



Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών / Τμήμα Τοπογραφίας / Τομέας Τοπογραφίας Φωτογραμμετρίας Χαρτογραφίας

# ΓΕΩΔΑΙΣΙΑ

Βασίλης Δ. Ανδριτσάνος  
Δρ. Αγρονόμος και Τοπογράφος Μηχανικός ΑΠΘ  
Επίκουρος Καθηγητής ΤΕΙ Αθήνας

4ο εξάμηνο

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΤΟΥ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ

1. Ορισμός της Γεωδαισίας - Συνδέσεις των γεωεπιστημών - Γνωριμία με τον πλανήτη - Ιστορία της Γεωδαισίας - Μονάδες μέτρησης - Διεθνής συνεργασία
2. Μοντέλα και επιφάνειες αναφοράς - Συστήματα αναφοράς χώρου και χρόνου - Συντεταγμένες
3. Γεωμετρία του ελλειψοειδούς - Θεμελιώδη προβλήματα στην επιφάνεια του ελλειψοειδούς
4. Γεωδαιτικό DATUM - ορισμός και υλοποίηση - Προβολές - αλλαγές προβολικών συστημάτων - αναγωγές στο προβολικό επίπεδο - μετασχηματισμοί

5. Εισαγωγή στο πεδίο βαρύτητας - Γεωμετρία του πεδίου  
Αναπαράσταση του πεδίου - σφαιρική αρμονική  
ανάπτυξη - Γεωειδές
6. Μετρήσεις στη Γεωδαισία - Δορυφορικές παρατηρήσεις  
Γεωδαιτική Αστρονομία - Βαρυτημετρία - Επίγειες  
γεωδαιτικές μετρήσεις
7. Μέθοδοι επίλυσης γεωδαιτικών μετρήσεων - προσδιορισμοί  
θέσης - βαρύτητα - υψομετρία - αναγωγές στο ελλειψοειδές
8. Φυσική Γεωδαισία - Προβλήματα συνοριακών τιμών -  
Αναγωγές στο γεωειδές - Μοντελοποίηση του  
πεδίου γήινου πεδίου βαρύτητας

9. Γεωδαιτικά δίκτυα - εξισώσεις παρατηρήσεων - συνόρθωση

10. Ποιοτικός έλεγχος γεωδαιτικών δικτύων

11. Σύγχρονες πρακτικές εφαρμογές και ασκήσεις

## Ο,ΤΙ ΧΡΕΙΑΣΤΕΙ ΘΑ ΤΟ ΑΝΑΛΥΟΥΜΕ ΕΠΙΤΟΠΟΥ!

ΣΥΝΟΡΘΩΣΕΙΣ - ΘΕΩΡΙΑ  
ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ

ΔΙΑΦΟΡΙΚΕΣ ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ

ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ

**ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ**

ΤΡΙΓΩΝΟΜΕΤΡΙΑ

ΕΠΙΚΑΜΠΥΛΙΑ  
ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΑΤΑ

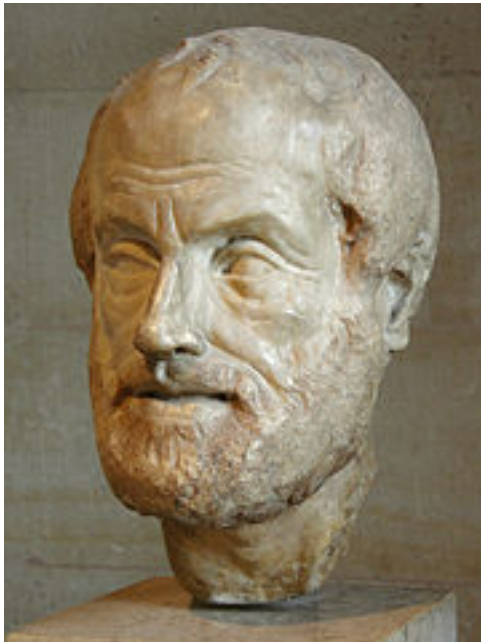
ΘΕΩΡΙΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

ΑΡΜΟΝΙΚΗ  
ΑΝΑΛΥΣΗ

# ΑΝΑΜΕΝΟΜΕΝΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

1. Κατανόηση των βασικών εννοιών της επιστήμης της Γεωδαισίας μέσα από την εξέταση των διαφορετικών τμημάτων της
2. Δυνατότητα εκτέλεσης γεωδαιτικών εργασιών σε μεγάλες κλίμακες
3. Κατανόηση των βασικών συστημάτων αναφοράς στις σύγχρονες εργασίες
4. Αντιμετώπιση επίκαιρων τοπογραφικών και γεωδαιτικών προβλημάτων (π.χ., υψομετρία με GPS)

ΓΗ → **ΓΕΩΔΑΙΣΙΑ** ← **ΔΑΙΩ (ΔΙΑΙΡΩ)**



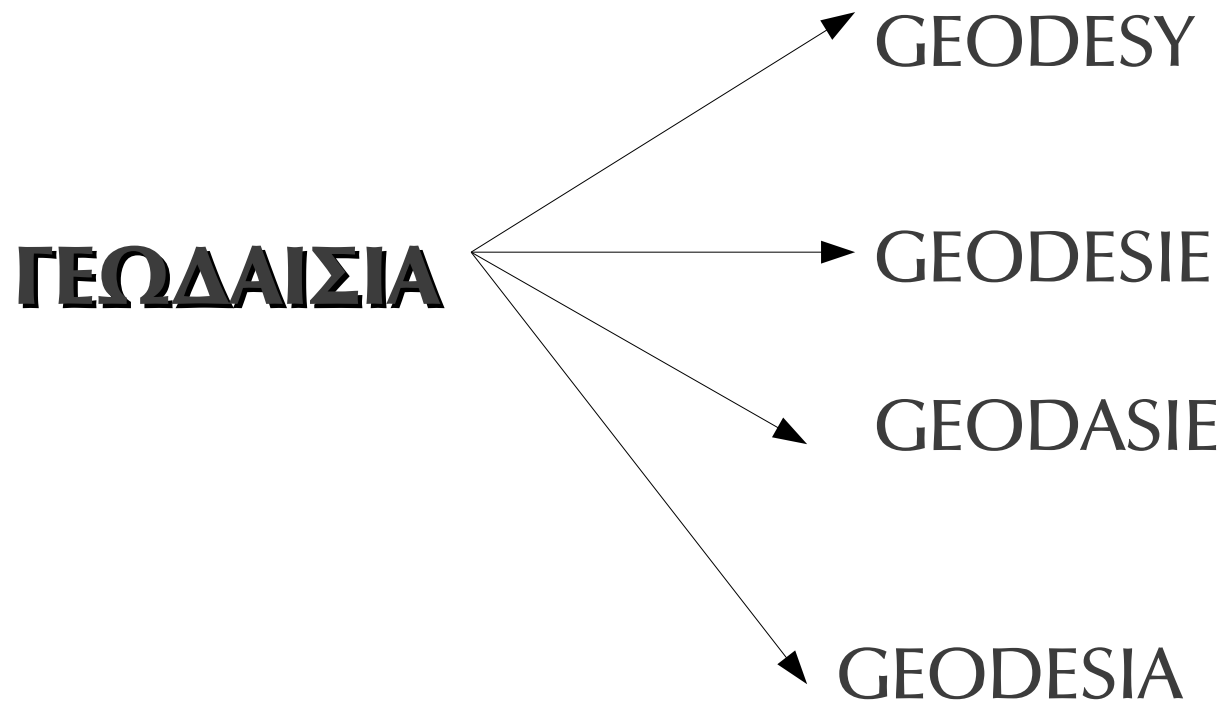
ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΗΣ

Στάγειρα 384π.Χ -  
Χαλκίδα 322 π.Χ.

Διαχωρίζω - μοιράζω τη γη

“Είναι η τέχνη και η επιστήμη των μετρήσεων για τη διανομή της γης...”

# Η ελληνική λέξη χρησιμοποιείται ως διεθνής όρος

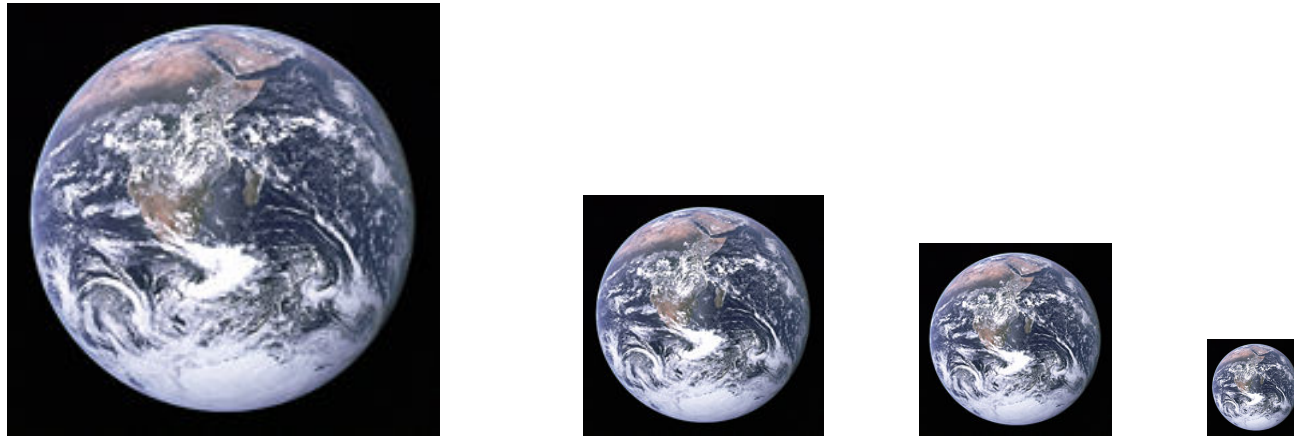


# Τί πραγματεύεται η επιστήμη της Γεωδαισίας;

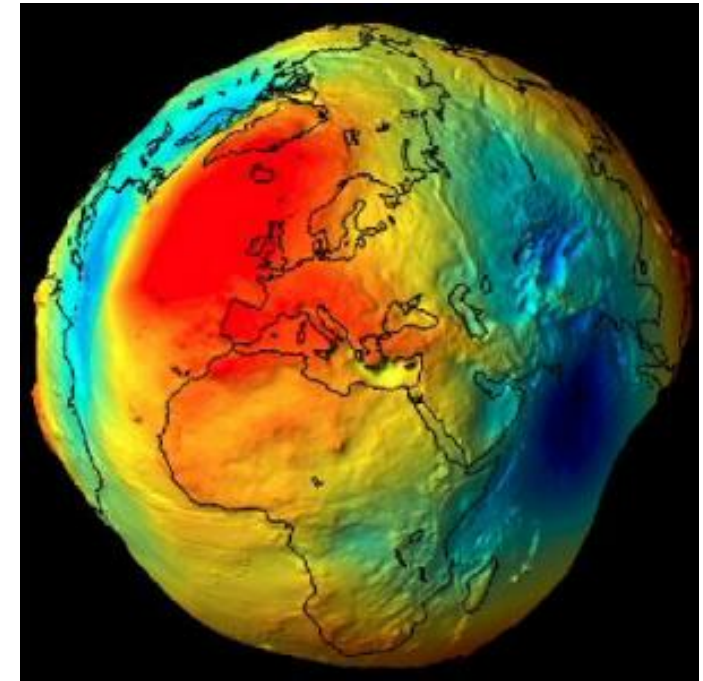
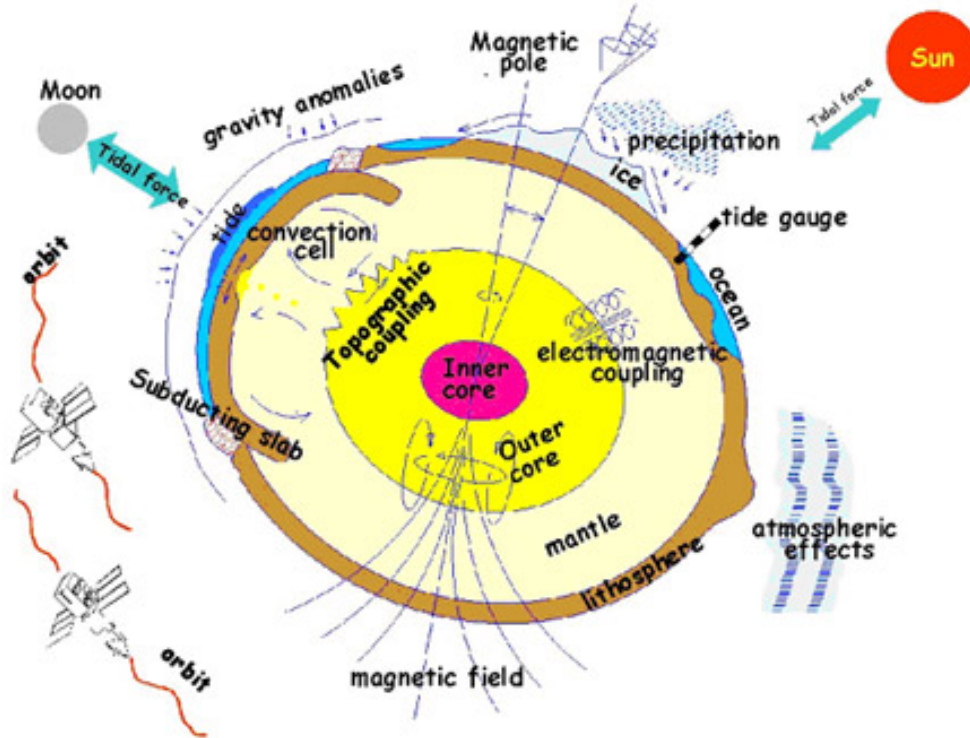
Η Γεωδαισία αναφέρεται στη θεωρητική μελέτη και στην πρακτική εφαρμογή:

## 1. Το σχήμα της Γης (μορφή)



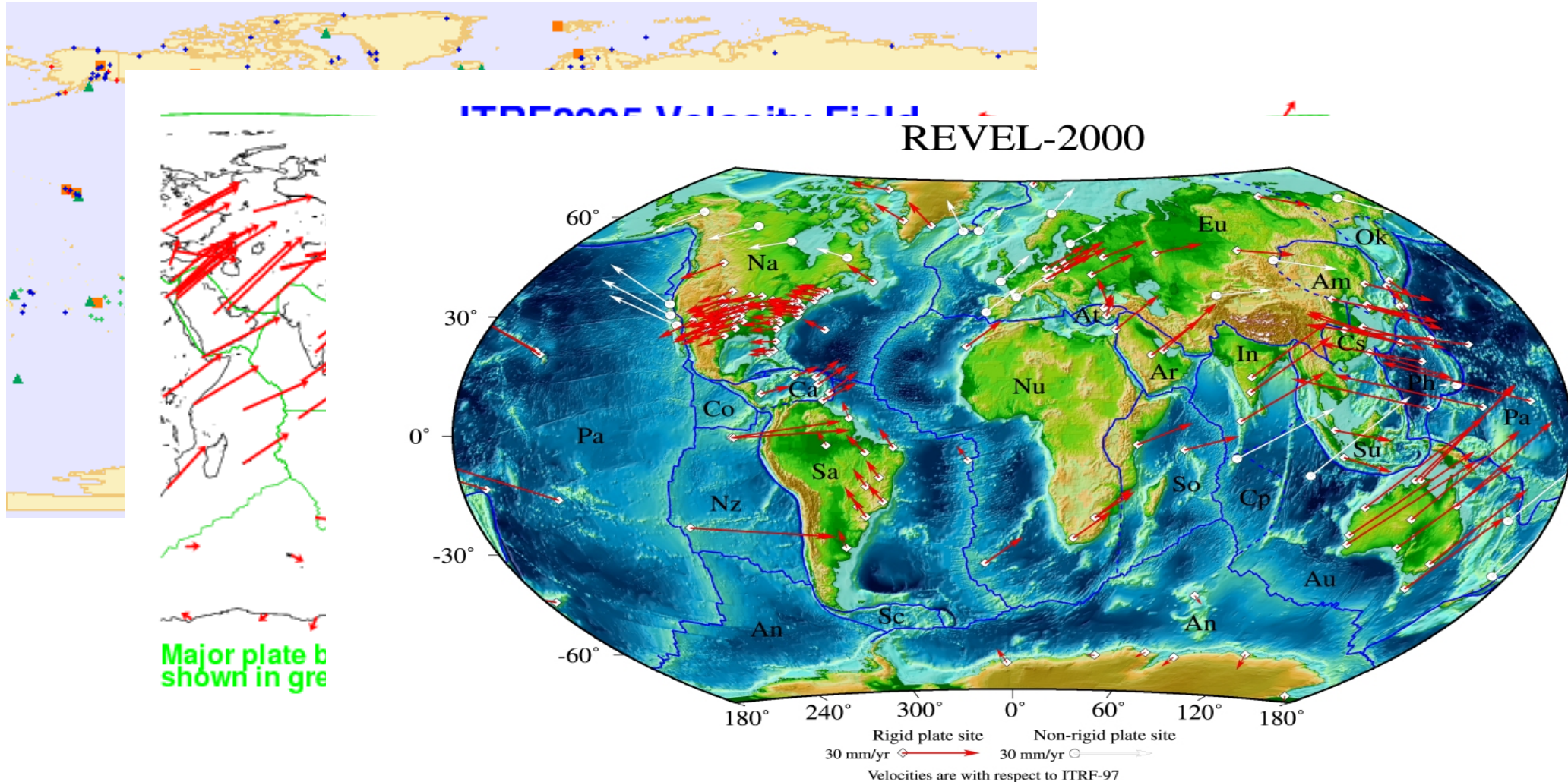


## *2. Το μέγεθος της Γης (διαστάσεις)*



### 3. Το γήινο πεδίο βαρύτητας στην επιφάνεια και έξω από αυτήν

## 4. Τον προσδιορισμό σημείων αναφοράς στη γήινη επιφάνεια



**ΣΧΗΜΑ**

**ΜΕΓΕΘΟΣ**

**ΠΕΔΙΟ ΒΑΡΥΤΗΤΑΣ**

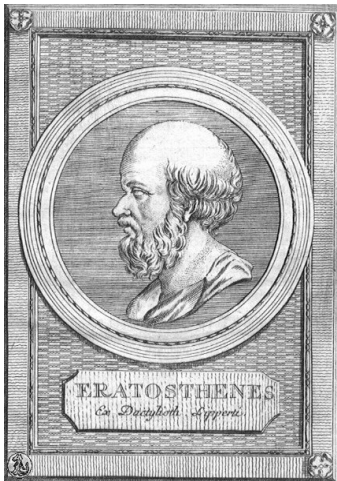
**ΣΗΜΕΙΑ ΑΝΑΦΟΡΑΣ**



**Διαχρονική μεταβολή  
τους και απεικόνιση**

**ΣΥΓΧΡΟΝΟΣ ΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΓΕΩΔΑΙΣΙΑΣ**

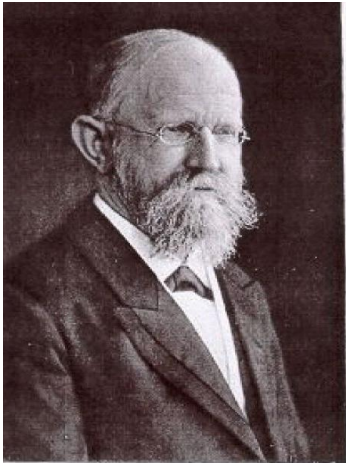
## ΘΕΜΕΛΙΩΤΕΣ ΤΗΣ ΓΕΩΔΑΙΣΙΑΣ



**ΕΡΑΤΟΣΘΕΝΗΣ** 276 π.Χ. - 194 π.Χ. :  
Θεμελιωτής της γεωδαισίας σύμφωνα με το  
σημερινό ορισμό

“Γεωγραφικά”: υπολογισμός της ακτίνας  
της Γης με μεγάλη ακρίβεια.

## ΘΕΜΕΛΙΩΤΕΣ ΤΗΣ ΓΕΩΔΑΙΣΙΑΣ



**F. R. Helmert (1843 - 1917):** “η επιστήμη των μετρήσεων και της απεικόνισης της γήινης επιφάνειας”

Έδωσε ένα σύντομο και περιεκτικό ορισμό της Γεωδαισίας:

εισάγει την κλίμακα σε σχέση με την έκταση, από τη μελέτη μιας μικρής έκτασης μέχρι και την προσέγγιση του σχήματος της Γης

## ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΩΝ

- Που βρισκόμαστε
- Που βρισκόμασταν
- Που θα βρισκόμαστε όταν φτάσουμε σε κάποιον προορισμό
- Άμεση εξάρτηση με την εγγενή ανάγκη του ανθρώπου για αναζήτηση και εξερεύνηση
- Μεταφορές - ενέργεια - περιβάλλον - δίκτυα κοινής ωφέλειας - επικοινωνίες

## ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ

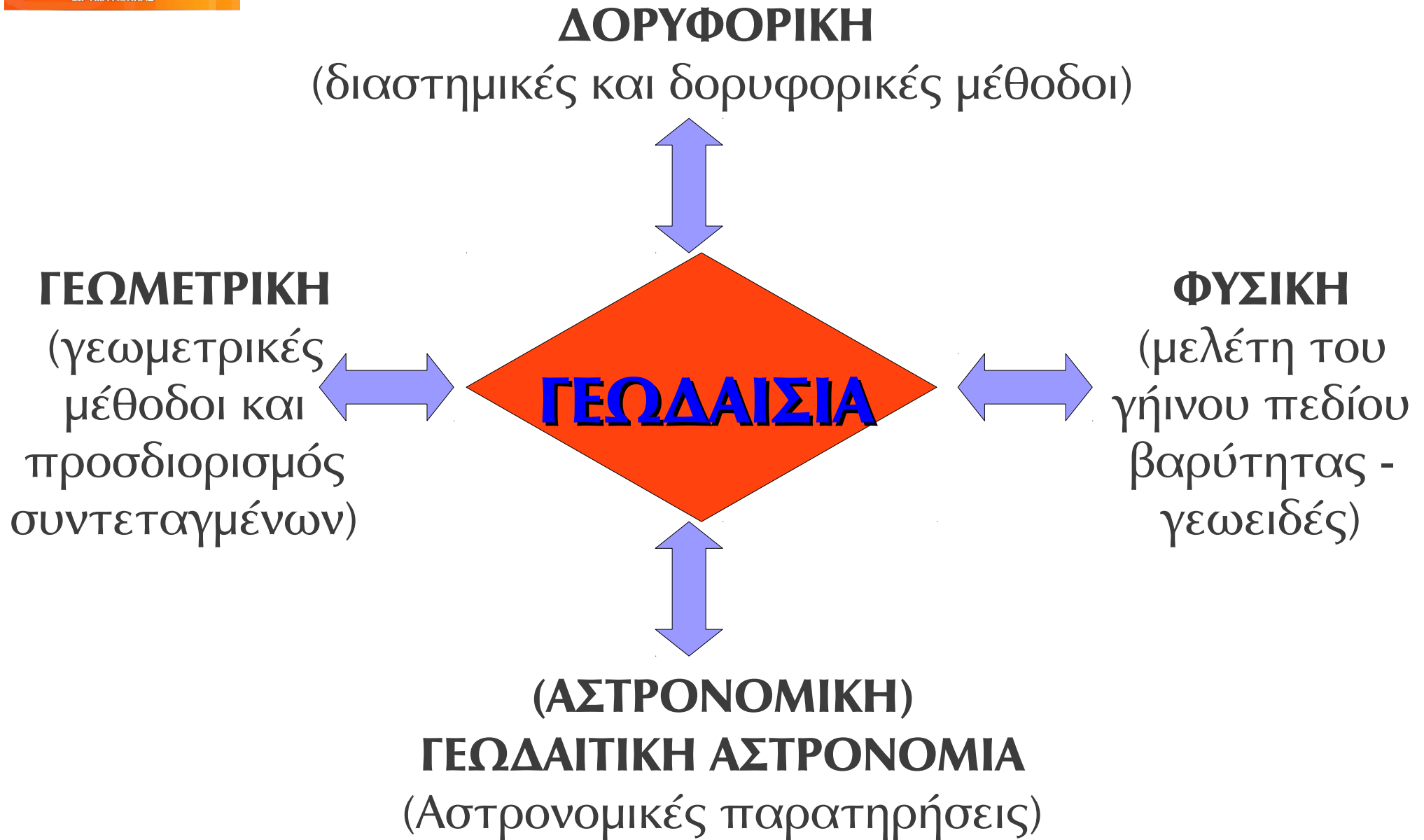
- Γεωδαισία: πρόβλημα συνοριακών τιμών (boundary value problem)
- Ζητούμενο: από μετρήσεις στην επιφάνεια και έξω από αυτήν να προσδιοριστεί το σχήμα και το μέγεθος της επιφάνειας

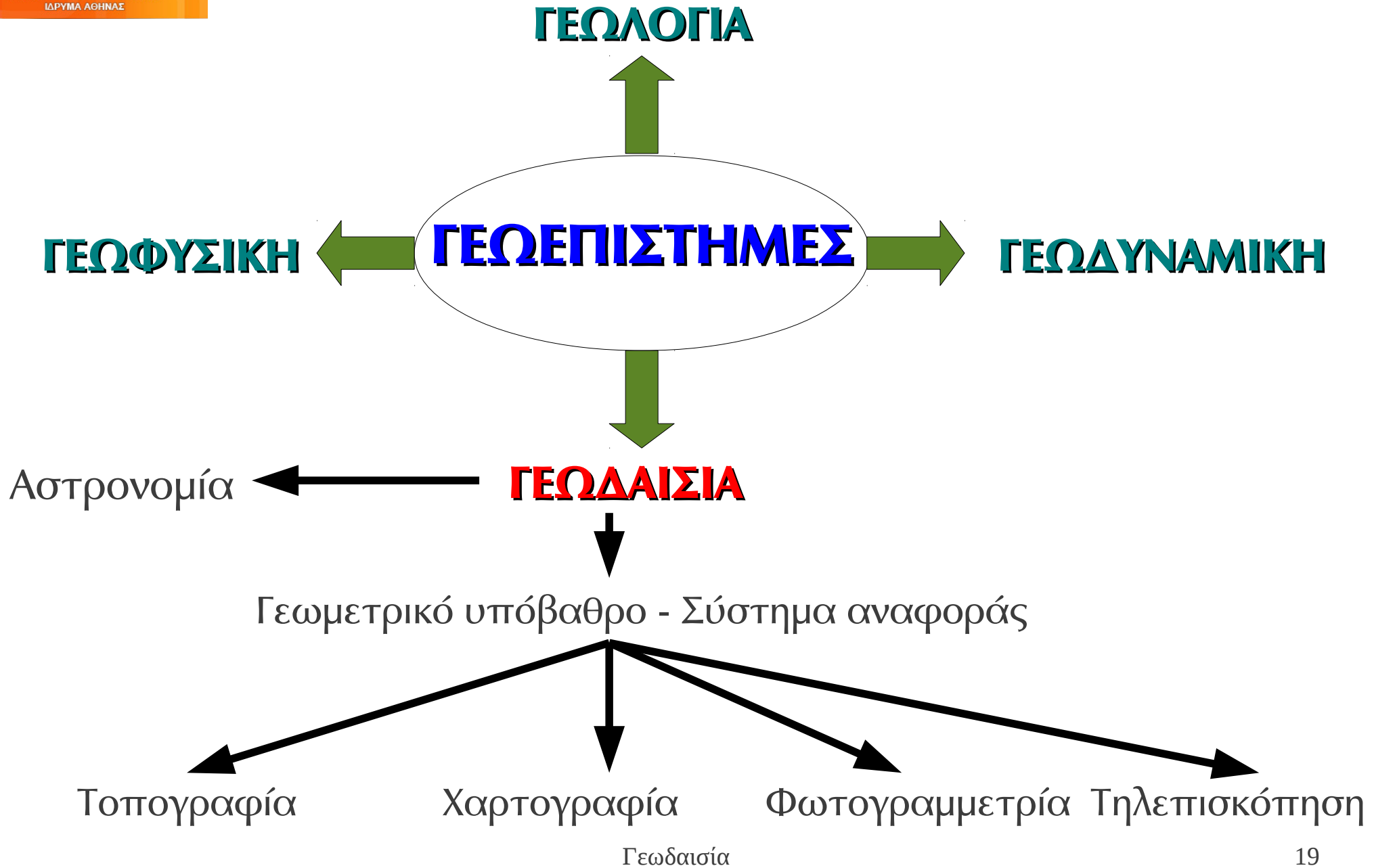
Γεωδαιτικό πρόβλημα  
συνοριακών τιμών

Γεωμετρικό (σχήμα)

