

# ΓΕΩΔΑΙΣΙΑ

(2η παρουσίαση)

Βασίλης Δ. Ανδριτσάνος  
Δρ. Αγρονόμος - 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

# ΜΟΝΤΕΛΑ ΚΑΙ ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ

Στόχος της Γεωδαισίας: Η προσέγγιση του σχήματος της Γης και του γήινου πεδίου βαρύτητας και η έκφρασή του με κατάλληλες μαθηματικές σχέσεις

Γήινο ανάγλυφο: πολύπλοκη επιφάνεια. Απαιτήση άπειρων σημείων με γνωστές συντεταγμένες

Πραγματικός χώρος των μετρήσεων ακατάλληλος από μαθηματική σκοπιά ως επιφάνεια αναφοράς - μοντέλο

**ΖΗΤΕΙΤΑΙ ΜΙΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΓΩΓΗ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ**

# ΜΟΝΤΕΛΑ ΚΑΙ ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ

## *1η ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΑΝΑΦΟΡΑΣ: ΤΟ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟ ΕΠΙΠΕΔΟ*

Κατάλληλη επιφάνεια για τη μελέτη μικρών γήινων εκτάσεων  
(5km × 5km)

Υλοποιείται μέσω της οριζοντίωσης των τοπογραφικών οργάνων:  
αεροστάθμη οριζοντίωσης

Οι κατακόρυφες σε κάθε σημείο του επιπέδου αναφοράς είναι  
παράλληλες μεταξύ τους: αμελητέα η γήινη καμπυλότητα

# ΜΟΝΤΕΛΑ ΚΑΙ ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ

## 1η ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΑΝΑΦΟΡΑΣ: ΤΟ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟ ΕΠΙΠΕΔΟ

### Πλεονεκτήματα

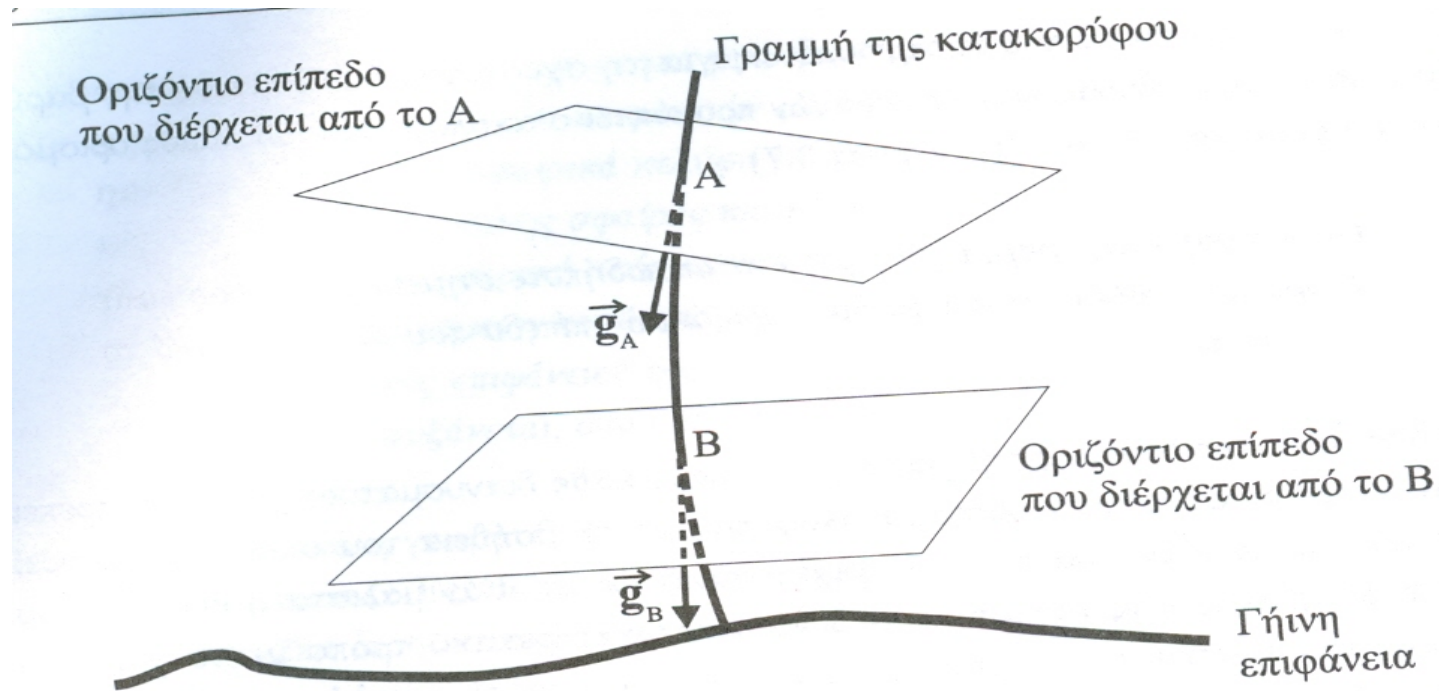
1. Απλή μαθηματική επιφάνεια
2. Κατάλληλη για συνήθεις τοπογραφικές εργασίες
3. Άμεση υλοποίηση από τα όργανα μετρήσεων

### Μειονεκτήματα

1. Ακατάλληλο για την αναπαράσταση μεγάλων γήινων εκτάσεων
2. Γήινη καμπυλότητα: καμπυλότητα των ισοδυναμικών γραμμών του πεδίου: μη παραλληλία κατακορύφων
3. Κάθε οριζόντιο επίπεδο και ένα νέο σύστημα αναφοράς: αυθαίρετο και ασύμφορο

# ΜΟΝΤΕΛΑ ΚΑΙ ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ

## 1η ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΑΝΑΦΟΡΑΣ: ΤΟ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟ ΕΠΙΠΕΔΟ



Σχήμα 3.7: Ορισμός του οριζοντίου επιπέδου

# ΜΟΝΤΕΛΑ ΚΑΙ ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ

## 2η ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΑΝΑΦΟΡΑΣ: ΤΟ ΓΕΩΕΙΔΕΣ

Η καλύτερη φυσική προσέγγιση της γήινης επιφάνειας (Listing, 1873)

**Το γεωειδές** προσεγγίζεται από τη μέση στάθμη των θαλασσών σε παγκόσμια κλίμακα, εάν θεωρήσουμε ότι αυτή προεκτείνεται κάτω από τις ηπείρους και εξαιρώντας τις επιδράσεις των παλιρροιών και των θαλασσίων ρευμάτων.

Το γεωειδές αποτελεί ισοδυναμική επιφάνεια του γήινου πεδίου βαρύτητας: σε κάθε σημείο του η κατακόρυφη είναι κάθετη στην επιφάνειά του



# ΜΟΝΤΕΛΑ ΚΑΙ ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ

## 2η ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΑΝΑΦΟΡΑΣ: ΤΟ ΓΕΩΕΙΔΕΣ

Το γεωειδές μοντέλο της γήινης επιφάνειας

# ΜΟΝΤΕΛΑ ΚΑΙ ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ

## 2η ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΑΝΑΦΟΡΑΣ: ΤΟ ΓΕΩΕΙΔΕΣ



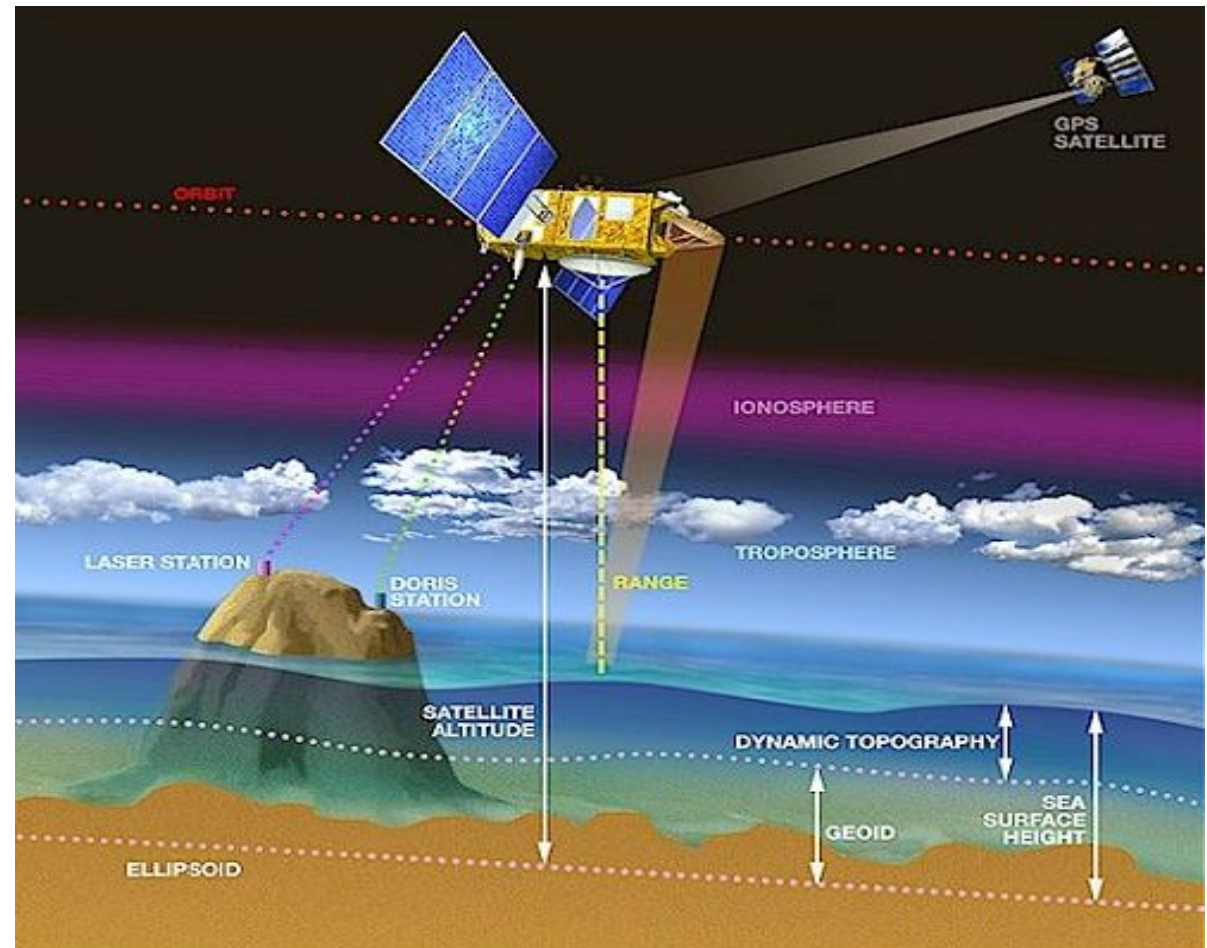
Η Γη από το διάστημα: 71% υδάτινες επιφάνειες

Δε διακρίνονται οι ορεινές εξάρσεις: Έστω η γη σφαίρα ακτίνας 30cm: Έβερεστ 0.5 mm!

