

ΗΛΙΑΚΑ ΩΡΟΛΟΓΙΑ

Υπάρχουν πολλά είδη Ηλιακών Ρολογιών. Τα σημαντικότερα και συχνότερα απαντόμενα είναι:

- Οριζόντια
- Κατακόρυφα
- Ίσημερινά

Το παρακάτω άρθρο αναφέρεται στον τρόπο λειτουργίας αλλά και κατασκευής Οριζοντίων Ηλιακών Ρολογιών.

ΓΕΝΙΚΑ

■ Τι είναι το Οριζόντιο Ηλιακό Ρολόι;

Είναι ένα μαρμάρينو συνήθως βάθρο το οποίο έχει μια οριζόντια επιφάνεια, πάνω στην οποία χαράζεται ένα διάγραμμα ωρών και στερεώνεται κατάλληλα ένα μεταλλικό στέλεχος ([σχήμα 1,2,3](#)), που ονομάζεται γνώμονας. Η μια πλευρά του βάθρου έχει ένα πίνακα ή ένα διάγραμμα διορθώσεων. Η σκιά της ακμής του γνώμονα αποκόπτει στην οριζόντια πλάκα στο διάγραμμα των ωρών την ηλιακή ώρα του τόπου. Στην ένδειξη αυτή προσθέτουμε την κατάλληλη διόρθωση (από τον παραπάνω πίνακα ή από το διάγραμμα διορθώσεων) και προκύπτει η ώρα Ελλάδας.

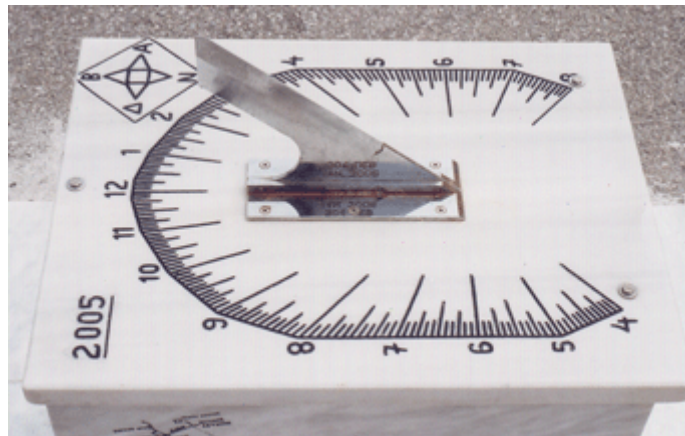


■ Βήματα για την κατασκευή Οριζοντίου Ηλιακού Ρολογιού

1. Βρίσκουμε το γεωγραφικό πλάτος και γεωγραφικό μήκος του τόπου. Φτιάχνουμε βάθρο (συνήθως τσιμεντένιο) με διαστάσεις της αρεσκείας μας.
2. Σε υπολογιστή χαράζουμε το [διάγραμμα των ωρών](#) σε χαρτί
3. Υπολογίζουμε την [εξίσωση του χρόνου "ε"](#) για κάθε μέρα του έτους και τέλος τη [διόρθωση Δ](#) πάλι για κάθε μέρα του έτους
4. Κατασκευάζουμε το [γνώμονα](#)
5. Στο μάρμαρο της ωροπλάκας σκαλίζουμε το διάγραμμα των ωρών
6. Στερεώνουμε συνήθως με βίδες το γνώμονα στο μάρμαρο της ωροπλάκας ([όπως στη φωτογραφία](#))
7. Σκαλίζουμε σε ένα από τα κατακόρυφα μάρμαρα πίνακα διορθώσεων ή [διάγραμμα διορθώσεων](#)
8. Προσανατολίζουμε σωστά όπως θα περιγράψουμε παραπάνω την [ωροπλάκα](#) και την στερεώνουμε
9. Τοποθετούμε τα κατακόρυφα μάρμαρα
10. Μένει στη διακριτική ευχέρεια η καλαισθητική παρέμβαση στο όλο σύνολο

■ Τι είναι το διάγραμμα των ωρών;

