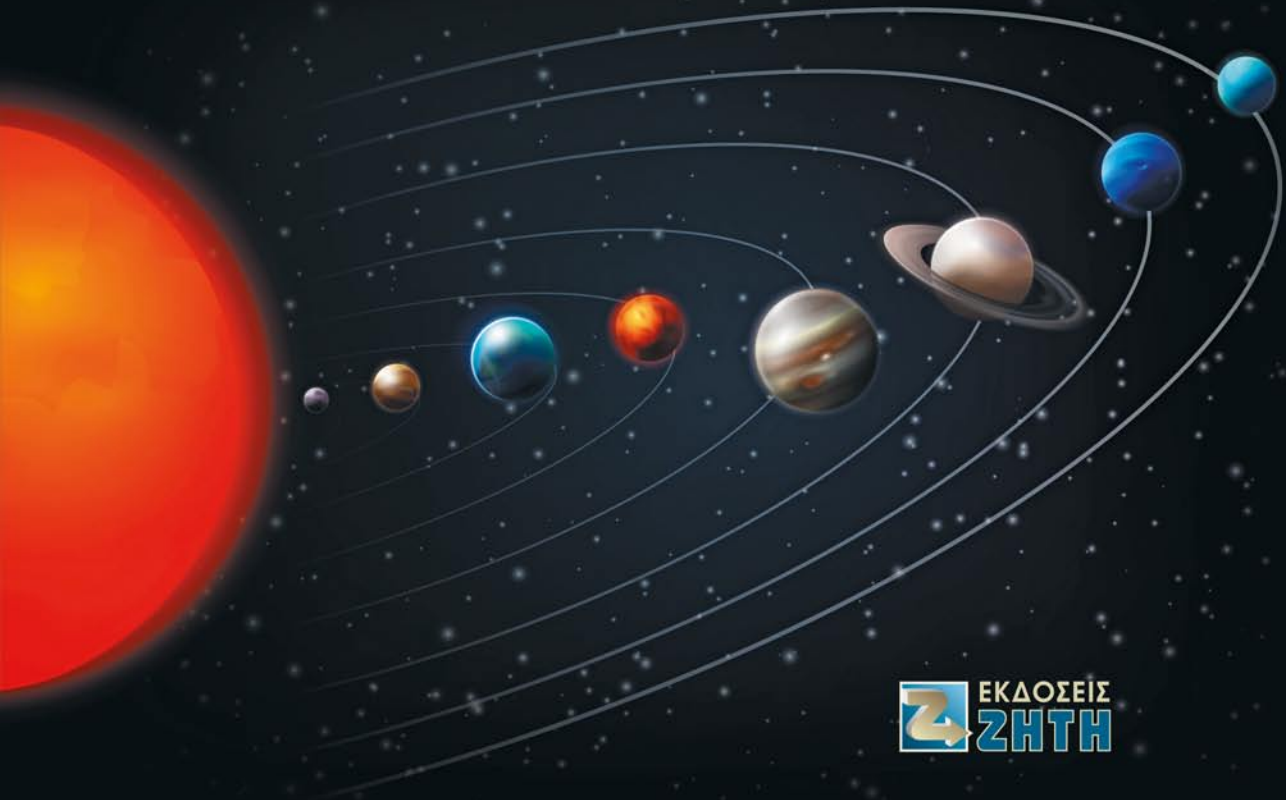


Φώτιος Γ. Πράπας  
PhD, Φυσικός ΑΠΘ

# Ασκήσεις Αστρονομίας & Αστροφυσικής

ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ-ΛΥΣΗ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΩΝ ΑΣΚΗΣΕΩΝ



ISBN 978-960-456-568-9

© Copyright Δεκέμβριος 2021, Εκδόσεις ΖΗΤΗ, Φώτιος Γ. Πράπας

---

*Το παρόν έργο πνευματικής ιδιοκτησίας προστατεύεται κατά τις διατάξεις του ελληνικού νόμου (Ν.2121/1993 όπως έχει τροποποιηθεί και ισχύει σήμερα) και τις διεθνείς συμβάσεις περί πνευματικής ιδιοκτησίας. Απαγορεύεται απολύτως η άνευ γραπτής άδειας του εκδότη κατά οποιοδήποτε τρόπο ή μέσο αντιγραφή, φωτοανατύπωση και εν γένει αναπαραγωγή, εκμίσθωση ή δανεισμός, μετάφραση, διασκευή, αναμετάδοση στο κοινό σε οποιαδήποτε μορφή (ηλεκτρονική, μηχανική ή άλλη) και η εν γένει εκμετάλλευση του συνόλου ή μέρους του έργου.*

