

## CAPUT TERTIUM.

*De mundi systematibus.*

## §. II.

*Systema ptolemaicum.*

461 Antiquissimum ex systematibus illud esse debuit, quod oculis omnium representatum, nullo negotio compingitur inconsulta ratione. Quare illud, nomine Claudii Ptolemæi, insignis astronomi Alexandrini, elucidatum in suo *Almagesto*, sæculo æræ christianæ secundo, vulgare, et antiquissimum systema dici debet. Terram in centro universi collocatam posuit astronomus Alexandrinus (fig. 41), circa quam ordine sequenti movebantur planetæ: Luna terræ vicinior, deinde Mercurius, quem tamen ægyptii veteres in propria sede collocabant soli viciniorem, quam Venerem planetam, ac circum ipsum utrumque se torquentem. Ptolemæus autem Venerem Soli viciniorem statuit, eo quod inter terram et solem conspiciatur nonnumquam, dum Mercurius ad alteram solis plagam apparet: post Lunam, Mercurium ac Venerem, Solem, Martem, Jovem, Saturnum moveri decrevit in propriis orbitis seu spheris, quas solidas concipiebat. Post planetas stellas veluti fornice quadam insculptas voluit, ac cælum stellarum appellavit. Demum quosdam cælos crystallinos conflavit, cælos ceteros includentes; qui tamen à primo mobili circumscribe-

rentur, à quo ad motum diurnum concitantur, sicuti reliqui omnes planetarum cœli.

462 Systema Ptolemæi ab omnibus desertum fuit, ob magna, quæ in astronomiam et physicam absurda continebat. Nam nullus planeta, si Lunam excipias, circa tellurem circumfertur, omniumque orbitæ telluri excentricæ inveniuntur. Deinde Mars quandoque proximior est terræ quam sol, post quem etiam Mercurius Venusque nonnumquam ab eadem recedunt. Verum gravius adhuc in physicam peccat ptolemaicum systema. Quis enim concipere unquam valeat primum mobile secum abripiens reliquas planetarum spheras motu perniciosissimo; quin harum motum contrarium ob casu in ortum penitus extinguat? Si enim spheræ omnes invicem insertæ, et colligatæ sunt, quo pacto motu generali ab oriente feruntur in occasum, ac simul motu peculiari præcedenti opposito ab occasu in ortum recedunt? Quod si nullo nexu devinctas asseras, primum mobile ipsas ad motum concitare nullo modo potest, ut lucè meridiana clarius est. Sed hæc hactenus.

463 Ut huic systemati manum medicam adhiberet Ticho Brahe, egregius astronomus suecicus, ex Knüstup in Scandia, Danus ab aliis dictus ob longam in Dania mansionem, plura in eo reformavit, adeoque ab ejus nomine sistema tichonicum, hoc ptolemaicum reformatum, nomen invenit. Idcirco etiamsi quatuor à morte Copernici annis natus fuerit Ticho, ejus systema ptolemaico annectimus. Terram cum astronomo Alexandrino in medio mundo quies-

centem ponit (fig. 42), circum quam lunam primum, deinde solem moveri decernit. Verum reliquorum planetarum non terram cum Ptolemaeo, sed solem cum Copernico centrum esse voluit: ita tamen ut orbita Mercurii ac Veneris intra terram et solem comprehendantur: dum reliquorum planetarum orbitæ tellurem ac solem complectuntur.

464 Ut nodum in ptolemaico systemate extricabilem *retrogradationis, stationis, ac motus directi* planetarum explicaret commentus est Ticho, planetas moveri per quamdam curvam spiris constantem (fig. 43), quæ ferè epicyclis Ptolemaei respondet, in qua dum planeta ex A in B recedit, terrestri spectatori apparet *directus: stationarius* dum ex B tendit in D: *retrogradus* demum quum à D fertur in E. Mirandum tamen est solem, ac lunam hujusmodi saltus non peragere, sed recta semper tendere, quæ naturæ via semper fuit; dum alii intricatissimum hunc cursum conficere juventur, et hoc primum est contra tichonicum systema præjudicium. Deinde in eo nulla fit mentio motus diurni, quo cælum ab oriente in occasum cieri quotidie videtur, ac velocitatem requirit incomprehensibilem, si cum Ptolemaeo à primi mobilis impetu impresso derivandus foret. Demum ne plura congeramus, si orbitæ planetarum superiorum Solis, Mercurii, ac Veneris orbitas intersecant, evenire tandem poterit, ut ad idem intersectionis punctum concurrant, totaque harmonia systematis pessundet. A physica iisdem, quibus ptolemaicus mundus

