



# Παρατηρησιακή Αστρονομία

## Ενότητα 1: Ουράνια Σφαίρα

Κλεομένης Τσιγάνης  
Τμήμα Φυσικής



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ



# Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



# Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη 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.

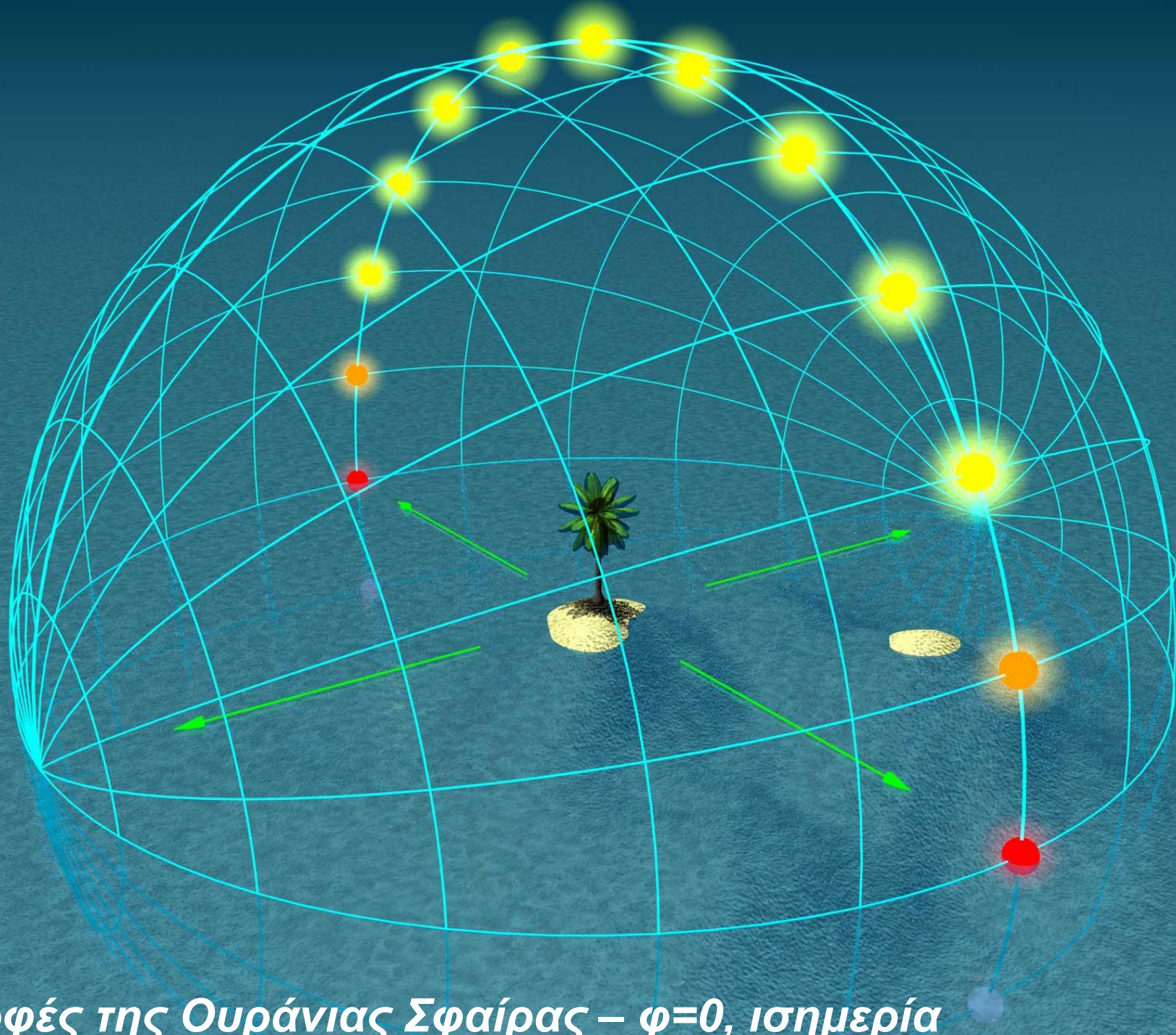


# Προβολή της εκλειπτικής στην ουράνια σφαίρα – Ζωδιακοί αστερισμοί



Η Γη περιφέρεται γύρω από τον Ήλιο σε σταθερή τροχιά. Ο ζωδιακός κύκλος είναι το μονοπάτι που φαίνεται να ακολουθεί ο Ήλιος κατά τη φαινόμενη κίνησή του στον ουρανό στη διάρκεια ενός ηλιακού έτους. Πηγή: [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ecliptic\\_path.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ecliptic_path.jpg)

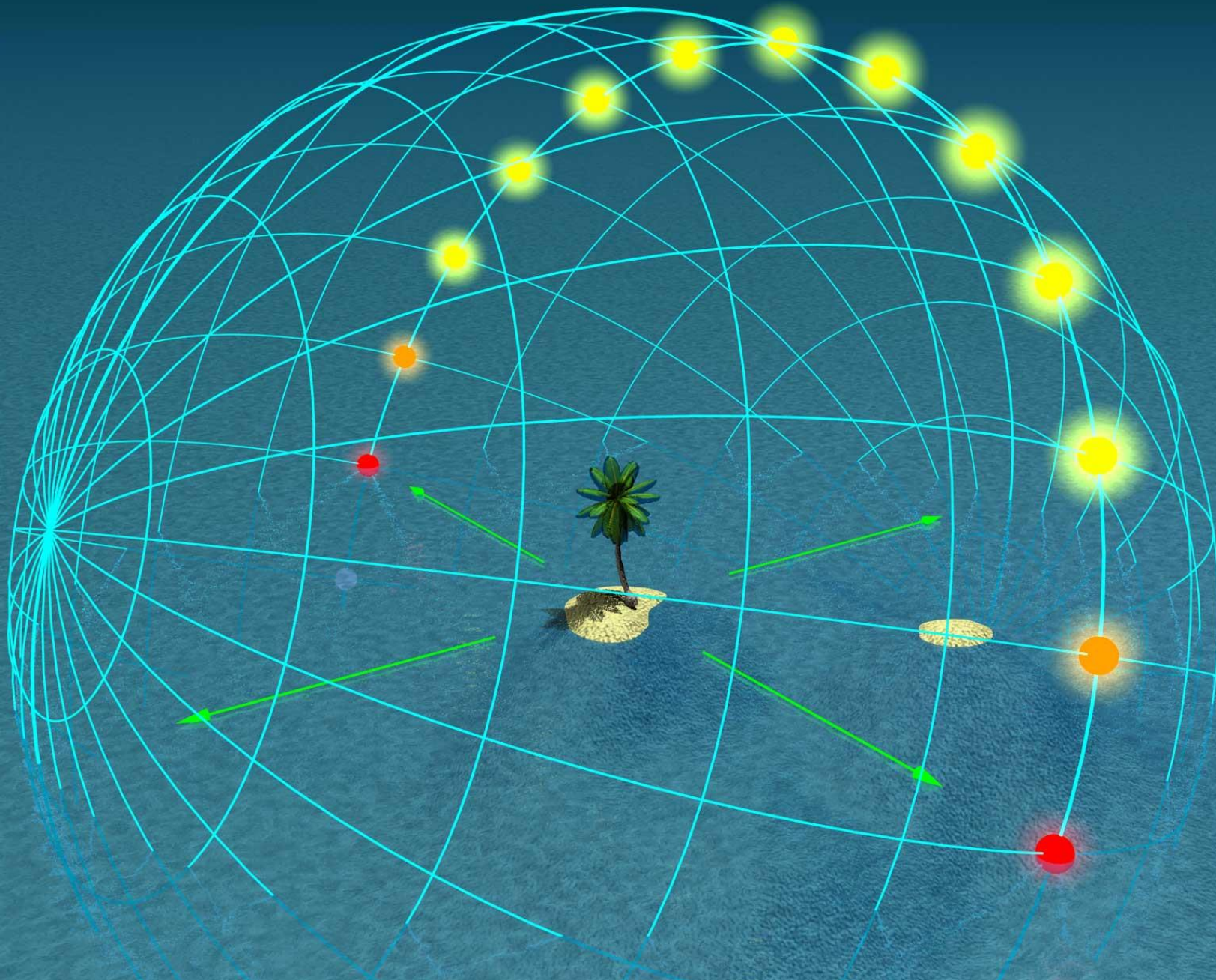




**Μορφές της Ουράνιας Σφαίρας –  $\varphi=0$ , ισημερία**

Μορφές της Ουράνιας Σφαίρας –  $\varphi = 0^\circ$ , ισημερία. Πηγή:  
<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Equinox-0.jpg>