# ΜΟΝΤΕΛΑ ΚΑΙ ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ

## 2η ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΑΝΑΦΟΡΑΣ: ΤΟ ΓΕΩΕΙΔΕΣ

Δορυφορική αλτιμετρία:  
συνεχής παρακολούθηση  
της μέσης στάθμης της  
θάλασσας: προσέγγιση του  
γεωειδούς



# ΜΟΝΤΕΛΑ ΚΑΙ ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ

## 2η ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΑΝΑΦΟΡΑΣ: ΤΟ ΓΕΩΕΙΔΕΣ

**Γεωειδές:** στάθμη μηδενικού (ορθομετρικού) υψομέτρου

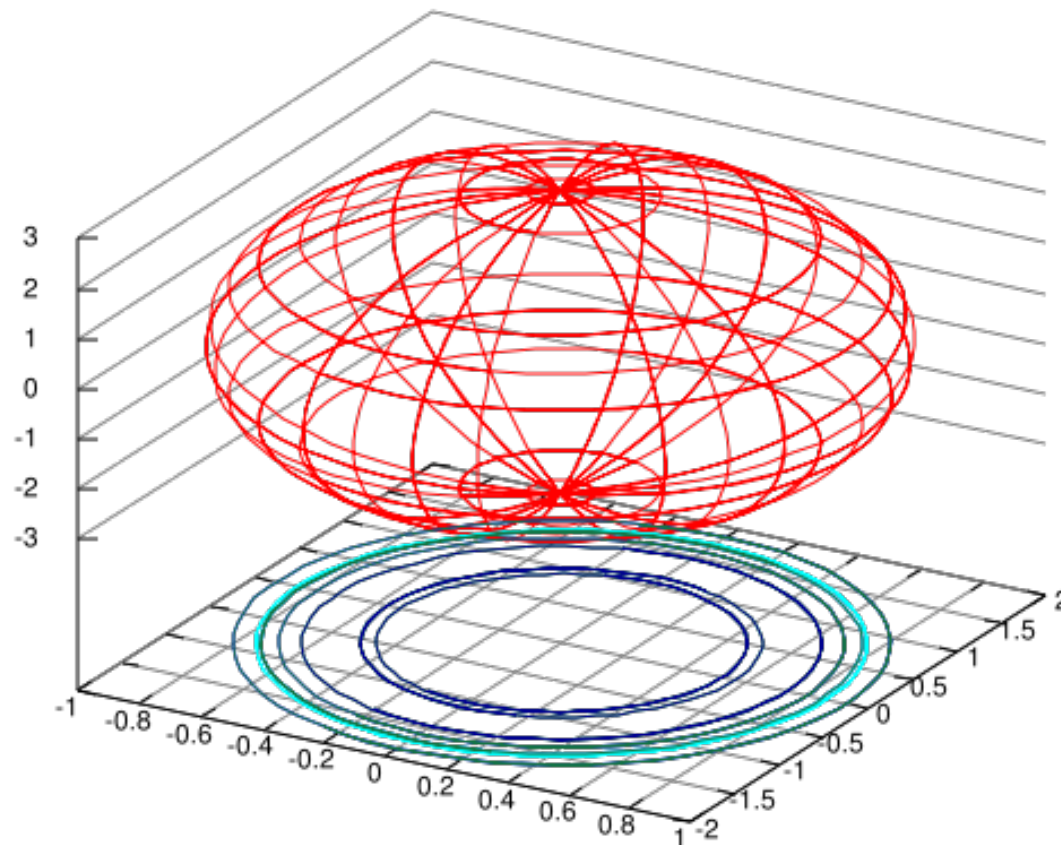
Κατάλληλη επιφάνεια αναφοράς για το υψομετρικό datum

**Μειονέκτημα:** πολύπλοκη μαθηματική επιφάνεια ακατάλληλη για τον οριζόντιο προσδιορισμό θέσης

**Ελλειψοειδές εκ περιστροφής:** καλύτερη προσέγγιση του γεωειδούς και απλό από μαθηματικής άποψης

# ΜΟΝΤΕΛΑ ΚΑΙ ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ

## 3η ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΑΝΑΦΟΡΑΣ: Το Ελλειψοειδές Εκ Περιστροφής (ΕΕΠ)



# ΜΟΝΤΕΛΑ ΚΑΙ ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ

## 3η ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΑΝΑΦΟΡΑΣ: ΤΟ Ελλειψοειδές Εκ Περιστροφής (ΕΕΠ)

Ως επιφάνεια αναφοράς για τον οριζόντιο προσδιορισμό θέσης επιλέγεται το ΕΕΠ

Προκύπτει από την περιστροφή μίας έλλειψης γύρω από το μικρό ημιάξονα της

Αναφερόμαστε πάντοτε σε διαξονικό ελλειψοειδές.  
Τριαξονικά ελλειψοειδή έχουν δοκιμαστεί παλαιότερα χωρίς ιδιαίτερη συνεισφορά στην ακρίβεια

# ΜΟΝΤΕΛΑ ΚΑΙ ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ

Τρεις επιφάνειες αναφοράς: **γεωειδές, ελλειψοειδές και επίπεδο**

**Επίπεδο:** Μόνο για τοπογραφικές εργασίες μικρών εκτάσεων

**Ελλειψοειδές:** κατάλληλο για τον οριζόντιο προσδιορισμό θέσης σε γεωδαιτικές εργασίες

**Γεωειδές:** Κατάλληλο για τον υψομετρικό προσδιορισμό. Αναφορά των υψομέτρων

## **ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΚΛΑΣΙΚΗΣ ΓΕΩΔΑΙΣΙΑΣ**

# ΜΟΝΤΕΛΑ ΚΑΙ ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ

Για την αντιπροσωπευτικότερη αναπαράσταση του σχήματος της Γης πρέπει ελλειψοειδές και γεωειδές μοντέλο να συμπίπτουν όσο το δυνατό περισσότερο

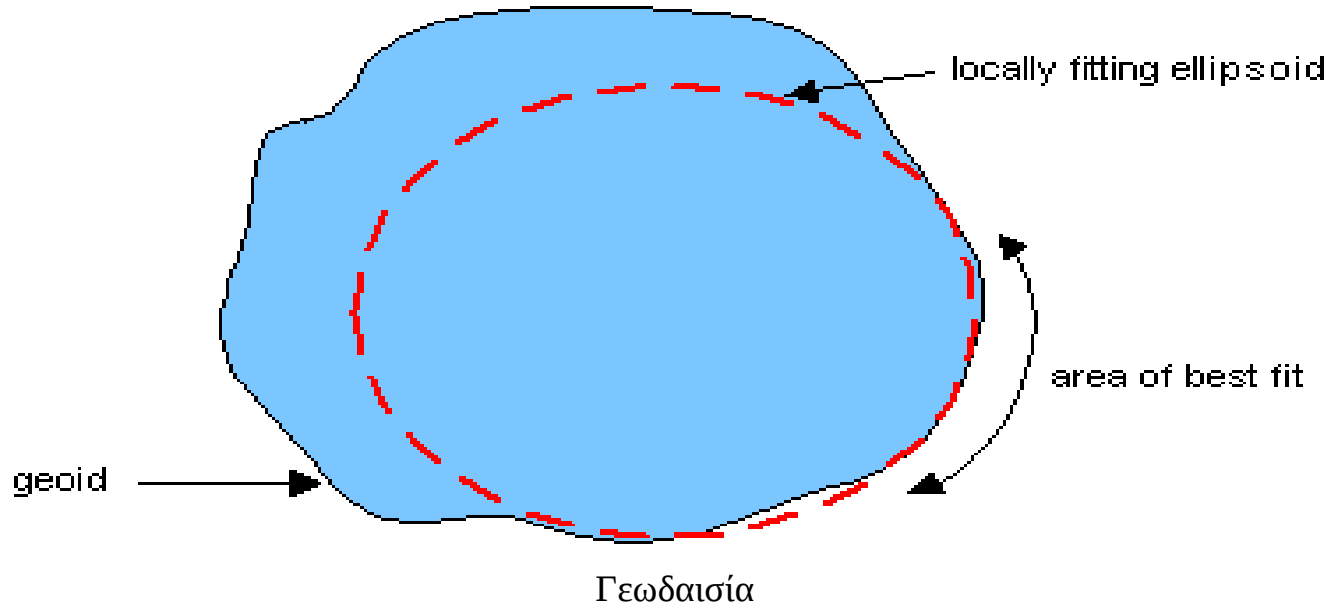
Επιλογή του ελλειψοειδούς μοντέλου (μέγεθος και θέση) ώστε να προσαρμόζεται όσο το δυνατό περισσότερο στο γεωειδές

**Γεωειδές μοναδικό: Ελλειψοειδή μοντέλα προσέγγισης πολλά (Τοπικά γεωδαιτικά, γεωκεντρικά)**

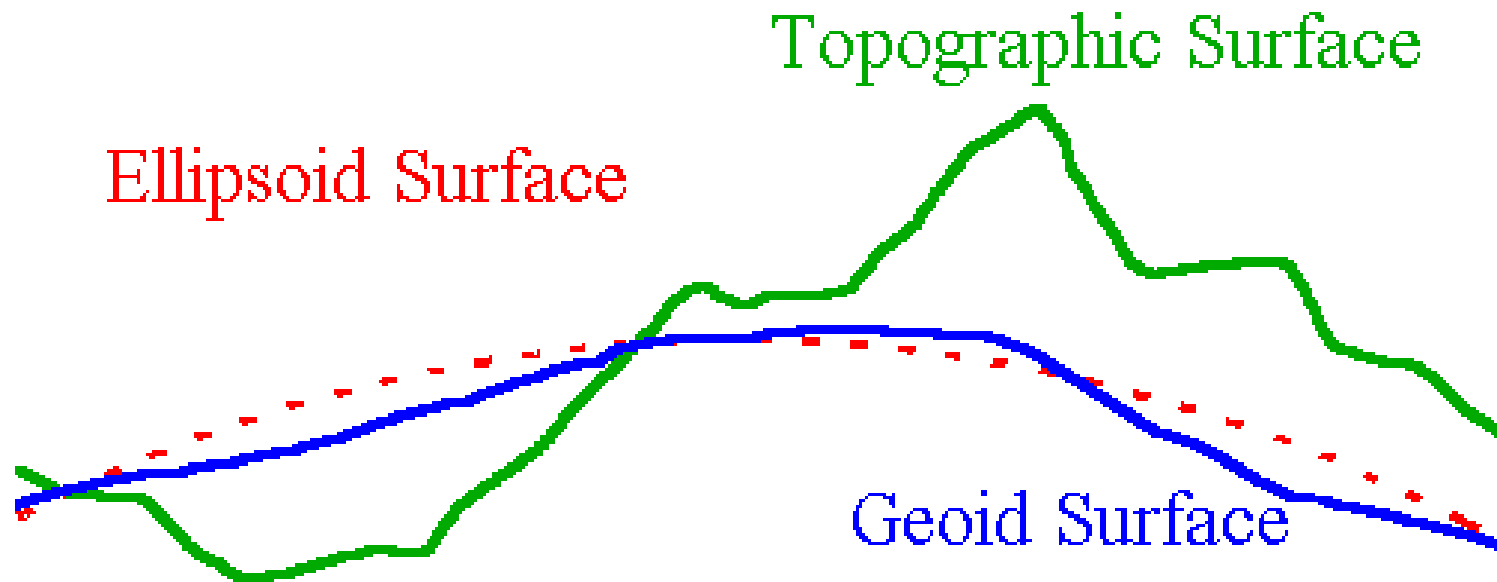
# ΥΨΟΜΕΤΡΙΑ - ΣΧΕΣΕΙΣ ΥΨΟΜΕΤΡΩΝ

Για παγκόσμια προσαρμογή: αποχή γεωειδούς - ελλειψοειδούς δεν ξεπερνά τα 100 m

Σε προσαρμογή μικρότερων εκτάσεων (χώρα, ήπειρος) η αποχή είναι της τάξης των μερικών μέτρων: αμελητέες ορισμένες διορθώσεις και αναγωγές παρατηρήσεων



