBLEMA XIII

In Eclipsi Solis per ante fabrefactas lunulas aestimare diametrum Lunae expeditè et tutò

30 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 impediuntur 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) $70\frac{1}{8}$. 20/21) PM $12\frac{4}{9}$. ML verò

Ad rem. Capiat itaque rotula nostra papyracea pro tigillis et indice solidiusculo, proque regula transversali, binas ansulas retortas, itidem parallelas signatae diametro, sed extra circuli complexum, qui eius diei radium metitur. Intra has ansulas aptentur loco transversalis 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 per¹ lineam rectam sursum 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 tan-

gere 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 $8\frac{1}{4}$ foraminis efficiunt $45\frac{1}{4}$. 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, ³⁶⁰ ¹ spectatoribus Braheanis, cùm iam ad medium Eclipsis excreuisset: apparuit omnibus manifestissimè, lunulam meam non tantum non esse maiorem vmbra, sed adhuc deficere à lateribus vmbrae, ¹⁰ 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.

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 $47\frac{1}{4}$. in scrupulis $15\frac{2}{3}$. Ergo diameter apparens $31\frac{1}{3}$. Idque in ²⁰ apogaeo. At ne nimium visui tribuam in marginibus vmbrae noscendis, interfuerit sanè vnica particula, et sit diameter in apogaeo $30\frac{1}{2}$. 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 $30\frac{1}{2}$ minutis. Iam supplete, quod reliquum est, ô Mystae rerum coelestium, et occasionem, quam offeret annus 1605. Lunâ in perigaeo, omnes arripite.

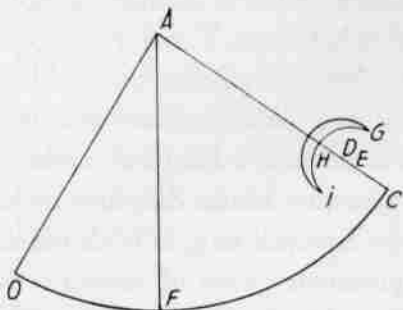
PROBLEMA XIV

Inclinationes Solarium Eclipsium excipere. Modus MOESTLINI, et Cautio

³⁰ 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 demon- ³⁶¹ stratio¹ne digna phaenomena, non satis ab Antecessoribus explicata: quaeque me diu torserunt.

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 obiciatur 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 perpendicularum; et monstrabit per-



pendiculum 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 qua-

drantis AOC. et sit AF perpendicularum: 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 facillè patet, si A punctum sit in ipsa intersectione circulorum horum¹ in sphaera, et ex eodem puncto exeant duae, altera verticalem, altera circulum per centra in eodem puncto tangentes. Illae enim comprehendunt 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 parallelus 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 eòdem sequitur et linea longitudinis in tabella, à qua linea incipit diuisio circuli in tabella
10 exterioris.

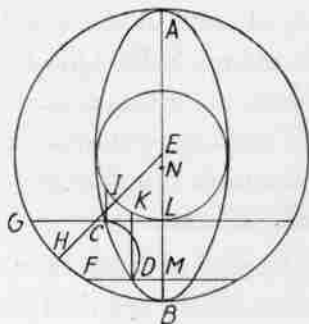
Quòd si non semper totum instrumentum sit ad manus, vt si nil adsit nisi regula cum tabellis, regulam sic in planum verticalis diriges, si regulae in radice coasses transuersale duùm pedum longitudine, vel eo amplius, et ad angulos rectos regulae, postea regulam cum transuersali procumbere patiaris in 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

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 obiiicitur fenestrae, basis conì vel portio illustrata, circulus erit, per 8. secundi capitis. At si superficies obliquè obiiiciatur radio, basis huius conì, 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 horizon-
tis seu pauimenta semper obliquum excipiant radium Solis, semper
30 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 potissimum in principio et fine Eclipses, vbi C. D punctum vnum fiunt. Item ad dignoscendum, an umbra praecise in A vel in B. vel locis quadratis consistat. Extra hos casus paulò periculosior. ¹

PROBLEMA XVII

364

Ex Ellipseos designatione inclinationem discere deliquii

10

Primum mechanicè sic. Duc in schemate praecedenti AB diametrum longiorem, eaque bisecta in E. centro E. distantia 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 conì, propterea à quocunque puncto circumferentiae Ellipseos perpendicularis in diametrum longiorem demittatur, rescindit sinum verum illius arcus à verticali puncto incepti in circulo, cuius est BA diametros. ²⁰

Quod si etiam bina puncta pro diametro breuiori signasti, aut si calculo ex altitudine Solis eliciisti proportionem breuioris diametri ad longiorem: Probationis causâ ex E scribes circulum amplitudine diametri breuioris, et ex C. D. parallelos ipsi AB duces, vt secant 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. ³⁰

Verùm ne conicorum Elementorum periti in me quid desiderent: addam et ἀκριβειαν ex APOLLONIO. Sit N punctum, in quod axis conì 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 ¹ trium arcuum excerpe tangentes. Differentiae tangentium ³⁶⁵

ostendent portiones quaesitas in proportionē, qualium sinus totus est 100000. Semidiameter verò breuior, ex N puncto exiens (in APOLLONIO
 + est ordinatim applicata) sic habetur. Vt sinus totus ad secantem distan-
 tiaē Solis à vertice, ita tangens minorum quindecim, ad quantitatem
 semidiametri breuioris, in mensura, quā 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 circu-
 larium apicum signes, maximè vt propter moram interuenientem radii
 apices ex A. B prius discedant, quàm C. D puncta expresseris: quo pacto
 10 quantitates CL et DM vitarentur: Ideo per 21. primi libri conicorum
 notabis; vt est longior diameter AB (APOLLONIUS axem figurae vocat)
 ad breuiorem (in genere, vt figurae latus transuersum ad rectum) sic
 esse rectangulum ALB ad quadratum LC. et rectangulum AMB ad qua-
 dratum 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. causā longitudinis iustus, vbi minus est in consignatione periculi.
 Exemplum infra in probl. 23.

PROBLEMA XVIII

Inclinationes Lunares excipere instrumento

20 Circellum, qualis est in tabella exterior, solidarum partium, et reci-
 sum vndique, diuisum à summo, in partes 360. quacunque ratione statue
 in perpendiculo radiorum Lunarium, sic vt initium diuisionis sit prae-
 cisè supremo loco, quo momento inclinationem deliqui Lunaris cupis
 annotare. Voluatur in circulo regula, longior diametro circuli, in regula
 sit transuersale regulae perpendiculare. Collocato itaque circello vt ius-
 sus es, transfer oculum ad regulam, eamque volue et oculum moue,
 donec transuersale cornibus Lunae subtendatur ex aequo. Regula osten-
 det in circulo gradus inclinationis quaesitos. Solent instrumentorum
 366 metallico¹rum artifices quadrantem, in planum verticalis competentem,
 30 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 ob-
 scuro, atque radius ipse praesentiam accensi cerei non fert, ad dinume-
 randos in tabella gradus inclinationum: aut si crebra cereorum cum
 tenebris permutatio, visui in dignoscendo radio impedimento est. In
 hunc modum obseruauī Eclipsin Lunae, quae fuit anno 1603. 14. 24. Maii,
 cuius obseruationis seriem subiiciam problemati 21.

PROBLEMA XIX

Populariter quasdam utriusque deliquii inclinationes annotare

Respice diligenter ad ea momenta, cùm umbra 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 perpendicularum erecta stant. Nam non facilè hîc fallit aestimatio. Haec momenta diligenter annota modis iis, qui sequuntur. Huius praecepti multa exempla suppeditantur ex observationibus TYCHONIS; etiamque ex iis, quae à me observata iam statim subiungam.

Alio modo sine instrumento deliquii Lunarîs inclinationes annotare

10

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 fuere annotatae, non sanè¹ 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

20

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. Confer 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 prostaphaereses nudas arcuum et chordarum: quod calculi genus TYCHONI inde à multis annis familiare, nec mediocriter à CLAVIO percultum, iam tandem à

30

†

†

31) primi motus

IOESTELIO perficitur. Eo igitur Lectorem ablego. Nam haec problemata obseruatoria sunt: quae verò in parte altera sequuntur; secundis mobilibus, nempe motibus Lunae seruiunt, 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
 10 probl. 21. et seqq.

Declarabo autem modos aliquot per exempla. Anno 1595. 13. 23. April. Gratii Styriae, cum initium Eclipseos animaduerneretur, fuit altitudo Arturi 44° . $\delta\lambda\omicron\sigma\chi\epsilon\rho\tilde{\omega}\varsigma$, astrolabio papyraceo dodrantis
 368 latitudine, et pendulo, Lunae verò altitudo $15\frac{1}{2}^{\circ}$. Cùm iam ¹ nulla lux amplius per crassum aërem transpareret, Lunâ scilicet vmbra 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 orientior. At differentiam paulò maiorem
 20 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 $56\frac{2}{3}^{\circ}$. quadrante ligneo spithamali. Horâ ergò vrbis $4\frac{1}{2}$ nondum internoscere potui defectum, sed potuit fieri propter nubes (sic habet mea annotatio) vt tunc inceptit. Nam minus duobus quadrantibus post, Luna nondum ex dimidio obscurata, planè erecta stetit, paulò post quintam, dimidia diametros defecit, Lunâ iam inclinâtâ. Paulò ante sextam, tenuissimo cum lumine se sub nubes subduxit, adeò vt videretur adhuc decrescere, et lumen omne
 30 perditura. Fuit Sol in 2° . $26'$ $\times$. 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 Eclipseos (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 obseruauim finem Eclipseos Lunarum in hunc modum. Horologium TYCHONIS ad manus erat,
 40 minuta et secunda indicans. Illud, vtcunque initio cursus capto, accommodabam ad Solis occidentis altitudinem $4\frac{2}{3}$ 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. ¹
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 calcu- lum, vt etiam ex propor- tionali argumentatione al- titud. annotatae prius. Luna orta est in crassis nubibus.
8. 2.		8. 43.	Primò visum luminis Lu- nae vestigium.
8. 13.		8. 54.	De rotunda circumferentia Lunae $\frac{1}{6}$ aberat, vmbra spectabat infra Iouem.
8. 19.		9. 0.	Nondum omnis desierat.
8. 21.		9. 2.	Visa circumferentia, sed pallida.

20

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 Huen-
nensis differentiam à TYCHONE constituta: quae mutari possunt, saluâ
hypothesi, ipsos articulos oppositionum repraesentante.

30

PROBLEMA XXI*

*Locum Lunae visibilem secundùm longum et latum ad fixas comparare, in
praecipuis phasibus ¹*

Admonitio potius est de iis, quae in Eclipsibus Lunae vtiliter obser-
uantur, ne fortè negligantur; et cognationem nonnullam habet cum
19. praemisso. Nam variè fieri potest. Optimum si Eclipsis in principio
Cancris vel Capricorni fuerit, cuius medium in ipsum Lunae appulsum

370

ad meridiem coincidat: Vel in quocunque signo, dum Luna circa medium in nonagesimo gradu consistat, et non longè ab aliqua fixa secundum longitudinem remoueat. 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
 10 appellat. Nam ex interuallo temporum differentia mediationum coeli habetur. Quòd si Luna in ipso Eclipsis medio constiterit in Nonagesimo, negotium longiori circuituone 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.

20 Horum aliquo modo credibile est HIPPARCHVM vsu; 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 $23^{\circ} 30' \text{ m}$.

Idem anno 43. tertiae Calippicae, vernale aequinoctium primo de-
 371 prehendit contigisse in 29. mensis Mechir post mediam noctem, se-
 quente 30. Rursumque coincidens Eclipsis Lunae, ad Spicam comparato
 30 Lunae loco, videbatur ipsi referre Spicam in $24^{\circ} 45' \text{ m}$.

REGIOMONTANVS et PVRBACHIVS Viennae Eclipsin Lunae consigna-
 † runt 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 $11^{\circ} 42'$. Morae principium horâ $12^{\circ} 47'$. finem morae H. $13^{\circ} 55'$. Huic consignationi TYCHO BRAHE notam
 40 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 $17^{\circ} 48'$ $\nearrow$.

Nostrum horolog.	Vrbis.	Mediationes coeli siderum.	Ergò vera hora.
---------------------	--------	-------------------------------	--------------------

5. 25 $\frac{1}{2}$. 5. 0.

5. 33 $\frac{1}{4}$.

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. 50 $\frac{1}{2}$.

5. 38. Eandem Marcab et Scheat Pegasi ego in meridiano vero ¹ obseruau. 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 8 et Capellam.

7. 7.

6. 53 $\frac{1}{2}$. Incedebat circulus hic medio loco inter humeros Erichthonii versus polarem. Ergò medium circiter. Tunc linea per cornua Tauri secabat residuum Lunae, vt relinqueret eius $\frac{2}{3}$ supra in meridie, $\frac{1}{3}$ infra in Septentrione ad sinistram.

7. 14. 7. 0.

8. 8.

7. 54 $\frac{1}{2}$. Erecta stetit Lunula.

8. 48.

8. 34 $\frac{1}{2}$. Finis. Lunae vmbra quasi 70 gradib. à vertice ad dextram.

8. 51 $\frac{1}{2}$.

Lucida γ in meridie.

8. 38.