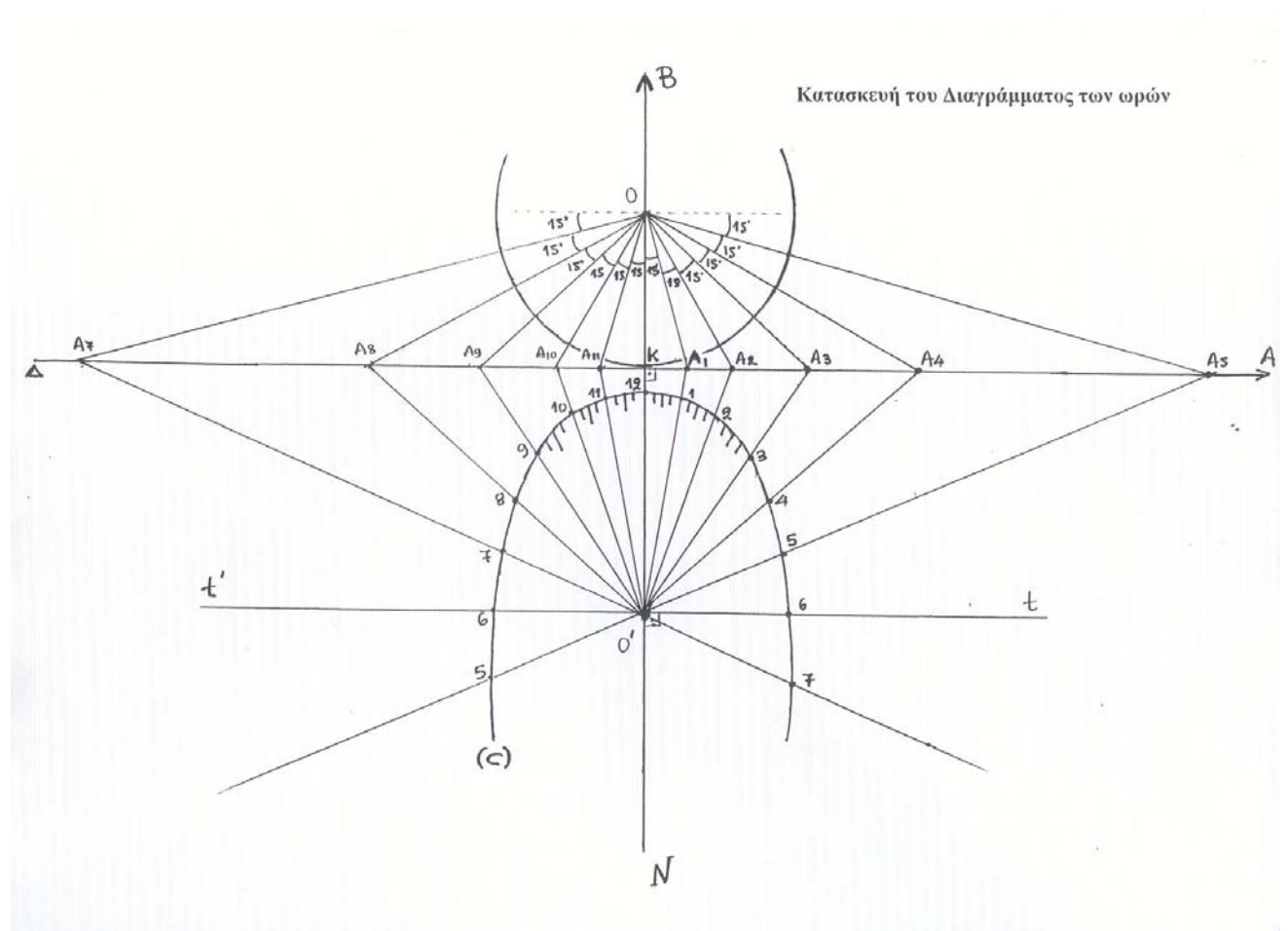
Το διάγραμμα των ωρών για ένα Οριζόντιο Ηλιακό Ρολόι είναι ότι το "καντράν" σε ένα κοινό ρολόι. ***Η σχεδίαση του διαγράμματος των ωρών είναι μια εργασία που απαιτεί ακρίβεια (σχεδιαστική) και προεκτάσεις γραμμών που φθάνουν σε μεγάλη απόσταση και ως εκ τούτου για να είναι το σχέδιο "σωστό" απαιτείται η χρήση Η/Υ με παράλληλη χρήση κάποιου σχεδιαστικού προγράμματος.