Φυσικό (πεδίο βαρύτητας)

Σύστημα αναφοράς  
(περιστροφή)





## ΓΕΩΔΑΙΣΙΑ

- Προσέγγιση και απεικόνιση του σχήματος της Γης
- Σφαιρική ή ελλειψοειδής προσέγγιση
- Επιδράσεις του πεδίου βαρύτητας
- Υπολογισμοί υψηλής ακριβείας - ποσότητες ορίζονται με διπλή ακρίβεια
- Γνώση ανώτερων Μαθηματικών και Φυσικής

## ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑ

- Λεπτομερής αποτύπωση μικρών ( $10\text{km} \times 10\text{km}$ ) εκτάσεων
- Επίπεδη προσέγγιση
- Αγνόηση των βαρυτικών επιδράσεων
- Συνήθεις πρακτικές εφαρμογές και εργασίες

## Μονάδες και τάξη μεγέθους γεωδαιτικών ποσοτήτων

**Απόσταση:** μέτρο (m): το μήκος που διανύει το φως στο κενό σε χρονικό διάστημα  $1/299792458$  του δευτερολέπτου

**Μάζα:** χιλιόγραμμα (kgr): είναι ισό με τη μάζα του πρωτοτύπου κυλίνδρου από ιριδιούχο λευκόχρυσο που φυλάσσεται στο Διεθνές Γραφείο Μέτρων και Σταθμών των Σεβρών

**Χρόνος:** δευτερόλεπτο (sec): είναι η διάρκεια 9192631770 περιόδων της ακτινοβολίας που αντιστοιχεί στη μετάβαση μεταξύ των δύο ανωτέρων επιπέδων της κατάστασης ελαχίστης ενέργειας του ατόμου του καισίου 133.

## Μονάδες και τάξη μεγέθους γεωδαιτικών ποσοτήτων

μονάδα SI		μονάδα που χρησιμοποιείται	τάξη μεγέθους	
Απόσταση	m (μέτρο)	m (μέτρο) / km(χιλιόμετρο)= $10^3$ m	1738km 6378km 695000km 40000km 3000m 20000km	ακτίνα Σελήνης ακτίνα Γης ακτίνα Ηλίου μήκος μεσημβρινού Γης ύψος Ολύμπου ύψος τροχιάς δορυφόρων GPS
Μάζα	kgr (χιλιόγραμμα)	Kgr (χιλιόγραμμα) / gr(γραμμάριο) = $10^{(-3)}$ kgr	$6 \times 10^{24}$ kgr $7,4 \times 10^{22}$ kgr	μάζα Γης μάζα Σελήνης
Χρόνος	sec (δευτερόλεπτο)	sec   msec = $10^{(-3)}$ sec   min = 60sec   h = 60 min	0,07 sec	χρόνος GPS

	μονάδα SI	μονάδα που χρησιμοποιείται	τάξη μεγέθους	
Γωνιακή μέτρηση	rad (ακτίνιο)	μοίρα τόξου (°) = $\pi/180$ rad = 60' = 3600"   grad = $\pi/200$ rad		περίμετρος κύκλου ακτίνας R $2\pi R$ εμβαδό κύκλου ακτίνας R $\pi R^2$
Γωνιακή ταχύτητα	rad/sec	rad/sec	$7,292 \times 10^{-5}$	ταχύτητα περιστροφής Γης
Γραμμική Ταχύτητα	m/sec	m/sec   km/h = $10^3 \text{m}/3600 \text{sec}$   km/sec = $10^3 \text{m}/\text{sec}$	299792,458 km/sec	ταχύτητα του φωτός στο κενό
Πυκνότητα	kgr/m <sup>3</sup>	gr/cm <sup>3</sup> = $10^{-3}$ kgr/( $10^{-3}$ m) <sup>3</sup> = $10^2$ kgr/m <sup>3</sup>	2,67 gr/cm <sup>3</sup>	μέση πυκνότητα του γήινου φλοιού
Επιτάχυνση βαρύτητας	m/sec <sup>2</sup>	mGal = $10^{-5}$ m/sec <sup>2</sup>	9,78 m/sec <sup>2</sup>	η επιτάχυνση της βαρύτητας στον ισημερινό
Σταθερά παγκόσμιας έλξης	m <sup>3</sup> /(kgr*sec <sup>2</sup> )		$6.67259 \times 10^{-11}$	Αβεβαιότητα: $\pm 0.00085 \times 10^{-11}$

## ΓΝΩΡΙΜΙΑ ΜΕ ΤΟΝ ΠΛΑΝΗΤΗ ΓΗ

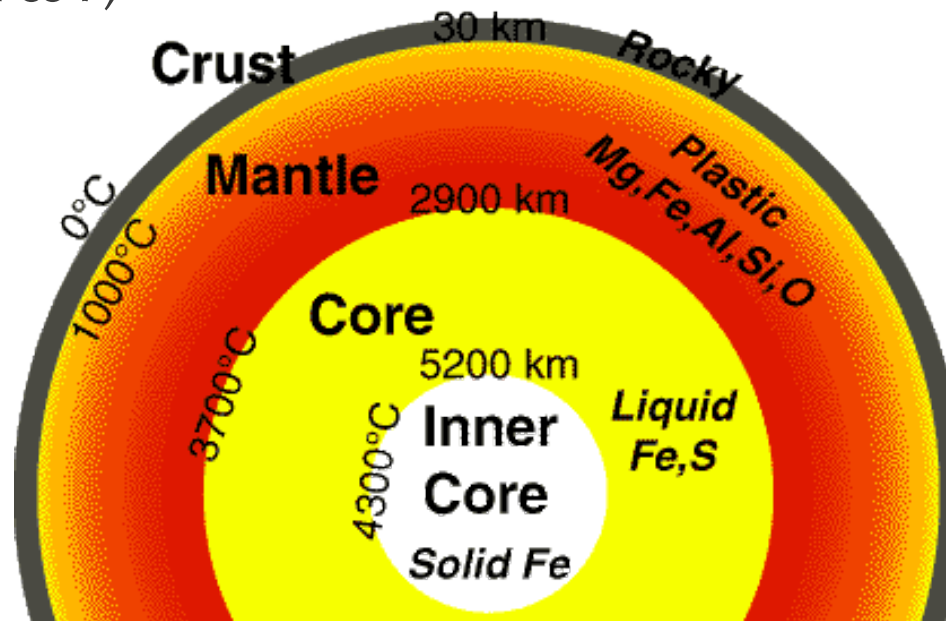
### ΤΑΥΤΟΤΗΤΑ

3ος πλανήτης του ηλιακού συστήματος

Ηλικία: 4,5 δισ. ετών

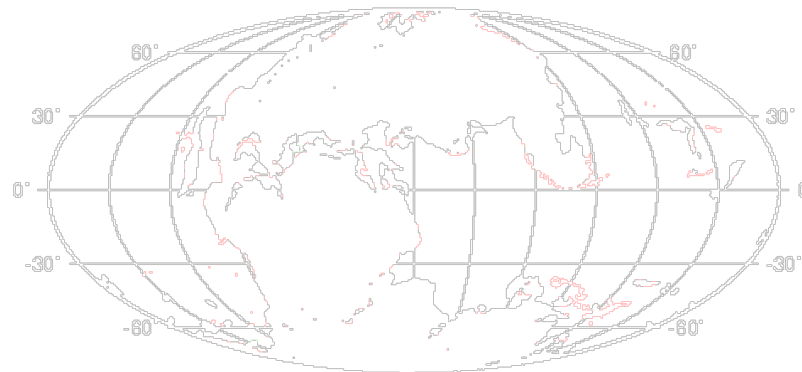
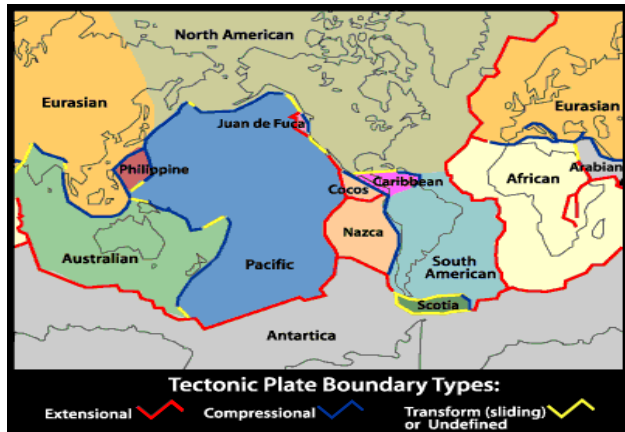
71% της γήινης επιφάνειας καλύπτεται από νερό

ΤΡΕΙΣ ΒΑΣΙΚΕΣ ΣΤΡΩΣΕΙΣ (βάσει της ταχύτητας διάδοσης των σεισμικών κυμάτων)



# ΕΝΕΡΓΟΣ ΠΛΑΝΗΤΗΣ: ΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ ΠΛΑΚΕΣ

## ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΤΕΚΤΟΝΙΚΩΝ ΠΛΑΚΩΝ ΜΙΚΡΟΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΙΣ

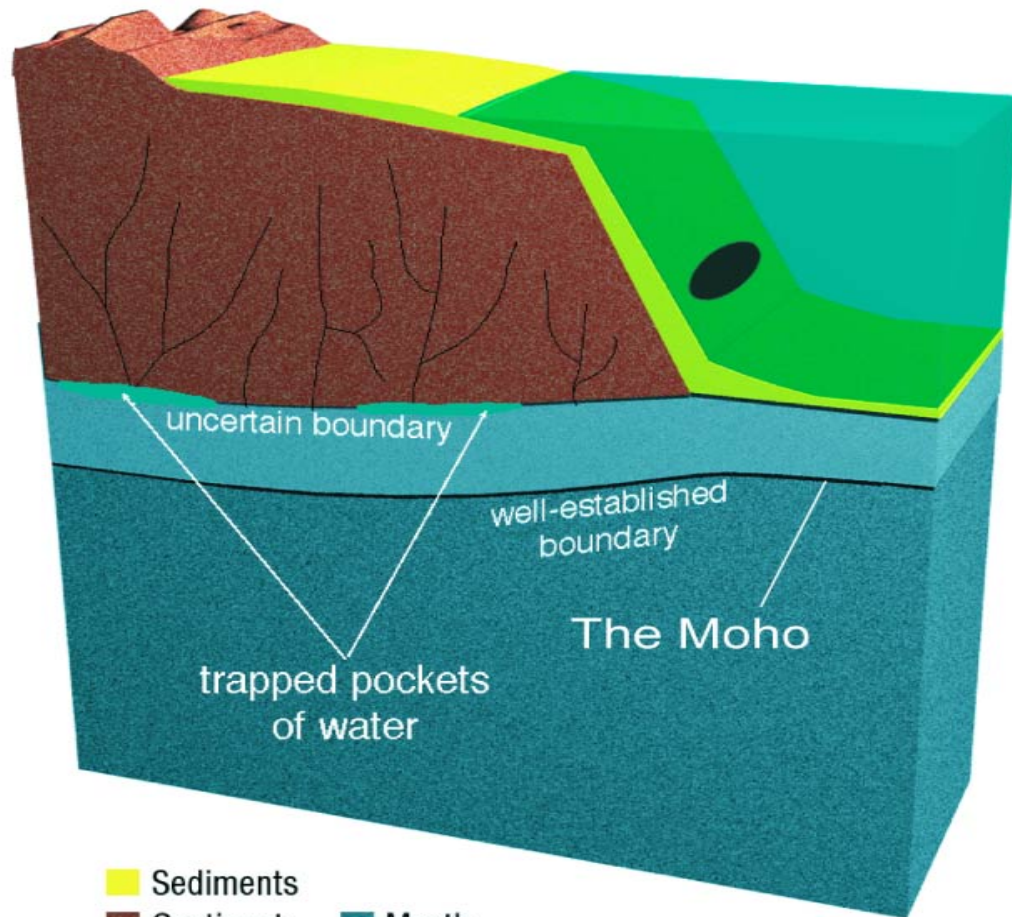


150 My Reconstruction

# ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΜΟΗΟΡΟΝΙΣΙΣ (ΜΟΗΟ)



Andrija Mohorovicic  
1857 - 1936



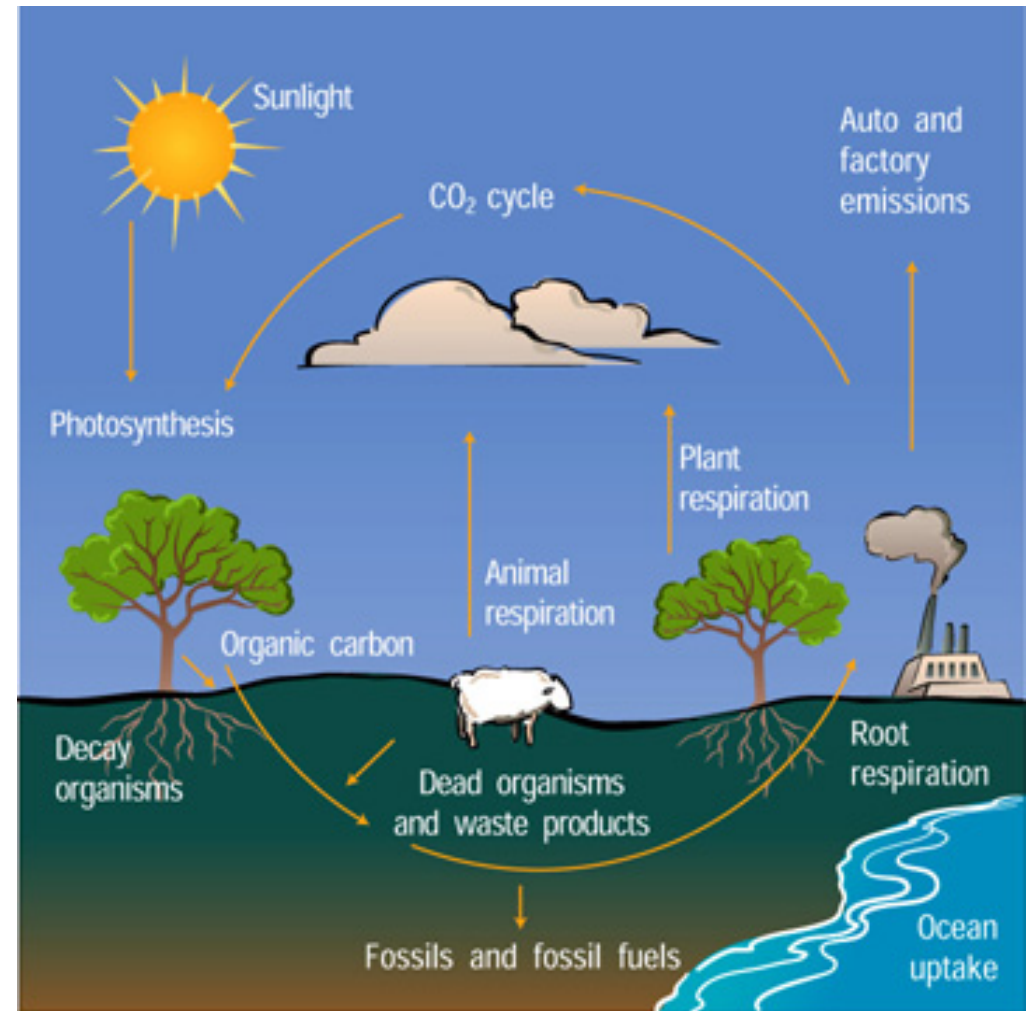
- Sediments
- Continent
- Basalt
- Mantle
- Methane Hydrates

## ΣΥΣΤΑΣΗ ΓΗΙΝΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ

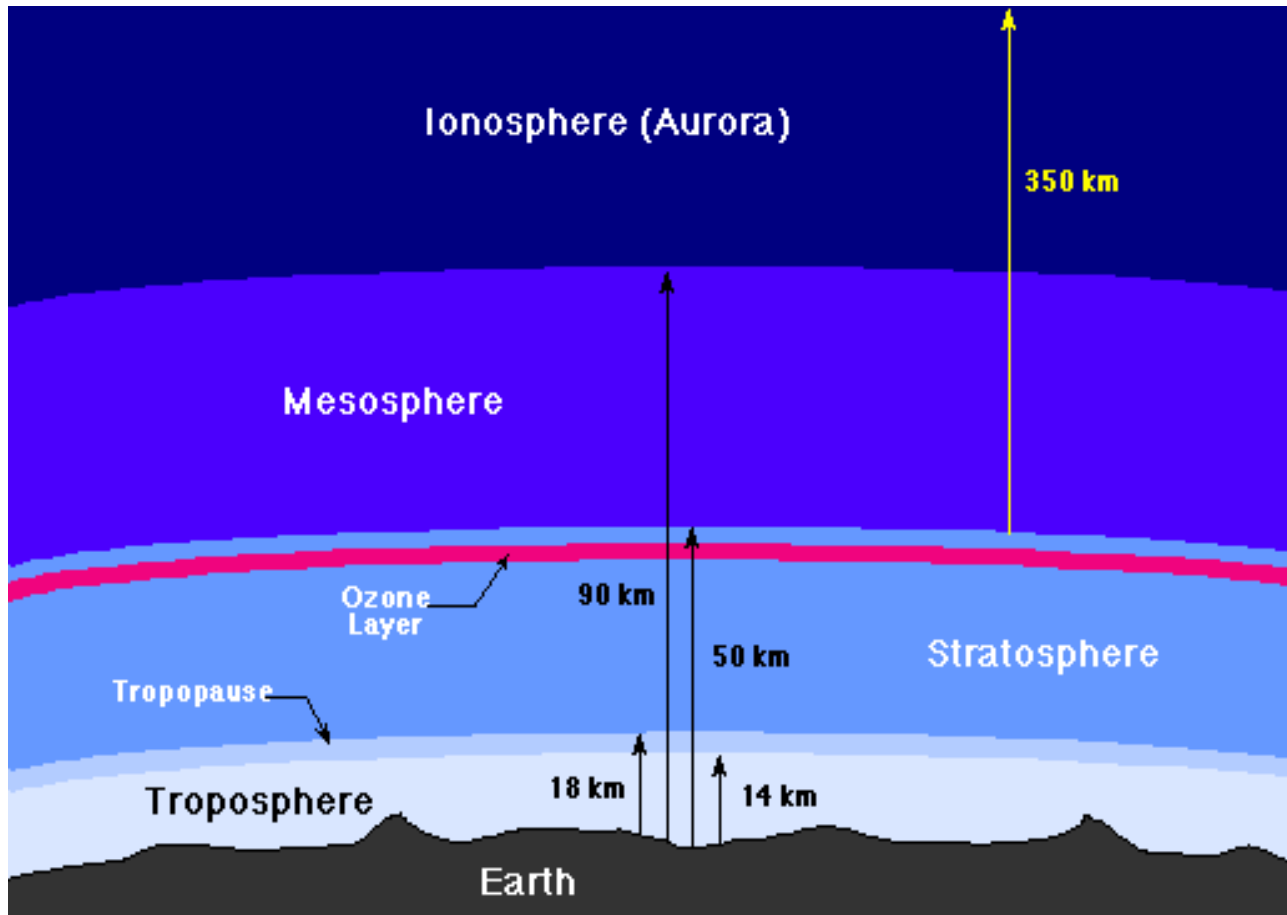
77% ΑΖΩΤΟ  
21% ΟΞΥΓΟΝΟ  
2% ΑΡΓΟ, ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ

## ΚΥΚΛΟΣ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ (carbon cycle):

ΣΥΝΕΧΗΣ ΡΟΗ: ΣΤΑΘΕΡΗ  
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ



# ΔΙΑΣΤΡΩΜΑΤΩΣΗ ΓΗΙΝΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ



## ΚΙΝΗΣΕΙΣ ΤΗΣ ΓΗΣ

### 1. ΠΕΡΙΦΟΡΑ ΓΥΡΩ ΑΠΟ ΤΟΝ ΗΛΙΟ

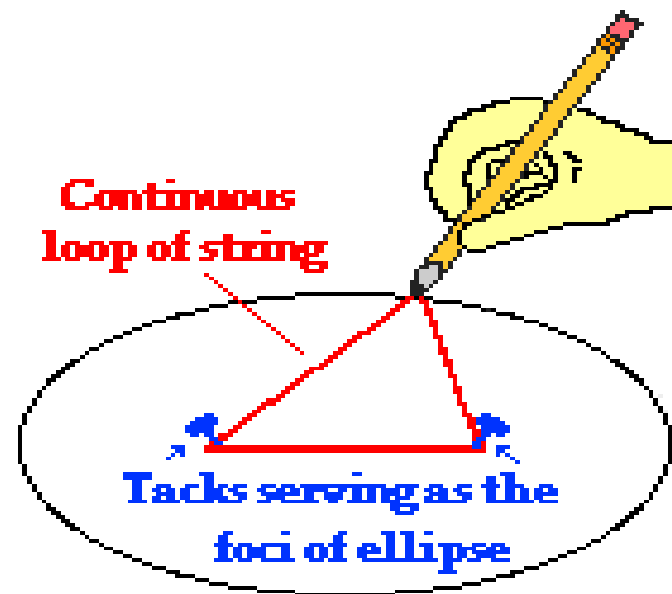
Εφαρμόζονται οι νόμοι του Kepler για την κίνηση των πλανητών

#### 1ος νόμος

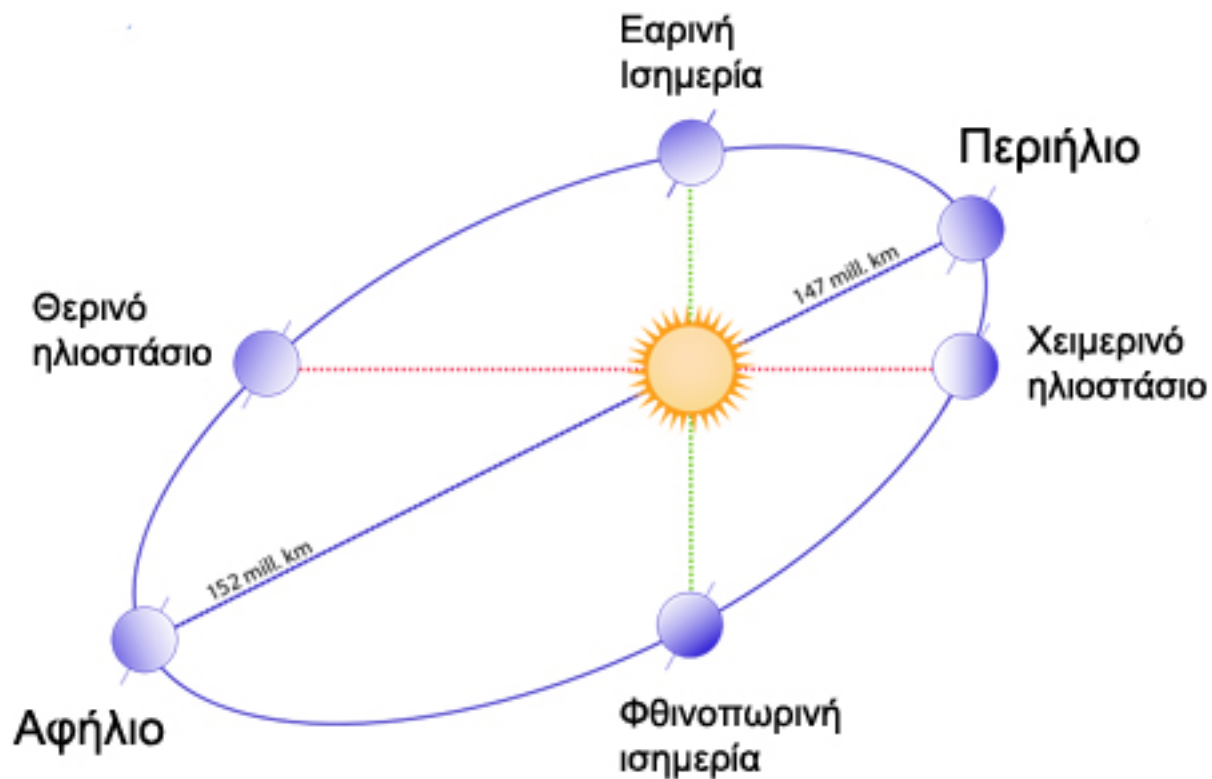
Η Γη πραγματοποιεί ελλειπτική τροχιά, στη μία εστία της οποίας βρίσκεται ο Ήλιος

**Περιήλιο:** 3 Ιανουαρίου ( $147 \times 10^6$  km)

**Αφήλιο:** 4 Ιουνίου ( $152 \times 10^6$  km)



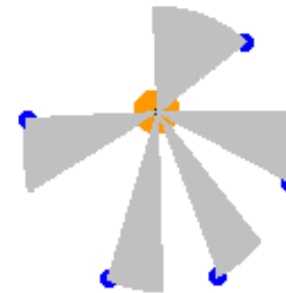
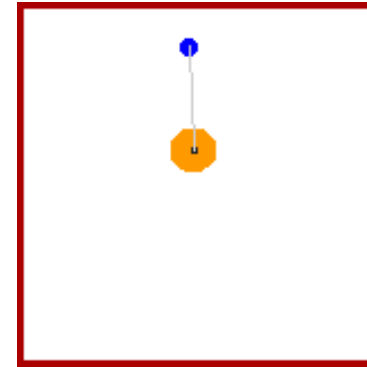
# ΚΙΝΗΣΕΙΣ ΤΗΣ ΓΗΣ