# ΥΨΟΜΕΤΡΙΑ - ΣΧΕΣΕΙΣ ΥΨΟΜΕΤΡΩΝ



## Earth Surfaces

Peter H. Dana 9/1/94

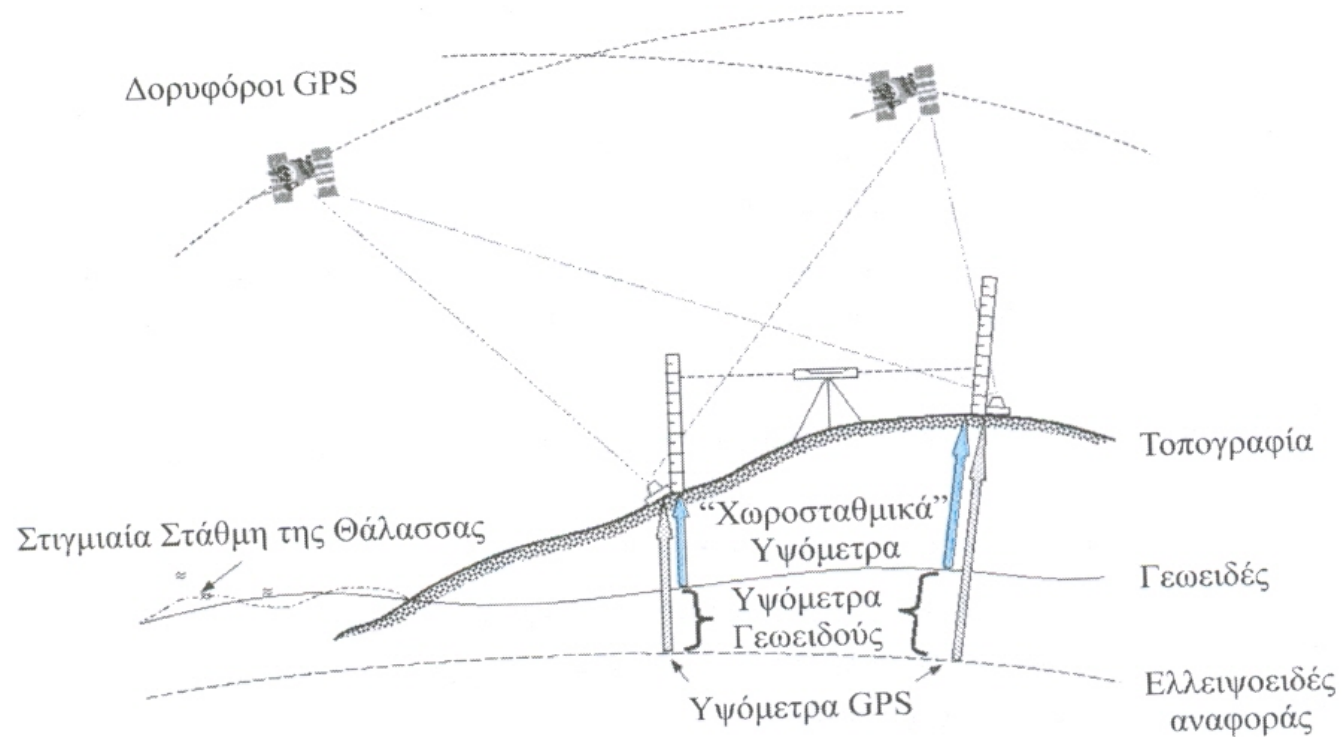
# ΥΨΟΜΕΤΡΙΑ - ΣΧΕΣΕΙΣ ΥΨΟΜΕΤΡΩΝ

**Υψόμετρα ή αποχές του γεωειδούς ( $N$ ):** η διαφορά (αποχή) μεταξύ γεωειδούς και ελλειψοειδούς κατά μήκος της καθέτου

**Γεωμετρικό υψόμετρο ( $h$ ):** η απόσταση του σημείου του γήινου αναγλύφου από το ελλειψοειδές κατά μήκος της καθέτου

**Ορθομετρικό υψόμετρο ( $H$ ):** η απόσταση του σημείου του γήινου αναγλύφου από το γεωειδές κατά μήκος της κατακορύφου

# ΥΨΟΜΕΤΡΙΑ - ΣΧΕΣΕΙΣ ΥΨΟΜΕΤΡΩΝ



$$h = H + N$$

# ΥΨΟΜΕΤΡΙΑ - ΣΧΕΣΕΙΣ ΥΨΟΜΕΤΡΩΝ

## Υψόμετρα ή αποχές του γεωειδούς ( $N$ ):

προσδιορίζονται από βαρυτημετρικές, δορυφορικές, αστρογεωδαιτικές παρατηρήσεις ή με δεδομένα συνδυασμού

**Γεωμετρικό υψόμετρο ( $h$ ):** όχι άμεσα μετρήσιμο μέγεθος (κλασική γεωδαισία). Άμεσα μετρήσιμο. Από συστήματα (GNSS - GPS, GLONASS, GALILEO)

**Ορθομετρικό υψόμετρο ( $H$ ):** Το άμεσα μετρήσιμο υψόμετρο (χωροστάθμηση). Ενδιαφέρον για κάθε τοπογραφική και γεωδαιτική εργασία και για το σύνολο των τεχνικών ανθρώπινων έργων

# ΥΨΟΜΕΤΡΙΑ - ΣΧΕΣΕΙΣ ΥΨΟΜΕΤΡΩΝ

Μεγάλη σημασία της γνώσης της αποχής του γεωειδούς: σύνδεση άμεσα μετρήσιμων πλέον γεωμετρικών υψομέτρων (GPS) με τα ορθομετρικά υψόμετρα

## ΥΨΟΜΕΤΡΙΑ ΜΕ GPS

Συνόρθωση με κλασικές παρατηρήσεις: αναγωγές στο ελλειψοειδές και στο προβολικό επίπεδο

# ΕΛΛΙΠΣΟΕΙΔΕΣ ΜΟΝΤΕΛΟ ΤΗΣ ΓΗΣ

*Άμεσος στόχος της Γεωδαισίας: προσδιορισμός συντεταγμένων πάνω στην επιφάνεια της Γης ή στην καλύτερη προσέγγισή της*

## **ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΕΣ:**

**1. Μοντέρνα Γεωδαισία:** Χ, Υ, Ζ καρτεσιανές συντεταγμένες από GNSS. Η επιφάνεια του ελλειψοειδούς χρησιμοποιείται εκ των υστέρων για το μετασχηματισμό στο προβολικό επίπεδο του χάρτη

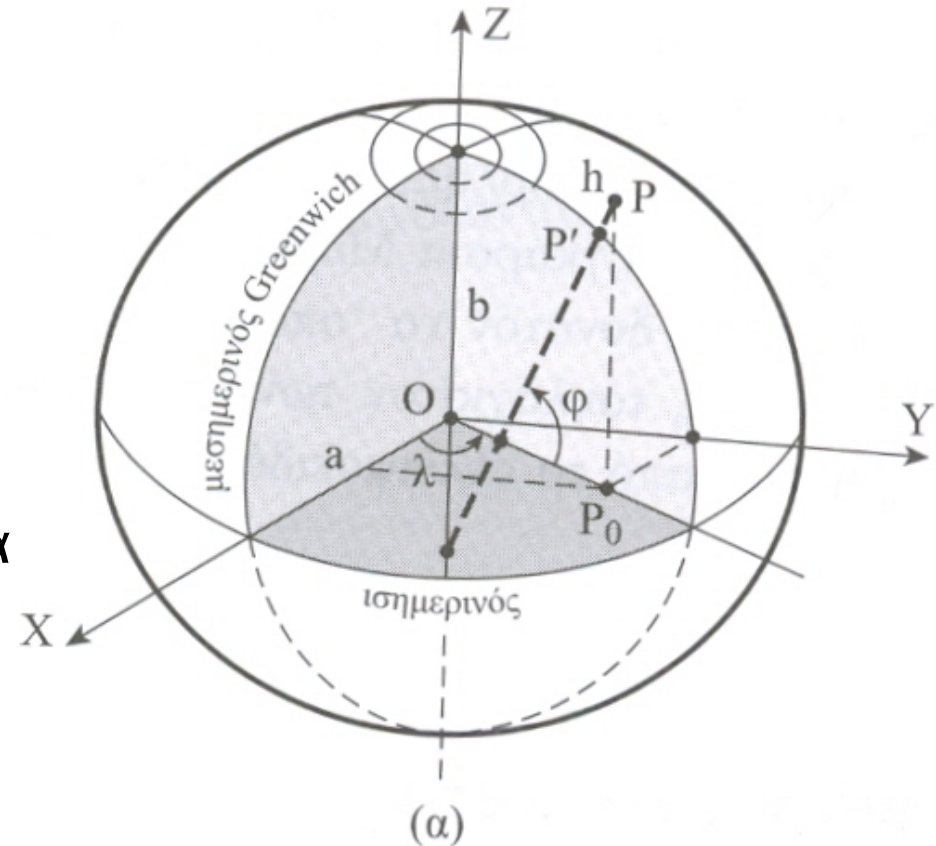
**2. Κλασική Γεωδαισία:** Μετρήσεις γωνιών και αποστάσεων: επιφάνεια αναφοράς ελλειψοειδής: αναγωγές

# ΕΛΛΙΠΣΟΕΙΔΕΣ ΜΟΝΤΕΛΟ ΤΗΣ ΓΗΣ

Καρτεσιανό (τρισορθογώνιο)  
σύστημα αναφοράς

Αρχή το κέντρο του ελλειψοειδούς  
αναφοράς (O)

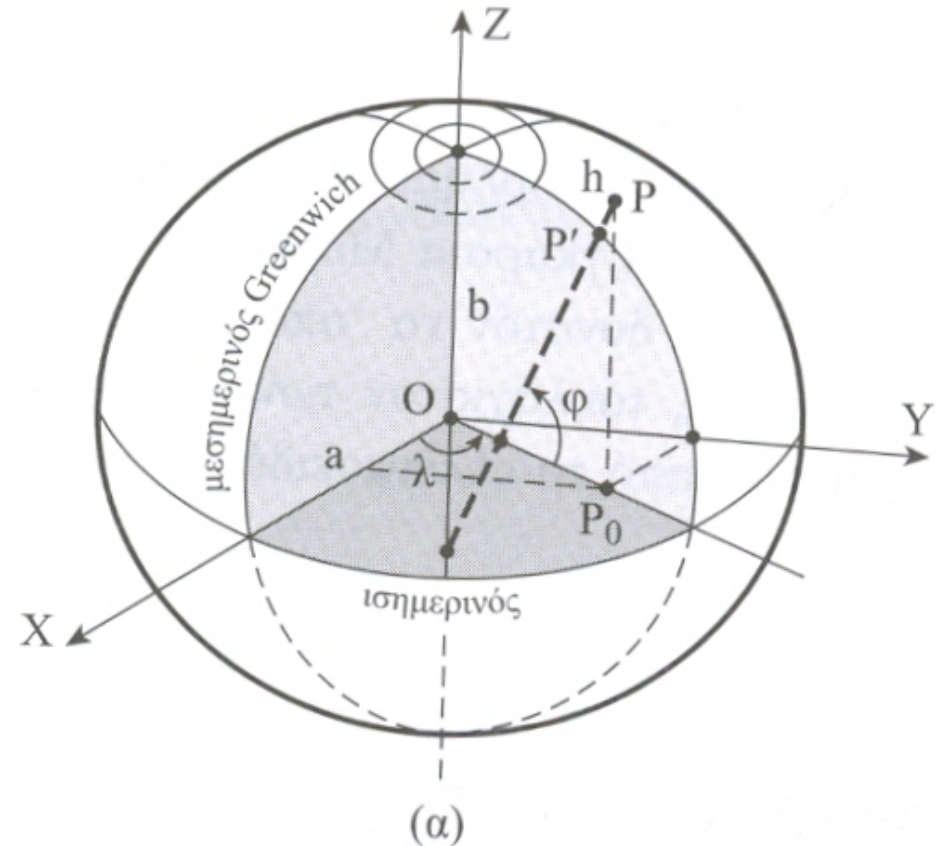
Άξονας OZ: Από τους πόλους του  
ελλειψοειδούς, ταυτίζεται ή είναι  
σχεδόν παράλληλος με το γήινο άξονα  
περιστροφής



