



# Αστρονομία

## Ενότητα # 3: Συστήματα Χρόνου

Νικόλαος Στεργιούλας  
Τμήμα Φυσικής



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



# 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.



# ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΑΣΤΡΟΝΟΜΙΑ

- *Κεφ. 2<sup>ο</sup> : Συστήματα Χρόνου*

*Ν. Στεργιούλας*

# 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)

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

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

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

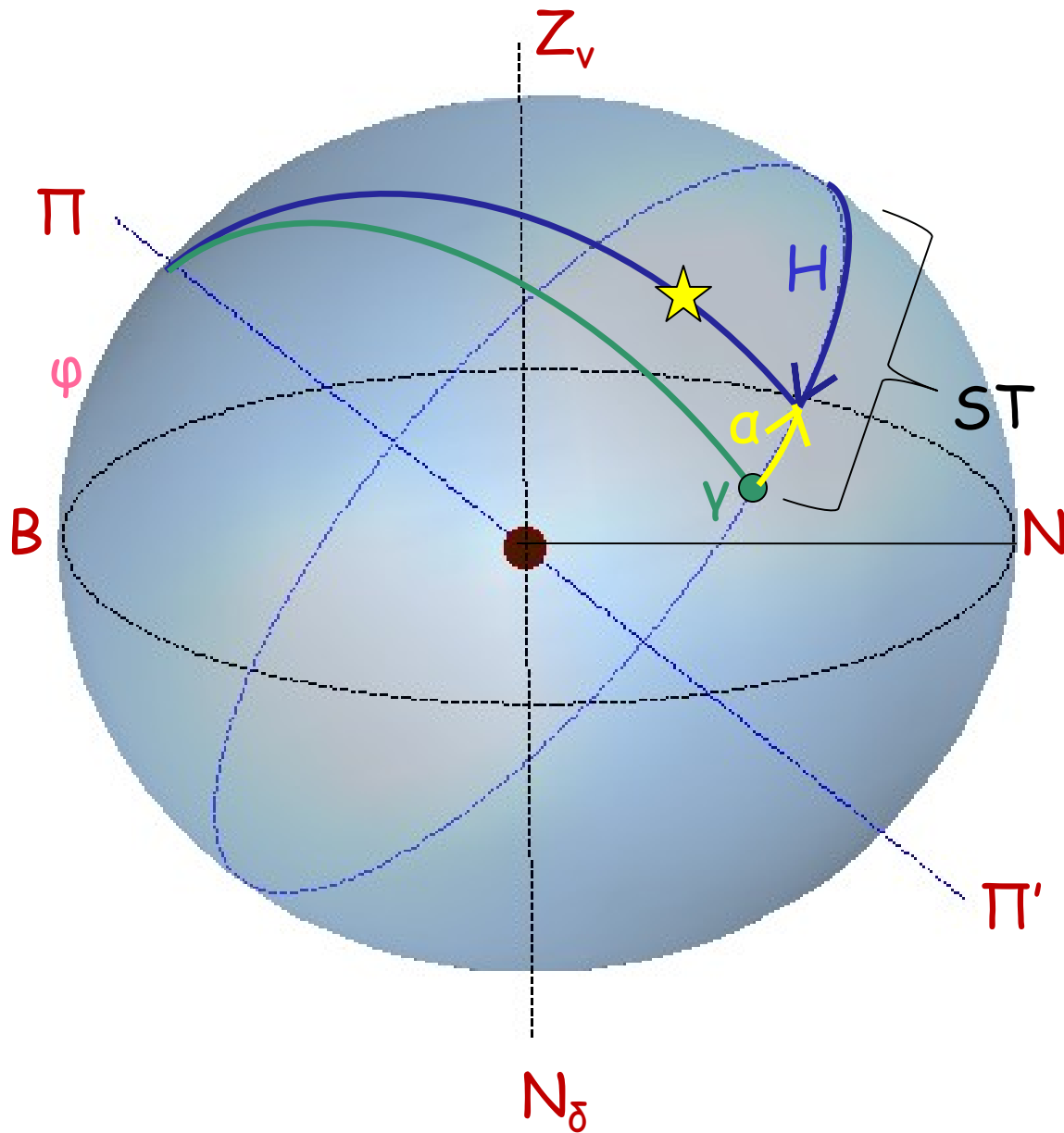
Σχέση με ορθή αναφορά  $\alpha$  και ωριαία γωνία  $H$ :

$$ST = \alpha + H$$

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: $ST = a + H$



# 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  $t_2$ :

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

$$\delta_{t_2} = \delta_{t_1} + 20.''04 \cos \alpha_{t_1} Y \quad (Y = \text{έτη})$$

# 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 =  $H_{\odot} + 12^h$

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

$\omega_{\Gamma}$  = 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

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

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 περιστροφή.

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)!



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΑΝΟΙΧΤΑ  
ΑΚΑΔΗΜΑΙΚΑ  
ΜΑΘΗΜΑΤΑ



# Τέλος Ενότητας

Επεξεργασία: Νικόλαος Τρυφωνίδης  
Θεσσαλονίκη, 31 Μαρτίου 2014



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ  
2007-2013  
πρόγραμμα για την ανάπτυξη  
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

