

ΗΛΙΑΣΜΟΣ

Εισαγωγή

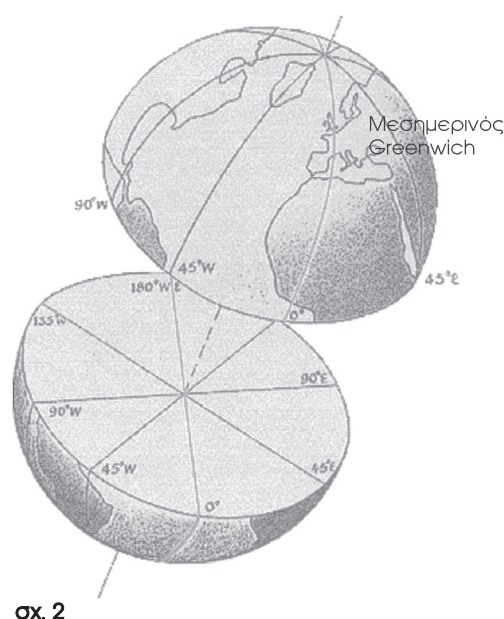
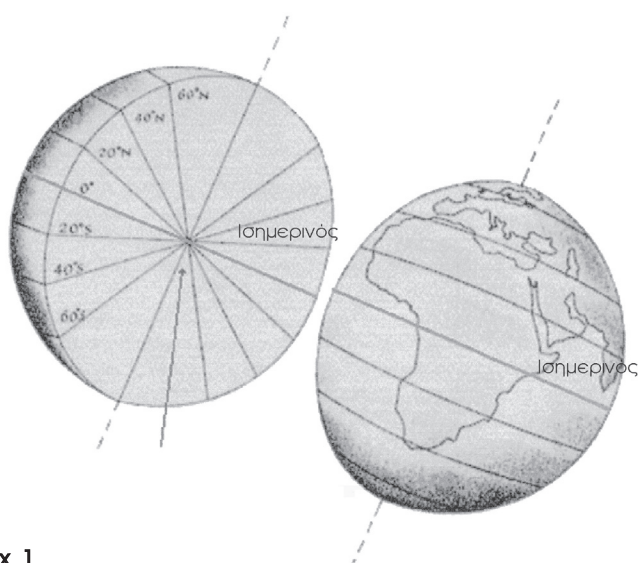
Σ' αυτή την ενότητα θα γνωρίσουμε μερικά στοιχεία για τον ηλιασμό, με στόχο να βρεθούμε σε θέση να διαχειριστούμε και εκμεταλλευτούμε το φυσικό φως προς όφελος του αρχιτεκτονικού σχεδιασμού.

Γεωγραφικές συντεταγμένες της γης

Από το κέντρο της γης θεωρούμε ένα οριζόντιο επίπεδο τομής, κάθετο στον άξονα βορρά – νότου. Το επίπεδο τέμνει τη σφαίρα της γης¹ κατά έναν οριζόντιο κύκλο, που ονομάζουμε **ισημερινό** (σχ. 2). Ο ισημερινός είναι ο κύκλος με τη μεγαλύτερη περιφέρεια και χωρίζει τη γη στο βόρειο και νότιο ημισφαίριο. Παράλληλα προς τον ισημερινό, προς το βορρά και προς το νότο, θεωρούμε περισσότερους οριζόντιους κύκλους, τους **παραλλήλους**. Αν ενώσουμε οποιοδήποτε σημείο ενός παραλλήλου με το κέντρο της γης σχηματίζεται μία γωνία με τον ισημερινό, η γωνία του παραλλήλου (σχ. 1).

Θεωρούμε επίσης ένα κατακόρυφο επίπεδο τομής, παράλληλο δηλαδή στον άξονα βορρά – νότου, που τέμνει στην επιφάνεια της γης έναν κατακόρυφο κύκλο², που ονομάζουμε **μεσημβρινό**. Για λόγους σύμβασης θεωρούμε ότι ο πρώτος μεσημβρινός της γης διέρχεται από την πόλη Greenwich, κοντά στο Λονδίνο, γι' αυτό συχνά ο 1^{ος} μεσημβρινός ονομάζεται και **μεσημβρινός Greenwich** (σχ. 2). Κάθε περιστροφική μετατόπιση του 1^{ου} μεσημβρινού προς την ανατολή ή τη δύση, με άξονα περιστροφής τον άξονα βορρά – νότου, δημιουργεί τους ανατολικούς και δυτικούς μεσημβρινούς της γης.

Το πλέγμα των παραλλήλων και μεσημβρινών δημιουργεί στην επιφάνεια της γης ένα θεωρητικό σύστημα συντεταγμένων. Κάθε τόπος στην επιφάνεια της γης ορίζεται από το γεωγραφικό του πλάτος (latitude), που αντιστοιχεί στη γωνία που σχηματίζει η ακτίνα της γης που περνά από τον τόπο αυτό με την ακτίνα προς τον ισημερινό και από το γεωγραφικό του μήκος (longitude), που αντιστοιχεί στη γωνία που σχηματίζει ο μεσημβρινός του τόπου με τον μεσημβρινό Greenwich.



1. Στην πραγματικότητα η γη έχει σχήμα ελλειψοειδούς εκ περιστροφής
2. Σχηματίζεται μία πολύ ελαφρά πεπλατυσμένη έλλειψη

Το γεωγραφικό πλάτος παίρνει τιμές από 0° έως 90° βόρειο ή νότιο και το γεωγραφικό μήκος 0° έως 180° ανατολικό ή δυτικό.

Η Αθήνα, για παράδειγμα έχει γεωγραφικό πλάτος $37^\circ 58'$ βόρειο και γεωγραφικό μήκος $23^\circ 43'$ ανατολικό.

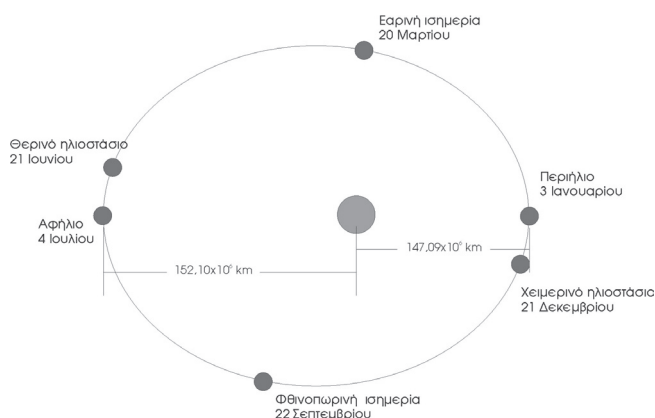
Οι μεσημβρινοί εκτός από το στίγμα κάθε τόπου σχετίζονται, όπως θα δούμε, και με την ώρα του τόπου.

Οι κινήσεις της γης

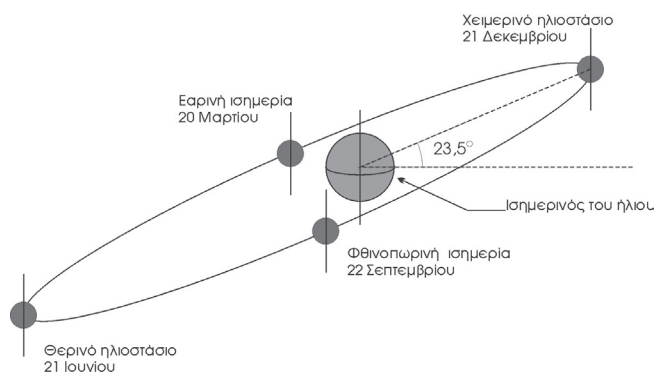
Η γη κινείται γύρω από τον ήλιο σε ελλειπτική τροχιά, με τον ήλιο να καταλαμβάνει τη θέση της μίας εστίας της έλλειψης (σχ. 3). Μία πλήρης περιστροφή της γης γύρω από τον ήλιο διαρκεί 365,256 ημέρες. Το επίπεδο της τροχιάς της γης γύρω από τον ήλιο σχηματίζει με το επίπεδο του ισημερινού του ήλιου γωνία $23^\circ 45'$ (σχ. 4). Αυτή η απόκλιση έχει σαν αποτέλεσμα οι ακτίνες του ήλιου να μη φτάνουν σε ένα δεδομένο σημείο της γης με την ίδια γωνία κατά τη διάρκεια ενός έτους. Στο ψηλότερο σημείο της τροχιάς της, η γη δέχεται στο βόρειο ημισφαίριο τις ακτίνες του ήλιου με τη μεγαλύτερη κλίση και κάθετα στο νότιο ημισφαίριο. Στη θέση αυτή η διάρκεια της ημέρας στο βόρειο ημισφαίριο είναι η μικρότερη όλου του έτους, συμβαίνει στις 21 Δεκεμβρίου και ονομάζεται **χειμερινό ηλιοστάσιο** (σχ. 5). Στο χαμηλότερο σημείο της τροχιάς της η γη δέχεται στο βόρειο ημισφαίριο τις ακτίνες του ήλιου κάθετα και στο νότιο ημισφαίριο με τη μεγαλύτερη κλίση. Στη χαμηλότερη θέση η γη βρίσκεται στις 21 Ιουνίου κάθε έτους και η ημέρα ονομάζεται **θερινό ηλιοστάσιο** (σχ. 6). Η διάρκεια της ημέρας είναι η μεγαλύτερη όλου του έτους στο βόρειο ημισφαίριο και η μικρότερη στο νότιο.

Στο μέσο περίπου της διαδρομής της γης από το χειμερινό στο θερινό ηλιοστάσιο όπως και από το θερινό στο χειμερινό ηλιοστάσιο, η γη περνά από δύο θέσεις όπου οι ακτίνες του ήλιου πέφτουν κάθετα στον ισημερινό της γης. Τις ημέρες αυτές η διάρκεια της ημέρας και της νύχτας είναι ίσες, ονομάζονται **εαρινή** και **φθινοπωρινή ισημερία** και συμβαίνουν στις 20 Μαρτίου και 22 Σεπτεμβρίου αντίστοιχα.

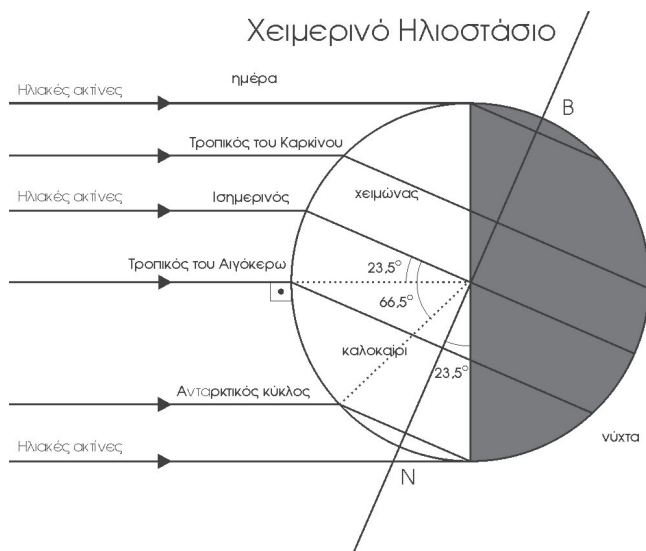
Παρατηρούμε ότι, καθώς η γη περιστρέφεται γύρω από τον άξονα βορρά – νότου κατά τη διάρκεια του χειμερινού ηλιοστασίου, οι ηλιακές ακτίνες πέφτουν κάθετα και «χαράσσουν» τον παράλληλο κύκλο που ονομάζουμε **τροπικό του Αιγόκερω** στο νότιο ημισφαίριο και εφάπτονται στη σφαίρα της γης χαράσσοντας τον παράλληλο που ονομάζουμε **Αρκτικό κύκλο** στο βόρειο ημισφαίριο. Αντίστοιχα, κατά το θερινό ηλιοστάσιο «χαράσσονται» ο **τροπικός του Καρκίνου** στο βόρειο ημισφαίριο και ο **Ανταρκτικός κύκλος** στο νότιο ημισφαίριο (σχ. 5,6).