---

**Φωτοστοιχειοθεσία** Π. ΖΗΤΗ & ΣΙΑ Ι.Κ.Ε.  
**Εκτύπωση** 18ο χλμ Θεσ/νίκης-Περαίας  
**Βιβλιοδεσία** Τ.Θ. 4171 • Περαία Θεσσαλονίκης • Τ.Κ. 570 19  
Τηλ.: 2392.072.222 - Fax: 2392.072.229 • e-mail: info@ziti.gr



[www.ziti.gr](http://www.ziti.gr)

**ΒΙΒΛΙΟΠΩΛΕΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ:**  
Αρμενοπούλου 27, 546 35 Θεσσαλονίκη  
Τηλ.: 2310.203.720, Fax: 2310.211.305 • e-mail: sales@ziti.gr

**ΒΙΒΛΙΟΠΩΛΕΙΟ ΑΘΗΝΩΝ:**  
Χαριλάου Τρικούπη 22, 106 79 Αθήνα  
Τηλ.-Fax: 210.3816.650 • e-mail: athina@ziti.gr

**ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΒΙΒΛΙΟΠΩΛΕΙΟ:** [www.ziti.gr](http://www.ziti.gr)

*Στον Νικόλαο,  
τον μικρό μας πρίγκηπα!*

## Πρόλογος

---

Το ανά χείρας βιβλίο αποτελεί τον καρπό της προσπάθειας συλλογής, επεξεργασίας και επιμέλειας πανεπιστημιακών ασκήσεων Αστρονομίας-Αστροφυσικής οι οποίες διδάχθηκαν στο τμήμα Φυσικής Α.Π.Θ. παλαιότερα έτη και περιλαμβάνουν –από πλευράς ασκήσεων– το σύνολο των ενοτήτων του αντίστοιχου μαθήματος του 5ου εξαμήνου του προγράμματος σπουδών του οικείου τμήματος.

Σκοπός του εν λόγω εγχειρήματος είναι η βοήθεια που, ενδεχομένως, μπορεί να προσφέρει στους φοιτητές των τμημάτων Φυσικής (και σχετικών τμημάτων) και σε κάθε ενδιαφερόμενο αναγνώστη/στρια αναφορικά με την ερμηνεία και κατανόηση των αστρονομικών-αστροφυσικών φαινομένων.

Το βιβλίο είναι χωρισμένο σε κεφάλαια-ενότητες με βάση το πανεπιστημιακό σύγγραμμα των Χ. Βάρβογλη και Ι.Χ. Σειραδάκη «Εισαγωγή στη σύγχρονη Αστρονομία» και την ύλη της Αστροφυσικής καλύπτει, κατά κύριο λόγο, το βιβλίο του Frank H. Shu «Αστροφυσική. Δομή και εξέλιξη του Σύμπαντος» (I και II).

Ένθερμες ευχαριστίες στους αγαπητούς καθηγητές μας του τομέα Αστρονομίας-Αστροφυσικής Χαράλαμπο Βάρβογλη, Ιωάννη-Χίο Σειραδάκη (που δυστυχώς δεν είναι σήμερα ανάμεσά μας), Σταύρο Αυγολούπη και Λουκά Βλάχο, οι οποίοι ως διδάσκοντες βρίσκονται πίσω από το παρόν εγχείρημα, όσο και στους νεότερους συναδέλφους Δημήτρη Σαπαλίδη, Λάζαρο Πελέκα και Νίκο Κουτσόπουλο που έλεγξαν επιμελώς το αρχικό κείμενο.