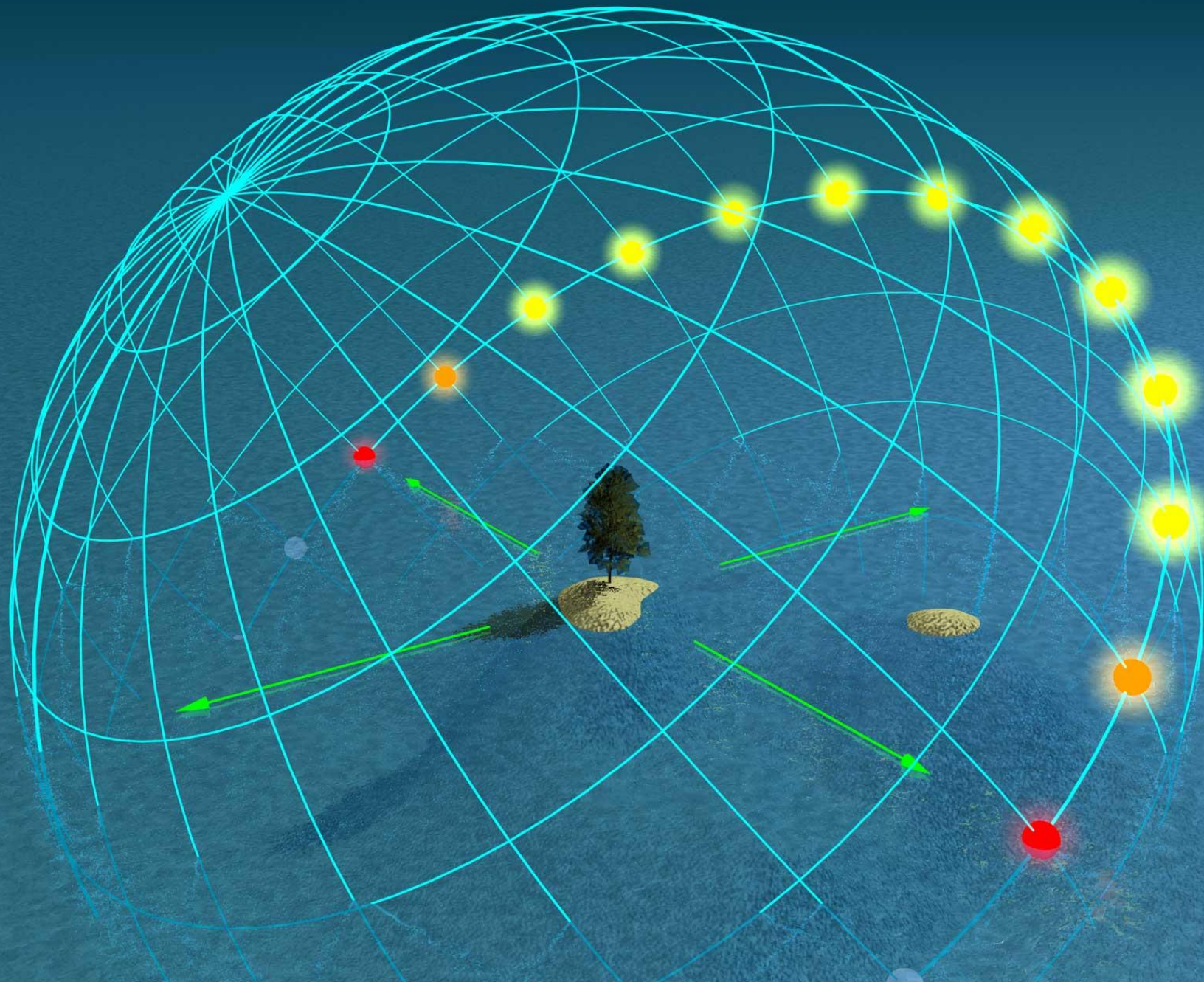


**Μορφές της Ουράνιας Σφαίρας –  $\varphi \sim 20$  deg, ισημερία**

Μορφές της Ουράνιας Σφαίρας –  $\varphi = 20^\circ$ , ισημερία. Πηγή:

<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Equinox-20.jpg>



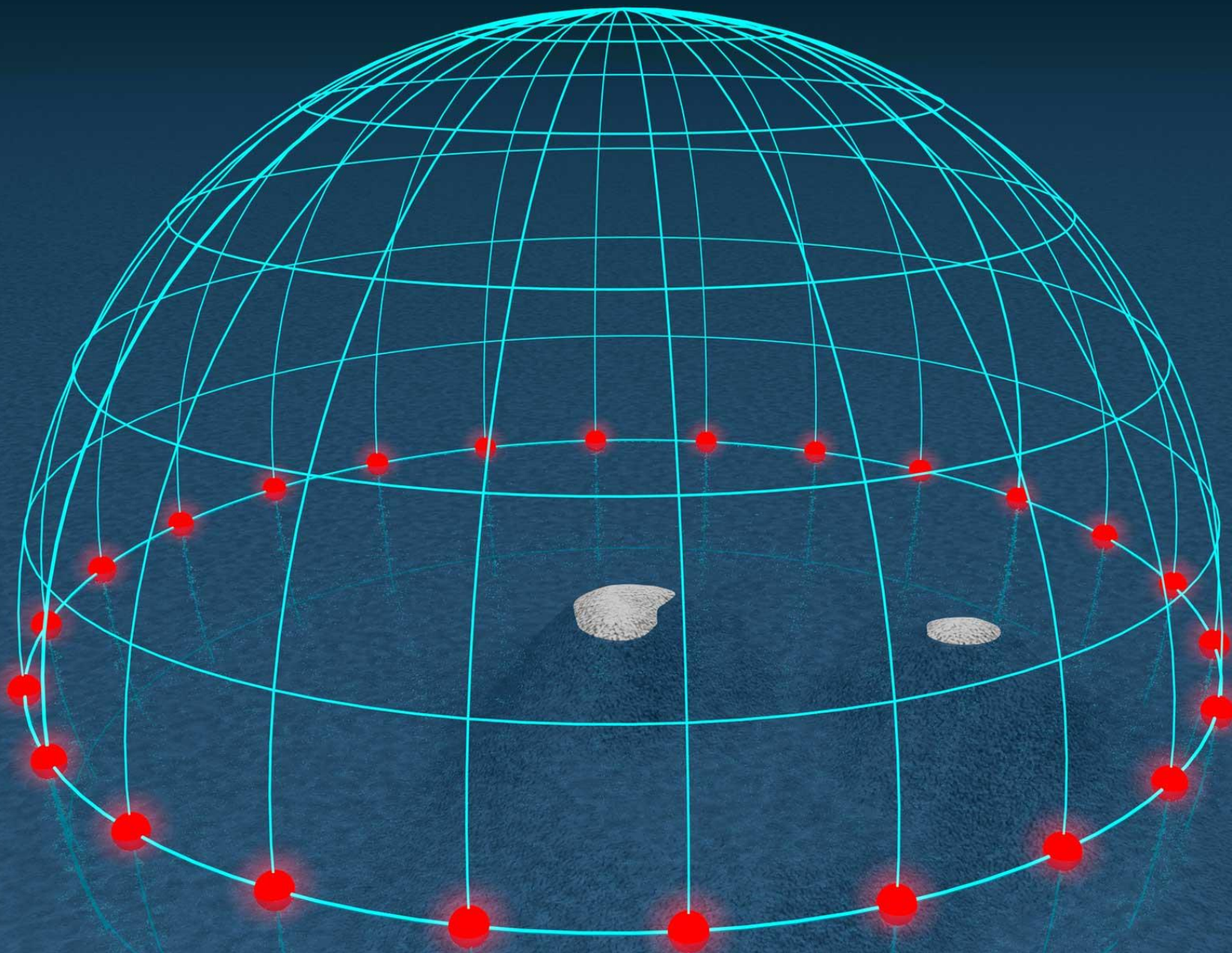


**Μορφές της Ουράνιας Σφαίρας –  $\varphi \sim 60 \text{ deg}$ , ισημερία**

Μορφές της Ουράνιας Σφαίρας –  $\varphi = 50^\circ$ , ισημερία. Πηγή:

<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Equinox-50.jpg>



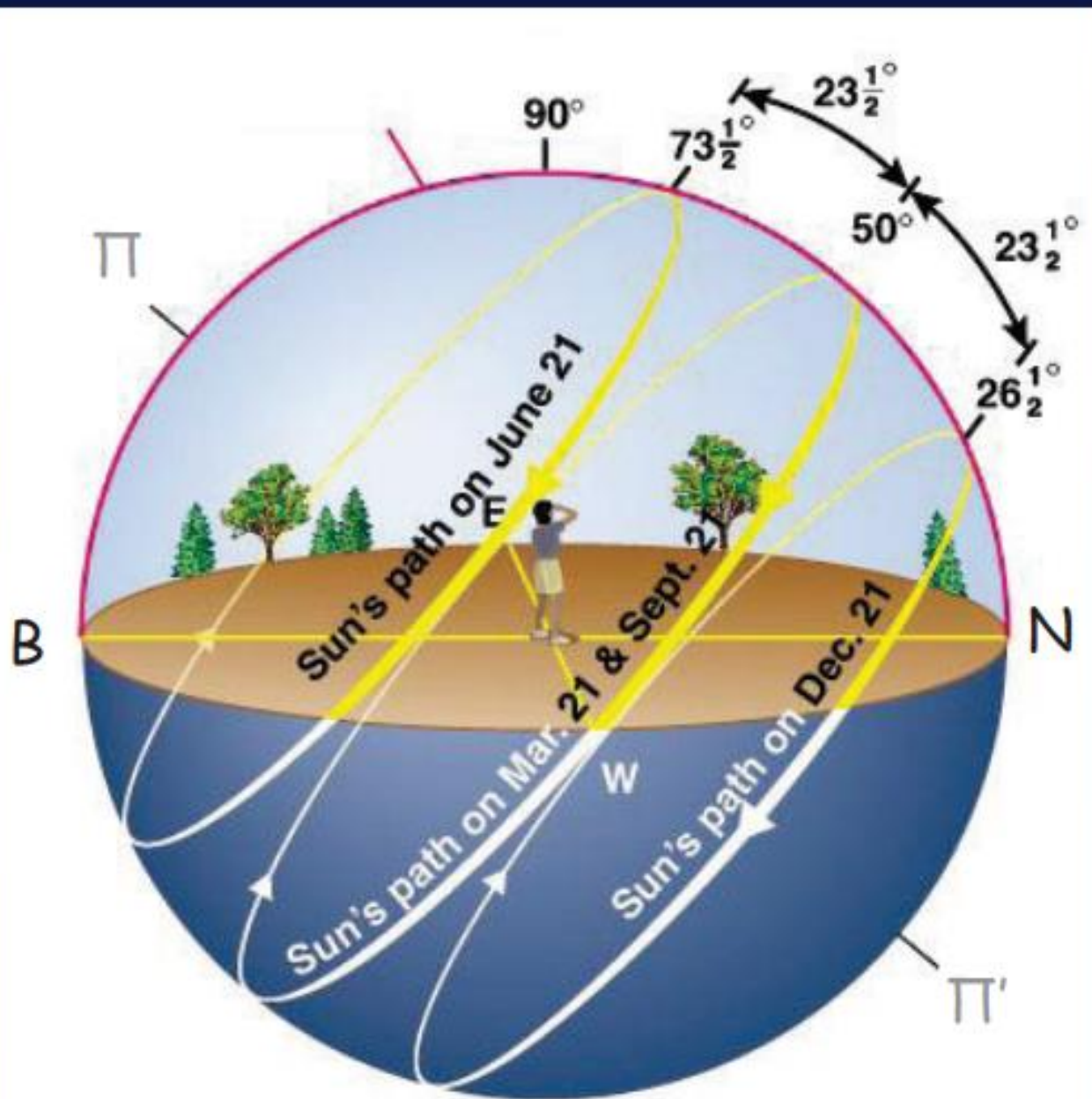


**Μορφές της Ουράνιας Σφαίρας –  $\varphi=90$  deg, ισημερία**

Μορφές της Ουράνιας Σφαίρας –  $\varphi = 90^\circ$ , ισημερία. Πηγή:  
<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Equinox-90.jpg>