Για την κατασκευή του διαγράμματος των ωρών χρειάζεται να γνωρίζουμε το γεωγραφικό πλάτος του τόπου. Τόποι με διαφορετικό γεωγραφικό πλάτος έχουν διαφορετικό διάγραμμα ωρών ενώ με ίδιο γεωγραφικό πλάτος έχουν όλοι ίδιο διάγραμμα ωρών.

■ Πως σχεδιάζεται το διάγραμμα των ωρών;

Κατάλληλες διαστάσεις του διαγράμματος των ωρών είναι 50x70 περίπου cm. Δημιουργούμε σύστημα αξόνων το οποίο ονομάζουμε Δ(ύση), Α(νατολή), Β(οράς), Ν(ότος)



Ονομάζουμε Κ το σημείο τομής των αξόνων Δ,Α-Β,Ν. Στο τμήμα ΚΒ παίρνουμε σημείο Ο τέτοιο ώστε $ΚΟ=30\text{cm}$ (ή άλλο μήκος της αρεσκείας σας). Με κέντρο το Ο και ακτίνα $ΟΚ=30$ γράφουμε κύκλο.

Εκατέρωθεν του ΟΚ γράφουμε 12 επίκεντρες γωνίες 15 μοιρών κάθε μία. Προεκτείνουμε τις πλευρές των γωνιών αυτών μέχρι να συναντήσουν τον άξονα ΔΑ. Έτσι υλοποιούνται τα σημεία A_1, A_2, A_3, A_4, A_5 δεξιά από το Κ και $A_{11}, A_{10}, A_9, A_8, A_7$ αριστερά από το Κ. Στον άξονα ΚΝ παίρνουμε σημείο $Ο'$ τέτοιο ώστε $Ο'Κ=ΟΚ/\eta\mu\phi=30/\eta\mu\phi$ όπου ϕ =γεωγραφικό πλάτος του τόπου. Ενώνουμε το $Ο'$ με το A_1 και η γραμμή αυτή υλοποιεί στο διάγραμμα των ωρών την 13^η ώρα (1μμ). Ενώνουμε το $Ο'$ με το A_2 και υλοποιείται η 14^η ώρα (2μμ). Ενώνουμε το $Ο'$ με το A_3 και υλοποιείται η 15^η ώρα (3μμ). Ενώνουμε το $Ο'$ με το A_4 και υλοποιείται η 16^η ώρα (4μμ). Ενώνουμε το $Ο'$ με το A_5 και υλοποιείται η 17^η ώρα (5μμ). Η $Ο't$ είναι παράλληλη και ομόρροπη με την ΚΑ υλοποιεί την 18^η ώρα (6μμ). Όμοια ενώνουμε το $Ο'$ με το A_{11} και υλοποιείται η 11^η πρωινή. Συνεχίζουμε όμοια έως $Ο'A_7$ που υλοποιείται η 7^η πρωινή. Η $Ο't'$ που

είναι παράλληλη και ομόρροπη με την ΚΔ υλοποιεί την 6η πρωινή. Η 19^η ώρα (7μμ) είναι η προέκταση της 7^{ης} πρωινής. Η 20^η ώρα (8μμ) είναι η προέκταση της 8^{ης} πρωινής. Η 5^η ώρα πρωινή είναι η προέκταση της 17^{ης} απογευματινής.