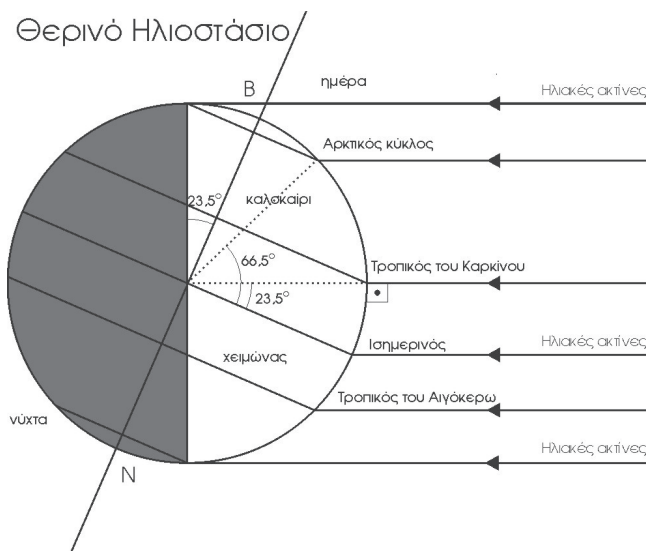
σχ. 3



σχ. 4



σχ. 5



σχ. 6

Εκλειπτική και ζωδιακός κύκλος³

«Προκειμένου να μελετήσουμε ευκολότερα την κίνηση των ουρανίων σωμάτων, χρησιμοποιούμε μια πανάρχαια αντίληψη για ένα γεωκεντρικό συμπαντικό μοντέλο, που ασφαλώς γνωρίζουμε πια πως δεν είναι σωστό, αλλά η χρήση του δεν δημιουργεί προβλήματα στη συνέχεια των συλλογισμών μας. Σύμφωνα με το μοντέλο αυτό η γη βρίσκεται ακίνητη στο κέντρο ενός σφαιρικού σύμπαντος και γύρω της τα άστρα είναι τοποθετημένα στην εσωτερική κοίλη επιφάνεια της ουράνιας αυτής συμπαντικής σφαίρας (σχ. 7).

Πάνω στη σφαίρα αυτή ο ήλιος φαίνεται να κινείται κατά τη διάρκεια ενός έτους, διαγράφοντας έναν μέγιστο ουράνιο κύκλο. Αυτός ο μέγιστος κύκλος που απεικονίζει τη φαινόμενη ετήσια τροχιά του ήλιου πάνω στην ουράνια σφαίρα ονομάζεται *εκλειπτική*, ΕγΕ'γ'.

Όπως είναι φανερό, το επίπεδο της εκλειπτικής, απεικονίζοντας μια πλαστή κίνηση του ήλιου, αντί της αληθινής γήινης περιφοράς γύρω από το άστρο της μέρας, συμπίπτει με το επίπεδο της τροχιάς της γης γύρω από τον ήλιο.» Αν αντί του πρωινού ουρανού παρατηρούμε τον νυχτερινό ουρανό, βλέπουμε ότι η εκλειπτική διέρχεται από 12 αστερισμούς (συμπλέγματα άστρων), που είναι γνωστοί ως οι 12 αστερισμοί του ζωδιακού κύκλου.

«Ο *ουράνιος ισημερινός* Ιγ'γ', ο μέγιστος δηλαδή κύκλος που τέμνει καθέτως τον άξονα της φαινόμενης περιστροφής της ουράνιας σφαίρας (*άξονας του κόσμου* ΠΠ'), τέμνει την εκλειπτική σε δύο αντιδιαμετρικά σημεία –τα γ και γ'– που ονομάζονται *ισημερινά σημεία*.

Το σημείο γ ονομάζεται *εαρινό ισημερινό σημείο* ή *αναβιβάζων σύνδεσμος* της ηλιακής τροχιάς, γιατί από το σημείο αυτό διέρχεται ο ήλιος στις 21 Μαρτίου, ανερχόμενος από το νότιο ημισφαίριο στο βόρειο. Η 21^η Μαρτίου (εαρινή ισημερία) οριοθετεί την έναρξη της εποχής της άνοιξης. Το σημείο γ' ονομάζεται *φθινοπωρινό ισημερινό σημείο* ή *καταβιβάζων σύνδεσμος* της ηλιακής τροχιάς. Από το σημείο αυτό διέρχεται ο ήλιος στις 22 Σεπτεμβρίου (φθινοπωρινή ισημερία), κατερχόμενος από το βόρειο ημισφαίριο στο νότιο. Η 22^α Σεπτεμβρίου οριοθετεί την έναρξη της εποχής του φθινοπώρου.

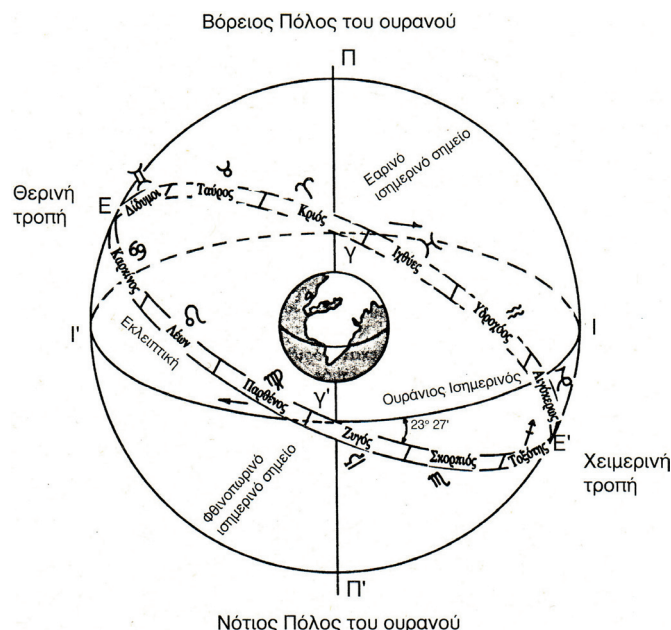
Τα ηλιακά ημερολόγια αναφέρονται στη φαινόμενη ετήσια περιφορά του ήλιου πάνω στην ουράνια σφαίρα.

3. Σπράτος Θεοδοσίου – Μάνος Δανέζης, *Η οδύσσεια των ημερολογίων*, τόμος Α: *Αναζητώντας τις ρίζες της γνώσης* εκδόσεις Δίαυλος, Αθήνα 1995, κεφ. *Τροπικό, αστρικό και πολιτικό έτος* σελ. 29-31

Έτσι, ως *αστρικό έτος* ορίζουμε τον χρόνο που χρειάζεται το κέντρο του ηλιακού δίσκου για να διαγράψει ολόκληρη την εκλειπτική και να επιστρέψει στο αυτό σημείο, από το οποίο αρχίσαμε τη μέτρηση.

Ομοίως, ως *τροπικό ή εποχιακό έτος* ορίζουμε το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί μεταξύ δύο διαδοχικών διαβάσεων του κέντρου του ηλιακού δίσκου από το ηλιακό ισημερινό σημείο γ.

Όπως είναι φανερό, λόγω ορισμού, εάν το εαρινό ισημερινό σημείο γ ήταν σταθερό σημείο πάνω στην εκλειπτική, τότε το αστρικό έτος θα ταυτιζόταν με το τροπικό.



σχ. 7

Όμως, όπως γνωρίζουμε σήμερα, το γ δεν παραμένει σταθερό, αλλά:

α) Υφίσταται μια μετάπτωση, μετακινείται δηλαδή πάνω στην εκλειπτική κατά $d\lambda=50,24''$ ετησίως (ανάδρομη φορά) και

β) Κλονίζεται περί τη μέση αρχική του θέση⁴.

Λόγω, λοιπόν, της μη σταθερότητας του γ, το κέντρο του ηλιακού δίσκου, κατά την ετήσια περιφορά του ήλιου θα καθυστερήσει να συναντήσει το εαρινό ισημερινό σημείο -που θα βρίσκεται στη νέα του θέση- κατά 0,014157 μέρες ηλιακές ημέρες, ή 20,38608 πρώτα λεπτά μέσου χρόνου. Το χρονικό αυτό διάστημα της καθυστέρησης αποτελεί τη διαφορά μεταξύ του αστρικού και τροπικού έτους

Δηλαδή:

1 τροπικό έτος = 365,24219879 μέρες ηλιακές ημέρες, ενώ

1 αστρικό έτος = 365,25635579 μέρες ηλιακές ημέρες

Τέλος, θα πρέπει να σημειώσουμε ότι για διάφορους λόγους ούτε η διάρκεια του τροπικού έτους παραμένει σταθερή, αλλά ελαττώνεται κατά 0,53 δευτερόλεπτα ανά αιώνα. Επειδή όμως η μεταβολή αυτή θεωρείται πολύ μικρή (σχεδόν αμελητέα), μπορούμε για μια μεγάλη χρονική περίοδο να θεωρούμε ότι το τροπικό έτος διαρκεί κατά μέσο όρο 365,24219879 πολιτικές ημέρες ή 365 ημέρες, 5 ώρες, 48 πρώτα λεπτά και 45,96 δευτερόλεπτα.

...

Τέλος, για την ιστορία αναφέρουμε ότι η ονομασία του τροπικού έτους οφείλεται στο ότι όχι μόνον η γγ', η *ισημερινή γραμμή*, αλλά και η ΕΕ', η *γραμμή των τροπών*, μετατοπίζεται συνεχώς, έτσι ώστε να παραμένει πάντα κάθετη στη γγ'. Επομένως η επάνοδος του ήλιου σε μια από τις τροπές (θερινή τροπή 21 Ιουνίου ή χειμερινή τροπή 22 Δεκεμβρίου) γίνεται μετά ένα τροπικό έτος

Τόσο όμως το τροπικό, όσο και το αστρικό έτος είναι ακατάλληλα για την κατασκευή ημερολογίων, επειδή, εκτός από τον ακέραιο αριθμό ημερών τους, περιέχουν και κλάσματα της ημέρας αρκετών δεκαδικών ψηφίων.

4. Ιδ. Παράρτημα IV: *Μετάπτωση και κλόνιση*

Εξαιτίας αυτού του γεγονότος, επινοήθηκε το «πολιτικό έτος», το έτος δηλαδή που περιέχει ακέραιο αριθμό ημερών, και ως εκ τούτου δεν δημιουργείται το φαινόμενο μία και η αυτή ημέρα να κατανέμεται μεταξύ δύο διαδοχικών ετών.

