



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
Εθνικόν και Καποδιστριακόν
Πανεπιστήμιον Αθηνών

Εισαγωγή στην Αστροφυσική

Ενότητα 4: Πλανητικό σύστημα

Ξενοφών Δ. Μουσάς
Σχολή Θετικών Επιστημών
Τμήμα Φυσικής



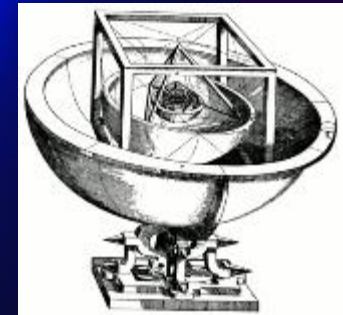
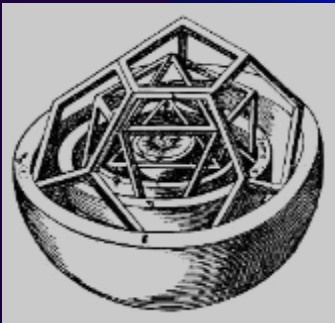
Εθνικό και Καποδιστριακό
Πανεπιστήμιο Αθηνών



*Εισαγωγή στην Αστροφυσική
και Αστρονομία
Οι νόμοι του Κέπλερ*

Ξενοφών Δ. Μουσάς,
Καθηγ. Φυσικής Διαστήματος

ΑΘΗΝΑ 2014



Βιβλιογραφία:

Μάνου Δανέζη και Στράτου Θεοδοσίου, Το Σύμπαν που αγάπησα, Εκδ. Δίαυλος, Αθήνα, 2012, ISBN: 978-960-531-288-6

Χαράλαμπου Βάρβογλη και Γιάννη Χ. Σειραδάκη, Εισαγωγή στη σύγχρονη αστρονομία, Εκδότης: Γαρταγάνης, Αριθμός Σελίδων: 352, 1994

Σταύρου Ι. Αυγολούπη και Ιωάννη Χ. Σειραδάκη, Παρατηρησιακή Αστρονομία, Εκδότης Πλανητάριο Θεσσαλονίκης, 2004, Αριθμός Σελίδων 246, ISBN 960-86810-3-0

**B. W. Carroll and D. A. Ostlie
An Introduction to Modern Astrophysics,
εκδ. Addison-Wesley, 1996 και 2013,
ISBN-13: 978-1292022932**

Επίσης:

<http://www.astro.virginia.edu/class/majewski/ast551/lectures/LECTURE2/lec2b.html>

<http://casswww.ucsd.edu/archive/public/tutorial/Stars.html>

http://www.astro.washington.edu/users/anamunn/Astro101/Project1/stellar_spectroscopy_introduction.html

<http://handprint.com/ASTRO/>

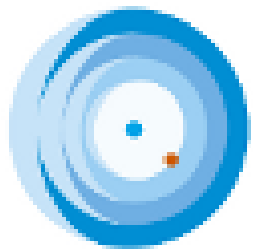
<http://www.astronomy.ohio-state.edu/~pogge/Ast162/Unit1/sptypes.html>

Γενικώς μπορείτε να βρίσκετε επιστημονικά άρθρα σε οποιοδήποτε αντικείμενο, αστροφυσικής, φυσικής, μαθηματικών, φιλοσοφίας ή οτιδήποτε, στην ιστοσελίδα:

scholar.google.gr/

Τα άρθρα παρουσιάζονται με αξιολόγηση και

πρώτα αναφέρονται τα πιο χρησιμοποιημένα, τα κατά τεκμήριο πιο σημαντικά.



Εύδοξος

Ηλεκτρονική Υπηρεσία Ολοκληρωμένης Διαχείρισης
Συγγραμμάτων και Λοιπών Βοηθημάτων

ΒΙΒΛΙΑ ΓΙΑ ΤΟ ΜΑΘΗΜΑ ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΑΣΤΡΟΦΥΣΙΚΗ

Το σύμπαν που αγάπησα

Κωδικός Βιβλίου στον Εύδοξο: 22684958

Έκδοση: Πανεπιστημιακή Έκδοση/2012

Συγγραφείς: Δανέζης Μάνος, Θεοδοσίου Στράτος

ISBN: 978-960-531-288-6

Τύπος: Σύγγραμμα

Διαθέτης (Εκδότης): ΔΙΑΥΛΟΣ Α.Ε. ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΒΙΒΛΙΩΝ

Το σύμπαν που αγάπησα

Κωδικός Βιβλίου στον Εύδοξο: 12212

Αριθμός τόμου: Τόμος 1

Έκδοση: 3η έκδ./1999

Συγγραφείς: Δανέζης Μάνος, Θεοδοσίου Στράτος

ISBN: 978-960-531-062-2

Τύπος: Σύγγραμμα

Διαθέτης (Εκδότης): ΔΙΑΥΛΟΣ Α.Ε. ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΒΙΒΛΙΩΝ

Το σύμπαν που αγάπησα

Κωδικός Βιβλίου στον Εύδοξο: 12213

Αριθμός τόμου: Τόμος 2

Έκδοση: 3η έκδ./1999

Συγγραφείς: Δανέζης Μάνος, Θεοδοσίου Στράτος

ISBN: 978-960-531-063-9

Τύπος: Σύγγραμμα

Διαθέτης (Εκδότης): ΔΙΑΥΛΟΣ Α.Ε. ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΒΙΒΛΙΩΝ

Εισαγωγή στην αστροφυσική

Κωδικός Βιβλίου στον Εύδοξο: 42022440

Έκδοση: 1η/2014

Συγγραφείς: Αλυσσανδράκης Κ.

ISBN: 978-960-02-3058-1

Τύπος: Σύγγραμμα

Διαθέτης (Εκδότης): ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΠΑΠΑΖΗΣΗ ΑΕΒΕ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΑΣΤΡΟΝΟΜΙΑ ΚΑΙ ΑΣΤΡΟΦΥΣΙΚΗ

Κωδικός Βιβλίου στον Εύδοξο: 22846310

Έκδοση: Α' ΕΚΔΟΣΗ/2012

Συγγραφείς: ΖΑΦΕΙΡΟΠΟΥΛΟΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ, ΖΑΦΕΙΡΟΠΟΥΛΟΥ

ΚΑΡΑΤΖΟΓΛΟΥ ΦΙΛΑΡΕΤΗ

ISBN: 978-960-530-148-4

Τύπος: Σύγγραμμα

Διαθέτης (Εκδότης): Εταιρεία Αξιοποίησης και Διαχείρισης

Περιουσίας Πανεπιστημίου Πατρών

Διαθέτης (Εκδότης): ΔΙΑΥΛΟΣ Α.Ε. ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΒΙΒΛΙΩΝ

ΑΣΤΡΟΦΥΣΙΚΗ ΤΟΜΟΣ Ι

Κωδικός Βιβλίου στον Εύδοξο: 280

Αριθμός τόμου: Ι

Έκδοση: 1η/2009

Συγγραφείς: SHU FRANK

ISBN: 978-960-7309-16-7

Τύπος: Σύγγραμμα

Διαθέτης (Εκδότης): ΙΔΡΥΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ & ΕΡΕΥΝΑΣ-

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΕΣ ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΚΡΗΤΗΣ

ΑΣΤΡΟΦΥΣΙΚΗ ΤΟΜΟΣ ΙΙ

Κωδικός Βιβλίου στον Εύδοξο: 282

Αριθμός τόμου: ΙΙ

Έκδοση: 1η/2009

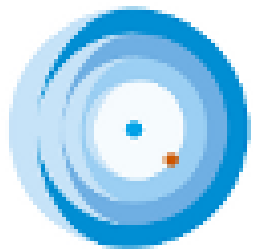
Συγγραφείς: SHU FRANK

ISBN: 978-960-7309-17-4

Τύπος: Σύγγραμμα

Διαθέτης (Εκδότης): ΙΔΡΥΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ & ΕΡΕΥΝΑΣ-

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΕΣ ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΚΡΗΤΗΣ



Εύδοξος

Ηλεκτρονική Υπηρεσία Ολοκληρωμένης Διαχείρισης
Συγγραμμάτων και Λοιπών Βοηθημάτων

ΒΙΒΛΙΑ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΗΝ ΑΣΤΡΟΦΥΣΙΚΗ

Αστροφυσική Πλάσματος

Κωδικός Βιβλίου στον Εύδοξο: 50661503

Έκδοση: 2η Έκδοση/2015

Συγγραφείς: Κανάρης Τσίγκανος

ISBN: 978-960-91748-2-4

Τύπος: Σύγγραμμα

Διαθέτης (Εκδότης): ΚΑΝΑΡΗΣ ΤΣΙΓΚΑΝΟΣ

Αστροφυσική Πλάσματος

Κωδικός Βιβλίου στον Εύδοξο: 42116553

Έκδοση: 1η Έκδοση/2015

Συγγραφείς: Κανάρης Τσίγκανος

ISBN: 978-960-91748-2-4

Τύπος: Σύγγραμμα

Διαθέτης (Εκδότης): ΚΑΝΑΡΗΣ ΤΣΙΓΚΑΝΟΣ

Κοσμική Ακτινοβολία

Κωδικός Βιβλίου στον Εύδοξο: 45309

Έκδοση: 1η έκδ./2009

Συγγραφείς: Μαυρομιχαλάκη - Χριστοπούλου Ελένη

ISBN: 978-960-266-251-9

Τύπος: Σύγγραμμα

Διαθέτης (Εκδότης): Σ.ΑΘΑΝΑΣΟΠΟΥΛΟΣ & ΣΙΑ Ο.Ε.

Γενική Σχετικότητα

Κωδικός Βιβλίου στον Εύδοξο: 6236

Έκδοση: 3/2007

Συγγραφείς: Bernard F. Schutz

ISBN: 960-7122-21-6

Τύπος: Σύγγραμμα

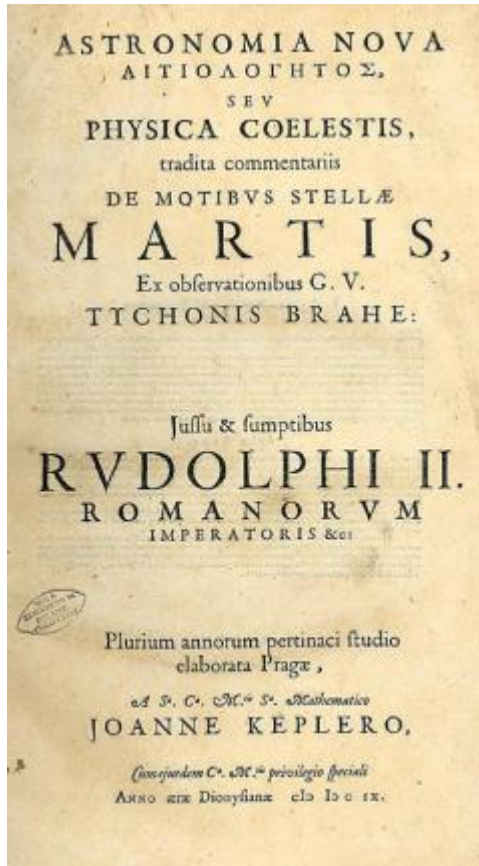
Διαθέτης (Εκδότης): ΤΡΑΥΛΟΣ & ΣΙΑ ΟΕ

Ευχαριστίες

Ιδιαίτερες Ευχαριστίες οφείλονται στη NASA, ESA, ESO, NOAO/NSO/Kitt Peak FTS/AURA/NSF

στους Ερευνητές και λοιπούς συντελεστές των επιγείων τηλεσκοπίων και διαστημικών πειραμάτων, στους κυρίους **Πάνο Παπασπύρου** για τις συζητήσεις που είχαμε σε αυτό το θέμα, στην Wikipedia για πολλές πολύτιμες εικόνες που προσφέρονται χωρίς δικαιώματα χρήσης και συνεπώς είναι πολύτιμες σε κάθε δάσκαλο.

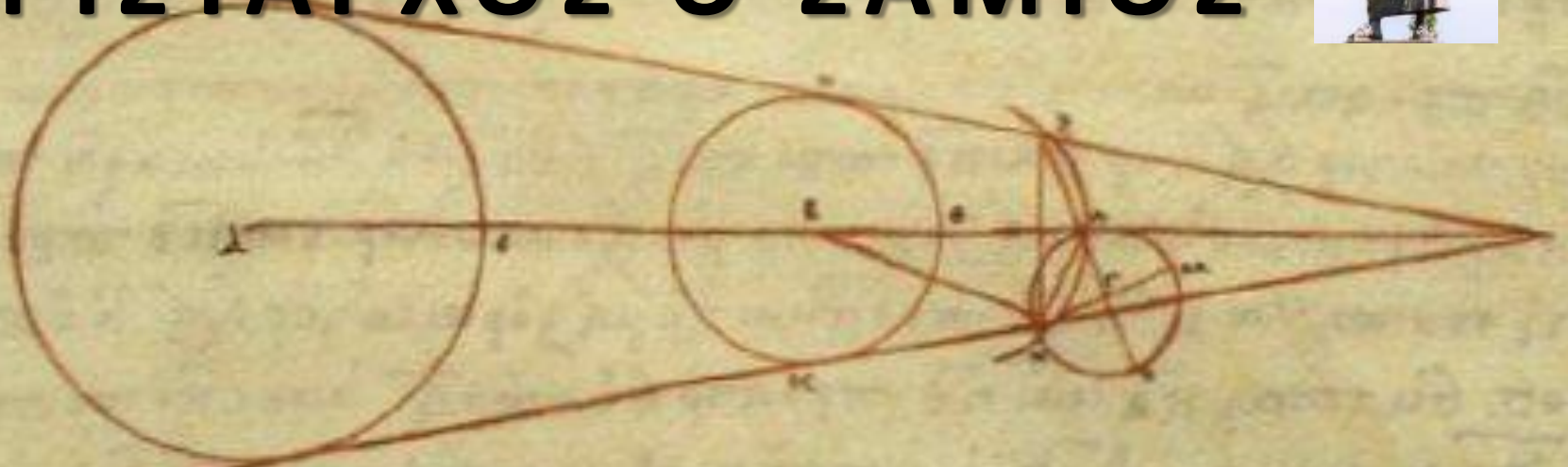
Johannes Kepler (1571–1630)



ΑΡΙΣΤΑΡΧΟΣ Ο ΣΑΜΙΟΣ



Ἄρισταρχος ὁ Σάμιος



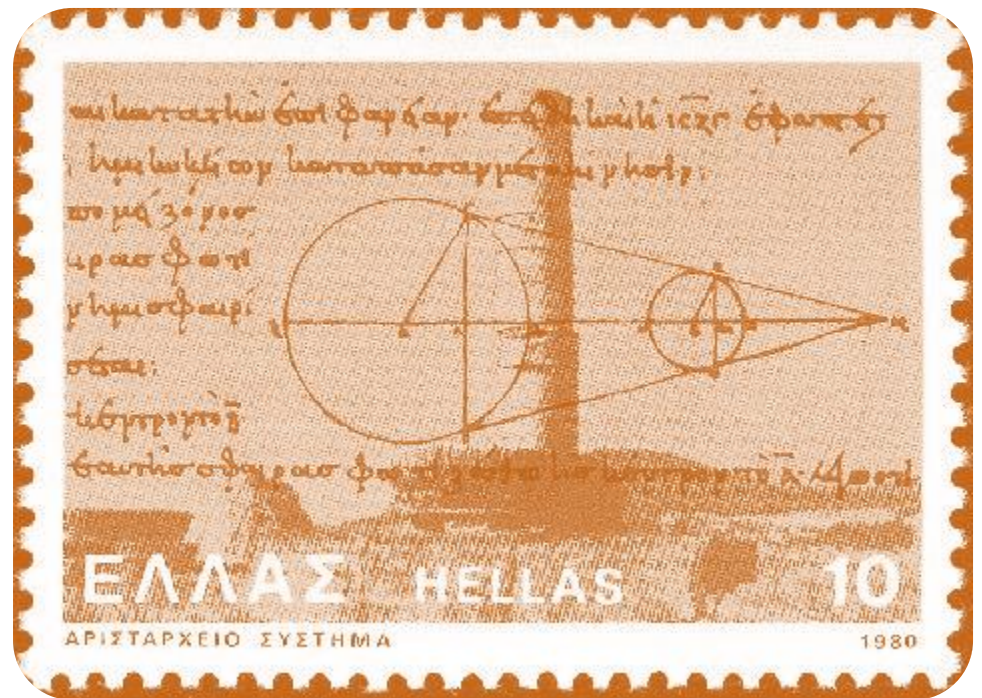
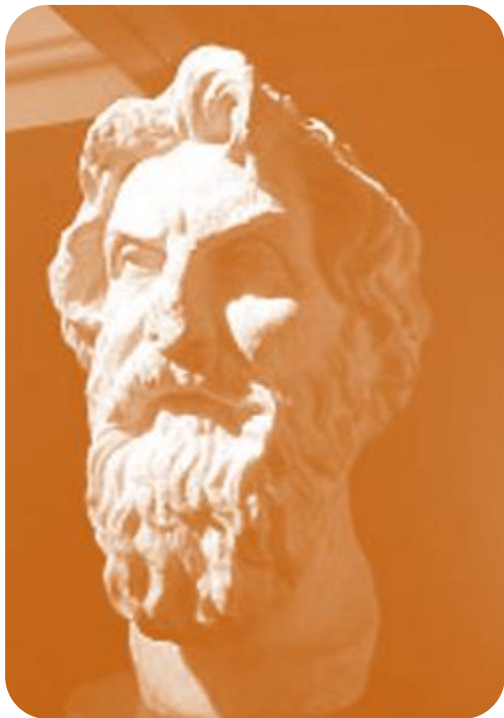


