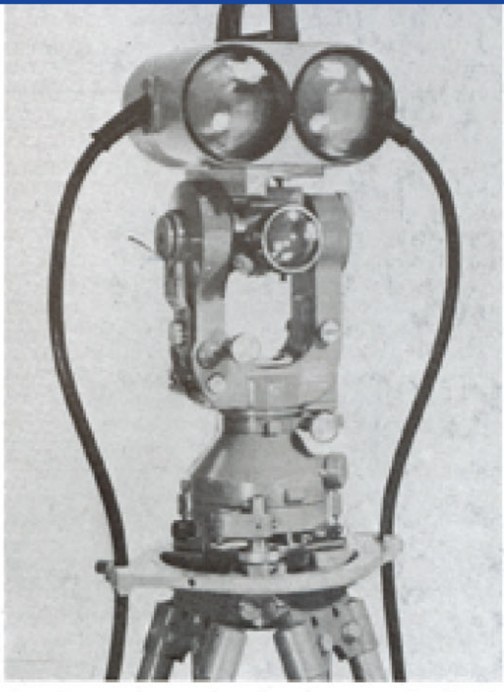
ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑ Ι

Περικλή Γ. Παπαματθαίου
ΠΟΛΙΤΙΚΟΥ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ Ε.Μ.Π.



Συνδυασμός ηλεκτροοπτικού τηλεμέτρου και θεοδολίχου

1954

ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

ΧΡΥΣΟΥΝ ΜΕΤΑΛΛΙΟΝ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

Ο Ευγένιος Ευγενίδης, ο ιδρυτής και χορηγός του «Ιδρύματος Ευγενίδου», πολύ νωρίς προέβλεψε και σχημάτισε την πεποίθηση ότι η άρτια κατάρτιση των τεχνικών μας, σε συνδυασμό με την εθνική αγωγή, θα ήταν αναγκαίος και αποφασιστικός παράγων για την πρόοδο του Έθνους μας.

Την πεποίθησή του αυτή ο Ευγενίδης εκδήλωσε με τη γενναιόφρονα πράξη ευεργεσίας, να κληροδοτήσει σεβαστό ποσό για τη σύσταση Ιδρύματος, που θα είχε ως σκοπό να συμβάλλει στην τεχνική εκπαίδευση των νέων της Ελλάδας.

Έτσι, το Φεβρουάριο του 1956 συστήθηκε το «Ίδρυμα Ευγενίδου», του οποίου τη διοίκηση ανέλαβε η αδελφή του Μαρ. Σίμου, σύμφωνα με την επιθυμία του διαθέτη. Το έργο του Ιδρύματος συνεχίζει από το 1981 ο κ. Νικόλαος Βερνίκος - Ευγενίδης.

Από το 1956 έως σήμερα η συμβολή του Ιδρύματος στην τεχνική εκπαίδευση πραγματοποιείται με διάφορες δραστηριότητες. Όμως απ' αυτές η σημαντικότερη, που κρίθηκε από την αρχή ως πρώτης ανάγκης, είναι η έκδοση βιβλίων για τους μαθητές των Τεχνικών και Επαγγελματικών Σχολών και Λυκείων.

Μέχρι σήμερα, με τη συνεργασία με τα Υπουργεία Εθνικής Παιδείας και Θρησκευμάτων και Εμπορικής Ναυτιλίας, εκδόθηκαν εκατοντάδες τόμοι βιβλίων, που έχουν διατεθεί σε πολλά εκατομμύρια αντίτυπα. Τα βιβλία αυτά κάλυπταν ή καλύπτουν ανάγκες των Κατωτέρων και Μέσων Τεχνικών Σχολών του Υπ. Παιδείας, των Σχολών του Οργανισμού Απασχολήσεως Εργατικού Δυναμικού (ΟΑΕΔ), των Τεχνικών και Επαγγελματικών Λυκείων, των Τεχνικών Επαγγελματικών Σχολών και των Δημοσίων Σχολών Εμπορικού Ναυτικού.

Μοναδική φροντίδα του Ιδρύματος σ' αυτή την εκδοτική του προσπάθεια ήταν και είναι η συγγραφή και έκδοση βιβλίων ποιότητας, από άποψη όχι μόνον επιστημονική, παιδαγωγική και γλωσσική, αλλά και ως προς την εμφάνιση, ώστε το βιβλίο να αγαπηθεί από τους μαθητές.