# ΕΛΛΙΠΣΟΕΙΔΕΣ ΜΟΝΤΕΛΟ ΤΗΣ ΓΗΣ

Καρτεσιανό (τρισορθογώνιο)  
σύστημα αναφοράς

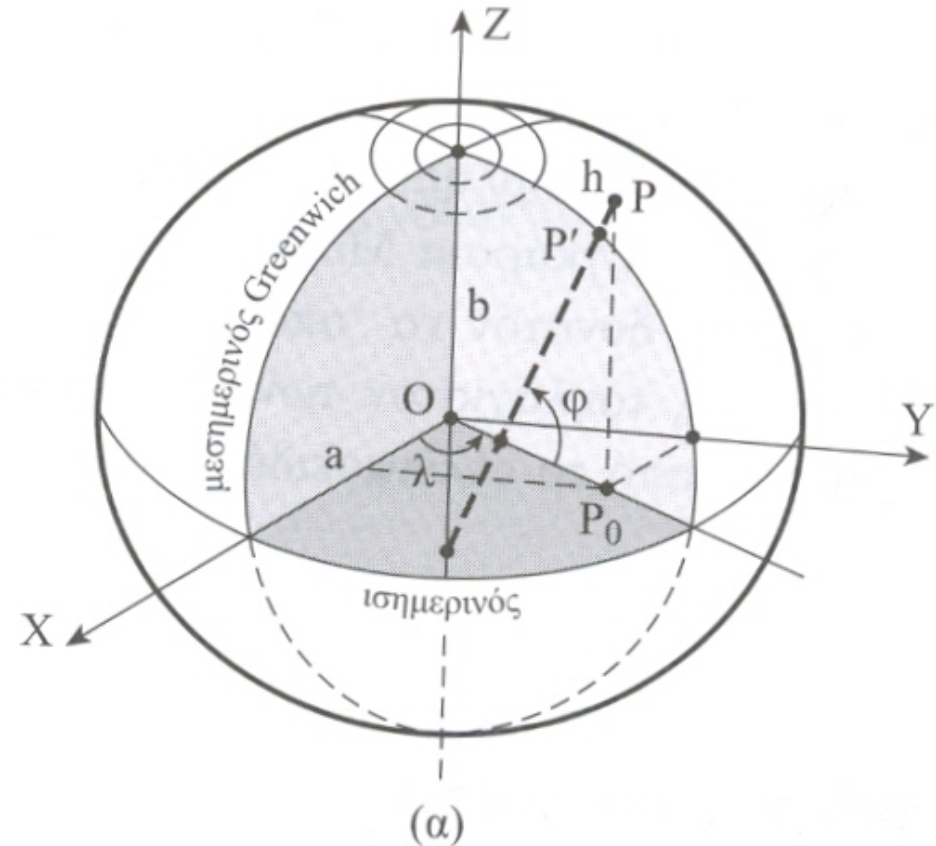
Άξονας OX: Διέρχεται συνήθως από  
την τομή του ισημερινού επιπέδου με  
το επίπεδο που διέρχεται από το  
μεσημβρινό του Greenwich



# ΕΛΛΙΠΣΟΕΙΔΕΣ ΜΟΝΤΕΛΟ ΤΗΣ ΓΗΣ

Καρτεσιανό (τρισορθόγωνιο)  
σύστημα αναφοράς

Άξονας ΟΥ: Συμπληρώνει κάθετα  
το τρισορθόγωνιο σύστημα

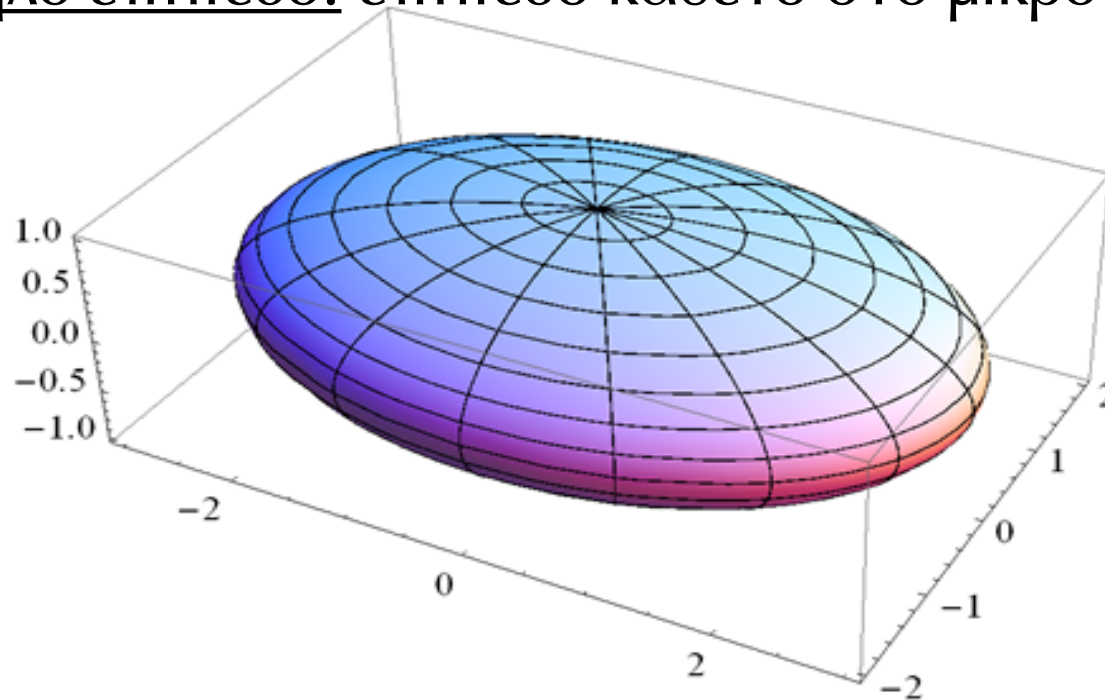


# ΕΛΛΙΠΣΟΕΙΔΕΣ ΜΟΝΤΕΛΟ ΤΗΣ ΓΗΣ

## *Σύστημα ελλειψοειδών συντεταγμένων*

Μεσημβρινό επίπεδο: επίπεδο που περιέχει το μικρό ημιάξονα

Παράλληλο επίπεδο: επίπεδο κάθετο στο μικρό ημιάξονα



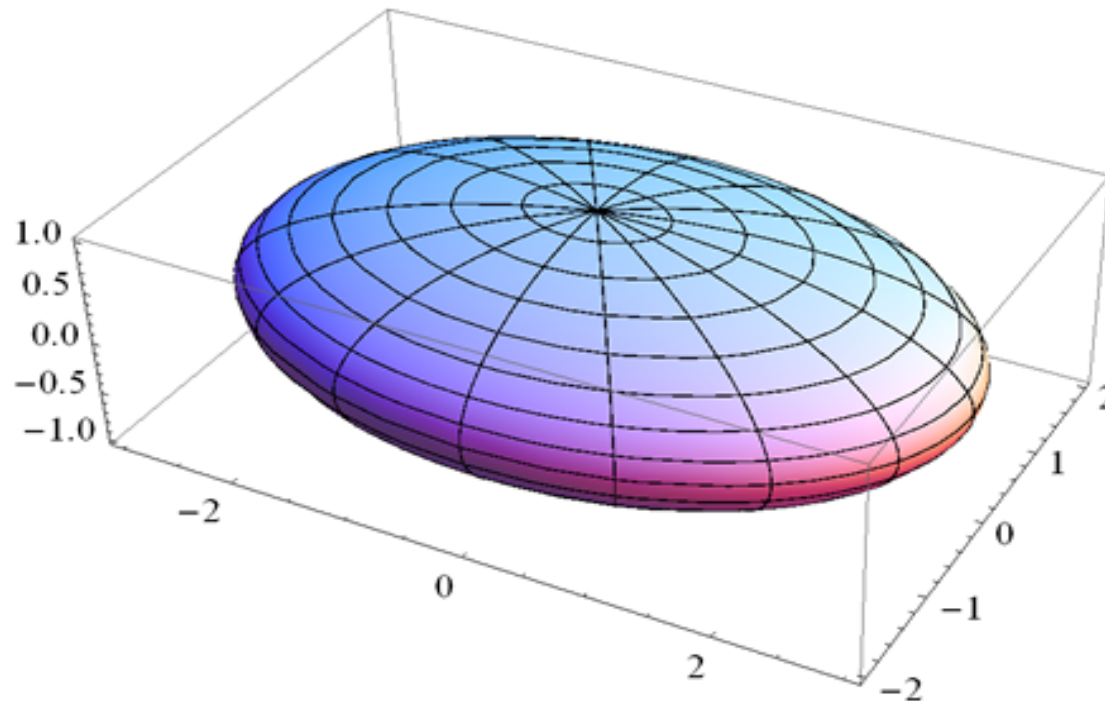
# ΕΛΛΙΨΟΕΙΔΕΣ ΜΟΝΤΕΛΟ ΤΗΣ ΓΗΣ

Μεσημβρινοί: καμπύλες γραμμές με άκρα τους πόλους

Παράλληλοι: κύκλοι κάθετοι στον μικρό ημιάξονα

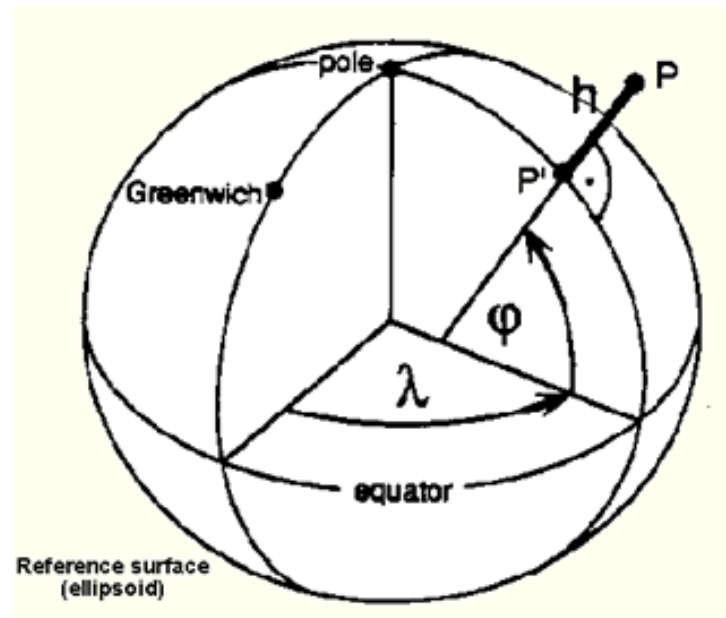
Μέγιστος παράλληλος ο ισημερινός

Μεσημβρινοί ελλείψεις ίσης περιμέτρου



# ΕΛΛΙΠΣΟΕΙΔΕΣ ΜΟΝΤΕΛΟ ΤΗΣ ΓΗΣ

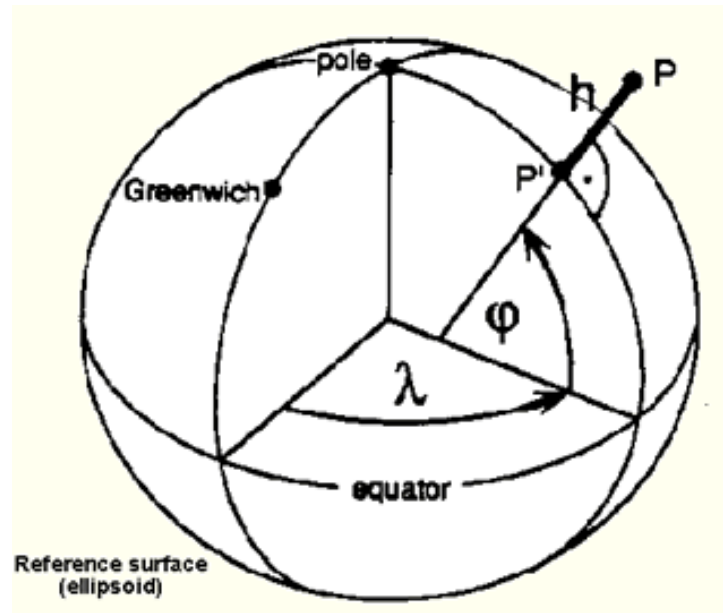
Κάθε σημείο πάνω στο ελλειψοειδές είναι τομή ενός μεσημβρινού και ενός παραλλήλου (ελλειψοειδείς συντεταγμένες)



## ΕΛΛΙΠΣΟΕΙΔΕΣ ΜΟΝΤΕΛΟ ΤΗΣ ΓΗΣ

**Πλάτος ( $\varphi$ ):** η γωνία που σχηματίζει η κάθετος στο ελλειψοειδές με το ισημερινό επίπεδο, πάνω στο μεσημβρινό επίπεδο.