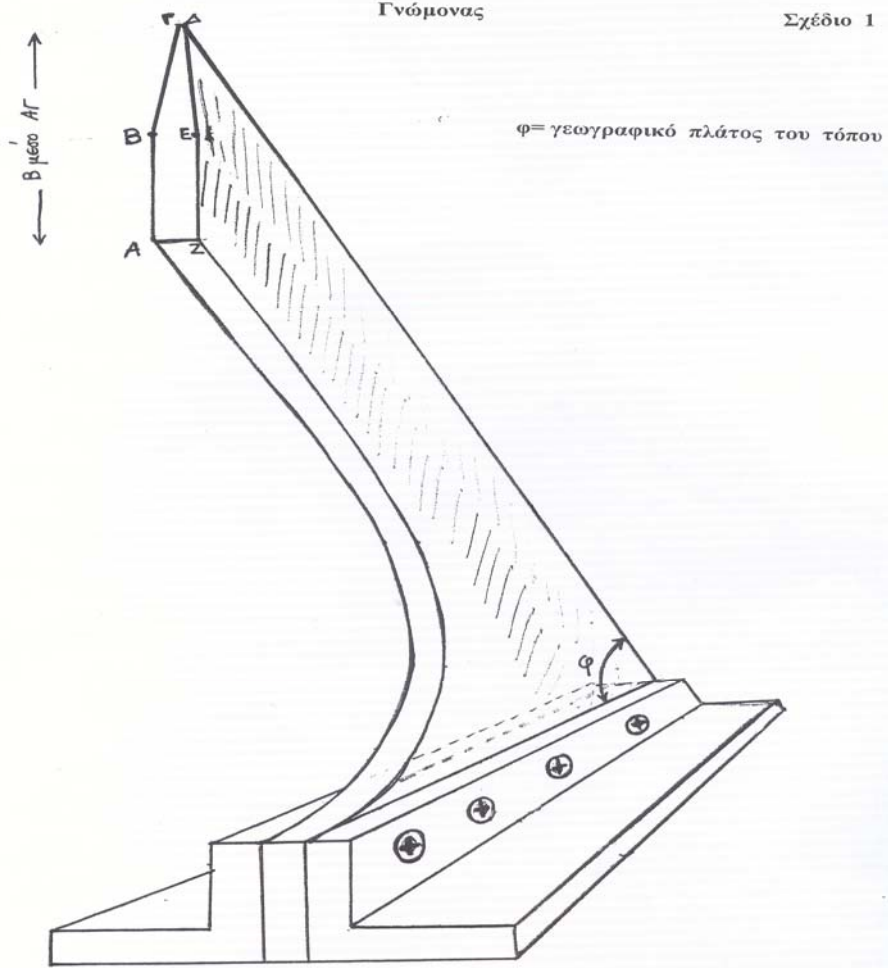
Παρατήρηση: Όλα τα παραπάνω τμήματα Ο'Α_i των ωρών τερματίζουν στον άξονα ΔΑ και ως εκ τούτου τα μήκη τους μεγαλώνουν πάρα πολύ γι' αυτό δημιουργούμε μια κυκλική ή ελλειπτική γραμμή πάνω στην οποία θα τερματίζουν οι γραμμές των ωρών. (Ουσιαστικά αυτή η κυκλική ή ελλειπτική γραμμή είναι το τελικό καντράν του Ηλιακού ρολογιού). Εάν θέλουμε να υλοποιήσουμε τέταρτα στο "καντράν" του Ηλιακού τότε θα πρέπει κάθε γωνία των 15 μοιρών να τη χωρίσουμε σε 4 ίσες γωνίες των 3,75 μοιρών και να κάνουμε παραπλήσια διαδικασία όπως και για τις γραμμές των ωρών. Τέλος εάν θέλουμε να δημιουργήσουμε στο διάγραμμα των ωρών πεντάλεπτα τότε χωρίζουμε τη γωνία των 15 μοιρών σε δώδεκα ίσες γωνίες των 1,25 μοιρών και ξεκινούμε την ίδια όπως παραπάνω διαδικασία. (Η χρήση Η/Υ κρίνεται όχι απλώς σκόπιμη αλλά επιβεβλημένη)

■ Τι είναι ο γνώμονας στο Οριζόντιο Ηλιακό Ρολόι

Ο γνώμονας είναι μια μεταλλική κατασκευή (καλό είναι να είναι ανοξειδωτή), με σχήμα όπως φαίνεται στα σχέδια I, II, III. Οι διαστάσεις του γνώμονα έχουν σχέση και με τις διαστάσεις του διαγράμματος των ωρών και πρέπει να είναι τέτοιες ώστε η υποτείνουσα ΑΒ από το σχήμα 4 να ρίχνει σκιά που να κόβει την έλλειψη του διαγράμματος των ωρών.