Επιπλέον, το πολιτικό έτος βασίζεται στο τροπικό έτος και αυτό προκειμένου να εξασφαλίζεται η κανονική διαδοχή των τεσσάρων κλιματολογικών εποχών.

Το πολιτικό έτος, όμως, διατηρεί μόνο τον ακέραιο αριθμό των ημερών του τροπικού έτους· συνεπώς αριθμητικά είναι μικρότερο από αυτό κατά το δεκαδικό του μέρος, δηλαδή κατά 0,25 ηλιακές ημέρες περίπου.

Η διαφορά αυτή με την πάροδο των αιώνων θα μεγάλωνε συνεχώς αθροιστικά, με αποτέλεσμα να μεταφέρονται ημερολογιακά οι κλιματολογικές εποχές του έτους. Γι' αυτό, μετά από πάρα πολλά χρόνια, όταν το αθροιστικό σφάλμα θα είχε πάρει μια αναγκαία τιμή, ο μήνας Ιούνιος –για παράδειγμα– δεν θα αντιστοιχούσε στην κλιματολογική εποχή του θέρους, αλλά του φθινοπώρου ή και του χειμώνα.

Άμεσο αποτέλεσμα ενός τέτοιου γεγονότος θα ήταν η αδυναμία του προγραμματισμού των κοινωνικών και παραγωγικών διαδικασιών του ανθρώπου (π.χ. γεωργικές και κτηνοτροφικές εργασίες).

Προκειμένου να ξεπεραστεί το πρόβλημα αυτό, κάθε ημερολογιακό σύστημα προβλέπει μια σειρά διορθώσεων, με πιο γνωστή την πρόσθεση μιας επιπλέον ημέρας κάθε τέσσερα έτη με τρόπο ώστε κάθε τετραετία να περιέχει ένα δίσεκτο έτος με διάρκεια 366 ημερών.

Γενικά, λοιπόν, ως ημερολόγιο θεωρούμε κάθε σύστημα διαίρεσης του έτους, το οποίο προσπαθεί να επιτύχει, με τον καλύτερο δυνατό τρόπο, την εναρμόνιση της φυσικής διαίρεσης των κλιματολογικών εποχών με την κατά συνθήκη διάρκεια του εκάστοτε πολιτικού έτους».

Ιστορία των ημερολογίων

Από πολύ νωρίς στην ιστορία του ο άνθρωπος παρατήρησε τον ουρανό και κατανόησε ότι η διαδοχή της ημέρας και της νύχτας, η διαδοχή των εποχών του έτους, αλλά και η διαδοχή των «εποχών», με την έννοια μεγάλων χρονικών περιόδων, είχε να κάνει με τις κινήσεις του ήλιου, της γης και της σελήνης. Όλοι οι πολιτισμοί της αρχαιότητας είχαν κάνει προσπάθειες για τη μέτρηση του χρόνου και λίγο πολύ όλοι εναρμόνισαν τις θρησκευτικές τους τελετές και δοξασίες με τις κινήσεις των τριών αυτών κύριων (για τη ζωή στη γη) ουρανίων σωμάτων.

Η μέτρηση του χρόνου ήταν θέμα ζωτικής σημασίας, διότι –με τους σωστούς υπολογισμούς– μπορούσε

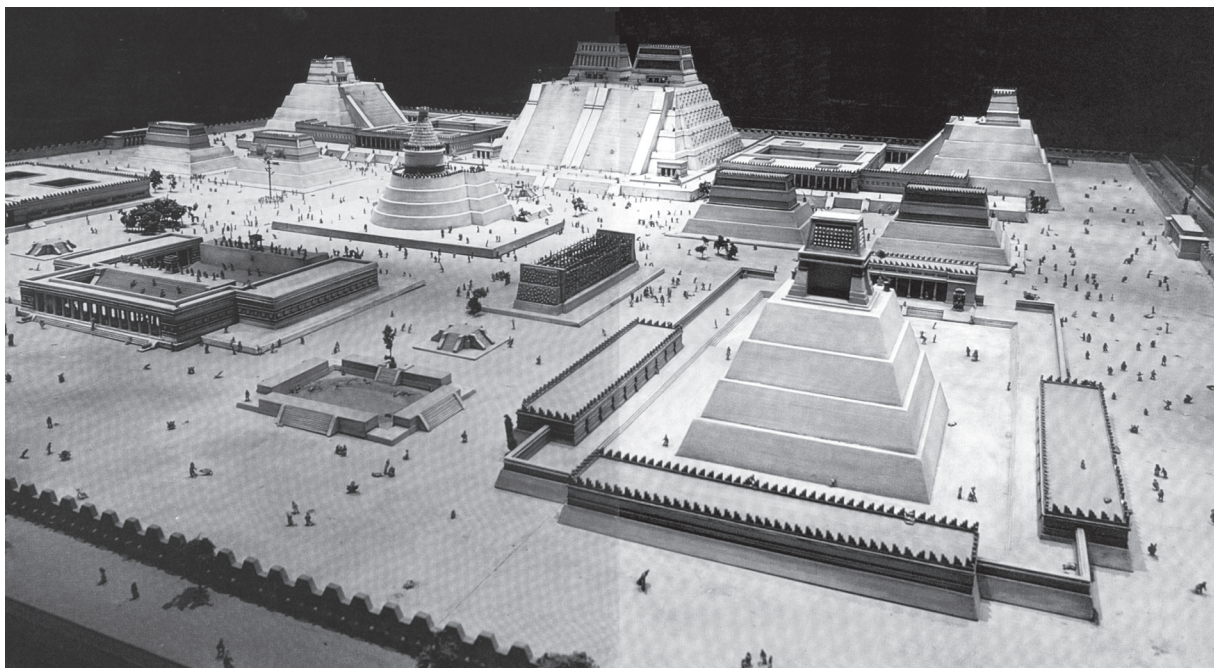


εικ. 8 Το λίθινο ημερολόγιο των Αζτέκων ή Πέτρα του Ήλιου

να προβλεφθεί η αλληλουχία των εποχών κι επομένως οργανώνονταν οι αγροτικές εργασίες. Με την πρόοδο του πολιτισμού οι αστρονομικές παρατηρήσεις έγιναν απαραίτητες και στη ναυσιπλοΐα.

Οι αστρονομικές παρατηρήσεις των αρχαίων λαών ήταν δύσκολο ν' απομνημονευθούν, ακόμη και να καταγραφούν, ειδικά αν αναφερόμαστε σε λαούς που δε χρησιμοποιούσαν τη γραφή, όπως οι Μάγια στη χερσόνησο του Γιουκατάν της Κεντρικής Αμερικής. Οι μύθοι των θεών στους οποίους κάθε λαός πίστευε, πολύ συχνά αναφέρονται σε αστρονομικές παρατηρήσεις. Με άλλα λόγια, μια θεότητα συχνά απεικονίζεται σ' ένα λαμπρό άστρο ή αστερισμό και με βάση τις αστρονομικές παρατηρήσεις του αστερισμού αυτού, δημιουργείται ένας μύθος, που αναφέρεται στη θεότητα. Αυτός ήταν για πολλούς λαούς και για πολλούς αιώνες ο πιο συνηθισμένος τρόπος απομνημόνευσης των αστρονομικών παρατηρήσεων κι αποτελούσε ασφαλή τρόπο κληροδότησης της γνώσης από τη μια γενιά στην άλλη. Παράλληλα εξυπηρετούσε την απομνημόνευση των παρατηρήσεων κι από τους «κοινούς θνητούς», τους απλούς ανθρώπους των αρχαίων κοινωνιών, που δεν μορφώνονταν ποτέ κι ανήκαν σε κατώτερες κάστες ή κοινωνικές ομάδες, οι οποίοι όμως μάθαιναν εύκολα κι απλά την αλληλουχία των εποχών και προετοίμαζαν τις αγροτικές εργασίες. Ίνονταν κι αυτοί (με τον τρόπο τους) φορείς των γνώσεων των αστρονομικών παρατηρήσεων.

Ο συνδυασμός της θρησκείας με την επιστήμη είναι προφανής. Δημιουργήθηκε πλήθος συμβολισμών που «έκρυβαν» και «φανέρωναν» τις γνώσεις κάθε λαού, με πιο σημαντικό εκείνο του φιδιού, που μάλιστα τείνει να είναι κοινός σχεδόν για όλους τους αρχαίους πολιτισμούς. Είναι πιθανό η λατρεία των ερπετών να στηρίζεται στο γεγονός ότι το δέρμα του φιδιού είναι ατελείωτο, εφ' όσον περιοδικά απορρίπτεται και συνεχώς ανανεώνεται, όπως ακριβώς κι ο χρόνος. Βέβαια οι ιερατικές κάστες κάθε αρχαίου λαού από νωρίς συνειδητοποίησαν ότι δεν μπορούσαν να στηριχτούν στις προφορικές παραδόσεις και τους μύθους των θεών τους για τη διατήρηση της γνώσης και τη συνέχιση των παρατηρήσεων. Το γεγονός δε ότι η περιφορά της γης γύρω από τον ήλιο δεν είναι ακέραιος αριθμός, δεν αντιστοιχεί δηλαδή σε ακέραιο, αλλά σε κλασματικό πλήθος ημερών, ήταν γνωστό σε όλους τους αρχαίους λαούς και μόνο η συνεχής παρατήρηση του φαινομένου μπορούσε να καταστήσει δυνατή τη διόρθωση των ημερολογίων.



εικ. 9 Πρόπλασμα αναπαράστασης του θρησκευτικού κέντρου της πόλης Tenochtitlan των Αζτέκων, με σχεδιασμό σε απόλυτη συμμετρία και τάξη

Σχεδόν όλοι οι αρχαίοι πολιτισμοί στρογγυλοποιούν την περίοδο των 365,25 περίπου ημερών του έτους στις 360 και «διορθώνουν» τη διαφορά με εμβόλιμες ημέρες. Είναι λοιπόν προφανές γιατί ο αριθμός 360 και οι υποδιαιρέσεις του είναι τόσο σημαντικός και μέχρι σήμερα χρησιμοποιείται στη μέτρηση του κύκλου κι επομένως στη μέτρηση του χρόνου. Είναι επίσης προφανής ο λόγος που τα υποπολλαπλάσια του 360, όπως οι αριθμοί 3, 4, $(3+4=)7$, $(3 \times 4=)12$, $(3 \times 12=)36$ ήταν κι ακόμη είναι ιεροί αριθμοί.

Το «όπλο» ενάντια στη λήθη ήταν η αρχιτεκτονική. Χτίστηκαν θρησκευτικά μνημεία όπου «καταγράφονταν» αστρονομικές παρατηρήσεις αφ' ενός, αφ' ετέρου δε λειτουργούσαν και σαν αστεροσκοπεία.