**Μήκος ( $\lambda$ ):** η δίεδρη γωνία που σχηματίζουν το μηδενικό μεσημβρινό επίπεδο (Greenwich) και το μεσημβρινό επίπεδο του σημείου



# ΕΛΛΙΨΟΕΙΔΕΣ ΜΟΝΤΕΛΟ ΤΗΣ ΓΗΣ

*Εύρη τιμών ελλειψοειδών πλατών και μηκών*

$$-90^{\circ} \leq \varphi \leq +90^{\circ}$$

$$\varphi = 0^{\circ} \quad \text{ισημερινός}$$

$$\varphi = \pm 90^{\circ} \quad \text{πόλοι}$$

$$\varphi = 40^{\circ}30' N$$

North, Βόρειο Πλάτος

$$\varphi = 40^{\circ}30' S$$

South, Νότιο Πλάτος

$$0^{\circ} \leq \lambda \leq 360^{\circ}$$

$$\lambda = 23^{\circ} E$$

East, Ανατολικό Μήκος

$$\lambda = 20^{\circ} W = -20^{\circ} = 340^{\circ}$$

West, Δυτικό Μήκος

# ΕΛΛΙΨΟΕΙΔΕΣ ΜΟΝΤΕΛΟ ΤΗΣ ΓΗΣ

Χρήση διαφορετικών ελλειψοειδών αναφοράς: ίδρυση διαφορετικών γεωδαιτικών συστημάτων αναφοράς (datum)

Πρόβλημα η ενοποίηση των διαφορετικών γεωδαιτικών datum των κρατών

Ιδέες για ένα παγκόσμιο ενοποιημένο datum (οριζόντιο και κατακόρυφο)

Διεθνώς αποδεκτό το ελλειψοειδές του γεωκεντρικού συστήματος GRS80

# ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΧΡΟΝΟΥ

Μεγάλη ανάπτυξη των επιστημών χρονομέτρησης οδηγούν σε ακριβέστερες μετρήσεις του χρόνου

## **Ατομικός Χρόνος (TAI - Temps Atomique International):**

προκύπτει από ένα πλήθος ατομικών ρολογιών (πάνω από 200) καισίου και υδρογόνου και υπολογίζεται απο το Τμήμα Χρόνου του BIMP. Η αρχή του ορίστηκε στις 1-1-1958

**Επίγειος Χρόνος (TT) = TAI + 32,184 sec:** είναι ο χρόνος αναφοράς στην επιφάνεια της Γης

# ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΧΡΟΝΟΥ

**Παγκόσμιος Χρόνος UT ή παλιότερα μέσος χρόνος Greenwich (GMT):** Είναι ο χρόνος που διαρκεί μία μέση φαινόμενη ηλιακή ημέρα. Αρχή του τα μεσάνυχτα την 1-1-1925

Πρακτικοί λόγοι: χωρισμός της Γης σε 24 ωριαίες ατράκτους. Η επίσημη ώρα αντιστοιχεί στον UT του κεντρικού μεσημβρινού της ατράκτου.

**Παγκόσμιος Χρόνος UT1:** ο χρόνος UT διορθωμένος από την κίνηση του πόλου

# ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΧΡΟΝΟΥ

Ατομικός Χρόνος από χρονόμετρα

Παγκόσμιος Χρόνος από τη φαινόμενη κίνηση του Ηλίου

1-1-1958 TAI και UT1 ταυτίζονται

TAI ακριβέστερος από τον UT1 κατά 6 περίπου φορές

20ος αιώνας: Λόγω της επιβράδυνσης στην ταχύτητα περιστροφής της Γης ο TAI προηγείται του UT1

Για να είναι οι δύο χρόνοι συντονισμένοι: **Παγκόσμιος Συντονισμένος Χρόνος (UTC)**

# ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΧΡΟΝΟΥ

## Παγκόσμιος Συντονισμένος Χρόνος (UTC - Universal Coordinated Time)

Ορίζεται έτσι ώστε η διαφορά μεταξύ TAI και UT1 να είναι πάντοτε μικρότερη από 0.9 sec

Όταν η διαφορά μεγαλώσει τότε προστίθεται “άλμα” 1 sec στον UTC σε κατάλληλες εποχές με ευθύνη της IERS: **άλμα δευτερολέπτου - leap second**

Όσο η διαφορά **leap second** είναι θετική σημαίνει τη συνεχιζόμενη επιβράδυνση της περιστροφής της Γης

# ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΧΡΟΝΟΥ

INTERNATIONAL EARTH ROTATION AND REFERENCE SYSTEMS SERVICE (IERS)  
SERVICE INTERNATIONAL DE LA ROTATION TERRESTRE ET DES SYSTEMES DE REFERENCE

Paris, 4 July 2008

Bulletin C 36

UTC TIME STEP  
on the 1st of January 2009

A positive leap second will be introduced at the end of December 2008.  
The sequence of dates of the UTC second markers will be:

2008 December 31, 23h 59m 59s  
2008 December 31, 23h 59m 60s  
2009 January 1, 0h 0m 0s

The difference between UTC and the International Atomic Time TAI is:

from 2006 January 1, 0h UTC, to 2009 January 1 0h UTC : UTC-TAI = - 33s  
from 2009 January 1, 0h UTC, until further notice : UTC-TAI = - 34s

Daniel GAMBIS  
Head  
Earth Orientation Center of IERS  
Observatoire de Paris, France

# ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΧΡΟΝΟΥ

**Χρόνος GPS:** Ατομικός χρόνος με βάση το ρολόγια των σταθμών ελέγχου και των δορυφόρων GPS

Αρχή: Μεσάνυχτα της 6ης Ιανουαρίου 1980

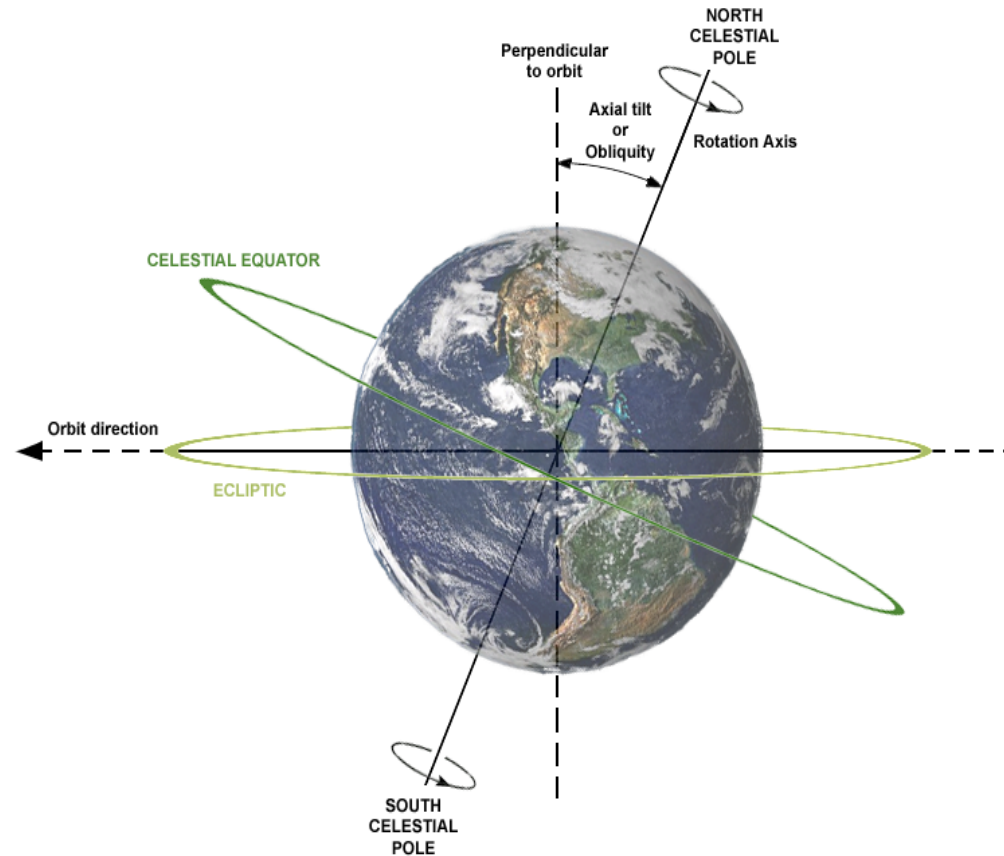
Δε διορθώνεται για leap second και διαφέρει σταθερά από τον TAI

$TAI = GPStime + 19 \text{ sec}$

**Ιουλιανή Ημέρομηνία (Julian Date - JD):** ο κλασματικός αριθμός των ημερών με αρχή το μεσημέρι της 1 Ιανουαρίου 4713 π.Χ.

**Ανηγμένη Ιουλιανή Ημερομηνία (Modified Julian Date - MJD) = JD - 2400000.5**

# ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΧΡΟΝΟΥ



Η γεωμετρία της γήινης τροχιάς

## ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΧΡΟΝΟΥ

**Ο Αστρικός Χρόνος (Sidereal Time - ST):** Συνδέεται άμεσα με την περιστροφή της Γης. Είναι η ωριαία γωνία ανάμεσα στον μεσημβρινό του παρατηρητή και του σημείου των εαρινών ισημεριών (Local Apparent Sidereal Time - LAST)

Όταν αναφέρεται στον μεσημβρινό του Greenwich ονομάζεται Greenwich Apparent Sidereal Time - GAST

Το αστρονομικό μήκος  $\Lambda$  είναι η γωνία μεταξύ του μεσημβρινού επιπέδου του παρατηρητή και του Greenwich

Ισχύει:  $\Lambda = \text{LAST} - \text{GAST}$ : **ΑΡΧΗ της ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΗΣ ΑΣΤΡΟΝΟΜΙΑΣ**