Τέλος, θερμές ευχαριστίες στον κ. Νίκο Ζήτη, όπως και στους Άρη Σύρμο, Άννα Παναγοπούλου των Εκδόσεων «Ζήτη» για την άσογη συνεργασία και την εκδοτική πληρότητα του βιβλίου.

Φώτιος Γ. Πράπας

Θεσσαλονίκη, Σεπτέμβριος 2021

## Περιεχόμενα

---

### Κεφάλαιο 1

Αστρονομικές Συντεταγμένες. Μέτρηση Χρόνου.

Απόσταση και Μέγεθος Αστέρων ..... 9

### Κεφάλαιο 2

Δημιουργία και Ταξινόμηση των Αστρικών Φασμάτων.

Νόμοι των Kirchoff, Boltzmann, Saha και εφαρμογές τους ..... 45

### Κεφάλαιο 3

Ο Ήλιος και τα Φαινόμενά του ..... 59

### Κεφάλαιο 4

Μάζα – Φωτεινότητα και Μάζα – Ακτίνα (Συναρτησιακή Μορφή) ..... 77

### Κεφάλαιο 5

Διπλά Αστρικά Συστήματα. Τελικές Αστρικές Καταστάσεις ..... 81

### Κεφάλαιο 6

Αστρική Εξέλιξη. Μεταβλητοί Αστέρες ..... 95

Ερωτήσεις - Ασκήσεις για Λύση ..... 101

Τυπολόγιο Αστρονομίας & Αστροφυσικής ..... 105

1<sup>ο</sup>

Κεφάλαιο

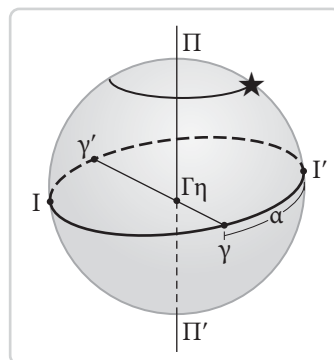
## Αστρονομικές Συντεταγμένες. Μέτρηση Χρόνου. Απόσταση και Μέγεθος Αστέρων

- 1.1 Αστέρας  $\Sigma$  έχει ορθή αναφορά  $\alpha = 1^{\text{h}}25^{\text{m}}18^{\text{s}}$ . Ποιος είναι ο αστρικός χρόνος στη Θεσσαλονίκη ( $\varphi = 40,5^\circ$ ,  $\lambda = 23^\circ$  ανατολικά του Greenwich) όταν ο αστέρας  $\Sigma$  μεσουρανή άνω;

### Λύση:

Όταν ο αστέρας μεσουρανή άνω η ωριαία του γωνία είναι  $H=0$ . Έτσι από τη σχέση  $t = \alpha + H$  που ισχύει για κάθε αστέρα βρίσκουμε ότι ο αστρικός χρόνος είναι  $t = \alpha = 1^{\text{h}}25^{\text{m}}18^{\text{s}}$ . Το γεωγραφικό μήκος και πλάτος του τόπου δεν χρειάζονται σε αυτού του τύπου τους υπολογισμούς.

$\alpha$  = ορθή αναφορά ( $0^{\text{h}} - 24^{\text{h}}$ ) με αρχή το εαρινό ισημερινό σημείο  $\gamma$ . Ο παρατηρητής βρίσκεται στην αρχή των συντεταγμένων, για όλα τα συστήματα συντεταγμένων (πλην των γεωγραφικών).



- 1.2 Ποιο είναι το ύψος ενός αστέρα με απόκλιση  $\delta = 30^\circ$  όταν αυτός μεσουρανή άνω στη Θεσσαλονίκη, ( $\varphi$  και  $\lambda$  από την άσκηση 1.1).

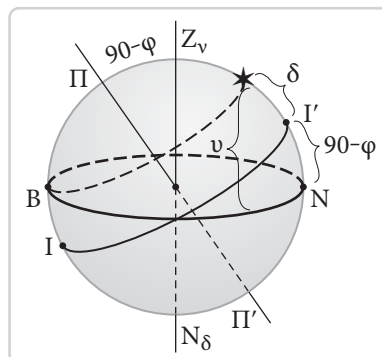
### Λύση:

Όπως φαίνεται και στο σχήμα κατά τη στιγμή της μεσουράνησης ενός αστέρα το ύψος του  $v$  ισούται με την απόκρισή του  $\delta + (90^\circ - \varphi)$ .