Για την επιστημονική και παιδαγωγική αρτιότητα των βιβλίων τα κείμενα υποβάλλονται σε πολλές επεξεργασίες και βελτιώνονται πριν από κάθε νέα έκδοση συμπληρούμενα καταλλήλως.

Ιδιαίτερη σημασία απέδωσε το Ίδρυμα από την αρχή στη γλωσσική διατύπωση των βιβλίων, γιατί πιστεύει ότι και τα τεχνικά βιβλία, όταν είναι γραμμένα σε γλώσσα σωστή και ομοιόμορφη αλλά και κατάλληλη για τη στάθμη των μαθητών, μπορούν να συμβάλλουν στη γλωσσική κατάρτιση των μαθητών.

Έτσι, με απόφαση που ίσχυσε ήδη από το 1956, όλα τα βιβλία της Βιβλιοθήκης του Τεχνίτη, δηλαδή τα βιβλία για τις τότε Κατώτερες Τεχνικές Σχολές, όπως αργότερα και για τις Σχολές του ΟΑΕΔ, ήταν γραμμένα σε γλώσσα δημοτική, με βάση τη γραμματική του Τριανταφυλλίδη, ενώ όλα τα άλλα βιβλία ήταν γραμμένα στην απλή καθαρεύουσα. Σήμερα ακολουθείται η γραμματική που διδάσκεται στα σχολεία της δευτεροβάθμιας εκπαιδεύσεως. Η γλωσσική επεξεργασία των βιβλίων ανατίθε-

ται σε φιλολόγους του Ιδρύματος και έτσι εξασφαλίζεται η ενιαία σύνταξη και ορολογία κάθε κατηγορίας βιβλίων.

Η ποιότητα του χαρτιού, το είδος των τυπογραφικών στοιχείων, τα σωστά σχήματα, η καλαίσθητη σελιδοποίηση, το εξώφυλλο και το μέγεθος του βιβλίου, περιλαμβάνονται και αυτά στις φροντίδες του Ιδρύματος και συμβάλλουν στη σωστή «λειτουργικότητα» των βιβλίων.

Το Ίδρυμα θεώρησε ότι είναι υποχρέωσή του, σύμφωνα με το πνεύμα του ιδρυτή του, να θέση στη διάθεση του Κράτους όλη αυτή την πείρα του των 20 ετών, αναλαμβάνοντας το 1978 και την έκδοση των βιβλίων για τις νέες Τεχνικές Επαγγελματικές Σχολές και τα Τεχνικά και Επαγγελματικά Λύκεια, σύμφωνα πάντοτε με τα εγκεκριμένα Αναλυτικά Προγράμματα του Π.Ι. και του ΥΠΕΠΘ.

ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑ Ι

ΣΤΟΙΧΕΙΩΔΕΙΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ

ΠΕΡΙΚΛΗ Γ. ΠΑΠΑΜΑΤΘΑΙΟΥ

ΠΟΛΙΤΙΚΟΥ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ Ε.Μ.Π.

ΑΘΗΝΑ
1998

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η ύλη της Τοπογραφίας καταχωρήθηκε σε δύο τόμους: στον πρώτο τόμο (Τοπογραφία Ι) με τίτλο «Στοιχειώδεις Τοπογραφικές Εργασίες» και στο δεύτερο τόμο (Τοπογραφία ΙΙ) με τίτλο «Τοπογραφικές Αποτυπώσεις».

Ο δεύτερος τόμος αναφέρεται στην κυρίως ύλη της Τοπογραφίας ήτοι την Οριζόντια, την Κατακόρυφη και τη Μικτή Αποτύπωση.

Ο πρώτος τόμος περιλαμβάνει τις στοιχειώδεις τοπογραφικές εργασίες, όπως π.χ. τις χαράξεις ευθυγραμμιών ή τις μετρήσεις γωνιών και οριζοντίων αποστάσεων, που συνήθως εντάσσονται στις Τοπογραφικές Αποτυπώσεις, σε πολλές περιπτώσεις όμως γίνονται και εντελώς ανεξάρτητα. Παράλληλα με την περιγραφή των στοιχειωδών τοπογραφικών εργασιών περιγράφονται και τα τοπογραφικά όργανα, που χρησιμοποιούνται στη διεξαγωγή τους.