## 2ος νόμος

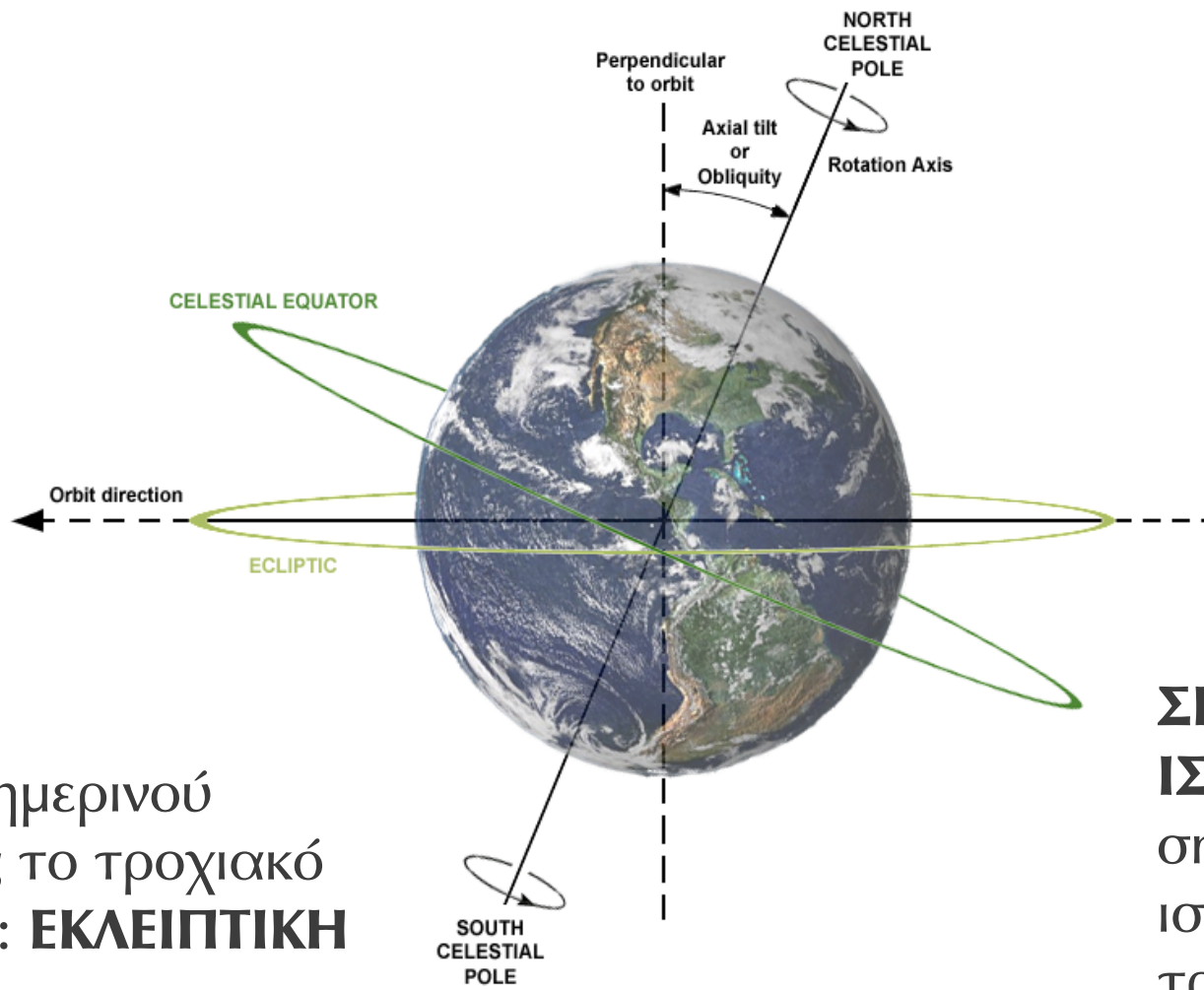
Η Γη διαγράφει σε ίσους χρόνους  
ίσα εμβαδά (ελλειπτικούς τομείς) με  
εστία τον Ήλιο

Η μέση τροχιακή ταχύτητα  
περιφοράς γύρω από τον Ήλιο είναι  
107 km/h



The areas of all  
triangles are the  
same size  
-Kepler's law of  
Equal Areas -

# ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΤΗΣ ΓΗΙΝΗΣ ΤΡΟΧΙΑΣ



Κλίση ισημερινού  
ως προς το τροχιακό  
επίπεδο: **ΕΚΛΕΙΠΤΙΚΗ**  
 $23^{\circ}27'$

**ΣΗΜΕΙΟ ΕΑΡΙΝΩΝ  
ΙΣΗΜΕΡΙΩΝ ( $\gamma$ ):** Το  
σημείο τομής  
ισημερινου με το  
τροχιακό επίπεδο

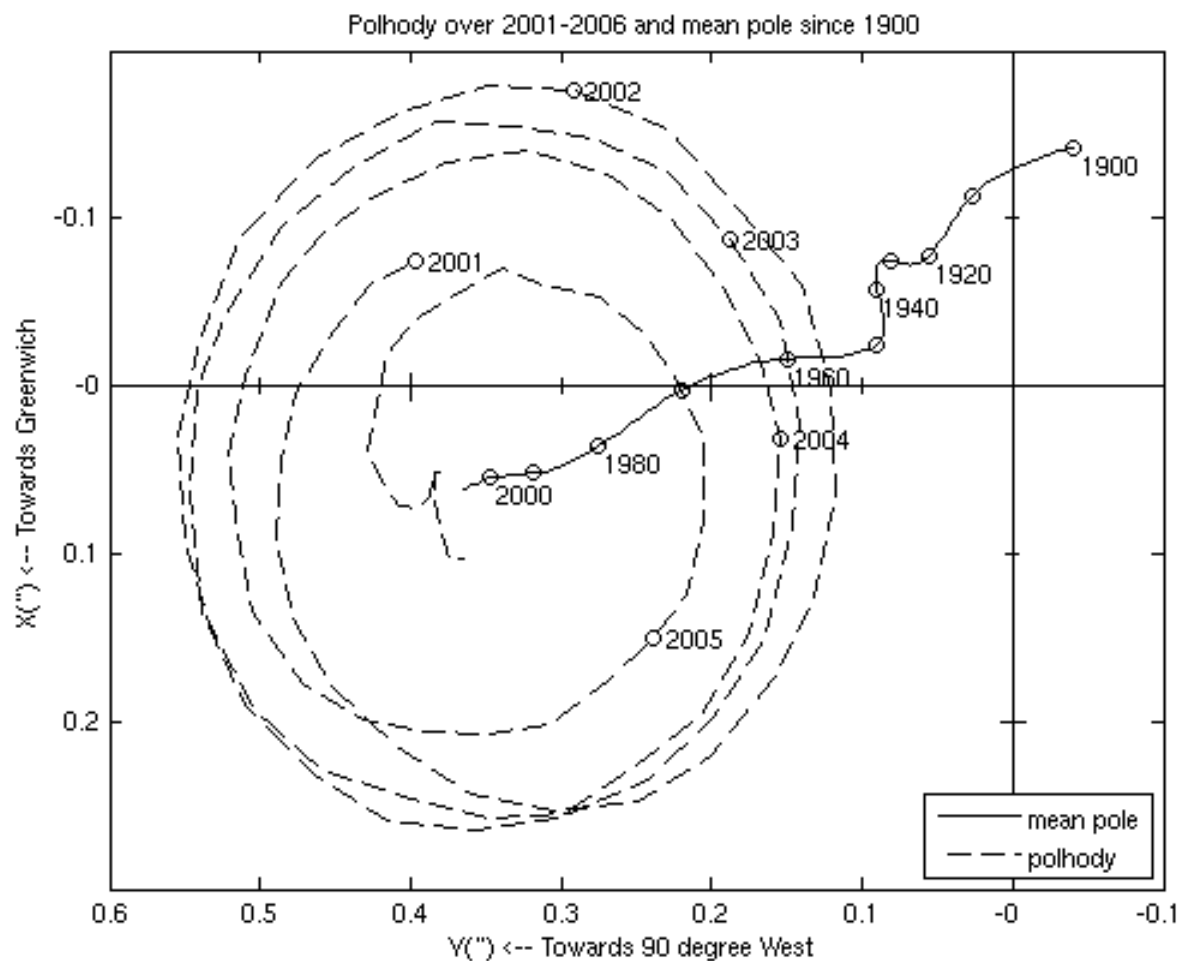
## ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗ ΤΗΣ ΓΗΣ

- **Ηλιακή ημέρα:** διάστημα μεταξύ δύο ηλιακών άνω μεσουρανήσεων πάνω από τον ίδιο τόπο (**24h 4min**)
- **Αστρική ημέρα:** διάστημα μεταξύ δύο άνω μεσουρανήσεων του σημείου των εαρινών ισημεριών πάνω από τον ίδιο τόπο (**23h 56min**)
- *Περίοδος περιστροφής σταθερή:* έννοια του χρόνου
- Γωνιακή ταχύτητα σχεδόν σταθερή:  $\omega = 7,3 \times 10^{-5}$  rad/sec
- Οι μεταβολές στη γωνιακή ταχύτητα περιστροφής σχετίζονται με **περιοδικά φαινόμενα** (παλίρροιες), αλλά και **μη περιοδικά** (γεωδυναμικά φαινόμενα, μεγάλοι σεισμοί)

## ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΚΙΝΗΣΕΙΣ: ΚΙΝΗΣΗ ΠΟΛΟΥ

- Γη: ανομοιογενές σώμα με ένα σύνολο δυναμικών δράσεων στο εσωτερικό και εξωτερικό του: **ΚΙΝΗΣΗ ΤΟΥ ΠΟΛΟΥ**
- Η κίνηση περιγράφεται ως προς ένα **μέσο πόλο αναφοράς**
- Η παρατήρηση της κίνησης του πόλου πραγματοποιείται σήμερα χρησιμοποιώντας αστρονομικές ή σύγχρονες διαστημικές μεθόδους (π.χ., GPS, VLBI)

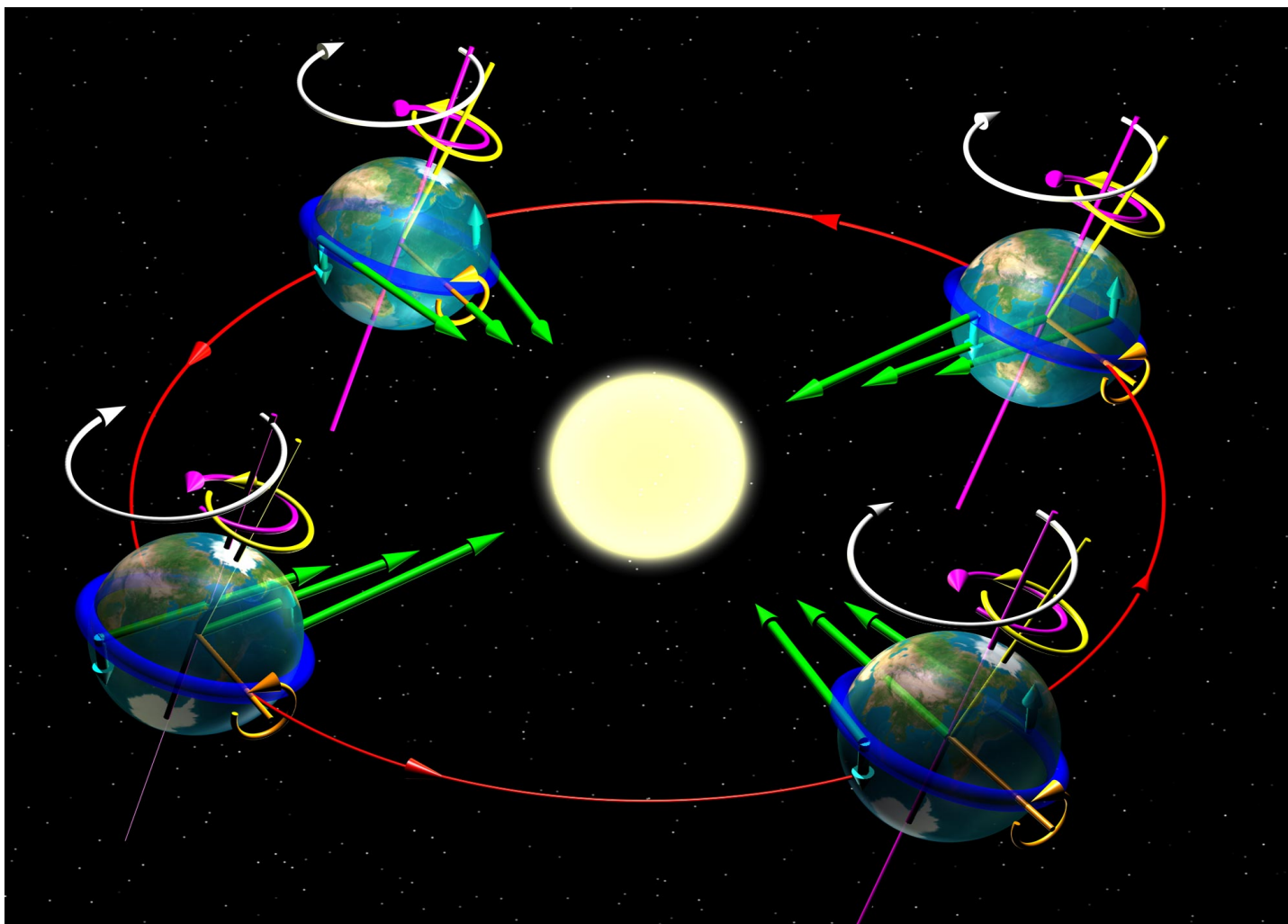
## ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΚΙΝΗΣΕΙΣ: ΚΙΝΗΣΗ ΠΟΛΟΥ