Ἀρίσταρχος

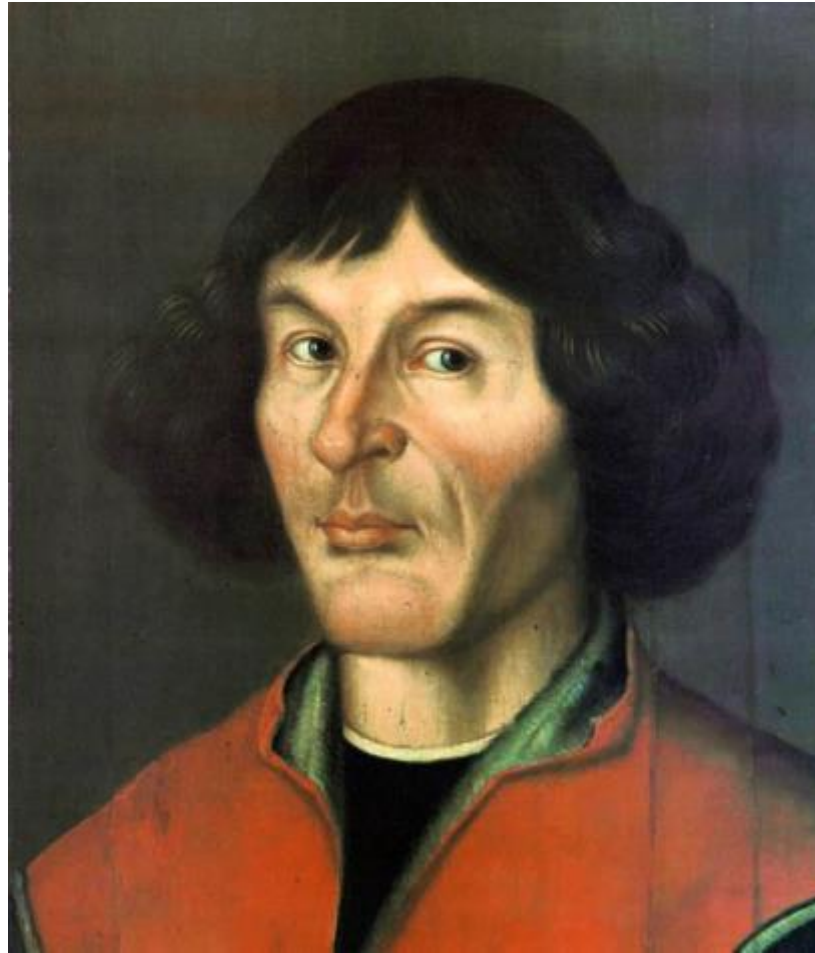
έργο του γλύπτη Diebolt Merley
στο Λούβρο



Ἄρισταρχος



ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΚΟΠΕΡΝΙΚΟΣ



ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΚΟΠΕΡΝΙΚΟΣ



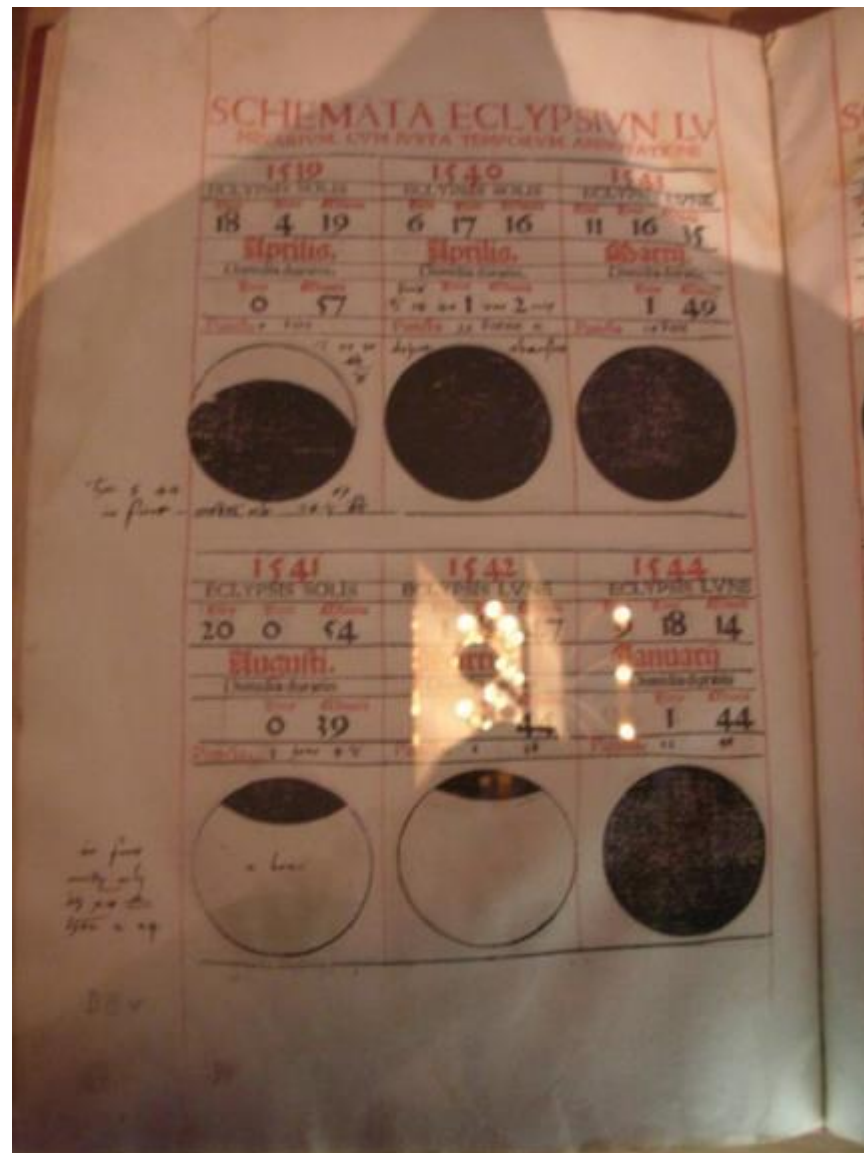
ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΚΟΠΕΡΝΙΚΟΣ

- Μέσω DNA εντοπίστηκε ο τάφος του Κοπέρνικου



ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΚΟΠΕΡΝΙΚΟΣ

- το DNA ελήφθη από τρίχες που βρέθηκαν σε βιβλίο του Κοπέρνικου





ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΚΟΠΕΡΝΙΚΟΣ

- Ο αστρονόμος κ. Γιώργος Χένρινγκσεν έκανε την ανάλυση του DNA που βρήκε σε αυτό το βιβλίο.

NICOLAI CO
PERNICI TORINENSIS
DE REVOLVTIONIBVS ORBIS
um cœlestium, Libri VI.

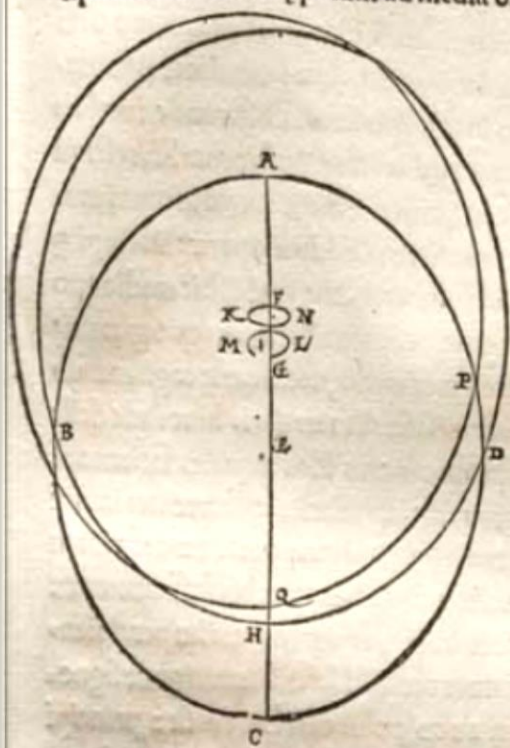
Habes in hoc opere iam recens nato, & ædito,
studiose lector, Motus stellarum, tam fixarum,
quàm erraticarum, cum ex ueteribus, tum etiam
ex recentibus obseruationibus restitutos: & no-
uis insuper ac admirabilibus hypothesibus or-
natos. Habes etiam Tabulas expeditissimas, ex
quibus eosdem ad quoduis tempus quàm facilli-
me calculare poteris. Igitur eme, lege, frueri.

Ἀγεωμέστητος ἄδεις εἰσὶτω.

descriptus in eo circulus æquinoctialis per eadē BD segmenta
trāsibit, nempe per polos A F E C circuli: sed angulos obliquitatis
faciet maiores pro ratione F I circūferētiæ. Ab hoc sumpto prin-
cipio transiturū terrę polum ad mediā obliquitatē in I : alter su-

perueniēs motus nō
finit recta incedere
per F I , sed per ambi-
tum ac extremam in-
consequētia latitudi-
dinem, quæ sit in K
deducit ipsum. In q̄
loco descripti æqui-
noctialis apparentis
 OPQ , sectio nō erit
in B , sed post ipsam
in O , & pro tanto mi-
nuitur præcessio æ-
quinoctiorū, quan-
tum fuerit B O . Hinc
conuersus polus, &
in præcedentia ten-
dens, excipitur à con-

currētibus simul utriusq̄ motibus in I medio, & æquinoctialis ap-
parēs p̄ omnia unitur æquali siue medio, ac eo p̄transiens polus
terrę transmigrat in præcedentes partes, & separat æquinocti-
alem apparentē à medio, augetq̄ præcessionem æquinoctiorū
usq̄ in alterū L limitē. Inde reuertēs aufert q̄d modo adiecerat
æquinoctijs, donec in G puncto cōstitutus minimā efficiat obli-



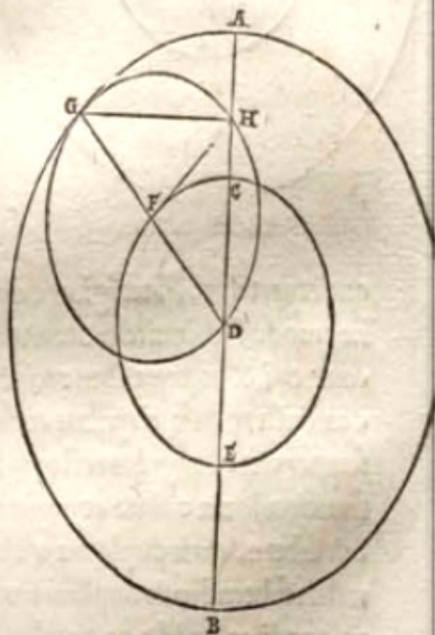
cludit tandem quā diximus in tota uicinia F A I E C B
manifestum est, quod in una reuersione obliquitatis bis præce-
dentium bisq̄ sequentium limitem terrę polus attingit.

Quomodo motus reciprocos siue librationis ex
circularibus constet, Cap. 1111.

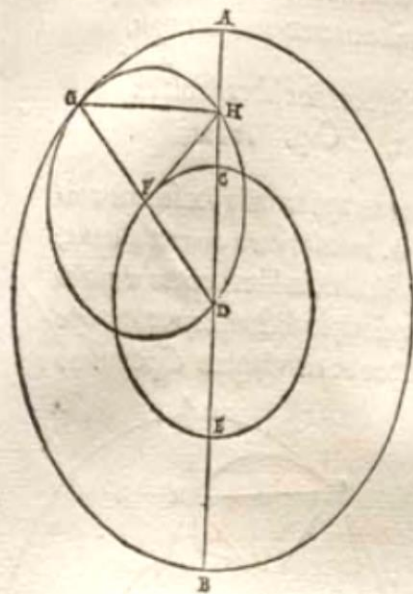


Uod igitur iste motus apparentijs consentiat am-
modo declarabimus. Interim uero quæret aliquis,
quo nam modo possit illarum librationum æquali-
tas intelligi, cum à principio dictum sit, motum cele-
stem æqualē esse, uel ex æqualibus ac circularibus cōpositum.

Hic aut utrobicq̄ duo motus
in uno apparēt sub utrisq̄ ter-
minis, q̄bus necesse est cessa-
tionē interuenire. Fatebimur
quidem geminatos esse, at ex
æqualibus hoc modo demon-
strant. Sit recta linea AB , quę
quadrifariā secetur in C D E si-
gnis, & in D describatur circu-
li homocentri, ac in eodē pla-
no A D B , & C D E , & in circūferē-
rentia interioris circuli assu-
mat utcūq̄ F signū, & in ipso
 F cētro, interuallo uero F D cir-
culus describatur G H D , qui
secet AB rectā lineā in H signo, & agat dimetiēs D F G . Ostēdendū
est, quod geminis motibus circularibus, quę non cōueniunt in



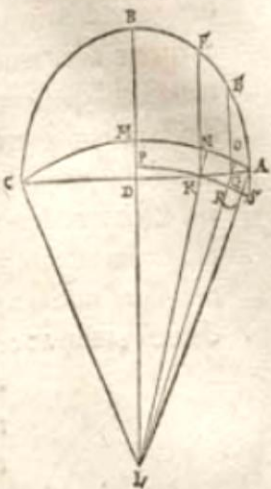
uel è conuerso. H igitur in lineam AB reclinabitur: alioqui accide-



ret partem esse maiore suo toto, quod facile puto intelligi. Recedit autem à priori loco secundum longitudinem AH retractam per infractam lineam DFH , æqualem ipsi AD , eo intervallo quo dimetiens DEG excedit subtenfam DH . Et hoc modo perducetur H ad D centrum, quod erit in contingente DHG circulo, AB rectam lineam, dū uidelicet GD ad rectos angulos ipsi AB steterit, ac deinde in B alterum limitem perueniet, à quo rursus simili rati-

one reuertetur. Patet igitur è duobus motibus circularibus, & hoc modo sibi inuicem occurrentibus in rectam lineam motū componi, & ex æqualibus reciproci & inæqualem, quod erat demonstrandum. E quibus etiam sequitur, quod GH recta linea semper erit ad angulos rectos ipsi AB : rectum enim angulum in semicirculo DHG linea compræhendent. Et idcirco GH semel sitis erit subtendentis duplam AG circumferentiam, & DH altera se-

diorem apud circumferentiam facile demonstratur. Sit enim semicirculus ABC , centrum eius D , dimetiens ADC , & secetur bifariam in B signo: assumantur autem circumferentia AB , & BF æquales, & $abFE$ signis in ipsam ADC perpendiculares agantur EG , FK . Quoniam igitur dupla DK subtendit duplum BF , & dupla EG duplum ipsius AB : æquales igitur sunt DK & EG : sed AG per septimam tertij elem. Euclidis, minor est ipsi GE , minor etiā erit ipsi DK . Æquali uero tempore pertransierunt GA & KD , propter AB & BF circumferentias æquales. Tardior ergo motus est circa A circumferentiam quàm circa D centrū. Hoc demonstrato: Suscipiatur iam cētrum terræ in L , ita ut DL recta linea sit ad angulos rectos ipsi ABC plano hemicycli, & pAC signa describatur in L cētro circumferentia circuli AMC , & in rectam lineā ducatur LDM . Erit idcirco in M polus hemicycli ABC , & ADC circularū sectio communis, & coniungantur LA, LC , similiter & LK, LG , quæ extensæ in rectum secent AMC circumferentiā in NO . Quoniam igitur angulus qui sub LDK rectus est, acutus igitur qui sub LKD . Quare & LK linea longior est quàm LD , tanto magis in amblygonijs triangulis, latus LG maius est latere LK , & LA ipso LG . Centro igitur in intervallo LK descriptus circulus, extra ipsam LD cadet: reliquus



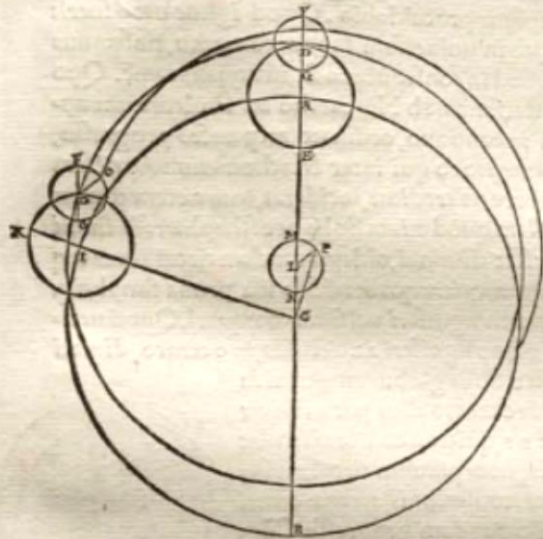
De secunda & duplici differentia, quæ circa Solem propter
absidum mutationem contingit. Cap. xx.

