

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΥΝΤΑΞΙΣ

”ALMAGEST”

ΚΛΑΥΔΙΟΣ ΠΤΟΛΕΜΑΙΟΣ

Αστρονόμος Γεωγράφος Μαθηματικός

100-175 μ.Χ.

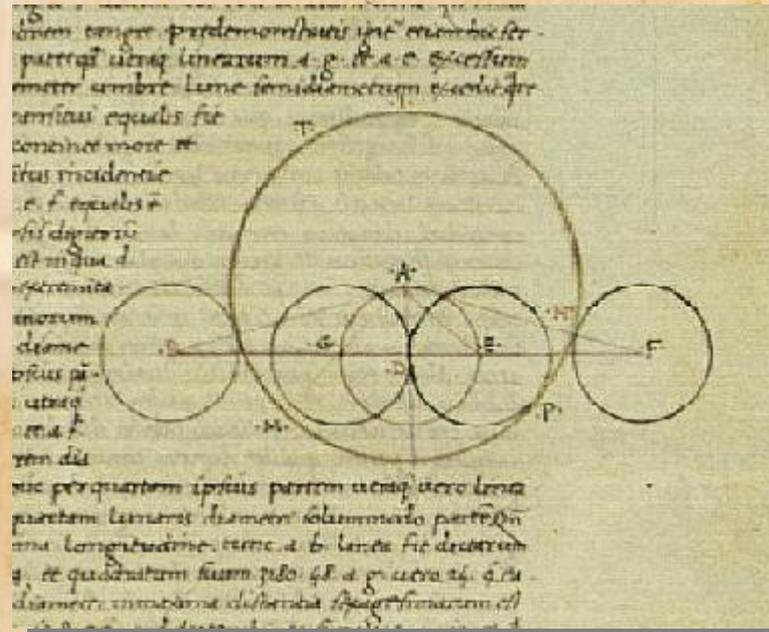
Ποιός ήταν;



- Για τον Κλαύδιο Πτολεμαίο ξέρουμε **μόνο** το όνομα του
- Από το όνομα Κλαύδιος, υποθέτουμε ότι ήταν **Ρωμαίος** πολίτης και από το Πτολεμαίος, ότι είχε **Ελληνική** καταγωγή.
- Έζησε από το **100μ.Χ** έως το **175 μ.Χ**
- Κάνει παρατηρήσεις από την **Αλεξάνδρεια** από το **127 μ.Χ** έως το **141μ.Χ**

Τι έγραψε;

- “ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΥΝΤΑΞΙΣ” (Αστρονομία)
- “ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ ΥΦΗΓΗΣΙΣ”
- Περιγραφή του τότε γνωστού κόσμου με συντεταγμένες 8.000 πόλεων (8 βιβλία 26 χάρτες)
- “ ΑΠΛΩΣΙΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΣΦΑΙΡΑΣ ”
- Προβολή καμπύλων επιφανειών σε επίπεδο (αποσπάσματα)
- “ΤΕΤΡΑΒΙΒΛΟΣ”
- Βιβλίο αστρολογίας (4βιβλία)
- Βιβλίο ΟΠΤΙΚΗΣ
- Βιβλίο ΜΟΥΣΙΚΗΣ



Ποιοι προηγήθηκαν;

Οι αρχαίοι Έλληνες αποκαλούσαν τους **Αστρονόμους Μαθηματικούς** και τους **Μαθηματικούς Γεωμέτρεις**

ΕΥΔΟΞΟΣ ο ΚΝΙΔΙΟΣ, 390-360 πΧ

- Θεωρείται δεύτερος μετά τον Αρχιμήδη.
 - Με προτροπή του Πλάτωνα προτείνει μια πρώτη λύση για ανάδρομη κίνηση.
 - Πλανήτες σε υλικές σφαίρες.
 - Κυκλικές τροχιές με σταθερή ταχύτητα
- ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΗΣ** (384-322 π. Χ)
- Πλανήτες σε υλικές σφαίρες.
 - Κυκλικές τροχιές με σταθερή ταχύτητα
 - Κέντρο τροχιών η Γη



ΑΡΙΣΤΑΡΧΟΣ ο ΣΑΜΙΟΣ 310-230 πΧ

Ηλιοκεντρική θεωρία.

Απόσταση Ηλίου Γης. Σχετικές διαστάσεις Γης

Σελήνης Ηλίου.

ΙΠΠΑΡΧΟΣ εκ ΝΙΚΑΙΑΣ 190-120πΧ

Διάρκεια έτους.

Ανισότητα διάρκειας εποχών

Μετάπτωση ισημερινών σημείων

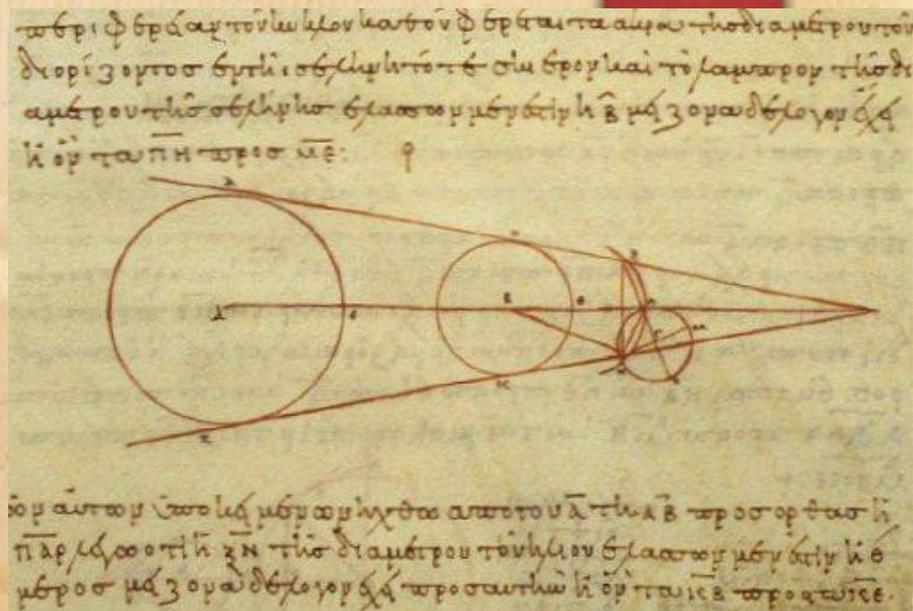
Κατάλογος Αστέρων

Ουρανογραφική προβολή

Εφεύρεση αστρολάβου

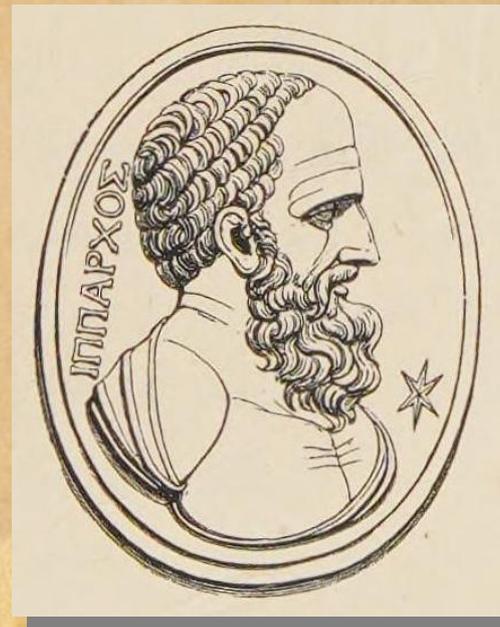
Σχετικές διαστάσεις Γης Σελήνης Ήλιου

Τις παρατηρήσεις του χρησιμοποιεί ο Πτολεμαίος τον αποκαλεί
“φιλόπονο” και “φιλαλήθη”

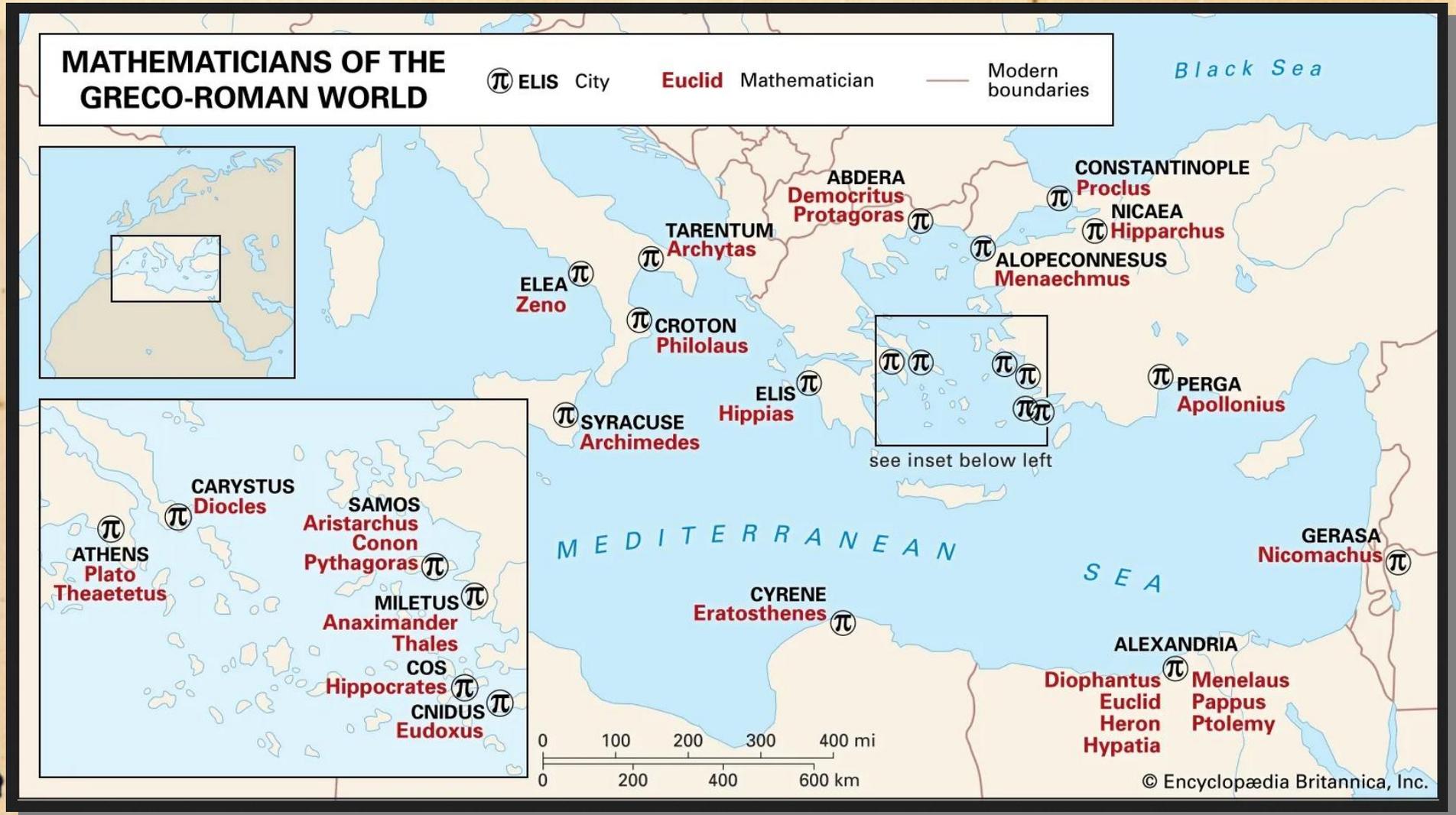


Αρίσταρχος

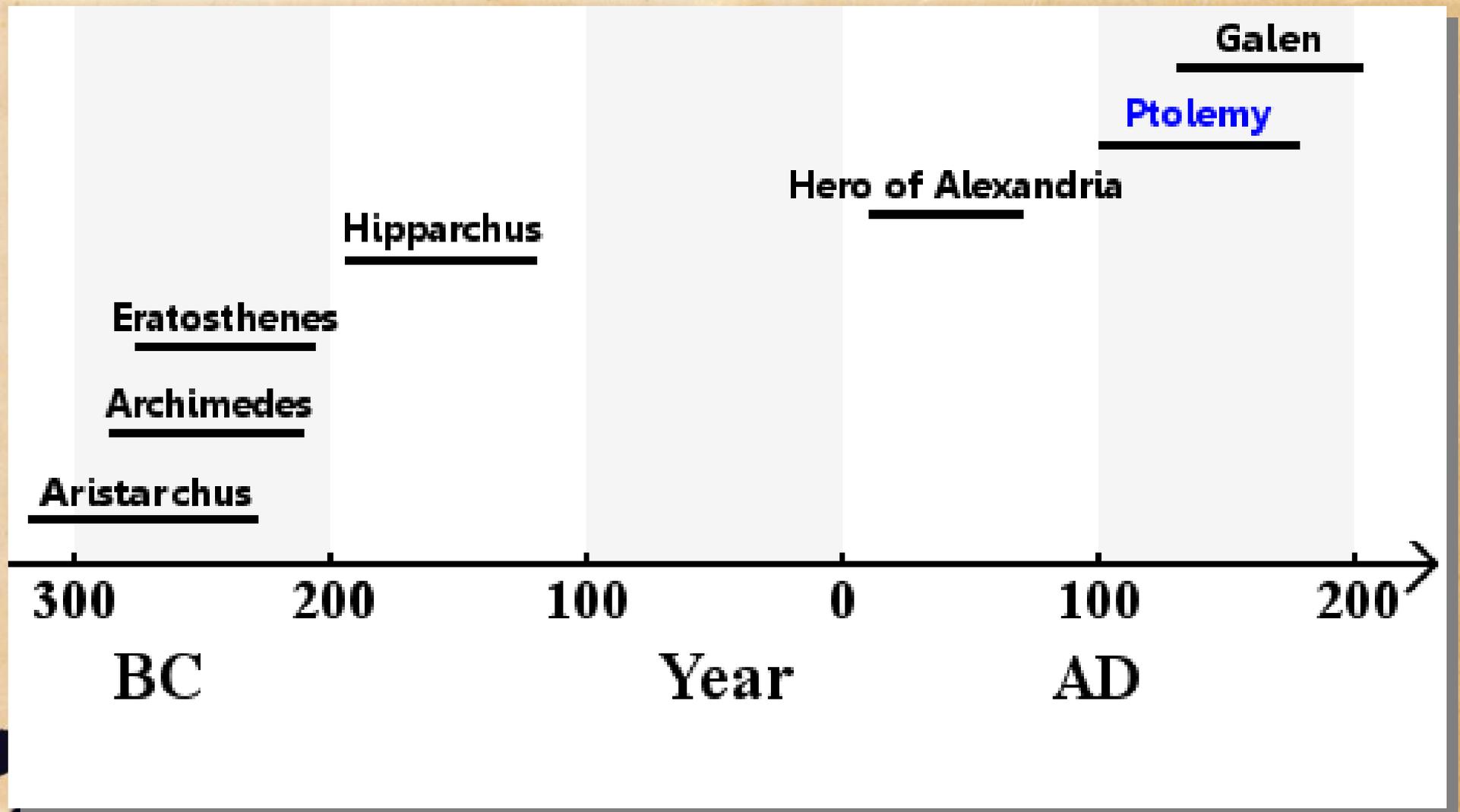
Υπολογισμός Ηλίου, Γης, Σελήνης



Που έζησαν;