**Με τη μέτρηση χρόνου βρίσκουμε το αστρονομικό μήκος**

# ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΧΩΡΟΥ

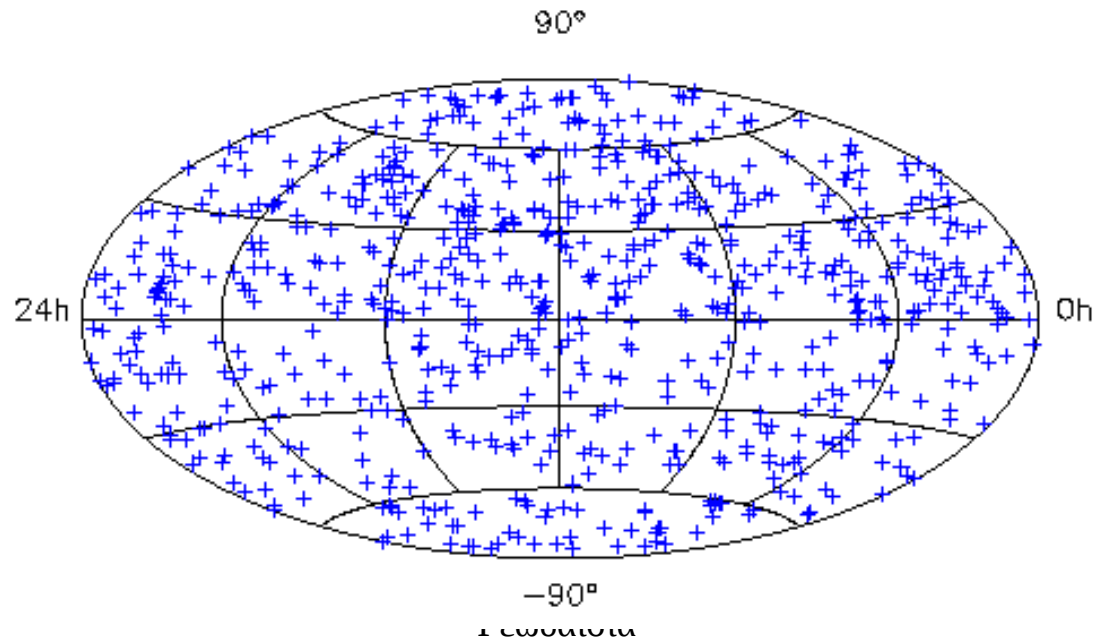
Δύο κατηγορίες συστημάτων αναφοράς χώρου

1. Συστήματα με κέντρο αναφοράς το κέντρο του ηλιακού συστήματος: **Αδρανειακά συστήματα αναφοράς**: Νόμος της Παγκόσμιας Έλξης. Κατάλληλα για την περιγραφή των κινήσεων της Γης και των πλανητών. Εφαρμογή στην Ουράνια Μηχανική, στη Γεωδαιτική Αστρονομία και τη Γεωδαισία Δορυφόρων
2. Συστήματα με κέντρο αναφοράς τη Γη: **Συστήματα ECEF (Earth Centered Earth Fixed)**: Κατάλληλα για την περιγραφή των κινήσεων πάνω στην επιφάνεια της Γης. Σταθερά για μία μόνο εποχή, την **εποχή αναφοράς**.

# ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΧΩΡΟΥ

## ΑΔΡΑΝΕΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΑΦΟΡΑΣ

Ονομάζονται και **Ουράνια Συστήματα**  
 Βασικό μοντέλο είναι το **Διεθνές Ουράνιο Σύστημα Αναφοράς**  
**(International Celestial Reference System - ICRS)**, όπως αυτό  
 υλοποιείται με τη βοήθεια του Πλαισίου Αναφοράς (ICRF)

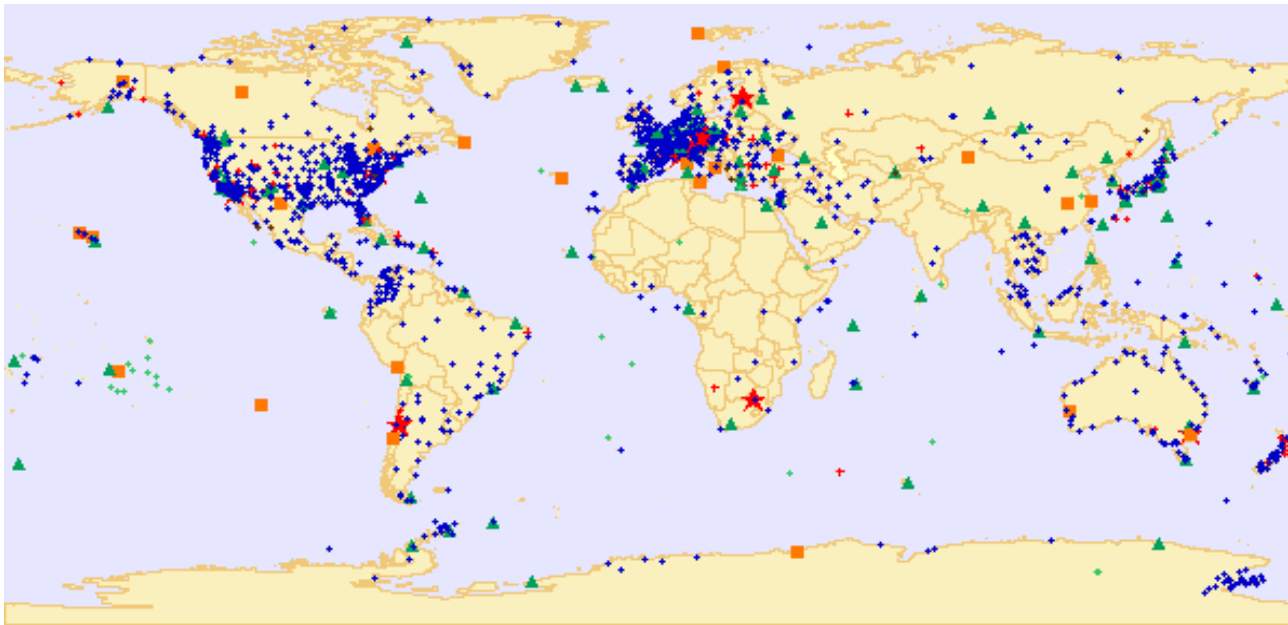


# ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΧΩΡΟΥ

## ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ECEF (Earth Centered - Earth Fixed)

Ονομάζονται και **Επίγεια Συστήματα Αναφοράς**

Βασικό παγκόσμιο μοντέλο είναι το **Διεθνές Επίγειο Σύστημα Αναφοράς (International Terrestrial Reference System - ITRS)**, όπως αυτό υλοποιείται με τη βοήθεια του Πλαισίου Αναφοράς (ITRF)



Γεωδαισία

# ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΧΩΡΟΥ

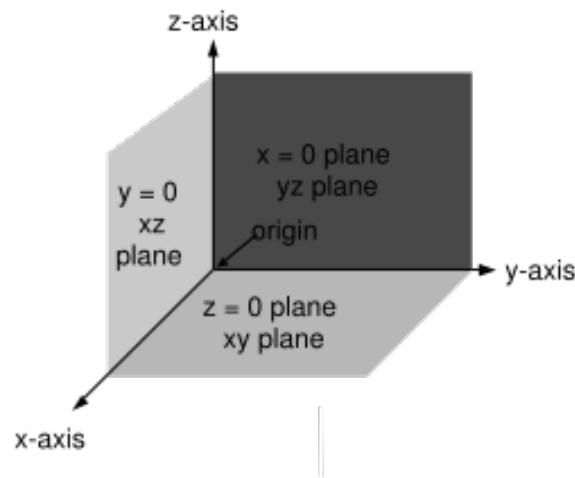
## ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ECEF (Earth Centered - Earth Fixed)

Αφετηρία το γεώκεντρο

Άξονας Z: Προς ένα μέσο πόλο

Άξονας X: Προς το σημείο τομής ισημερινού και μεσημβρινού του Greenwich

Σύστημα μεταβαλλόμενο με το χρόνο





# ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΧΩΡΟΥ

## ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ECEF (Earth Centered - Earth Fixed)

ITRF<sub>γγ</sub>, όπου γγ η εποχή της λύσης του συστήματος, πχ. ITRF05

DATA SET EXPRESSED IN ITRF2000 FRAME

STATION POSITIONS AND VELOCITIES AT EPOCH 2008/10/10

DOMES NB	SITE NAME	ID	SOLN	X/V <sub>x</sub>	Y/V <sub>y</sub>	Z/V <sub>z</sub>	SIGMA x/v <sub>x</sub>	SIGMA
y/v <sub>y</sub>	SIGMA z/v <sub>z</sub>							
m-m/y	m-m/y	m-m/y	m-m/y	m-m/y	m-m/y			
12602M002	Dionysos	7515 1	4595216.536	2039435.451	3912629.377	0.028		
0.0300.027								
0.0059	0.0065	-0.0085	0.0016	0.0015	0.0016			
12602S001	Dionysos	7940 1	4595217.127	2039465.208	3912614.623	3.714		
2.4354.874								
0.0059	0.0065	-0.0085	0.0016	0.0015	0.0016			
12602S011	Dionysos	DIOA	1	4595215.309	2039475.479	3912614.968	0.023	
0.0250.022								
0.0059	0.0065	-0.0085	0.0016	0.0015	0.0016			

## ΣΥΝΔΕΣΗ ΕΛΛΕΙΨΟΕΙΔΩΝ ΚΑΙ ΚΑΡΤΕΣΙΑΝΩΝ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΩΝ

$$X = (N + h) \cos \varphi \cos \lambda$$

$$Y = (N + h) \cos \varphi \sin \lambda$$

$$Z = [(1 - e^2)N + h] \sin \varphi$$

$$e^2 = \frac{a^2 - b^2}{a^2} \quad \text{Το τετράγωνο της κύριας εκκεντρότητας}$$

$$N = \frac{a}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 \varphi}} \quad \text{Η ακτίνα καμπυλότητας της πρώτης κάθετης τομής}$$

**ΠΡΟΣΟΧΗ!! ΝΑ ΜΗ ΣΥΓΧΕΕΤΑΙ Η ΑΚΤΙΝΑ ΚΑΜΠΥΛΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΤΗΝ ΑΠΟΧΗ ΤΟΥ ΓΕΩΕΙΔΟΥΣ**

$N$  Η αποχή του γεωειδούς

$N$  Η ακτίνα καμπυλότητας

## ΣΥΝΔΕΣΗ ΕΛΛΙΠΣΟΕΙΔΩΝ ΚΑΙ ΚΑΡΤΕΣΙΑΝΩΝ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΩΝ

### Αντίστροφες σχέσεις

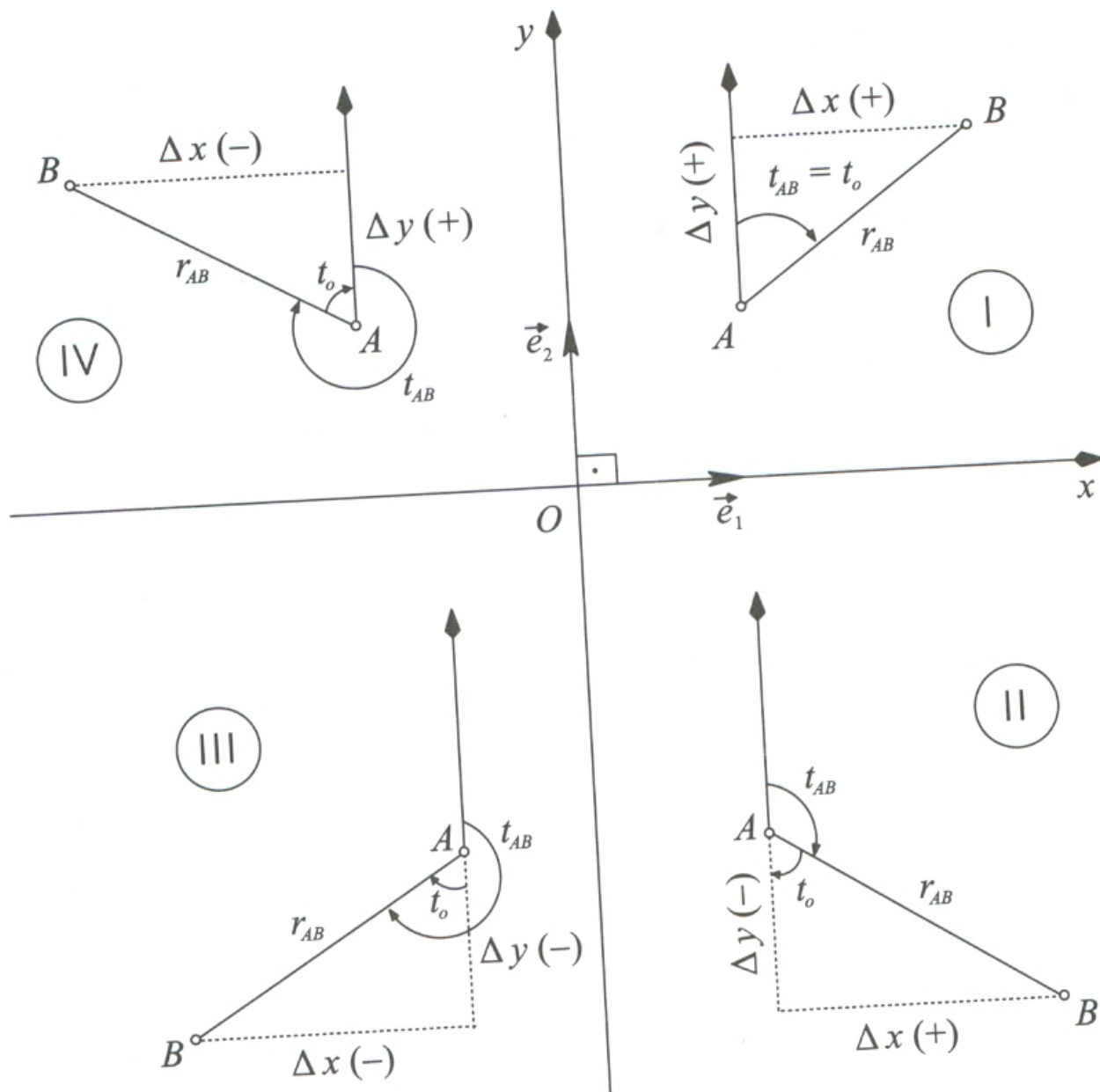
$$\lambda = \arctan \frac{Y}{X} \quad \text{Διερεύνηση τεταρτημορίου!}$$