Το πιο γνωστό και χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η πυραμίδα του Χέοπα, που μάλιστα έχει χαρακτηριστεί ως η «πέτρινη βίβλος» της ανθρωπότητας (εικ. 10). Πέρα από την παραφιλολογία που έχει πλαστεί πάνω στον μυστικισμό των αριθμών και των διαστάσεων της, είναι γεγονός ότι η πυραμίδα του Χέοπα κατασκευάστηκε υπό την επίβλεψη και καθοδήγηση των αρχαίων Αιγυπτίων ιερέων – αστρονόμων. Αποτελεί το μεγαλύτερο μεσημβρινό αστρονομικό όργανο του κόσμου και η δίοδός της (πριν κλειστεί) ήταν στραμμένη προς τον πολικό αστέρα, που εκείνη την εποχή αντιστοιχούσε στο άστρο Τουμπάν, το λαμπρότερο άστρο του αστερισμού του Δράκοντα (σχ. 11). Για κάποιο ανεξήγητο λόγο οι πυραμίδες της Γκίζας –του Χέοπα (Χουφού ή Κνεφού), του Χεφρήνου (Χαφρ ή Κχαφρά) και του Μυκερίνου (Μενάκουρ ή Μενκερά)- βρίσκονται στον παράλληλο με γεωγραφικό πλάτος 30° (για την ακρίβεια $29^\circ 59' 51''$) και είναι προσανατολισμένες προς τα τέσσερα σημεία του ορίζοντα. Μάλιστα η διαγώνιος της πυραμίδας του Χέοπα από τα ΒΔ προς τα ΝΑ αν προεκταθεί, αποτελεί διαγώνιο της πυραμίδας του Χεφρήνου (εικ. 12).

Στην άλλη άκρη του Ατλαντικού οι Ίνκας τοποθετούσαν στις κορυφές των βουνών και στις πόλεις τους λίθινες κατασκευές, γνωστές ως Intihuatana (πέτρες που δένουν τον Ήλιο). Οι κατασκευές χρησίμευαν μάλλον για την παρακολούθηση της ετήσιας κίνησης του ήλιου, κάτι σαν τα ηλιακά ρολόγια.

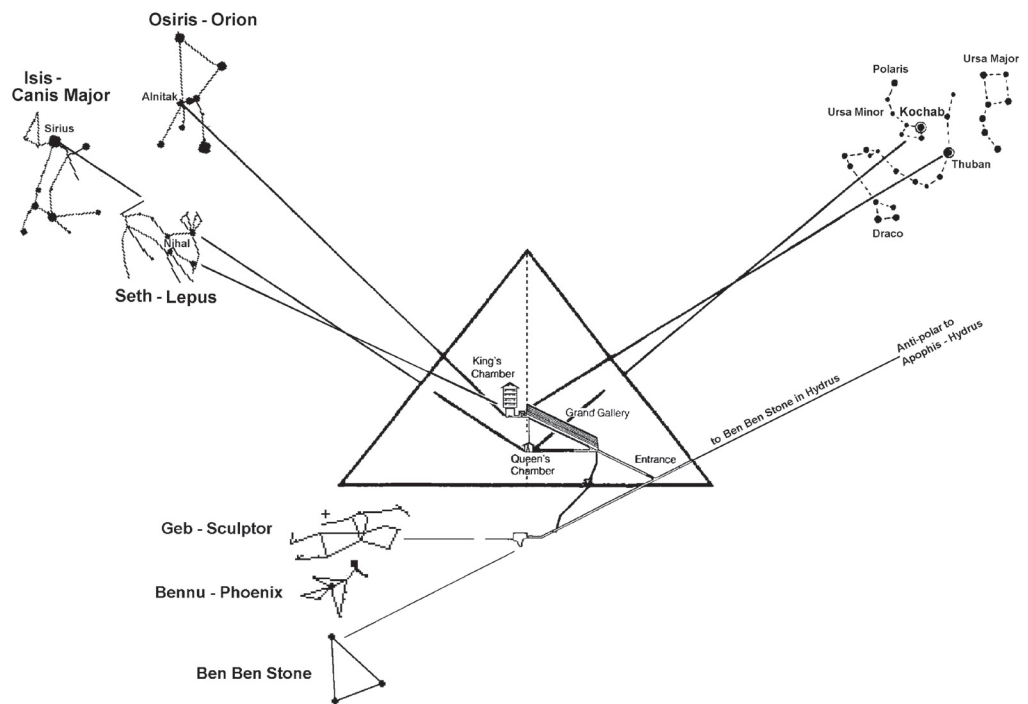
Ένας από τους πιο μυστηριώδεις λαούς της Κεντρικής Αμερικής, οι Μάγια, είχαν βρει το ακριβέστερο σύστημα μέτρησης του χρόνου και όσες από τις αστρονομικές τους παρατηρήσεις έχουν σωθεί⁵, αποδεικνύουν ότι ο λαός αυτός κατείχε αστρονομικές γνώσεις που ακόμη και σήμερα προκαλούν έκπληξη.

Οι Μάγια λάτρευαν τον Ήλιο, τη Σελήνη, τη Βροχή και κυρίως τον θεό Kukulcan, που τον παρίσταναν σαν ένα μεγάλο φτερωτό φίδι. Σύμφωνα με το μύθο, ο Kukulcan ήταν αυτός που είχε διδάξει



εικ. 10 Οι τρεις πυραμίδες της Γκίζας

5. Έχουν διασωθεί μόνο τρία χειρόγραφα των Μάγια, όλα με αστρονομικές παρατηρήσεις, που σήμερα ονομάζονται: 1) Codex Tro-cortesianus (Ισπανία), 2) Codex Peresianus (Παρίσι), 3) Codex Dresdensis (Δρέσδη)



ox. 11



εικ. 12 Αεροφωτογραφία της περιοχής των πυραμίδων της Γκίζας. Σημειώνεται η νοητή διαγώνιος των δύο μεγαλύτερων πυραμίδων

όλους τους νόμους που κυβερνούσαν τη ζωή τους. Όλες οι πυραμίδες των Μάγια έχουν ακριβή αστρονομικό προσανατολισμό και χτίστηκαν για τις ανάγκες ενός ημερολογίου (εικ. 14). Από τον ψηλότερο εξώστη της πυραμίδας του Ουαξακτούν (Β. Γουατεμάλα) ο ήλιος στις 21 Ιουνίου (θερινό ηλιοστάσιο) ανατέλλει πίσω από τη βόρεια γωνία του ναού Ι. Κατά τη φθινοπωρινή και εαρινή ισημερία, στις 22 Σεπτεμβρίου και 21 Μαρτίου αντίστοιχα, ο ήλιος ανατέλλει ακριβώς πίσω από το μέσο του ναού ΙΙ και τέλος κατά το χειμερινό ηλιοστάσιο στις 22 Δεκεμβρίου ο ήλιος ανατέλλει πίσω από τη νότια γωνία του ναού ΙΙΙ (σχ. 15). Η πυραμίδα του Γιουκατάν, ή όπως είναι γνωστή σήμερα η «πυραμίδα του Πολεμιστή» είναι στην ουσία ναός αφιερωμένος στη λατρεία του ημερολογίου(!), με πλήθος αριθμητικών συμβολισμών σχετικών με το ημερολόγιο των Μάγια, τις μυθολογίες γύρω απ' αυτό και την «τάξη» που αντιπροσώπευε. Μελετητές ισχυρίζονται ότι οι Μάγια όχι μόνο ασχολούνταν με τη μέτρηση του χρόνου και την αστρονομία, αλλά είχαν υποτάξει την τέχνη και την αρχιτεκτονική τους στην ημερολογιακή «μανία» που τους είχε καταλάβει!

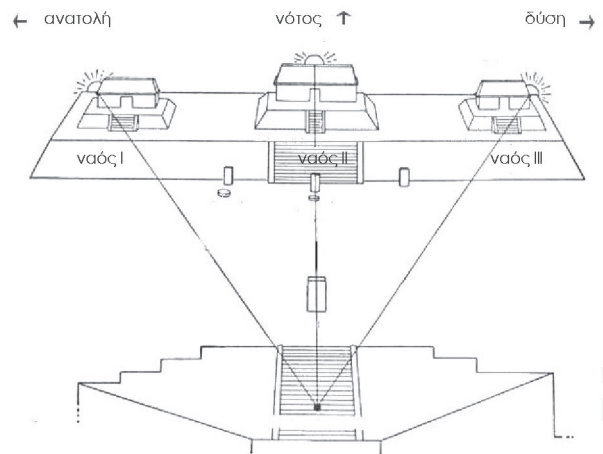
Αξίζει να σημειωθεί ότι οι Μάγια είχαν ένα ακριβέστατο ημερολόγιο, αλλά δεν γνώριζαν το ρολόι, που είναι η απαραίτητη προϋπόθεση (μαζί με το μεσημβρινό όργανο) για τον υπολογισμό του ηλιακού έτους!

Στην Κίνα έχουμε αρχαιότερες καταγραφές αστρονομικών παρατηρήσεων, όχι τόσο σε έργα αρχιτεκτονικής όμως. Οι Κινέζοι δεν αρκέστηκαν στην παρατήρηση των κινήσεων του ήλιου και της σελήνης μόνο, αλλά προχώρησαν σε παρατηρήσεις της περιοδικότητας των εκλείψεων του ήλιου και της σελήνης, των εξάρσεων των ηλιακών κηλίδων και της κίνησης των κομητών. Είναι οι πρώτοι που χρησιμοποίησαν τα συστήματα των ισημερινών και ουρανογραφικών συντεταγμένων (που χρησιμοποιούμε και σήμερα). Όλες οι παρατηρήσεις τους είχαν καταγραφεί μ' εξαιρετική ακρίβεια στα «Χρονικά της Σινίκης», στα οποία ακόμη και σήμερα ανατρέχουν οι αστρονόμοι⁶.



εικ. 13 Ηλιακό ρολόι (:) των Μάγια στο Machu Picchu

6. Στα «Χρονικά της Σινίκης» ο Κινέζος αστρονόμος Πάινγκ Βέι Τεκ κατέγραψε στις 4 Ιουλίου 1056 μ.Χ. την εμφάνιση ενός «επισκέπτη αστέρα» *supernova* (υπερκενοφανούς) στον αστερισμό του Ταύρου, που ήταν τόσο λαμπρός, που φαινόταν ακόμη και το πρωί για τρεις εβδομάδες και εύκολα αντιληπτός τη νύχτα, μέχρι τις 17 Απριλίου 1056, οπότε έπαψε να είναι ορατός με γυμνό μάτι. Η αναφορά αυτή βοήθησε στα 1942 τους αστρονόμους Mayall και Oort να καταλήξουν στο συμπέρασμα ότι το νεφέλωμα του Καρκίνου (Craab Nebula), που βρίσκεται στον αστερισμό του Ταύρου, είναι το υπόλειμμα της έκρηξης εκείνου του *supernova*. Η παρατήρηση αυτής της έκρηξης *supernova* είναι η μοναδική στ' αστρονομικά χρονικά