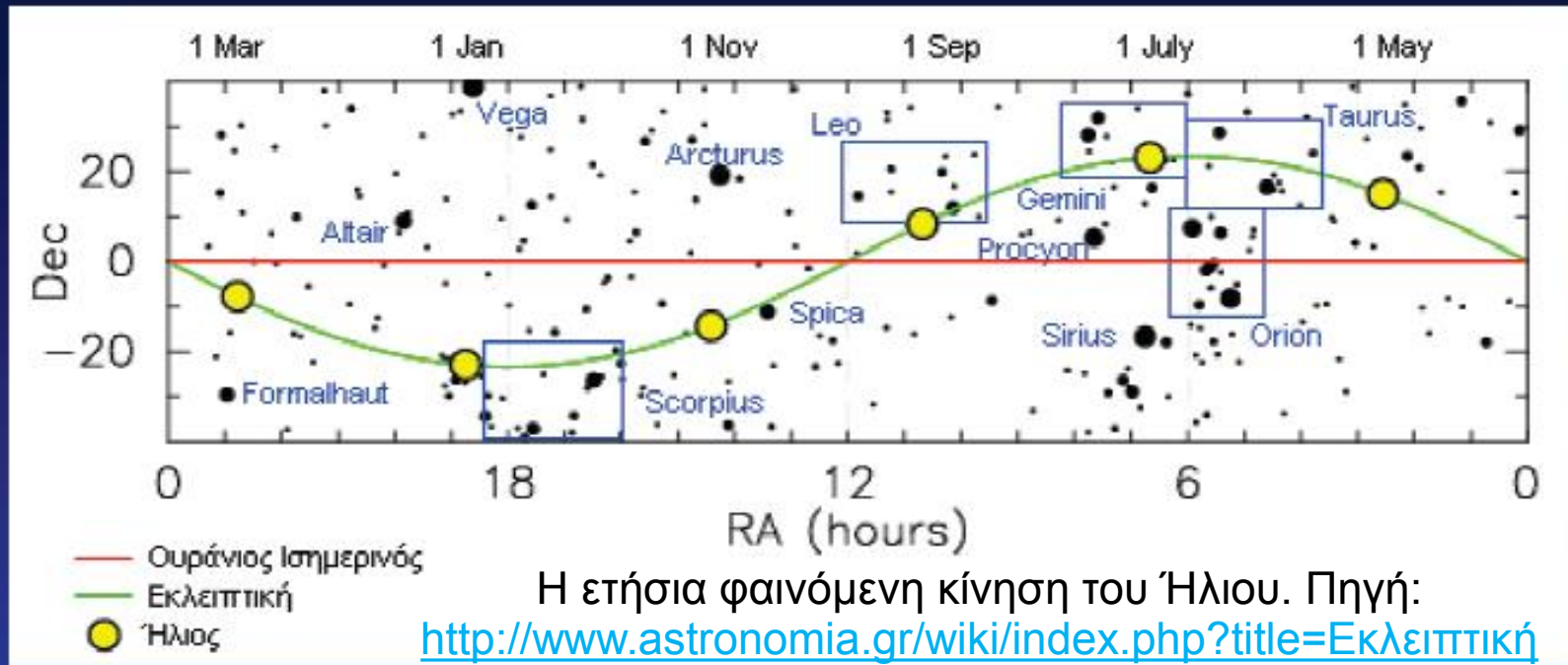


# ΦΑΙΝΟΜΕΝΗ ΤΡΟΧΙΑ ΤΟΥ ΗΛΙΟΥ



Πλάγια μορφή της ουράνιας σφαίρας και φαινόμενη κίνηση του Ήλιου κατά τη διάρκεια του έτους.

# ΦΑΙΝΟΜΕΝΗ ΤΡΟΧΙΑ ΤΟΥ ΗΛΙΟΥ

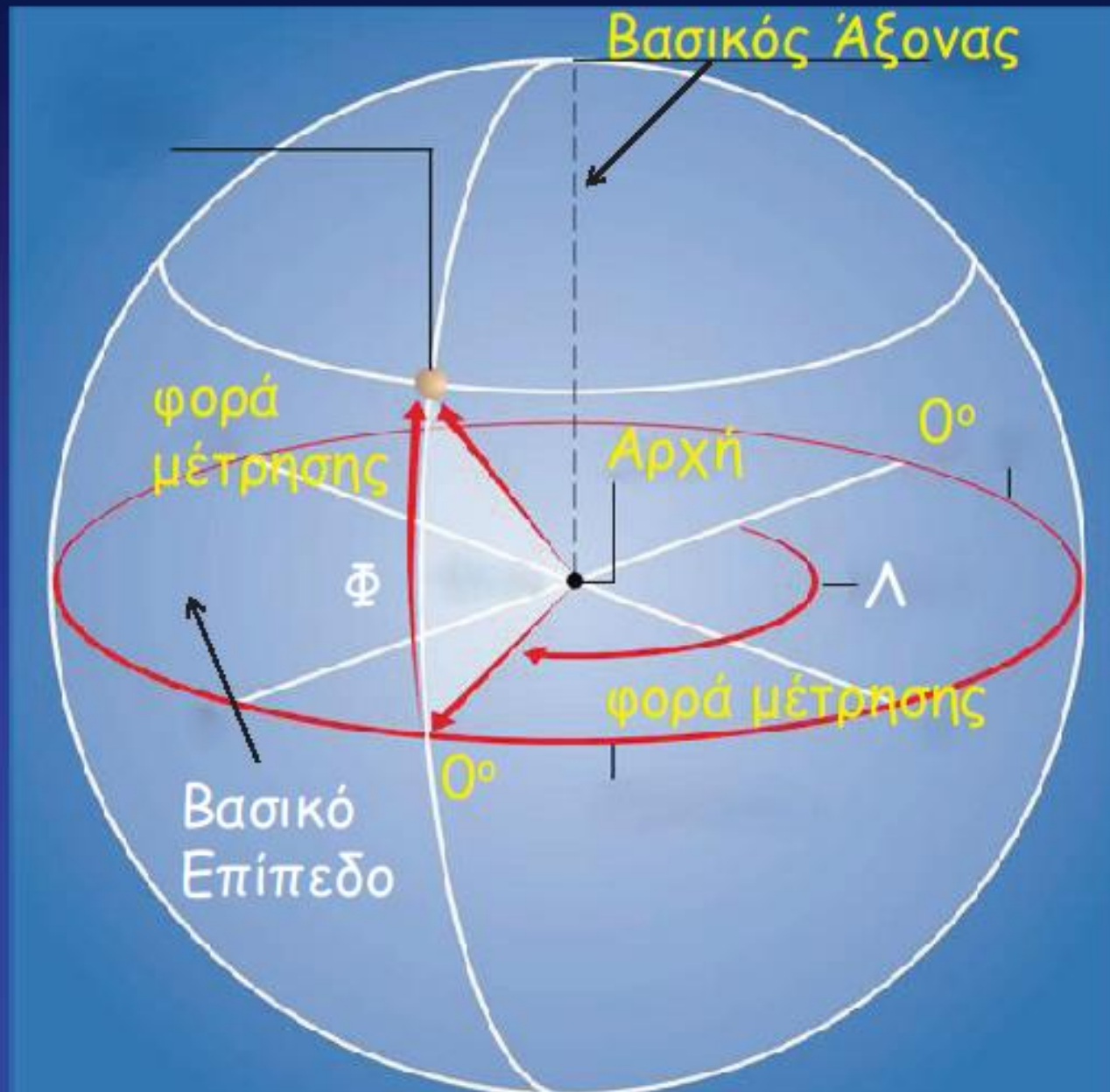


Σύνθεση φωτογραφιών της ημερήσιας κίνησης του Ήλιου σε συγκεκριμένο γεωγραφικό πλάτος.