Πότε έζησαν;



Τι πίστευαν ;

Η γεωκεντρική αρχή ήταν η κυρίαρχη **κοσμολογική** παραδοχή

την εποχή του Πτολεμαίου

Σύμφωνα με αυτήν ο **ουρανός**

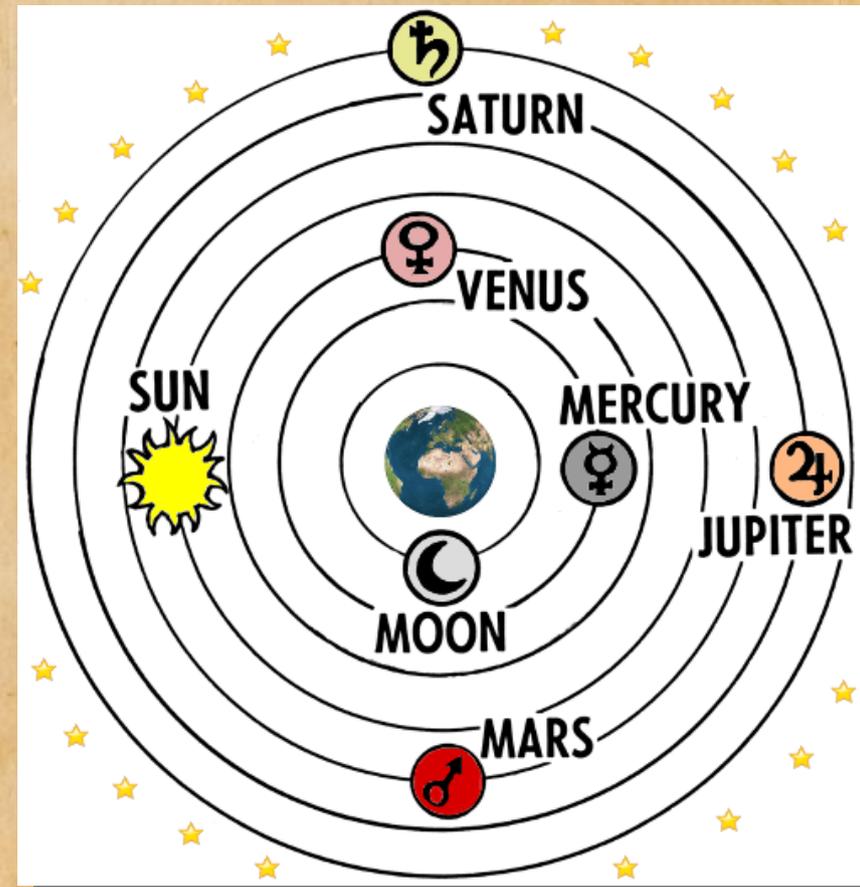
είναι **θεϊκό** άρα **τέλειο** κατασκεύασμα.

Συνεπώς οι **πλανήτες** έχουν:

- **ΚΥΚΛΙΚΗ ΤΡΟΧΙΑ.**
- **ΟΜΑΛΗ ΚΙΝΗΣΗ.**

(δηλ. **σταθερή ταχύτητα**)

- Είναι σε υλικές **ΟΜΟΚΕΝΤΡΕΣ ΣΦΑΙΡΕΣ**
- Η **ΓΗ** είναι στο **ΚΕΝΤΡΟ** του κόσμου.
- Η **Γη** είναι **ΑΚΙΝΗΤΗ**
- Τα αστέρια είναι στην **ΕΞΩΤΕΡΗ ΣΦΑΙΡΑ**



Τι προσπάθησαν οι Αρχαίοι αστρονόμοι;

- Να εξηγήσουν τις παρατηρήσεις τους.

Διαχώριζαν τους αστέρες σε **απλανείς** (σταθερούς) και σε **πλανήτες** (κινούμενους)

- Οι απλανείς είχαν μία μετατόπιση (Ιππαρχος: 1 μοίρα / 100 χρόνια)

- Αλλά οι **πλανήτες** έχουν

- 1) **ανάδρομες** πορείες

(άρα όχι **κυκλικές**)

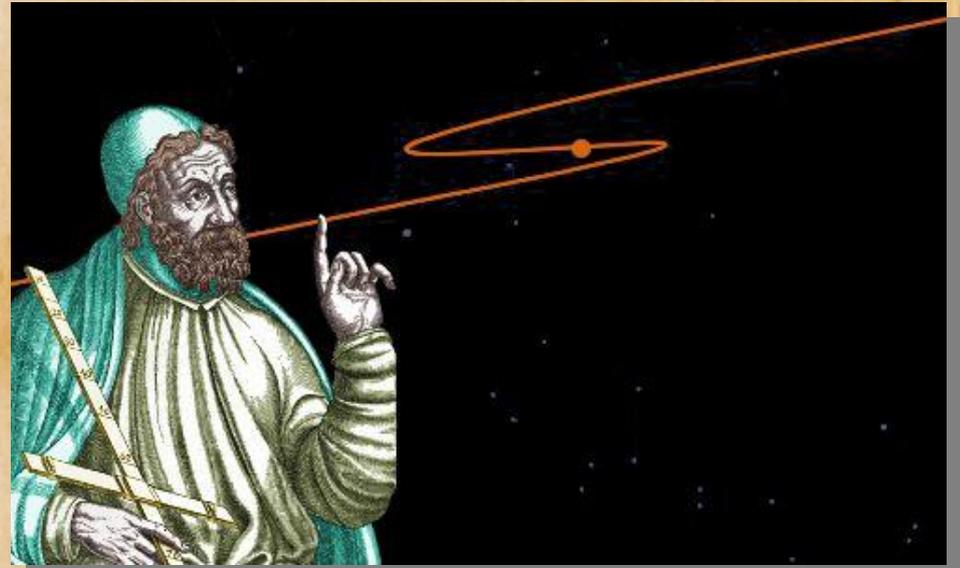
- 2) **μεταβλητές** ταχύτητες

(άρα όχι **ομαλή κίνηση**)

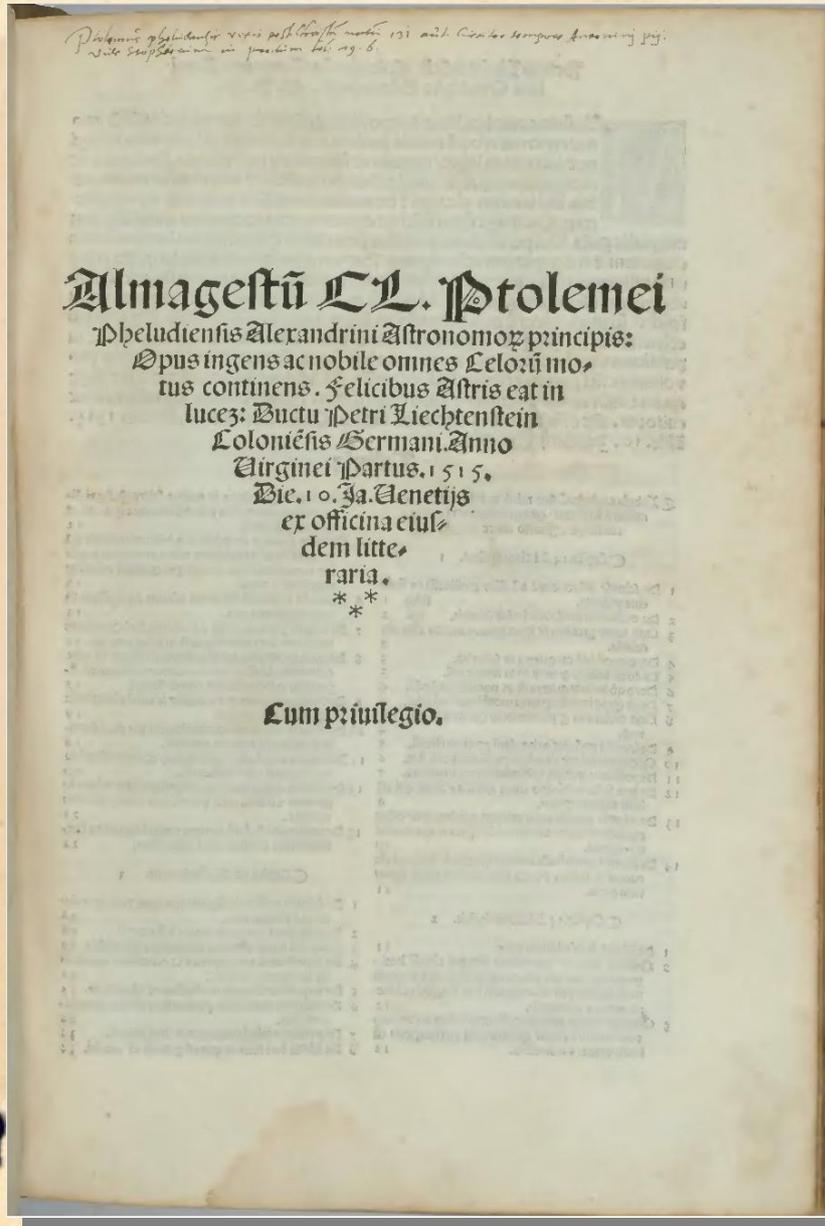
Την αποκαλούν “**ανωμαλία**”

Και τελικά :

- 3) Ποια είναι η **σειρά** των πλανητών ξεκινώντας από την Γη



Ποια είναι η προσπάθεια του Πτολεμαίου; Η “Μαθηματική σύνταξις”



Είναι η μαθηματική λύση του γεωκεντρικού συστήματος.