Με αυτόν τον τρόπο διατάξεως της ύλης επιδιώχθηκαν δύο σκοποί: Πρώτο, οι τοπογραφικές εργασίες στο σύνολό τους να περιγραφούν με την πιο εύλογη προτεραιότητα, αρχίζοντας δηλαδή από τις απλούστερες και τελειώνοντας με τις πολυπλοκότερες και δεύτερο, η ύλη του καθενός τόμου να είναι ολοκληρωμένη και αυτάρκης.

Σχετικά με την έκταση της ύλης, δεν περιορίστηκε μόνο στα όσα πρέπει να διδαχθούν, σύμφωνα με το επίσημο αναλυτικό πρόγραμμα. Σε αρκετές περιπτώσεις δίδονται, με μικρότερα γράμματα από τα κανονικά, πρόσθετα στοιχεία για όσους απ' τους μαθητές ενδιαφέρονται να επαυξήσουν τις τοπογραφικές τους γνώσεις.

Όσον αφορά στη διδακτέα ύλη, στην ύλη δηλαδή που δίδεται με κανονικό μέγεθος γραμμάτων, εάν, για οποιοδήποτε λόγο, δεν επαρκέσει ο χρόνος που διατίθεται για τη διδασκαλία της, υποδεικνύονται τα εξής κεφάλαια και παράγραφοι αυτού του τόμου, που μπορούν να παραλειφθούν χωρίς να παρουσιαστούν σημαντικά κενά στις γνώσεις που πρέπει να αποκτήσει ο μαθητής:

— Τα κεφάλαια: όγδοο (Μέτρηση οριζοντίων γωνιών με γωνιομετρική πυξίδα), ενδέκατο (Μέτρηση κατακορύφων γωνιών με κλισίμετρο), δέκατο τρίτο (Μέτρηση οριζοντίων αποστάσεων με κανόνες), δέκατο έβδομο (Πρόχειρη μέτρηση οριζοντίων αποστάσεων) και δέκατο όγδοο (Έμμεση μέτρηση οριζοντίων αποστάσεων).

— Οι παράγραφοι 5.2 (Χάραξη καθέτων ευθειών με κατοπτρικά ορθόγωνα) και 15.6 (Αυταναγωγά ταχύμετρα).

Σκόπιμο είναι, πριν κλείσει ο πρόλογος, να γίνουν δύο διευκρινήσεις, η πρώτη για το βιβλίο της Τοπογραφίας γενικά και η δεύτερη για αυτόν τον τόμο:

Μεταξύ των τοπογραφικών οργάνων, που έχουν περιληφθεί στη διδακτέα ύλη, περιγράφονται και μερικοί παλαιοί τύποι. Αυτό έγινε και γιατί η διδασκαλία με τους παλαιούς τύπους είναι συνήθως επαγωγικότερη και γιατί ενδέχεται, σε κάποιο τεχνικό γραφείο, οι τύποι αυτοί να είναι οι μόνοι διαθέσιμοι.

Ένα κεφάλαιο της Οριζοντίας Αποτυπώσεως, και συγκεκριμένα η Αποτύπωση Γηπέδων, περιλαμβάνεται, εκτός από το δεύτερο τόμο, και ως Παράρτημα του πρώτου τόμου. Αυτό έγινε για να διδαχθούν τα σχετικά με την αποτύπωση γηπέδων, που αποτελούν στοιχειώδεις τοπογραφικές γνώσεις, και στις ειδικότητες του Δομικού Τομέα των Πρακτικών Λυκείων που δεν συνεχίζουν το μάθημα της Τοπογραφίας στην Γ' τάξη.

Τελειώνοντας ευχαριστώ την Επιτροπή Εκδόσεων του Ιδρύματος Ευγενίδου για την ανάθεση της συγγραφής του βιβλίου καθώς και για τις υποδείξεις και πολύτιμες συμβουλές της, που συνέβαλαν στην αρτιότητα του περιεχόμενου και της εκδόσεως. Ευχαριστώ επίσης τον Τοπογράφο Μηχανικό κ. Αστέριο Σαμαρά για τις πολύτιμες υποδείξεις του, χάρη στις οποίες βελτιώθηκε σημαντικά το περιεχόμενο του βιβλίου.

Ο Συγγραφέας

Α' ΕΚΔΟΣΗ 1978

Β' ΕΚΔΟΣΗ 1985

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

0.1 Τι είναι Τοπογραφία.