urgerur, difficultatibus opinio Tichonis: neque minus implicatos motus concipere oportet in hoc, quam in altero Ptolemaei systemate; ex quo satis capite omnino à physica relegandum plerisque videtur. Qui Ricciolum, Fortunatum à Brixia, aliosque tichonicos legat, satis, nullo suggerente, per se ipsum animadvertet *malæ causæ pejus patrocinium* huic opinamento etiam à doctissimis viris adhiberi. "Si pergama dextra defendi possent, etiam hac defensa fuissent. Verum opinionum commenta delet dies, naturæ judicia confirmat," quod copernicæ hypothesis evenire, ejus expositio dilucidè ostendet.

## §. II.

*Exponitur copernicanum systema.*

465 "Hycetas Syracusius, ut ait Theophrastus cælum, solem, lunam, stellas, supra denique omnia stare censet, neque præter terram rem ullam in mundo moveri, quæ quum circum axem se summa celeritate convertat, et torqueat, eadem effici omnia, quæ si stante terra, cælum moveretur. Atque hoc etiam Platonem in Timæo dicere arbitrantur, sed paulò obscurius," ajebat Tullius in Lucul. c. 39. Hanc motus terræ antiquorum chaldæorum ac pythagoreorum opinionem è pulvere, in qua jacebat, excitavit, implicatissimè tamen, Nicolaus Cusanus Cardinalis; quam 80 annis elapsis illustriorem reddidit Nicolaus Copernicus, Tornii in Prussia regali natus, ac postea Varmiensis canonicus,

sæculi XVI insignis astronomus, ac publici juris fecit in lib. de *Revolutionibus*, quem Paulo III nuncupavit: in quo præmissis modo Ciceronis verbis excitatum se ait ad systema suum compingendum. Quod quidem nonnullis Newtoni aliorumque astronomorum accessionibus illustratum, apud plerosque scriptores receptum hodie videmus, velut hypothesim adamusim phænomena omnia cœlestia explicantem.

466 Solem in centro solaris systematis (fig. 44) collocant copernicani circum quem torquentur Mercurius, Venus, Tellus cum Luna, Mars, Jupiter, quatuor satellitibus stipatus, Saturnus septem, Uranus denique, qui ab analogia majore satellitum numero cumulatus creditur, etiamsi Herchelio duo tantum se conspiciendi hactenus præbuerint. Cometæ systematis solaris appendices sunt, quos tamen in orbitis extra zodiacum descriptis ferri ab omnibus in confesso est. Stellas fixas tot esse soles, quarum quælibet centrum proprii systematis existit, circum quod alii planetæ, ac fortasse etiam cometæ volvantur, corolarium est copernicani systematis, quod novissimè illustravit Lambertus ex Alsacia oriundus astronomus, Berolini tamen fato immaturo functus, in litteris cosmologicis, quas in compendium redactas titulo *Systematis mundi* edidit Merianus, ac nos hispanicè redditum tom. 3. *Recreationum cosmologicarum* adjunximus; opus quod à septem annis absolvi, ineditum tamen etiamnum manere nuper rescivi. Sed ad Copernicum redeamus.

467 Phænomena cœlestia perbellè in hypo-

thesi copernicana explicari, vel Ricciolus ejus impugnator acerrimus in suo *Almagesto novo* candidè fatetur. Triplicem motum copernicani telluri concedunt, scilicet rotationis diurnæ circa suum axem; circumvectionis annuæ per eclipticam, quam vulgò soli tribuimus; atque nutationes axis, à quo motus stellarum sive orbis magni, postea explicandus, phænomenon proficiscitur. Duo primi motus in plerisque planetarum observantur, uti in Luna, Jove, imò et sole ipso rotationis motus è maculis solaribus conspicuus efficitur: ac fortasse etiam tertius deprehenderetur, ni summa lentitudo ac planetarum distantia astronomorum conatus eluderet. Verum in turbine puerorum triplex hic motus satis conspicuus, maximè in fine quum remissior est agitatio, nobis exhibetur; dum circum axem se circumvolvens, curvas irregulares juxta plani inclinationes decurrit, ac remisso sub finem impetu, quoolvebatur, parvulos circulos ejus axis describit.