Αποτελείται από 13 βιβλία

Γράφτηκε στην Κοινή ελληνική το 140-160μΧ στην Αλεξάνδρεια της Αιγύπτου επί Ρωμαίου αυτοκράτορα Αντωνίνου

Ο τίτλος σημαίνει “Αστρονομική πραγματεία”

Στον τίτλο, αργότερα, από τους αντιγραφείς προστέθηκε το “Μεγίστη”

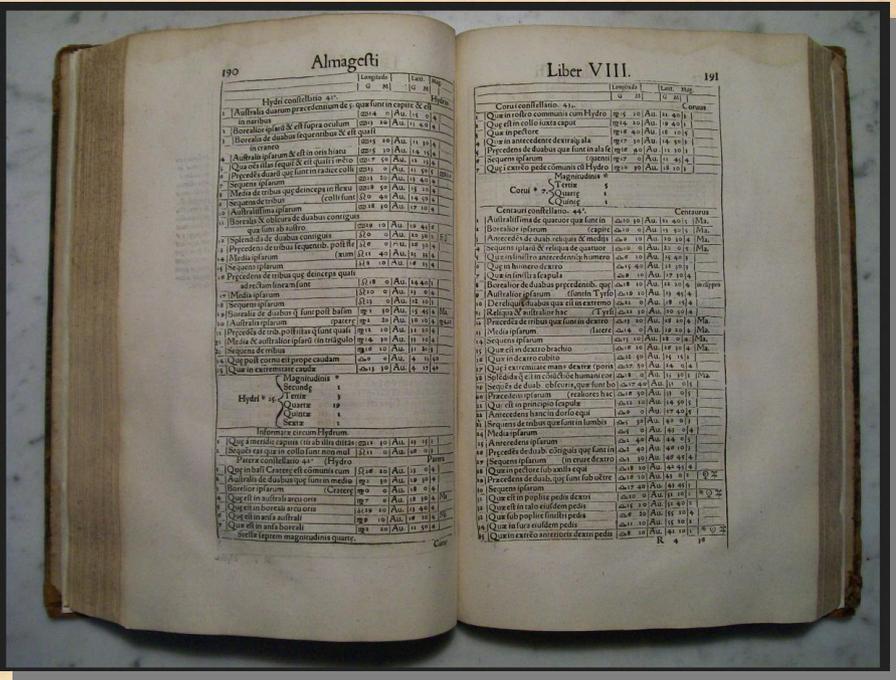
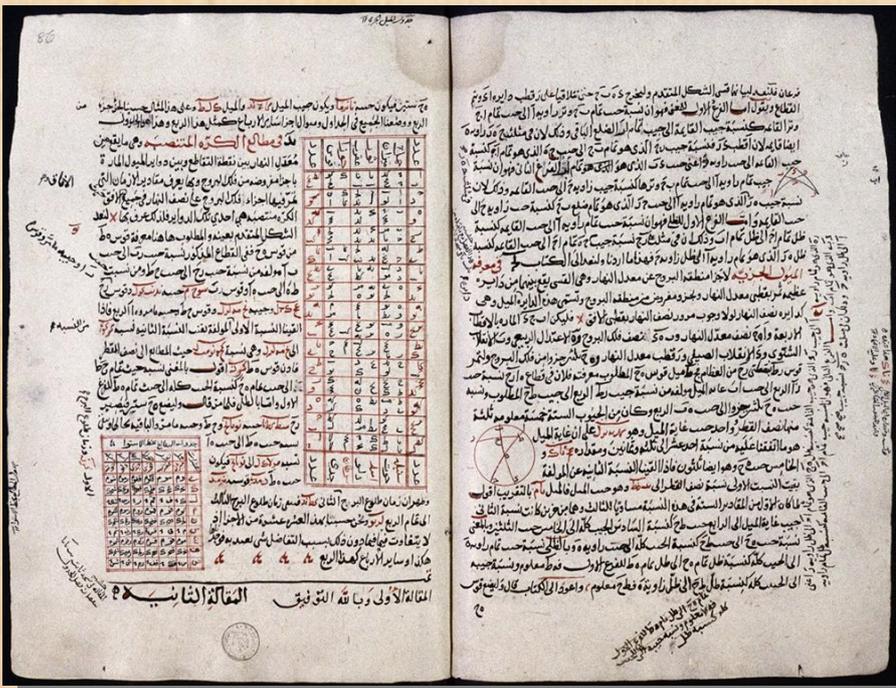
Γιατί “Almagest”;

Η “Μαθηματική Σύνταξις” μεταφράστηκε από τα Ελληνικά στα Αραβικά και μετά από τα Αραβικά στα Λατινικά (1157μ.Χ.)

Η παραφθορά του “μεγίστη” από τους Άραβες μεταφραστές “al-mjsty” οδήγησε στην Λατινική μεταφορά “almagesti”, “almagestum”, και στην σύγχρονο μορφή “Almagest”

Για 1500 χρόνια ήταν το βιβλίο αναφοράς για την Αστρονομία τόσο στον Χριστιανικό όσο και στον Μουσουλμανικό κόσμο.

Ρεκόρ που ξεπερνάνε μόνο τα “Στοιχεία” του Ευκλείδη για την Γεωμετρία.



Πότε εκδόθηκε;

Η εκτίμηση είναι το 150 μ.Χ.

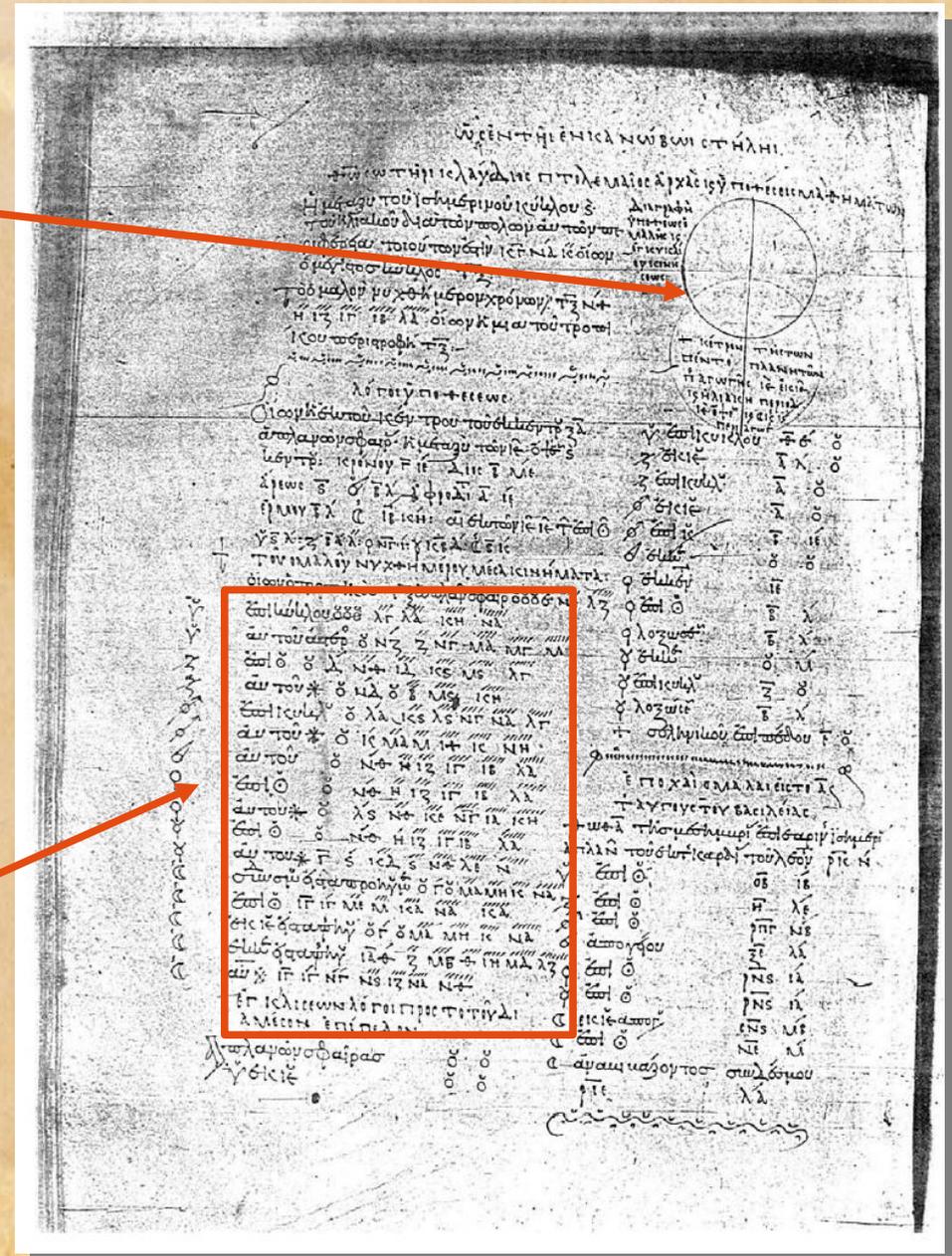
Ήδη το 146-147 μ.Χ.

ο Πτολεμαίος τοποθετεί αναθηματική επιγραφή στη πόλη του **Κανώπου** (ή Κανώβου δίπλα στην Αλεξάνδρεια) όπου αναγράφει μια **πρώτη μορφή** των **πλανητικών τροχιών** και των **παραμέτρων** τους.

Είναι μια **πρώιμη μορφή** συστήματός της “**Μαθηματικής Σύνταξης**”

Παράμετροι
πλανητικών
τροχιών

Μοντέλο
Τροχιών
πλανητών



Ποια είναι η αξία της;

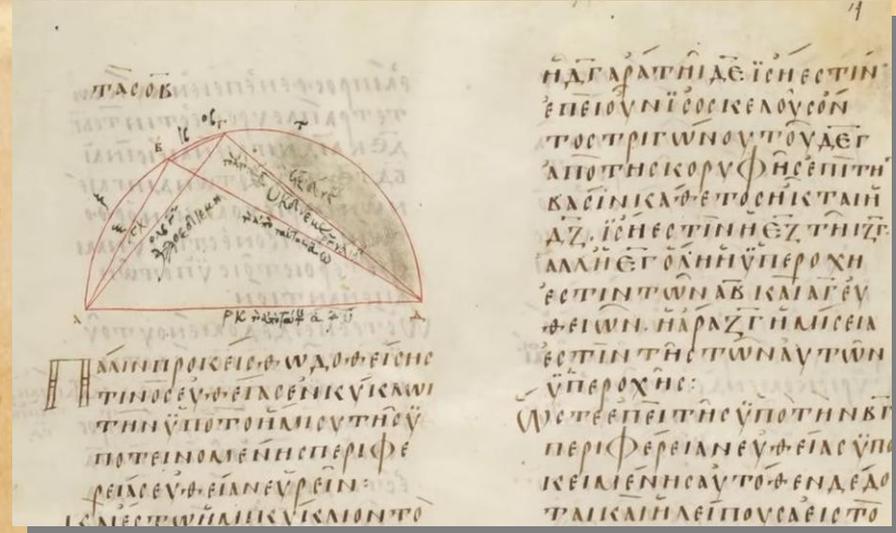
Είναι το μοναδικό πλήρες αστρονομικό σύγγραμμα που έχει φτάσει στις μέρες μας .

Όταν εκδόθηκε 150 μ.Χ. έκανε τα παλιότερα συγγράμματα **απαρχαιωμένα** με αποτέλεσμα να σταματήσει η **αντιγραφή** τους.

Αποτελεί κύρια πηγή για παλιότερους αστρονόμους πχ **Ίππαρχος, Τιμόχαρις (300 π.Χ.), Αρίστυλλος (261 π.Χ.)** κλπ

Επειδή σχολιάζεται από τούς μαθηματικούς **Πάππο** και τον **Θέωνα** της Αλεξάνδρειας 200 χρόνια μετά, συμπεραίνουμε ότι ήταν βασικό βιβλίο ανώτερης εκπαίδευσης σε **Αλεξάνδρεια, Αθήνα, Αντιόχεια** κλπ.

Πρώτη φορά στην ιστορία έχουμε **ένταξη παρατηρήσεων** σε **πλανητικό μοντέλο** και κατασκευή **πινάκων** για εύρεση **θέσεως** σωμάτων σε **οποιοδήποτε χρόνο**



The image shows a page from a manuscript containing a table. The table is titled "ΙΣΑΝΟΝΙΟΝ ΤΩΝ ΝΕΙΚΥΚΛΩ ΕΥΦΕΙΩΝ" (Isanonion ton Nenykylō Eufeiōn). The table has four main columns, each with a header in a semi-circle: "περι φερων", "ΕΥΦΕΙΩΝ", "ΕΞΗΚΟΤΩΝ", and "περι φερων". The table contains rows of Greek letters and numbers, likely representing astronomical data or calculations. The text is handwritten in Greek script.

περι φερων	ΕΥΦΕΙΩΝ	ΕΞΗΚΟΤΩΝ	περι φερων				
Λ	0	ΑΑ	ΙΣΣ	0	Α	Β	Η
Α	Α	Β	Η	0	Α	Β	Η
ΑΛ	Α	ΑΑ	0	0	Α	Α	ΙΣΣ
Β	Β	Ε	Μ	0	Α	Β	Η
ΒΓ	Γ	Η	ΙΣΗ	0	Α	Ε	ΜΗ
Γ	Γ	ΑΦ	ΝΕ	0	Α	Β	ΜΗ
ΑΓ	Α	ΙΑ	ΙΣ	0	Α	Β	ΜΖ
ΑΛ	Α	ΙΒ	Α	0	Α	Β	ΜΖ
Ε	Ε	ΙΑ	Α	0	Α	Β	ΜΣ
ΕΛ	Ε	ΜΕ	ΙΣ	0	Α	Β	ΜΣ
Σ	Σ	ΙΣ	ΑΦ	0	Α	Β	ΑΛΑ
ΣΛ	Σ	ΜΗ	ΙΑ	0	Α	Β	ΜΠ
Ζ	Ζ	ΗΦ	ΛΓ	0	Α	Β	ΜΑ
ΖΛ	Ζ	Η	ΝΑ	0	Α	Β	ΜΑ
Η	Η	ΙΒ	Ε	0	Α	Β	ΑΦ
ΗΛ	Η	ΗΠ	Α	0	Α	Β	ΑΗ

Τι περιέχει;

Η τελική μορφή της “**Μαθηματικής σύνταξης**” είναι υπόδειγμα **επιστημονικής πραγματείας**.

Στο **Βιβλίο 1** ξεκινάει με τις κοσμολογικές παραδοχές και τις βασικές τριγωνομετρικές γνώσεις.

- **Ο ουρανός είναι σφαιρικός και περιστρέφεται**
- **Η Γη είναι σφαιρική, ακίνητη και το κέντρο του κόσμου**
- **“η Γη ως προς το μέγεθος και την απόσταση είναι όπως σημείο προς την σφαίρα των απλανών αστέρων”**

Στο **Βιβλίο 2** συνεχίζει με γνώσεις **σφαιρικής αστρονομίας**.

Στο **Βιβλίο 3** έχει την θεωρία της τροχιάς του **Ηλίου**.