Γνώμονας

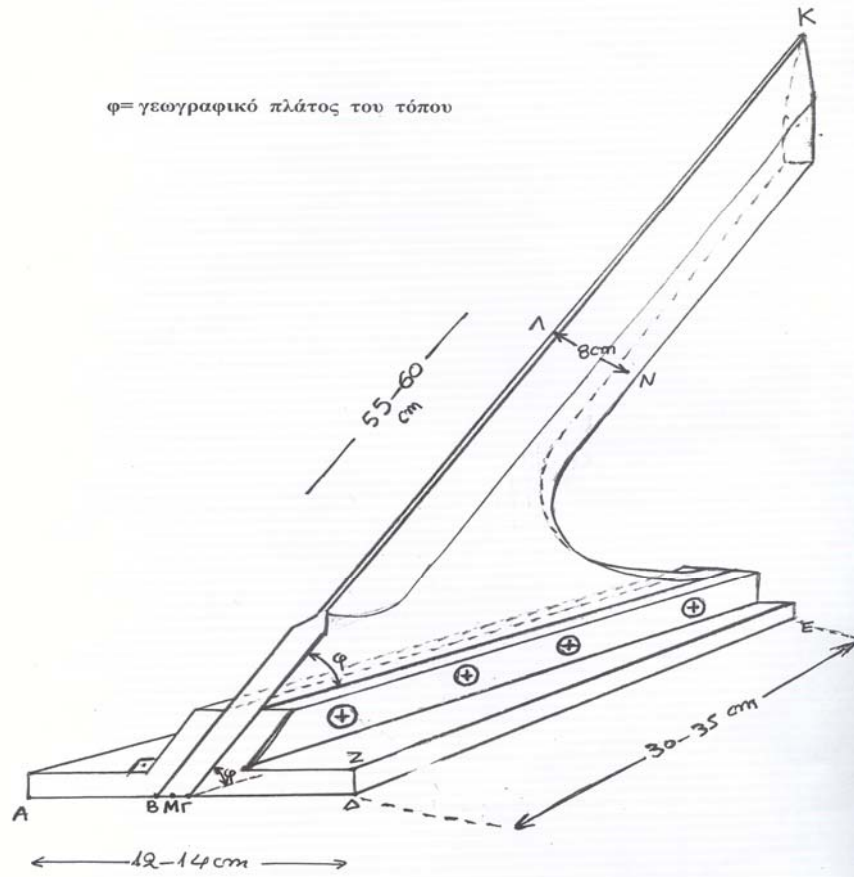
Σχέδιο 1



Γνώμονας

Σχέδιο 2

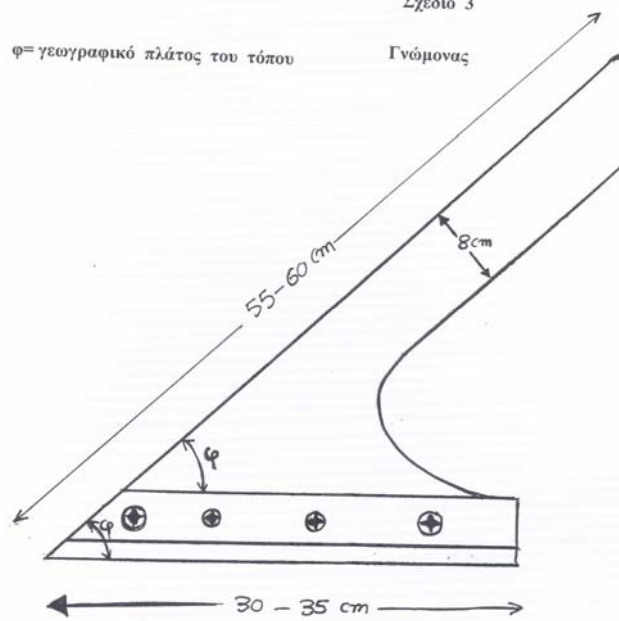
φ = γεωγραφικό πλάτος του τόπου



Σχέδιο 3

φ = γεωγραφικό πλάτος του τόπου

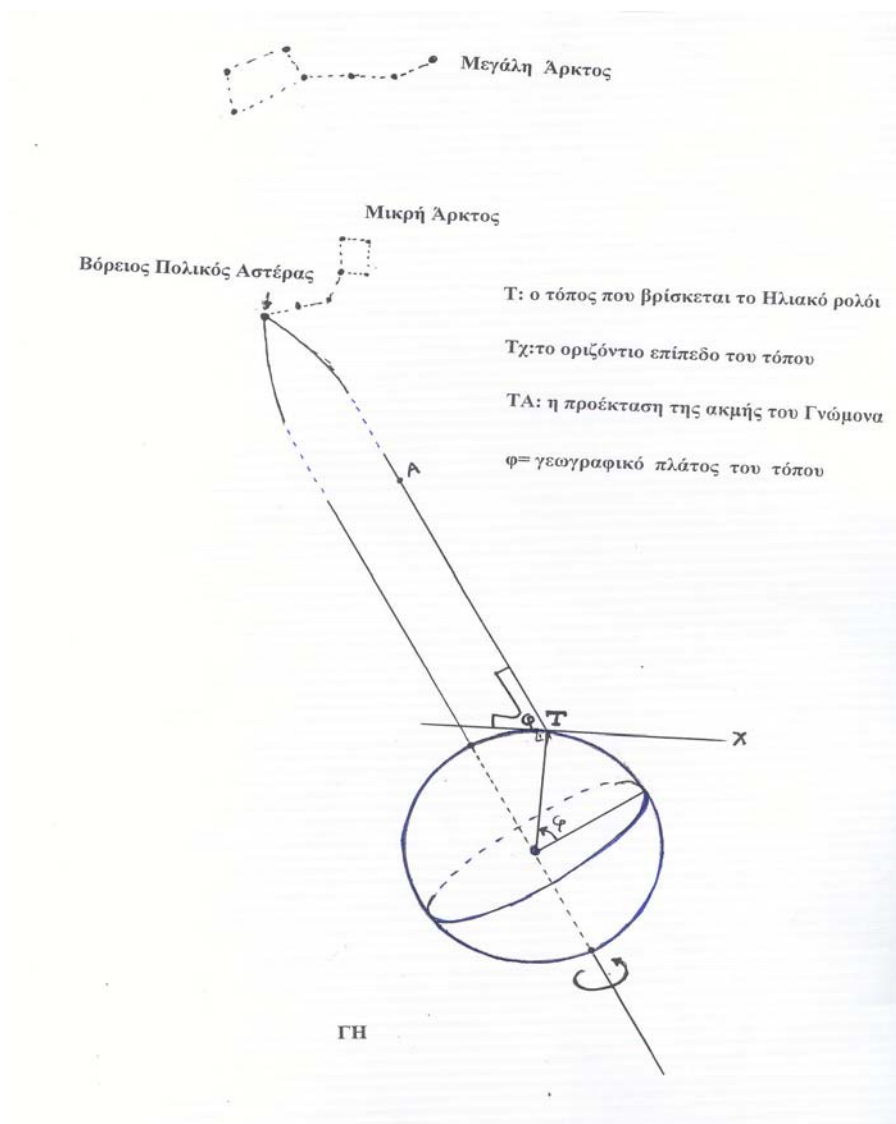
Γνώμονας



Σημαντικό είναι η γωνία φ που εκφράζει το γεωγραφικό μήκος του τόπου να υλοποιηθεί σωστά στον γνώμονα και η ακμή του γνώμονα να υποστεί λέπτυνση (σχήμα 1). Το άκρο