Πηγή: <http://ganymede.nmsu.edu/tharriso/ast110/class05.html>

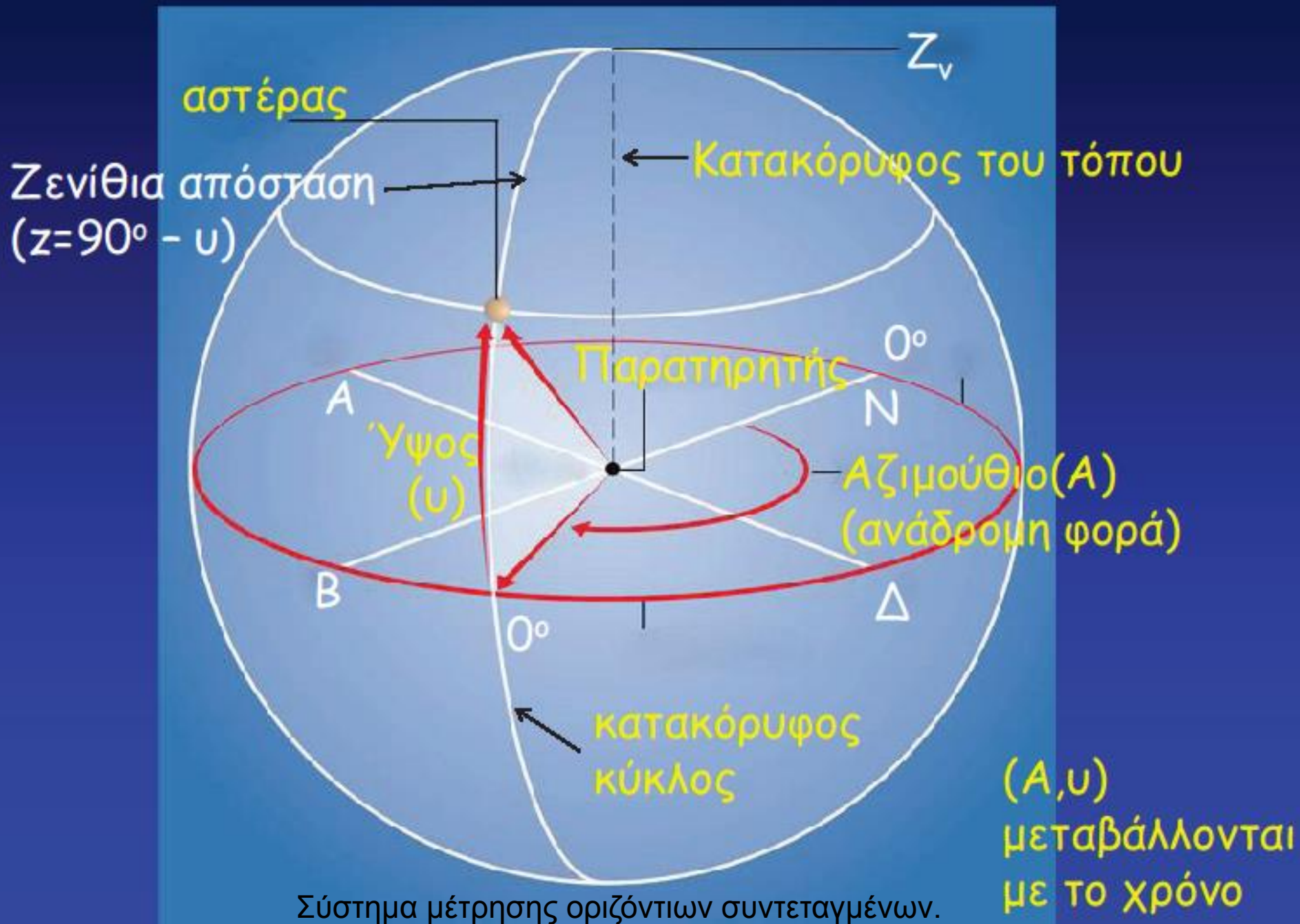


# ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΩΝ



Σύστημα μέτρησης γεωγραφικών συντεταγμένων.

# ΟΡΙΖΟΝΤΙΕΣ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ





# ΙΣΗΜΕΡΙΝΕΣ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ



Σύστημα μέτρησης ισημερινών συντεταγμένων.

# ΟΥΡΑΝΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ

Εάν στο σύστημα Ισημερινών συντεταγμένων χρησιμοποιήσω το **Εαρινό Ισημερινό Σημείο** αντί του **Μεσημβρινού** του τόπου, τότε οι συντεταγμένες γίνονται ανεξάρτητες του χρόνου!

Ωριαία Γωνία  $H$  (0h - 24h) ανάδρομη φορά

-> **Ορθή Αναφορά  $\alpha$**  (0h - 24h) ορθή φορά (!)



# ΕΚΛΕΙΠΤΙΚΕΣ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ

Αρχή: Παρατηρητής

Βασικό επίπεδο: επίπεδο της εκλειπτικής

Βασικός άξονας: άξονας της εκλειπτικής

$\lambda$ : Εκλειπτικό μήκος ( $\lambda$ ) ( $0^\circ - 360^\circ$ )

$\Phi$ : Εκλειπτικό πλάτος ( $\beta$ ) ( $0^\circ \pm 90^\circ$ )

Αρχή των  $\lambda$ : Εαρινό ισημερινό σημείο

Αρχή των  $\Phi$ : Επίπεδο της εκλειπτικής

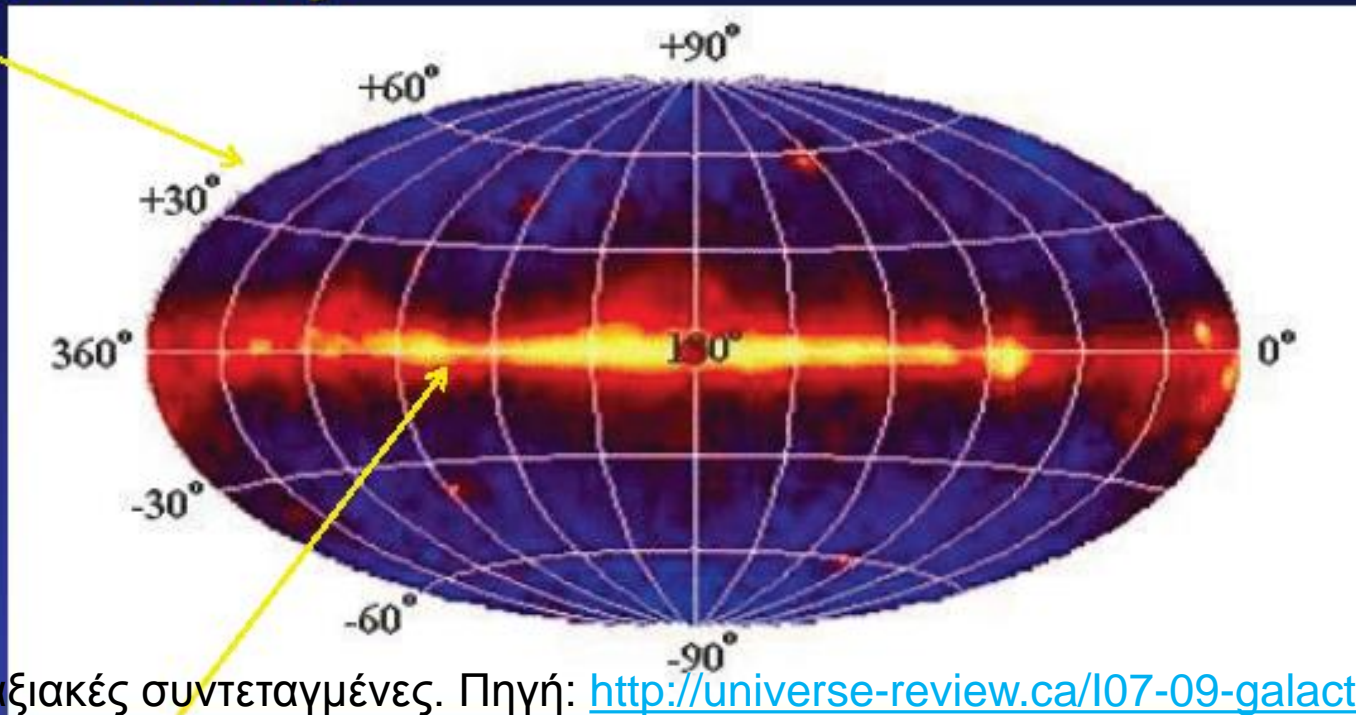
Φορά: ορθή

(δεν μεταβάλλονται με το χρόνο)

Για τον Ήλιο:  $\beta=0^\circ$

# ΓΑΛΑΞΙΑΚΕΣ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ

Γαλαξιακό Πλάτος



Γαλαξιακές συντεταγμένες. Πηγή: <http://universe-review.ca/I07-09-galactic.jpg>

Γαλαξιακό Μήκος

(δε μεταβάλλονται με το χρόνο)



# ΑΛΛΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΩΝ

Ηλιοκεντρικές

Σεληνογραφικές

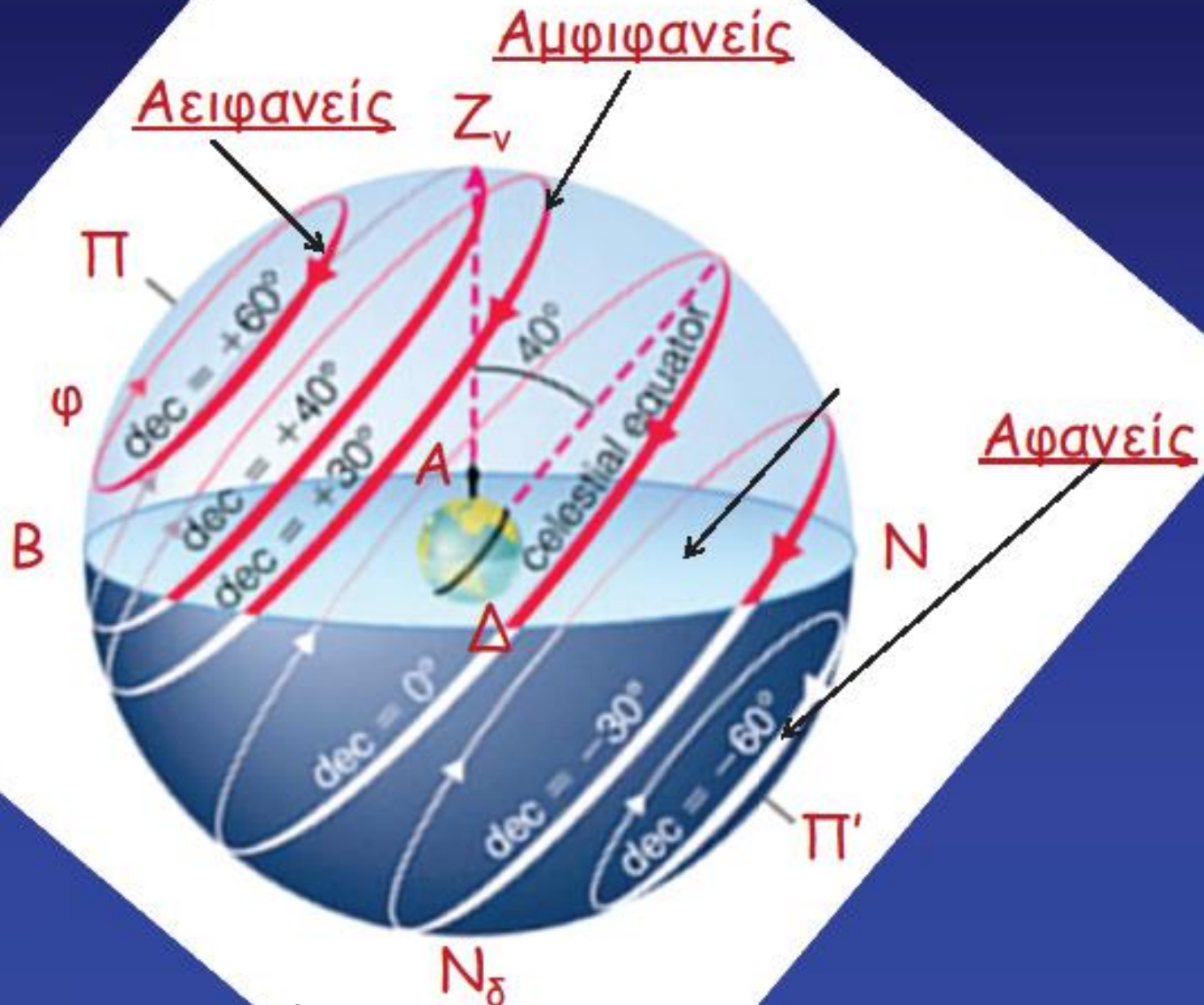
Γαλακτοκεντρικές

...