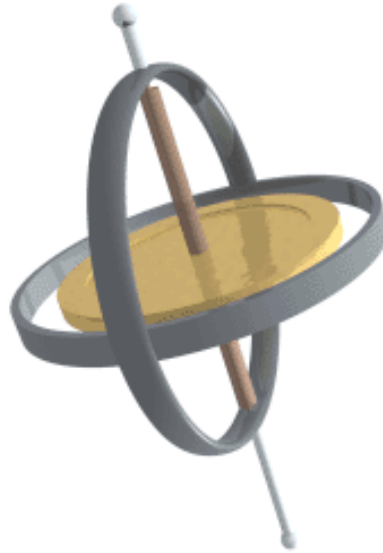
## ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΚΙΝΗΣΕΙΣ: ΜΕΤΑΠΤΩΣΗ

- Η γήινη επιπλάτυνση σε συνδυασμό με τις έλξεις Ηλίου και Σελήνης οδηγεί σε επιπλέον κινήσεις: **μετάπτωση και κλόνιση**
- **Μετάπτωση:** μικρή γωνιακή μεταβολή του άξονα περιστροφής της Γης
- Αντίσταση της πεπλατυσμένης Γης σε κάθε δύναμη που προσπαθεί να μεταβάλλει τη γωνία κλίσης του άξονα της
- Εξαναγκασμός του άξονα περιστροφής: επιφάνεια κώνου στο χώρο. Περίοδος 26000 χρόνια
- *Κίνηση σβούρας*

# ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΚΙΝΗΣΕΙΣ: ΜΕΤΑΠΤΩΣΗ



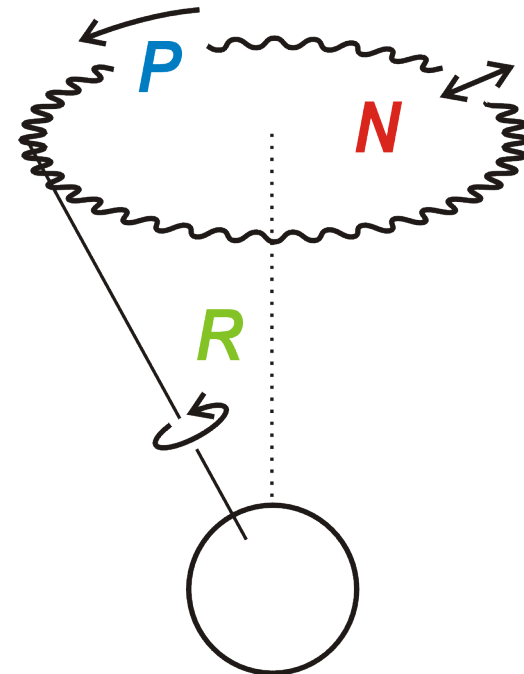
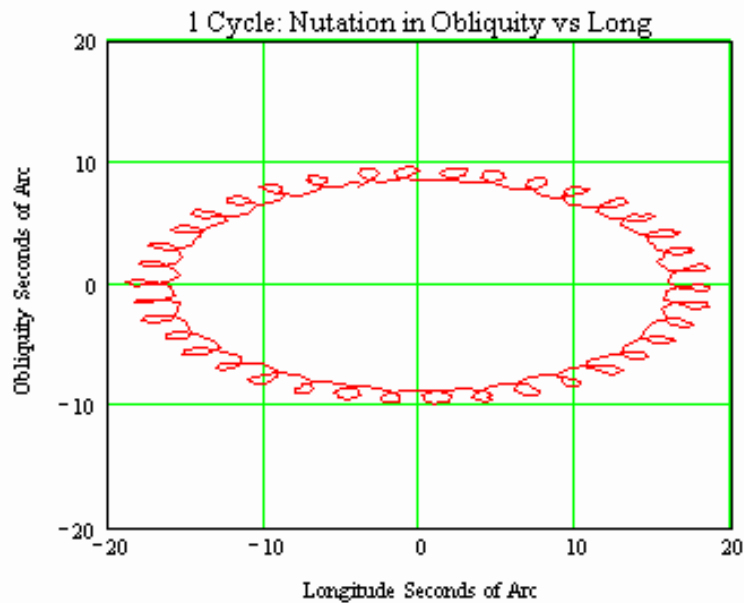
# ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΚΙΝΗΣΕΙΣ: ΜΕΤΑΠΤΩΣΗ



Κίνηση σβούρας

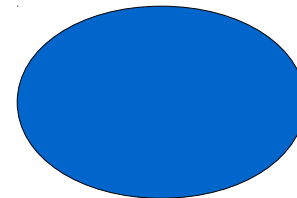
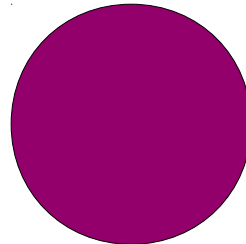
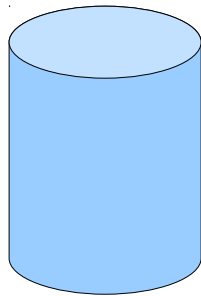
## ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΚΙΝΗΣΕΙΣ: ΚΛΟΝΙΣΗ

- Η κίνηση της μετάπτωσης δεν είναι σταθερή: κλόνιση
- Κυματοειδής τροχιά
- Διόρθωση 1 arcsec κάθε χρόνο



## ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΣΤΗΝ ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΣ ΓΕΩΔΑΙΣΙΑΣ

- Ανάλογα με την επικρατούσα άποψη για το σχήμα της Γης
- Ανάλογα με την μορφή των μετρήσεων που χρησιμοποιήθηκαν
- Ανάλογα με την ακρίβεια της αναπαράστασης της πραγματικότητας



## 1η ΠΕΡΙΟΔΟΣ: Πριν από τον 7ο αιώνα π.Χ.

- Αρχαία Αίγυπτος: Τοπογραφικές γνώσεις για τον επακαθορισμό των ορίων των χωραφιών
- Γνώση περί της σφαιρικής προσέγγισης της Γης: πυραμίδα Χέοπτα:  $1/120$  της μοίρας μεσημβρινού



## 2η ΠΕΡΙΟΔΟΣ: 7ο αιώνας π.Χ. - 2ος αιώνας π.Χ.

- Ελληνική περίοδος
- Αναγνώριση του σφαιρικού σχήματος της Γης
- Άξονας περιστροφής
- Κυκλικές κινήσεις αστέρων
- Πρώτες χαρτογραφήσεις γης και ουρανού
- Εισαγωγή των συντεταγμένων
- Πρώτη προσέγγιση του σχήματος και των διαστάσεων της Γης
- Χαρτογραφικές προβολές

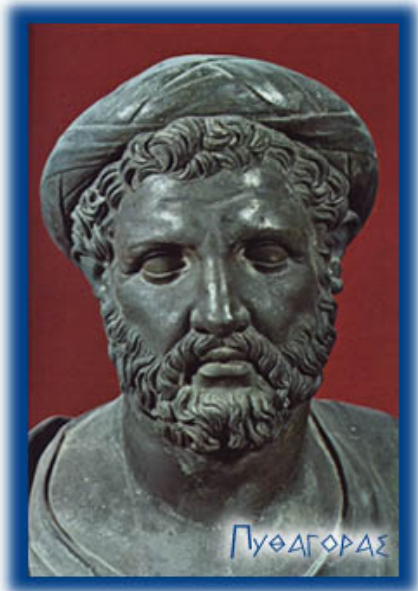
## 2η ΠΕΡΙΟΔΟΣ: 7ο αιώνας π.Χ. - 2ος αιώνας π.Χ.



**ΘΑΛΗΣ Ο ΜΙΛΗΣΙΟΣ**  
624 π.Χ – 546 π.Χ.

- Σφαιρική Γη
- Άξονας περιστροφής
- Ηλιακό ρολόι

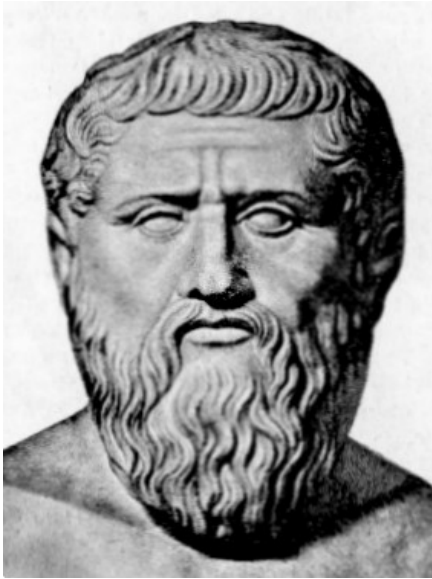
## 2η ΠΕΡΙΟΔΟΣ: 7ο αιώνας π.Χ. - 2ος αιώνας π.Χ.



- Η Γη και τα άστρα διαγράφουν κυκλικές τροχιές γύρω από μία εστία
- Πρώτη μέτρηση τόξου  $1^\circ$  της γήινης σφαίρας

**ΠΥΘΑΓΟΡΑΣ Ο ΣΑΜΙΟΣ**  
580 π.Χ – 490 π.Χ.

## 2η ΠΕΡΙΟΔΟΣ: 7ο αιώνας π.Χ. - 2ος αιώνας π.Χ.



**ΠΛΑΤΩΝ**  
428 π.Χ – 348 π.Χ.

- Η Γη το κέντρο του σύμπαντος σε ακινησία
- Θεωρία των αντιπόδων σημείων (σημεία με αντίθετη διεύθυνση της κατακορύφου)
- Αποδοχή της γήινης σφαιρικότητας

## 2η ΠΕΡΙΟΔΟΣ: 7ο αιώνας π.Χ. - 2ος αιώνας π.Χ.



**ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΗΣ**  
384 π.Χ – 322 π.Χ.

- Αποδοχή των θεωριών του Πλάτωνα
- Η μόνη ιδανική κίνηση στη φύση η κυκλική
- Πρώτες ιδέες της Ουράνιας Μηχανικής

## 2η ΠΕΡΙΟΔΟΣ: 7ο αιώνας π.Χ. - 2ος αιώνας π.Χ.



- Ερμηνεία της κίνησης των αστέρων
- *Ρόδο των Ανέμων*: χάρτης 12 χαρακτηριστικών διευθύνσεων προσανατολισμένος στον ορίζοντα της Ρόδου

ΕΥΔΟΞΟΣ Ο ΚΝΙΔΙΟΣ  
407π.Χ – 357 π.Χ.

## 2η ΠΕΡΙΟΔΟΣ: 7ο αιώνας π.Χ. - 2ος αιώνας π.Χ.

- Καθιερώνει το σύστημα των αξόνων ορθογωνίων συντεταγμένων
- Άξονας Ανατολής - Δύσης: διεύθυνση μηκών
- Άξονας Βορράς - Νότου: διεύθυνση των πλατών
- Γεωγραφικός κάρναβος

ΔΙΚΑΙΑΡΧΟΣ Ο  
ΜΕΣΣΗΝΙΟΣ  
350 π.Χ – 285 π.Χ.

## 2η ΠΕΡΙΟΔΟΣ: 7ο αιώνας π.Χ. - 2ος αιώνας π.Χ.



Αρίσταρχος ο Σάμιος  
320 π.Χ – 250 π.Χ.