468 Itaque 1. Ex diurna telluris rotatione ab occasu in ortum dierum, noctiumque vicissitudines proveniunt; dum terra versus solem, nunc hoc, nunc alterum hemisphærium sensim inflectit. Planum quippe est, partem versus solem aspicientem ab eo illustratum iri, altera in tenebris remanente; neque hoc ulteriore indiget expositione. Quum verò tellus ab occasu in ortum inflectitur, sol, stellæ, cœlum denique totum ab oriente in occidentem ferri nobis videtur, motum quippe nostrum ipsis tribuimus; ut vulgari navis vela facientis exemplo convin-

cimur, in qua vectoribus *terraeque urbesque recedere* videntur.

469 2. Ex motu telluris annuo ratio redditur, cur sol moveri per eclipticam videatur, circulum annuum conficiens. Esto S (fig. 45) sol, RT orbita telluris, r, 69,  $\Omega$  ecliptica, ubi signa coelestia collocata ad infinitam fermè à nobis distantiam concipiuntur. Sol S nobis in  $\Omega$  cernitur, dum tellus in T versatur, quia radius visualis TS versus eam plagam fertur, ad eamque referimus solem, quem in Libra versari dicimus. Verum si terra è sole S aspiceretur, ad signum Arietis nobis responderet per radium ST. Locus igitur telluris in ecliptica ex diametro opponitur loco in quo sol nobis apparet, ac 180 gradibus semper distans. Quare dum tellus per orbitam RT circumvehitur, habitator terrestris solem continenter videbit signis ex diametro oppositis respondere; motumque suum annualem ipsi attribuet illusionem optica deceptus.

470 3. Anni tempestates veris, æstus, autumnus ac hiemis non minore felicitate exponunt copernicani; quod imaginatione magis, quam ratiocinio ad concipiendum opus est. Hujusmodi phænomenon huc tandem recedit, incolæ terrestres sub tropico Cancræ, ut ferè mexicani sunt, aut verius zacateceni, qui sub hoc tropico habent suum zenith, die solstitii borealis suspiciunt solem suis capitibus imminet, quod et ceteris sub eodem circulo degentibus evenit. Vicissim tropici australis, ut brasilienses ad flumem Janeirum degentes, idem con-

tingere sibi vident die 21 Decembris in solstitio nobis hiemali. Jam sit S sol in centro systematis collocatus (fig. 46), ABCD orbita telluris, per quam tellus motu annuo defertur eclipticæ respondens: *ns* axis terrestris semper sibi parallelus per totam orbitam manens, dum terra per ipsam rotabatur; *b* tropicus Cancræ, *c* tropicus Capricorni, *a* æquator globi terrestris. Jam dum tellus est in A, radii solis versus tropicum Cancræ perpendicularitè feruntur: adeoque Zacatecanorum verticibus imminet: unde per totum hemisphærium boreale æstas erit, quemadmodum in vulgari modo concipiendi solem ultro citroque circumeuntem, ab omnibus intelligitur. Contrà evenit terricolis australibus, quibus ob percussionem obliquam radii solaris, hiems sit oportet. Post quartam orbitæ partem peragrata, in B tellus invenietur, ubi radii solares, versus æquatorem perpendicularitè jaciuntur; fiuntque noctes diebus æquales, ex quo autumnus incipiet borealibus; australes autem ver recreare incipiet. Dum terra per curso altero orbis annui quadrante erit in C, radii solis tropicum Capricorni *c* perpendicularitè respicient; unde australes æstas, nos hiems vexabit. Demum in D versus æquatorem iterum sol perpendicularitè radios diriget, diesque noctibus rursus æquans, æquinoctium vernum nobis afferet, australibus autumnale hiemis nuntius adveniet. Qui tentamen hujusce phænomeni facere velit, lucernam in medio collocet, ac globum modo indicato circum ipsam agat, integram revolutionem perficiens; cer-

netque omnia adamussim evenire, quemadmodum exposuimus.