Instat iam maior difficultas circa absidis solaris in-
constantiam, quoniam quam Ptolemæus ratus est
esse fixam, alij motum octauæ spheræ sequi, secun-
dum quod stellas quoque fixas moueri censuerunt.
Arzachel opinatus est hunc quoque inæqualem esse, utpote quæ
etiã retrocedere cõtingat, hinc sumpto iudicio, quod cum Macho-
metus Aratẽ. ut dictũ est, inuenisset apogeuum ante solstitium
septem gradibus, XLIII. scrup. quod antea à Ptolemæo in DC
XL. annis per gradus propè XVII. processerat, illi post annos
CC. minus VII. ad grad. III. s. ferè retrocessisse uideret, ob idque
alium quendam putabat esse motum centri orbis annui, in par-
uo quodam circulo secundum quem apogeuum ante & pone de-
flecteret, ac centrum illius orbis à centro mundi distantias effi-
ceret inæquales. Pulchrum sanè inuentum, sed ideo non rece-
ptum, quod in uniuersum collatione cæteris non cohæreat.
Quemadmodum si ex ordine ipsius motus successio consideret-
tur, quod uidelicet aliquandiu ante Ptolemæum constitierit,
quod in annis DC XL. uel circiter per gradus XVII. trãsierit, de-
inde quod in annis CC. repetitis III. uel V. gradibus in reliquũ
tempus ad nos usque progredere, nulla alia in toto tempore
regressione percepta, neque pluribus stationibus quas motibus
cõtrarijs hinc inde necesse est interuenire. Quæ nullatenus nos

sum propagare. Proinde etiam quod apogeuum in VI. grad. me-
diate & sexta Cancrì posuerimus, non fuimus contenti, ut in-
strumentis horoscopis consideremus, nisi etiam Solis & Lunæ
defectus redderent nos certiores. Quoniam si in ipsis error la-
tuerit, detegunt ipsum proculdubio. Quod igitur uero fuerit
simillimum, ex ipso in uniuersum motus conceptu, possumus
animaduertere quod in consequentia sit, inæqualis tamẽ. Quo-
niam post illam stationem ab Hipparcho ad Ptolemæum ap-
paruit apogeuum in continuo, ordinato, atque aucto progressu,
usque in præsens, excepto eo qui inter Machometum Aratẽsem
& Arzachelem errore, ut creditur, incidere, cum cætera consen-
tire uideantur. Nam quod etiam Solis prosthaphæresis simili
modo nõdum cessat diminui, uidetur eandem circuitiois seq-
uationem. Atque utramque inæqualitatẽ sub illa prima simplici
anomalìa obliquitatũ signiferi, uel simili coæquari. Quod ut a-
pertius fiat, sit in plano signiferi AB circulus, in C centro, dimeti-
ens ACB, in quo sit D Solis globus tanquam in
centro mundi, & in E centro alius paruulus cir-
culus describatur EF, qui non compræhendat
Solem, secundum quem paruulum circulum in-
telligatur centrum reuolutionis annuæ centri
terræ moueri, sicut quodam progressu, Cũque
fuerit EF orbiculus unã cum AD linea in conse-
quentia, centrum uero reuolutionis annuæ p-
EF circulum in præcedentiã, utrunque uero mo-
tu admodum rãdo, inuentionem aliam ad h-



quoque epicyclum hoc modo. Sit mundo ac Soli homocentrus AB, & ACB diameter, in qua summa absis contingat. Et facta in A centro epicyclus describatur DE, ac rursus in D centro epicyclum FG, in quo terra uersetur, omniaque in eodem plano zodiaci.



Sitque epicycli primi motus in succedentia, ac annuus ferè, secundi quoque hoc est D, similiter annuus, sed in praecedentia, amborumque ad AC lineam pares sint reuolutiones. Rursus centrum terrae ex F in praecedentia addat parumper ipsi D. Ex hoc manifestum est

quod cum terra fuerit in F, maximum efficiet Solis apogeeum, in G minimum: in medijs autem circumferentijs ipsius F G epicycli faciet ipsum apogeeum praecedere uel sequi, auctum dimi-

utuncque FO circumferentiam secundi ac sui epicycli, iam ipsum O non describet eccentricum, cui centrum in AC linea contingat, sed in ea quae ipsi DO parallelus fuerit, qualis est LP. Quod si etiam coniungatur OI, & CP, erunt & ipsae aequales, minores autem ipsi FF & CM, & angulus DIO angulo LCP equalis, per VIII. primi Euclid. & pro tanto uidebitur Solis apogeeum in CP linea praecedere ipsam A. Hinc etiam manifestum est, per eccentricum epicyclum idem contingere. Quoniam in praexistente solo eccentro, quem descripserit D epicyclum circa L centrum, centrum terrae uoluatur in FO circumferentia praedictis conditionibus, hoc est, plus modo quam fuerit annua reuolutio. Superinducet enim alterum eccentricum priori circa P centrum, accidentemque prorsus eadem. Cumque tot modi ad eundem numerum sese conferant, quis locum habeat haud facile dixerim, nisi quod illa numerorum ac apparentium perpetua consonantia credere cogit eorum esse aliquam.

Quanta sit secunda Solaris inaequalitatis differentia. Cap. XXI.



Um igitur iam uisum fuerit, quod ista secunda inaequalitas primam ac simplicem illam anomaliam obliquitatis signiferi, uel eius similitudinem sequatur, certas habebimus eius differentias, si non obstiterit error aliquis obseruatorum praeteritorum. Habebimus enim ipsam simplicem anomaliam anno Christi M. D. XV. secundum numerationem grad, CLXV. scrup. XXXIX. ferè, & eius

ut opinabatur Apolonius, poterant ista sufficere. Sed maximæ elongationes à loco Solis medio, quæ intelliguntur per angulos FAB , & GAE , matutinæ et uespertinæ horum siderum non inueniuntur ubiq; æquales, neq; altera alteri, neq; coniunctim, & ad se inuicem, euidenti coniectura, quod cursus eorum non sint in homocentris cum terreno circulo, sed in alijs quibusdã quibus efficiunt diuersitatem secundam. Idem quoq; demonstratur in tribus superioribus Saturno, Ioue, Marte, qui ambiunt undiq; terram. Repetito enim terræ circulo priori assumatur exterior DE homocentrus, tanquam in eodem plano, in quo



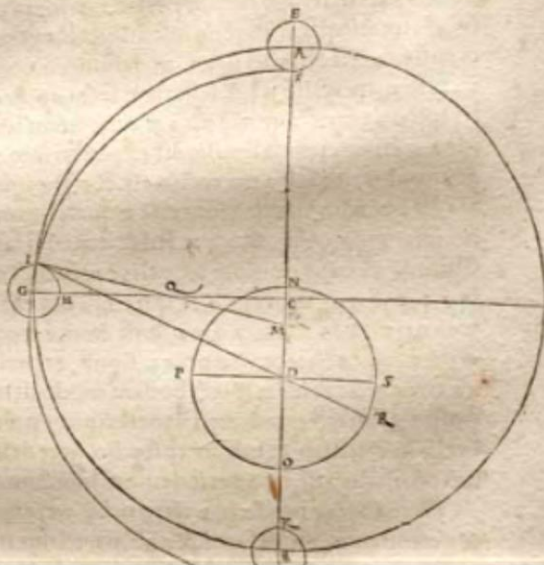
locus planetæ sumatur utcuq; in D signo, à quo rectæ lineæ agantur DF, DG , contingentes orbem terræ in F, G signis, & $DACBE$ dimetiens communis. Manifestum est, quod ex A solummodo uerus locus planetæ in linea DE medijs motus Solis apparebit, existens acronyctus, & terræ proximus. Nam ex opposito in B existente terra, quamuis in eadem linea, minime apparebit, hypaugus factus, propter Solis ad C co-

gnationem. Ipse uero cursus terræ maior existens, quo superat motum planetæ, per apogæam FBC circumferentiam apponere uidebitur motui stellæ totum angulum GDF , ac in reliqua GAF eundem auferre, sed tempore minori iuxta GAF circumferentiã minorem. Et ubi motus ablatius terræ superauerit motum adiunctiuum stellæ circa A præsertim, uidebitur ipsa A terra destitui, & in præcedentiã moueri, & ibi stationem facere, ubi minima fuerit differentia ipsorum motuum contrariorum secundum

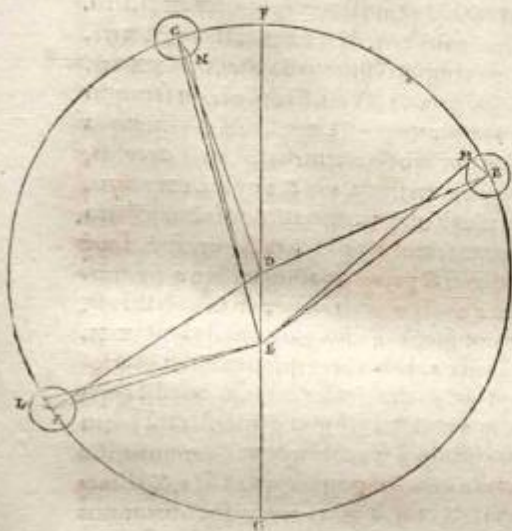


Quoniam uero motus eorū secundū lōgitudinē propriū eundem serè modum habēt, excepto Mercurio, qui uidetur ab illis differre. Quamobrē de illis quatuor cōiunctim tractabitur. Mercurio alius deputatus est locus. Quod igitur præsi unū motum in duobus eccentricis (ut recensitū est) posuerunt, nos duos esse motus censemus

æquales, quibus inæqualitas apponitur, siue per eccentrici eccentricū, siue per epicycli epicycliū, siue etiam mixtum per eccentrici epicycliū, quæ eandē possunt inæqualitatem efficere, uti superius circa Solem & Lunã demonstrauimus. Sit igitur eccentricus AB circulus circa C cētrum,



hendentia. Reliquus igitur $\angle AEL$, est part. II. scrup. XII. relinquitur qui sub $\angle BED$ part. CXV. scrup. LIII. Similiter in acronychio secundo ostendetur, quod cum in triangulo BDE duo latera data BE , DE , comprehendant angulum BDE , part. CXIII. scrup.



XXXV. angulus BDE per demonstrata triangulorum planorum fuerit pt. VII. scrup. XI. & reliquus $\angle BEB$ pt. LX. scrup. XIII. basis quoque BE , partium 10668, quarum DE est 10000, et EM , 500. Totus quoque EBM pt. LXXXIII. scrup. XXXVI. Sic quoque in triangulo EBM datorum laterum datum angulum comprehendentium, demonstrabitur qui sub $\angle BEM$, angulus part. II. scrup. XXXVI. à quo relinquitur $\angle DEM$ part. LVI. scrup. XXXVIII. Deinde

hendentium, demonstrabitur qui sub $\angle BEM$, angulus part. II. scrup. XXXVI. à quo relinquitur $\angle DEM$ part. LVI. scrup. XXXVIII. Deinde

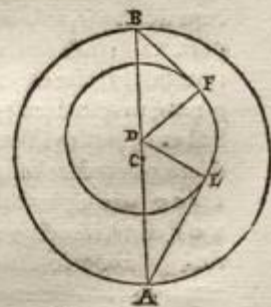
angulus CEN , scrup. L. qui cum DCE componit partes II. scrup. LVI. quibus angulus apparentiæ DEM , minor est æqualitati, sub FDC . Datur ergo DEN part. XIII. scrup. XL. quæ etiam ferè congruunt apparentiæ inter secundum & tertium acronychium observata. Quoniam igitur apparuit Martis stella in hoc loco, uti narrauimus, à capite Arietis stellati in part. CXXXIII. scrup. XX. & angulus FEN , ostensus est part. XIII. scrup. XL. ferè. Manifestum est retrorsum numerati, quod apogæi locus eccentrici in hac ultima consideratione fuerit in part. CXIX. scrup. XL. ad hærentium stellarum spheræ. Quem tempore Antonini Ptolemæus in part. CVIII. scrup. L. inueniebat, qui quoque propterea ad nos usque in decem grad. & dextante unius est permutatus in consequentia. Centrorum quoque distantiam minorem inuenimus in part. 40, quibus quæ ex centro eccentrici datur 10000. non quod errauerit Ptolemæus uel nos, sed argumento manifesto, quod centrum orbis magni telluris accesserit centro orbis Martis, Sole interim immobili permanente. Respondet enim hæc sibi inuicem ferè, ut infra luce clarius apparebit. Exponatur iam orbis ipse terræ annuus super B centro, cum dimittente suo, qui sit SER , ad CD propter æqualitatem reuolutionum, sitque in R apogæum æquale ad stellam, in S perigæum, in T terra. Secabit autem ET extensa, in qua uisus stellæ CD in X . Erat autem in ipsa & X uisus ad partes longitudinis, ut dictum est hoc ultimo loco, part. CXXXIII. scrup. XX. Angulus quoque DXE , demonstratus est part.



nifestū est, quod inter hęc loca, media sint absidū, part. XLVIII. & CCXXVIII. cum trientibus suis inuicem opposita, quæ quidē adiectis utrobique part. VI. & duabus tertijs præcessionis æquinoctiorū, incidūt in partes XXV. Tauri & Scorpij, ex sententia Ptolemæi, in quibus ē diametro summā ac infimā absidas Veneris esse oportebat. Rursus ad maiorem huius rei affirmatiōnem assumit aliud à Theone obseruatū anno IIII. Adriani, diluculo diei uicesimi, mensis Athyr, q̄ erat à natiuitate Christi annus CXXIX. quarto Idus Octobris mane, ubi reperta est denuo Venus in maxīma distantia part. XLVII. scrup. XXXII. à loco Solis medio, existente in part. CCXI. scrup. XIII. Cui subiungit suū obseruatū anno XXI. Adriani, qui erat Christi annus CXXXVI. nono die mensis Mechir Ægyptijs, Romanis autē octauo Calend. Januarij, hora prima noctis sequentis, in quo rursus despectina distantia reperiebatur part. XLVII. scrup. XXXII. à Sole medio in part. CCLXV. Sed in præcedente Theonis consideratione erat locus Solis medius in part. CCXI. scrup. XIII. Inter hæc media loca cadūt iterū in pt. XLIII. scrup. XX. & CCXXVIII. scrup. XX. quasi, in quibus oportet esse apogæum & perigæū. Suntq̄ ab æquinoctijs part. XXV. Tauri & Scorpij. Quæ deinde per alias duas considerationes separauit sequentes. Vna earum erat Theonis, anno XIII. Adriani, diei III. mēsis Epiphj, Sed annorum Christi erat CXXIX. XII. Calend. Iunij diluculo, in qua repperit extremū Veneris matutinæ limitē part. XLIII. scrup. XLVIII. dū Sol esset medio motu in pt. XLVIII. & dextera te, & Venus apparens in part. IIII. fixarum spheræ. Alteram ac cepit ipse Ptolemæus anno XXI. Adriani, secundo die mensis Tybi

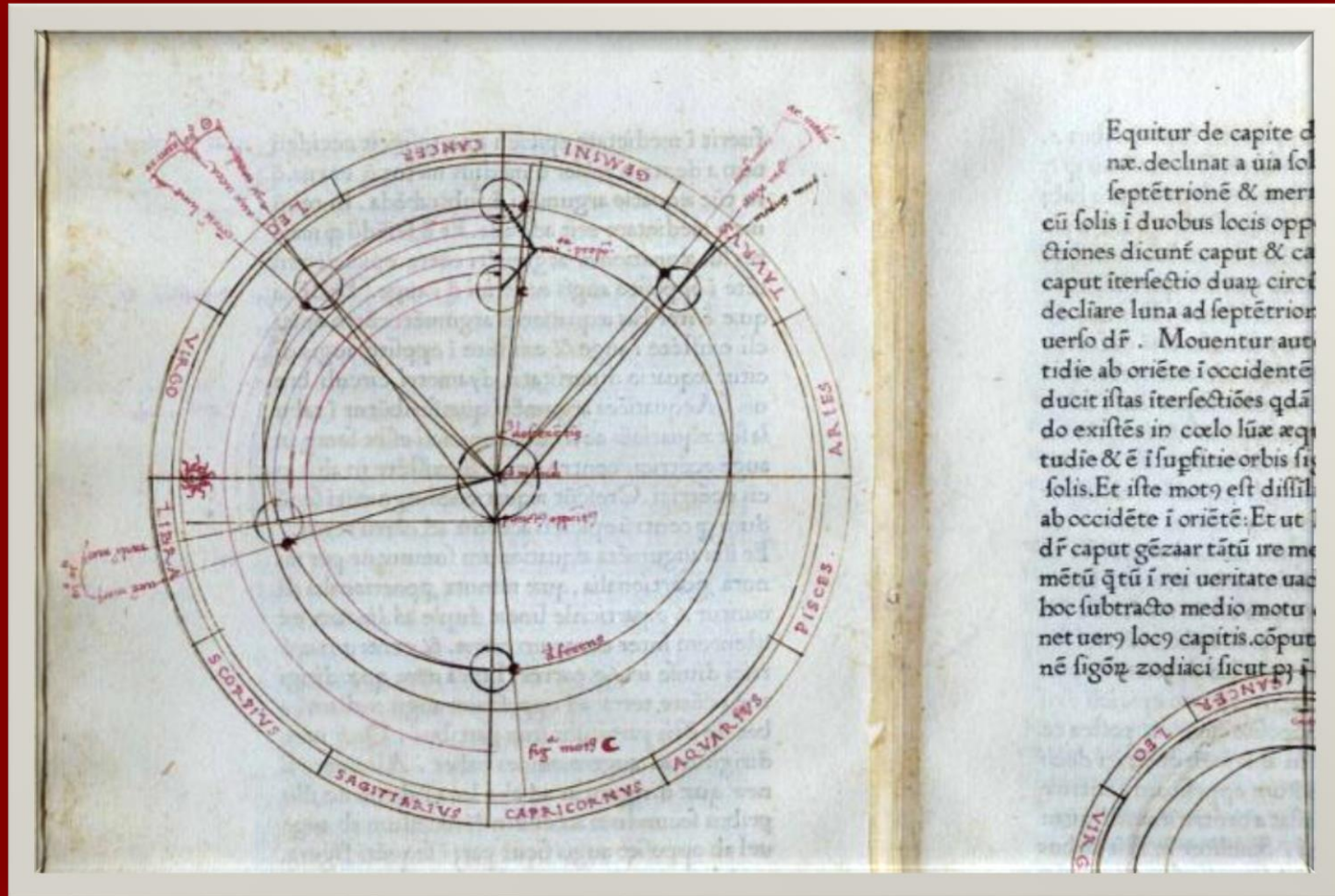
Quæ sit ratio dimetientium orbis terræ & Veneris. Cap. XXI.