† Duratio fuit H. $3^{\circ} 12'$. In Lunaribus quidem TYCHONIS extat computata duratio $3^{\circ} 36'$. Sed vitium calculi subrepsit. Nec enim incidentiae
 † scrupula ex lege praescripta et tabulis computata, plus efficiunt $1^{\circ} 34' 39''$. Ergò tota duratio $3^{\circ} 9' 18''$. Minimum ab obseruatione differens. Medium in H. $6^{\circ} 59'$ cadit. TYCHO prodit H. $7^{\circ} 1'$. 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 meridia-
 10 iungam: 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. $12\frac{1}{2}$.	10. 0		9. $53\frac{1}{2}$.	Arturus in meridiano. 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.
20					
	10. 4.		3. 0.		
	10. 10.			10. 49.	Iupiter in Meridiano alt. $24^{\circ} 32'$. Et iam vibratio Lunae in meis oculis, perspicillis semotis, frangebatur.
	10. 14.	11. 0			
30	10. 18.			10. 59.	Mihi videbatur initium. Lunare instrumentum prodidit inclinationem vmbrae infra ad ortum gr. $224\frac{1}{2}$. Stabat a. 270 in Nadir.
	10. 23.			11. 4.	Aliis quoque aliquid deesse videbatur, inclinatio 228. Luna deserebat verticalem cordis π quasi retrocessisset, non tamen toto corpore.
40	10. $29\frac{1}{2}$.			11. 10.	Inclinatio $230\frac{1}{2}$. linea ex Saturno transibat per centra.

Horologium Tychonicum.	Vrbicum German.	Bohemicum.	Vera ergò hora.
10. 42.			11. 24. Caput Serpentis in Meridiano. Inclinatio $236\frac{1}{2}$. Deerat 5 digiti. Iam, quae per centra, supra Saturnum transibat.
10. 48.		3. 45.	
10. 51.			11. 32. Inclinatio 242. Dimidium.
10. 57.			Saturnus in merid. alt. 21° . 10 $47\frac{1}{2}'$.
11. $2\frac{1}{2}$.		4. 0.	
11. 9.			11. 49. Aberat dimidium circumfe- rent. ¹
11. 13.	12. 0.		11. 55. Inclinatio $244\frac{1}{2}$. 374
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. Cornuaspectabant cor Scorpii.
11. 43.			12. 25. Luna supina stabat, demissis 20 aequaliter cornubus.
12. 2.			12. 44. Cornua cum 4 erant in recta, iam occidentaliùs ferè eleua- batur. arguebat medium.
12. 3.		5. 0.	1. 5. Inclinatio $288\frac{1}{2}$.
12. 23.			1. 29. Inclinatio 300. aberat quasi $\frac{1}{3}$ diametri.
12. 47.			1. 45. Inclinatio $302\frac{1}{2}$.
1. 3.		6. 0.	1. 52. Adhuc deerat aliquid. 30
1. 10.			1. 56. Inclinatio 302. vel 300. Qui- dam putabant iam desiisse. Mi- hinondum rotunda putabatur.
1. 14.			2. 8. Vibratio mihi, vt h. 10° . 10'. initii.
1. 26.			

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 o. $2\frac{1}{2}'$ x. cum lati-
tudine 2° . $10\frac{1}{2}'$ Boreali. †

39) o. $46\frac{1}{2}'$ x

Duratio à TYCHONIS calculo proditur $3^{\circ}. 2'$. visa est aliis H. $2^{\circ}. 52'$. Mihi luscioso $2^{\circ}. 59'$. At cum vibratione, quae meros articulos antecede-
cedebat et sequebatur $3^{\circ}. 19'$.

Consensus trium horologiorum arguit constantiam eorum in dinumerandis temporibus durationis.

Medium H. $12^{\circ}. 30'$. TYCHONIS calculus exhibet illam in Meridiano Huennensi H. $12^{\circ}. 27'$. Pragae $12^{\circ}. 32'$.

375 Cùm ergò hora 12. 0 superfuerit semihora ad medium, centro ¹ Lunae 15 minutis anteuertente centrum vmbrae, quae faciunt in transitu 1 mi-
10 nutum, 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

20 *Instrumento Ecliptico tempora notare expeditè*

Nihil noui, nisi quod vsum instrumenti explico, et quomodo omnia ab vno obseruatore perficiantur, quaecunque hactenus obseruanda occurrebant, demonstratur.

30 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, inueniuntur, legitimâ dimensione particularum adhibitâ: et haec tria probandi causâ ad idem temporis momentum eliciendum adhibentur. Exemplum sequetur in fine capitis.

PROTHEOREMA AD SEQVENS PROBLEMA

Quòd via Ellipsis eius, quâ Sol pauimentum pingit, per rimam admissus, sit sectio conica¹

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 mi-
nimus, 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, 10
radii Solis vno integro die per idem foramen ingressi, iuncti vniuersi ex
omnibus Solis situbus, efformant conum rectum per 1. 4. et 8. defini-
tionem primi conicorum. Sed per eandem primam definitionem, iidem
radii Solis formant etiam intra Cameram seu fenestram, conum alterum,
exteriori similem, cùm κατὰ κορυφήν 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 ingreditur
per foramen. Et illa secatur à plano pauimenti. Ergò communis sectio, 20
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 cir-
culus, per 4. eiusdem.

Vbi verò Sol occidit, planum horizontis non omnes totius circuli
radios excipit (non enim illos, qui sunt infra horizontem) et est paralle- 30
lon alicui plano, quod per verticem coni ductum basin eius secat, circu-
lum nempe diei naturalis. Ergò per 13. primi Conicorum, sectio haec
est Hyperbole, et ad vitandam confusionem, ingemino tibi, quod con-
tinuatio Ellipsium in pauimento per totum diem, creet figuram Hyper-
boles.¹

Idem verum est de extremitatibus seu nodis gnomonum: qui sunt 377
loco fenestrae. Et vt in nostra camera duo coni luminare verticibus
coibant, ita in Sciotericis conus luminaris cono vmbratili ad commune
gnomonis signum iungitur. Quod nescio an sit animaduersum à scrip-
toribus Sciotericorum.

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 centrum basis¹ 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.

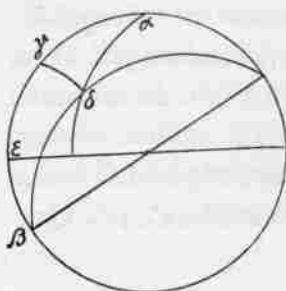
Exempli causâ anno 1598. 25. Febr. vel 7. Martii, cùm idoneis instrumentis destituerer, et coelum nubilum me de obseruando penè desperare iussisset, sub tecto tamen fui, et rimam incertae formae et quan-

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 nequiuierim; Sol enim in nictu oculi rursum condebatur. In vrbico horologio sonuit quadrantem vnum supra decimam. Post horam, aliud furtum aspectus. Cornu prouum, 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 10 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 MOESTLINI¹ praeceptorum non benè me- 379 mor, 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 plurimum 20 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 superfuère ad finem. Sanè cum desiisset, paulò post sonuit tertium quadrantem post duodecimam. Erat mihi quadrans ligneus non maior spithama. Hoc igitur cepi distantiam Solis 30 à vertice, postquam tertium quadrantem sonuisset, graduum 54 minus.

Fuit illo meridie locus Solis ex TYCHONE 16° . 49' κ . declinatio 5° . 14' meridiana. ¹ Altitudo aequatoris Gratii Styriae ex consentientibus 380 obseruationibus 42° . 58'. Ergò altitudo meridiana Solis 37° . 44'. Distantia à vertice 52° . 16'. et per parallaxin 52° . 18'. A sit fenestra, planities 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 transversum, 40

10) duodecimum

Sit nobis propositum, calculum continuare ad momenta haec: H. 0° . $15'$. H. 0° . $30'$. H. 0° . $45'$. H. 1° . $0'$ post meridiem. Exponatur meridianus $\beta\gamma$. in eo polus australis β . Sol verò sit in δ . portio circuli magni $\gamma\delta$.



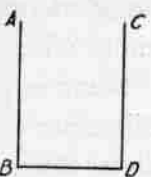
Et quia tempus metitur angulos ad polum, erunt igitur $\gamma\beta\delta$ anguli 3° . $45'$. | 7° . $30'$. | 11° . $15'$. | 15° . $0'$. Est verò $\beta\gamma\delta$ rectus, et $\beta\delta$ complementum declinationis Solis australis sc. 84° . $46'$. Ex his notis inquiritur et $\beta\gamma$ latus ex basi et angulo adiacente, quod fit in momento primo 84° . $45\frac{1}{3}'$. in secundo 84° . $43\frac{1}{3}'$. in tertio 84° . $40'$. in quarto 84° . $35'$. Sit $\beta\epsilon$ profunditas

poli 47° . $2'$. erunt $\epsilon\gamma$ vel BRA residua 37° . $43\frac{1}{3}'$. | 37° . $41\frac{1}{3}'$. | 37° . $38'$. | 37° . $33'$. Eorum complementa BAR parallaxi aucta 52° . $18\frac{2}{3}'$. | 52° . $20\frac{2}{3}'$. | 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. ¹ Ergò per 37. primi APOLLONII quadratum NC diuidatur in ³⁸² 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. $19111\frac{1}{2}$. Ergò si NS auferas ab NR. relinquitur ²⁰ 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° . $33\frac{1}{2}'$. | 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 negotium, inquirere aliter: quaesitis arcibus circuli magni $\gamma\delta$. Nam vt sinus anguli γ seu ³⁰ sinus totus ad sinum $\beta\delta$. sic sinus angulorum β ad sinus arcuum $\gamma\delta$. 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 $\gamma\delta$. 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° . $41\frac{1}{3}'$.	14) 52° . $20\frac{4}{5}'$.	51) $19'$ (statt 52° . $29'$).	129603 (statt 129592).
15) 218 (statt 207).	16) 20153 (statt 20142).	21) 1672.	23) 43664
25) 71° . $28'$.	27) 2° . $42'$.	28) 69° . $16'$.	24) 18° . $32'$.
		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 notauì. Eram enim ad finem attentus. Consignatio ipsa circino examinata prodiit 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.

10 angulus 70° esse potuit. Exiguo igitur post 0° . $57'$ finis B  D
 383 Eclipsis. Itaque praeter exemplum operandi, vides haec satis accuratè tractari posse. Auto¹ 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 $58\frac{1}{4}$. quod angulo meo hyperbolico non malè consentit. In proximo .n. schemate sit $\alpha\beta$ 137° . $2'$. $\beta\delta$ 84° . $46'$. $\delta\alpha$ 53° . $50'$. Prodiit $\alpha\beta\delta$ 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
 20 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 $2\frac{1}{2}$ horis. Nam tredecim vltimis minutis temporis decreuit Eclipsis per $1\frac{2}{3}$ 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° . $55'$. ablati igitur H. 2° . $36'$. initium cadet in 10° . $19'$. aut plus. An hic quoque testimonium habebimus ab obseruatione? Videamus. Cùm in quadrante
 30 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 $\frac{1}{2}$ 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 $9\frac{2}{3}$. 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
 40

4) Ellipsis

5) Eclipseon

ferioris cornu discerni potuit, prodit rursum inclinatio $22\frac{1}{2}^{\circ}$. In septima 26° . procul dubio vitiosè. In octaua 20° . In nona et vltima diligentissimè $22\frac{1}{2}^{\circ}$. in ipso fine: quae collatione omnium est et verissima. Nam inclinationes hae in principio et fine tardè, in medio celerrimè variantur.

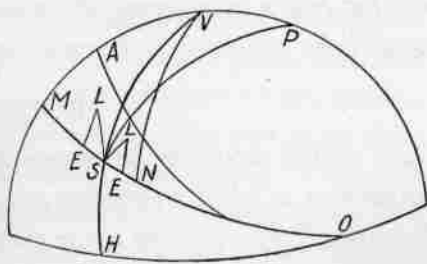
Da veniam Lector, quòd haec tibi non vsquequaque sibi ipsis consona obseruata propono. Deliquium enim insigne fuit, quod à quibusdam Astronomis per multos annos cum desiderio fuit expectatum; neque tamen nisi paucissimis locis visum; coelo nubilo. Quare praestare puto haec qualiacunque de eo extare, quàm planè inobseruatum haberi.

- 10 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
- 20 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 longitudinem¹

- 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
- 30 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 $2'$. $33''$. ablatu relinquit distantiam centrorum.

Ergò SL est $29^{\circ}. 7'$. 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 aliorum etiam est utilis. Cùm ergò Sol sit in $16^{\circ}. 43'$ χ . eius Asc. recta est $347^{\circ}. 47'$. Hinc ablata $23^{\circ}. 15'$. tempora distantiae Solis à meridiano, relinquunt Asc. rectam medii coeli $324^{\circ}. 32'$. cum qua coelum mediat $22^{\circ}. 10'$ $\approx$. et huius declinatio $14^{\circ}. 11'$. scilicet MA. Sed AV est altitudini poli $47^{\circ}. 2'$ aequalis, ergò MV $61^{\circ}. 13'$. Oritur autem eo momento $22^{\circ}. 31'$ II. Ergò $22^{\circ}. 31'$ χ est in gradu nonagesimo, sc. in N. arcus ergò 10 MN $30^{\circ}. 21'$. 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 $56^{\circ}. 4'$. distantia Nonagesimi à vertice: cuius complementum $33^{\circ}. 56'$. 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 hos¹ arcus 387 + sufficienter exhibet. Itaque inuenta NV. iam in triangulo SNV rectangulo ad N. dantur latera. Nam S est $16^{\circ}. 43'$ χ . N. $22^{\circ}. 31'$ χ . SN ergò $5^{\circ}. 48'$. Quare tangentem NV. auctum cyphris radii, diuide in 20 sinum NS. exhibitque tangens quaesiti anguli NSV $86^{\circ}. 7'$. et VSM $93^{\circ}. 53'$. 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 $3^{\circ}. 53'$.