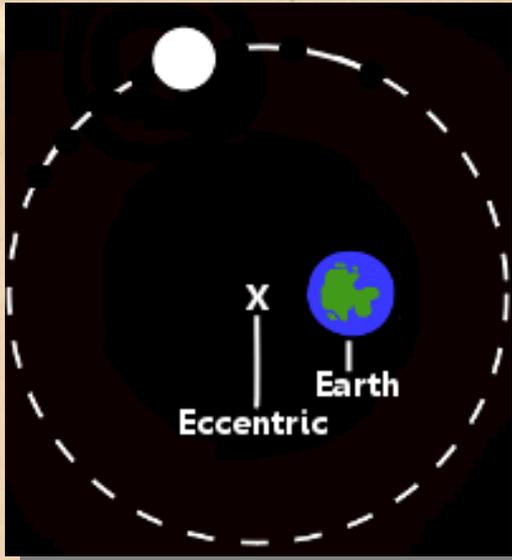
Στα **Βιβλία 4 και 5** περιγράφει την τροχιά της **Σελήνης**.

Στο **Βιβλίο 6** με βάση τα παραπάνω περιγράφεται η θεωρία των **εκλείψεων**.

Στα **Βιβλία 7-8** δίνεται **κατάλογος 1022 αστέρων** Είναι μετά την θεωρία για την Σελήνη διότι την χρησιμοποιεί σαν “**δείκτης**” προσδιορισμού βασικών αστέρων .

Τέλος στα Βιβλία 9-13 περιγράφει τις τροχιές των **πλανητών**. Ακολουθεί τον κατάλογο των αστέρων γιατί σε **σχέση με αυτά** ορίζονται οι θέσεις των πλανητών

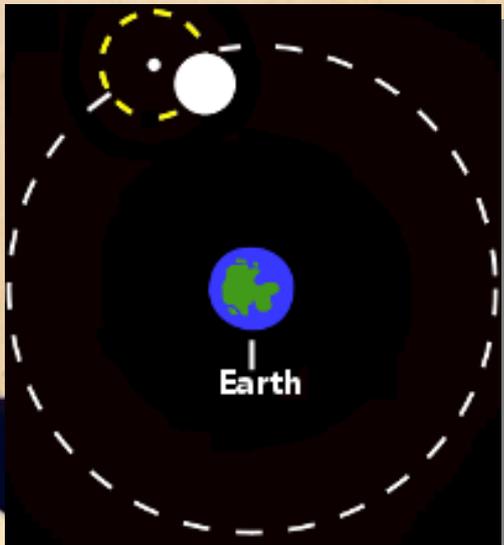
Ποια ήταν τα γεωμετρικά εργαλεία του;



Έκκεντροι φέροντες κύκλοι (deferent)

Η Γη δεν είναι στο κέντρο της τροχιάς αλλά έκκεντρα.

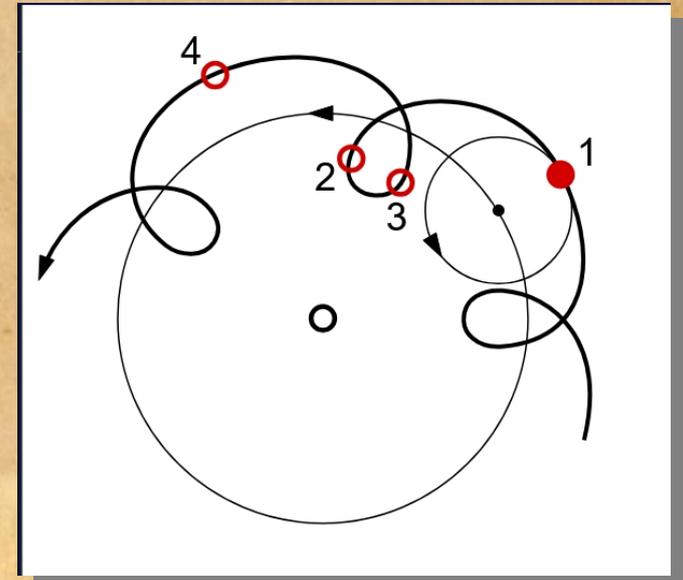
Με τον έκκεντρο κύκλο ενώ το σώμα έχει ομαλή ταχύτητα φαίνεται από την Γη ότι έχει άνισες ταχύτητες στο απόγειο και στο περίγειο πχ Ήλιος.



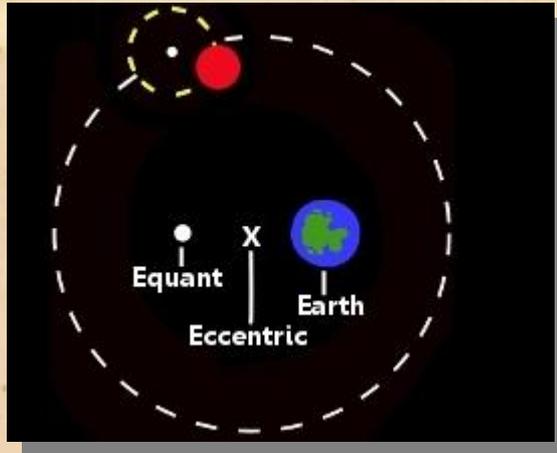
Επίκυκλοι (epicycles)

Οι επίκυκλοι δικαιολογούν τις ανάδρομες κινήσεις.

Σε συνδυασμό με φέροντες έκκεντρους κύκλους έχουμε μεταβλητή ταχύτητα.

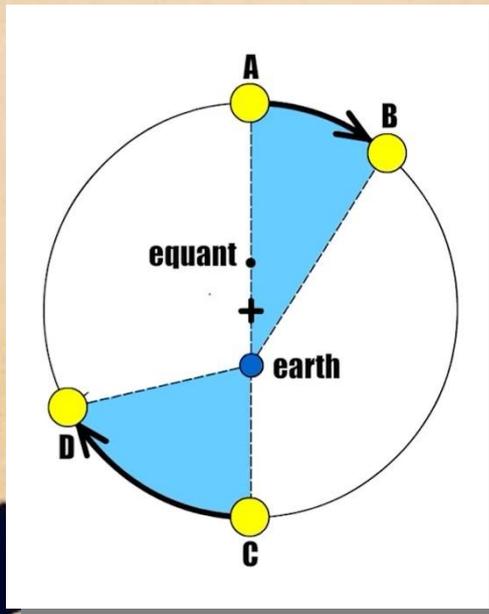


Εξισωτής (equant)

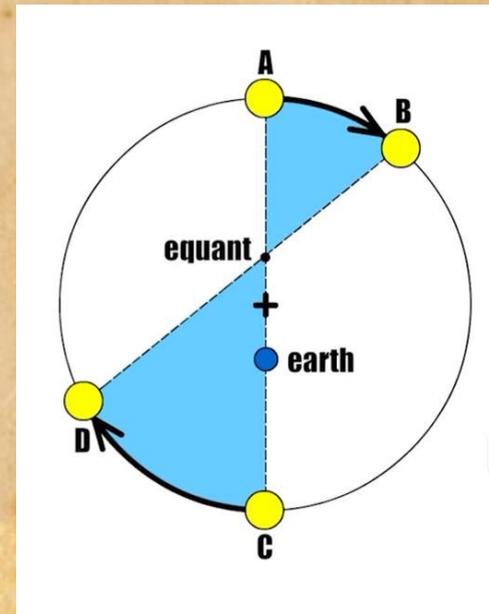


Ο εξισωτής ήταν ένα φανταστικό σημείο συμμετρικό της Γης ως προς το κέντρο της τροχιάς.

Ένα μαθηματικό εύρημα όπου η κίνηση του σώματος από την Γη φαίνεται μεταβλητή (άνισες γωνίες) από τον εξισωτή φαίνεται ομαλή (ίσες γωνίες)



Άνισες γωνίες
Σε ίσο χρόνο



Ίσες γωνίες
Στον ίδιο χρόνο

Ποια ήταν η Μέθοδος;

1) Οτι τροχιά χάραζε σύμφωνα με τις παρατηρήσεις την αποδεικνυε γεωμετρικά.

2) Μετά έλυνε ένα παράδειγμα με αριθμητικές ποσότητες

3) Τέλος έκανε πίνακες με πρόβλεψη θέσεων για οποιαδήποτε χρονολογία

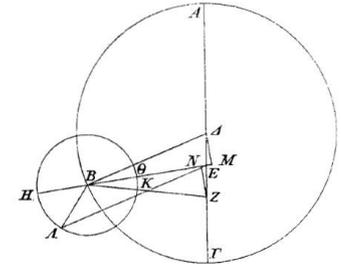
4) Χρησιμοποιούσε 60-δικό σύστημα χώριζε τον κύκλο σε 360 τμήματα (μοίρες, πρώτα λεπτά, δεύτερα κλπ μέχρι έκτα λεπτά.)

ἐγγιστα. πάλιν, ἐπεὶ ἡ $\Gamma\Delta$ περιφέρεια ὑπόκειται μοιρῶν μὲν $\overline{μ\eta}$, εἴη ἂν καὶ ἡ ὑπὸ $\Gamma\text{Κ}\Delta$ γωνία πρὸς τῷ κέντρῳ οὕσα τοῦ κύκλου, οἷον μὲν εἰσὶν αἱ δ' ὀρθαὶ $\overline{τ\epsilon}$, τοιούτων $\overline{μ\theta}$ $\overline{μ\eta}$, οἷον δ' αἱ δύο ὀρθαὶ $\overline{τ\epsilon}$, τοιούτων $\vartheta\theta$ $\overline{\lambda\varsigma}$.
 5 ὥστε καὶ ἡ μὲν ἐπὶ τῆς AA εὐθείας περιφέρεια τοιούτων ἐστὶν $\vartheta\theta$ $\overline{\lambda\varsigma}$, οἷον ὁ περὶ τὸ AAK ὀρθογώνιον κύκλος $\overline{τ\epsilon}$, ἡ δ' ἐπὶ τῆς AK τῶν λοιπῶν [Eucl. III, 31] εἰς τὸ ἡμικύκλιον $\overline{\pi}$ κδ. καὶ τῶν ὑποτείνουσῶν ἕρα αὐτὰς εὐθειῶν ἡ μὲν AA ἐστὶ τοιούτων $\vartheta\alpha$ $\overline{\lambda\theta}$, οἷον ἐστὶν
 10 ἡ AK ὑποτείνουσα $\overline{\rho\kappa}$, ἡ δὲ AK τῶν αὐτῶν ὡς $\kappa\zeta$. ὥστε καὶ, οἷον ἐνός ἐστὶν ἡ AK ἐκ τοῦ κέντρου τῆς γῆς, τοιούτων καὶ ἡ μὲν AA ἐστὶ οὐ $\overline{μ\epsilon}$, ἡ δὲ KA ὁμοίως οὐ $\overline{\lambda\theta}$. ἀλλὰ, οἷον ἦν ἡ AA εὐθεῖα $\overline{\beta\kappa\alpha}$, τοιούτων ἡ AA ἐδέδεικτο $\overline{\rho\kappa}$ καὶ οἷον ἕρα ἐστὶν ἡ AA εὐθεῖα οὐ $\overline{μ\epsilon}$, τοιούτων ἐστὶ καὶ ἡ AA εὐθεῖα $\overline{\lambda\theta}$ $\overline{\varsigma}$. τῶν δ' αὐτῶν ἦν καὶ ἡ μὲν KA εὐθεῖα οὐ $\overline{\lambda\theta}$, ἡ δὲ KA ἐκ τοῦ κέντρου τῆς γῆς ἐνός, τοιούτων ἐστὶ καὶ ἡ $KA\Delta$ ὄλη, περιέχουσα δὲ τὸ κατὰ τὴν τήρησιν τῆς σελήνης ἀπό-
 20 στημα, $\overline{\lambda\theta}$ $\overline{μ\epsilon}$.

τούτου δεδειγμένου ἔστω ὁ τῆς σελήνης ἑκκεντρος κύκλος ὁ $AB\Gamma$ περὶ κέντρον τὸ A καὶ διάμετρον τὴν $AD\Gamma$, ἐφ' ἧς εἰλήφθω τὸ μὲν τοῦ διὰ μέσων τῶν

4. δόσ] $\overline{\beta}$ BD. 6. ὁ περὶ] corr. ex $\overline{\delta}$ περὶ D. AAK] AAK D. 11. AK] -K e corr. D. Supra κέντρον add. οὕσα D². 13. ἦν] ins. D². AA] corr. ex AA D². Ante ἡ (alt.) del. ἦν D². ἐδέδεικτο] add. D². 14. ο] $\overline{\delta}$ D, $\overline{\delta}$ D². 16. εὐθεῖα D, εὐθεῖα D². ο] corr. ex $\overline{\delta}$ D². KA] -A renouat. D². 17. καὶ] corr. ex $\overline{\varsigma}$ καὶ D². ἕρα] comp. renouat. D². ἐστὶν] Δ D, $\overline{\zeta}$ D², mg. ἐστὶ D². 18. καὶ] κ corr. ex κ D². ὄλη] corr. ex $\overline{\delta}$ D². 19. τῆς] τ - corr. ex η in scrib. C. 21. α in mg. D. ἑκκεντρος] ἑκκεν- in ras. D.