της ακμής AB (σχέδιο 4) στηρίζεται στο σημείο Ο' του παραπάνω διαγράμματος ωρών.

■ Που στοχεύει η ακμή MK του γνώμονα (απο το σχέδιο 2)

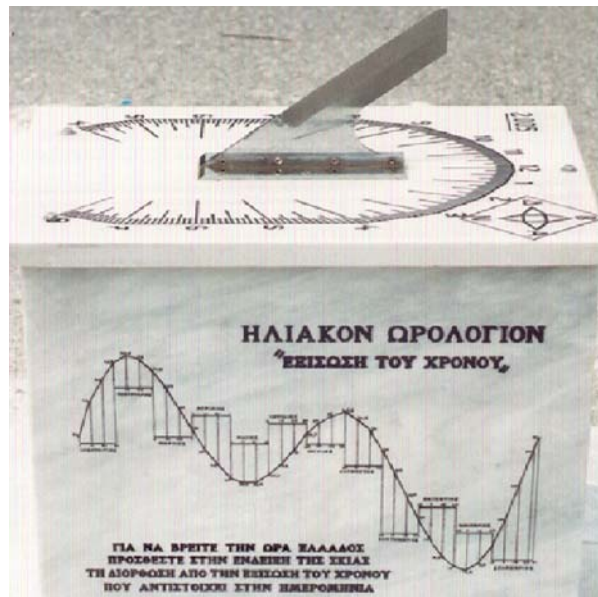
Η ακμή του γνώμονα στοχεύει περίπου Βόρειο Πολικό Αστέρα. Επίσης ο άξονας περιστροφής της Γης στοχεύει και αυτός στο Βόρειο Πολικό Αστέρα. Δηλαδή η ακμή του γνώμονα και ο άξονας περιστροφής της Γης υλοποιούν ευθείες παράλληλες σχεδόν.