Compendium deducendae distantiae centrorum in longum et latum per parallacticam.

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 $1^{\circ}. 57'$. Boreal. ES. longitudo visibilis Lunae ante Solem $29^{\circ}. 3''$. Ad fugiendum verò tedium multiplicationis sinuum in distantiam centrorum: *quaere distantiam centrorum in fronte parallacticae, et angulum inter Eclipticam et circum-* 30 *lum per centra in margine, Area dabit visam latitudinem. Si complementum anguli huius quaesieris in margine, area exhibebit visam longitudinem.*

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° . Boreal) proposita hora $12^{\circ}. 55'$. quando desiit Eclipsis. Et sit horarius

14) complementum SH $33^{\circ}. 56'$.

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'.¹ 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
 30 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 22½ assumpseris, prodibit latitudo visa 17'. 6''. tantum 2½ 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
 40 schemate patet, minuto radio elliptico per limbum, minuetur et inclinatio. 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 $55^{\circ}. 8'$. auferatur VSL $22\frac{1}{2}^{\circ}$ obseruatus, et relinquitur LSE $32^{\circ}. 38'$. computatus verò fuit $37^{\circ}. 39'$. quare SLE. illic $57^{\circ}. 22'$. hic $52^{\circ}. 21'$. 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 $2^{\circ}. 28'$. 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 distantis 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 Eclipsis: tantum hic repeto ad vsum praecepti supra cap. 9. suo loco allati declarandum simul etiam, vt pateat vsus obseruatorum 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 $56^{\circ}. 4'$. 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 latitudinis prodit vera latitudo $51'. 19''$.

Pro longitudinis parallaxi, cum altitudine nonagesimi $33^{\circ}. 56'$. excerpto sub iisdem columnis $59'$. et $30''$. maximam longitudinis parallaxin $33'. 13''$. Ergo sub columnis $33'$. et $13''$. per visibilem Lunae distantiam à nonagesimo $6^{\circ}. 17'$. (Luna ad visum in $16^{\circ}. 14'$. ☌. Nonagesimo in $22^{\circ}. 31'$. ☌. versante) excerpto 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
 10 titulis 59'. et 30". excerpo novos titulos 44'. 34". Sub his nouis columnis per visibilem distantiam à nonagesimo 37°. 31'. (est enim Luna in 17°. 17' X. nonagesimus in 24°. 48'. V.) 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)
 20 fuisset ingressa super Solem; forsitan 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 com¹putatum, itaque computata 19'. 22". visibilis latitudo, ad obseruatam 17'. 6". propius nonnihil accedet, nec nimio augetur duratio supra eam, quae in Dania fuit annotata.

Ex hac varietate diligens, ingeniosus et circumspectus Astronomus facilè videt, quae quibus cohaereant, et quanam ab obseruationibus
 30 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
 40 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 $2^{\circ} . 28'$. quantus ex horario TYCHONIS proditur, stantibus parallaxibus, quarum fides est certior. Igitur in fine hora $12^{\circ} . 55'$. Luna superauerat verum locum Solis $53' . 49''$. Si $32' . 50''$. minuta horam efficiunt vnam, quid $53' . 49''$? Regula prodet horas $1^{\circ} . 38' . 20''$. Ergo articulus verae coniunctionis Gratii fuerit Horâ $11^{\circ} . 17'$. Quod 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

In data poli eleuatione, visibili initio et fine seu momentis, et loco Solis cognito, assumptisque Horario et diametris luminarium, qualitate motus latitudinis crassiori minerva; denique distantis 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 $55^{\circ} . 54' . 45''$. Horarius Lunae assumatur, vt iam modo $32' . 50''$. Summa semidiametrorum $31' . 40''$. Scimus Lunam verè Septentrionalem esse, et fugere à nodo ascendente. Parallaxis Lu-
nae à Sole horizontalis sit vt prius $59' . 30''$. Initium H. $10^{\circ} . 3'$. Finis H. $12^{\circ} . 32'$. Locus Solis initio in $16^{\circ} . 43' . 27''$. χ . fine in $16^{\circ} . 49' . 42''$ χ .

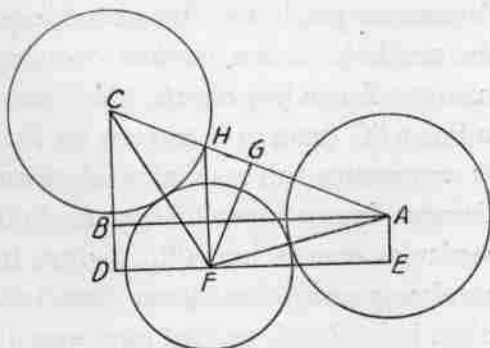
Ante omnia constituentur parallaxes. Ergò initio Ascensio recta Solis $347^{\circ} . 48'$. Hinc ablata $29^{\circ} . 15'$. tempora distantiae Solis à meridiano, tenore obseruationis Huennensis probl. 23. recensitae relinquunt ascensionem rectam medii coeli $318^{\circ} . 33'$. cum qua coelum mediat $16^{\circ} . 5'$. Et huius declinatio $16^{\circ} . 5'$. Austrina. Hinc in schemate problem. 24. cum AM sit $16^{\circ} . 5'$. AV. $55^{\circ} . 54' . 45''$. Ergo MV 72° . Oritur autem hoc momento $18^{\circ} . 24'$. II. Et N $18^{\circ} . 24'$. χ . Ergo MN est $32^{\circ} . 20'$. Et NV $68^{\circ} . 33'$. +

39) In $18^{\circ} . 24'$. II. Rechenfehler

eiusque complementum $21^{\circ}. 27'$. Quibus excerpo parallaxes Lunae à Sole, latitudinis $56'. 22''$. Longitudinis titularem $21'. 45''$. Et cum sit Sol in $16^{\circ}. 43'. \kappa$. Nonagesimus in $18^{\circ}. 24'$. ergo SN est $1^{\circ}. 41'$: augeo circiter $30'$ minutis, quibus Luna Solem antecedit ad visum, vt fiat $2^{\circ}. 11'$. quo cum ex columnis $21'. 45''$. excerpo iustam longitudinis $0'. 48''$. in occasum. Haec in parato sint. ¹

393 Fine Eclipsis ascensio recta Solis ($16^{\circ}. 50'. \kappa$) $347^{\circ}. 54'$. Adde 8° . tempora distantiae Solis à meridiano, fiet ascensio recta M. C. $355^{\circ}. 54'$. cum quo in meridiano est $25^{\circ}. 32'. \kappa$. Et huius declinatio $1^{\circ}. 47'$.
 10 Australis, scilicet MA. Ergò MV. $57^{\circ}. 43'$. Oritur autem eo momento
 † $27^{\circ}. 43'. \ominus$. et N $27^{\circ}. 43'. \gamma$. Ergo MN $32^{\circ}. 11'$. Et NV $50^{\circ}. 44'$. Eiusque complementum $39^{\circ}. 16'$. quibus excerpo parallaxes Lunae à Sole latitudinis $46'. 3''$. Longitudinis titularem $37'. 39''$. Et cum sit Sol in $16^{\circ}. 50'. \kappa$. Nonages. in $27^{\circ}. 43'. \gamma$. Ergò SN est $40^{\circ}. 53'$. Minuo circiter 25 . minutis, quibus Luna Solem sequitur ad visum, vt fiat $40^{\circ}. 28'$. 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 $1^{\circ}. 21'. 32''$. Quanto arcu circa nodos
 20 variatur latitudo circa distantiam à nodo graduum decem, per $6'. 57''$. (posito latitudinis angulo $4^{\circ}. 58\frac{1}{2}'$). 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 $1^{\circ}. 21'. 32''$. relinquit $57'. 54''$. visum motum Lunae à Sole intra tempus durationis proditum.
 30 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 Su¹per AC struatur isosceles AFC. vt vtrumque crus habeat $31'. 40''$. summam semidiametrorum, et ex A. C scribantur
 40 circuli diametri Lunae, ex F cir-

11) In $27^{\circ}. 43'. \ominus$. 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, facillè habentur.

Oportet ad CB apponere aliquam BD sic comparatam, vt ablati 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 obrepisse, vt initium et finem non annotauerit, sed proxima his momenta, deficiente visu, in clara Solis luce. Nec te turbet, quòd errorem illi $5\frac{1}{2}$ minutorum tribuo in vera latitudine. Nam principia, quibus hoc elicui, sic sunt comparata, Luna praesertim penè medium Solis corpus trans-eunte, illumque à decliuius 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. †

Illud etiam arguit, latitudinem verè fuisse minorem, quòd digitos 395 Obseruator prodit $9\frac{2}{3}$. Et verò ex cap. 5. certum est, siue per foramen, seu oculis in Solem intentis contemplatus fuerit, defectum vtrinque maiorem fuisse $9\frac{2}{3}$ digitis. Quòd si ex hoc schemate computes longitudinem FG (nam in G maxima est Eclipsis) prodibit illa 9° . 30''. distantia centrorum sub maximam obscuracionem, et hinc ablati excessus diametri Lunae super diametrum Solis relinquit 8° . 25''. liberas Solis particulas, quae faciunt $3\frac{3}{10}$ digitos. Itaque tantum $8\frac{7}{10}$ 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 40

et fine, quaeritur iam vera coniunctio Huennae. Et quia AFE $50\frac{1}{2}'$. erit EAF $89^{\circ} . 9\frac{1}{2}'$. 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 $10^{\circ} . 59'$. articulus verae coniunctionis: Gratii hora $11^{\circ} . 17'$. differentia meridianorum $18'$. seu gradus $4\frac{1}{2}$. quantum proximè et HONDIVS facit. Atque hoc erat inquir-
 10 rendum hac vice.

Exactior inquisitio
 differentiae meri-
 dianorum 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 observatio digitorum à vero aberrauerit: et caetera

Anno 1590. die 21. Iulii MOESTLINVS Praeceptor meus Tubingae ob-
 20 seruauit Eclipsin Solis sub amplo et obscuro tecto, radio Solis per tegu-
 396 las intromisso. Descriptionem obseruationis, vt illius¹ 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 oc-
 cupare 23. centrorum verò distantiam ad Solis semidiametrum, vt 59.
 30 ad 88.

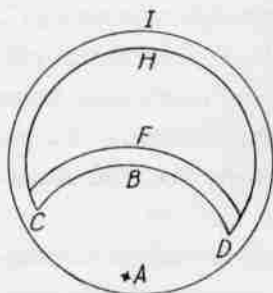
Post maximam obscurationem, cùm iterum semidiameter deficere
 videretur, inuenta est altitudo Solis 33° . Inclinatio circuli per centra ad
 verticalem $2\frac{1}{2}^{\circ}$ graduum, quo arcu Luna à Sole fuit Occidentalis, et
 Australis sicut ante.

Cum quarta pars deficeret, altitudo Solis fuit $37\frac{1}{4}^{\circ}$. Inclinatio circuli
 per centra cum verticali 19° . Erat autem Luna tunc à verticali facta
 orientior.

In fine totius Eclipsis altitudo Solis fuit $41\frac{1}{4}^{\circ}$. circulus per centra
 cum verticali comprehendebat angulum 30° . Luna fuit orientior.

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 observatione, 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 digres-

sionis 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 dimensionis 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 diame-
tros luminarium
per nostram par-
allacticam.

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 septen¹trione 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 meri-
 diano. 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 meridionaliore 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'. Ω . 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. 45 $\frac{1}{3}$ '. Defecerunt ergò scrupula 15'. 31''. Horâ 7. 14 $\frac{2}{3}$ '. ante meridiem.

Tubingensis poli
altitudo.

Eandem methodum sequar et in altero momento, cum esset altitudo Solis 33°. et in duobus reliquis, vbi altitudo Solis 37 $\frac{1}{4}$ °. 41 $\frac{1}{4}$ °. Nisi quod hic miscebo prosthaphaeresin in prima parte, ad effugiendam multiplicationem. Locus Solis ad horam 7. 15'. exhibetur à calculo TYCHONIS 7°. 25 $\frac{1}{2}$ '. Ω . Ergo in fine Eclipsis verè est in 7°. 30'. Ω . declinatio à 7°. 25 $\frac{1}{2}$ '. in 7°. 30'. decrescit 2 minutis. Tutò itaque vti possumus invariata hac declinatione. ¹

26) 22687. 30) sinu 32) Horâ 7. 14 $\frac{1}{3}$ '.

Declinatio	18°. 28'.		
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. 15 1/2.	35. 48.	42. 8.
Complementa	60. 44 1/2.	54. 12.	47. 52.
Horae	4. 3'	3. 37'	3. 11 1/2'
Tempus ante mer.	7. 57'	8. 23'	8. 48 1/2'

Haec ad declarationem huius problematis sufficiunt. Caeterum exemplum per problemata 24. et 26. continuabimus, elicitum primum visibili, tum vera latitudine, longitudine, et caeteris, ad haec momenta quatuor.