- Πρώτος που αναφέρεται στην ηλιοκεντρική θεωρία
- Αρχιμήδης: *“...Αλλά ο Αρίσταρχος έγραψε ένα βιβλίο, που περιέχει ορισμένες προτάσεις, από τις οποίες συμπεραίνεται ότι ο πραγματικός κόσμος είναι πολύ μεγαλύτερος. Πιστεύεται ότι οι απλανείς αστέρες και ο Ήλιος είναι ακίνητοι, ότι η Γη κινείται γύρω από τον Ήλιο σε κυκλική τροχιά, που στο κέντρο της βρίσκεται ο Ήλιος...”*

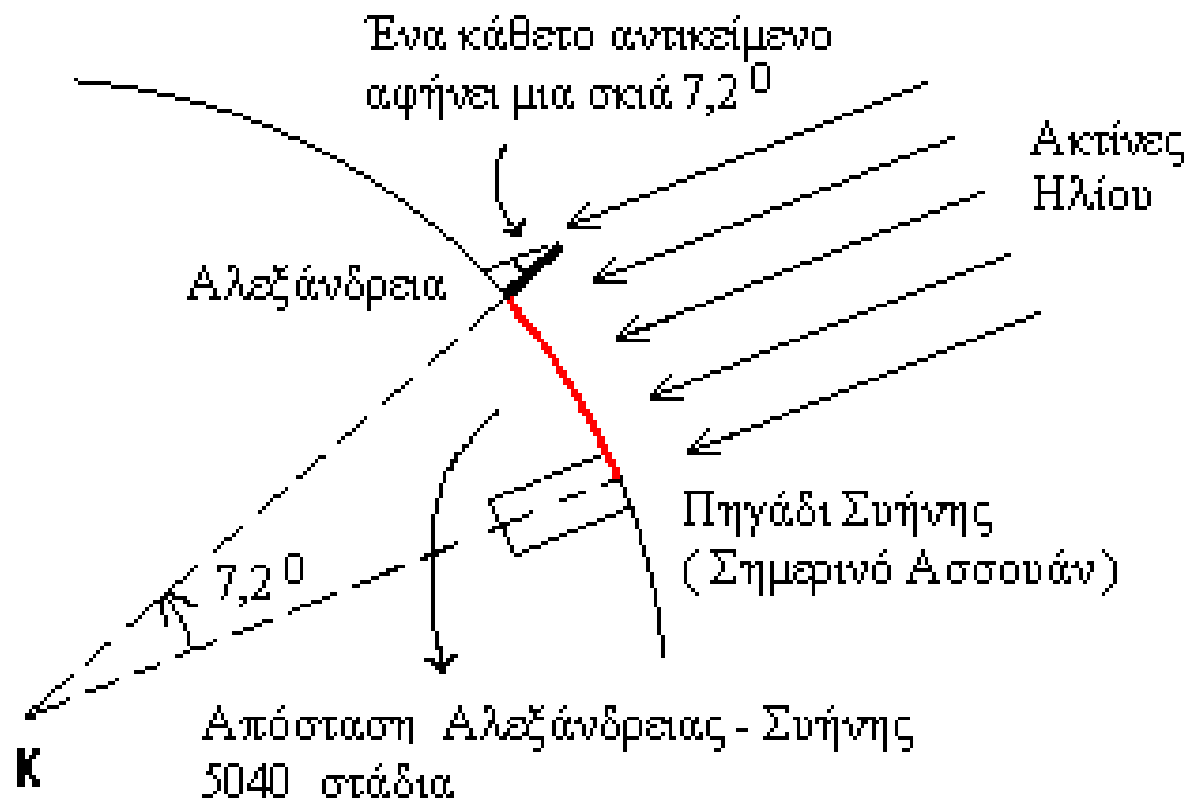
## 2η ΠΕΡΙΟΔΟΣ: 7ο αιώνας π.Χ. - 2ος αιώνας π.Χ.



**ΕΡΑΤΟΣΘΕΝΗΣ Ο  
ΚΥΡΗΝΑΙΟΣ  
276 π.Χ – 194 π.Χ.**

- Πρώτη μέτρηση της ακτίνας της Γης
- Στράβωνας: "όντως δε κατ' Ερατοσθένη του ισημερινού κύκλου σταδίων μυριάδων πέντε και είκοσι και δισχιλίων" (252000 στάδια - 1 στάδιο  $\approx$  158 m)
- 39891600 m περιφέρεια:  
 $R = \text{περιφέρεια} / (2\pi) = 6349 \text{ km}$   
 ακτίνα της Γης ( $\approx 1\%$  μικρότερη από την πραγματική τιμη!!!!)

## Η ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΟΥ ΕΡΑΤΟΣΘΕΝΗ



## 2η ΠΕΡΙΟΔΟΣ: 7ο αιώνας π.Χ. - 2ος αιώνας π.Χ.



**ΙΠΠΑΡΧΟΣ Ο ΝΙΚΑΕΥΣ**  
190 π.Χ – 120 π.Χ.

- Πατέρας της Αστρονομίας
- Αστρονομικές μεθόδους για τον προσδιορισμό θέσεων στην επιφάνεια της Γης
- Παρατηρεί τη μετάπτωση των ισημεριών: Έκφραση του Νόμου της Παγκόσμιας Έλξης
- Μεσημβρινός της Ρόδου
- Στερεογραφική και ορθογραφική χαρτογραφική προβολή

## 2η ΠΕΡΙΟΔΟΣ: 7ο αιώνας π.Χ. - 2ος αιώνας π.Χ.

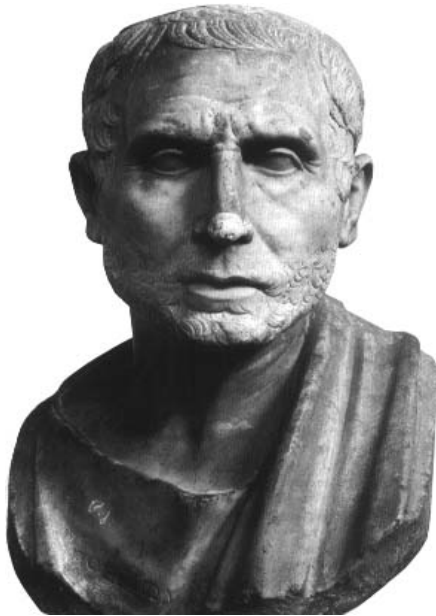


**ΙΠΠΑΡΧΟΣ Ο ΝΙΚΑΕΥΣ**  
190 π.Χ – 120 π.Χ.

- Αστρολάβος Αντικυθήρων
- Ανακαλύφθηκε σε ναυάγιο κοντά στα Αντικύθηρα (1900 μ.Χ.)
- Η κατασκευή του αποδίδεται στο Ίππαρχο



## 2η ΠΕΡΙΟΔΟΣ: 7ο αιώνας π.Χ. - 2ος αιώνας π.Χ.



**ΠΟΣΕΙΔΩΝΙΟΣ Ο  
ΑΠΑΜΕΥΣ**  
135 π.Χ – 51 π.Χ.

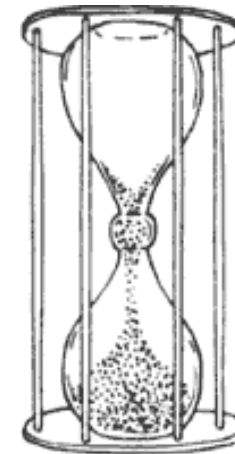
- Δεύτερη μέτρηση των διαστάσεων της σφαιρικής Γης
- Αστρονομικές παρατηρήσεις
- Τιμή ακτίνας μικρότερη από την πραγματική
- Σφάλματα μετρήσεων λόγω διάθλασης

## **3η ΠΕΡΙΟΔΟΣ: 2ο αιώνας π.Χ. - 9ος αιώνας μ.Χ.**

- Συμβολισμός - Μυστικισμός της Χριστιανικής Θεολογίας
- Αντίληψη ότι η Γη είναι επίπεδη!
- Χάρτες T-O
- Περίοδος των Αράβων
- 813 μ.Χ.: Χαλίφης Αλ-Μαμούν: μήκος γήινης περιμέτρου 39780 km

## 4η ΠΕΡΙΟΔΟΣ: 10ος αιώνας μ.Χ. - 14ος αιώνας μ.Χ.

- Μεσαίωνας: Σκοταδισμός και συντέλεια του κόσμου!
- Άραβες: συνέχεια του επιστημονικού τους έργου στα πανεπιστήμια της Μαυριτανίας (Ισπανία)
- Ουράνια Σφαίρα της Βαλένθια - Κλεψύδρες μέτρησης χρόνου



## 5η ΠΕΡΙΟΔΟΣ: 15ος αιώνας μ.Χ. - 17ος αιώνας μ.Χ.



- Τέταρτη μέτρηση των διαστάσεων της σφαιρικής Γης
- Μέτρηση του τόξου Παρίσι - Αμιένη
- Αστρονομικές παρατηρήσεις
- Ακτίνα γήινης σφαίρας 6340 km (Lalande)

*Quaerere obscuro latet abdita causa recessu,  
Fernelij docto nota labore patet.*

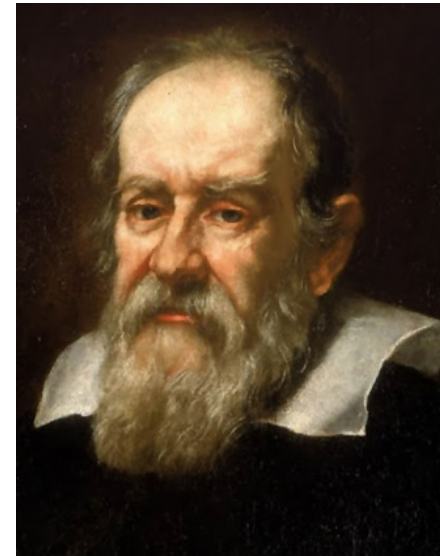
H. Sur.

**Fernel ή Fernelius**  
**1497 - 1558**

## 5η ΠΕΡΙΟΔΟΣ: 15ος αιώνας μ.Χ. - 17ος αιώνας μ.Χ.



**Johannes Kepler**  
1571 - 1630



**Galileo Galilei**  
1564 - 1642

- Νέες θεωρίες (Νόμοι Kepler για την πλανητική κίνηση)
- Νέες πειραματικές μέθοδοι (τηλεσκόπια, εκκρεμή, χρονόμετρα)

## 5η ΠΕΡΙΟΔΟΣ: 15ος αιώνας μ.Χ. - 17ος αιώνας μ.Χ.



- Τεκμηρίωση της ηλιοκεντρικής θεωρίας του Αρίσταρχου με αστρονομικές παρατηρήσεις
- Μόλις το 16ο αιώνα μ.Χ. γίνεται αποδεκτό αυτό που είχε προταθεί ήδη από τον 3ο αιώνα π.Χ.

**Nicolaus Copernicus**  
**1473 - 1543**

## 5η ΠΕΡΙΟΔΟΣ: 15ος αιώνας μ.Χ. - 17ος αιώνας μ.Χ.



**Snellius**  
**1580 - 1626**

- Νέα Γεωδαιτική εποχή με την εισαγωγή της μεθόδου του τριγωνισμού, της μέτρησης γωνιών και μηκών για τον προσδιορισμό συντεταγμένων
- 1670: Πρώτη επιστημονική μέτρηση των διαστάσεων της Γης: τόξο μεσημβρινού  $1^\circ = 111.212 \text{ km}$  (Picard)
- Πρώτο κρατικό τριγωνομετρικό δίκτυο (Γαλλία - Grande Carte de France)

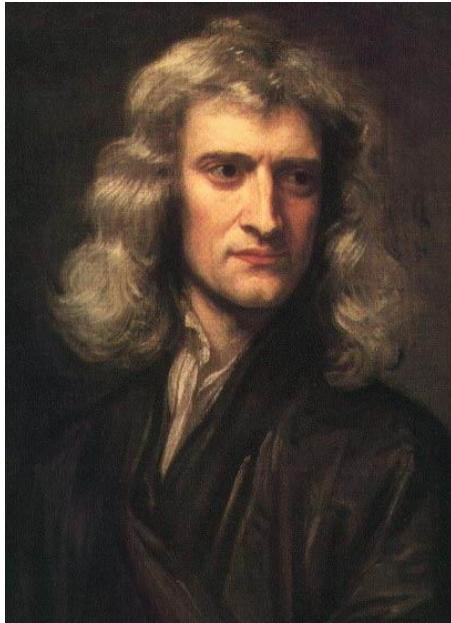
## 5η ΠΕΡΙΟΔΟΣ: 15ος αιώνας μ.Χ. - 17ος αιώνας μ.Χ.



**Giovanni Cassini**  
**1625 - 1712**

- Πρώτες μετρήσεις τόξου μεσημβρινού σε διάφορα πλάτη
- Απόδειξη του ελλειψοειδούς σχήματος της Γης
- ΛΑΘΟΣ: ελλειψοειδές πεπλατυσμένο στο ισημερινό

## 5η ΠΕΡΙΟΔΟΣ: 15ος αιώνας μ.Χ. - 17ος αιώνας μ.Χ.



**Sir Isaac Newton**  
**1643 - 1727**

- 1687: Νόμος της Παγκόσμιας Έλξης: θεωρητική απόδειξη της ελλειψοειδούς προσέγγισης πεπλατυσμένης στους πόλους
- Βαρυτημετρικές, αστρονομικές και γεωμετρικές παρατηρήσεις απέδειξαν τη θεωρία
- Γεωμετρική επιπλάτυνση

$$f = \frac{a - b}{a}$$

## 6η ΠΕΡΙΟΔΟΣ: 18ος αιώνας μ.Χ. - 19ος αιώνας μ.Χ.



**Alexis Clairaut**  
**1713 - 1765**

- 1738: γεωμετρική επιπλάτυνση από καθαρά δυναμικά μεγέθη

$$f \approx \frac{5}{2}m - \frac{\gamma_b - \gamma_a}{\gamma_a} \quad m = \frac{\omega^2 a}{\gamma_a}$$

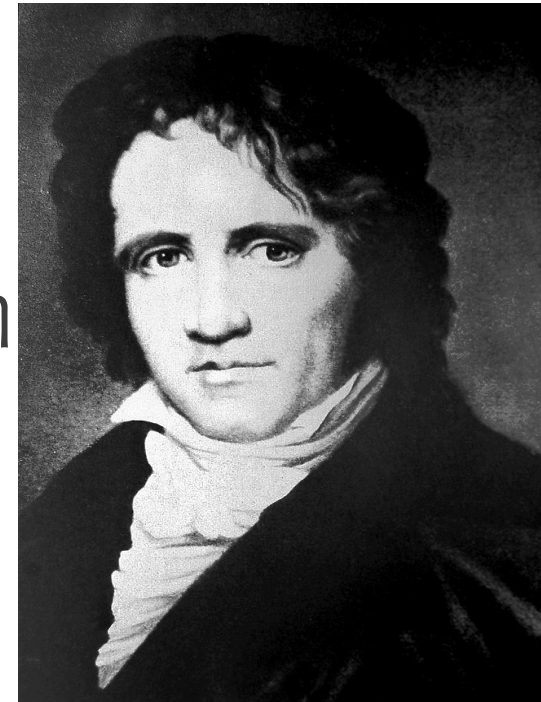
- Η γεωμετρική επιπλάτυνση μπορεί να προκύψει από μετρήσεις βαρύτητας
- Εισαγωγή του γήινου πεδίου βαρύτητας στον ορισμό