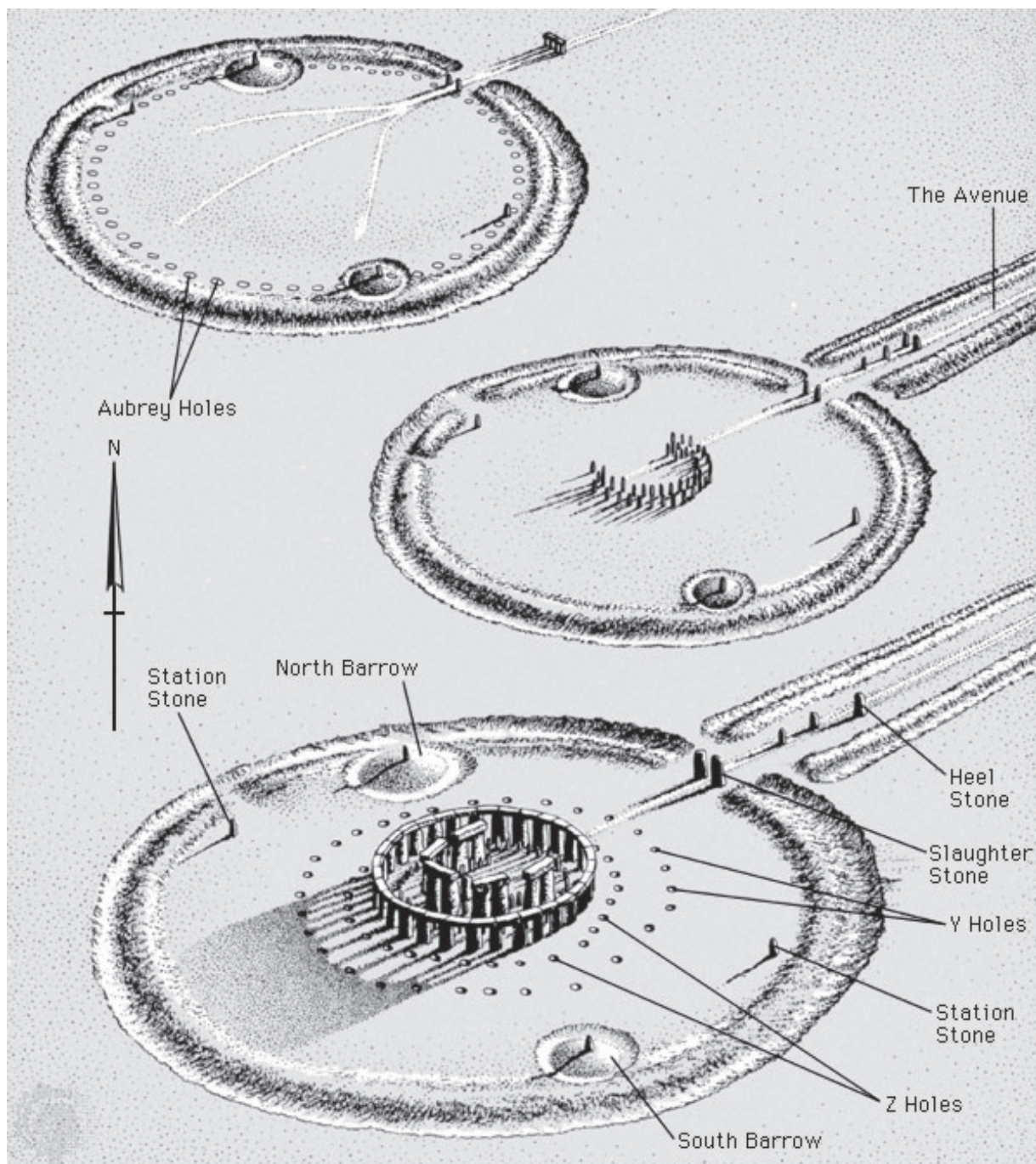


σχ. 15

εικ. 14 Η πυραμίδα των Μάγια στο Palenque, ο ναός των αφιερωμάτων



εικ. 16 Ηλιακό ρολόι στην Απαγορευμένη πόλη, Πεκίνο, Κίνα



σχ. 17 Σχηματική αναπαράσταση των τριών φάσεων κατασκευής του Stonehenge



εικ. 18 Η ανατολή του ήλιου στις 21 Ιουνίου 2006 (θερινό ηλιοστάσιο) στο Stonehenge

Η πολύ προηγμένη κινεζική αστρονομία είχε σαν κύριο σκοπό την πρόγνωση μελλοντικών γεγονότων και για το λόγο αυτό οι αστρονόμοι είχαν επιδοθεί στη σύνταξη ημερολογίων. Ήταν κρατικοί υπάλληλοι επιφορτισμένοι με την παρακολούθηση των ουρανίων φαινομένων και των κινήσεων του ήλιου και της σελήνης, ώστε να προαναγγέλλουν τις μελλοντικές αλλαγές των κλιματολογικών συνθηκών και να υποδεικνύουν τις αναγκαίες θυσίες για τον εξευμενισμό των θεών.

Στην Ευρώπη ένα από τα αρχαιότερα δείγματα αρχιτεκτονικού έργου στην υπηρεσία αστρονομικών παρατηρήσεων είναι το Stonehenge, το μεγαλιθικό μνημείο της Νότιας Αγγλίας, που χρονολογείται (στην 1^η φάση της κατασκευής του) στα 2950π.Χ. Πολύ λίγα είναι γνωστά για το καταπληκτικό αυτό μνημείο, κυρίως επειδή για πολλά χρόνια θεωρούνταν από τους μελετητές ως ρωμαϊκός ναός. Σήμερα πιστεύεται ότι το Stonehenge ήταν Κελτικός ναός αφιερωμένος στον ήλιο (σχ. 17). Έχει μάλιστα υπολογιστεί ότι το πρωινό της θερινής ισημερίας ο ήλιος ανέτειλε κατ' ευθείαν πάνω από τη Heel Stone (ακρογωνιαίος λίθος) και οι πρώτες ακτίνες του φώτιζαν το κέντρο του μνημείου (εικ. 18), στο μεταξόνιο⁷ των λίθων του πεταλωτού σχηματισμού. Πιο πρόσφατα ο αστρονόμος Gerard Hawkins αμφισβήτησε ότι το Stonehenge είναι απολύτως ευθυγραμμισμένο με τη θερινή ισημερία και άλλα ηλιακά και σεληνιακά φαινόμενα και ισχυρίστηκε ότι κατασκευάστηκε για να προβλέπει αστρονομικά φαινόμενα, όπως οι εκλείψεις. Με άλλα λόγια το Stonehenge είναι πιθανόν κάτι παραπάνω από ναός ή αστεροσκοπείο, είναι ένας αστρονομικός υπολογιστής!

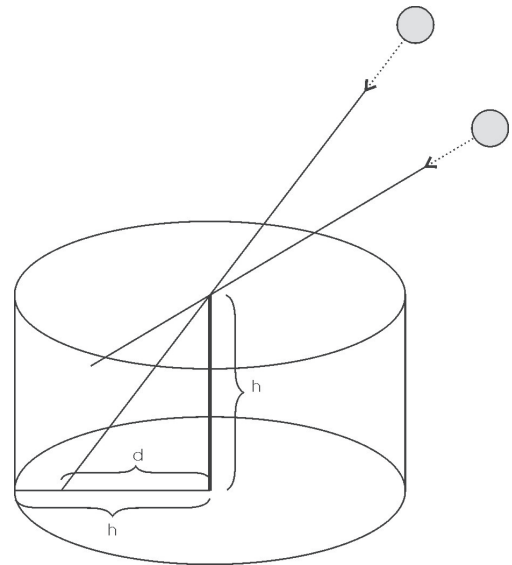
Περίπου 4000 χρόνια μεταγενέστερο (1724-1727μ.Χ.) είναι το κτίσμα Ram Yantra στο συγκρότημα Jantar Mantar στη Jaipur της Ινδίας (εικ. 19). Έχει σχεδόν την ίδια μορφολογία με το Stonehenge, αλλά διαφορετική χρήση. Το ύψος της περιμετρικής κιονοστοιχίας και της κεντρικής ράβδου είναι ίσο με την ακτίνα της κυκλικής κιονοστοιχίας και κατασκευάστηκε για να υπολογίζεται η γωνία ύψους ηλίου (altitude) τις διαφορετικές ημέρες του έτους (σχ. 20). Γενικά το συγκρότημα της Jantar Mantar της Jaipur και των άλλων πόλεων της Ινδίας κατασκευάστηκε ευθύς εξ αρχής ως συγκρότημα αστρονομικών οργάνων. Το ίδιο το όνομα του συγκροτήματος σε ελεύθερη μετάφραση σημαίνει: όργανα για τη μέτρηση της αρμονίας των ουρανών. Στο συγκρότημα περιλαμβάνεται το



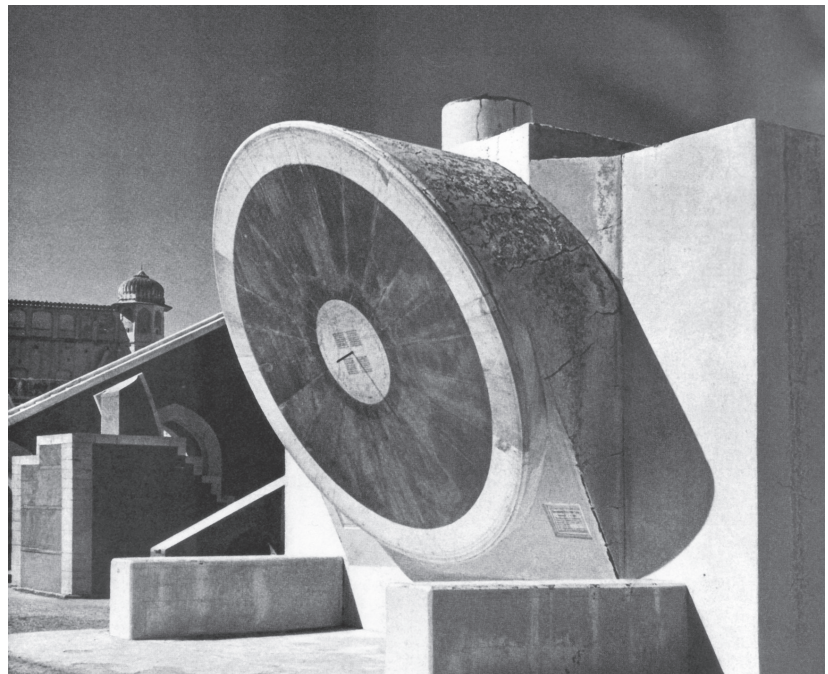
εικ. 19 Jantar Mantar, Jaipur, Ινδία

7. Μεταξόνιο είναι το διάστημα μεταξύ των αξόνων δύο διαδοχικών κινήσεων ή περσών ενός κτίσματος