$$\varphi = \arctan \frac{Z + e^2 N \sin \varphi_0}{\sqrt{X^2 + Y^2}}$$

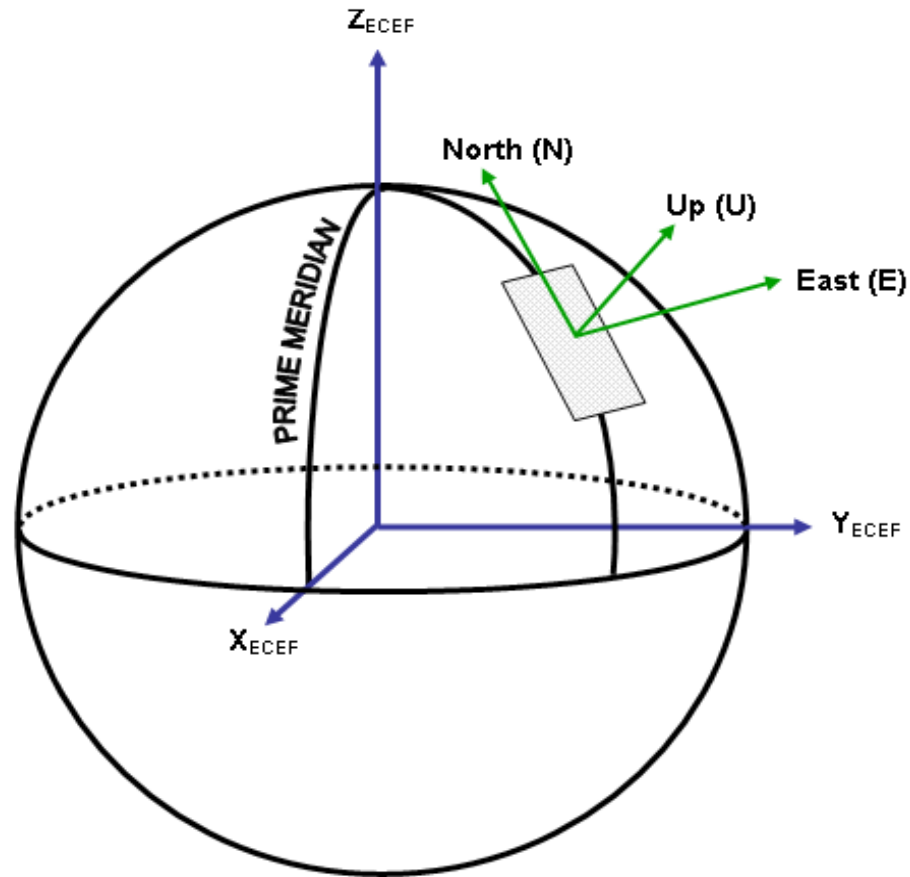
$$\varphi_0 = \arctan \frac{Z(1 + e'^2)}{\sqrt{X^2 + Y^2}}$$

$$e'^2 = \frac{a^2 - b^2}{b^2}$$

$$h = \frac{Z}{\sin \varphi} - (1 - e^2)N$$

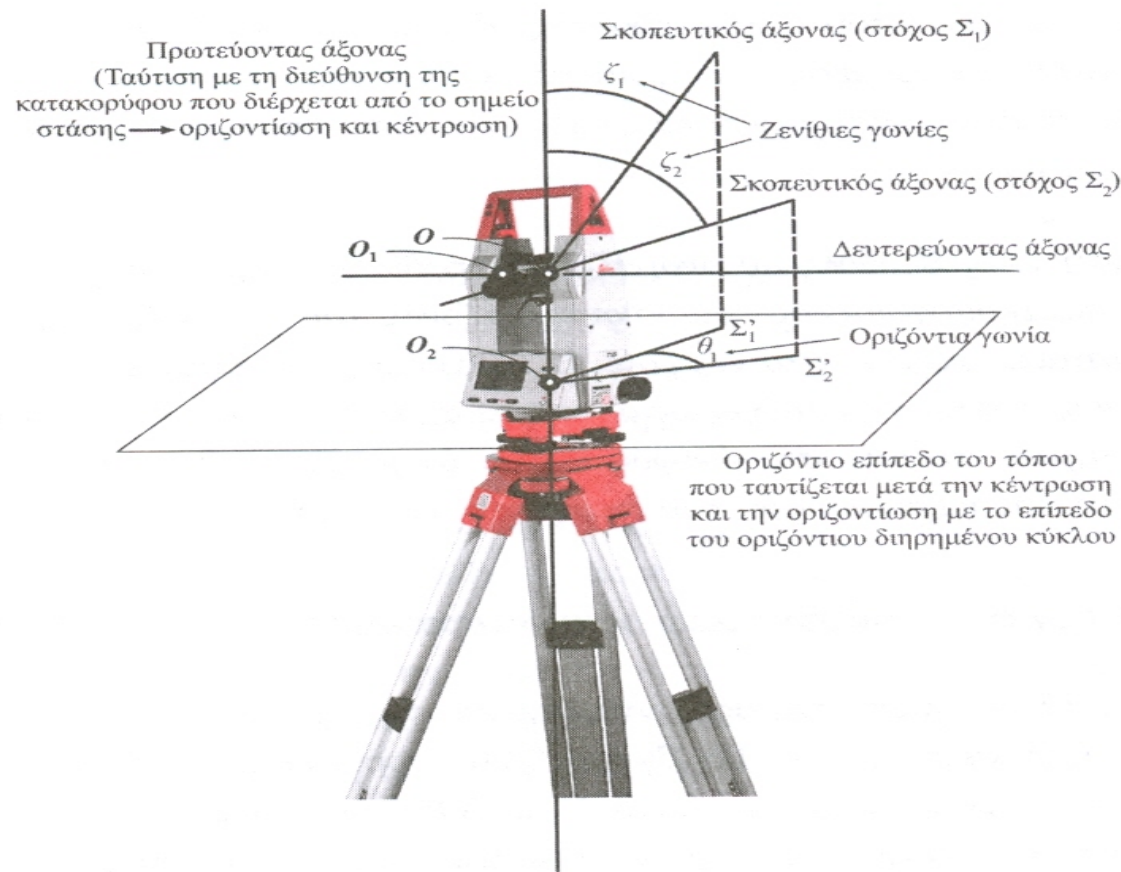


# ΤΟΠΟΚΕΝΤΡΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΩΝ



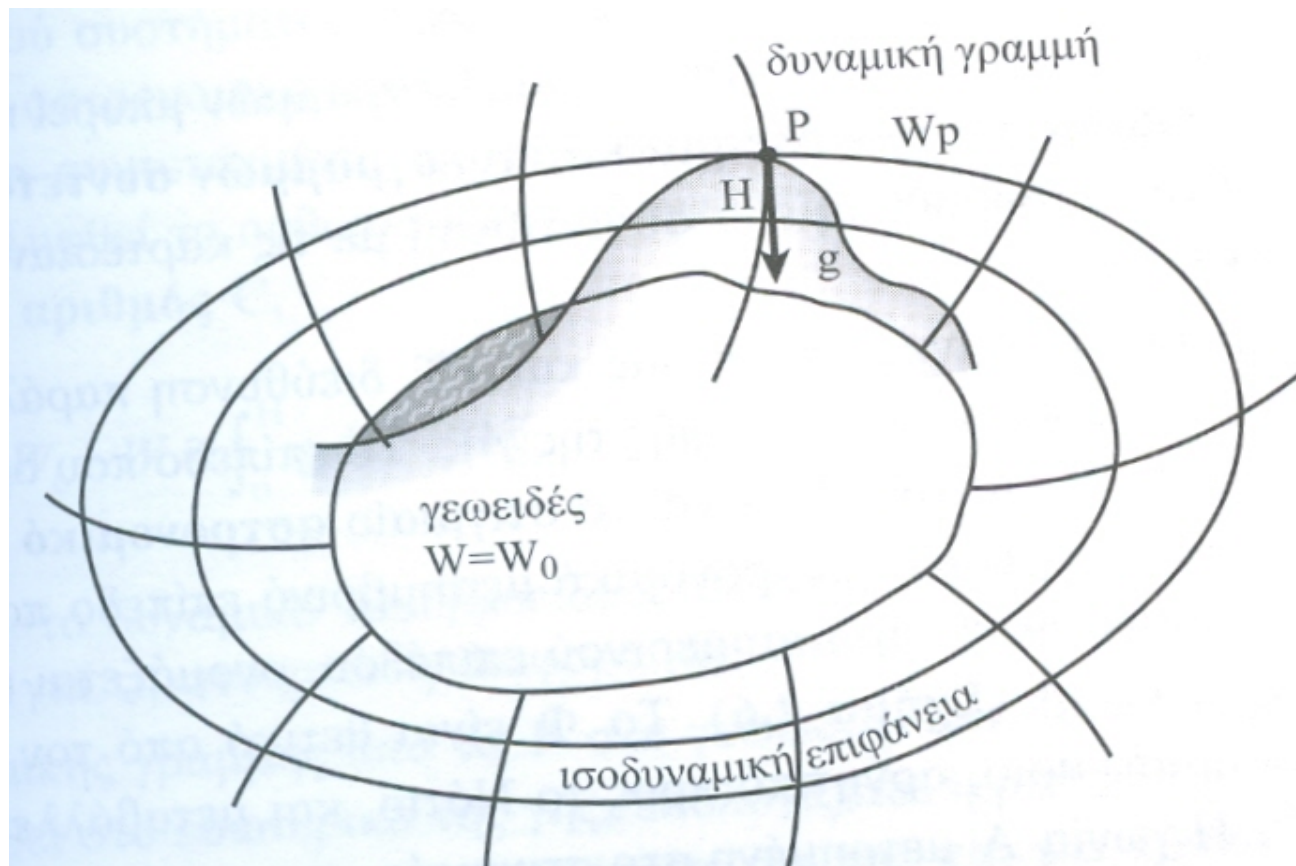
## ΤΟΠΟΚΕΝΤΡΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΩΝ

Τα τοποκεντρικά συστήματα συντεταγμένων υλοποιούνται άμεσα από τις μετρήσεις, με την υλοποίηση της κατακορύφου κατά την κέντρωση των οργάνων



## ΤΟΠΟΚΕΝΤΡΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΩΝ

Η αρχή των τοποκεντρικών συστημάτων αναφοράς (σε κάθε σημείο και διαφορετικό σύστημα) έγκειται στη μορφολογία του πεδίου βαρύτητας



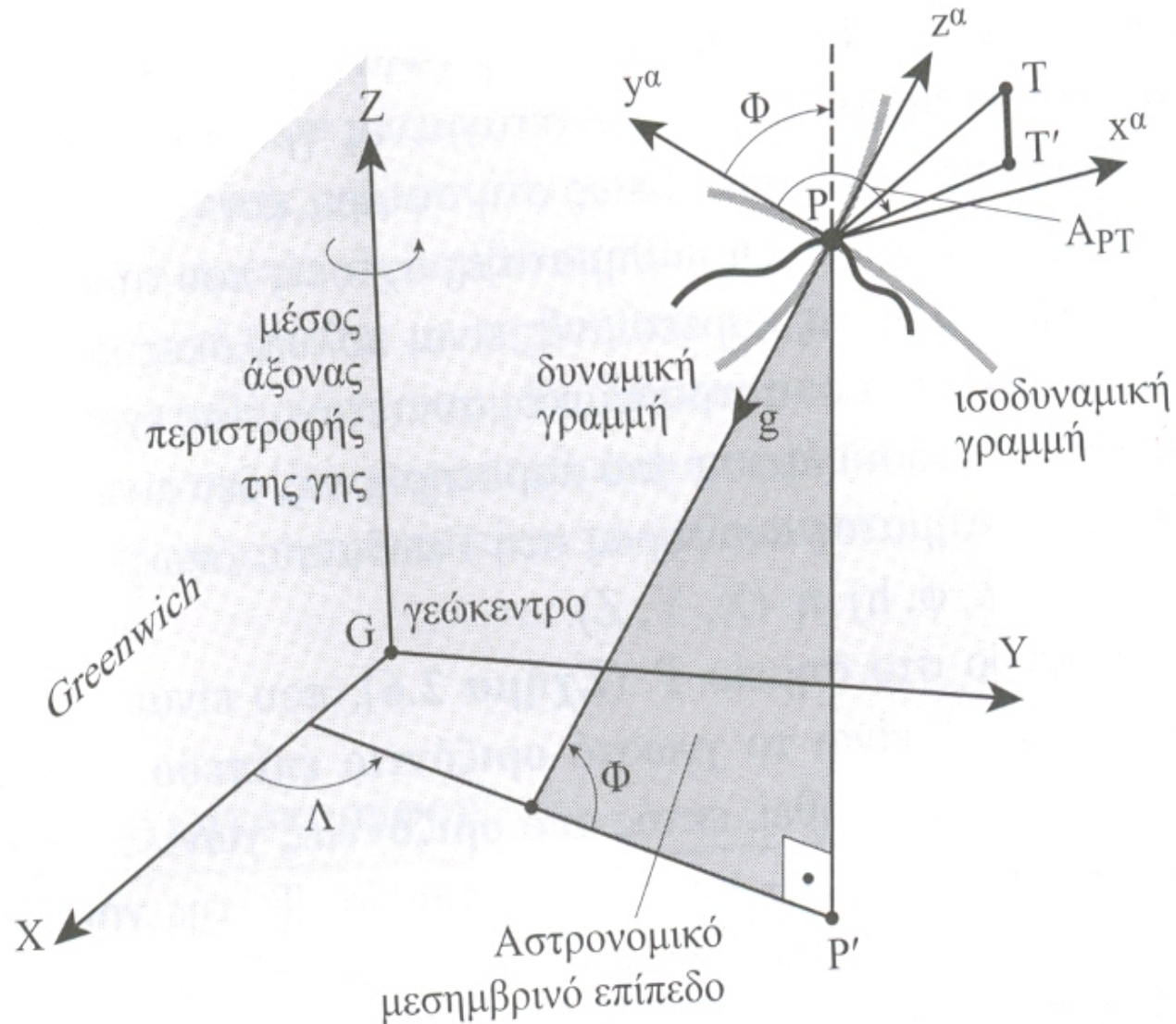
## ΤΟΠΟΚΕΝΤΡΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΩΝ

Οι επιφάνειες του γήινου πεδίου βαρύτητας με σταθερό δυναμικό ονομάζονται **ισοδυναμικές ή χωροσταθμικές** επιφάνειες

Η διεύθυνση του διανύσματος της βαρύτητας (**κατακόρυφη**) είναι κάθετη σε κάθε σημείο της ισοδυναμικής επιφάνειας

Οι γραμμές που τέμνουν κάθετα όλες τις ισοδυναμικές επιφάνειες και έχουν συνεχώς την κατακόρυφο ως εφαπτόμενη ονομάζονται **δυναμικές γραμμές**

# ΤΟΠΟΚΕΝΤΡΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΩΝ



## ΤΟΠΟΚΕΝΤΡΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΩΝ

**Ισοδυναμικές και δυναμικές γραμμές:** Σύστημα άμεσα μετρήσιμων καμπυλόγραμμων συντεταγμένων

**Στιγμιαίο αστρονομικό πλάτος  $\Phi$  και μήκος  $\Lambda$**

Όταν διορθωθούν από την κίνηση του πόλου και αναφερθούν σε ένα μέσο άξονα περιστροφής της Γης ονομάζονται **φυσικές ή αστρονομικές συντεταγμένες ( $\Phi, \Lambda, H$ ) ή ( $\Phi, \Lambda, C$ )**, όπου  $C$  είναι ο **γεωδυναμικός αριθμός** (διαφορά δυναμικού από το Γεωειδές)

Άμεσα μετρήσιμες συντεταγμένες με τη βοήθεια της Γεωδαιτικής Αστρονομίας

Μαθηματικές σχέσεις περίπλοκες: ακατάλληλες για τον ορισμό ενός συστήματος αναφοράς στη Γεωδαισία

## ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΕΛΛΙΨΟΕΙΔΟΥΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ

1. Ο μεγάλος ημιάξονας του ελλειψοειδούς  $a$
2. Ο μικρός ημιάξονας  $b$  ή η επιπλάτυνση  $f = (a-b)/a$
3. Η γήινη μάζα  $M$  ή η σταθερά  $GM$
4. Η γωνιακή ταχύτητα περιστροφής της Γης  $\omega$

ΤΟ ΕΛΛΕΙΨΟΕΙΔΕΣ ΜΟΝΤΕΛΟ ΟΡΙΖΕΤΑΙ ΠΛΗΡΩΣ

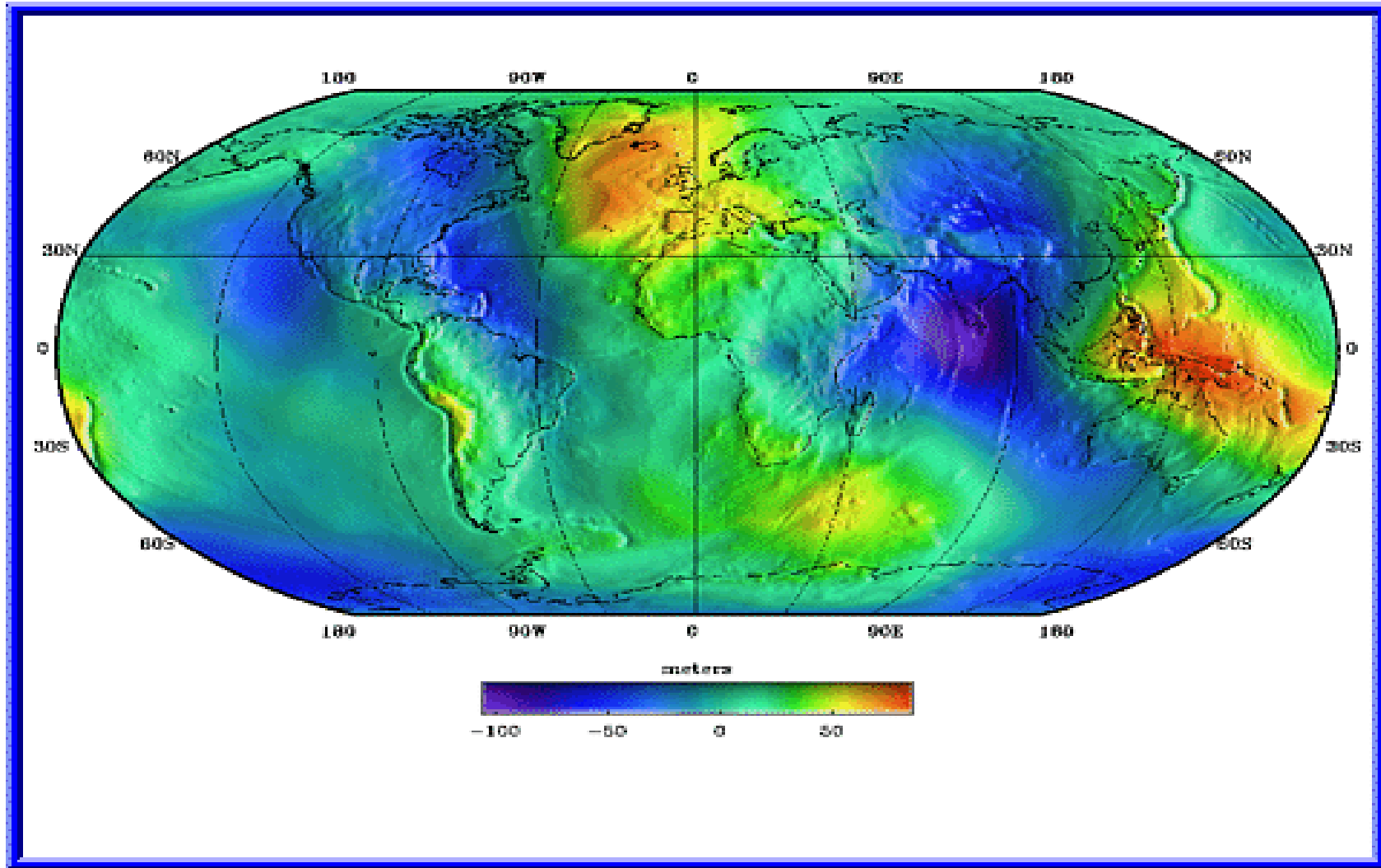
## ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΕΛΛΙΠΣΟΕΙΔΟΥΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ

Παραμετροι	Bessel	Hayford	WGS84	GRS80
a	6377397.1550	6378388.0000	6378137.0000	6378137.0000
b	6356078.9630	6356911.9461	6356752.3142	6356752.3141
f	0.003342773000	0.003367003000	0.003352810600	0.003352810680

**Παλιότερα:** προσδιορισμός παραμέτρων ελλειψοειδούς με τη μέτρηση τόξων και την εφαρμογή κατάλληλων μοντέλων συνόρθωσης

**Σύγχρονοι προσδιορισμοί:** Διαστημικές παρατηρήσεις και βελτιωμένα μοντέλα του γήινου πεδίου βαρύτητας

## ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΕΛΛΙΠΣΟΕΙΔΟΥΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ



## ΠΕΡΙΛΗΨΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Μοντέλα αναφοράς (επίπεδο, γεωειδές, ελλειψοειδές)
- Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματων των επιφανειών
- Σχέσεις υψομέτρων
- Ελλειψοειδές μοντέλο της Γης
- Καρτεσιανό και ελλειψοειδές σύστημα συντεταγμένων
- Γεωδαιτικό Πλάτος - Μήκος
- Συστήματα αναφοράς χρόνου
- Συστήματα αναφοράς χώρου
- Γεωκεντρικά και τοποκεντρικά συστήματα αναφοράς
- Παράμετροι ελλειψοειδούς αναφοράς