## 6η ΠΕΡΙΟΔΟΣ: 18ος αιώνας μ.Χ. - 19ος αιώνας μ.Χ.



**Carl Friedrich Gauss**  
1777 - 1855

- Τριγωνισμοί Αννόβερο και Πρωσία
- Υπολογιστικές μέθοδοι στηριζόμενες στη συνόρθωση των παρατηρήσεων
- Πρώτη αμφισβήτηση της καταλληλότητας του ελλειψοειδούς μοντέλου



**Friedrich W. Bessel**  
1784 - 1846

## 6η ΠΕΡΙΟΔΟΣ: 18ος αιώνας μ.Χ. - 19ος αιώνας μ.Χ.



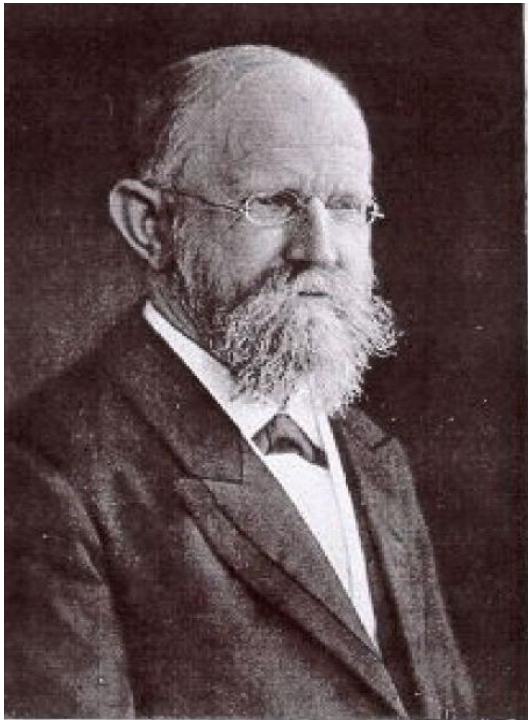
**Pierre-Simon Laplace**  
**1749 - 1827**

- “...η απόκλιση μεταξύ της κατακορύφου (νήματος της στάθμης) που αναφέρονται οι φυσικές παρατηρήσεις και της καθέτου στο ελλειψοειδές μοντέλο δεν μπορεί να αγνοηθεί...”
- Ασυμφωνίες στις μετρήσεις τόξων για τον προσδιορισμό των παραμέτρων του ελλειψοειδούς
- Πρώτος διαχωρισμός της φυσικής επιφάνειας, της μαθηματικής επιφάνειας (γεωειδές) και της επιφάνειας αναφοράς που την προσεγγίζει (ελλειψοειδές)

## 6η ΠΕΡΙΟΔΟΣ: 18ος αιώνας μ.Χ. - 19ος αιώνας μ.Χ.

- Οι αποκλίσεις της κατακορύφου αντιμετωπίζονται ως τυχαία σφάλματα
- Συνεχίζεται η μέτρηση των τόξων για τον υπολογισμό των παραμέτρων του ελλειψοειδούς
- Εύρεση του “καλύτερα προσαρμοζόμενου” ελλειψοειδούς στο γεωειδές τοπικά
- Σημεία αναφοράς που αποτελούν τη βάση των γεωδαιτικών εφαρμογών ακόμη και σήμερα

## 6η ΠΕΡΙΟΔΟΣ: 18ος αιώνας μ.Χ. - 19ος αιώνας μ.Χ.



**Friedrich R. Helmert**  
**1843 - 1917**

- Πρώτος Γεωδαιτικός Συγγραφέας:  
“Μαθηματική και Φυσική Θεωρία της  
Γεωδαισίας” (1880)
- Εισαγωγή των αποκλίσεων της  
κατακορύφου στον υπολογισμό των  
παραμέτρων του ελλειψοειδούς  
μοντέλου.

## 6η ΠΕΡΙΟΔΟΣ: 18ος αιώνας μ.Χ. - 19ος αιώνας μ.Χ.



- Πρώτη κλειστή σχέση για τον υπολογισμό του γεωειδούς από μετρήσεις βαρύτητας πάνω στην γήινη επιφάνεια
- Πρώτη λύση του *Γεωδαιτικού Προβλήματος Συνοριακών Τιμών* (*Geodetic Boundary Value Problem*)

**George G. Stokes**  
**1819 - 1903**

## ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΓΕΩΔΑΙΣΙΑ: 20ος - 21 αιώνας μ.Χ.

- Νέες μετρητικές διαδικασίες: αύξηση της ακρίβειας, της ταχύτητας και τη διακριτικής ικανότητας
- Νέα ελλειψοειδή αναφοράς: Helmert, Hayford, Bessel, Airy, Krassowski, Geodetic Reference System - GRS67, GRS80
- 1950 - 1960: Ηλεκτρομαγνητική μέθοδος μέτρησης αποστάσεων
- 1980: NAVSTAR - GPS: Ταχύτατος και ακριβής προσδιορισμός θέσης

## ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΓΕΩΔΑΙΣΙΑ: 20ος - 21 αιώνας μ.Χ.

- Σύγχρονες γεωδαιτικές αναζητήσεις: τρόποι σύνδεσης των κλασικών οριζόντιων και καθέτων δικτύων ελέγχου με τα συστήματα αναφοράς των δορυφορικών μεθόδων
- Γεωδαισία τεσσάρων διαστάσεων: μικρομετακινήσεις του στερεού φλοιού και μεταβολές στο πεδίο βαρύτητας
- Νέες δορυφορικές αποστολές: GRACE, CHAMP, GOCE, Galileo
- Μελέτη της μεταβολής της στάθμης των θαλασσών - Αλτιμετρία: Seasat, Geosat, ERS1,2, Topex/Poseidon, Jason-1,2

## ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

- 1889: Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού υπό τη διεύθυνση του κλιμακίου της Βιέννης (αντισυνταγματάρχης Hartl)
- Αστρονομικές συντεταγμένες στο βάθρο του Αστεροσκοπείου Αθηνών
- Δίκτυα Α', Β', Γ' και Δ' τάξης εν μέσω Βαλκανικών και Παγκοσμίων Πολέμων
- 1922: Σύνδεση με το ιταλικό δίκτυο μέσω Κέρκυρας
- 1928: Σύνδεση με το δίκτυο της Γιουγκοσλαβίας
- 1930 - 1934: Σύνδεση με τα Δωδεκάνησα και την Κρήτη

## ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

- 1962: Συστηματική αναθεώρηση των εθνικών δικτύων
- 1980: Πρώτη ενιαία συνόρθωση του δικτύου Α' τάξης - εξισώσεις συνθηκών - Εξισώσεις πλευρών και αζιμουθίων ως δεσμεύσεις
- 1986: Αναθεώρηση της λύσης - μέθοδος εξισώσεων παρατηρήσεων. Βέλτιστη προσαρμογή του ελλειψοειδούς στο γεωειδές
- 1988: 25702 σημεία όλων των τάξεων: 1 σημείο ανά 5 km<sup>2</sup>

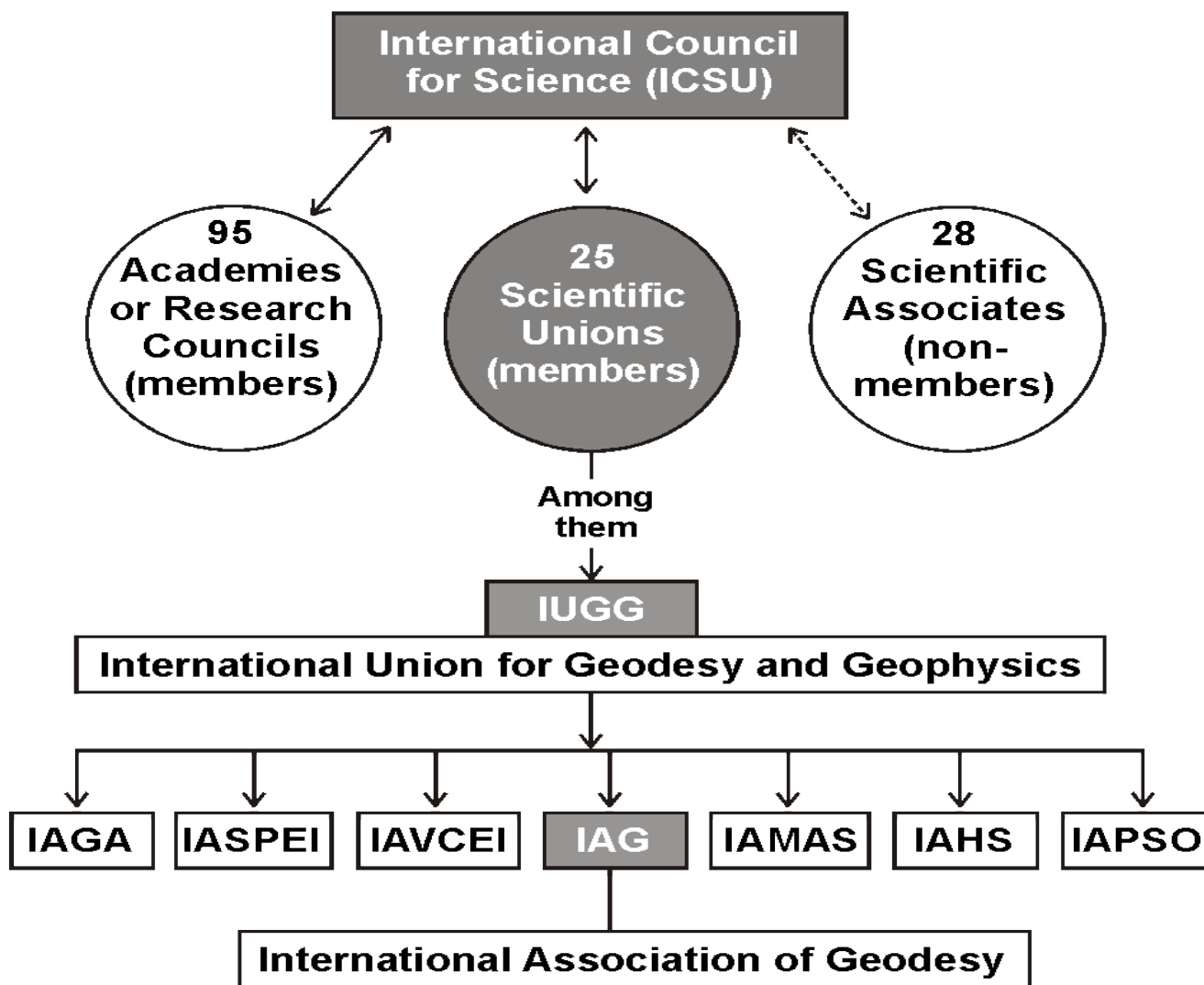
## ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

- 1987: ΟΚΧΕ: Νέο Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς (ΕΓΣΑ87)
- Εθνικό Κτηματολόγιο: ΕΓΣΑ87
- ΕΓΣΑ87: Κλασικές παρατηρήσεις 30 χρόνων: αναζήτηση νέου, αξιόπιστου και τεχνολογικά συμβατού συστήματος
- Γεωειδές: Λύσεις αστρογεωδαιτικές (Balodimos, 1972), βαρυτημετρικές (Arabelos, 1980), γεωφυσικές (Doufexoroulou, 1985), συνδυασμού (Τζιαβός, 1984 / Arabelos and Tziavos, 1990 / Tziavos and Andritsanos, 1998/ Andritsanos, 2000)

## ΔΙΕΘΝΗΣ ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΗ ΓΕΩΔΑΙΣΙΑ

- 1862: Κεντροευρωπαϊκή Ένωση Τόξων
- 1867: Ευρωπαϊκή Ένωση Τόξων (αποδοχή μετρικού συστήματος και ίδρυση Διεθνούς Γραφείου Μέτρων και Σταθμών)
- 1886: Διεθνής Ένωση Γεωδαισίας (International Association of Geodesy - IAG)
- 1919: Διεθνής Ένωση Γεωδαισία και Γεωφυσικής (International Union of Geodesy and Geodynamics - IUGG)

# ΔΙΕΘΝΗΣ ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΗ ΓΕΩΔΑΙΣΙΑ



Γεωδαισία

## ΔΙΕΘΝΗΣ ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΗ ΓΕΩΔΑΙΣΙΑ



<http://www.iugg.org>



A Constituent Association of IUGG

... advancing geodesy ...

<http://www.iag-aig.org>



## ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΑ ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΑ ΠΕΡΙΟΔΙΚΑ ΚΑΙ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Journal of Geodesy
- Proceedings of IAG
- Geophysical Journal International
- Journal of Geophysical Research
- Physics and Chemistry of the Earth
- EOS transactions
- IGS Reports, IERS Reports
- OSU Reports
- Finnish Geodetic Inst. Reports
- NASA Goddard Flight Center Technical Notes

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

1. Ορισμός της Γεωδαισίας
2. Συνδεση με τις Γεωεπιστήμες και τις ανθρώπινες δραστηριότητες
3. Ο πλανήτης από την ατμόσφαιρα ως τον πυρήνα
4. Οι κινήσεις του πλανήτη
5. Ιστορική αναδρομή στη Γεωδαισία
6. Διεθνής Συνεργασία στη Γεωδαισία