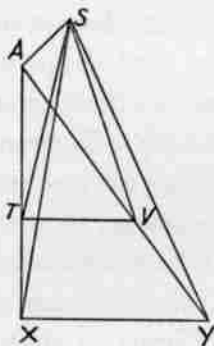
Loca Solis	7°. 25 1/2' Ω	7°. 27'. 10" Ω	7°. 28'. 12" Ω	7°. 29'. 14" Ω
Ascensio recta	129. 51.	129. 53.	129. 54.	129. 55.
Distantia à mer.	71. 20.	60. 45.	54. 12.	47. 52.
A.R.M.C.	58. 31.	69. 8.	75. 42.	82. 3.
Culminant	0. 41. II	10. 44. II	16. 51. II	22. 43. II
Horum declin.	20. 22.	22. 8.	22. 52 1/2.	23. 19 1/2. Sub.
Altit. poli	48. 24.	48. 24.	48. 24.	48. 24.
Latera MV in				
schem. probl. 24	28. 2.	26. 16.	25. 31 1/2.	25. 4 1/2.
Asc. obl. horosc.	148. 31.	159. 8.	165. 42.	172. 3.
Oritur ergo	7. 5. III	14. 3. III	19. 34. III	24. 12. III
In Nonagesimo	7. 5. II	14. 3. II	19. 34. II	24. 12. II 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. ☉
Ergo vel per SV vel				à Nonag.
per SN inuen. NSV	30. 43.	31. 36.	32. 35.	34. 15.

38 In 31. 36. Rechenfehler (richtig 31. 21.)

10 semicirculum $145^{\circ}. 54'$. inter circulum per centra et partem occiden-
talem Eclipticae: ergo inter eundem et orientalem partem (Luna australi,
vt prius) $34^{\circ}. 6'$. Hic ergò Luna propior Orienti; et vltra Solem.

401 illum ab altero plano in sectione cum horizonte, ei plano¹ 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
30 intra sphaeram.

40 verò AT ad TV, sic AX ad XY, quae ideò fit 32893.



21) 13tii Euclid.

Et quia STX rectus, et TSX $37^{\circ}. 15'$. 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 $23^{\circ}. 23'$. maior.

Sic in fine Eclipseos, cùm esset altitudo Solis $41^{\circ}. 15'$. Inclinatio in instrumento 30° . inuenitur angulus XSY in ipsa sphaerae circumferentia simili processu $37^{\circ}. 31'$. Atque hoc pacto vtraque haec inclinatio correcta est.

Cùm igitur in tertio momento angulus superior ad dextram inter Eclipticam et verticalem sit $32^{\circ}. 35'$. vt supra ex tempore fuit probatum, 10 eique aequalis inferior ad sinistram, sit verò verticalis et circuli per centra angulus itidem ad sinistram inferior $23^{\circ}. 23'$. Ergò hoc ab illo subtracto, restat inter circulum per centra et Eclipticam $9^{\circ}. 12'$. Luna in Austro.

In quarto momento prior angulus supra fuit $34^{\circ}. 15'$. posterior earundem affectionum $37^{\circ}. 31'$. et maior. Illo igitur ab hoc subtracto restat inter Eclipticam et eum per centra $3^{\circ}. 15'$. Luna iam boreali.

Caeterum problemate 14. monui lubricum esse modum hunc, 1 ob 402 titubationem manuum. Ea quantum hac vice potuerit, in successu non latebit. 20

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 30 centra loco suo per 12. problema. Et quantum augetur semidiameter So- 30 laris, 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, multipli- 40 cabimus in sinus angulorum, et reiectis vltimis quinque, prodibunt

latitudines, cum sinibus complementorum longitudes 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 ¹⁰ BRAHE Lunae in mediocri longitudine tribuit distantiam $56\frac{1}{2}$ semidiametrorum, ergò per eccentricitatem 4336. quam veri similiorem cen-
seo, in huius eclipsis anomalia distabit Luna à terra $58\frac{2}{5}$. Quare hori-
zontalis parallaxis 58'. 54". Solis verò 2'. 58". Ergò Lunae supra Solem
proximè 56 in horizonte.

Per arcus igitur NV supra inuentos sub titulo 56' excerpo parallaxes
latitudinis 25'. 42". | 24'. 36". | 24'. 1". | 23'. 42". Ab his visae latitu-
dines austrinae ablatae, additae verò boreales, faciunt veras latitudines
12'. 39". | 16'. 14". | 20'. 24". | 25'. 26".

²⁰ Per complementa verò NV nouos excerpo titulos ex parallactica 49'.
50". | 50'. 20". | 50'. 36". | 50'. 45". | Et sub his titulis per visas distan-
tias 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
longitudes Lunae ante Solem 50'. 25". | 29'. 10". | 15'. 22". | 4'. 43".
Sequebatur itaque vera coniunctio finem Eclipseos. Et quia hinc hora-
rius Lunae à Sole prodit 29'. 16". (TYCHO prodit 27'. 56") diuisa ergò
residua scrupula 4'. 43". per hunc ostendunt 10 proximè minuta, qui-
³⁰ bus 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 meri-
dianorum Tubin-
gensis et Vrani-
burgi.

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 altiore paulò. At hora 1 7°. 5'. aequilibria luminaria. Hora 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 $\mu\eta\chi\omicron\pi\lambda\alpha\tau\eta$, 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. 20

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. 1

35) 55°. 33'. 27''. 36) 46'. 11''. 37) 20'. 44''.

405 Vt verò sinus complementi altitudinis Solis ad sinum anguli $54^{\circ} . 45'$.
ita sinus altitudinis aequatoris ad sinum anguli inter Eclipticam et meri-
dianum $33^{\circ} . 49'$. cuius complementum $56^{\circ} . 11'$. qui sub titulis $20'$. et
49". (quae est distantia centrorum) exhibent veram latitudinem Lunae
borealem $11' . 33''$. Longitudo ante $\odot$ $17' . 14''$.

Expectabam vt Tychonica obseruata MOESTLINVM in latitudine ad-
iuuant. At incertior abeo quàm pridem. Nam latitudinem TYCHONIS
calculus, ex Lunaribus Eclipsibus extractus, exhibet $16' . 47''$. in medio
Eclipsis. Hoc igitur momento decuit maiorem fieri, quia post medium.
10 Da mihi maiorem huius momenti defectum, et maiorem extruxero lati-
tudinem. Vides itaque quantum visus decipiat. Forsan et pro $\frac{1}{3}$ scrip-
sere $\frac{1}{5}$. Nam quĩ fieri posset, vt MOESTLINO deliquium in quarta dia-
metri 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 pate-
facere, quàm crebrae sint hallucinandi occasiones, quanta vicissim, et
quàm exoptata vtilitas, si diligentia in huiusmodi obseruationibus ad-
hibeatur.

20 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 $9^{\circ} . 0'$. Gradus distantiae à
meridie 45° . Ascensio recta medii coeli $84^{\circ} . 55'$. Culminat $25^{\circ} . 20'$ II.
cum declinatione $23^{\circ} . 26\frac{1}{2}'$. quae ablata ab altitudine poli $55^{\circ} . 54\frac{1}{2}'$.
relinquit $32^{\circ} . 28'$. Latus MV. in schemate probl. 24. Et quia $174^{\circ} . 55'$.
oritur; de Ecliptica ergò $26^{\circ} . 37'$ η cooritur; et in Nonagesimo est $26^{\circ} .$
37'. II. Ergò latus NM $1^{\circ} . 17'$. Et NV per calculum $32^{\circ} . 26'$. exhibens
parallaxin latitudinis (sub titulo $56'$) $30' . 3''$. eius complementum $57^{\circ} .$
34'. exhibet titulum $47' . 17''$. Sit Luna planè in $8^{\circ} \Omega$ ad visum. Distat
30 igitur à Nonagesimo $41^{\circ} . 23'$. quae ex titulis $47' . 17''$. exhibet parallaxin
longitudinis $31' . 15''$. Latitudo verò ponitur $17'$ borealis, parallaxis lati-
tudinis $30' . 3''$. Ergò latitudo visibilis Austrina $13' . 3''$. Visa verò cen-
406 trorum distantia $30' . 27''$. Ex basi ergò et latere latus reliquum longi-
tudinis 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 $6' . 42''$. austra-
lis. Et parui trianguli basis $30' . 27''$. Ergò latus longitudinis $29' . 42''$.
Sed parallaxis longitudinis $35' . 7''$. Illud ergò ab hoc ablatum relinquit
40 $5' . 25''$. Itaque differentia locorum Lunae $1' . 31''$. quae faciunt minuta

Exactor differen-
tia Meridianorum
Tubingae et Vrani-
burgi. Aliter.

3'. Tubingae ergò Horâ 8. $51\frac{1}{2}'$ (additis ad finem 3' minutis) Luna ibi fuit, vbi erat Vraniburgi Horâ 9°. 0'. differentia meridianorum minuta $8\frac{1}{2}'$. 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 observatis 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

20

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^gitudo à Sole FE. FD. visibilis itidem latitudo EA. DC. per Problema 24.

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. aliū et Mechanicum modum vide.

Cū 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 prius tractant, postea demum ad angulum hunc, seu ad initialem finalemque latitudinem vi-
 10 sam progrediuntur: eamque ab initio ad finem maximarum eclipsium rarò vltra 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 plurimū tribuit, adeò vt quas in plagas spectant, illas regiones signari affirmet?

408 Itaque diutissimè in erronea hac opinione fui, mirabilem ali¹ quam in Lunae motu inaequalitatem latere, non animaduersam ab authoribus, eamque praecipuè circa Eclipses sese ostendere: quando Luna transit Eclipticam.

20 Adeoque operae praetium esse putavi 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 negotio 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
 30 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 extracta. Oporteret igitur latitudinis parallaxin à principio ad finem nihil variari, si verè excerpti 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. excerptitur. Nam adhibetur quidem parallaxis latitudinis; at ea non propria, sed translaticia ex medio ad deliquiorum terminos: Nec schema Eclipseos secundum
 40 praeceptum 65. Prutenicarum verum extruitur, sed prope verum. Vt-

1) 36'. 42". 18) eumque

44 Kepler II

plurimum enim visibilis via Lunae duplo, triplo, quadruplo est obliquior ad Eclipticam, quare etiam obscuratio maxima, ab articulo visibilis coniunctionis secundum longitudinem, differt amplius, et tempora ingressus et emersionis variantur.

Apponam autem hic experimentum ex observationibus 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 ^{10 409} 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 21½ horas ante ortum Solis, fuerat ☾ orientior; et vt apparuit, meridionalior Luna, distans per duas Lunas. Postea interuenerunt nubes, quod principium cernere non potui. Iudicani 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: transinere iam medium coeli. Eo verò tempore, quo medium huius eclipseos iudicani, accepi altitudinem Lunae ferè in linea meridiana existentis, et reperi 32. grad.* ²⁰

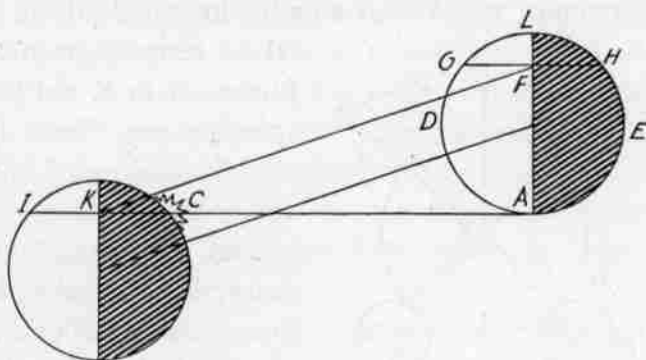
Id quod supra posui, videlicet Lunam primò Saturnum apprehensuram cornu australi, NON VIDETVR POSSIBILE, CONSIDERANDO VIAM LVNAE. Sed hoc quidem euidenter apparuit, Saturnum in Diametro Lunae à cornu septentrionali per duos digitos aut circa distetisse. Dignus est et author clarus et observatio diligens 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 ³⁰ 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; secant verò AL et lineam AC ad rectos. Ergò AC et Eclipticae et circulo per lumina est quodammodo parallelus. 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- ⁴⁰

27) imprimis, id cuius

34) per AB

410 bitur Luna in AL (quia AC¹ est Eclipticae parallelus) 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 dia-
metro Lunae duobus
digitis abesse visus
fuit à cornu septen-
trionali, 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, dia-
metri seu termini luminosae partis in vtroque schemate manebunt pro-
ximè paralleli, et eidem CA ad rectos erunt. Et sic geometricè delineata
erit haec WALTHERI observatio.

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 par-
allelus 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

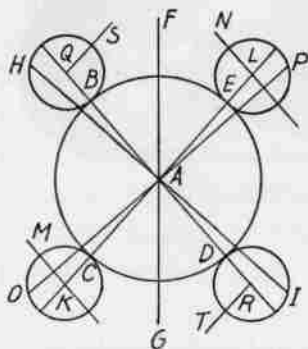
PROBLEMA XXXI

*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. representans 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 decre-
centem, vt sit via Lunae KM versus Eclip-
ticam; in L borealem crescentem, vt sit via
Lunae LN ab Ecliptica. Vtrinque igitur ali-
qua particula Lunae deficit (nam hac quo-
que 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 max-
imae) 100382 ad radium, ita summa semidiametrorum, quam assume-
mus 60 scrupula, ad distantiam centrorum in defectu maximo 59'. 46".
Ita 14" incidunt in defectum: pars quidem exigua, non planè cente-
sima. Nos tamen hic apices summos sequimur. Nihil prohibet, idem
quod hic demonstramus, contingere, etiam cum Luna in K nonnihil
vmbra delibauit. Erit autem in K principium, in L finis defectus, et
C contactus circulorum, seu ¹ nota defectus, verget in occasum ad dex-
tram, 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 descen-
dens, via SQ. in R verò australis, itidem descendens, seu à nodo reced-
dens, via RT. Tunc illic B defectus in principio verget in occasum ad
dextram: D verò finalis defectus in ortum.