Proinde etiam ex his ratio constabit diametrorum orbis terræ, & Veneris. Describatur enim orbis terræ AB , in centro C , dimetiens eius ACB per utramque absida, in qua capiatur D centrum orbis Veneris, CC centri ad AB circulum. Sit autē apogæi locus A , in quo existente terra plurimum distabat centrum orbis Veneris, dum esset ipsa AB mediij motus Solis linea, ad part. XIII. & tertiam. In B uero ad part. CCXXVIII. & tertiam. Agantur etiam rectæ lineæ AE, BF , contingentes orbem Veneris in E, F signis, & connectantur DE, DF . Quoniam igitur qui sub DAE , angulus subtendit ad centrum circuli partes circumferentiæ XLIII. & quatuor quintas. Et angulus AED est rectus, erit triangulum DAE datorum angulorum, ac deinde laterum, nempe DE , tanquā media subtendentis duplū DAE part. 7046, quarū AD est 10000. Eodem modo in triangulo rectangulo DBF , datus est angulus DBF part. XLVII. & triētis, erit quoque subtensa DF part. 7346, quarum fuerit AD , 10000. Quibus igitur DF æqualis ipsi DE fuerit part. 7046, erit DB earundem 9582. Hinc tota ACB , 19582, & AC dimidia 9791, & reliqua CD , 205. Quatenus igitur AC fuerit una



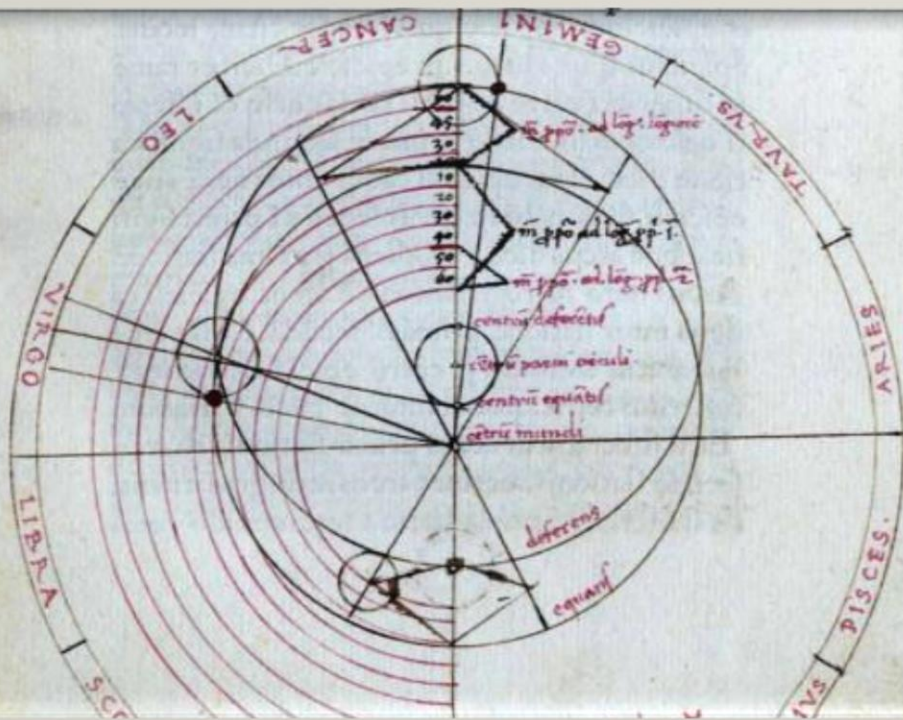
rit una

Theorica Planetarum - 1472 - Cremonensis, Gerardus - Venice -
The Warnock Library



Equitur de capite d
næ. declinat a uia sol
septentrionē & mer
cū solis i duobus locis opp
ctiones dicunt caput & ca
caput intersectio duarū circū
decliare luna ad septentrion
uerso dñ . Mouentur aut
tidie ab oriēte i occidentē
ducit istas intersectiōes qdā
do existēs in cœlo lūæ aq
tudie & ē i supficie orbis si
solis. Et iste motus est dissil
ab occidentē i oriētē. Et ut
dñ caput gēzar tātū ire me
mētū q̄tū i rei ueritate uac
hoc subtracto medio motu
net uerū locū capitis. cōput
nē sigōz zodiaci sicut p̄ i

itro terræ ad cętrum epicycli
 auge deferētis ad lineā exeun-
 onem circularū excessus lineæ
 terræ ad interfectiones ad line-
 ubi est maxima appropiatio e-
 e. Et iterū ab eodem loco usq;
 tis æquantis cū sit linea exiens
 minuta pportionalia. Diuersi
 ali breuis dupliciter ẽ describē
 uperioribus. Venus uero habet
 ntē dispositos sic sicut tres su-
 dē loco eleuantur in quo ecen-
 ntrū epicycli sui ita cito mouet
 edius motꝝ solis est mediꝝ mo-



motu in circulo amplissimo (quem orbem magnum appellat) translata, eos, qui terram credunt quiescere, putare Planetas & Solem in contrarium transferri, & Sole inter terram & Planetam posito componi in visione motus terræ & Planetæ, unde videatur Planeta velox, terra vero inter Solem & Planetam posita videri relinqui Planetam & sic retrocedere, eo quod terra velocior sit Planeta.

TYCHO BRAHE simile quid habet cum Latinis, non Solem quidem attrahere Planetas per aspectum, sed Planetas adulari Soli. niti enim, ut illum (quamvis euntem) in medio fere suarum circuituum retineant, ipsos vero genuinam viam circa Solem (quasi esset immobilis) ordinare. Qua ratione quilibet Planeta in aura æthera præter viam propriam ipsam etiam Solis viam conficit, efficiturque ex motu utroque compositus ad unguem idem qui apud Ptolemaum (spiralis nempe) ut cap. 1. dictum. Et Astronomicæ Ptolemaus epicyclos in eccentricis statuit, BRAHEVS eccentricos in epicyclo uno, qui est ipse Solis orbis.

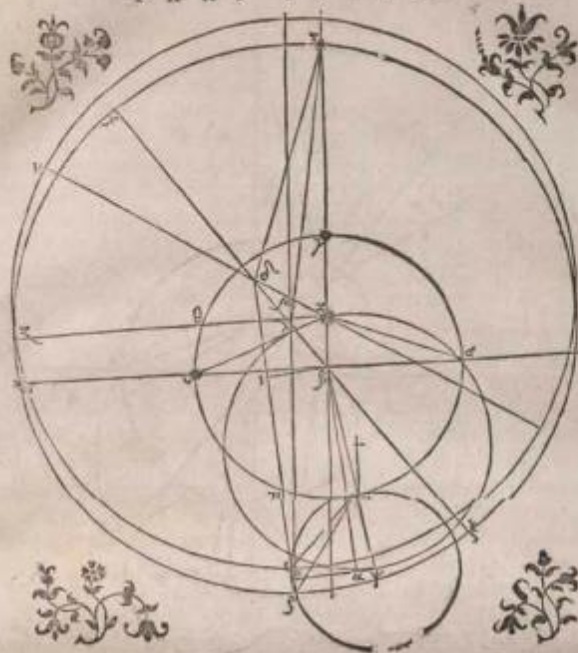
Ego in sequentibus demonstrationibus omnes tres authorum formas jungam. Nam & TYCHO me hoc quandoque suadente, id se ultro vel me tacente facturum fuisse respondit (fecissetque si supervivisset), & moriens a me quem in Copernici sententia esse sciebat petiit uti in sua hypothese omnia demonstrarem.

PORRO trium harum formarum perfectissimam æquipollentiam Geometricam & jam statim & per totum librum aliud licet agentes demonstrabimus. In præfens persequendum est institutum & demonstrandum, omnino magnum aliquid in secunda inæqualitate peccari, si pro apparenti motu Solis medius susceptus fuerit, cum quo Planeta in principio hujus secundæ inæqualitatis opponatur.

Incipiam a COPERNICANA sententia. Centro β scribatur eccentricus terre $\gamma\upsilon$, qualem Copernicus Ptolemao fidens est imaginatus, ut in eo sit $\gamma\beta$ linea assiduum, κ locus Solis immobilis, & β punctum æqualitatis motus telluris.

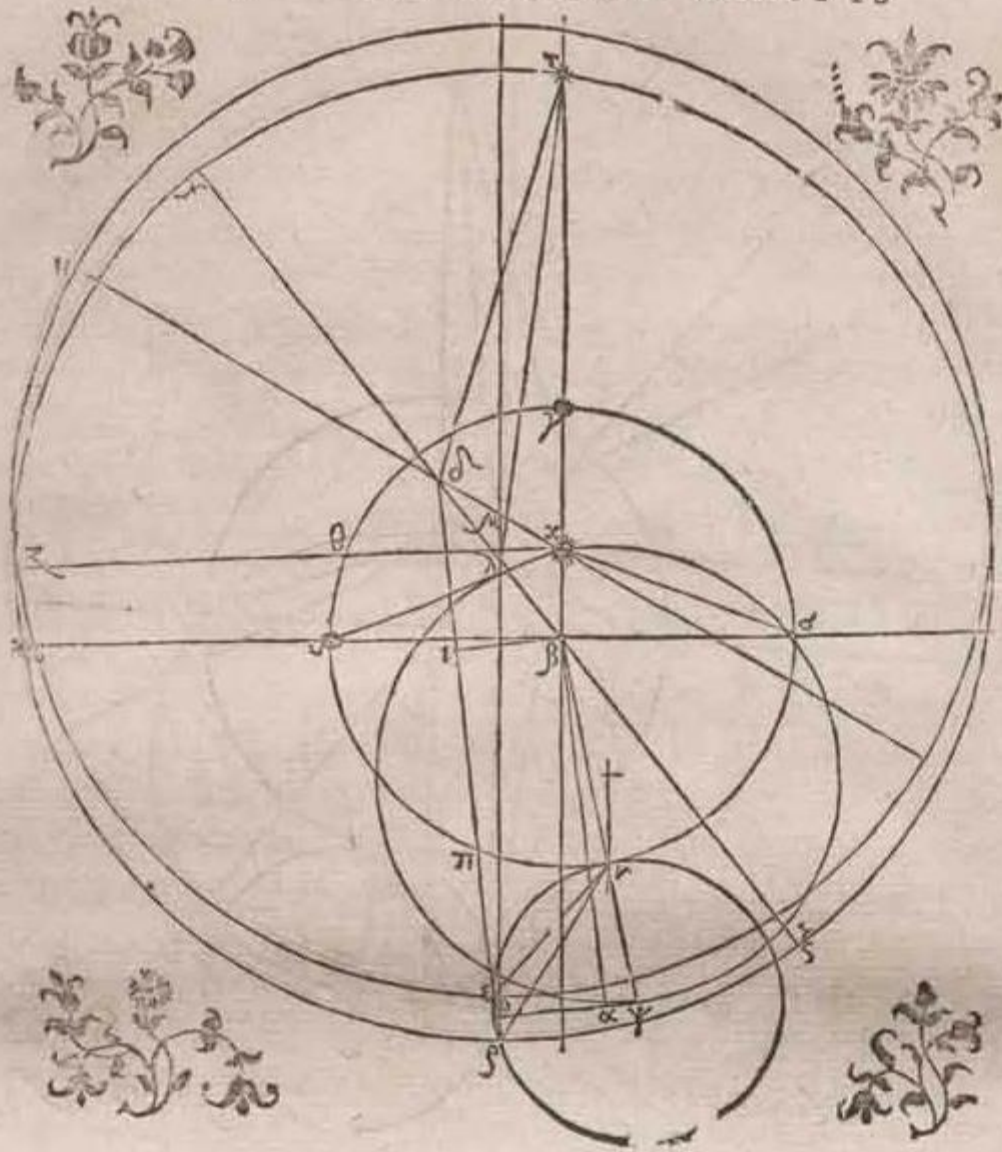
Ducatur per β ipsi $\beta\gamma$ perpendicularis $\upsilon\beta\sigma$ secans circumferentiam in punctis $\upsilon\sigma$ & connectantur $\upsilon\sigma$ cum κ .

COPERNICVS igitur PTOLEMAICOS numeros in suam formam hypotheseos trahatur Planetarum eccentricitates computavit non a κ Sole sed a β centro æstimato æqualitatis cursus terræ. Educite enim lineas ex β , niptote $\beta\gamma$, $\beta\upsilon$, $\beta\sigma$, quoties Planeta & terra in has incidunt, Planeta supponebatur exuisse secundam inæqualitatem, qua ei accidebat ratione motus terræ, ut si terra in υ versante Planeta inveniretur in linea $\beta\upsilon$ producta.



Porro hac ratione Copernicus visum per fictionem in puncto β collocavit. Dummodo namque Planeta sit in linea $\beta\upsilon$, nihil interest ad designandum ejus locum sub Fixis, sive ex σ aspiciatur sive ex β . Eadem de lineis $\beta\gamma$, $\beta\sigma$, & infinitis aliis in β concurrentibus, vere dici possunt. Ergo punctum β est concursus linearum visioarium omnium, & sic commune punctum sicuti visionum omnium, revera autem visio hoc est tellus domicilium nostrum in circuli $\sigma\gamma\upsilon$ aliis atque aliis punctis invenitur diversis temporibus.

Cum igitur existimasset Copernicus liberari Planetam inæqualitate secunda, quoties terra & Planeta invenirentur in una aliqua linea ex β exeunte, Planetæ loca visa sub Fixis ad ea momenta oppositionum Planetæ cum medio loco Solis instrumentis Mathematicis indagavit. Invento enim loco Planetæ in aliqua noctium circa oppositionem Planetæ cum Sole, situnc medius Solis locus per calculum fuit inventus in puncto præcise opposito, is fuit articulus temporis: sin ea nocte adhuc distarent nonnihil, collatione duarum vel plurium noctium motuumque MARTIS & terræ diuturnorum intercedentium venatus est hunc ipsum articulum temporis, & punctum seu locum quem teneret eo articulo Planeta. Vbi hoc factum toties, & in tot locis zodiaci, quot sibi putavit esse necessaria (ut si factum fuisset in $\beta\gamma$, $\beta\upsilon$, $\beta\sigma$) jam per



hæc inventa Planetæ loca $\beta\gamma$, $\beta\upsilon$, $\beta\sigma$ sub Fixis seu in zodiaco cepit ar-
tífex investigare inæqualitatis primæ hypothefin, quanta nimirum effer

C A P V T L X I X .

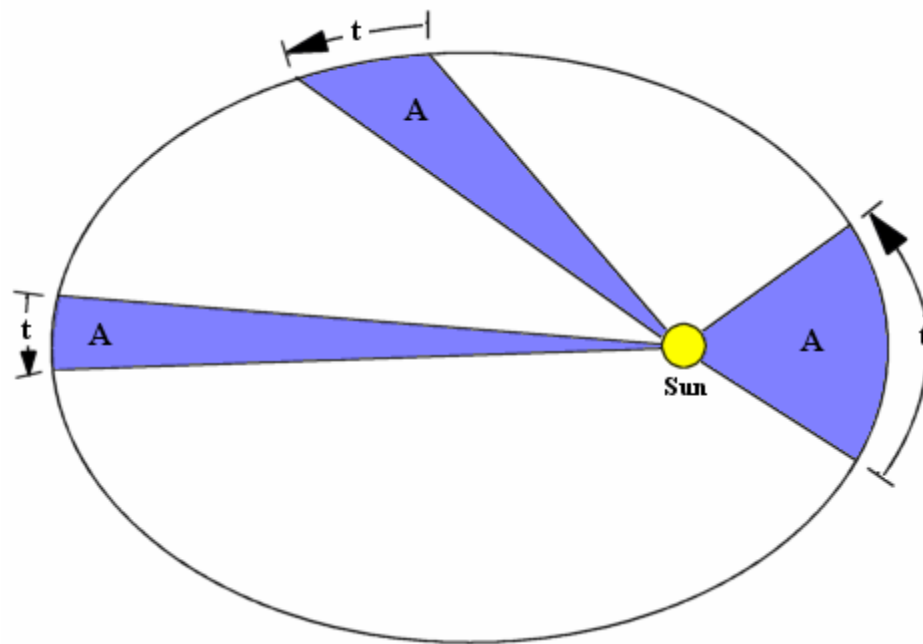
Consideratio trium PTOLEMAICARVM
observationum: & correctio motus medii,
motusque aphelii, & Nodorum.