ζωδίων κύκλου κέντρον τὸ E , τὸ δὲ τῆς προσνούσεως τοῦ ἐπικύκλου σημειῖον τὸ Z , καὶ γραφέντος περὶ τὸ B σημειῖον τοῦ $H\Theta KA$ ἐπικύκλου ἐπεξεύχθωσαν ἡ τε



$H\theta$ ΘE καὶ ἡ $B\Delta$ καὶ ἡ BKZ , ὑποκείσθω δ' ἐπὶ τῆς προκειμένης τηρήσεως ἡ σελήνη κατὰ τὸ A σημειῖον, καὶ ἐπεξεύχθωσαν μὲν αἱ AE καὶ AB , κάθειται δ' ἡχθωσαν ἐπὶ τὴν BE ἀπὸ μὲν τοῦ A [ἐκβληθείσαν] ἡ AM , ἀπὸ δὲ τοῦ Z ἡ ZN .

ἐπεὶ τοίνυν κατὰ τὸν χρόνον τῆς τηρήσεως ὁ τῆς ἀποχῆς ἀριθμὸς ἦν $\overline{\sigma\eta}$ $\overline{\iota\gamma}$, εἴη ἂν διὰ τὰ προτεθειωμένα ἡ μὲν ὑπὸ $AE\theta$ γωνία, οἷον εἰσὶν αἱ δ' ὀρθαὶ $\overline{τ\epsilon}$, τοιούτων $\overline{\rho\eta\varsigma}$ $\overline{\kappa\epsilon}$, ἑκατέρα [Eucl. I, 15] δὲ τῶν ὑπὸ ZEN καὶ AM τῶν μὲν λοιπῶν εἰς τὰς δύο ὀρθὰς $\overline{\kappa\gamma}$

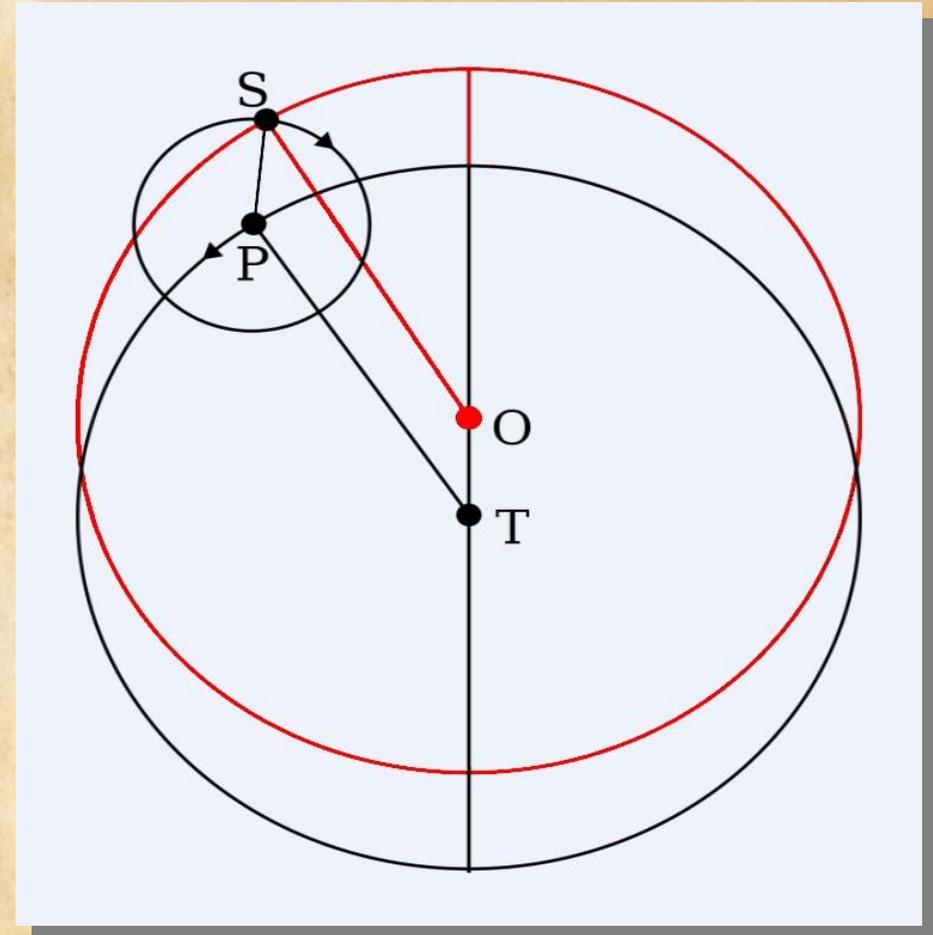
3. ἐπικύκλου] ϵ' κ' D, π supra add. D². 4. EA] ΔB B, - Δ corr. ex A D². καὶ (alt.)] corr. ex κ D². 6. δ' ἡχθωσαν] διήχθωσαν C, corr. ex δ' ἔχθωσαν D². 7. ἐκβληθείσαν] corr. ex ἐκβληθείσα C², ἐκβληθείσα B, ante από coll. Halma; puto delendum esse. 8. ZN] -N e corr. D². 10. κα] supra scr. D². 13. δόσ] mut. in A A' , $\overline{\beta}$ D.

Ποιες ήταν οι τροχιές;

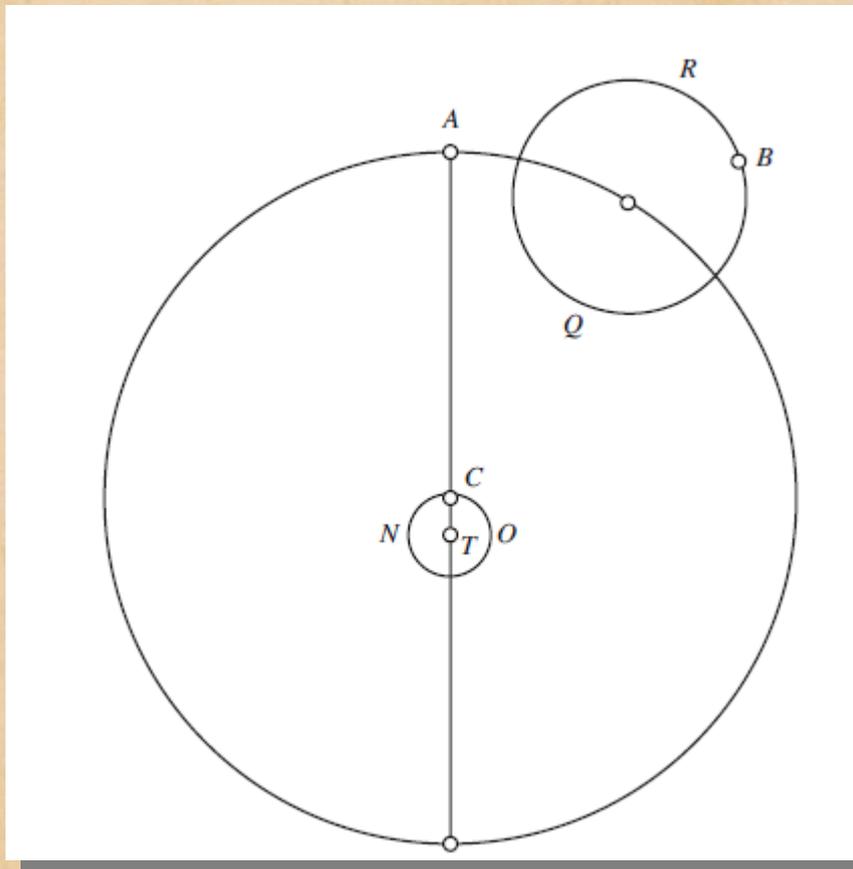
Ο Πτολεμαίος έλυνε, **γεωμετρικά**, την τροχιά κάθε πλανήτη **ανεξάρτητα** σύμφωνα με τις παρατηρήσεις ώστε να **φαίνεται** ότι καλύπτει τους **περιορισμούς** του κοσμολογικού μοντέλου δηλ κυκλικές τροχιές, ομαλή ταχύτητα.

Τροχιά Ήλιου

- Αποδεικνύει ότι η τροχιά του Ήλιου μπορεί να περιγραφεί και με τις 2 υποθέσεις δηλ με **έκκεντρο κύκλο** ή με **επίκυκλο**
- Χρησιμοποιεί την πιο απλή υπόθεση δηλ τον **έκκεντρο**.
(κόκκινος κύκλος)



Τροχιά Σελήνης



Στην τροχιά της Σελήνης έχουμε μεταβλητό κέντρο για να καλυφθεί η μεταβολή του φαινομένου μεγέθους.

Τα πολλά φαινόμενα της Σελήνης και η ανώμαλες μεταβολές τους οδηγούν σ αυτές τις ιδιομορφίες.

QR : Επίκυκλος σελήνης

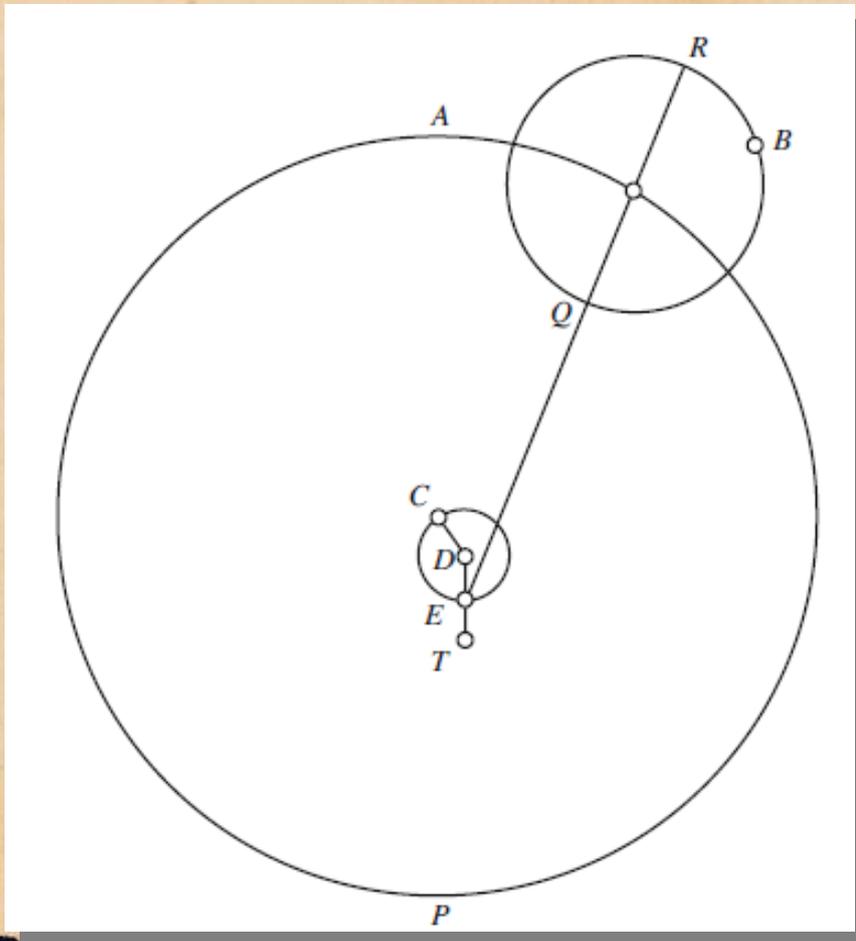
AP:Φέρων κύκλος επίκυκλου

CN: Τροχιά κέντρου σελήνης

B: Σελήνη

T: Γη

Τροχιά πλανήτη Ερμή



Al. Jones 2005

- Το κέντρο του **επίκυκλου** του Ερμή βρίσκεται πάντα πάνω στην **ευθεία** που ενώνει τη Γη με τον Ήλιο.
- Γιατί ο Ερμής δεν απομακρύνεται ποτέ πολύ από τον Ήλιο στον ουρανό.
- Σε αντίθεση με άλλους πλανήτες, ο **φέρων** κύκλος του Ερμή **δεν έχει σταθερό** κέντρο. Το κέντρο του φέροντος **περιστρέφεται** το ίδιο γύρω από ένα βοηθητικό μικρό κύκλο σε **αντίθετη** κατεύθυνση,