471 4. Planetas *stationarios, retrogrados, directos* cerni debere, corollarium est e motu telluris anno necessario deducendum, etiamsi omnes reapse semper directi ferantur. Esto ABCD (fig. 47) telluris orbita, sole S centrum ejus occupante; *abcd* segmentum orbitæ Martis repræsentet: FPH arcum spheræ celestis. Quoniam Mars duobus ferè annis cursum suum circum solem absolvit, dum tellus integram revolutionem perficit, ipse non nisi dimidium orbem conficiet, atque adè eo tempore quo terra ex A in B transferatur, Mars ex *a* in *b* transibit, quo quidem tempore terricolis apparebit *directus*; quoniam dum tellus in A versatur, is à nobis ad punctum F refertur: tellure adhuc in B translata, nobis cernetur in H, sive arcum FH secundum signorum ordinem in *consequentia* decurrisse. Quum globus noster ex B in C defertur, Mars ex *b* ad *c* transit: nos tamen eum rursus ad H per rectam Cc referimus: Mars itaque nobis stare videbitur. Denique postquam terra ex C in D, Mars ex *c* in *d* agitur; quare per rectam Dd à nobis refertur ad P: en itaque retrocessionem, qua circum HP contra signorum ordinem in *antecedentia* trahi videtur. Habes igitur Martem *directum, stationarium, retrogradum*. Eadem methodo reliquorum planetarum *stationes, retrogradationes, ac motum directum* expones; quum hujusmodi illusiones opticæ ex eo tantum proveniant, quod non eodem tempore, ac tellus orbem suos perficiant;

sed vel celerius ut Mercurius et Venus, aut tardius, ut superiores alii planetæ cursum absolvant.

472 5. Tertius in terra motus concipitur lentissimus ille quidem, quo fit ut ejus axis circa axem eclipticæ volvatur ab oriente in occidentem, absolvens singulis annis arcum 50'', 30'''. Ex quo id necessario consequitur, stellas fixas promotas ab occidente in orientem eadem quantitate 50'' 30''' nobis apparere, atque adè et eorum longitudo singulis annis augetur totidem 50'' cum dimidio. Inde *præcessio æquinoctiorum* originem ducit, annusque magnos sive *Sidereus, Platonicus* etiam dictus, poetarum quoque fabulis celebratus, quasi omnia, quæ in mundi theatro spectacula præcesserunt, stellarum reditu ad priores stationes renovanda forent, *atque iterum ad Trojam magnus mittetur Achilles*. Et quidem integra axis terrestris circum axem eclipticæ revolutione, quæ intra 25, et 26 mille annos contingere debet sensu modo explicato, stellas omnes ad pristinum locum redisse terricolis apparere debere, res est in medio posita. Verum si stellæ *Arietis* versus orientem progrediuntur ab puncto intersectionis eclipticæ et æquatoris, hoc punctum in occidentem respectu stellarum transferri debet, adeoque æquinoctium singulis annis 50'' cum dimidio anticipetur necesse est, undè *æquinoctiorum præcessio* huic phænomeno nomen indictum est.

473 Schol. Newtoniani causam physicam hujusce motus existimant esse attractionem so-

lis ac lunæ contra æquatorem terrestrem; qui quum inclinatus sit ad eclipticam ac prominenter (254) quàm poli, à sole, et luna magis attrahitur. Ex quo id etiam deducunt, planum æquatoris ad planum eclipticæ sensim accedere, tandemque congruere debere; id quod etiam observationibus statuere conantur. Louvilleus quidem examinavit Marsiliæ observationes 20 retrò sæculis à Pithea factas, et sibi visus est invenisse, quod post Pitheæ lucubrationes ad æquatorem accesserat ecliptica 20 minutis. Profectò suspicioni locus esse poterat, non omnino accuratè rem examinasse Louvilleum. At P. Gaubil, Missionarius è Societ. Jesu in imperio Cinensi, à P. Baudier ejusdem instituti, qui partes Loevillei sustinebat, exoratus anno 1733 umbras meridianas gnomonum cinensium consultavit easque obliquitatis imminutioni favere reperit. Accuratius tamen P. Ximenez ex eadem familia, florentinum gnomonem anno 1755 observavit, conferens signa solstitialia, quæ Paulus Toscanella notaverat, cum repetitis etiam anno 1510; ex quibus observationibus collatis cum solstitio ejusdem anni 1755, quod ipse observavit, invenit tropicum Cancræ ad zenith cathedralis ecclesiæ Florentinæ, sub quo gnomon est collocatus, uno minuto cum 12 secundis annis 245 accessisse, sive distantiam eorundem hac quantitate imminutam fuisse. Neque attentionem Ximenis effugit, lunæ periodum etiam *oscillationem* quamdam, quam *mutationem axis* appellant, in ipsum axem tetrestem inducere, quam à periodo 19 annorum, quo