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, cum iam ante dimidiam horam lumen pallescens illa ipsa parte notaretur, vel paulò versus sinistram inferius. Cumque Sol fuerit in 25°. 55'. m. 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 $\frac{1}{3}$. plus $\frac{1}{4}$ abesse censebatur. Consentiant autem hæc: 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
 10 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 vmbra planè in vertice desisset. 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
 20 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
 30 si assumpseris angulum visibilis viae Lunae 20 graduum, quantus non semel iam euaserat: secans 106418 diuidens summam semidiametrorum, quae 30 assumatur tantummodo, constituit $28\frac{1}{5}$. reliquum $1\frac{4}{5}$ 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.
 40 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: consideranda 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 parallaxis 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 tam 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.

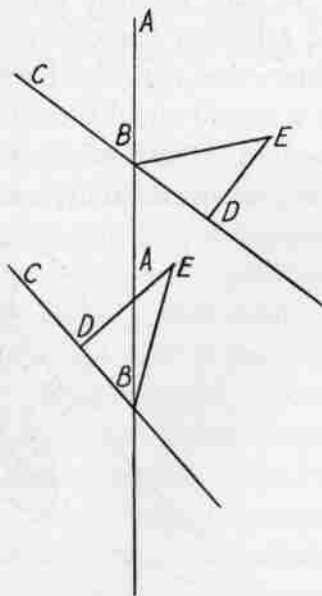
Cùm igitur Luna quidem vero motu descenderit versus nodum deuehentem, at contra per visus phantasiam plurimum in Septentrionem fuerit euecta, minutis latitudinis parallaxibus, quippe oriente Leone: igitur minima inclinatio, finis ad ortum spectauit. In climatibus igitur australibus, vbi minor defectus, 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 dextram¹ 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 horizon-
talis, 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 vi-
deri oportuerit ad principium et finem. Fuit Sol in $7^{\circ}.17' \kappa$. | $7^{\circ}.20' \kappa$.
Ascensio recta $339^{\circ}.0'$. | $339^{\circ}.3'$. Distantia temporalis à meridiano
 $23^{\circ}.0'$. | $42^{\circ}.45'$. Ergò Ascensio recta M. C. $2^{\circ}.0'$. | $21^{\circ}.48'$. Coelum
mediant $2^{\circ}.11' \nu$. | $23^{\circ}.34' \nu$. quorum borealis declinatio $0^{\circ}.52'$. | $9^{\circ}.12'$.
Altitudo poli $55^{\circ}.55'$. Ergò culminantium punctorum altitudo
10 $34^{\circ}.57'$. | $43^{\circ}.17'$. Oriuntur verò $1^{\circ}.56' \Omega$. | $15^{\circ}.6' \Omega$. Et horum qua-
drangula in Nonagesimo. Inter ergò Nonag. et culminans $29^{\circ}.45'$ | $21^{\circ}.32'$.
Hinc distantia Nonagesimi à vertice $48^{\circ}.43'$. | $42^{\circ}.31'$. Excerpunt
sub titulis $57^{\circ}.20''$. parallaxeos Lunae à Sole, parallaxes latitudinis
 $43^{\circ}.5''$. | $38^{\circ}.44''$. Eorundem verò complementa $41^{\circ}.17'$. | $47^{\circ}.29'$.
excerpunt titulos $37^{\circ}.49''$. | $42^{\circ}.16''$. Et quia Sol vel Luna proximè à
Nonagesimo abest $54^{\circ}.39'$. | $67^{\circ}.46'$. his ergò sub titulis inuentis ex-
cerpuntur longitudinis parallaxes $31^{\circ}.1''$. | $39^{\circ}.6''$. Per easdem verò
Solis à Nonagesimo distantias, anguli inter Eclipticam et verticalem
prodeunt $54^{\circ}.24'$. | $44^{\circ}.44'$. Iam assumatur semidiameter Solis $15^{\circ}.20''$.
20 Lunae $15^{\circ}.58''$. summa $31^{\circ}.18''$. basis parui trianguli. Ex calculo TY-
CHONIS etiam assumatur latitudo $1^{\circ}.8'$. | $1^{\circ}.5'$. Hinc ablatae parallaxes
latitudinis visibilem latitudinem relinquunt $24^{\circ}.55''$. | $26^{\circ}.16''$. alterum
parui trianguli latus circa rectum. Ex basi et latere dantur anguli latitu-
dini obiecti $52^{\circ}.45'$. | $57^{\circ}.3'$. Et vt consensus appareat, longitudinis
latera veniunt indidem $19^{\circ}.0''$. | $17^{\circ}.21''$.
illud ante, hoc post Solem. Illud subtractum
à parallaxi longitudinis, hoc additum suae
quodlibet, dant veras longitudes vltra
416 Solem $12^{\circ}.1''$. | $56^{\circ}.27''$. Ergò horis $1^{\circ}.19'$ motus Lunae verus $44^{\circ}.26''$.
30 horarius ergò ferè $34'$. exiguu maior iusto, quod, vt
semper initium iusto tardius obseruetur, finis
maturior vero. Sed ad angulos: AB sit verti-
calis, CB Ecliptica. Angulus CBA $54^{\circ}.24'$. | $44^{\circ}.44'$. BE sit arcus per centra. Et EBD
 $52^{\circ}.45'$. | $57^{\circ}.3'$. Ergò ABD in principio
Eclipsis est $125^{\circ}.36'$. quare ABE $72^{\circ}.51'$. In
fine verò, quia ABC est $44^{\circ}.44'$. et EBC
 $57^{\circ}.3'$. maior, ergò EBA est excessus $12^{\circ}.19'$. adhuc E ad dextram verticalis, seu versus
40



10) $55^{\circ}.3'$. | $46^{\circ}.43'$. 24) consensus

midiameter, vt QI sit $2\frac{1}{2}$. IA $3\frac{1}{2}$. 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 altiore MN . et sic non $2\frac{1}{2}$ digitos teget, aut profundiore, et sic plus teget. Ergò solam MND viam ire videbitur.

10 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. in¹ter 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
20 nubes dimidium temporis occuparunt, quae et finem, forsàn et maximum defectum occularunt.

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 Eclipses

Primùm illud satis clarum est, tam paruum spatium, quantum Luna trihorio conficit, rectae aequiparari, etsi curua est circa centrum Terrae circumducta. Verùm de hoc iam non quaeritur: sed de illo, an centrum
30 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

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: 10 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' χ . eius declinatio 7°. 12'. 45". addo ad altitudinem poli 47°. 2'. Erit MV + 54°. 14'. 45". Oritur verò 9°. 33' $\odot$. Hinc MN 27°. 53'. Et VN 48°. 38'. 20 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' χ . 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°. 12 $\frac{2}{3}$ '. Itaque qualium FG 10'. 3" (si ponas Lunam iam esse in G puncto maximae 21 30 obscurationis, cum hac latitudine ¹ 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 $\frac{1}{5}$ digitos. Defecerunt ergò plus quàm 8 $\frac{3}{5}$ digiti. Et sic probatum est, hoc in meridianis Eclipsibus satis esse euidens.

Quare supra Problem. 27. si relinquis hoc Tychonicis, aequalem fuisse 40 oculorum fallaciam, non tantùm in principio et fine, sed etiam in ipso

6) perpendicularis in D 19) In 9°. 33' $\odot$. Rechenfehler

medio: causa nihilominus erit, cur apparuerint $9\frac{2}{3}$ 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 $84\frac{1}{3}$. Itaque in hac dimensione summa semidiametrorum est $172\frac{1}{3}$. Ergò (ad exemplum probl. 28. et 29.) vt $172\frac{1}{3}$ 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. 10 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 $7\frac{2}{5}$. Itaque si rectè habent, quae de obseruatis sunt consignata: etiam in hac Eclipsi defectus sensibiliter maior fuit eo, qui ex 20 diagrammate et aequalis defectus momentis in medium deriuabatur. 1

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 30 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 consignauì. 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.

† Azim- Anguli verticalis cum circulo per
thorum centra. Numerabantur ab infra in
et altitu- versus occasum vsque ad indi- vmbra.
dinis cem (qui stabat è regione vm-
notae. brae radii. Ergò in easdem partes
cum Luna in coelo.)

1. $62\frac{1}{2}$. vel $72\frac{1}{2}$ o. Initium. Regula te-
xit notas dena-
riorum.

10 2. 58. $2\frac{1}{3}$.
3. $52\frac{1}{2}$ 3.
4. 46.
5. 34. vltra 4.
6. 13. circiter. 1

Versus ortum.

423 7. 4. 6 circiter.
8. 22. circiter. 6 plus putabam.

Valdè pallidus et confusus.

9. 32.
20 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 $\frac{1}{2}$
circiter, et pallor tantùm in causa fuit) verticalis an-
gulus erat nondum 90° .

30 15. Paulò ante finem, nondum erat 90 in vertice.

Nota de his notis, azimuthorum indicibus et altitudi-
num: fine transtrum seu regula horizontalis propende-
bat, et altitudinem praebebat nimiam.

Tunc omnia schemata per tecti rimas hanc habebant formam in plano
horizontalis.

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. $1^{\circ} 4'$ 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,¹⁰ 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 $47^{\circ} 10'$. sanè pro conditione huius operationis et instrumenti lignei, quàm proxime accedens ad veram altitudinem $47^{\circ} 2'$. Itaque certus fuit meridies. Sequitur ordo dinumerationis.

		In linea versus ortum.		Ergò arcus reducti.				Versus occasum.		
Meridies.		37½.		1. 4.		0. 0.				20
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.				30
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 impediabant. 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

	Hypo- tenusa 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	
10	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. —
20	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	43. 38.	43. 35.	71. 15.	60. —
			debut vbique esse 5040					1

426 30 Patet igitur, ad translationem transtri, cardine columellae firmissculè 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 $22^{\circ} 17'$. et ob parallaxin $16'$. Alt. poli $47^{\circ} 2'$.

10

Mo- men- tum	Horae	Puncta culminantia	In Nonagesimo	Distan- tia eius à vertice	Solis à Nona- gesimo	Angulus inter ver- ticalem et Eclip- ticam	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.	20
6	1. 42. 40.	12. 54. ☌	3. 35. ☌	28. 37.	15. 24.	64. 4.	51. 4.	1
7	1. 48. 16.	14. 18. ☌	4. 38. ☌	29. 0.	16. 26.	62. 58.	66. 58.	427
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. 30 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. $1^{\circ} 47\frac{1}{2}'$. duratio $2^{\circ} 20'$. Tyconicis in arce Benatek, quae 5 Germanicis milliariibus versus Euroaquilonem abest Pragâ: Medium fuit H. $1^{\circ} 46\frac{1}{2}'$. duratio horarum $2^{\circ} 1'$. Digni ipsis censebantur circiter 5. cùm mihi etiam in radio $6\frac{1}{3}$ apparuerint, quare post enucleationem $7\frac{1}{2}$.

16) Die ganze Zeile fehlerhaft 35) Tyconici 37) horarium

Atqui non debuit TYCHO BRAHE metuere, ne mea obseruatione sua subuerteretur, neque ex sua meam arguere, aut absurdum existimare, mihi orientiori visum initium Horâ 12. 37½. sibi occidentiori 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.

10 MOESTLINVS Tubingae nubibus vt plurimum impeditus *hoc ait vnum*
 428 *excepi, quod notabiliter vltra medium Sol defecerit.* Hoc idem¹ quidam et 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 paral-
 20 laxium longitudinis decrescunt post meridiem. Et quia Sol in 18° 69. 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:
 30 Et radius Solis ampliatas, 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 fenestreae, 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,
 40 auferendus erit à Lunae semidiametro, vt rursum vera centrorum distantia habeatur.

His sic constitutis, et adhibito angulo, quem ultimo repereramus, constituitur visibilis longitudo et latitudo ad omnia momenta, quae in tabella hac adhibeo.¹

Momen- to	Particulae deficientes	Residua ad centrum	Valor	Distantia centrorum	Visa latitudo australis	Visa longitudo ante ☉	429
1	2. circiter	42 $\frac{3}{4}$. circit.	14' 16"	30' 26" circit.	10' 40" vel 5. 34.	28' 31" vel 29. 56.	
2	20 $\frac{1}{2}$.	24 $\frac{1}{4}$.	8. 8.	24. 18.	7. 22.	23. 10.	
3	26 $\frac{1}{2}$.	18 $\frac{1}{4}$.	6. 7.	22. 17.	8. 7.	20. 45.	10
5	35. vltra	9 $\frac{3}{4}$. minus. Excessus.	3. 12.	19. 22. minus.	11. 1.	15. 55.	
7	53. circiter	8 $\frac{1}{4}$. circit.	2. 42.	13. 28. circit.	12. 24.	5. 16.	
8	53. plus vidi.	8 $\frac{1}{4}$. plus.	2. 42.	13. 28. minus.	13. 23.	1. 40.	
10	44. circiter	$\frac{3}{4}$. circit.	0. 11.	16. 21. circit.	15. 44.	Post ☉ 4. 26.	
11	44. infra	$\frac{3}{4}$. plus.	0. 11.	16. 21. plus.	14. 43. pl.	7. 17.	
12	{ 35. 34 $\frac{1}{2}$.	{ 9 $\frac{3}{4}$. 10 $\frac{1}{4}$.	{ 3. 12. 3. 22.	{ 19. 22. } 19. 32. }	{ 16. 43. }	9. 58.	
13	18. vltra	26 $\frac{3}{4}$.	8. 54.	25. 4.	17. 40.	17. 42.	20
14	4 $\frac{1}{2}$. circiter	40 $\frac{1}{4}$.	13. 25.	29. 35.	{ inter 21. 18. et 17. 24.	20. 34. 23. 56.	
15	0	44 $\frac{3}{4}$.	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 fuisset relictus, in quod ex oscitanti numeratione inclinationis incidere, 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 observationis 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 6 $\frac{1}{3}$. in coelo post enucleationem 7 $\frac{1}{2}$.