EX ANTIQVITATE omni, observationes stellæ Martis non plures quinque ex consignatis supersunt; & una antiquissima ab Aristotele conscripta, qui Martem a Lunæ dimidia-
tæ parte obscura tegi vidit. At nec annus nec hora diei ad-
dita. Inveni tamen longissima inductione per annos L, ab
anno quindecimo ad finem vitæ Aristotelis, non potuisse esse alio die,
quam in vespera diei IV Aprilis, anno ante CHRISTI vulgarem epo-
cham cccLVII, cum Aristoteles XXI annorum audiret Eudoxum, ut ex
Diogene Laërtio constat. Secundam observationem a Chal-
dæis ha-

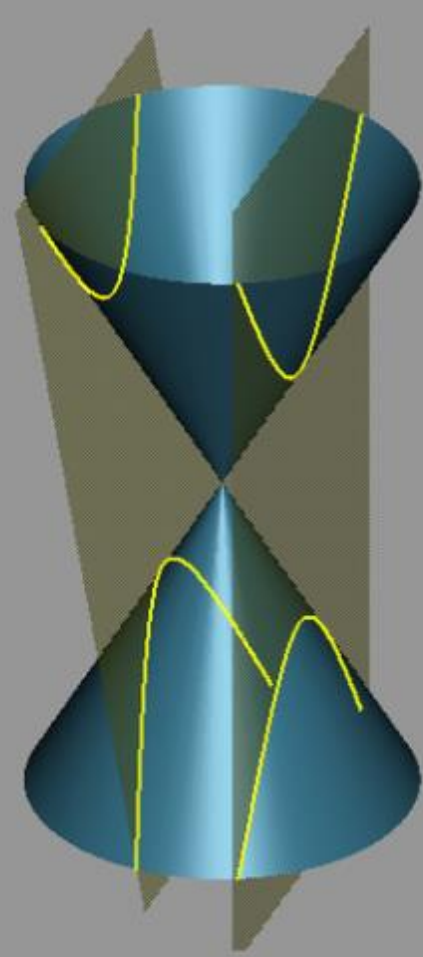
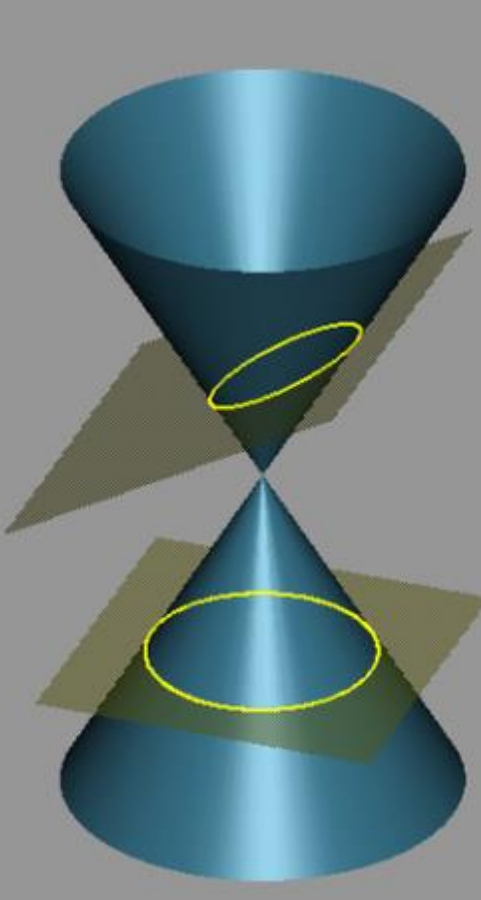
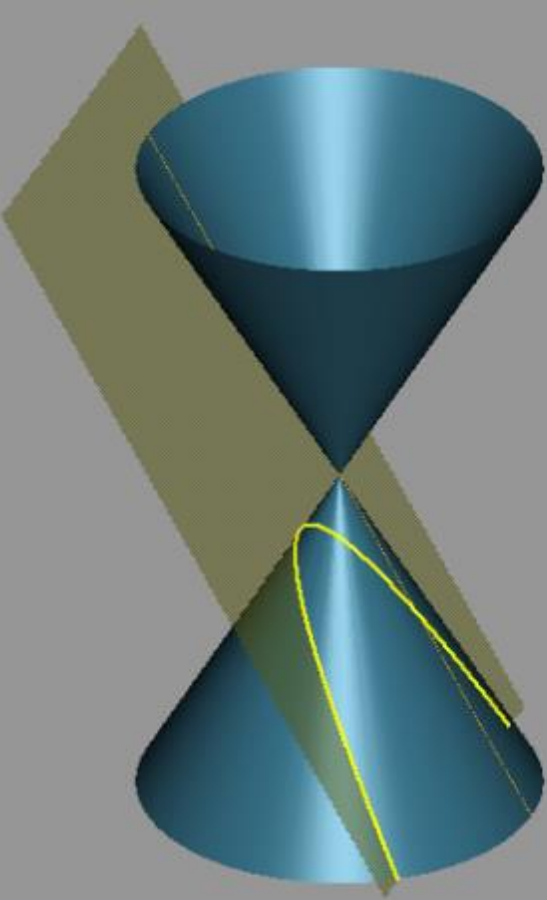


Η γέννηση της αστρονομίας

- Από την προϊστορική εποχή οι άνθρωποι ατενίζουν τον ουρανό νύκτα και μέρα. Θαυμάζουν και απολαμβάνουν την αρμονία του Σύμπαντος. Αντιλαμβάνονται τις κανονικότητες στην αέναη κίνηση των άστρων, διαπιστώνουν την φαινομενικά περίεργη κίνηση των πλανητών, την ημερήσια και ετήσια κίνηση του ζωοδότη Ηλίου, την μηνιαία πορεία και αυξομείωση της Σελήνης.
- Έτσι γεννιέται η αστρονομία που βαθμιαία γίνεται επιστήμη, πιθανότατα η πρώτη επιστήμη, στην Ελλάδα, καθώς όλο και περισσότερο η αρμονικές κινήσεις των ουρανίων σωμάτων περιγράφονται και στη συνέχεια προβλέπονται με μαθηματικά και με βάση τους φυσικούς νόμους. Οι Έλληνες αντιλαμβάνονται την έννοια της αιτιοκρατίας. Καταλαβαίνουν ότι υπάρχουν νόμοι της Φύσης, που διέπουν τα φυσικά φαινόμενα και με τους οποίους οι άνθρωποι μπορούν και ερμηνεύουν τα παρατηρούμενα στο Σύμπαν και προβλέπουν μερικά από αυτά.
- Οι προσωκρατικοί φιλόσοφοι επιχειρούν για πρώτη φορά να ερμηνεύσουν τον Κόσμο με τη Φυσική. Τα Ορφικά ποιήματα αντανακλούν αυτές ακριβώς τις πρακτικές της κατανόησης του Κόσμου με βάση τη Φυσική.
- Οι Έλληνες επιστήμονες δημιουργούν τα πρώτα μαθηματικά μοντέλα για την αρμονική κίνηση των ουρανίων σωμάτων: Η ουράνια σφαίρα με τα άστρα περιφέρονται γύρω από τη Γη μέσα στο εικοσιτετράωρο, το τάδε άστρο ανατέλλει στον δείνα τόπο, την τάδε ημέρα την τάδε ώρα, και όλα αυτά τα αποδεικνύουν με θεωρητικά μαθηματικά (θεωρητική γεωμετρία). Η κίνηση του Ήλιου, της Σελήνης και των πλανητών περιγράφονται με κίνηση πολλών ομόκεντρων σφαιρών και αργότερα καθώς εξελίσσεται η επιστήμη με την κίνηση δυο κύκλων (με τους επικύκλους).
- Αναπτύσσεται η Θεωρητική Μουσική, η Οπτική, η Μηχανική, τα Μαθηματικά (κυρίως η Θεωρητική Γεωμετρία με θεωρήματα και αποδείξεις), άλλες επιστήμες, αλλά κυρίως η Φιλοσοφία.
- Οι σύγχρονες επιστήμες, η τεχνολογία και εν γένει ο σημερινός πολιτισμός βασίζονται αποκλειστικά στην Ελληνική παράδοση που, εάν δεν είχε διακοπεί από την Ρωμαϊκή κατοχή, πιστεύουμε, ότι ο άνθρωπος θα ήταν δυνατό να είχε θφάσει στην Σελήνη τον δ' αιώνα μ.Χ., αλλά ακόμη και η σύγχρονη φιλοσοφία θεωρείται από ορισμένους ότι είναι απλά σχόλια στη φιλοσοφία του Πλάτωνα.



Kepler's second law of planetary orbits. Εικόνα του κ. R J Hall, wikipedia



Parabola- cutting plane parallel to side of cone.

Circle and Ellipse

Hyperbolas

Duk at the English language Wikipedia [GFDL (<http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html>) or CC-BY-SA-3.0 (<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>)], via Wikimedia Commons

Kepler τροχιές πλανητών και της Σελήνης

Οι πλανήτες κινούνται γύρω από τον Ήλιο κάτω από την επίδραση της βαρυτικής δύναμης.

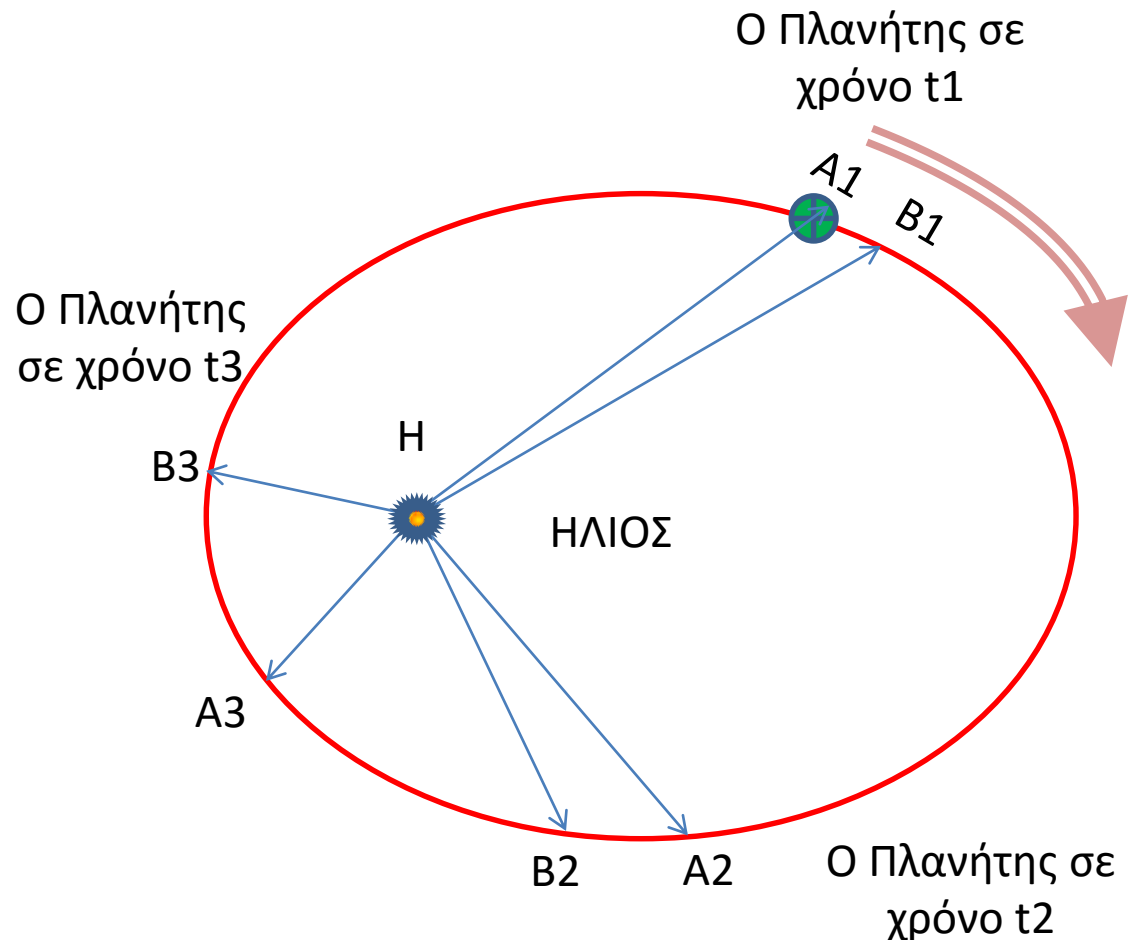
Η επιβατική ακτίνα του πλανήτη διατρέχει ίσα εμβαδά σε ίσους χρόνους

Ομοίως η Σελήνη κινείται γύρω από τη Γη λόγω της βαρύτητας της Γης

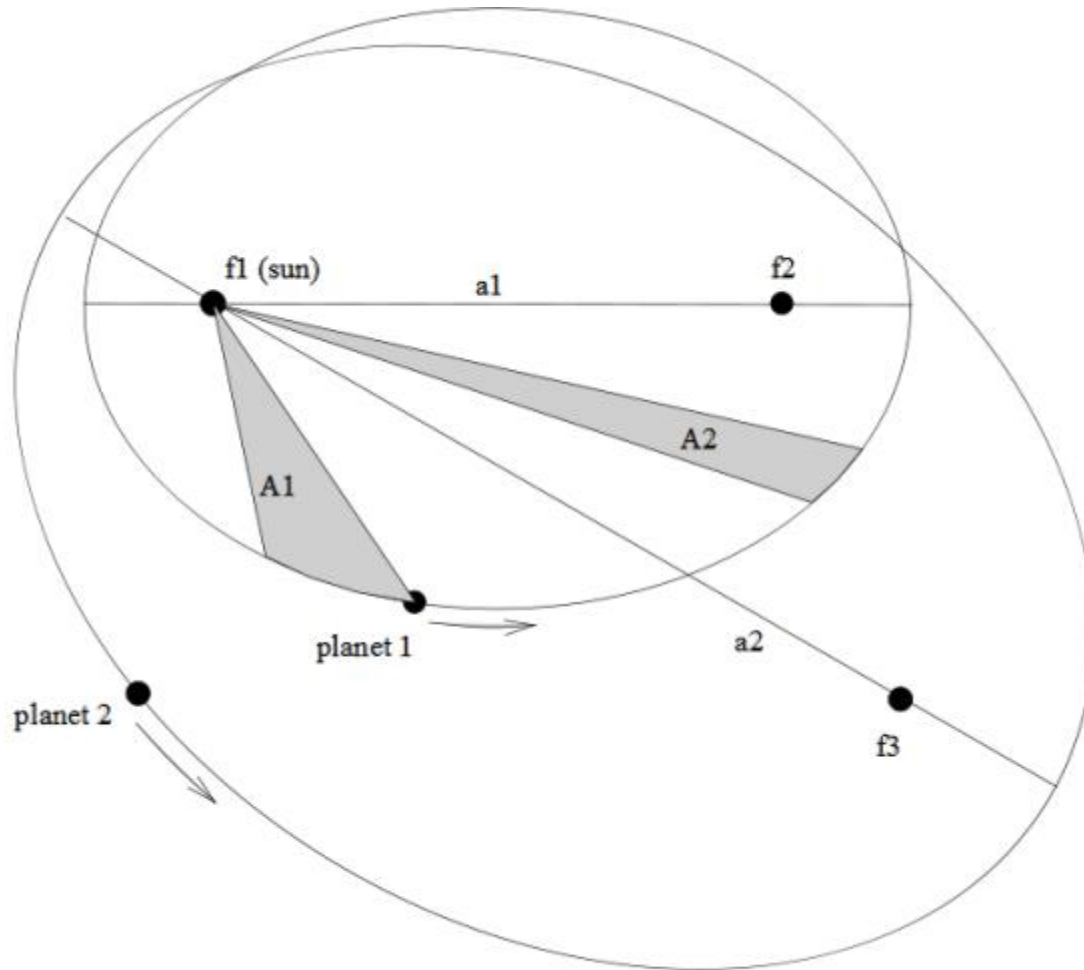
Πρώτος και δεύτερος νόμος Kepler για τις τροχιές πλανητών

1) Η τροχιά είναι έλλειψη, με τον ήλιο σε μια από τις δυο εστίες της

2) Η επιβατική ακτίνα του πλανήτη (HA, HB κ.λπ.) διατρέχει ίσα εμβαδά σε ίσους χρόνους