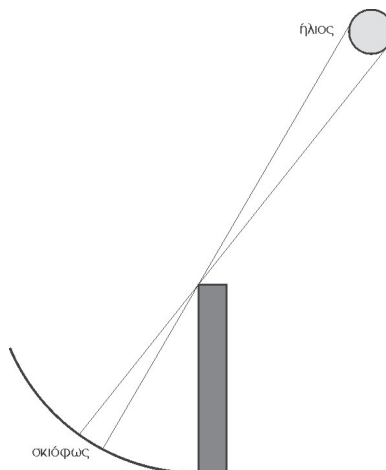
Samrat Yantra, το μεγαλύτερο στον κόσμο ηλιακό ρολόι. Αυτό που είναι αξιοσημείωτο σ' αυτό το μνημείο, το μόνο που έχει διατηρηθεί σε τόσο καλή κατάσταση⁸, είναι ότι λόγω της μεγάλης κλίμακας των κατασκευών από άποψη μεγέθους, έγινε δυνατό να μετρηθεί το λεγόμενο *σκιόφως*. Ο ήλιος δεν είναι μια σημειακή πηγή φωτισμού, αλλά ένας δίσκος με αρκετά μεγάλο φαινόμενο μέγεθος. Από δύο (σχεδόν) αντιδιαμετρικά σημεία του δίσκου του ήλιου και τα ενδιάμεσά τους ξεκινά ένα πλήθος φωτεινών ακτίνων (σχ. 22), που δημιουργεί ένα «σύνολο» σκιών κι αυτό ισχύει για οποιοδήποτε αντικείμενο πάνω στη γη. Η γωνία που σχηματίζουν δύο (σχεδόν) αντιδιαμετρικά σημεία του δίσκου του ήλιου μ' ένα σημείο στην επιφάνεια της γης είναι κατά μέσο όρο 30° . Αποτέλεσμα του φαινομένου είναι ότι το όριο



σχ. 20



εικ. 21 Το επίπεδο ηλιακό ρολόι στο Jantar Mantar

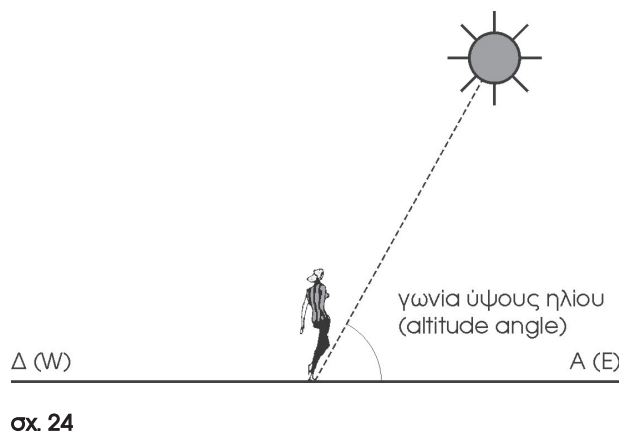


εικ. 23 Το σκιόφως στο Ram Yantra

σχ. 22

8. Αστεροσκοπεία σαν το Jantar Mantar χτίστηκαν σε αρκετές πόλεις της Ινδίας, όπως το Δελχί, η Mathura, η Ujjain και η Varanasi, για να επιτυγχάνεται στατιστική ανάλυση των αστρονομικών παρατηρήσεων και συγκρίσεις των αποτελεσμάτων

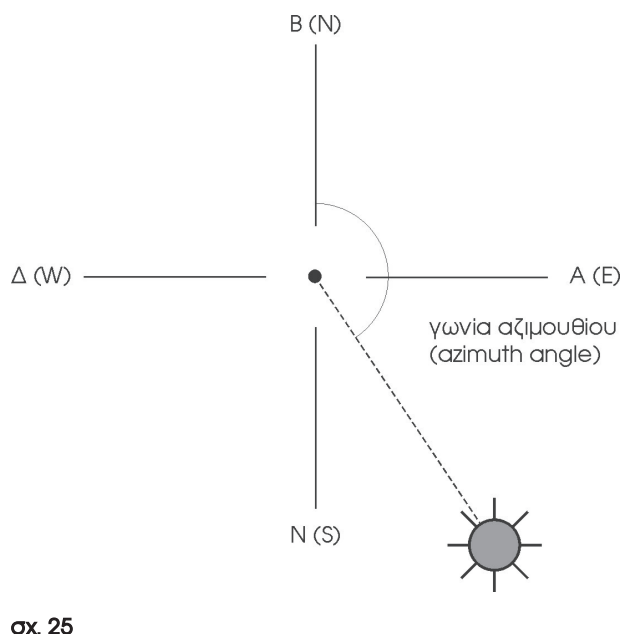
ανάμεσα στο φως και τη σκιά, είτε πρόκειται για ερριμμένη σκιά, είτε γι' αυτοσκιά (κι αυτό είναι πιο έκδηλο σε καμπύλα αντικείμενα), να μην είναι μια γραμμή, αλλά μια μικρή περιοχή, όπου η ένταση τη σκιά μειώνεται προς το φως και αντίστροφα. Αυτό το φαινόμενο στο Samrat Yantra δημιουργεί μια απροσδιοριστία στη μέτρηση του χρόνου της τάξης των 15", αλλά βοήθησε στον προσδιορισμό της απόστασης του ήλιου από τη γη και στη μέτρηση της ακτίνας του ισημερινού του ήλιου.



Γωνίες πρόσπτωσης ηλιακού φωτός

Εάν υποθέσουμε ότι η γη είναι ακίνητη με τον ήλιο να κινείται γύρω της, τότε σε κάθε τόπο ο ήλιος ρίχνει τις ακτίνες του με διαφορετική γωνία κάθε χρονική στιγμή.

Τοποθετώντας έναν παρατηρητή να κοιτά σταθερά προς το βορρά, τότε παρατηρούμε ότι από την ανατολή (στα δεξιά του παρατηρητή) μέχρι τη δύση του (στ' αριστερά του παρατηρητή) ο ήλιος διαγράφει ένα τόξο, που μπορούμε να θεωρήσουμε κυκλικό. Αν ο παρατηρητής δεν βρίσκεται κοντά στον Αρκτικό ή τον Ανταρκτικό παράλληλο, τότε παρατηρούμε ότι κατά τη διάρκεια μιας



ημέρας ο ήλιος σχηματίζει με τον ορίζοντα του τόπου μια γωνία που συνεχώς αυξάνεται μέχρι τη μεσουράννηση του ήλιου και από κει και μετά μειώνεται, μέχρι τη δύση του ήλιου. Η γωνία που μας δίνει το ύψος του ήλιου από τη γραμμή του ορίζοντα (σχ. 24) ονομάζεται **γωνία ύψους ηλίου** (altitude angle). Η γωνία που μας δίνει την απόκλιση του ήλιου σε σχέση με το βορρά (σχ. 25) ονομάζεται **γωνία αζιμουθίου** (azimuth angle). Συνήθως η γωνία αζιμουθίου έχει θετικές τιμές κινούμενη δεξιόστροφα, με τις 0° να ορίζονται στο βορρά.

Στους παράπλευρους πίνακες παρουσιάζονται οι γωνίες ύψους ηλίου και αζιμουθίου για το στίγμα της Αθήνας στις 30 Ιανουαρίου 2004 και στην εαρινή ισημερία του 2004. Σημειώνεται ότι η ώρα αναφοράς είναι η UTC. Για να βρούμε την ώρα της Αθήνας, θα πρέπει να μετατρέψουμε σε μοίρες τη γωνία του γεωγραφικού μήκους της Αθήνας και να την προσθέσουμε στην UTC (περίπου 2:25).

SUN'S ALTITUDE & AZIMUTH		
UTC DATE: 30 JANUARY 2004		
POSITION: 37°58'N 23°43'E		
UTC	ALT (°)	AZM (°)
0540	001	113
0550	003	115
0600	005	117
0610	006	118
0620	008	120
0630	010	122
0640	011	123
0650	013	125
0700	015	127
0710	016	129
0720	018	131
0730	019	133
0740	021	135
0750	022	137
0800	023	139
0810	025	141
0820	026	143
0830	027	146
0840	028	148
0850	029	150
0900	030	153
0910	031	155
0920	032	158
0930	032	161
0940	033	163
0950	033	166
1000	034	169
1010	034	172
1020	034	175
1030	035	178
1040	035	180
1050	034	183
1100	034	186
1110	034	189
1120	034	192
1130	033	195
1140	033	197
1150	032	200
1200	031	203
1210	031	205
1220	030	208
1230	029	210
1240	028	213
1250	027	215
1300	025	218
1310	024	220
1320	023	222
1330	022	224
1340	020	226
1350	019	228
1400	017	230
1410	016	232
1420	014	234
1430	013	236
1440	011	237
1450	009	239
1500	007	241
1510	006	242
1520	004	244
1530	002	246
1540	000	247

πίνακας 1

πίνακας 2

SUN'S ALTITUDE & AZIMUTH		
UTC DATE: 20 MARCH 2004		
POSITION: 37°58'N 23°43'E		
UTC	ALT (°)	AZM (°)
0440	002	091
0450	004	093
0500	006	094
0510	008	096
0520	010	097
0530	012	099
0540	014	101
0550	015	102
0600	017	104
0610	019	106
0620	021	107
0630	023	109
0640	025	111
0650	027	113
0700	029	115
0710	030	117
0720	032	119
0730	034	121
0740	035	123
0750	037	126
0800	039	128
0810	040	131
0820	042	133
0830	043	136
0840	044	139
0850	046	142
0900	047	145
0910	048	149
0920	049	152
0930	050	156
0940	051	159
0950	051	163
1000	052	167
1010	052	171
1020	052	175
1030	052	179
1040	052	183
1050	052	187
1100	052	191
1110	051	195
1120	051	199
1130	050	203
1140	049	206
1150	048	210
1200	047	213
1210	046	216
1220	045	220
1230	044	223
1240	042	225
1250	041	228
1300	039	231
1310	038	233
1320	036	236
1330	035	238
1340	033	240
1350	031	242
1400	030	244
1410	028	246
1420	026	248
1430	024	250
1440	022	252
1450	020	254
1500	018	255
1510	017	257
1520	015	259
1530	013	260
1540	011	262
1550	009	264
1600	007	265
1610	005	267
1620	003	268
1630	001	270

Μέτρηση του χρόνου

Ο υπολογισμός του χρόνου σ' ένα τόπο έχει άμεση σχέση με το γεωγραφικό του μήκος, με τη διαφορά ότι το γεωγραφικό μήκος μετρείται σε μοίρες άλλοτε ανατολικές κι άλλοτε δυτικές (και μέχρι 180°), ενώ οι γωνίες του χρόνου μετριοούνται μόνο προς τη δύση και φτάνουν τις 360° . Κατά τη διάρκεια μίας ημέρας η γη κάνει μία πλήρη περιστροφή γύρω από τον άξονά της, δηλαδή διαγράφει πλήρη κύκλο 360° , σε διάστημα 24 ωρών. Η παραπάνω αντιστοιχία μας επιτρέπει να υπολογίσουμε:

360°	=	24 ώρες
15°	=	1 ώρα
1°	=	4 λεπτά της ώρας
$1/60^\circ$	=	4 δευτερόλεπτα της ώρας

Αρχή μέτρησης του χρόνου της γης θεωρείται η χρονική στιγμή κατά την οποία ο μεσημβρινός Greenwich δέχεται κάθετα τις ηλιακές ακτίνες, κατά τη διάρκεια μιας ισημερίας. Τότε η ώρα στο Greenwich είναι 12:00 το μεσημέρι. Σ' έναν άλλο τόπο στον ίδιο παράλληλο, που ο μεσημβρινός του σχηματίζει με τον μεσημβρινό Greenwich γωνία 15° δυτικά, η ώρα είναι 11:00 το πρωί.

Η ώρα Greenwich λέγεται αλλιώς **GMT** (Greenwich Mean Time) ή **UTC** (Coordinated Universal Time) ή πιο απλά **UT** (Universal Time) και δίνεται σε τιμή ρολογιού 24 ωρών, δηλαδή 22:19 (συχνά γράφεται 2219) αντί για 10:19μμ.