QR Επίκυκλος πλανήτη

AP Φέρων κύκλος επίκυκλου

C Κέντρο κύκλου AP

D Κέντρο βοηθητικού κύκλου CE

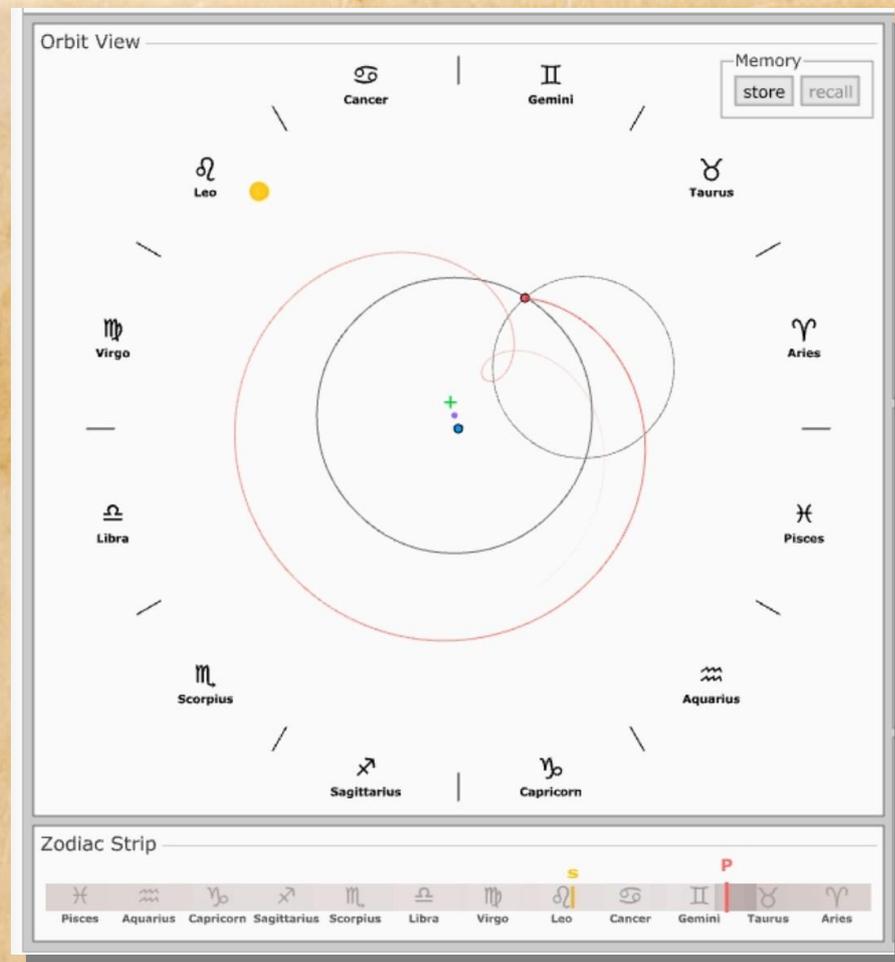
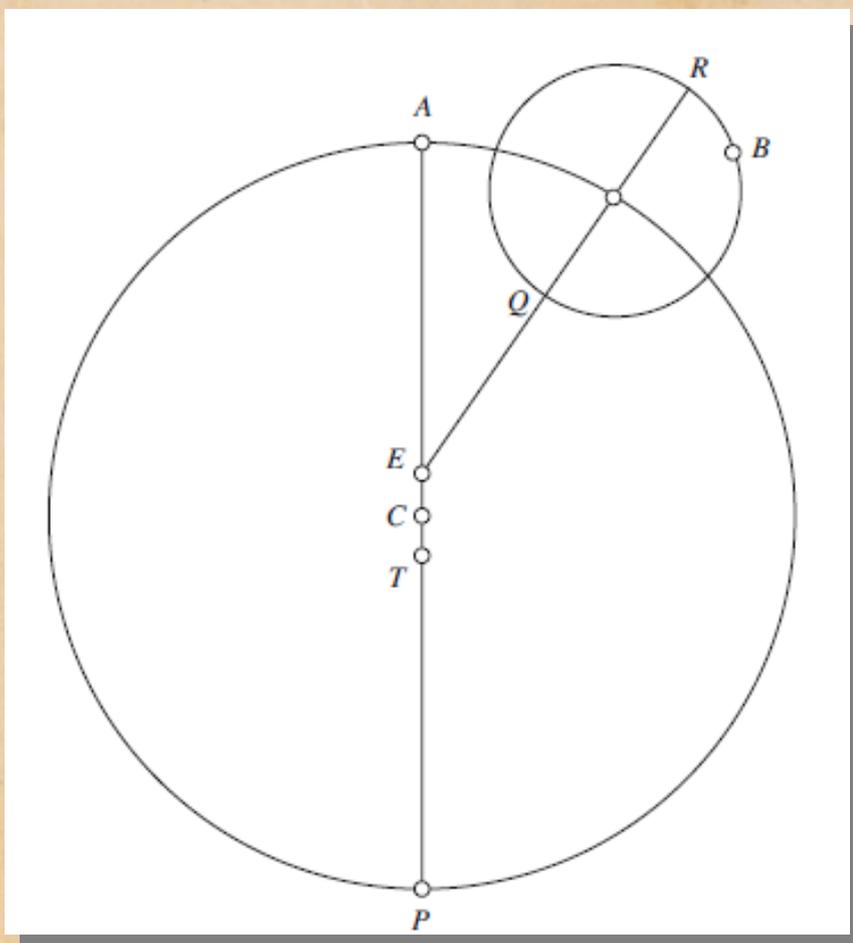
E Εξισωτής

B Ερμής

T Γη

Τροχιές πλανητών (Αφροδίτη, Άρης, Δίας, Κρόνος)

Είναι η τυπική χρήση του **φέρωντα** κύκλου, του επίκυκλου και του **εξισωτή**. Αναπαριστά πολύ καλά την ανάδρομη κίνηση.



Al. Jones 2005

QR: Επίκυκλος πλανήτη **AP**: Φέρων κύκλος επίκυκλου **C**: Κέντρο φέροντος κύκλου **E**: Εξισωτής **T**: Γη

Πίνακες χορδών

- Πέρα από τους πίνακες θέσεως πλανητών και τις γεωμετρικές μεθόδους στην “Μαθηματική Σύνταξη” βρίσκουμε τους πρώτους τριγωνομετρικούς πίνακες.
- Είναι οι πίνακες “Χορδών” κάτι αντίστοιχο των ημίτονων.
- Από το μήκος της χορδής βρίσκουμε το αντίστοιχο τόξο δηλ την γωνία .
- Ο πίνακας είναι χρήσιμος για όργανα που μετρούσαν παραλλάξη και στον υπολογισμό τόξων στις γεωμετρικές λύσεις.
- Οι πίνακες υπολογίστηκαν με ειδικό πρόγραμμα και είναι ακριβείς στα πέντε εξαδικά ψηφία (Toomer 1984)

Prima 7

medietate partis. Et in tabula secunda numerum partium chordarum et minutorum partium et secundorum eorum: que subtenentur arcibus consequenter et latere, ita quod quod chorda suam consequatur arcum: finem divisionem diametri circuli per 120. In tabula vero tertia partem tricesimam superflui: quod est inter omnes duas chordas: que subtenentur arcibus superfluis: medietate partis et medietate partis: Ideo et cum fuerim numerum minutorum portionis medietatis minuti unius non dixerit a veritate finem sensum: possit tamen scire leui opere positionem minutorum: quod sunt ab uno minuto usque ad 30. minuta: ex quo que sunt inter omnes duas chordas.

¶ Ad hanc tabulam declarabit nobis cum subtenentur de errore existit in aliquo numero altius chordarum descriptarum in tabulis verificatio illius erroris: quoniam poterimus per hanc capitula rectificare illud: et scire eius veritatem: aut per scientiam chordae que subtenitur duplo arcus daret: aut per scientiam superflui quod est inter duas arcus notas habentes chordas: aut per totius arcus scientiam: qui est ad complendum semicirculum cum arcu noto chordam habente notam. Et hoc est tabularum descriptio.

Capitulum undecimum de positione arcuum et chordarum eorum in tabulis.

Prima				Secunda			
Tabula prima chordarum arcuum: medietate et medietate partis superflua centium.				Tabula secunda chordarum arcuum: medietate et medietate partis superflua centium.			
Arcus	Chorde			Arcus	Chorde		
Partes in 120	Partes in 120	Partes in 120	Partes in 120	Partes in 120	Partes in 120	Partes in 120	Partes in 120
0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	1	2	1	0	1	2
2	0	2	5	2	0	2	5
3	0	3	8	3	0	3	8
4	0	4	11	4	0	4	11
5	0	5	14	5	0	5	14
6	0	6	16	6	0	6	16
7	0	7	19	7	0	7	19
8	0	8	22	8	0	8	22
9	0	9	24	9	0	9	24
10	0	10	27	10	0	10	27
11	0	11	30	11	0	11	30
12	0	12	32	12	0	12	32
13	0	13	35	13	0	13	35
14	0	14	37	14	0	14	37
15	0	15	40	15	0	15	40
16	0	16	42	16	0	16	42
17	0	17	44	17	0	17	44
18	0	18	46	18	0	18	46
19	0	19	48	19	0	19	48
20	0	20	50	20	0	20	50
21	0	21	52	21	0	21	52
22	0	22	54	22	0	22	54
23	0	23	56	23	0	23	56
24	0	24	58	24	0	24	58
25	0	25	60	25	0	25	60
26	0	26	62	26	0	26	62
27	0	27	64	27	0	27	64
28	0	28	66	28	0	28	66
29	0	29	68	29	0	29	68
30	0	30	70	30	0	30	70
31	0	31	72	31	0	31	72
32	0	32	74	32	0	32	74
33	0	33	76	33	0	33	76
34	0	34	78	34	0	34	78
35	0	35	80	35	0	35	80
36	0	36	82	36	0	36	82
37	0	37	84	37	0	37	84
38	0	38	86	38	0	38	86
39	0	39	88	39	0	39	88
40	0	40	90	40	0	40	90
41	0	41	91	41	0	41	91
42	0	42	92	42	0	42	92
43	0	43	93	43	0	43	93
44	0	44	94	44	0	44	94
45	0	45	95	45	0	45	95

Πως χρονολογεί τις παρατηρήσεις;

- Οι παλιές χρονολογήσεις των παρατηρήσεων αναφέρονται σε ποιο έτος βασιλείας έγιναν
- Ο Πτολεμαίος καταρτίζει κατάλογο διαδοχικών βασιλέων από τον Βαβυλώνιο βασιλέα Ναβονασσάρο (746 πχ) έως τον σύγχρονό του Ρωμαίο Αυτοκράτορα Αντωνίνο.
- Με αυτό τον τρόπο βρίσκει την χρονική απόσταση των φαινομένων πχ εκλείψεων.
- Για τα άστρα πχ στις αποκρύψεις υπολογίζει την μετάπτωση 1 μοίρα /100ετη (πραγματική τιμή 0,7)τιμή που παίρνει από τον Ιππαρχο.

Toomer 1984

Introduction: Reconstructed king-list

11

Ruler	Correct form	Years of reign	Total years to end of reign	Julian date of beginning of reign
Kings [of Assyria and Babylonia]				
1 Nabonassar	Nabū-nāsir	14	14	-746 Feb. 26
2 Nadi	Nādin	2	16	-732 Feb. 23
3 Chinzir and Por ¹¹	Ukīn-zēr; Pūlu	5	21	-730 Feb. 22
4 Ilulai	Elūlai	5	26	-725 Feb. 21
5 Mardokempad	Marduk-apla-iddin	12	38	-720 Feb. 20
6 Arkean	Šarru-ukin	5	43	-708 Feb. 17
7 First interregnum		2	45	-703 Feb. 15
8 Belib	Bēl-ibni	3	48	-701 Feb. 15
9 Aparanad	Ašur-nādin-šumi	6	54	-698 Feb. 14
10 Regebel	Nergal-išēzib	1	55	-692 Feb. 13
11 Mescemordak	Mušēzib-Marduk	4	59	-691 Feb. 12
12 Second interregnum		8	67	-687 Feb. 11
13 Asaridin	Ašur-apla-iddina	13	80	-679 Feb. 9
14 Saodonechin	Šamaš-šuma-ukin	20	100	-666 Feb. 6
15 Kimiadan	Kandalanu	22	122	-646 Feb. 1
16 Nabopolassar	Nabū-apla-ušur	21	143	-624 Jan. 27
17 Nabokollassar	Nabū-kudurra-ušur	43	186	-603 Jan. 21
18 Ilisaroulam	Amlil-Marduk	2	188	-560 Jan. 11
19 Nerigollassar	Nergal-šarra-ušur	4	192	-558 Jan. 10
20 Nabonadi	Nabū-na'id	17	209	-554 Jan. 9
Kings of the Persians				
21 Cyrus	Kūruš	9	218	-537 Jan. 5
22 Cambyses	Kambūziya	8	226	-528 Jan. 3
23 Darius I	Daravava 'u	36	262	-520 Jan. 1
24 Xerxes	šavārša	21	283	-485 Dec. 23
25 Artaxerxes I	Artaxšātra	41	324	-464 Dec. 17
26 Darius II	Daravava 'u	19	343	-423 Dec. 7
27 Artaxerxes II	Artaxšātra	46	389	-404 Dec. 2
28 Ochus	Vahauka	21	410	-358 Nov. 21
29 Artogus ¹⁴	'Hawārša	2	412	-337 Nov. 16
30 Darius III	Daravava 'u	4	416	-335 Nov. 15
31 Alexander the Macedonian	'Alēxandros	8	424	-331 Nov. 14
Kings of the Macedonians				
32 Philip who succeeded Alexander the founder	Φίλιππος	7	431	-323 Nov. 12
33 Alexander II	'Alēxandros ēteros	12	443	-316 Nov. 10
34 Ptolemy son of Lagos	Πτολεμαῖος Λάγου	20	463	-304 Nov. 7
35 Ptolemy Philadelphos	Φιλάδελφος	38	501	-284 Nov. 2
36 Ptolemy Euergetes	Ευεργέτης	25	526	-246 Oct. 24
37 Ptolemy Philopator	Φιλοπάτωρ	17	543	-221 Oct. 18
38 Ptolemy Epiphanes	Ἐπιφανής	24	567	-204 Oct. 13
39 Ptolemy Philometor	Φιλομήτωρ	35	602	-180 Oct. 7
40 Ptolemy Euergetes II	Ευεργέτης β'	29	631	-145 Sept. 29
41 Ptolemy Soter	Σωτήρ	36	667	-116 Sept. 21
42 Ptolemy Neos Dionysus	Διόνυσος νέος	29	696	-80 Sept. 12
43 Cleopatra	Κλεοπάτρα	22	718	-51 Sept. 5
Kings of the Romans				
44 Augustus	Augustus	43	761	-29 Aug. 31
45 Tiberius	Tiberius	22	783	14 Aug. 20
46 Gaius	Gaius	4	787	36 Aug. 14
47 Claudius	Claudius	14	801	40 Aug. 13
48 Nero	Nero	14	815	54 Aug. 10
49 Vespasian	Vespasianus	10	825	68 Aug. 6
50 Titus	Titus	3	828	78 Aug. 4
51 Domitian	Domitianus	15	843	81 Aug. 3
52 Nerva	Nerva	1	844	96 July 30
53 Trajan	Traianus	19	863	97 July 30
54 Hadrian	Hadrianus	21	884	116 July 25
55 Antoninus	Aelius Antoninus	23	907	137 July 20

Κατάλογος αστέρων

- Τέλος μας παραδίδει ένα κατάλογο **1022 αστέρων**
- χωρισμένους σε **48 αστερισμούς**,
- με την **θέση** τους στην μορφή του αστερισμού,
- τις εκλειπτικές **συντεταγμένες** τους ,
- το **μέγεθος** και το **χρώμα** τους.
- Περιέχει αστερισμούς **Βορείου** και **Νοτίου** ημισφαιρίου και ενσωμάτωσε παλιότερο κατάλογο του Ίππαρχου.
- Το **μέγεθος** του καταλόγου θα ξεπεραστεί μόνο **μετά** την εφεύρεση του **τηλεσκοπίου** τον 17ο αι. Ο επόμενος κατάλογος γυμνού οφθαλμού ήταν του **Τύχο Μπράχε** με **965** **αστέρες**

Handwritten manuscript page from Ptolemy's Almagest, showing a star catalog table. The table is written in Greek and includes columns for constellation name, position in the figure, longitude, latitude, and magnitude. The text is written in a cursive hand, and the table is organized into rows corresponding to different stars or groups of stars.