τροχιές πλανητών σύμφωνα με τους νόμους του Kepler



$$\frac{P_{\text{planet}}^2}{a_{\text{planet}}^3} = \frac{P_{\text{earth}}^2}{a_{\text{earth}}^3}.$$

$$\frac{a^3}{(P/2\pi)^2} = G(M + m),$$

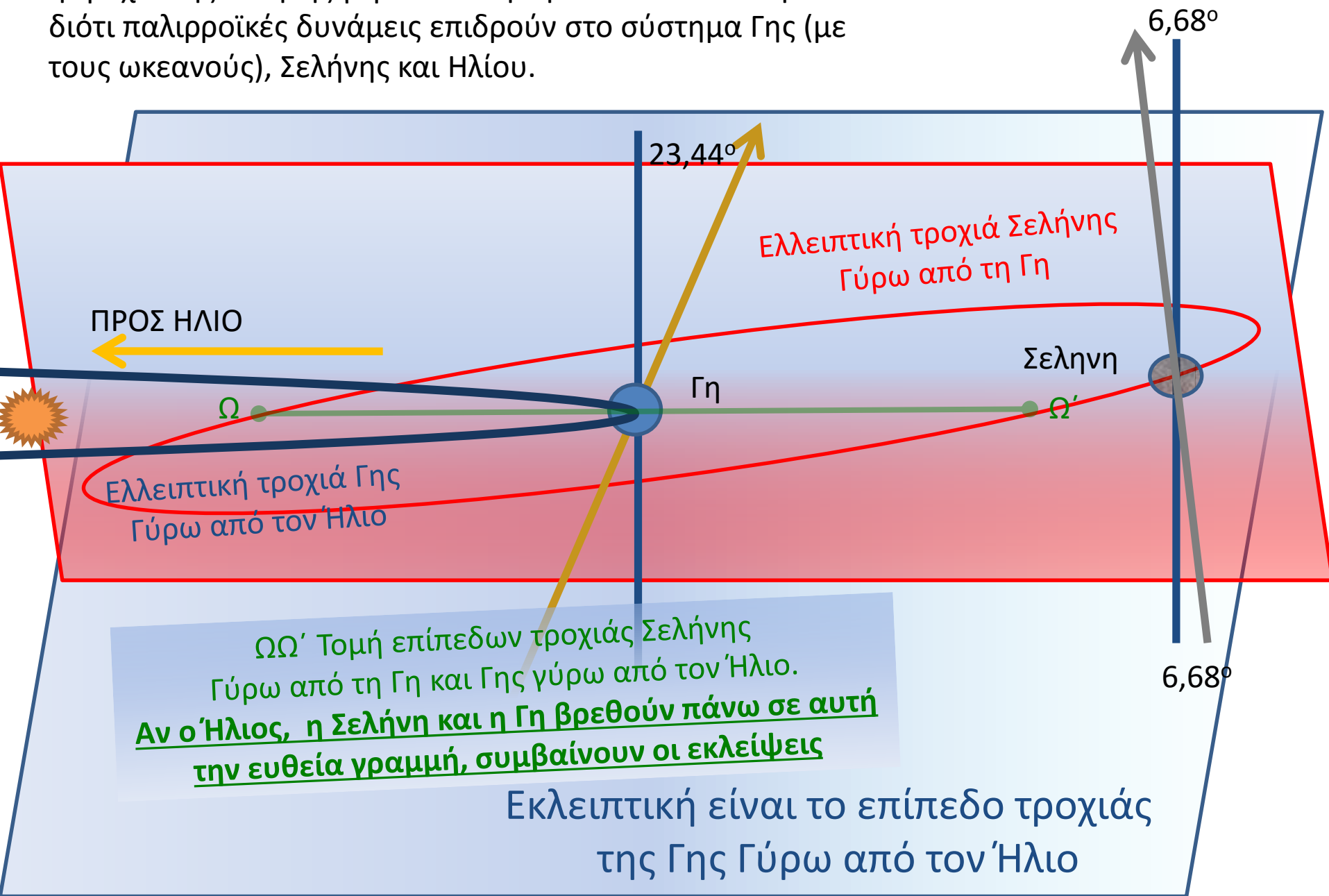
Δοι μορφές Τρίτου νόμου Kepler για τις τροχιές των πλανητών

- Η τροχιά της Σελήνης γύρω από τη Γη είναι πολύπλοκή διότι η Γη και η Σελήνη δεν είναι μόνες τους στο Σύμπαν, αλλά
- **Επιδρά σε αυτές και η βαρύτητα του Ηλίου.**
- **Επιπλέον οι δυνάμεις της παλίρροιας στους ωκεανούς της Γης κάνουν την κίνηση πιο πολύπλοκη.**

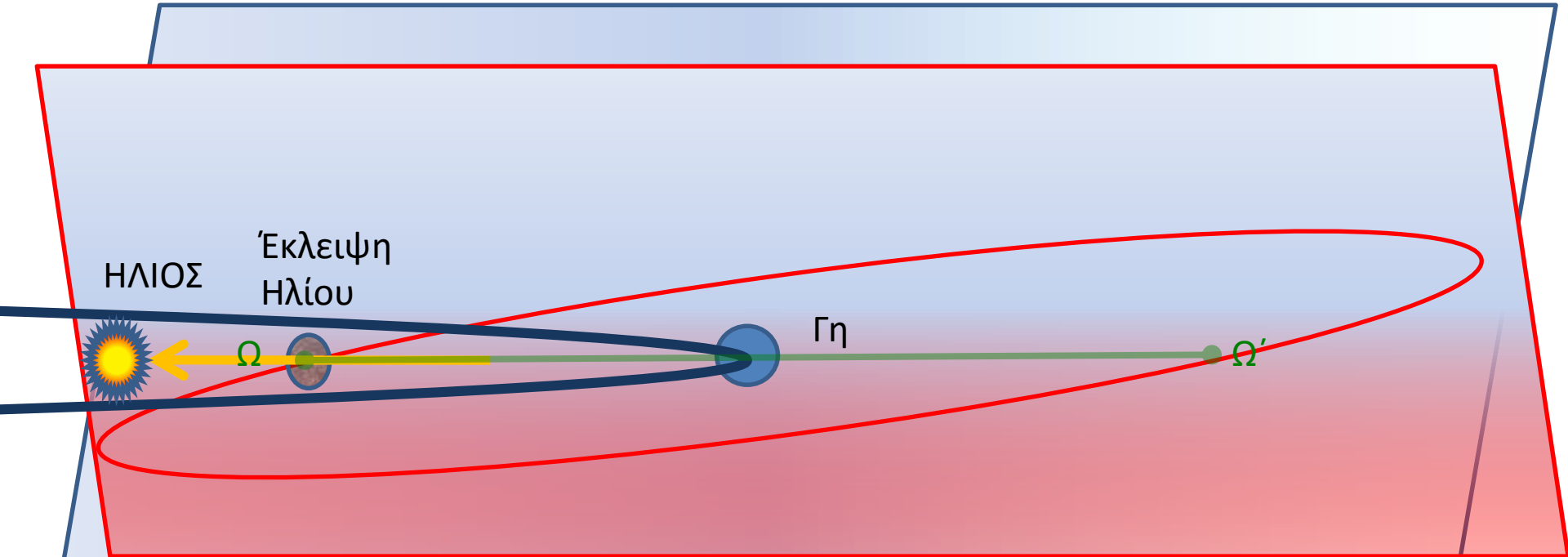
- Αυτά έχουν ως αποτέλεσμα να **αλλάζει το επίπεδο της τροχιάς της Σελήνης γύρω από τη Γη, να ταλαντώνεται γύρω από μια μέση θέση.**

- Η **Σελήνη επανέρχεται στο ίδιο σημείο του ουρανού με την ίδια φάση** (π.χ. νέα Σελήνη, πρώτο τέταρτο, πανσέληνος κ.λπ.) **κάθε 19 έτη** (περίοδος του Μέτωνα, που ακολουθεί και το Ορθόδοξο Πάσχα) ή με ακόμη μεγαλύτερη ακρίβεια **κάθε 76 έτη** (περίοδος του Καλλίππου), χρονικές περίοδοι που αναφέρονται στο εγχειρίδιο του Μηχανισμού των Αντικυθήρων και χρησιμοποιούνται στα ημερολόγια του Μηχανισμού των Αντικυθήρων

η τροχιά της Σελήνης γύρω από τη Γη είναι πολύπλοκη
διότι παλιρροϊκές δυνάμεις επιδρούν στο σύστημα Γης (με
τους ωκεανούς), Σελήνης και Ηλίου.

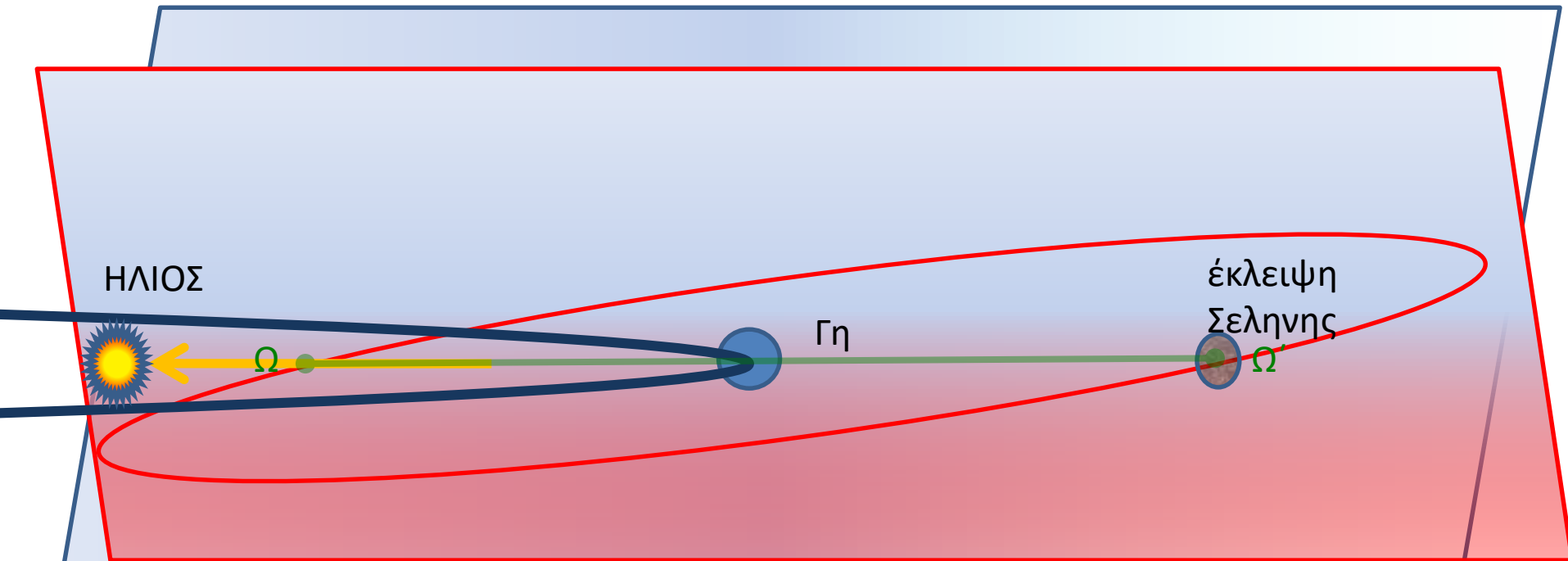


Έκλειψη Ηλίου



$\Omega\Omega'$ Τομή επίπεδων τροχιάς Σελήνης
Γύρω από τη Γη και Γης γύρω από τον Ήλιο.
Αν ο Ήλιος, η Σελήνη και η Γη βρεθούν πάνω σε αυτή
την ευθεία γραμμή, συμβαίνουν οι εκλείψεις

Έκλειψη Σελήνης



$\Omega\Omega'$ Τομή επίπεδων τροχιάς Σελήνης
Γύρω από τη Γη και Γης γύρω από τον Ήλιο.
Αν ο Ήλιος, η Σελήνη και η Γη βρεθούν πάνω σε αυτή
την ευθεία γραμμή, συμβαίνουν οι εκλείψεις

Πώς οδηγηθήκαμε στους νόμους του Κέπλερ;

- Ηλιοκεντρικό σύστημα
- Πυθαγόρειοι
- Φιλόλαος
- Αρίσταρχος
- Ηρακλείδης
- Κοπέρνικος
- Γαλιλαίος
- Τύχων Μπράχε (καλές παρατηρήσεις)
- Κέπλερ
- Νεύτων
- Λαπλάς
- Λαγκράνζ

Νόμοι Κέπλερ

- **1ος Νόμος Έλλειψη:** τροχιά των πλανητών είναι ελλειψη και ο Ήλιος είναι στη μία εστία.
- **2ος Νόμος ίσων εμβαδών:** Η επιβατική ακτίνα που ενώνει τον Ήλιο και τον κάθε πλανήτη διαγράφει σε ίσους χρόνους ίσα εμβαδά.
- **3ος Νόμος αρμονικός:** Το τετράγωνο της περιόδου περιφοράς του κάθε πλανήτη είναι ανάλογο με τον **κύβο του μήκους του μεγάλου ημιάξονα** της έλλειψης που διαγράφει.

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{1}{2} r^2 \dot{\theta} \right) = 0$$

$$P^2 \propto a^3$$

$$\left(\frac{P}{2\pi} \right)^2 = \frac{a^3}{G(M + m)}$$

τροχιά

$$r = \frac{p}{1 + \varepsilon \cdot \cos \theta}$$

περιήλιο

$$r_{\min} = \frac{p}{1 + \epsilon}.$$

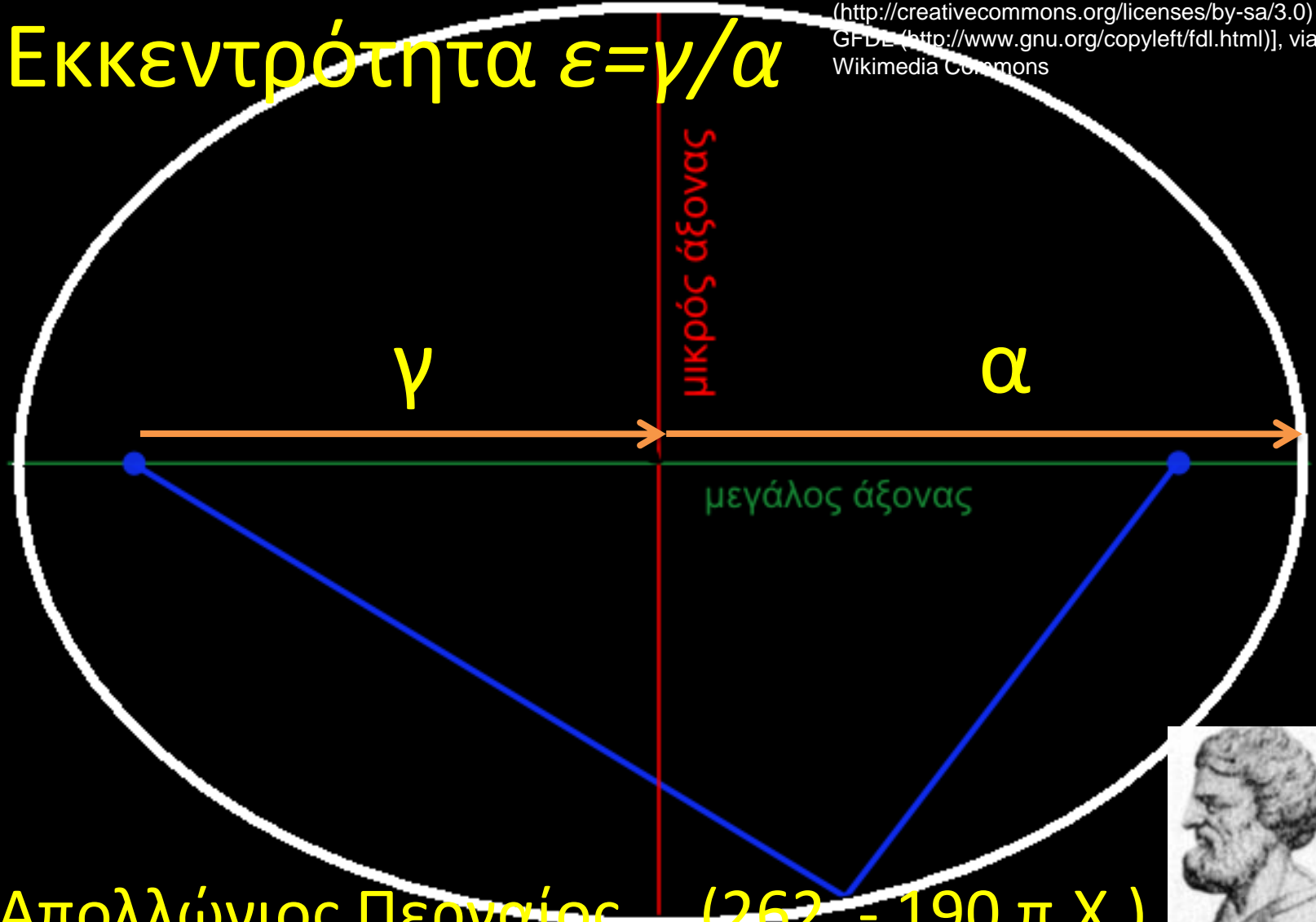
Μέγας ημιάξων
είναι ο γεωμετρικός μέσος

$$b = (r_{\min} r_{\max})^{1/2}$$

$$b = \sqrt{r_{\min} r_{\max}} = \frac{p}{\sqrt{1 - \varepsilon^2}}$$

By Stanmar, translation:Badseed. [CC BY-SA 3.0 (<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0>) or GFDL (<http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html>)], via Wikimedia Commons

Εκκεντρότητα $\epsilon = \gamma / \alpha$



Απολλώνιος Περγαίος (262 - 190 π.Χ.)