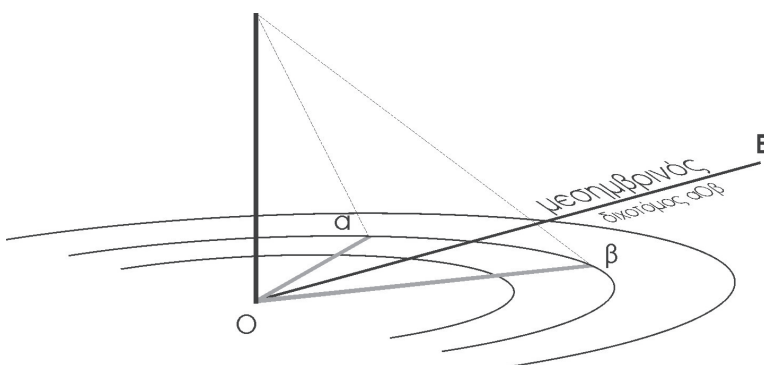
Η ώρα Greenwich υπολογίζεται πολλές φορές κάθε μέρα, με βάση τα στοιχεία θέσης της γης, που δίνουν τα διάφορα ανά τον κόσμο εργαστήρια μέτρησης του χρόνου. Η μέτρηση του χρόνου φτάνει έτσι να παρουσιάζει απόκλιση 1 νανοδευτερολέπτου ανά ημέρα.

Μεσημβρινός ενός τόπου

Ένας πρακτικός τρόπος, αν και όχι ιδιαίτερα ακριβής, για να προσδιορίσουμε τη θέση του βορρά ενός τόπου, χωρίς να χρησιμοποιήσουμε πυξίδα, είναι ο εξής:

Σε οριζόντιο και επίπεδο έδαφος στήνουμε κατακόρυφα έναν στύλο και χαράζουμε στο έδαφος ημικύκλια προς την πλευρά του βορρά (σχ. 26). Σε κάποια πρωινή ώρα η σκιά του στύλου θα βρεθεί σε κάποιο σημείο ενός από τα ημικύκλια. Σημαδεύουμε το σημείο α και περιμένουμε μέχρι η σκιά του στύλου να πέσει στο ίδιο με το πρώτο ημικύκλιο, κάποια απογευματινή ώρα. Σημαδεύουμε και το δεύτερο σημείο β. Η θέση του βορρά βρίσκεται στη διχοτόμο της γωνίας αΟβ.

Η χρήση της πυξίδας μοιάζει πιο απλή, αλλά πρέπει να συνυπολογίζουμε τη γωνία απόκλισης του γεωγραφικού από τον μαγνητικό βορρά, η οποία εξαρτάται από το στίγμα του τόπου. Για το στίγμα της Αθήνας η απόκλιση του μαγνητικού βορρά είναι περίπου $3^\circ 7'$ ανατολικά, με ρυθμό απόκλισης $3,8'/\text{έτος}$.



σχ. 26

Ηλιακά ρολόγια

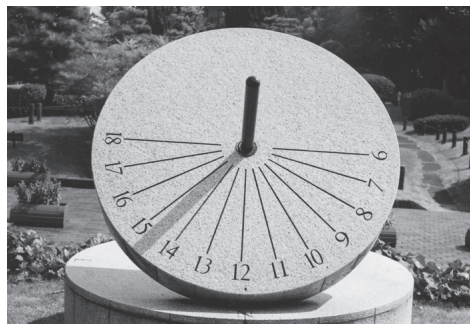
Τα ηλιακά ρολόγια είναι διατάξεις που προσδιορίζουν τον ακριβή ηλιακό χρόνο και συνήθως αποτελούνται από μια ράβδο ή γνώμονα και μια πλάκα με εγχάρακτες γραμμές (εικ. 27), που αντιστοιχούν στις ερριμμένες σκιές της ράβδου σε ακέραιες ωριαίες γωνίες του ήλιου. Τα ηλιακά ρολόγια δείχνουν τον αληθή ηλιακό χρόνο ενός τόπου, που διαφέρει από τον επίσημο (πολιτικό).

Η ιστορία των ηλιακών ρολογιών φαίνεται να είναι τόσο παλιά, όσο και η ιστορία του πολιτισμού του ανθρώπου. Σήμερα πιστεύεται από τους αρχαιολόγους ότι ήδη από την εποχή των σπηλαίων οι άνθρωποι είχαν προσέξει ότι οι σκιές των αντικειμένων μετέβαλλαν το μήκος τους κατά τη διάρκεια της ημέρας. Πιστεύεται επίσης ότι είχαν τοποθετήσει κάθετα σε μια τρύπα στη γη κάποιο ίσιο ξύλο και παρατηρούσαν τη διαφοροποίηση του μήκους της σκιάς του κι ακόμη ότι η περιοχή στην οποία δημιουργούνταν η σκιά ήταν συγκεκριμένη, περιορισμένη, αλλά και μεταβαλλόμενη από εποχή σε εποχή.

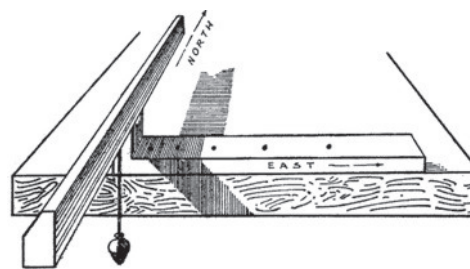
Σχηματισμοί που πολύ πιθανό να είναι ηλιακά ρολόγια έχουν βρεθεί στην Αίγυπτο και χρονολογούνται από το 1500π.Χ. (σχ. 28). Η ορθότητα των χαράξεων όμως είναι τέτοια, που δηλώνει ότι οι παρατηρήσεις για την κίνηση του ήλιου και τη μέτρηση του χρόνου είναι πολύ προγενέστερες. Είναι λοιπόν πολύ πιθανό τα ηλιακά ρολόγια να είναι όργανα μέτρησης του χρόνου κατά πολύ αρχαιότερα, κατασκευασμένα όμως από υλικά που δεν άντεξαν στο χρόνο.

Στην Ελλάδα το ηλιακό ρολόι παρουσιάστηκε για πρώτη φορά από τον φυσικό φιλόσοφο, μαθηματικό, γεωμέτρη και αστρονόμο Αναξίμανδρο από τη Μίλητο (611-547π.Χ.).

Από τότε μέχρι σήμερα τα ηλιακά ρολόγια έχουν βρεθεί σε όλους τους τόπους της γης, όπου υπάρχουν ανθρώπινες κοινωνίες κι έχουν τη δική τους συμμετοχή ως μορφολογικά (εκτός από



εικ. 27



σχ. 28



εικ. 29 Παλιό Δημαρχείο, Πράγα, Τσεχία. Το αστρονομικό ρολόι, εκτός από την ώρα, δείχνει τις κινήσεις των πλανητών γύρω από τη γη, τον κύκλο των ζωδίων και περιλαμβάνει σεληνιακό ημερολόγιο



εικ. 30 Ηλιακό ρολόι, Milton Keynes, Αγγλία

χρηστικά) στοιχεία της αρχιτεκτονικής κάθε τόπου και κάθε εποχής. Σήμερα τα ηλιακά ρολόγια είναι οι ξεχασμένοι θεματοφύλακες του χρόνου και λίγοι είναι εκείνοι που γνωρίζουν την ιστορία, τη χρήση τους και τη σκοπιμότητά τους.

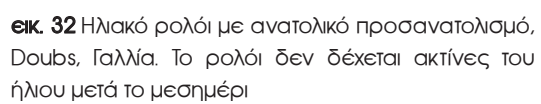
Τα ηλιακά ρολόγια χωρίζονται σε δύο μεγάλες οικογένειες: α) τα επίπεδα και β) τα καμπύλα ηλιακά ρολόγια.

A. Επίπεδα ηλιακά ρολόγια

Επίπεδα ονομάζονται διότι η επιφάνεια πάνω στην οποία «γράφεται» ο χρόνος είναι επίπεδη πλάκα, τοποθετημένη σε διάφορες θέσεις.

Τα οριζόντια ηλιακά ρολόγια αποτελούνται από μια πλάκα τοποθετημένη απολύτως οριζόντια και μια ράβδο ή γνώμονα που σχηματίζει με το επίπεδο της πλάκας γωνία ϕ ίση με το γεωγραφικό πλάτος του τόπου στον οποίο το ρολόι βρίσκεται, είναι δηλαδή παράλληλη με τον άξονα του κόσμου. Για τη χάραξη των διαιρέσεων του ρολογιού είναι απαραίτητο να είναι γνωστή η διεύθυνση της μεσημβρινής γραμμής (η διεύθυνση του βορρά) και οι γεωγραφικές συντεταγμένες του τόπου. Ξεκινώντας από τη βάση Β της ράβδου η γραμμή που αντιστοιχεί στη 12^η μεσημβρινή ώρα είναι η παράλληλη στη μεσημβρινή γραμμή. Επομένως η 6^η πρωινή και η 6^η απογευματινή βρίσκονται στην ευθεία ανατολής – δύσης⁹. Οι υπόλοιπες υποδιαιρέσεις δεν δημιουργούν στην πλάκα του ρολογιού (στο οριζόντιο επίπεδο) ίσες γωνίες, διότι ο ήλιος κινείται φαινομενικά κυκλικά και ανοδικά από την ανατολή στο ζενίθ και κατόπιν στη δύση του. Για τον προσδιορισμό των υποδιαιρέσεων των ωρών, θεωρούμε ένα επίπεδο που είναι κάθετο στη ράβδο του ηλιακού ρολογιού σε κάποιο σημείο της Κ. Το επίπεδο στο σχήμα 31 είναι πρόσθιο και σχηματίζουμε την

⁹ Οι θέσεις αυτές προκύπτουν από τις ισημερίες, οπότε ο ήλιος μεσουρανάει (βρίσκεται στο ζενίθ του) στις 12 το μεσημέρι και μέσα σε 12 ώρες διανύει τις 180° από το σημείο της ανατολής στο σημείο της δύσης.



κατάκλισή του στο επίπεδο της πλάκας. Με κέντρο το K_0 γράφουμε κύκλο και τον διαιρούμε σε 24 ίσα τόξα, όσες και οι ώρες της ημέρας ή ανά 15° (1 ώρα = 15°). Προεκτείνουμε τις ακτίνες μέχρι να τμήσουν το ίχνος του επιπέδου κι ενώνουμε με τη βάση $B(B', B'')$ της ράβδου.

Έχοντας σαν βάση το οριζόντιο ηλιακό ρολόι, μπορούμε να μεταβάλλουμε το επίπεδο της πλάκας σε πλάγιο ή κατακόρυφο. Οποιοδήποτε επίπεδο του χώρου είναι δυνατό να παραλάβει ηλιακό ρολόι, αρκεί να μην περιέχουν τη ράβδο του.