Έτσι βρίσκουμε

$$v = \delta + (90^\circ - \varphi) = 79,5^\circ.$$

Η απόκλιση  $\delta$  του αστέρα μετριέται πάνω στον ωριαίο τον αστέρα και με αρχή τον ισημερινό ( $0^\circ \pm 90^\circ$ ).



Το ύψος  $v$  του αστέρα μετριέται πάνω στον κατακόρυφο του αστέρα και με αρχή τον ορίζοντα ( $v: 0^\circ \pm 90^\circ$ ).

Ο αστέρας κινείται σε κύκλο παράλληλο προς τον ισημερινό.

- 1.3** Ποιο είναι το ύψος ενός δέντρου που βρίσκεται σε γεωγραφικό πλάτος  $40^\circ$  και κατά τη μεσημβρία κάποιας μέρας που η απόκλιση του Ήλιου είναι  $10^\circ$  ρίχνει σκιά μήκους  $s = 2\sqrt{3} \text{ m}$ ;

**Λύση:**

$$N\Sigma_1 = N\Lambda + \Lambda\Sigma_1 \text{ (για μεσουράνηση)}$$

$$90 - z = 90 - \varphi + \delta \Rightarrow \varphi = \delta + z \Rightarrow$$

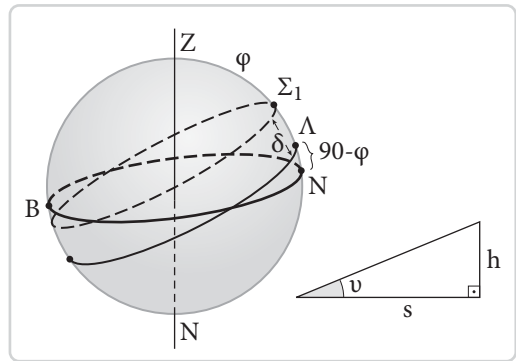
$$z = \varphi - \delta = 40 - 10 = 30^\circ.$$

$$v = 90 - z = 60^\circ$$

$$\varepsilon\varphi v = \frac{h}{s} \Rightarrow$$

$$h = s \cdot \varepsilon\varphi v = 2\sqrt{3} \cdot \sqrt{3} = 2 \cdot 3 \Rightarrow$$

$$\boxed{h = 6\text{m}}$$



- 1.4** Υποθέτουμε ότι κατά τη διάρκεια του εικοσιτετράωρου της 15-9-87 η απόκλιση του Ήλιου μεταβάλλεται γραμμικά από  $10^\circ$  σε  $0^\circ$ . Να σχεδιαστεί η ημερησία τροχιά του στη Θεσσαλονίκη που έχει γεωγραφικό πλάτος  $\varphi = 40,5^\circ$ .

**Λύση:**

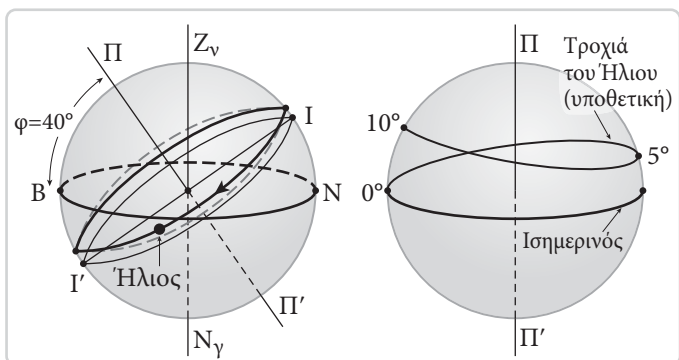
Ο Ήλιος κινείται πάνω στην ελλειπτική.

Ο Ήλιος κάθε μέρα κάνει μια παράλληλη προς τον ισημερινό.

Μοναδική κίνηση του Ήλιου πάνω στην εκλειπτική. Η κίνηση της Γης τον κάνει να φαίνεται ότι κινείται παράλληλα προς τον ισημερινό κάθε φορά.