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.

10

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 comparauì. Conclauè 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, apparatus. Quin et fenestra sub finem mutanda fuit, Sole nimis obliquè meridionalem murum feriente.

20

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 impediuius, 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 observationes 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.	10
1. 18. 45.			70. plus: intellige 72. vt in seq.
1. 23. 15.			72.
1. 24. 30.		Digitus 1. .	72. subintellige ex ante- cedenti.
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. 20
2. 20. 30.		Digiti 6 $\frac{1}{3}$. .	86.
2. 23. 30.			90.
			Sursum retrorsum.
2. 30. 0.		Digiti 7 $\frac{1}{3}$. .	84.
2. 43. 30.		Digiti 7 $\frac{2}{3}$. .	79.
2. 53. 0.		Digiti 8. .	19. †
3. 0. 0.		Digitis 8 mi- nus.	Nondum nihil.
		Sunto 7 $\frac{2}{3}$.	
3. 6. 0.			7. 30
3. 9. 30.		Digiti 6 $\frac{2}{3}$. .	14.
3. 15. 0.		Digiti 6 cir- citer.	
3. 21. 0.	Sol strinxit hori- zontem visibilem alt. aliquot gra- duum.	Digiti 5 $\frac{1}{2}$. .	25. circiter. Solis enim limbus superior post nubem, inferior post montem erat.

Lunula mea capiebat 30'. qualium Sol 31'. sed vmbra sensibilibus eam
superavit. Vide Probl. 13.

26) 2. 53. 30.

Azimutha quinque, gradu vno aucta, quo instrumentum declinauit à meridie in ortum, ostendunt tempora. ¹

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 $1\frac{1}{2}^\circ$ ad ortum. At dimidium gradus internosci commodè non potuit, in tam paruo instrumento et negotio hoc, vt Sol planum instrumenti vtrunque aequaliter illuminet.

Sequuntur necessaria ex motu primo

Horae	Culminatio	In Nonagesimo	Distantia Nona- gesimi à vertice	Distantia Solis à Nona- gesimo	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

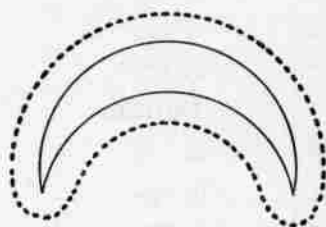
433 Diametros Solis fimbriata particulas obtinuit 110. Lunae seu vmbrae 75. de quo vide Probl. 13. Summae semissis 92 $\frac{1}{2}$. Quicquid igitur in

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 $93\frac{1}{2}$ enucleatae: hac argumentatione. Si $93\frac{1}{2}$ efficiunt 31 scrupula, quid nostra residua? Hae verò centrorum distantiae secundum angulos eius cum Ecliptica, eorumque complementa, per nostram parallacticam in longum et latum deducuntur 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". 10
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.
		ultra 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. 20
	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 visi-



bilis 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, quibus addita semidiametro Solis, efficit 24'. 23" particulas 30 434

deficientes et plus, quae sunt in coelo digiti $9\frac{1}{2}$ 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. 40

SEQUUNTUR NOTAE ALIQUAE

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, ut 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. Quod 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 ἔσται, καὶ ἄλλοις σώμασιν ἐνυπάρχει, τοῖς μὲν μᾶλλον, τοῖς δὲ ἥττον. 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
435 autoritate Philosophi, mihiq̃ nudam remitte.

Ad pag. 11. ad prop. 15. Cum haec definitio competat coloribus secundum magis et minus, minimùm igitur competit Nigerrimo. Nam is
20 est colorum omnium terminus: et habet se ad colores, ut punctum se habet ad lineam, ad quantitates pertinens, quamvis 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, ut per eam lux hostem suum, nigrum colorem, hoc est, meras tenebras radiosas, seque ipsas nonnihil in superficie obiecta pingentes constituat.

30 Ad prop. 22. fol. 21. 22. Quomodo oriatur haec quarta lucis species, communicata nempe, ubi lux Solis ex vna sola plaga allabens, ita fit propria superficiebus seu laeuibus coloratis, seu asperis; ut 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 vitur 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 competit¹ summus densitatis gradus. Nam etiam summè densorum lucida si fuerint puncta singula, pro se quodque radiat orbiculariter.

Ad prop. 24. 25. pag. 23. Quod in percussu non coloretur lux, experimento constat facili, si aliquot ordine patellis, variorum colorum humores (aequaliter tamen puros) Soli exposueris; sic, vt percussus 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. Omnino corpus requirunt colores, non minus atque infra cap. 6. lux. Quod autem nihilominus corpora reperimentia, communicatam suam lucem orbiculariter sparsam, etiam percussae 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 percussus à speculo. Hinc per 28. fit mixtio ex utroque 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.¹

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 decliua 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.

10 Alia item ratio est vaporis consistentis et frigefacti, qui haeret iners vno loco, mistus fumis crassioribus, per quem stellarum lumina obscura rubea, et vt VIRGILIUS 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.

20 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 pluuiæ, et eluuiæ illorum locorum perniciosa.

438 30 Sequentē lineā 25. dum altis locis refractiones tribuo maiores; intellige horizontales. Nam quae fiunt in aliqua siderum altitudine tanto sunt minores, et tanto citius desinunt, vt supra demonstratum.

Hinc infra lineā 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, primum 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, 40 sphaeram aëris contingente. Deinde verò in eadem illa regione et tempore, horizontalis nihilominus maior potest apparere; propterea, quod

ob altitudinem regionis obseruator extremæ superficiei aëris est vicinior, fruiturque radio contingente Aëris sphaeram, plurimum refracto; qui longè supra caput ipsius fuisset transiturus, si obseruator humiliori loco constitisset. Non enim vbique locorum, quanta contingit maxima refractionis, tantam et habet Sol occumbens, vt diligenter inculcaui.

Et per se patet, quantitatis minoris aliquam esse partem, toti vicinior, quæ maior esse possit parte aliqua quantitatis maioris, plus à toto suo deficiente. Quare etsi totalis refractionis 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. Regeo 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 hæc scriberem, nondum animum induxeram, tabulam PLATERI, quæ oculi partes ad viuum exprimit, imitari typō, et operi adicere, quod postea persuaserunt amici, vt pag. 177. inferius ea insereretur. Itaque verbis hîc præstare volui, et similitudinibus, quod pictura tunc nolebam.

Tu igitur, hac missâ similitudine identidem ad dictam tabulam respicito, et quæ dicuntur toto hoc statu, diligenter cum illa conferto.

Ad pag. 170. Consideratione dignissimum est, quod olim Heidelbergæ contigisse, Mag. D. MATTHÆVS 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 præcipuè, quod spiritus lucis et colorum capaces esse statuuntur.

Ad pag. 180. p. 4. Hæc 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 præstant.

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 ultra*, vocolae 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.

441 40 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 omnes radiationes 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 latiore, quanto sunt ab I remotiores, proferuntque eius zonae terminos cis et vltra H. Nam eius zonae quam punctum F habet (id autem paulò humil-
lius 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 improprie dicta zona magis magisque faciunt hemisphaerium, adeò, vt si daretur punctum infinitae distantiae, eius radiationes sphaeram in M. G. punctis oppositis tecturae, et hemisphaerium completurae sint.

Hic omissa est demonstratio eius, quod radiationes ex O etiam tunc
concurrae 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 facile demonstratur: idque per prop. 9. et schema prae-
sens. 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 vttere etiam ad sequentis pr. 16. plenariam demonstra-
tionem.

Ad pag. 190. Nam BA est perpendicularis, CB refractus, eius in aëre constitutae partis declinatio à perpendiculari 10° . refractionis $2^{\circ} 15'$. Hoc arcu subtracto, relinquitur refracti inclinatio $7^{\circ} 45'$. In triangulo igitur CAB aequicruro summa angulorum ad crura est $15^{\circ} 30'$. quae ab 180 ablata relinquit CAB ad centrum A. $164^{\circ} 30'$. Et cum KB inclinetur per 10° . ad AB perpendicularem, DA illi parallelus tantundem ad eundem inclinabitur: quare et BAD 10° . Existit autem CFN ex duplicatione refractionis, quia bis KB refringitur per $2^{\circ} 15'$ versus DA parallelon,
semel in B. iterum in C. Demonstratur parallelus axi per B. C ductis.

Ad 191. prop. 16. corollarium primum. Si desideras corollarii demonstrationem, inspicere 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 intervallo 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 distantia ad breuissimam: effectum quoque, seu propinquitatem intersectionis vltimae à breuissima ad infinitam crescere continuè oportet, non verò interrumpi. 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 v . 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 $\delta\eta$ et $\epsilon\zeta$ sint paralleli, erunt aequales $\lambda\alpha$. $\lambda\nu$. quia aequicrurum $\delta\alpha\epsilon$. $\eta\nu\zeta$. bases $\delta\epsilon$. $\eta\zeta$. aequales, et anguli α . ν . ob refractiones easdem in δ . ϵ . et η . ζ . Tunc igitur etiam $\lambda\gamma$ ipsi $\lambda\theta$ aequalis erit, (si γ . θ . citimi sint termini) et $\lambda\beta$. $\lambda\mu$ (si β . μ . vltimi) et denique $\gamma\beta$. $\theta\mu$ aequales.

Ad pag. 191. prop. 17. Cogit me res ipsa distinguere inter Inter¹sec-
tiones non parallelorum, et intersectiones parallelorum, quas à prop. 15. 10
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) euer-
sum, 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 20
in oculum radiet, vtrinque globus interpositus idem praestat. Oculo
autem inter $\beta\gamma$ collocato radiationes diuiduntur in polares seu pileares,
circulum, et zonam. Radiationes zonae vt $\alpha\delta\eta\nu$. $\alpha\epsilon\zeta\nu$ sese secant inter
 $\theta\mu$. Hic ergò res collocata obiicitur illis, et in oculum influit euersa, si
inter $\nu\mu$ 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 radia- 30
tionibus occurrat: aestimetur ex 1. et 3.

Ad 196. Quantum aliàs etiam sine obiectu perforatae tabellae proximè
K terminum intersectionis vltimae accumulatur per 15. praemissam.

Ad 197. terminentur, obiectu papyri in KN loco concursus radorum.

Ad 198. vocibus conuergere, diuergere, vtor breuitatis causâ, de
rectis, quae si producantur altrobique, in idem omnes punctum con-
currerent.

Ad pag. 214. l. 10. ARCHIMEDES hoc solum spectauit, vt angulum
quaereret, qui certò minor esset eo angulo, quo Sol specta¹tur. Id autem 443
quo ad Solem, impetrauit sua demonstratione. Nam radii ab oppositis 40
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 quaesivit 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
 10 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 inquiras, 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
 20 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 oblite-
 30 rari, quia vincit coeli albescentis radiatio in suum retinae locum, radiationem clarae¹ stellae lateralem, et circa coni axem in alieno loco vagan-
 446 tem: 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
 40 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 observationes 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 IUSTVS 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 10 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 respectum¹ directionis oculorum, Sol sanè à coeli medio clarius illustrat 20 44 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; latius igitur occupat oculum. Ac etsi clarior splendor aëris in medio coeli communiter: tamen nostrum speculatorem altiore constituimus, ea materiâ, quae ob Solis vicinitatem adeò resplendescit.

Ad paginam 258. TYCHO BRAHE anno 1583. 14. Martii, vidit Lunam in $15^{\circ} \Upsilon$. cùm Sol occidisset in $4^{\circ} \Upsilon$. Erat Luna in boreo limite. 30

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 refractionis Septentrionis, qua fit vt (fol. 279.) regio $\tau\chi\upsilon$ 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, ideo

10) und 13) Cygni

arguit paruum refractionem; qua efficitur, vt regio $\tau\chi\nu$ remotior fit à terra, Lunamque vix tenui mucrone stringat.