# ΕΜΦΑΝΙΣΗ ΑΣΤΕΡΩΝ



Κατηγορίες αστέρων με βάση το γεωγραφικό πλάτος του παρατηρητή.

# ΕΙΔΙΚΕΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ

Για παρατηρητή στον Ισημερινό:

$$\varphi = 0^\circ$$

ο άξονας της Γης συμπίπτει με διεύθυνση Β-Ν  
κατακόρυφες τροχιές αστέρων (ορθή μορφή)

Για παρατηρητή στον βόρειο (ή νότιο) πόλο

$$\varphi = 90^\circ$$

ο άξονας της Γης συμπίπτει την κατακόρυφο του  
παρατηρητή

οριζόντιες τροχιές αστέρων (παράλληλη μορφή)



# ΤΡΙΓΩΝΟ ΘΕΣΗΣ

Η φαινόμενη θέση ενός αστέρα ( $\Sigma$ ) καθορίζεται πλήρως αν είναι γνωστές δύο τουλάχιστον γωνίες (π.χ. ωριαία γωνία  $H$  και απόκλιση  $\delta$ ).

Επιλύουμε το τρίγωνο θέσης:  $\Pi Z_{\nu} \Sigma$

3 γωνίες + 3 τόξα = 6 στοιχεία

Από τριγωνομετρικές σχέσεις: αν γνωρίζουμε τα 5 στοιχεία μπορούμε να υπολογίσουμε το έκτο.

# ΤΡΙΓΩΝΟ ΘΕΣΗΣ

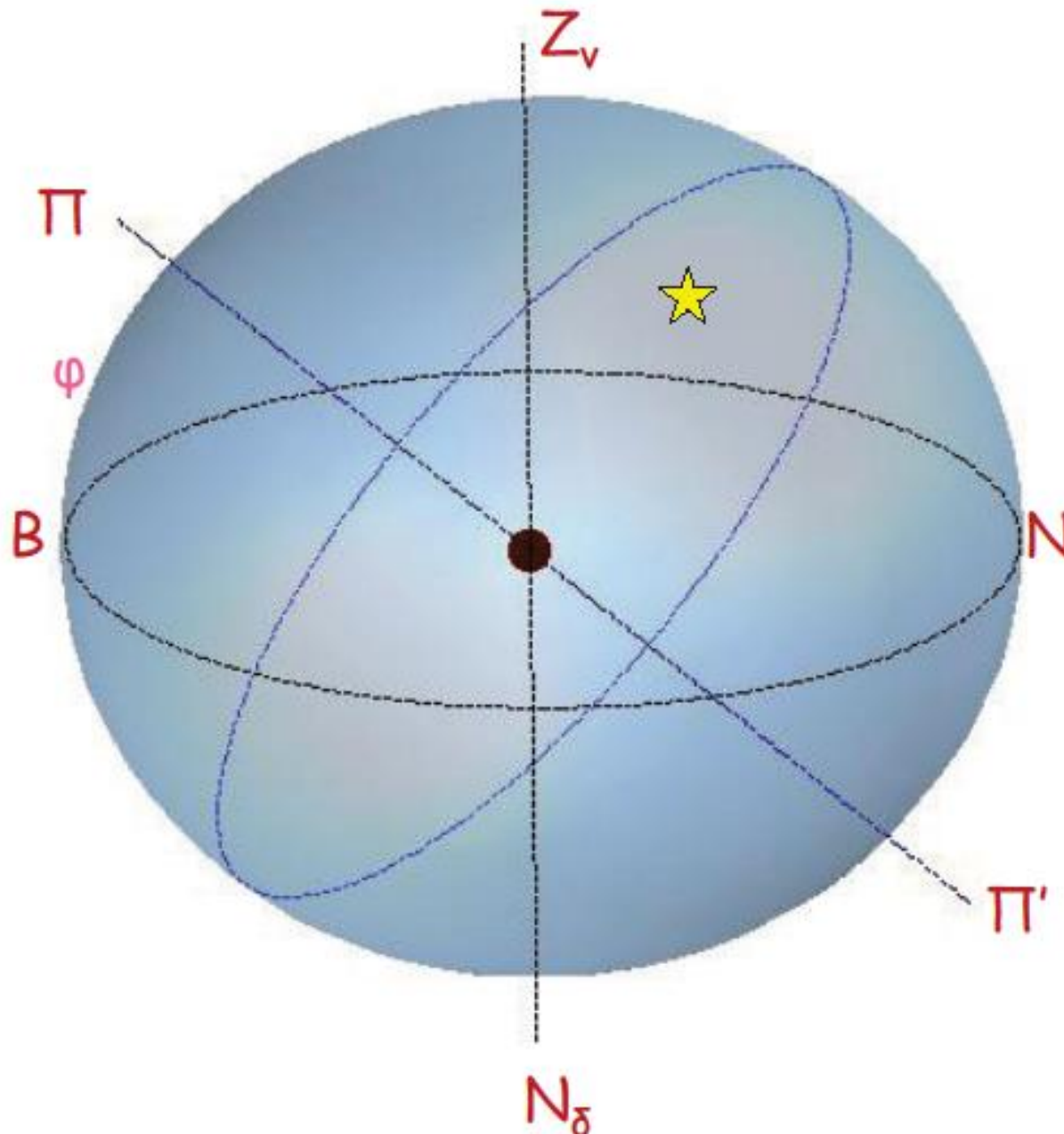
Η φαινόμενη θέση ενός αστέρα ( $\Sigma$ ) καθορίζεται πλήρως αν είναι γνωστές **δύο τουλάχιστον γωνίες** (π.χ. ωριαία γωνία  $H$  και απόκλιση  $\delta$ ).

Επιλύουμε το τρίγωνο θέσης:  $\Pi Z_{\nu} \Sigma$

**3 γωνίες + 3 τόξα = 6 στοιχεία**

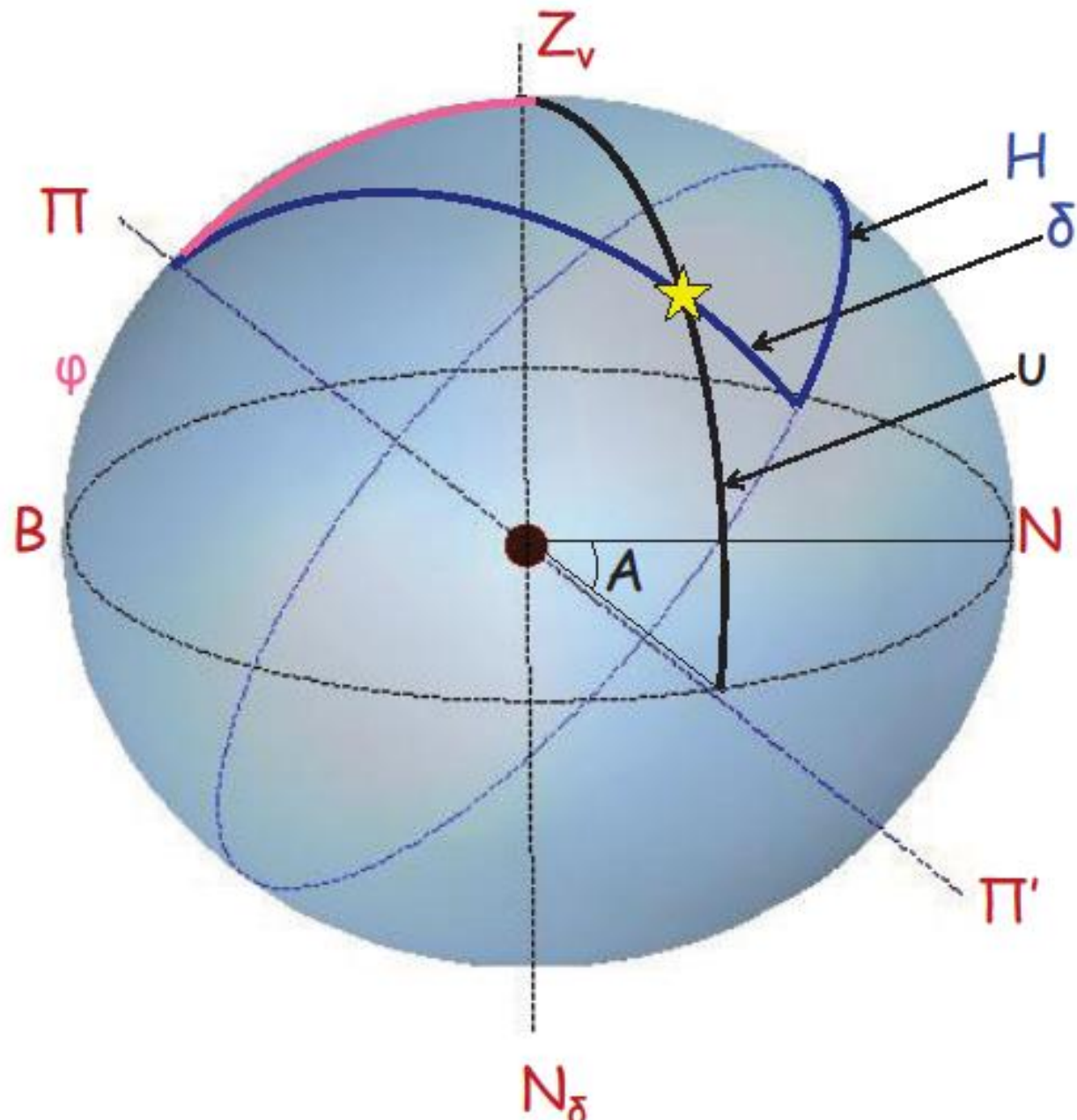


# ΟΡΙΖΟΝΤΙΕΣ ΚΑΙ ΙΣΗΜΕΡΙΝΕΣ ΣΥΝΤ.



Οριζόντιες και ισημερινές συντεταγμένες.