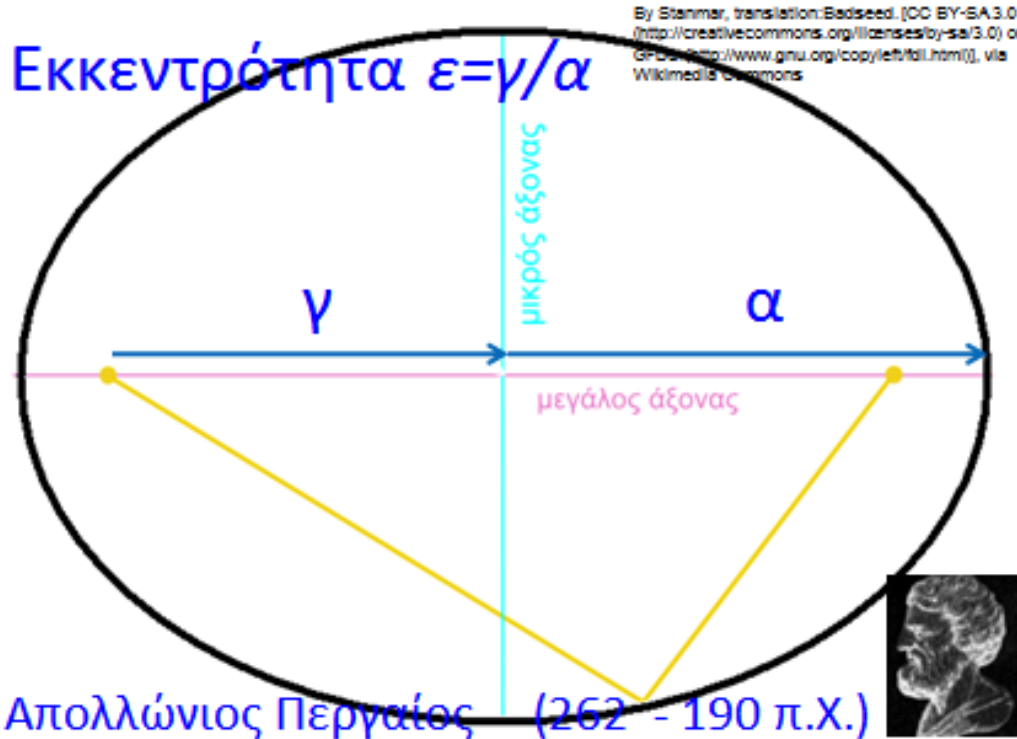
Κωνικές τομές



Εικόνα του κ. Pearson Scott Foresman
[Public domain], via Wikimedia Commons

περιήλιο

$$r_{\min} = \frac{p}{1 + \epsilon'}$$



Διαφάνειες που χρησιμοποιήθηκαν για την διδασκαλία των φοιτητών του Πανεπιστημίου Αθηνών τα έτη 2009-14

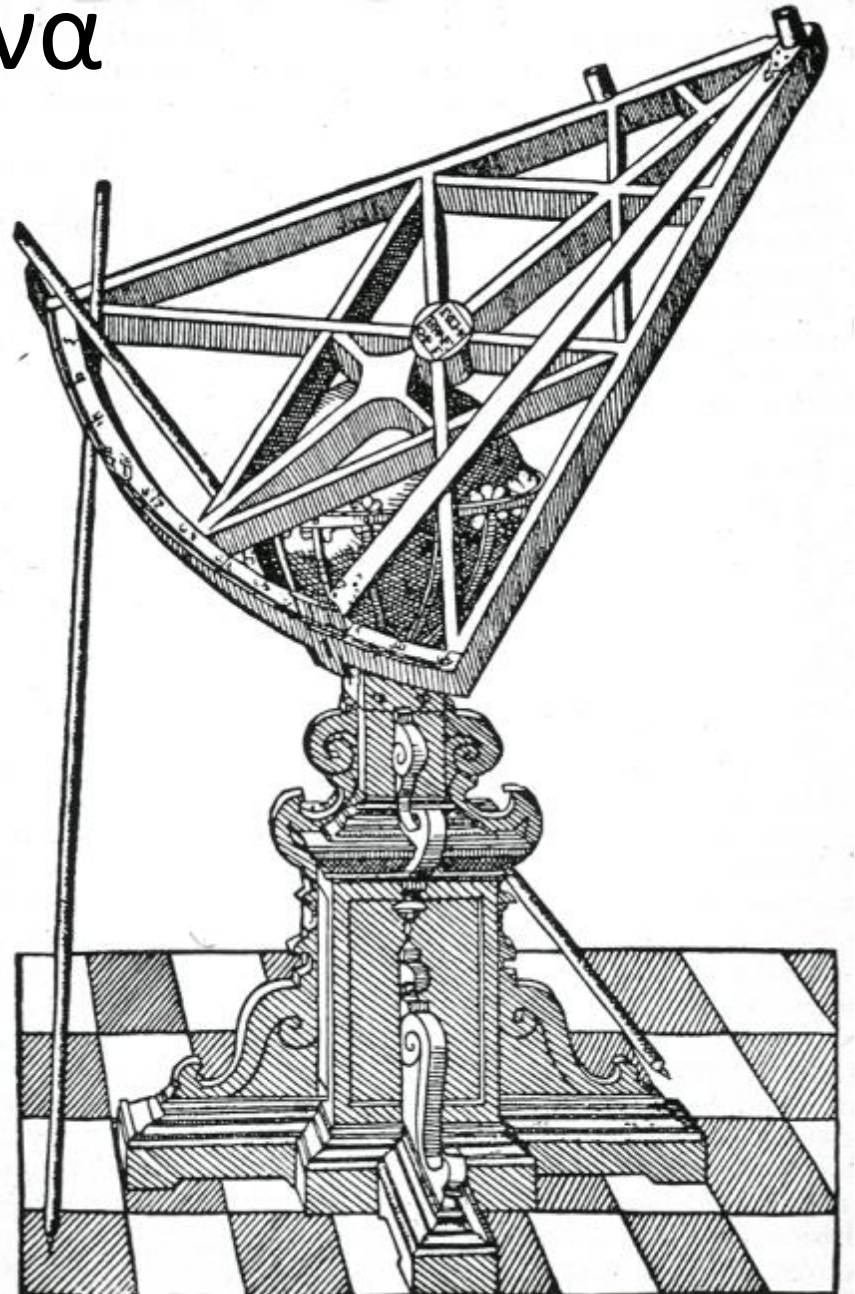
Μέγας ημιάξων είναι ο γεωμετρικός μέσος

$$b = (r_{min} r_{max})^{1/2}$$

$$b = \sqrt{r_{min} r_{max}} = \frac{p}{\sqrt{1 - \varepsilon^2}}$$



Εξάντας του Τύχωνα Βραχίου

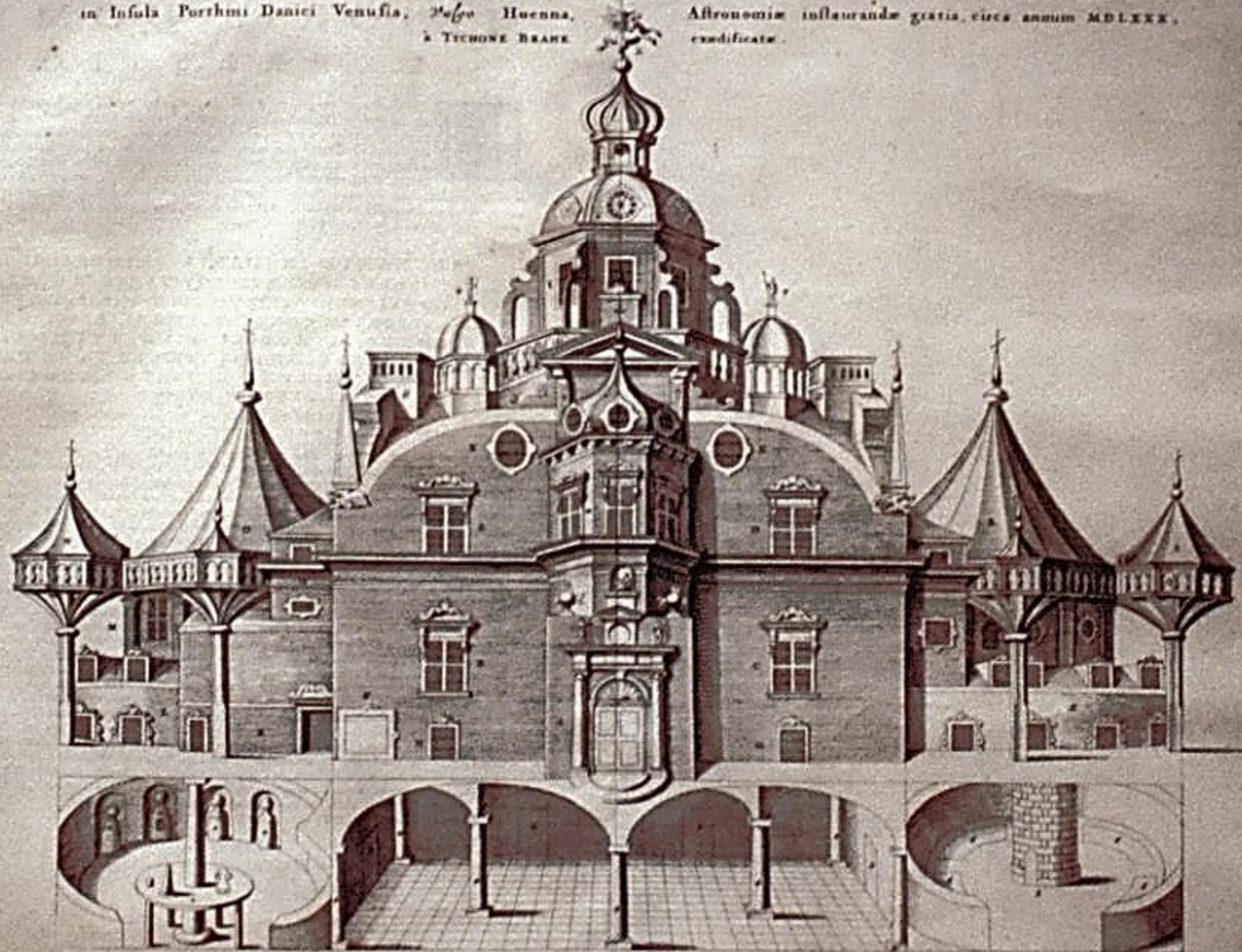


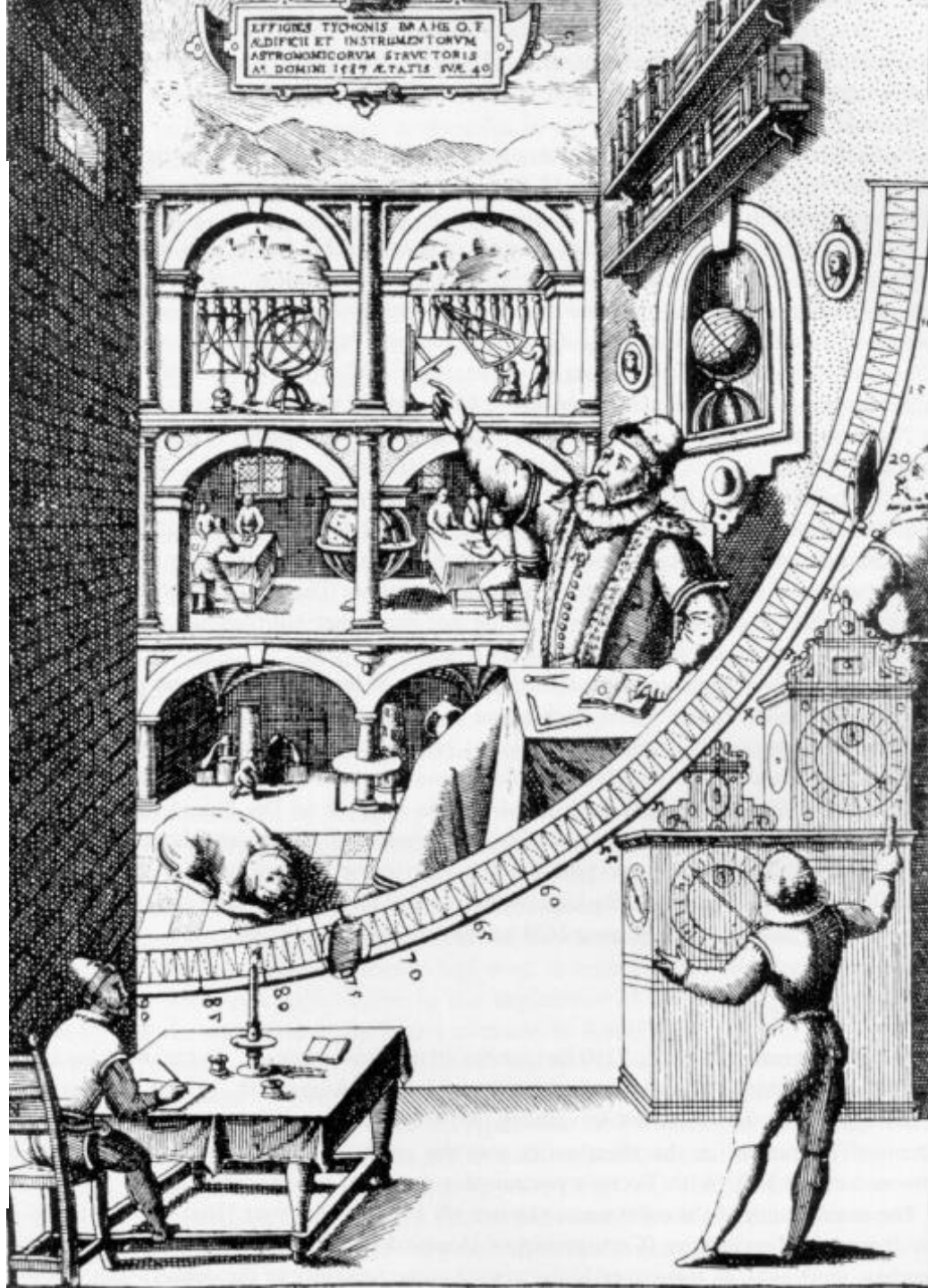


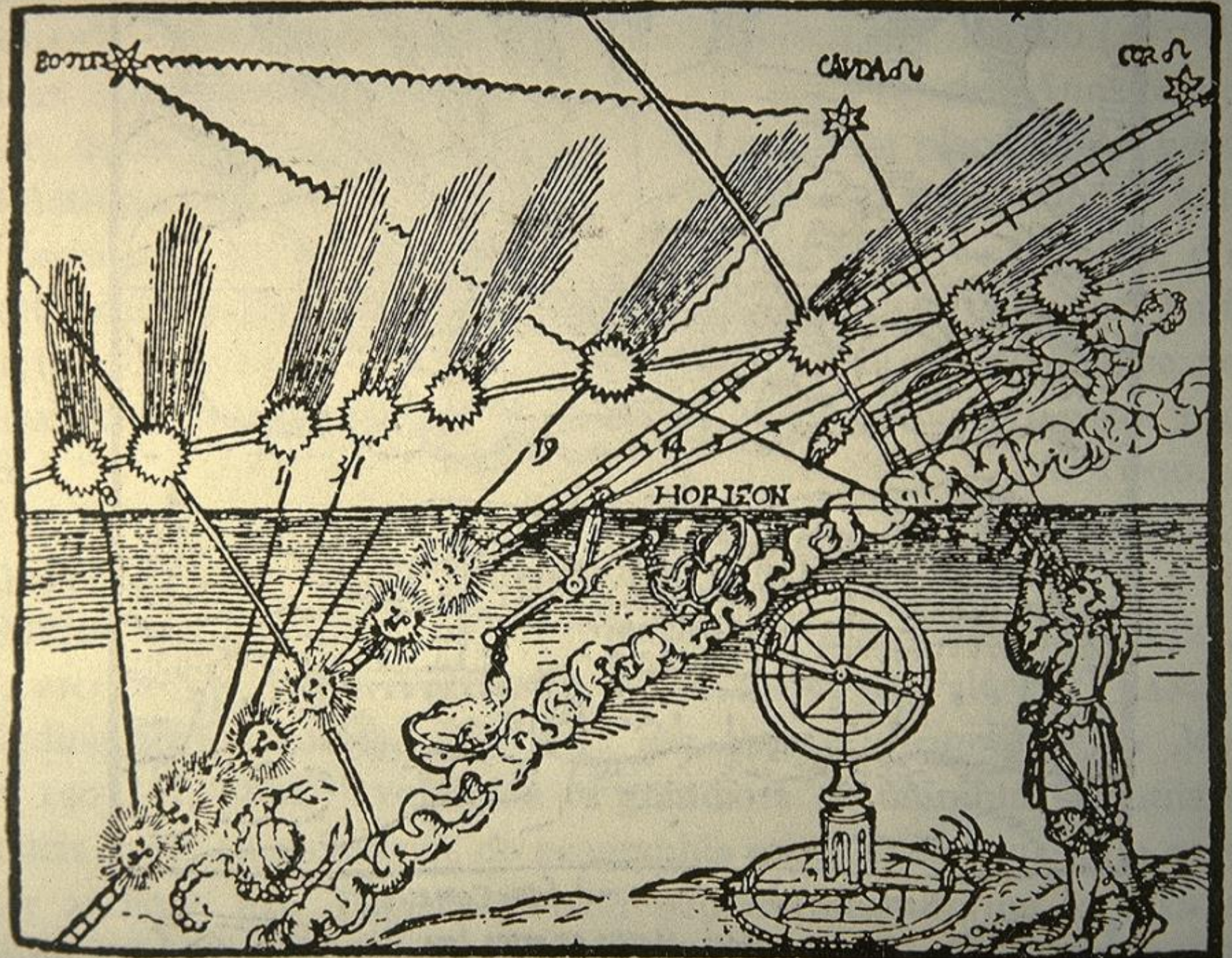
ORTHOGRAPHIA PRÆCIPVÆ DOMVS ARCIS VRANIBV RGI

in Insula Porthmi Danici Venusia, *Museo* Huenna,
& TYCHONE BRANKE

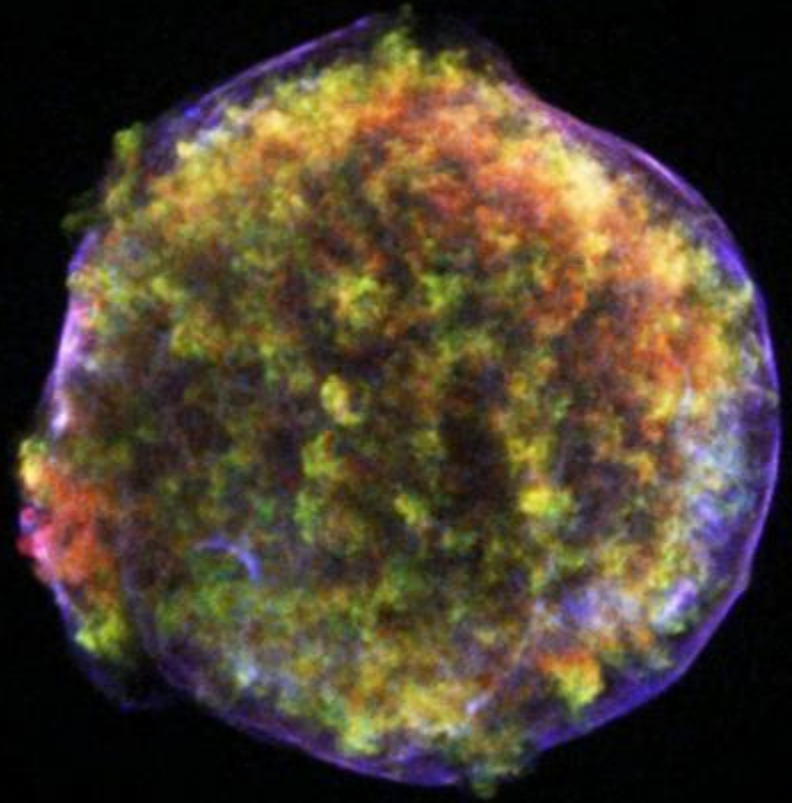
Astronomiæ illustrandæ gratia, circa annum MDLXXX,
exedificate.