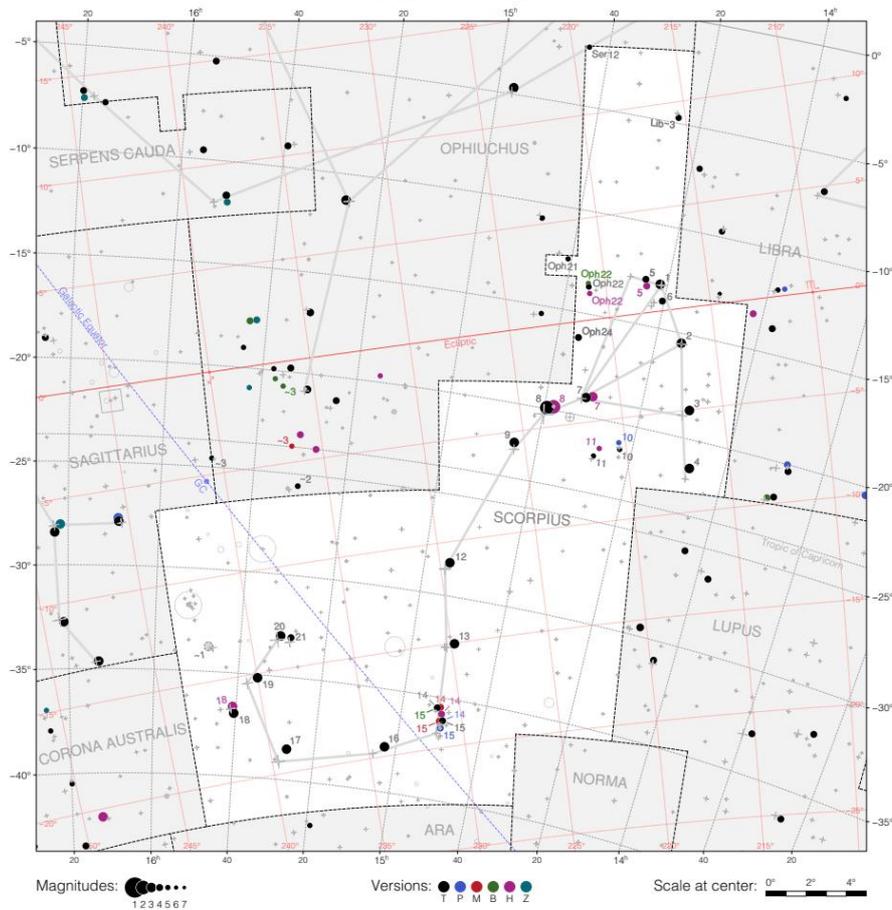
headline constellation name	longitude	latitude	magnitude
Μερ φέρσο			
ἀρκτουμικράσ ἀστ εἰσμο			
ὅθ πᾶ κρασ τῆσ οὐράσ	π 04	β 0 ξ 7	γ 7
ὁμᾶ αὐ τὸν αὐτῆσ οὐράσ	π β 2	β 0 ο 2	γ 7
ὁμᾶ αὐ τὸν πρὸ τῆσ κ' φῶσ τῆσ οὐράσ	π 15	β 0 ο 2	γ 7
τῆσ πρὸν τομῆσ τοῦ πλίν σὶν πλάρασ ὀνοτῆσ	π κ 8	β 0 ο 6	γ 7
τῶν σὶν τῆσ αὐτομῆσ πλάρασ ὀροτῆσ	π 12	β 0 ο 6	γ 7
τῆσ αὐ τῆσ πλάρασ ὀβορῆσ	π κ 7	β 0 ο 2	γ 7
ὁ σὶν τῆσ αὐτομῆσ πλάρασ ὀνοτῆσ	π 17	β 0 ο 2	γ 7
ἀρκτουμικράσ ἀστ εἰσμο			
ὁμᾶ αὐ τῆσ οὐράσ	π κ 6	β 0 λ 8	γ 7
ὁμᾶ αὐ τῆσ οὐράσ	π κ 6	β 0 λ 8	γ 7

[Number in constellation]	Description	Longitude in degrees	Latitude in degrees	Magnitude	[Modern designation]
	[1] Constellation of Ursa Minor				
1	The star on the end of the tail	π 04	+66	3	α UMi
2	The one next to it on the tail	π 2	+70	4	δ UMi
3	The one next to that, before the place where the tail joins [the body]	*π 10 ²⁴	+74	4	ε UMi
4	The southernmost of the stars in the advance side of the rectangle	π 29	+75	4	ζ UMi
5	The southernmost of [those in] the same side	π 3	+77	4	η UMi
6	The southern star in the rear side	*π 17 ²⁷	+72	2	β UMi
7	The northern one in the same side	π 26	+74	2	γ UMi
	[7 stars, 2 of the second magnitude, 1 of the third, 4 of the fourth]				
	Nearby star outside the constellation:				
8	The star lying on a straight line with the stars in the rear side [of the rectangle] and south of them	π 13	+71	4	5 UMi
	[1 star of the fourth magnitude]				

Toomer 1984

αστερισμός Σκορπιού

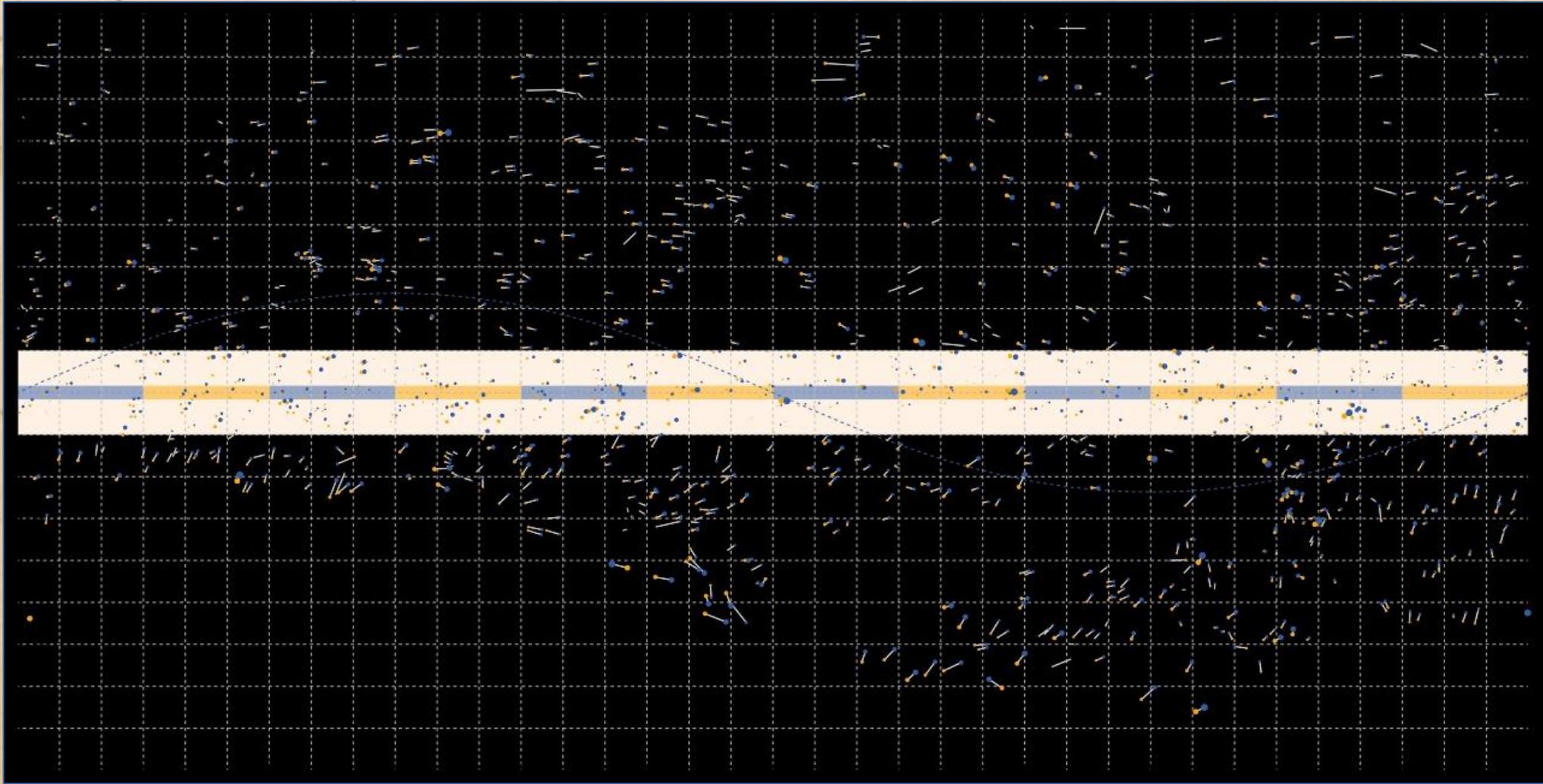
Ptolemy Stars in Scorpius



Ptolemy	Bayer / Fl.	Comment
191 Per 1	Per h Per χ	Double cluster NGC 869 / NGC 884
449 Cnc 1		Open cluster Praesepe, M44, NGC 2632
567 Sco ~1	Sco G	Marked nebulous maybe because of the proximity of NGC 6441 (Peters & Knobel)
577 Sgr 8	32 Sgr ν^1 35 Sgr ν^2	There are several small stars close by (Peters & Knobel)
734 Ori 1	29 Ori λ	Marked nebulous maybe because it forms a small cluster with 37 Ori ϕ^1 and 40 Ori ϕ^2 (Peters & Knobel)

Αναφέρονται σαν
“Νεφελοειδείς συστροφές”
στον κατάλογο αστέρων.

Είχε λάθη ο κατάλογος;



Μπλε χρώμα αστέρια καταλόγου της Μαθ. Σύνταξης.

Πορτοκαλί σύγχρονες μετρήσεις, μετατροπή στον 2ο αιώνα, λαμβάνοντας υπόψη την ίδια κίνηση. Η **πορτοκαλί μπλε ζώνη** είναι η εκλειπτική. Η **μπλε καμπύλη** είναι ο ισημερινός.