Τα ηλιακά ρολόγια σε μη οριζόντιες πλάκες δεν μπορούν (στη γενική περίπτωση) να λειτουργήσουν όλες τις ώρες της ημέρας (ώρες με ηλιοφάνεια), διότι οι πλάκες τους κάποιες ώρες αυτοσκιάζονται (εικ. 32). Για ν' αντιμετωπιστεί αυτό το μειονέκτημα, γίνονται συνήθως κατασκευές με περισσότερα ρολόγια, καθένα από τα οποία έχει τη δική του πλάκα και συχνά και ράβδο, ώστε κάθε στιγμή κάποιο απ' αυτά να λειτουργεί. Το ρωμαϊκό κτίσμα στην αγορά των Αθηνών, το ρολόι του Ανδρόνικου Κυρρήστου (εικ. 33) είναι ένα τέτοιο παράδειγμα ηλιακών ρολογιών σε κατακόρυφες πλάκες¹⁰.

B. Καμπύλα ηλιακά ρολόγια

Στα ηλιακά αυτά ρολόγια αντί της επίπεδης πλάκας χρησιμοποιείται τμήμα καμπύλης επιφάνειας (εικ. 34). Πιο συχνά έχει χρησιμοποιηθεί το εσωτερικό τμήμα ορθής κυλινδρικής επιφάνειας, με άξονα την ίδια τη ράβδο του ρολογιού. Έτσι, κάθε γενέτειρα της κυλινδρικής επιφάνειας αποτελεί υποδιαίρεση του ηλιακού ρολογιού. Και σ' αυτά τα ρολόγια η κύρια γενέτειρα (12^η μεσημβρινή) είναι εκείνη που ταυτίζεται με τη σκιά της ράβδου στην ισημερία και στο ζενίθ του ήλιου. Οι υπόλοιπες



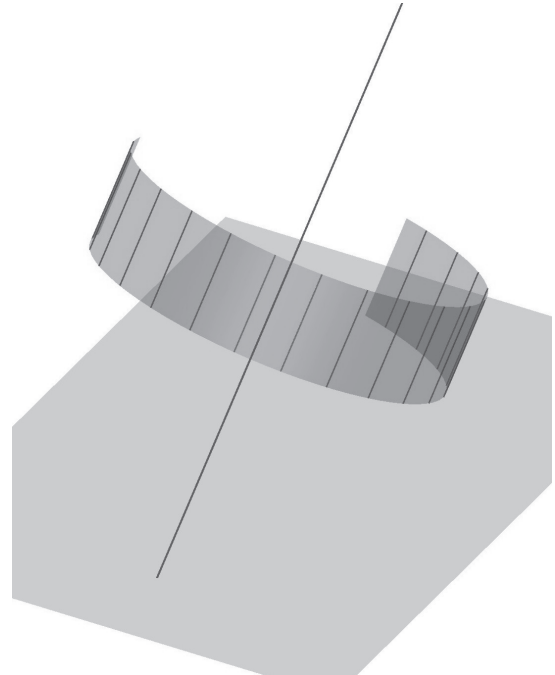
εικ. 34 Το μεγαλύτερο ηλιακό ρολόι Ram Yantra, Jaipur, Ινδία

¹⁰. Το κτίσμα είναι οκταγωνικό σε κάτοψη και προσανατολισμένο και κάθε πλευρά του αντιστοιχεί στα τέσσερα κύρια και τέσσερα δευτερεύοντα σημεία του ορίζοντα. Σε κάθε πλευρά υπάρχει η ανάγλυφη παράσταση ανέμου και υπήρχε ανεμοδείκτης στην κορυφή. Για τον λόγο αυτό το ρολόι του Κυρρήστου είχε αρχικά θεωρηθεί ναός του Αιόλου, του θεού των ανέμων και από εκεί πήρε την κοινή ονομασία του «πύργος των Ανέμων» ή πιο απλά «Αέρηδες»

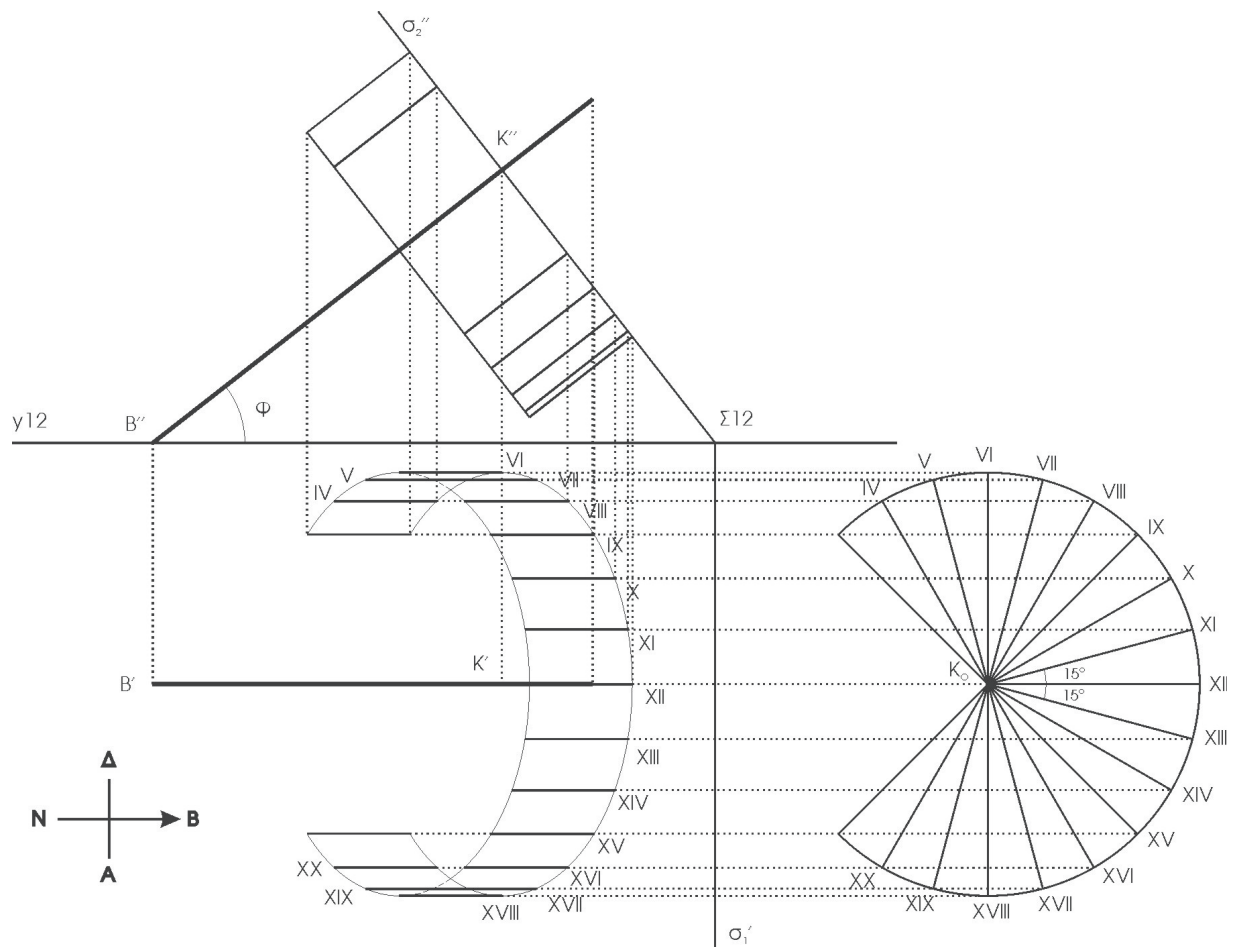
υποδιαιρέσεις προσδιορίζονται αν θεωρήσουμε ένα επίπεδο κάθετο στη ράβδο (στον άξονα του κόσμου), που τέμνει από την κυλινδρική επιφάνεια κύκλο. Διαιρούμε τον κύκλο σε 24 ίσα μέρη ή ανά 15° (= 1 ώρα) και από κάθε σημείο σχηματίζουμε μια γενέτειρα (σχ. 36,37).



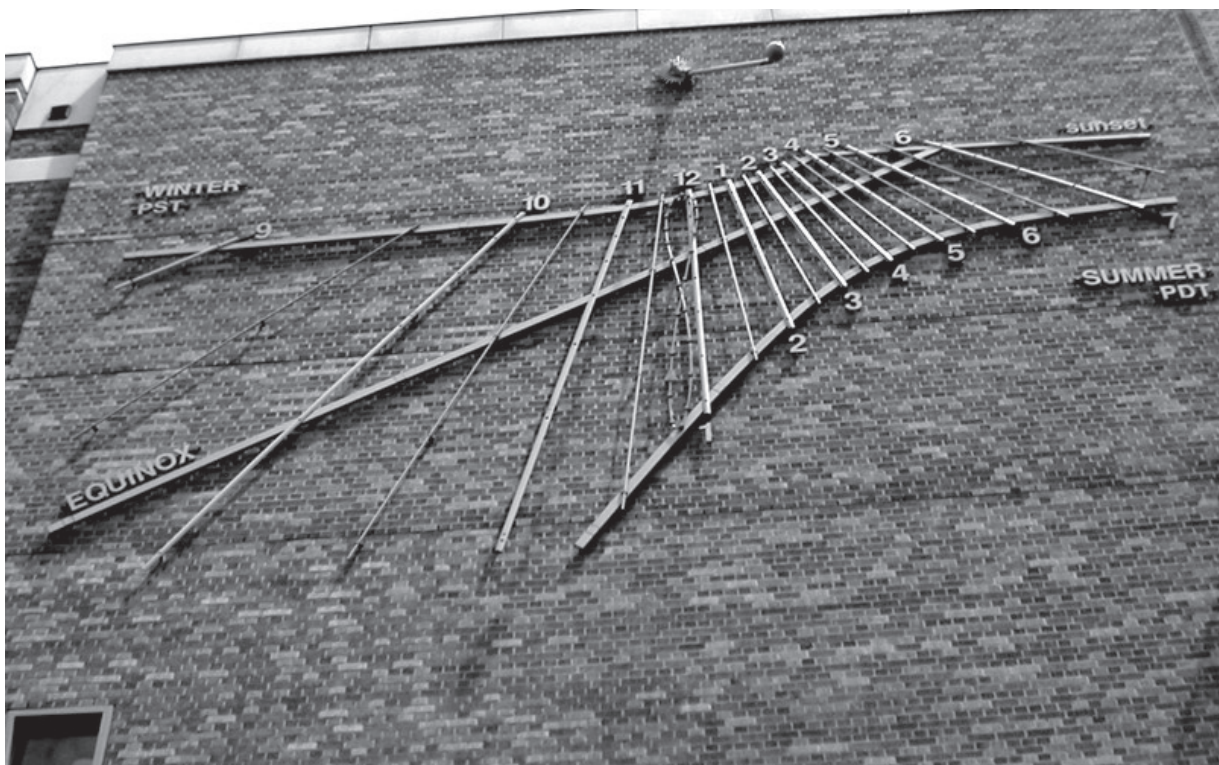
εικ. 35 Ηλιακό ρολόι της Αναγέννησης, βρέθηκε στην Ιταλία



σχ. 36



σχ. 37



εικ. 38 Ηλιακό ρολόι στον τοίχο του Astronomy Auditorium, University of Washington's Physics, Seattle, ΗΠΑ



εικ. 39 Ηλιακό ρολόι στο Λονδίνο, Αγγλία



enk. 40 Santiago Calatrava, *Sundial bridge*, Redding, California, HPTA, 2004