Ad pagin. 283. Quare hic vtar cono $\sigma\upsilon\nu\alpha\nu\gamma\epsilon\lambda\alpha\varsigma$, eiusque vertice M. qui est punctum inter Terram et Solem, causa petenda est ex pagina 279. Nam posito Sole sic, vt $\pi\delta$ et $\pi\epsilon$ continuatae tangant Solis margines: ductae sunt $\tau\iota$ et $\upsilon\theta$ sic, vt (contingentibus iustis refractionibus in ι . θ et in λ . κ) et Terram in γ . β tangerent, et Solis margines oppositos, lineis $\lambda\nu$. $\kappa\mu$ comprehenderent. Quod si igitur $\lambda\nu$ dextra tangit Solis partem sinistram, et $\kappa\mu$ sinistra dextram, ergò prius concurrunt. (vt
 10 pagina 239. in I.) Quapropter, etsi quidem ipsae $\lambda\nu$. $\kappa\mu$ continuatae
 448 terram $\beta\gamma$ non tangunt (nam $\lambda\gamma$. $\kappa\beta$ sunt lineae aliae) sunt tamen ob ingentem Solis distantiam tangentibus ferè aequidistantes. Ergò etiam ferè eundem angulum faciunt inuicem, quem faciunt lineae circulum $\sigma\upsilon\nu\alpha\nu\gamma\epsilon\lambda\alpha\varsigma$ designantes. Porro ex eodem schemate fol. 279. apparet, quod illae lineae $\tau\iota$. $\upsilon\theta$ incidant in partes Lunae, quae pag. 282. literis F. E. signatae sunt: hoc enim hic supponitur. Quemadmodum igitur fol. 279. cognito angulo, quem $\lambda\nu$ cum $\omega\alpha$ continuata facit superius (scilicet $18'$. $30''$. pagin. 241. l. 22.) et cognitâ refractionum quantitate, quam terram tangens $\lambda\iota$ patitur in λ et ι . scilicet vtrunque $34'$. facile
 20 cognoscitur et angulus $\iota\chi\alpha$. $49'$. $30''$. et $\alpha\chi$ 70 semidiametri, et discessus ipsius $\chi\tau$. à linea $\chi\pi$ in quacunque altitudine: ita iam vicissim manente eodem angulo $18'$. $30''$. posita verò digressionem ipsius $\chi\tau$. à $\chi\pi$ (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.

30 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 parallelus.

Ad pag. 333. Argumentum hoc: EVCLIDES vtitur voce astronomicâ, ergò Astronomiam tradit. At de translatione oculi loquitur. Ergò de
 40 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 προηγείσθαι velle rationem tradere, cur in campo cur-
 rentem montes non tantum comitari (quod ego solum perpenderam) sed
 etiam praecurrere videantur. Ita magis popularis fiet origo vocis προ-
 ηγείσθαι.

Ad pag. 413. Ergò nota, quod alia sit coniunctio vera secundum longi-
 tudinem, 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.

10

PERORATIO

*Hactenus itaque de visus deceptionibus egimus; remque per observandi modos
 et cautiones traductam, penè intra limites libri 4. 5. et 6. in Opere Magno
 PTOLEMAEI deuoluimus. Tempus igitur, ut 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 obser-
 uationum patefaciam; tresque iam nominatos libros PTOLEMAEI, nouis inge-
 niosis et iucundissimis Problematibus secundorum mobilium passim interpolabo;
 doceboque breuius et compendiosius, observationibusque paucioribus et facile 20
 comparabilibus eadem inuestigare, quae PTOLEMAEVS inuestigauit. Id tantò
 magis videtur necessarium, quòd TYCHONIS BRAHE Lumarum sine demonstra-
 tionum apparatu prodierunt, libri Progymnasmatum forma, ut in eius appen-
 dice monitum, rem omnem non nisi intra paucas paginas admittente. Et quia †
 potissimus libelli scopus erit, inuestigare magnitudines et interualla trium Cor-
 porum, Solis, Lunae et Terrae, eandem verò materiam HIPPARCHVS, ut 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.

30 †

16) quam

† LII IV 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. Alhazen's 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.
'Ανακλᾶσθαι 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 21 251. 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, pelucido, 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 observationes 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 circumspeditione 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.
 Berossus 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 papyrus vt ardere videatur 195.

Canopus 148. 149.
 Carbunculus 25.¹
 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. Catoptricum reuidendorum occasio 90.
 Cedrenus 294.
 Cerebri conformatio 163.
 Chaldaeorum observationes 307.
 Chasmatum proprietas et causa 280.
 Ciconiae cur collum surrigant 159.
 Ciliorum vsus 162. 163.
 Cincindulae 25.
 Circulus illuminationis 229. 233.
 Clavius 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 unde 264. quales 264. cur curuae 323. cur declinent 264. 267. earum figurae 265. ceratae unde 267. cur mutantur 267. eorum corpora pellucida 265. aquea 266. exempla 266. 267. 335. lumen unde 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 observatio coniunctionis Veneris et¹

LII 3r 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 mirabilem 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. eclisium tempora annotandi modi 367 et seq. eclisium 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. observatio
 359. 378. 414. 416. imago in pa-
 riete 54. an totus Sol tegi possit
 LII 3 v 297. 298 et ¹ seqq. 345. eclipsium
 Solis comparatio et regulae 303.
 color 303. Diagrammata vitiosa
 ex Prutenicis 408. eclipses Solis
 matutinae quid proprium habe-
 ant 295. 303. eclipses Solis totales
 non semper noctem inferunt 287.
 quatenam noctem inferant 287.
 296. 303. eclipsium Solis utilitas
 389.
 Empedocles de luce 30. 32. defen-
 sus 210. de eclipsi Solis 288.
 Epicycli quid? 330.
 Esaias 289.
 Etesiarum origo 144.
 Euclides 67. Pythagoraeus fuit
 331. Copernici sententiam in Op-
 tica profitetur ibidem. Euclidis
 Catoptrica principia refutata 56.
 Optica 7. 233.
 Euri venti proprietates 133.

F

- Facies homini cur erecta 160.
 Felium oculi lucentes 166.
 Fernellius de humoribus oculi 204.
 Figurae Geometricae naturales in
 possibilibus 224.
 Finis consideratio aliena à catop-
 trica 57. 58. 67. 69 et à refra-
 ctione 84.
 Fixarum ab aequinoctiis promotio
 quomodo inquirenda 152. 153.
 per eclipses Lunae 370 et seq.
 Fixarum refractione cur minor Solari
 112. 137. fixae an voluantur 262.

- Flamma in quibus materiis 224.
 quomodo in vase clauso con-
 servetur 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 de-
 ficiente 39. modus observandi
 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. observationes 343. 349. ob-
 servatio eclips. 297.
 Gilberti Gulielmi magnetica 148.
 222.
 Gratii longitudo 368. 384. 395.
 latitudo 380. 424.
 Gronlandicae nebulae 140.
 Guidubaldus de librae ratione re-
 futatus 17. 19.

H

- Halone 23. quid 133. proprietates
 157. ¹
 Haly de cometa 266.
 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 Sueviae 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. ¹

Iulius Obsequens 293.

Iustinus de Cometa 266.

LII 4v

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. observatu 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 observationes 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. Observationes 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. ανη και 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. Macrobianus locus 228.
- Mich. Moestlini modus obseruandi 351. 361. 370. obseruata 297 marg. 305. 306. 349. observatio 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 observatio eclipsi 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.
- Mimnermus 289.
- Miuerii opinio 139 marg.
- Montium vmbra quanta in eclipsi Lunae 248.

Montes Lunae dicti, quid ad re-
fractiones possint? 149.

Moses 7. 222. 223.

Motus corporum quibus causis in-
flectatur 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.

Naclerorum obseruandi ratio cum
astronomica comparata 309.

Nicri fontium proprietates 137.

Nigra à luce facilius incenduntur
28. 220. nigra an radios cogant
28.¹

Mmm 1 v Nili ortus 149.

Noctium claritas inaequalis 296.

Norici agri altitudo supra Ocea-
num 135.

Nubes in aëre cur pendeant 133.

O

Oby fluuius 142.

Obseruandi cautio, ratio, vitia, in-
strumenta 129. 212. 215. 221. 238.
240. 246. 256. 285. 286. modi ali-
qui 263. 286 et seq.

Observationum rudiorum excusa-
tio 385. 391. 405. minutularum
circumstantiarum excusatio 422.
426. observationes veterum, vnde
vitiatae fuerint 134.

Oceani littora septentrionalia quare
minus frigida 136.

Oculus vt nutriatur 204. oculi ana-
tome 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. si-
militudo in cepa 163. oculum
tangencia, cur non videantur 35.
oculis nocet multa visio 35.

Odoratus ratio 33.

Olympi altitudo 134.

Opacum quid 12.

Ὀψις quid sit, Euclid. 56.

Optica qua methodo tradenda 76.

Optices neglectus 190. 210.

Ouidio contradictum 159. eius fa-
bula 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 ibi-
dem. 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
propriū habeant 157.

Paulus Fabricius 296.

Pellucidum quid 10. 31. 32. 33. 35.
37.

I. Pena de aëris et aetheris sub-
stantia 129.

- Perspicillorum ratio 200. proprietates 173.
- Perspicuum, vide pellucidum.¹
- Mmm 2 r Peruanæ montium altitudo, frigus 134.
- Peurbachius de apparitione Lunæ 257. eclips. Lunæ 371.
- Pictorium artificium 258.
- Pictura per globos medii densioris 178. 193 et seq. pictura rerum visarum in oculo 168. picturæ visoriæ cum vulgari comparatio 199. de picturæ visoriæ inuersione 206. picturæ 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 vmbræ 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 Lunæ 144. de Canopo 148. Plinii dictum 3. locus explicatus 234. et correctus 235. 236. alii 246. 257.
- Plutarchi liber de facie Lunæ 222. 227. 228. 229. 234. 247. 248. 250. contra 251. 273. 277. 293. 299. de tenebris diurnis 288.
- Pluuiæ 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. Portæ artificium opticum 51. aliud examinatum 180. 182. 195. Optica 201. 210.
- Posidonius de Canopo 148. de Lunæ 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 coniecturæ de refractione 149.
- Proclus Lycius allegatus pro refractione 148.
- Προηγῆσθαι quid significet 333 et in notis.
- Prosthaphæreticus calculus triangulorum 367.
- Ptolemaeus de repercussu 67. de¹ siderum emersione 260. de obser- Mmm 28 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.
- Pythagoræi de Lunæ materia 229.

R

Radii quid 8. 9. aliter sumpta vox 31. 37. 339.

Refraction 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. natura 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 Pur-

bachium 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 31
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 proportionem diameterum 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 vitiatæ 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 significant 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.
- Sueviae 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. re-
lucet 229. minus aqua 251. terrae
globus animali facultate praeditus
est 27. ¹ eius opera 224. Terrae
illuminatio 233. motus diurnus
332. Copernico qualis 227. defen-
sus 325 et seqq. eius in Natura
finis 322. Penumbra 239. 241.
vmbra 267 et seqq. an peni-
tus tenebrae 278. eius anatome
279. longitudo 270. 304. terra-
rum 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. refractionis
137. Tubingae longitudo 403.
406. latitudo 398.

Tycho Brahe, cur Lunam in con-
iunct. minuatur 252. 285 et sequen-
tib. de aëris et aetheris substantia

129. de centro visionis 215. 216.
de cometae illuminatione 264. co-
lore 266. cauda 323. motu 335.
de ignis elemento 129. de obser-
uationibus 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 dis-
putatio de refractionibus 77. di-
optrae 216. hypotheses 260. ea-
rum cum Copernicanis compara-
tio 321. explicatio 322. instru-
menta 285. 328. Mechanica 1.
309. in eius canali quid desidere-
tur 339. obseruandi modi digitos
eclipticos 350. inclinationes 366.
tempora 367. locum Lunae 370.
diametrum Solis per rimam 342.
Observationes 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. obserua-
tionum libri 1. 122. 218. 261. 275.
276. 277. 297 marg. 306. 348. 350.
366. 375. sententia de refractioni-
bus 126. 136. 137. tabulae ¹ re-
fractionum aëris 83. 86. 112. 117
et seq. ipsae 121 et seq. refraction-
um tabulae quàm scrupulosae
119. 120. sententiae de causis
refractionum 78. 79. 83. 112. de
conuolutione stellarum 262. Ty-
choni Luna à Venere illuminatur
254. 277. Tychonicae Astrono-
miae status 2. in Tychonomasti-
gas 127. 309.

Mmm 4 v

Mmm 4 r

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. observatio 262. 263. 305. observatio 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 vnus 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 everso 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. ^{Nnn 1 r} 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.

Vogesii 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 observatio 136. 149. eius dioptrae 217.

Witichiana Triangulorum compendia 397.

X

Xerxis eclipsis 290. verior 291.

Y

Ὑπολείπεσθαι vox quid significet 333.

Z

Zemblaе refractionis 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 entstanden¹ 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. Chauffepié 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 putavi, 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 mitteilssam 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, Meridian-differenzen 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. Jahrhundert¹ die Projektion des Sonnenbildes auf einen Schirm nach dem

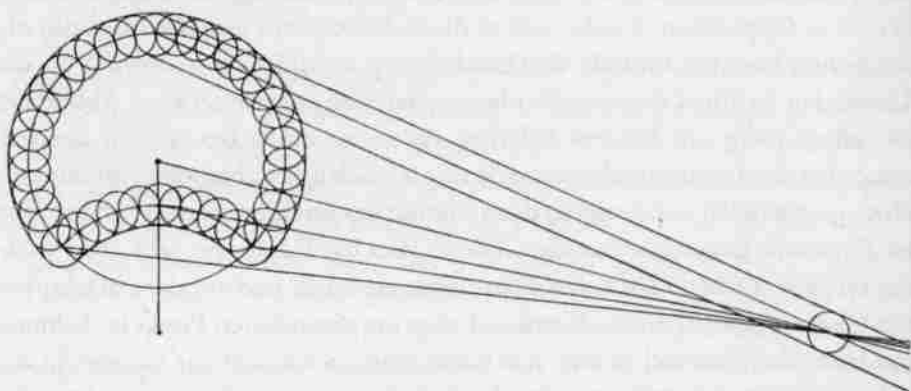
¹ Pauschmann: Zur Geschichte der linsenlosen Abbildung. Archiv für die Geschichte der Naturwissenschaft und der Technik 9 (1920) S. 95.