Στην πραγματικότητα είναι ανάποδη η τροχιά δηλ. ξεκινάμε από  $10^\circ$  και καταλήγουμε στον ισημερινό.

$\Pi - \Pi'$  = κύριος άξονας, άξονας περιστροφής της Γης.



## Ερωτήσεις - Ασκήσεις για Λύση

1. Δύο αστέρες έχουν την ίδια επιφανειακή θερμοκρασία και φαινόμενα μεγέθη  $m_1$  και  $m_2$ . Ναδειχθεί ότι ισχύει η σχέση:  

$$m_1 - m_2 = 5 \log(d_2/d_1)$$
 όπου  $d_1$  και  $d_2$  είναι οι φαινόμενες διάμετροι των αστέρων. Βρείτε την ανάλογη σχέση για τα απόλυτα μεγέθη (1.5).
2. Καθορίστε κατά προσέγγιση τις ακραίες τιμές (ανώτατες και κατώτατες) μεταξύ των οποίων κυμαίνονται οι μάζες, οι ακτίνες και οι επιφανειακές θερμοκρασίες των διαφόρων αστέρων (1.5).
3. Τι είναι τριγωνομετρική, τι δυναμική και τι φασματοσκοπική παράλλαξη ενός αστέρα και πως τις υπολογίζουμε (1.5).
4. Τι είναι η κοκκίαση του Ήλιου και σε τι οφείλεται; (1.5).
5. Ποιες από τις συντεταγμένες που χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό της θέσης των αστέρων μεταβάλλονται κατά τη διάρκεια μιας ημέρας;
6. Αν δε λάβουμε υπόψη την μεσοαστρική απορρόφηση, ποιοι αστέρες αναμένετε να έχουν μεγαλύτερο δείκτη χρώματος (B-V ή u-B), οι ερυθροί γίγαντες ή οι κυανοί γίγαντες.
7. Γιατί οι παρατηρήσεις της χρωμόσφαιρας του Ηλίου γίνονται συνήθως στη γραμμή H $\alpha$  του υδρογόνου (με τον μονοχρωματικό ηθμό του Lyot) ενώ της φωτόσφαιρας γίνονται στο λευκό φως;
8. Το αστραπιαίο φάσμα του Ηλίου είναι φάσμα εκπομπής ή απορρόφησης; Πότε μας δίνεται η ευκαιρία να το παρατηρήσουμε;
9. Πως εξηγείτε το φαινόμενο της «αμαύρωσης» του χείλους του Ηλίου;
10. Γιατί η παραγωγή ενέργειας στον Ήλιο δεν είναι δυνατόν να εξηγηθεί με την βαρυτική συστολή;
11. Με τις γνώσεις που έχετε από την Αστρονομία και με απλούς συλλογισμούς να βρείτε μια σχέση που να συνδέει το φαινόμενο βολομετρικό μέγεθος ενός αστέρα με την φαινόμενη ημιδιάμετρο και τη θερμοκρασία του. (1.5)



## Τυπολόγιο Αστρονομίας & Αστροφυσικής

Επιμέλεια: Λάζαρος Πελέκας, Νίκος Κουτσόπουλος

### 1. Αστρονομικές συντεταγμένες και χρόνος

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

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

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

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

$$ST = a + H$$

$$LST = ST_G - \lambda$$

$$UT = E - 2$$

$$UT = E - 3 \text{ (θερινή ώρα)}$$

$$LST = ST_G - \lambda$$

$$ST_G = ST_0 + \frac{366.2422}{365.2422} UT$$

### 2. Αποστάσεις και αστρικά μεγέθη

$$L = 4\pi R^2 \int_0^\infty F_\nu d\nu = 4\pi R^2 \sigma T^4$$

$$l = \frac{L}{4\pi r^2}$$

$$F_\nu = \frac{2\pi h\nu^3}{c^2} \frac{1}{e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1}$$

$$B_\nu = \frac{2h\nu^3}{c^2} \frac{1}{e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1}$$

$$\kappa_\alpha = 4.34 \times 10^{25} Z(1+X) \left(\frac{g_\alpha}{t}\right) \rho T^{-3.5}$$