nodi lunares ad eundem locum redeunt post integram conversionem, desumunt plerique; qua etiam computata imminutionem prædictam locum habere autumavit. Hæc sanè ab hoc astronomo asserta diminutio dimidio minor est illa à Louvilleo et Godino computata, quæ 6000 annos cuilibet gradui imminutionis assignabat. Demum Lalandius astronomorum novissimus re benè perpensa existimat, diminutionem inclinationis quovis sæculo minuto respondere, quod cum Louvillei sententia perfectè consonat. En observationum seriem à Pithea ad Lalandium.

	Grad.	Min.	Sec.	Anni.
Pitheas	23,	52,	41.	324 ante Chr.
Eratostenes	23,	51,	20.	230
Hypparchus	23,	51,	20.	140
Ptolomæus	23,	50,	22.	140 æræ Chr.
Papus	23,	50,	22.	340
Albategnus	23,	35,	00.	880
Regiomontanus	23,	30,	00.	1460
Valterus	23,	30,	00.	1476
Copernicus	23,	28,	00.	1525
Rotman. et Brigius	23,	30,	00.	1570
Ticho Brahe	23,	31,	30.	1587
Keplerus	23,	30,	00.	1627
Gassendus	23,	31,	00.	1636
Ricciolus	23,	30,	20.	1646
Cassinus	23,	30,	00.	1672
Hire	23,	29,	00.	1700
Louvilleus	23,	28,	00.	1714
Condaminus	23,	28,	24.	1736

Cailleus *obs. novæ* 23, 28, 19. 1750  
 Landius *obs. novæ* 23, 28, 7, 7<sup>m</sup>. 1770

474 6. *Parallaxis annua*, sive *aberratio luminis* à Bradlejo observata, in copernicana hypothese tantum explicari potest; imò ipsius confirmatio luculentissima existit. Porro *parallaxis annua* dicitur mutatio loci, quam in fixis animadvertunt astronomi, ita ut parvam ellipsim circumpolares stellæ, lineam verò rectam in ecliptica collocatæ singulis annis describere videantur, quod à motu annuo telluris provenire, nisi obstinatè oculos veritati occludere velimus; rem esse perspicuam, asserunt Copernicani. Nam quum tellus per orbitam ellipticam circum solem feratur, cujus diameter sive axis majoris duò extrema puncta inter se distant 66 millionibus leucarum geographicarum, quarum 25 grad. orbitam terrestrem conficiunt, hic ellipticus telluris motus, *parallaxim* annuam debet producere, quæ in stellis id exhibeat in cælo, quod in telluris orbita apud nos peragitur; parvam nimirum ellipsim describere, quæ velut imago sit orbitæ terrestris, si cum stellis versus polos collocatas conferatur: quod, si tellus staret, proculdubio non eveniret. Verùm stellæ circumpolares, observante Bradlejo astronomo anglo, anno 1728, parvam ellipsim annuam describunt, cujus diameter sive axis major 40 min. secundis æqualis est. Stellæ autem in ecliptica sitæ lineam rectam axi ellipseos respondentem describere videntur; ita ut locus in ecliptica ubi

stella est in oppositione cum sole, 40 secundis distet à loco ubi eadem postea est in conjunctione cum sole: quia nimirum tota diametro orbitæ terrestris uterque locus distat à terra.