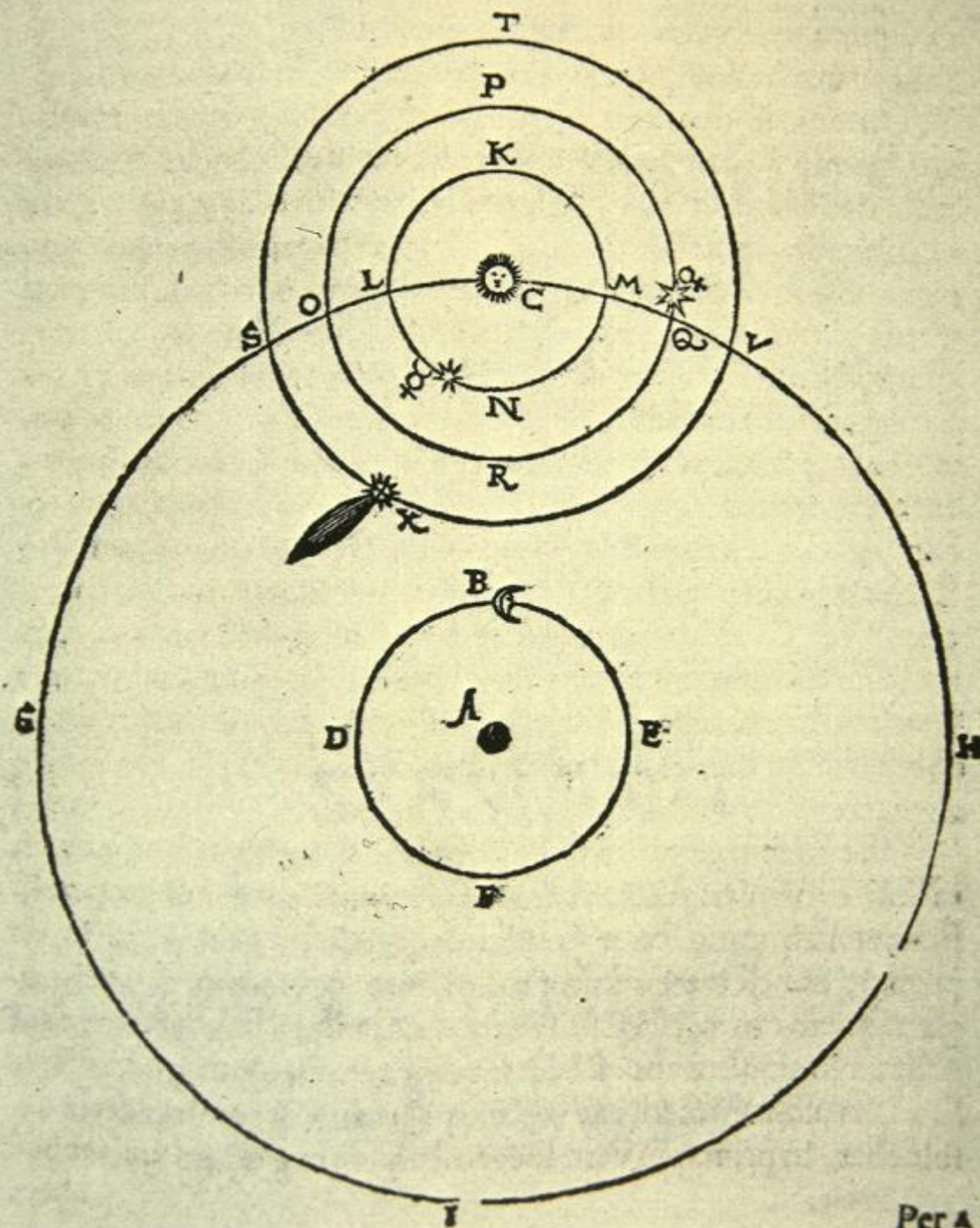






Υπερκαινοφανής του Τύχωνος





PLANISPHERIVM
SIVE
MVNDI TOTIVS
TYCHONIS
PLANO

BRAHEVM
Structura
EX HYPOTHESI
BRAHEI IN
DELINATA.

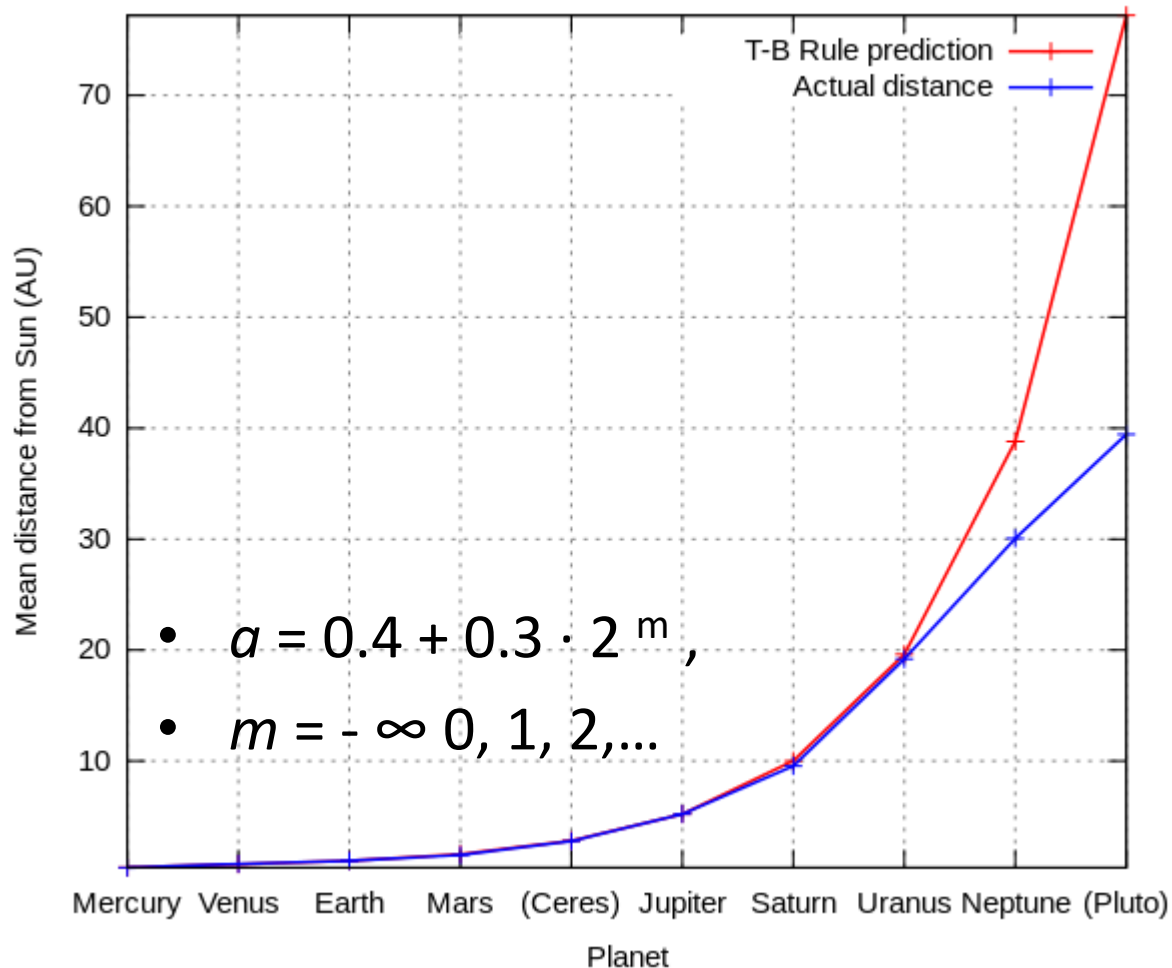


Ο λεγόμενος “νόμος” Titius Bode
για τις αποστάσεις των πλανητών

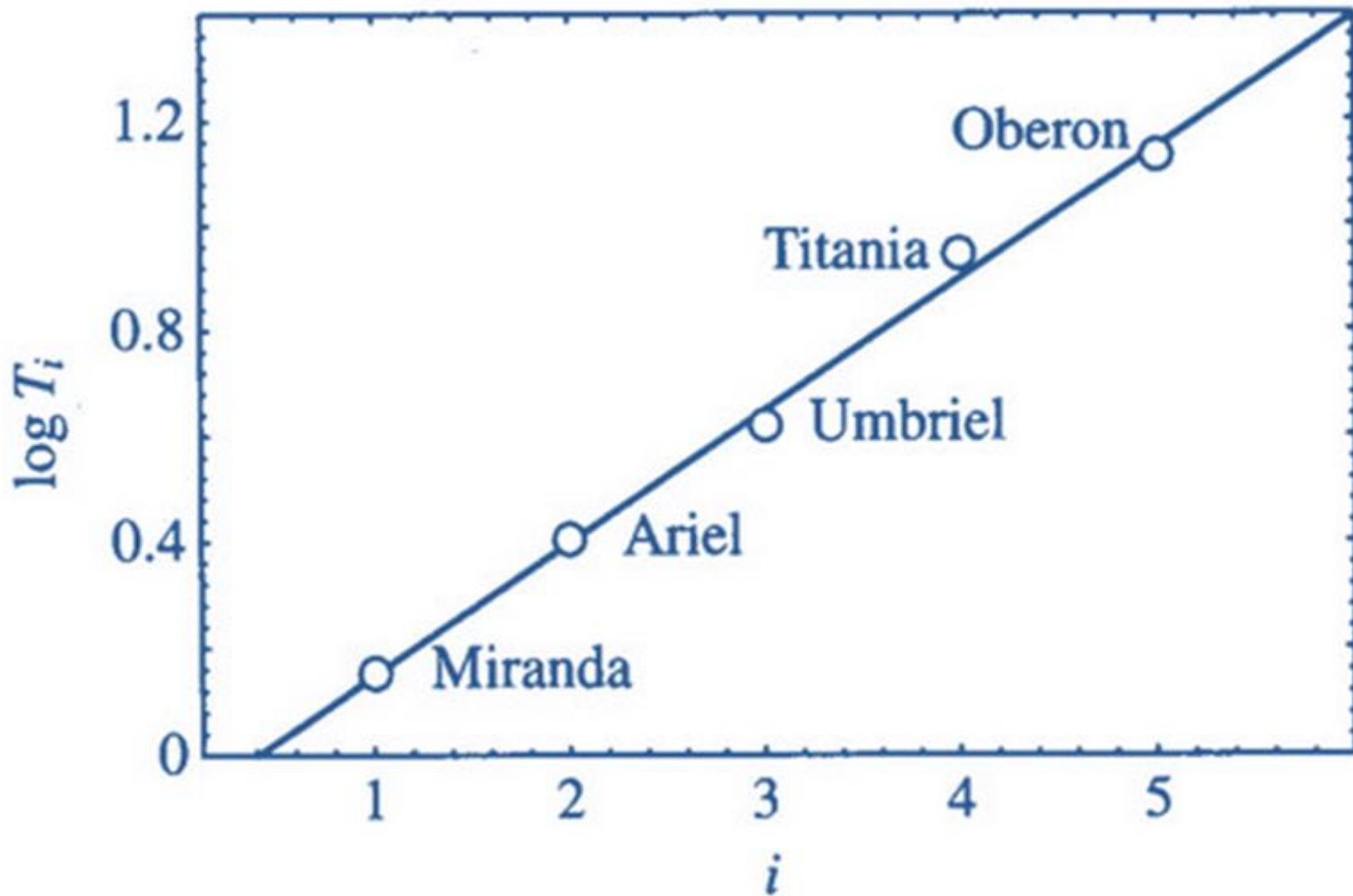
- $a = 0.4 + 0.3 \cdot 2^m$

- $m = -\infty, 0, 1, 2, \dots$

Ο λεγόμενος “νόμος” Titius Bode για τις αποστάσεις των πλανητών



Παρόμοιος με τον νόμο Bode είναι ο Νόμος Dermott για τους δορυφόρους πλανητών.



Νόμος Dermott για τους δορυφόρους πλανητών.

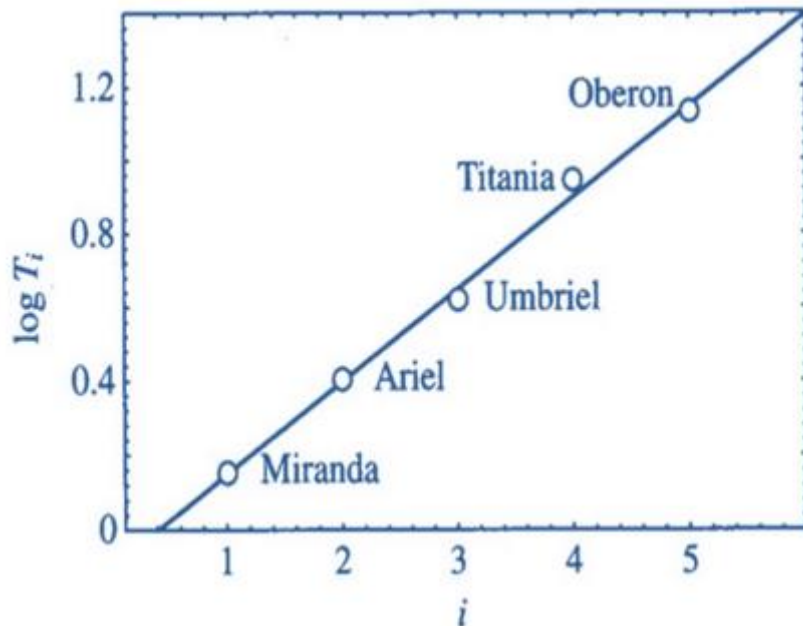
Παρόμοιος με τον νομο Bode

Jovian system $T(0) = 0.444$ d, $C = 2.03$

Saturnian system $T(0) = 0.462$ d, $C = 1.59$

Uranian system $T(0) = 0.488$ d, $C = 2.24$

$$T(i) = T(0) \cdot C^n$$



"On the origin of commensurabilities in the solar system - II: the orbital period relation" S. F. Dermott, *Mon. Not. RAS* vol. 141 pp363–376 (1968).

"On the origin of commensurabilities in the solar system - III: the resonant structure of the solar system" S. F. Dermott, *Mon. Not. RAS* vol. 142 pp143–149 (1969).

Τέλος Ενότητας

Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Αθηνών**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Σημειώματα

Σημείωμα Ιστορικού Εκδόσεων Έργου

Το παρόν έργο αποτελεί την έκδοση 1.0.0.



Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Εθνικών και Καποδιστριακών Πανεπιστημίων Αθηνών, Ξενοφών Δ. Μουσάς 2015. «Εισαγωγή στην Αστροφυσική. Πλανητικό σύστημα». Έκδοση :1.0. Αθήνα 2015. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση :

<http://opencourses.uoa.gr/courses/PHYS1/>



Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Μη Εμπορική Χρήση Παρόμοια Διανομή 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Ως **Μη Εμπορική** ορίζεται η χρήση:

- που δεν περιλαμβάνει άμεσο ή έμμεσο οικονομικό όφελος από την χρήση του έργου, για το διανομέα του έργου και αδειοδόχο
- που δεν περιλαμβάνει οικονομική συναλλαγή ως προϋπόθεση για τη χρήση ή πρόσβαση στο έργο
- που δεν προσπορίζει στο διανομέα του έργου και αδειοδόχο έμμεσο οικονομικό όφελος (π.χ. διαφημίσεις) από την προβολή του έργου σε διαδικτυακό τόπο

Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.



Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.