# ΟΡΙΖΟΝΤΙΕΣ ΚΑΙ ΙΣΗΜΕΡΙΝΕΣ ΣΥΝΤ.

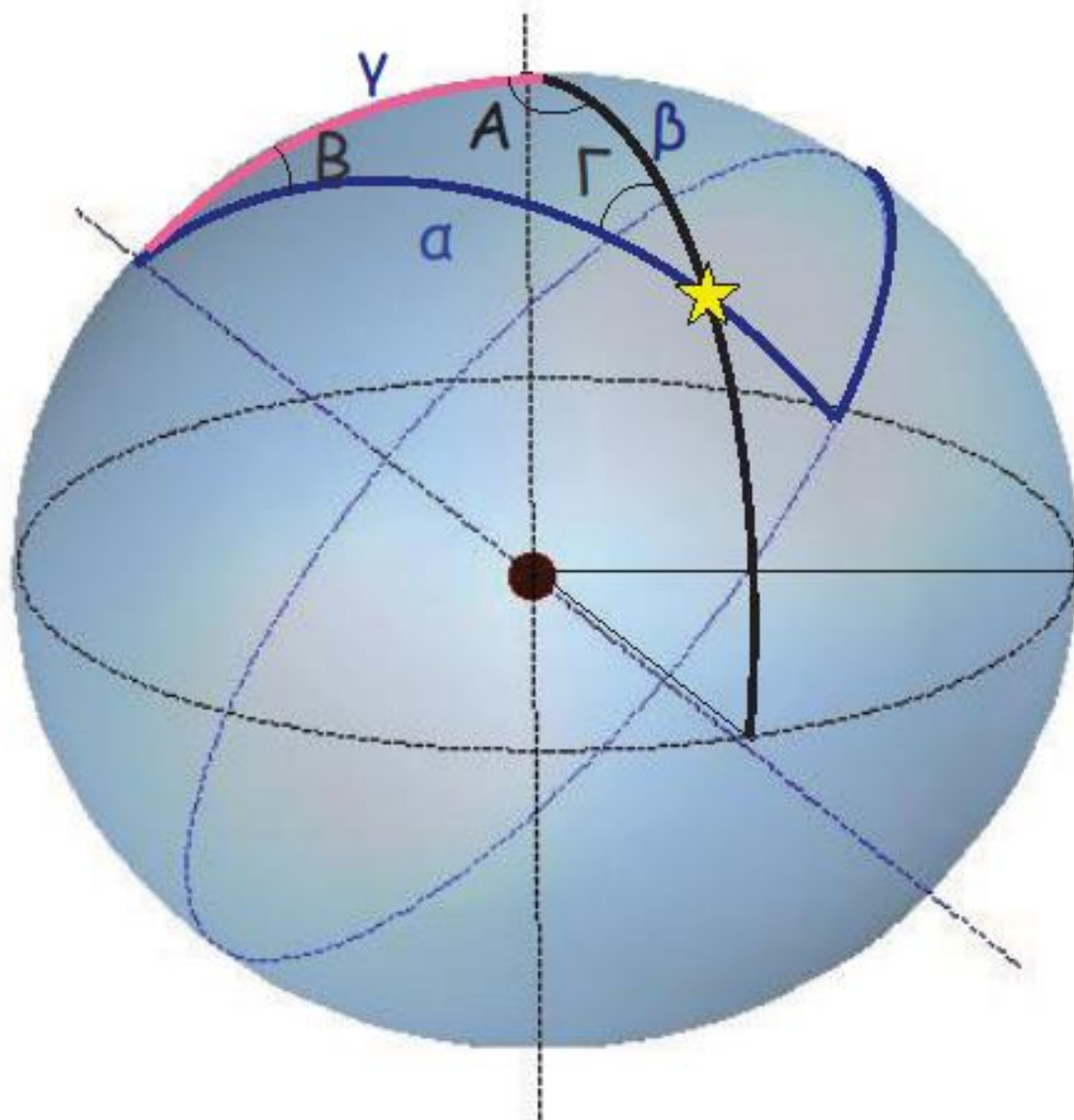


Οριζόντιες και ισημερινές συντεταγμένες.





# ΕΠΙΛΥΣΗ ΤΟΥ ΤΡΙΓΩΝΟΥ ΘΕΣΗΣ



Το τρίγωνο θέσης ενός αστέρα.



## ΕΠΙΛΥΣΗ ΤΟΥ ΤΡΙΓΩΝΟΥ ΘΕΣΗΣ

Χρήσιμες σχέσεις στη σφαιρική τριγωνομετρία:

Σχέση του συνημιτόνου:

$$\cos \alpha = \cos \beta \cos \gamma + \sin \beta \sin \gamma \cos A$$

Σχέση του ημιτόνου:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin A} = \frac{\sin \beta}{\sin B} = \frac{\sin \gamma}{\sin \Gamma}$$

Σχέση των πέντε στοιχείων:

$$\sin \gamma \cos A = \cos \alpha \sin \beta - \sin \alpha \cos \beta \cos \Gamma$$

Σχέση των τεσσάρων διαδοχικών στοιχείων:

$$\cos \beta \cos \Gamma = \sin \beta \cot \alpha - \sin \Gamma \cot A$$

# ΣΗΜΕΙΩΣΗ

Αν ο αστέρας βρίσκεται **ανατολικά** του Μεσημβρινού του τόπου, τότε στο τρίγωνο θέσης, αντικαθιστούμε:

$$180^\circ - A \longrightarrow A - 180^\circ$$

και

$$H \longrightarrow 360^\circ - H$$



# ΕΠΙΛΥΣΗ ΤΟΥ ΤΡΙΓΩΝΟΥ ΘΕΣΗΣ

Χρήσιμες σχέσεις στη σφαιρική τριγωνομετρία:

Σχέση του συνημιτόνου:

$$\cos \alpha = \cos \beta \cos \gamma + \sin \beta \sin \gamma \cos A$$

Σχέση του ημιτόνου:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin A} = \frac{\sin \beta}{\sin B} = \frac{\sin \gamma}{\sin \Gamma}$$

Σχέση των πέντε στοιχείων:

$$\sin \gamma \cos A = \cos \alpha \sin \beta - \sin \alpha \cos \beta \cos \Gamma$$

Σχέση των τεσσάρων διαδοχικών στοιχείων:

$$\cos \beta \cos \Gamma = \sin \beta \cot \alpha - \sin \Gamma \cot A$$

# ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΧΡΟΝΟΥ

Τα κυριότερα συστήματα χρόνου στην Αστρονομία:

(α) **Αστρικός χρόνος** (ST, sidereal time)

(β) **Μέσος Ηλιακός χρόνος** (mean solar time).

Ο μ.η.χ. στο Greenwich ονομάζεται **Παγκόσμιος χρόνος** (UT, universal time)

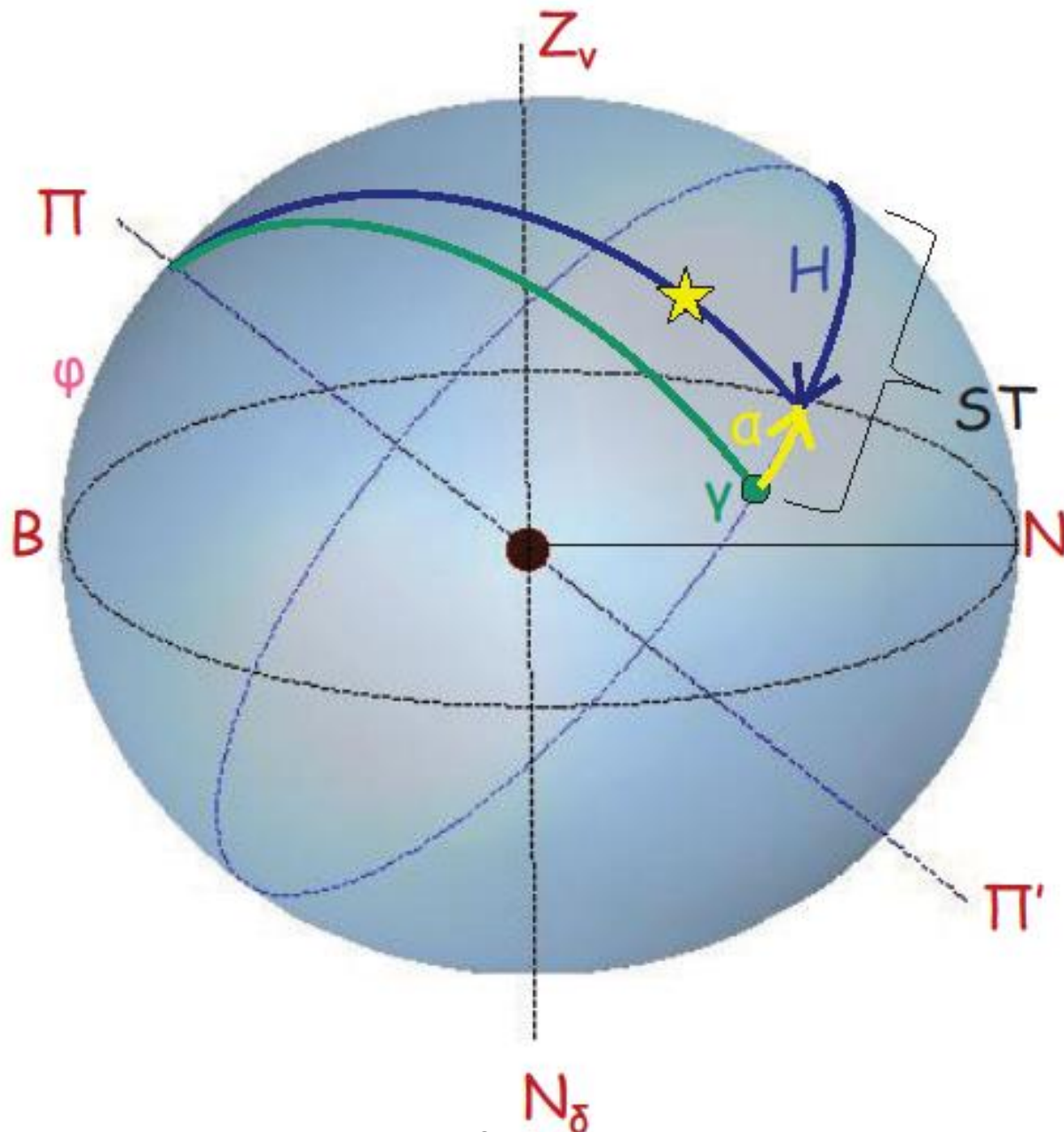
(γ) **Δυναμικός χρόνος** ή **χρόνος των Εφημερίδων** (TDT, TDB, ET, dynamical time, ephemeris time)