475 Maxima tamen occurrebat difficultas in conciliando hoc fixarum motu cum annuo motu telluris; eo quod ellipsis polaris, et linea in ecliptica ab stellis descripta, non eodem sensu ferri ac terra procederet, observabatur. Quem nodum ut solveret, feliciter occurrit Bradlejo, id à motu telluris cum motu, quo lux ab stellis ad nos propagatur compositione derivari; quod aberrationem lucis producere art. 453 jam exposuimus. Nam si terra immobilis permaneret, semper in eodem cœli puncto fixæ observarentur; verum si terra circa solem annuo motu fertur, percurrit 20 min. secunda in sua orbita tempore minorum primorum octo, quo tempore ex observatione jovialium eclipsium constat lucem percurrere orbitæ terrestris radium, id est distantiam terræ è sole. Quum verò nos objectum referamus ad punctum impressioni respondens, stellas non in vero suo loco, at per lineam rectam tum temporis puncto cœli et loco percussiois interceptam videre debemus; ac secundum inflexionem ellipseos hujusmodi radii visuales disponi. Ejusmodi aberrationem sensu modo exposito felici successu observationibus respondere experti sunt inter alios academici Parisienses, referente Condaminio, qui ad Peruvianum regnum profecti sunt ad gradum meridiani di-

metiendum, ferè eo tempore, quo Bradlejus suas tabulas *aberrationis* lucis ediderat. Quum enim post exquisitam in observando diligentiam, fixarum positiones secundum anni tempestate variare animadverterent, Brandlejanam theoriam motus terrestris cum lucis propagatione contulerunt, quo facto, omnis varietas evanuit.

476 Schol. Hujusmodi loci mutatio vera non est parallaxis fixarum, ex qua earum distantia et magnitudo erui valeat (448): nam quum proveniat à motu annuo telluris, quem nos ad fixas referimus, nihil commune habet cum parallaxi planetarum, ex qua eorum magnitudo ac distantia depromitur. Hinc stellarum magnitudo ac recessus à nobis semper incerta manent, nec nisi longo intervallo aut conjecturis ad ea definienda accedere fas est. Verum parallaxim annuam ferè trium secundorum in fixis à recentioribus astronomis esse detectam, auctor est Para; quod supputationi distantiarum viam apperiret, si reapse talis parallaxis vera inveniat.

477 7. Leges Kepleri, celebris proximè superioris sæculi astronomi, in hypothesi copernicana tantum locum habent; in quocumque alio prorsus perturbantur, naturaque sui oblita videtur. Porrò Keplerianæ leges sunt: 1.<sup>ma</sup> "Areae quas describit radius vector, sive recta planetæ centrum, cum centro solis jungens, sunt temporibus proportionales." Legis sensus est, planetas etsi inæqualibus velocitatibus in suis orbitis ferantur, tamen areas quas verrit

ejus radius vector semper esse ut tempora, quibus percurruntur: æquales æqualibus; duplas duplis etc. 2<sup>da</sup> lex: "Quadrata temporum periodicorum in planetis primariis circa solem motis sunt ut cubi mediarum distantiarum." Ex gr. tempus periodicum Martis ferè 2 annis absolvitur, Mercurii tribus mensibus; adeoque tempora sunt inter se ut 8: 1; quare quadratum temporis Martis ad quadratum temporis Mercurii erit ut 64: 1; et eorum cubi distantiarum in eadem ratione 64: 1; quod algebraicè sic exponitur. Esto tempus Martis  $T$ , tempus Mercurii  $t$ ; distantia primi  $D$ , alterius  $d$ : ex lege Kepleri erit  $T^2 : t^2 :: D^3 : d^3$ , ac

proinde  $T : t :: \sqrt{D^3} : \sqrt{d^3}$  (Math. 211). Consule dicta ubi de viribus centralibus, maximè art. 201. Lex 3. "Planetæ primarii circa solem in orbibus ellipticis convertuntur, quarum alterum focus sol occupet (Math. 506)." Verùm hujusmodi ellipseon compressio admodum exigua est, ita ut ferè cum circulo confundatur. Nam in Mercurii orbita, quæ omnium planetarum maximè compressa esse animadvertitur, tantum quinquagesima sui parte axis major minorem superat (Math. 504). In Martis orbita axis major minorem quatuor millesimis excedit; quæ differentia adhuc minor in reliquis planetis observatur. Hujusmodi leges à Keplero in primariis tantum demonstratæ, ad satellites etiam post ipsum detectos extendi, astronomi invenerunt, imò Newtonus ad cometas paritèr non infelici successu applicavit,