■ Τι είναι ο πίνακας διορθώσεων ή το διάγραμμα διορθώσεων σε Ηλιακό Ρολόι

Ο πίνακας διορθώσεων είναι ένας πίνακας που περιέχει τους μήνες του έτους, επίσης τη κλιμάκωση ημερομηνιών ανά 10ήμερο συνήθως και μια **διόρθωση Δ** σε λεπτά της ώρας που πρέπει να προσθέτουμε

κάθε φορά που βλέπουμε την ένδειξη της σκιάς του γνώμονα στο διάγραμμα των ωρών. Έτσι η ηλιακή ώρα την οποία δείχνει το διάγραμμα των ωρών μετατρέπεται σε ώρα Ελλάδας.*****



Διάγραμμα διορθώσεων Ηλιακού Στεφανοβικείου

Πίνακας διορθώσεων ηλιακού Αλοννήσου

■ Η διόρθωση Δ από ποιες παραμέτρους επηρεάζεται;

Η διόρθωση Δ επηρεάζεται από δύο παράγοντες. Από το γεωγραφικό μήκος του τόπου και από μια ποσότητα "ε" που λέγεται [εξίσωση του χρόνου](#). Ο τύπος που δίνει τη διόρθωση Δ είναι $\Delta = [(\lambda - \nu) - \epsilon]$ σε λεπτά της ώρας, όπου $\lambda =$ το γεωγραφικό μήκος του τόπου (γωνία) εκφρασμένο σε λεπτά ώρας. Προσοχή, για το γεωγραφικό μήκος της Ελλάδας που είναι ανατολικά του Greenwich είναι $\lambda < 0$ και επίσης οι 15 μοίρες είναι ισοδύναμες με 60 λεπτά ώρας.

➤ $v = -120$ λεπτά της ώρας

(όπου $-120 = -2 \cdot 60$ και -2 είναι ο αριθμός ατράκτου της Ελλάδας)

➤ $\varepsilon = \eta$ εξίσωση του χρόνου

και είναι μια μεταβλητή ποσότητα ανάλογα με την ημερομηνία του έτους

■ Πως υπολογίζεται το ε ;

Ο υπολογισμός του ε δίνεται από τύπους που περιγράφουν οι αστρονομικές εφημερίδες και μπορεί να υπολογιστεί για κάθε μέρα του έτους από τους παρακάτω τύπους με τη βοήθεια του προγράμματος Excel.

Ορίζουμε : $d = k + 0,5$

όπου $k =$ ο αύξων αριθμός ημέρας του έτους

όπου $k=0$ για την 1/1

$k=1$ για την 2/1

$k=2$ για την 3/1

κλπ

$k=364$ για την 31/12

Ορίζουμε $L = 279,58 + 0,985647 \cdot d$

Ορίζουμε $A = -104,7 \cdot \sin L + 596,2 \cdot \sin 2L + 4,3 \cdot \sin 3L - 12,75 \cdot \sin 4L$

Ορίζουμε $B = -429,3 \cdot \cos L - 2,0 \cdot \cos 2L + 19,3 \cos 3L$

Βρίσκουμε $c = A + B$

Τέλος $\varepsilon = (A + B) / 60$ σε λεπτά της ώρας

Τέλος η συνολική διόρθωση Δ είναι: $\Delta = [(\lambda - \nu) - \varepsilon]$

■ Γιατί το " ε " είναι μεταβλητή ποσότητα;

Η Γη σε ένα έτος ολοκληρώνει μια περιφορά γύρω από τον ήλιο κινούμενη σε ελλειπτική τροχιά και ως εκ τούτου η Γη απέχει άλλοτε λιγότερο και άλλοτε περισσότερο από τον ήλιο και επομένως η ταχύτητα της Γης δεν είναι σταθερή κατά το μέγεθος (μέτρο).

Δηλαδή η Γη άλλοτε κινείται γρηγορότερα και άλλοτε αργοπορεί. Έτσι λοιπόν στον τύπο $\Delta = (\lambda - v) - \epsilon$, το $(\lambda - v)$ είναι σταθερή ποσότητα για κάθε τόπο, αφαιρείται ή προστίθεται η μεταβλητή ποσότητα ϵ εξαρτώμενη από την ημέρα του έτους.