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 diene 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 punktförmig 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: „ $\odot$ ad J 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 didicij, 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 übersiedelt 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 rei 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 nummerierten 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 distantia invenire distantiam rei 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 figuratone 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 ampliacione 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: perversa methodo.

Primo statuitur diameter $\odot$ ad haec nostra tempora.

Secundo diameter $\gg$, 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 $\gg$, et prope nodos (ut certi simus de eodem angulo latitudinis) parallaxes Lunae capiantur, et cum quadrantibus comparentur.

Septimo hinc altitudo Solis à $\ddot{\odot}$.

Octavo hinc motus horarius et variatio altitudinis $\gg$, quae faciunt pro hypothesisj oppositionum.

Nono obiter monendum, quam multa hinc in theoriam Solis redundant.“

Hierzu ist zunächst zu bemerken, daß im ersten Teil nachträglich „Tercium de loco imaginis in Catoptriciis“ 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 beigelegt sind, die auf die entsprechenden Nummern des Catalogus hindeuten, und daß die Kapiteileinteilung 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 sumpsit 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: „Cacterum 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 Einzelercheinungen 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 nachhergebrachter 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 gegenüber¹ „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 herauschälen, 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 negotium 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 utroque oculo, per sua puncta refractionum vel repercussionum*“ (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 Refraktionstabellen Tychos für Sonne, Mond und Fixsterne. In dieser Dreierlei 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 abhängen (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 mensurae refractionum: nec sic impunè admittendus es lector; quin per eadem prius 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 Einfallswinkel 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 Kegelschnitten 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 $\alpha = 80^\circ$ der Brechungswinkel $\beta = 50^\circ$. 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 $\alpha = 70^\circ$ 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 $\alpha = 70^\circ$. Still-schweigend 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 $\alpha = 90^\circ$, $\beta = 53^\circ 30'$ 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 $1 : (1177 \frac{2}{3})^3$, fragt sich aber, ob statt des Kubus nicht das Quadrat oder die $\frac{3}{2}$. Potenz angezeigt wäre. Auf alle Fälle wird der Luft dadurch ein Gewicht zugeschrieben, vor Galilei und Torricelli: „Non ignoro, ne credas, me Physicorum reprehensionem incursum, 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 $\frac{1}{2}\%$ 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 Kristalllinse. 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 Augenhaxe 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 demonstauerimus, 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 (Diakauistik). 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 Akkomodationsgrenze 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 34 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 Mondschaten 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 Mondschatens 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 zutrefte, 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 ebenso häufig 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 voranzugehen, 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 Ekliptikinstrumentes 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 Meridian-differenzen. 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 Freixemplare 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 lebhafteste 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 ignoravi; clavem mihi 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 Beschreibung¹ 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, 132^v. 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 aufgetragenen 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, Brahens 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. Nicéron* 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 heftig widersetzt, auch einzuführen die sonderbare 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 sufficit, 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 refractionis forma 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 *Job. 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 ἐκλείψειςιν . . .“) 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 solum lucis 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 optica 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 stattfindet, 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 *Albazen*: 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 $h = 60^\circ$ gleich $34':10 = 3\frac{2}{5}'$. Ist nun ein einfallender Strahl gegen eine Mantellinie des Kegels $h = 60^\circ$ 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 différente. 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. *Eutokios* 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 $45^\circ 40'$, sondern die Brechung $44^\circ 20'$ 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 $FMX = 70^\circ$ gehörige FX aus den bekannten Stücken ED, EM und $\operatorname{tg} 20^\circ = \varepsilon$. 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

$$FX = \sqrt{\left(\frac{3\varepsilon}{2} \cdot \frac{ED + 2EM}{1 - 3\varepsilon^2}\right)^2 + \frac{3 \cdot EM \cdot (ED + EM)}{1 - 3\varepsilon^2}} - \frac{3\varepsilon}{2} \cdot \frac{ED + 2EM}{1 - 3\varepsilon^2}.$$

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 $(ED + EM)$, $EM \cdot (ED + EM)$, $\varepsilon \cdot (ED + EM)$, $\varepsilon \cdot EM$, ε^2 , $\varepsilon \cdot (ED + 2EM)$ 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 κ 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 Kegelschnitttangente mit der Mitte der Berührungssehne ist ein Durchmesser, und, der Durchmesser eines Kegelschnitts, der durch den Schnittpunkt zweier Tangente 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

$$\frac{\alpha - \beta}{\tau_1} = \frac{\sec \beta}{\sec \alpha}$$

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

$$\begin{aligned}\alpha - \beta &= \tau_1 + \tau_2 \\ \tau_2 &= \tau_1 \cdot \frac{\sec \beta - \sec \alpha}{\sec \alpha} = \varphi(\beta) \\ \tau_1 &= k \cdot \alpha.\end{aligned}$$

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 $|\lambda_n| \leq s < 1$ mit wachsendem n gegen 0. 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

$$1) \text{ nach Kepler: } \alpha - \beta = k \cdot \alpha + \frac{1}{2} k \cdot (1 - k)^2 \alpha^3 + \dots$$

$$2) \text{ nach Snell: } \alpha - \beta = \frac{n-1}{n} \alpha + \frac{n^2-1}{6n^3} \alpha^3 + \dots$$

Verlangt man die Gleichheit der Koeffizienten der ersten Potenz in beiden Reihen, so nimmt die Reihe 2) die Gestalt an

$$2) \alpha - \beta = k \cdot \alpha + \frac{1}{6} k \cdot (1 - k) (2 - k) \alpha^3 + \dots$$

Als Differenz Δ der Koeffizienten von α^3 erhalten wir demnach

$$|\Delta| = \left| \frac{1}{6} k (1 - k) (1 - 2k) \right|.$$

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 $\alpha = 80^\circ$, $\beta = 50^\circ$ 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	$7^\circ 34'$	$15^\circ 1'$	$22^\circ 11'$	$28^\circ 58'$	$35^\circ 14'$	$40^\circ 52'$	$45^\circ 49'$	50°	$53^\circ 30'$
	Nach Snell	$7^\circ 30'$	$14^\circ 54'$	$22^\circ 5'$	$28^\circ 54'$	$35^\circ 10'$	$40^\circ 38'$	$44^\circ 57'$	$47^\circ 46'$	$48^\circ 45'$

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 Erddurchmesser, 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 $\gamma \leq 60^\circ$ verschwindend klein.

1. Fall. $\gamma_1 = 60^\circ$, $\gamma_2 = 89^\circ$, 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 $\sec \beta_1$ 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 $\beta_2 \approx 87^\circ 47'$. 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 $\gamma_3 = 90^\circ$, so findet man $\alpha - \beta = 30' 5''$ statt des zu erwartenden Tychonischen Wertes $34'$.

2. Fall. Die Zunahme der Refraktion beim Übergang von $\gamma_2 = 89^\circ$ zu $\gamma_3 = 90^\circ$ war im 1. Fall zu klein. Um mit der Tychonischen Tafel in Übereinstimmung zu kommen, setzt Kepler jetzt

$$k \cdot \alpha_2 \cdot \sec \beta_2 = 26', \quad k \cdot \alpha_3 \cdot \sec \beta_3 = 34'.$$

Da $k \cdot \alpha_2$ und $k \cdot \alpha_3$ nahezu gleich sind, so folgt daraus $\sec \beta_2 : \sec \beta_3 \approx 26 : 34$, 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 Tycho's Zahlen irre geworden, in der Nähe des Horizontes neue Zahlen für die Sonnenrefraktion aufgestellt hat. Bei der scheinbaren Zenitdistanz $\gamma_4 = 89^\circ 25'$ 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 $\gamma = 86^\circ 10'$, so zeigt sich Übereinstimmung mit der beobachteten Refraktion. (Vgl. hierzu *C. Brubns*: 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 $86^\circ 59'$ 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). Tübingae 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. *Ginzler*: *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 $-52^{\circ} 25'$ (heute $-52^{\circ} 38'$). Die geographische Breite von Rhodus ist $+36^{\circ} 25'$, die von Alexandria $+31^{\circ} 12'$. 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 Montereio, 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 visae ad oculi superficiem productas. Ex quo patet, omnem formam visam sic ordinari in oculi superficie, sicut est ordinata in superficie rei visae“.

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“ Hipparch's 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 *Baubinus*: *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 $0^\circ 1'$ um den gleichen Betrag wachse wie von $76^\circ 9'$ 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. *Albatagnius*: *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 $\varphi\alpha\iota\upsilon\omicron\mu\acute{\epsilon}\nu\omicron\iota\varsigma$ 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 weiter 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“, Tübingae 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 *Brabe* 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 $\sin p = \sin p_0 \cdot \sin z$, wobei p_0 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) $\pi_b = p_0 \cdot \sin \zeta$, $\pi_l = p_0 \cdot \sin \delta \cdot \sin \varepsilon$, 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 Weltssysteme 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 anschnidet. 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 $12 \cdot 12 \cdot 72 \text{ partes} = 10368 \text{ partes}$. 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 Meridiendifferenzen zwischen Graz, Prag und Uraniburg, deren Berechnung eines der wichtigsten Anliegen dieses Kapitels ist, betragen nach neueren Angaben

Graz-Prag $+1^{\circ} 1'$

Prag-Uraniburg $+1^{\circ} 42'$

Graz-Uraniburg $+2^{\circ} 43'$.

Die geographischen Breiten sind: Graz $47^{\circ} 4' 9''$, Prag $50^{\circ} 5' 19''$, Uraniburg $55^{\circ} 54' 38''$.

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 „antedecentis“.

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. [corrigere:] Efficiunt $1^{\circ} 33' 22''$. Ergò duratio $3^{\circ} 6' 44''$. At per justum horarium scrupula temporis $1^{\circ} 28'$. duratio $2^{\circ} 56'$.“ Ähnlich im Brief an *Herwart* vom 10. Dez. 1604: „Et sequentj 374 (474) [statt 372], Verissima scrupula incidentiae sunt $1^{\circ} 28'$. itaque dimidia [sic!] duratio $2^{\circ} 56'$. Sed si praepostero diurno utamur, fiunt $1^{\circ} 33' 22''$. duratio $3^{\circ} 6' 44''$. Ubj ego posuj $1^{\circ} 34' 49''$. ni fallor, et durationem $3^{\circ} 9'$. 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 $0^{\circ} 2\frac{1}{2}$ (Maginus $0^{\circ} 46\frac{1}{2}$) lat. etc.“ An *Herwart*: „Et fol. 372. (vel 472) [statt 374] in Saturni loco desunt verba haec $0^{\circ} 2\frac{1}{2}$ (Maginus $0^{\circ} 46\frac{1}{2}$) lat. etc.“

319. 17. Die in Bd. 1 der Pulkowöer Manuskripte vereinigten Vorarbeiten Keplers zum „*Hipparch*“, der geplanten Fortsetzung der „*Optik*“, tragen von

seiner Hand die Überschrift: „Restitutionum Lunarum 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 $\sphericalangle \text{ONC} = \sphericalangle \text{ZAI}$ und $\cos(\text{ZAI}) = (\text{AI}) : (\text{AZ}) = (\text{AI}) : (\text{AC})$, woraus $\sphericalangle \text{ONC} = 82^\circ 18' 35''$.

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, sondern $57\frac{1}{4}$ Erdhalbmesser. Die Mondparallaxe wird daher $60'$ statt $62' 30''$.

331. 49. 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 $18^\circ 24' \text{ II}$ 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 $28^\circ 13' \text{ II}$, für den Nonagesimus $28^\circ 13' \text{ X}$ und für MN $42^\circ 8'$ statt $32^\circ 20'$. Ferner wird die Zenitdistanz des Nonagesimus $65^\circ 58'$, seine Höhe $24^\circ 2'$, der Abstand Sonne–Nonagesimus $11^\circ 30'$ 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 $26^\circ 57' \text{ G}$, der Nonagesimus $26^\circ 57' \text{ V}$, MN = $31^\circ 25'$, NV = $51^\circ 15'$, das Komplement dazu $38^\circ 45'$,

SN = $40^{\circ} 7'$, 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 $1^{\circ} 21' 32'' - 19' 4'' = 1^{\circ} 2' 28''$. 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 = $1^{\circ} 2' 28''$, während CF + AF = $1^{\circ} 3' 20''$ 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 $\alpha_1 = 0^{\circ}$, $\alpha_2 = \alpha$, $\alpha_3 = 90^{\circ}$ 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* ($\dagger$ 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 $\sin \alpha \cdot \sin \beta = \frac{1}{2} [\sin (90^{\circ} - \alpha + \beta) - \sin (90^{\circ} - \alpha - \beta)]$. 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.

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 $15^{\circ} 12' 40''$.

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 $18^{\circ} 39' 69''$, der Nonagesimus $18^{\circ} 39' 33''$. 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 zwingt, 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 Brabe*: 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. *Hipparch's* 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 grobenteils 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 unglaublich 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
 Mimmernus 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 Capitulū 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