Τα όργανα που περιγράφονται στην “Μαθηματική σύνταξη”

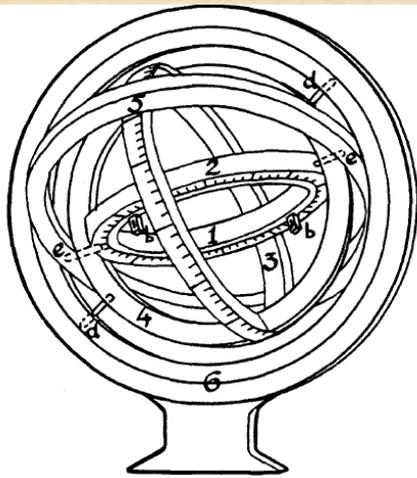


Fig. F

Αστρολάβος

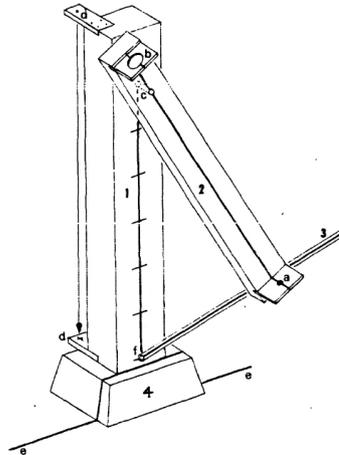


Fig. G (part I)

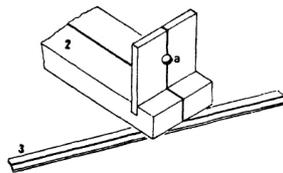


Fig. G (part II)

Παραλλακτικό τρίγωνο
(triquetrum)

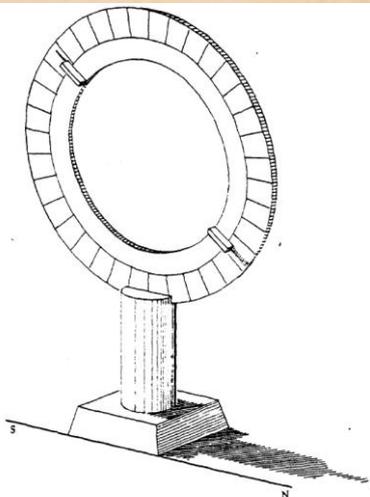


Fig. C

Μεσημβρινός κύκλος

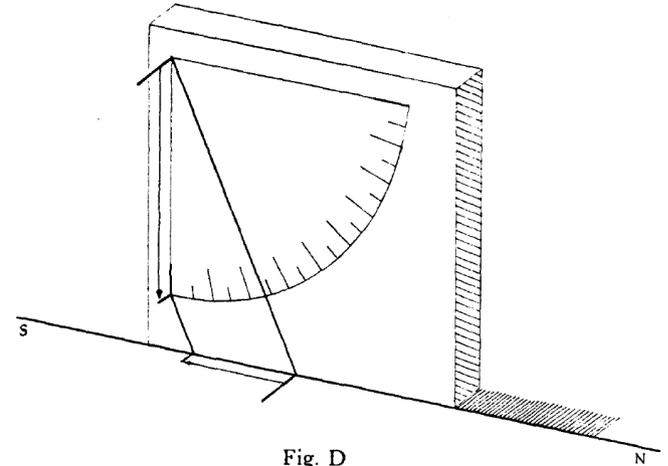
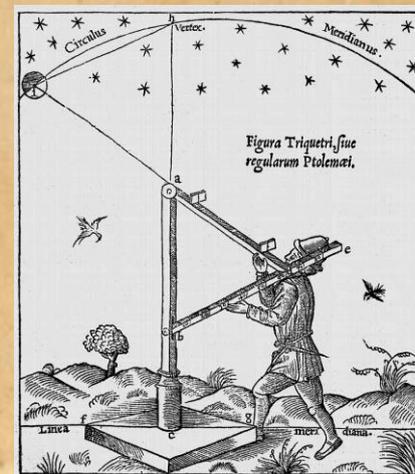


Fig. D

Πλινθίς



Toomer 1984

... η συνέχεια

Το **πτολεμαϊκό σύστημα** με τις σχετικά ακριβείς **προβλέψεις** του και την εσωτερική συνοχή έμεινε **κυρίαρχο** παρά τα προβλήματα του.

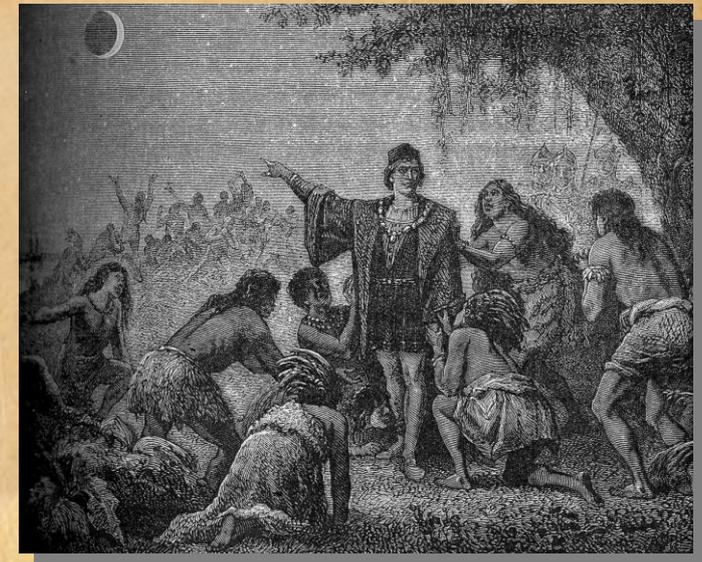
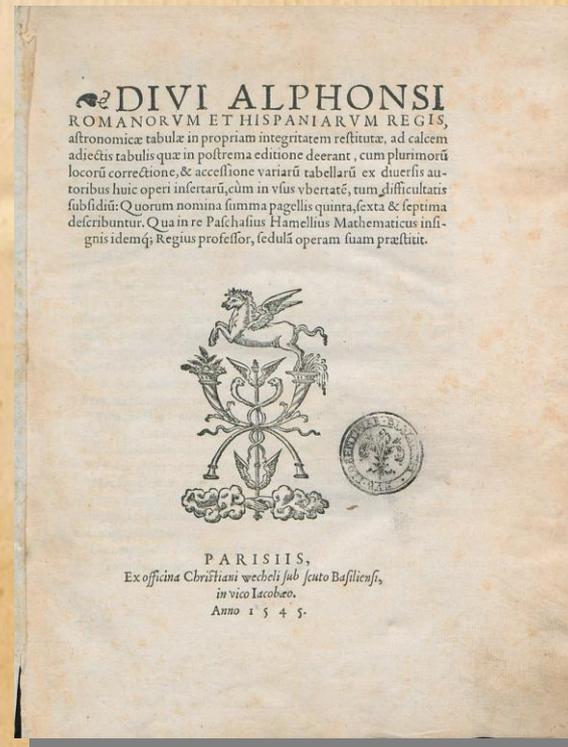
Πολλές **παράμετροι** βελτιώθηκαν από τους **Άραβες αστρονόμους** που πήραν πρώτοι Ελληνικά αντίγραφα από τους Βυζαντινούς.

Το **1483** οι **Αλφόνσιοι Πίνακες** αστρονομικές εφημερίδες για τον Ήλιο, Σελήνη και τους πλανήτες υπολογίστηκαν με την **πτολεμαϊκή μεθοδολογία** και παρέμειναν σε χρήση για **150** χρόνια.

Χρησιμοποιήθηκαν από τον **Κολόμβο** στο ιστορικό του ταξίδι .

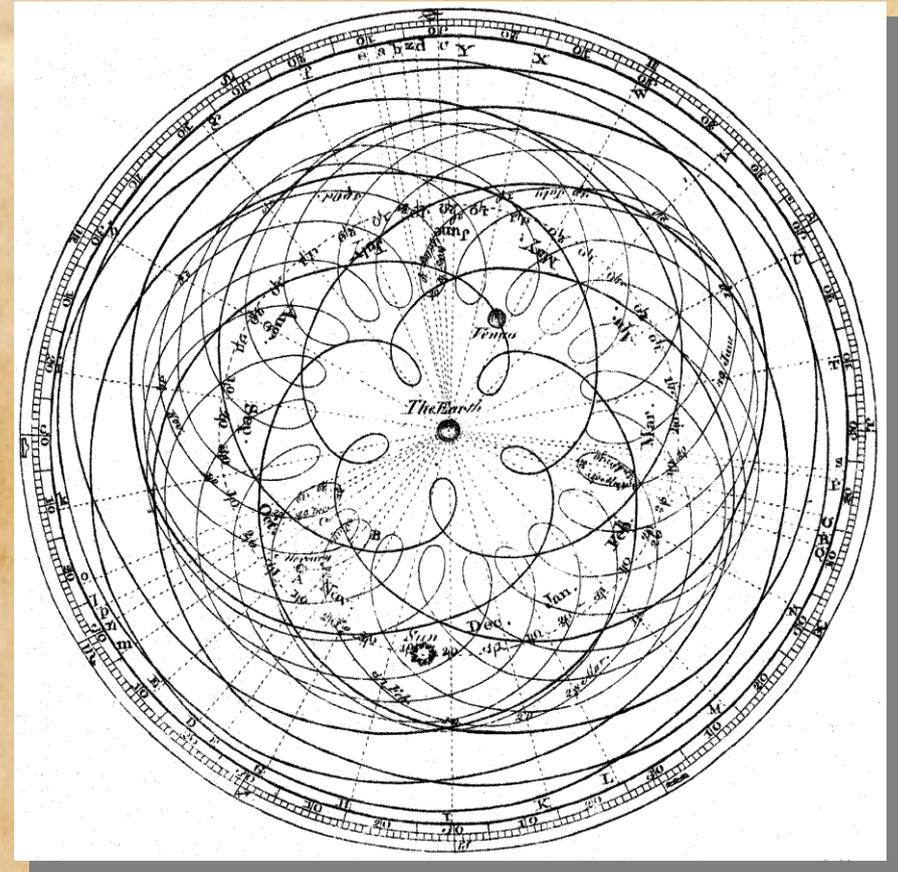
Στο 4ο ταξίδι του η πρόβλεψη μιας έκλειψης (1504) έκανε τους ιθαγενείς να του δώσουν προμήθειες.

Έτσι ο Πτολεμαίος έσωσε τον Κολόμβο!!!!



Κριτική

- Ο Πτολεμαίος προσπάθησε να υπερασπιστεί την κυκλική και ομαλή κίνηση του Αριστοτέλη,
- Το σύστημα του, αν και **ιδιοφυές** στην σύλληψη και την εφαρμογή του, ήταν **πολύπλοκο** και με **αυθαίρετες** ιδέες (πχ εξισωτής) που αντιμετώπιστηκαν με **σκεπτικισμό** ακόμα και από τους **υποστηρικτές** του.
- Επίσης κατηγορήθηκε για **“προσαρμογή”** των δεδομένων του. Υπάρχουν στοιχεία αλλά δεν μπορούν να σκιάσουν το μέγεθος της προσπάθειας του.
- Βιβλιογραφία
- Αθ. Αγγελόπουλος “Μαθ. Σύνταξις” ελλ. Μτφ. 2003,
- G.J. Toomer “Ptolemy's Almagest” αγγλ. Μτφρ. 1984,
- Al. Jones “Ptolemy Canobic Inscription and Heliodorus Report” 2005

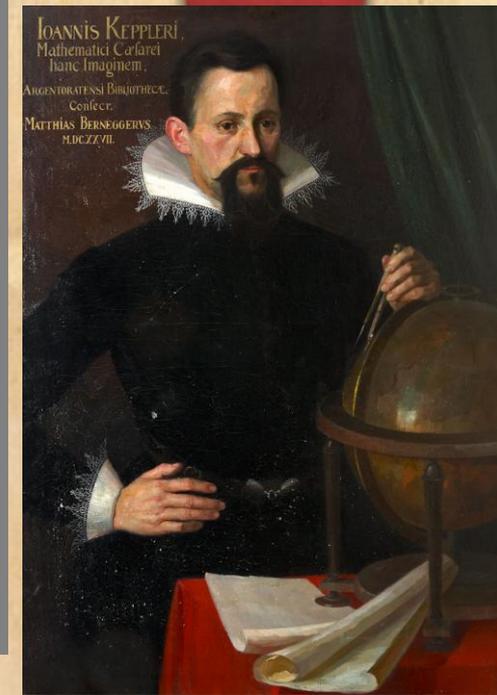
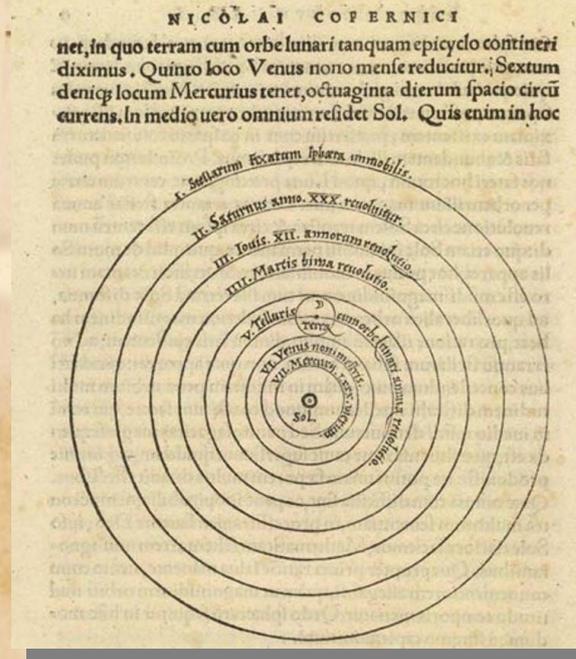


Οι πλανητικές τροχιές σύμφωνα με τον Πτολεμαίο.

Το τέλος

Το μοντέλο “υπέκυψε” στην

- απλούστερη γεωμετρία του ηλιοκεντρικού συστήματος (Κοπέρνικος),
- στις ακριβέστερες μετρήσεις (Τύχο Μπράχε),
- στις ελλειπτικές τροχιές (Κέπλερ),
- και τελικά στο τηλεσκόπιο (Γαλιλαίος)



Πτολεμαίου

εις αυτόν επίγραμμα

Γνωρίζω πως γεννήθηκα θνητός και εφήμερος,
μα σα μαντεύω τις πυκνές,
τις αμφίδρομες έλικες των αστεριών,
τα πόδια μου δεν πατάνε πια στη γη,
πλάι στο Δία τρέφομαι σα θεός,
χορταίνω με αμβροσία. (*)

Ανώνυμου

(*)ισχύει για όλους τους αστρονόμους