Υπόθεση: Αν η Γη κινούνταν σε κυκλική τροχιά γύρω από τον ήλιο θα είχε σταθερό κατά μέτρο ταχύτητα και η ποσότητα ϵ θα ήταν πάντα μηδέν και έτσι ο πίνακας διορθώσεων θα ήταν περιττός.

Η διόρθωση Δ είναι διαφορετική από ημέρα σε ημέρα και και διαφορετική για δύο διαφορετικούς τόπους την ίδια μέρα. (Ενδεικτικά για το γεωγραφικό πλάτος της Ελλάδας δύο τόποι που απέχουν 20Km στη διεύθυνση Α-Δ έχουν διαφορά στη διόρθωση για οποιαδήποτε μέρα κατά 1 λεπτό. Δηλαδή όταν ο ήλιος μεσουρανή σε ένα τόπο κάποια στιγμή τότε στον άλλο τόπο μεσουρανή μετά από 1 λεπτό της ώρας.) Για λόγους πρακτικούς κλιμακώνουμε τη διόρθωση κατά δεκαήμερο.

Ένας καλύτερος και ακριβέστερος τρόπος εύρεσης της διόρθωσης που αντιστοιχεί στη $v^{\text{η}}$ ημέρα του έτους δίνει το [διάγραμμα των διορθώσεων](#) που είναι μια γραφική παράσταση που ο οριζόντιος άξονας ΔΑ είναι οι μήνες και ο κατακόρυφος ΔΒ είναι η τιμή της διόρθωσης.*

■ Πως διαβάζουμε την ώρα Ελλάδας σε ένα Ηλιακό Ρολόι

Παρατηρούμε τη σκιά του γνώμονα στο διάγραμμα των ωρών και διαβάζουμε την ηλιακή ώρα.

Κατόπιν στο πίνακα διορθώσεων ή στο διάγραμμα διορθώσεων μεταφερόμαστε στον κατάλληλο μήνα και στην αντίστοιχη ημερομηνία και βλέπουμε τη διόρθωση Δ . Τη διόρθωση αυτή προσθέτουμε στην ηλιακή ώρα και προκύπτει η ώρα Ελλάδας.

Κατά την εφαρμογή της θερινής ώρας προσθέτουμε ακόμα μία ώρα.

■ Πως προσανατολίζουμε την ωροπλάκα;

Στην ωροπλάκα στερεώνουμε σταθερά την τριγωνική μεταλλική λάμα ώστε στο σημείο Ο' να βρίσκεται η μια άκρη της υποτείνουσας του τριγώνου και η λάμα εκτείνεται προς το σημείο Κ ([διάγραμμα ωρών](#)). Είπαμε παραπάνω ότι η υποτείνουσα προεκτεινόμενη κατευθύνεται σχεδόν στο [Βόρειο Πολικό Αστέρη](#). Όμως ο Πολικός Αστέρης είναι αμυδρός και είναι δύσκολα αναγνωρίσιμος άρα και ο προσανατολισμός της ωροπλάκας καθίσταται δύσκολος.

Έτσι σκεφτόμαστε "υποθετικά" : *αν έχουμε κατασκευάσει σωστή ωροπλάκα, σωστό γνώμονα και πετύχουμε σωστό προσανατολισμό τότε "η Ηλιακή ώρα + Διόρθωση = Ώρα Ελλάδας". Όμως εμείς την ώρα Ελλάδας τη γνωρίζουμε ανά πάσα στιγμή (με ένα ακριβές ρολόι) την διόρθωση στην κατάλληλη ημερομηνία επίσης τη ξέρουμε, άρα Ώρα Ελλάδας - Διόρθωση = Ηλιακή Ώρα.*

Έτσι την κρίσιμη στιγμή που θα προσανατολίσουμε την ωροπλάκα κάνουμε το εξής: βλέπουμε την ώρα Ελλάδας πχ 12:45 στο ρολόι χειρός, αφαιρούμε τη διόρθωση που ισχύει για την ημερομηνία που βρισκόμαστε, πχ για την 20η Ιανουαρίου είναι 40 λεπτά, άρα 12:45 - 0:40 = 12:05.

Περιστρέφουμε την ωροπλάκα ώστε η ηλιακή ώρα που δείχνει η σκιά του γνώμονα να είναι 12:05. Τότε ο προσανατολισμός της ωροπλάκας είναι σωστός.

Δημήτρης Μπλατσής

Μαθηματικός