(δ) **Διεθνής Ατομικός χρόνος** (TAI, international atomic time)

Τα 3 πρώτα ορίζονται με βάση περιοδικές κινήσεις ουρανίων σωμάτων.



# ΑΣΤΡΙΚΟΣ ΧΡΟΝΟΣ: $ST = \alpha + H$



Σχέση αστρικού χρόνου, ορθής αναφοράς και ωριαίας γωνίας.

# ΑΣΤΡΙΚΟΣ ΧΡΟΝΟΣ (ST)

Αστρικός χρόνος ενός τόπου (ST) =  
ωριαία γωνία του εαρινού ισημερινού σημείου  $\gamma$

Για δυο τόπους σε γεωγραφικά μήκη  $\lambda_1$  και  $\lambda_2$ :

$$ST_1 - ST_2 = \lambda_2 - \lambda_1$$

Σχέση με ορθή αναφορά  $\alpha$  και ωριαία γωνία  $H$ :

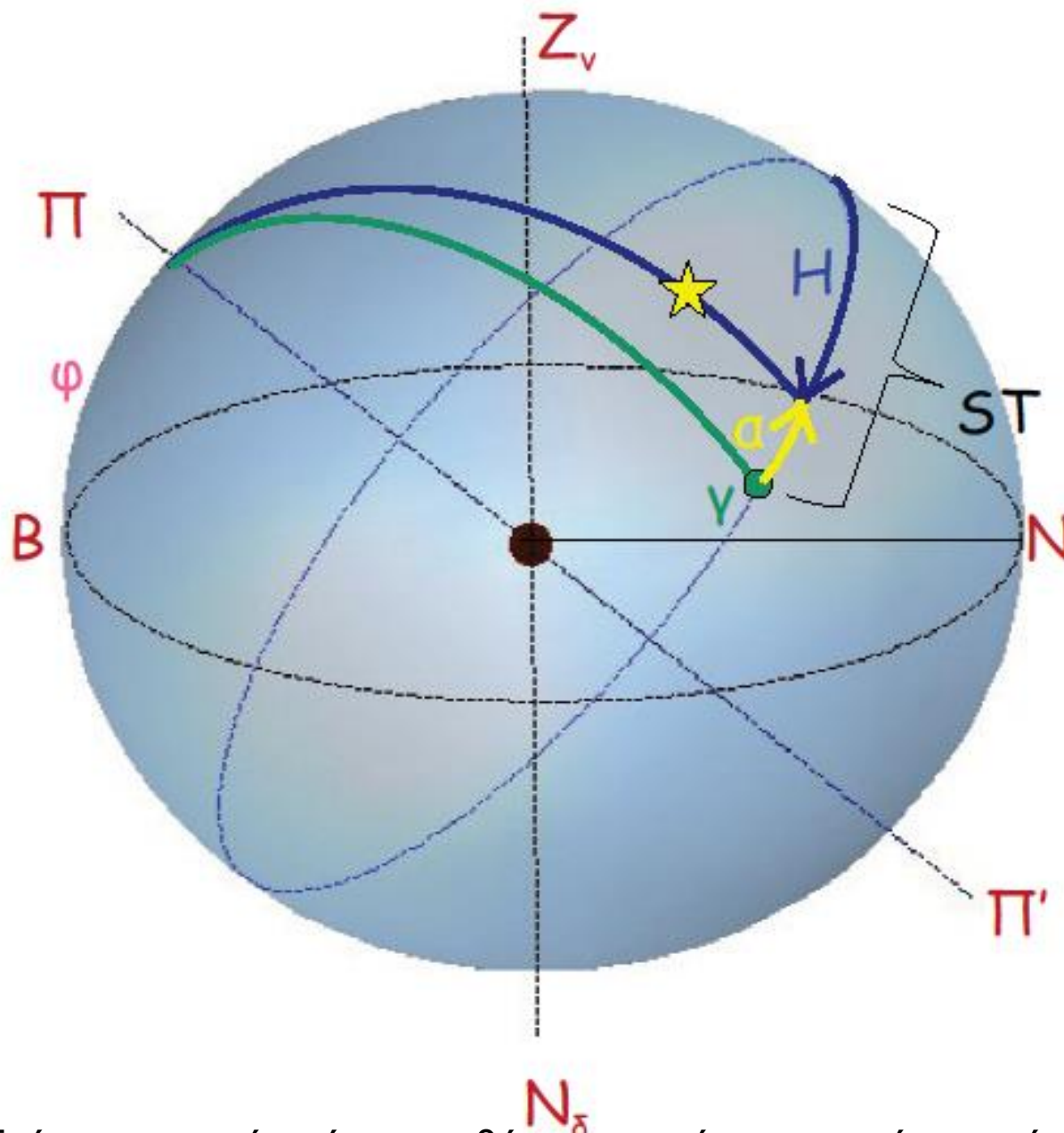
$$ST = \alpha + H$$

Αστρική μέρα = χρονικό διάστημα μεταξύ δυο διαδοχικών άνω μεσουρανήσεων του  $\gamma$

Αστρικό έτος = χρονικό διάστημα μεταξύ δυο διαδοχικών διελεύσεων του Ήλιου από το ίδιο σημείο της εκλειπτικής.



# ΑΣΤΡΙΚΟΣ ΧΡΟΝΟΣ: $ST = \alpha + H$



Σχέση αστρικού χρόνου, ορθής αναφοράς και ωριαίας γωνίας.

# ΜΕΤΑΠΤΩΣΗ ΚΑΙ ΚΛΟΝΗΣΗ

**Μετάπτωση** του άξονα της Γης γύρω από την κάθετο στη εκλειπτική ( $\pm 23.5^\circ$ ) με περίοδο **25,800** έτη.

**Κλόνηση** του συστήματος Γης-Σελήνης με περίοδο **18.6** έτη

Η κλόνηση έχει μικρή, περιοδική επίπτωση στις φαινόμενες θέσεις των αστέρων → ορισμός **μέσης θέσης**

## ΜΕΣΟΣ ΑΣΤΡΙΚΟΣ ΧΡΟΝΟΣ

Απαλείφοντας την επίπτωση της κλόνησης στη φαινόμενη θέση του εαρινού ισημερινού σημείου  $\gamma$ , ορίζουμε ένα μέσο εαρινό σημείο  $\gamma_1$ , το οποίο κινείται ομαλά πάνω στην εκλειπτική.

$$\text{Μέσος αστρικός χρόνος} = ST(\gamma_1)$$

Λόγω της μετάπτωσης, το  $\gamma_1$  κινείται ανάδρομα πάνω στην εκλειπτική κατά  $50.''3$  ανά έτος  $\rightarrow$  οι ουρανογραφικές συντεταγμένες μεταβάλλονται! Από μια χρονική στιγμή  $t_1$  σε μια άλλη  $t_2$ :

$$\alpha_{t_2} = \alpha_{t_1} + (3.074^s + 1.336^s \sin \alpha_{t_1} \tan \delta_{t_1}) Y$$

$$\delta_{t_2} = \delta_{t_1} + 20.''04 \cos \alpha_{t_1} Y \quad (Y=\acute{\epsilon}\tau\eta)$$



# ΤΡΟΠΙΚΟ ΕΤΟΣ

**Τροπικό έτος** = το μέσο χρονικό διάστημα που χρειάζεται ο Ήλιος για να διαγράψει μια **πλήρη περιφορά** πάνω στην εκλειπτική, **ως προς το εαρινό ισημερινό σημείο  $\gamma$** .

Το τροπικό έτος είναι περίπου **20 λεπτά της ώρας μικρότερο** από το αστρικό έτος, διότι το  $\gamma_1$  κινείται **ανάδρομα**.

# ΜΕΣΗ ΗΛΙΑΚΗ ΗΜΕΡΑ

Αληθής Ηλιακός χρόνος =  $H_{\odot} + 12^h$

Αληθής Ηλιακή ημέρα =  $T_A = \frac{2\pi}{\omega_{\Gamma} - \omega_H}$

$\omega_{\Gamma}$  = γωνιακή ταχύτητα περιστροφής της Γης

$\omega_H$  = γων. ταχ. της προβολής του Ήλιου πάνω στον ισημερινό

Όμως,  $\omega_H \neq \text{σταθ.}$  Και ορίζουμε τη μέση γων. ταχ.  $\omega_M$  του μέσου Ήλιου

Μέση Ηλιακή ημέρα =  $T_M = \frac{2\pi}{\omega_{\Gamma} - \omega_M}$

Μέσος Ηλιακός χρόνος (πολιτικός χρόνος) =  $H_M + 12^h$

## ΔΙΑΦΟΡΑ Μ.Η. ΗΜΕΡΑΣ ΑΠΟ ΑΣΤΡΙΚΗ ΗΜΕΡΑ

Επειδή το έτος διαρκεί  $\sim 365$  ημέρες, η φαινόμενη θέση του Ήλιου στην ουράνια σφαίρα μετακινείται κατά  $360^\circ/365 \sim 1^\circ/\text{ημέρα}$ , καθώς η Γη ολοκληρώνει μια πλήρη περιφορά γύρω από τον Ήλιο.

Έτσι, η Γη περιστρέφεται κατά  $\sim 360^\circ + 1^\circ = 361^\circ$  κατά τη διάρκεια μιας μέσης ηλιακής ημέρας και κατά  $\sim 360^\circ$  κατά τη διάρκεια μιας αστρικής ημέρας.

Άρα, η αστρική ημέρα είναι περίπου  $(1^\circ/365^\circ)24^h = 4^{\text{min}}$  μικρότερη από την μέση ηλιακή ημέρα.



# ΠΑΓΚΟΣΜΙΟΣ ΧΡΟΝΟΣ (UT)

Παγκόσμιος χρόνος = πολιτικός χρόνος στο Greenwich

Στην πράξη υπολογίζουμε τον παγκόσμιο χρόνο **UT0** από τη σχέση

**365.2422 ηλιακές ημέρες = 366.2422 αστρικές ημέρες**

(μέσω της αστρικής ημέρας λαμβάνονται υπόψη η μετάπτωση και η κλόνηση του άξονα της Γης)

**UT1** = βελτίωση του UT0, λαμβάνοντας υπόψη μετακινήσεις πάγων, αέριων μαζών και μαζών στο εσωτερικό της Γης.

**UTC** = **συντονισμένος παγκόσμιος χρόνος** (διορθωμένος για όλους τους άλλους παράγοντες)

## ΔΙΑΦΟΡΑ Μ.Η. ΗΜΕΡΑΣ ΑΠΟ ΑΣΤΡΙΚΗ ΗΜΕΡΑ

Επειδή το έτος διαρκεί  $\sim 365$  ημέρες, η φαινόμενη θέση του Ήλιου στην ουράνια σφαίρα μετακινείται κατά  $360^\circ/365 \sim 1^\circ/\text{ημέρα}$ , καθώς η Γη ολοκληρώνει μια πλήρη περιφορά γύρω από τον Ήλιο.

Έτσι, η Γη περιστρέφεται κατά  $\sim 360^\circ + 1^\circ = 361^\circ$  κατά τη διάρκεια μιας μέσης ηλιακής ημέρας και κατά  $\sim 360^\circ$  κατά τη διάρκεια μιας αστρικής ημέρας.

Άρα, η αστρική ημέρα είναι περίπου  $(1^\circ/365^\circ)24^h = 4^{\text{min}}$  μικρότερη από την μέση ηλιακή ημέρα.

# ΠΑΓΚΟΣΜΙΟΣ ΧΡΟΝΟΣ (UT)

Παγκόσμιος χρόνος = πολιτικός χρόνος στο Greenwich

Στην πράξη υπολογίζουμε τον παγκόσμιο χρόνο **UT0** από τη σχέση

**365.2422 ηλιακές ημέρες = 366.2422 αστρικές ημέρες**

(μέσω της αστρικής ημέρας λαμβάνονται υπόψη η μετάπτωση και η κλόνηση του άξονα της Γης)

**UT1** = βελτίωση του UT0, λαμβάνοντας υπόψη μετακινήσεις πάγων, αέριων μαζών και μαζών στο εσωτερικό της Γης.

**UTC** = **συντονισμένος παγκόσμιος χρόνος** (διορθωμένος για όλους τους άλλους παράγοντες)



# ΔΙΟΡΘΩΣΗ ΤΟΥ UTC

Ο παγκόσμιος χρόνος UTC διορθώνεται κάθε λίγα έτη, προσαυξάνοντας κάθε φορά ένα δευτερόλεπτο, έτσι ώστε ο Ήλιος να περνά από τον μεσημβρινό του Greenwich πάντα στις

12:00:00 +- 0.9sec UTC

Από το 1972 μέχρι το 2009 έχουν προστεθεί συνολικά 34 δευτερόλεπτα στον UTC.

# ΕΠΙΣΗΜΟΣ ΧΡΟΝΟΣ ΕΝΟΣ ΚΡΑΤΟΥΣ

Για την Ελλάδα:  $E = UT + 2^h$

Τοπικός αστρικός χρόνος  $LST = ST_G - \lambda$

$ST_G$  = αστρικός χρόνος Greenwich

$$= ST_0 + (365.2422/366.2422) UT$$

$ST_0$  = αστρικός χρόνος του μέσου μεσονυκτίου στο Greenwich  
(δίνεται στις αστρονομικές εφημερίδες)

$\lambda$  = γεωγραφικό μήκος

# ΔΥΝΑΜΙΚΟΣ ΧΡΟΝΟΣ

**Χρόνος των εφημερίδων (ET)** : προκύπτει από την αντιστροφή των νόμων του Νεύτωνα για την κίνηση σωμάτων στο Ηλιακό σύστημα, οπότε είναι ανεξάρτητος της περιστροφής της Γης.

**Γήινος Δυναμικός χρόνος (TDT)** και **Βαρυκεντρικός Δυναμικός χρόνος (TDB)** : λαμβάνουν υπόψη σχετικιστικές διορθώσεις λόγω του βαρυτικού πεδίου του Ήλιου και της ταχύτητας περιφοράς της Γης. Ο TDB αναφέρεται στο κέντρο μάζας του Ηλιακού συστήματος.



## ΔΙΕΘΝΗΣ ΑΤΟΜΙΚΟΣ ΧΡΟΝΟΣ (ΤΑΙ)

1 *sec* (ΤΑΙ) = 9,192,631,770 ταλαντώσεις μιας φασματικής γραμμής της υπέρλεπτης υφής του στοιχείου Καίσιου.

Προκύπτει ως μέσος όρος από περίπου 300 ατομικά ρολόγια.

## ΧΡΟΝΟΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΑ PULSAR

Για τον PSR 1937+214:  $dP/dt = 1.3 \times 10^{-19} \text{ s/s}$

Χάνει μόνο 1s σε  $3 \times 10^{11}$  έτη (> ηλικία του Σύμπαντος)!

# Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων

Διαφάνεια	Πνευματικά δικαιώματα
Διαφ.4	«Η Γη περιφέρεται γύρω από τον Ήλιο σε σταθερή τροχιά. Ο ζωδιακός κύκλος είναι το μονοπάτι που φαίνεται να ακολουθεί ο Ήλιος κατά τη φαινόμενη κίνησή του στον ουρανό στη διάρκεια ενός ηλιακού έτους. Πηγή: <a href="http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ecliptic_path.jpg">http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ecliptic_path.jpg</a> ».
Διαφ.5	«Μορφές της Ουράνιας Σφαίρας – $\varphi = 0^\circ$ , ισημερία. Πηγή: <a href="http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Equinox-0.jpg">http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Equinox-0.jpg</a> »
Διαφ.6	«Μορφές της Ουράνιας Σφαίρας – $\varphi = 20^\circ$ , ισημερία. Πηγή: <a href="http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Equinox-20.jpg">http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Equinox-20.jpg</a> »
Διαφ.7	«Μορφές της Ουράνιας Σφαίρας – $\varphi = 50^\circ$ , ισημερία. Πηγή: <a href="http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Equinox-50.jpg">http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Equinox-50.jpg</a> ».
Διαφ.8	«Μορφές της Ουράνιας Σφαίρας – $\varphi = 90^\circ$ , ισημερία. Πηγή: <a href="http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Equinox-90.jpg">http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Equinox-90.jpg</a> »
Διαφ.9	«Πλάγια μορφή της ουράνιας σφαίρας και φαινόμενη κίνηση του Ήλιου κατά τη διάρκεια του έτους.»
Διαφ.10	Επάνω: «Η ετήσια φαινόμενη κίνηση του Ήλιου. Πηγή: <a href="http://www.astronomia.gr/wiki/index.php?title=Εκλειπτική">http://www.astronomia.gr/wiki/index.php?title=Εκλειπτική</a> Κάτω: «Σύνθεση φωτογραφιών της ημερήσιας κίνησης του Ήλιου σε συγκεκριμένο γεωγραφικό πλάτος. Πηγή: <a href="http://ganymede.nmsu.edu/tharriso/ast110/class05.html">http://ganymede.nmsu.edu/tharriso/ast110/class05.html</a> »
Διαφ.11	«Σύστημα μέτρησης γεωγραφικών συντεταγμένων.»
Διαφ.12	«Σύστημα μέτρησης οριζόντιων συντεταγμένων.»
Διαφ.13	«Σύστημα μέτρησης ισημερινών συντεταγμένων.»
Διαφ.16	«Γαλαξιακές συντεταγμένες. Πηγή: <a href="http://universe-review.ca/I07-09-galactic.jpg">http://universe-review.ca/I07-09-galactic.jpg</a> »
Διαφ.18	«Βασικά χαρακτηριστικά της ουράνιας σφαίρας.»
Διαφ.19	«Κατηγορίες αστερών με βάση το γεωγραφικό πλάτος του παρατηρητή.»
Διαφ.23	«Οριζόντιες και ισημερινές συντεταγμένες.»
Διαφ.24	«Οριζόντιες και ισημερινές συντεταγμένες.»
Διαφ.25	«Το τρίγωνο θέσης ενός αστέρα.»
Διαφ.26	«Το τρίγωνο θέσης ενός αστέρα.»
Διαφ.31	«Σχέση αστρικού χρόνου, ορθής αναφοράς και ωριαίας γωνίας.»
Διαφ.33	«Σχέση αστρικού χρόνου, ορθής αναφοράς και ωριαίας γωνίας.»





# Τέλος Ενότητας

Επεξεργασία: Αναστασίου Μαγδαληνή  
Θεσσαλονίκη, 28/07/2015



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