Τοπογραφία είναι η επιστήμη, που μας διδάσκει τις μεθόδους και τα όργανα, με τα οποία έχομε τη δυνατότητα να απεικονίσομε με ακρίβεια την επιφάνεια της γης.

Και λέμε «με ακρίβεια», γιατί απλή απεικόνιση τμήματος της επιφάνειας της γης είναι δυνατόν να κάνει και η ζωγραφική. Σε ένα ζωγραφικό πίνακα όμως δεν μπορούμε να υπολογίσομε πόση ακριβώς είναι στην πραγματικότητα η απόσταση μεταξύ δύο σημείων του πίνακα, π.χ. μεταξύ της γωνίας ενός σπιτιού και του κορμού ενός δένδρου. Ούτε μπορούμε να υπολογίσομε επίσης ακριβώς πόσο ψηλότερα βρίσκεται ένα σημείο από ένα άλλο, π.χ. η κορυφή ενός λόφου από το σταυρό μιας εκκλησίας.

Αυτή τη δυνατότητα μας την παρέχει το ***τοπογραφικό σχέδιο.*** Συμπεραίνομε λοιπόν ότι η απεικόνιση της γης, που γίνεται από την Τοπογραφία, είναι εντελώς διάφορη από εκείνη, που κάνει η ζωγραφική, και αυτό οφείλεται στη διαφορά των μεθόδων, που ακολουθούνται κατά τις δύο απεικονίσεις.

Για να καταλάβομε πώς απεικονίζει την επιφάνεια της γης η Τοπογραφία, αρκεί να υποθέσομε ότι βρισκόμαστε μέσα σε ένα ελικόπτερο, το οποίο ανεβαίνει στην ατμόσφαιρα. Όσο ψηλότερα ανεβαίνομε, τόσο περισσότερο σχηματίζομε την εντύπωση ότι οι ανωμαλίες του εδάφους εξαφανίζονται και η επιφάνεια της γης γίνεται λεία, όπως η επιφάνεια μιας σφαίρας. Από το ένα μέρος δηλαδή χάνομε την αίσθηση των υψομετρικών διαφορών, ενώ από το άλλο αποκτούμε ακριβέστερη αντίληψη των αποστάσεων μεταξύ των διαφόρων σημείων του εδάφους και των πραγματικών σχημάτων των ποταμών, των δρόμων, των χωραφιών κλπ.

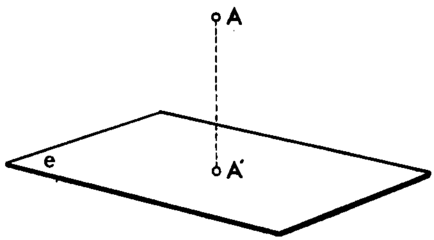
Ανάλογη απεικόνιση της επιφάνειας της γης, δηλαδή εκ ***των άνω,*** κάνει και η Τοπογραφία με το να παριστάνει όχι τα ίδια τα σημεία του εδάφους, όπως είναι στην πραγματικότητα, αλλά τις ***ορθές προβολές των σημείων αυτών επάνω στη σφαιροειδή επιφάνεια της γης,*** δηλαδή επάνω στο ***γεωειδές.***

Ας εξηγήσομε όμως ποια είναι η ακριβής σημασία των εννοιών ***ορθή προβολή σημείου*** και ***γεωειδές.***

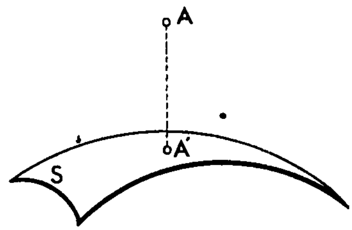
0.2 Ορθή προβολή σημείου.

Έστω ότι έχομε το επίπεδο e (σχ. 0.2α) και ένα σημείο Α, το οποίο βρίσκεται εκτός αυτού. Αν από το Α φέρομε κάθετη προς το e, τότε το σημείο Α΄, όπου η κάθετη τέμνει το επίπεδο, ονομάζεται ***ορθή προβολή*** του σημείου Α επί του επιπέδου e.

Εάν αντί του επιπέδου e θεωρήσομε την επιφάνεια s (σχ. 0.2β), τότε ορθή προβολή του σημείου Α επάνω στην επιφάνεια s ονομάζομε το πόδι της κάθετης Α΄, που άγεται από το σημείο Α προς την επιφάνεια.



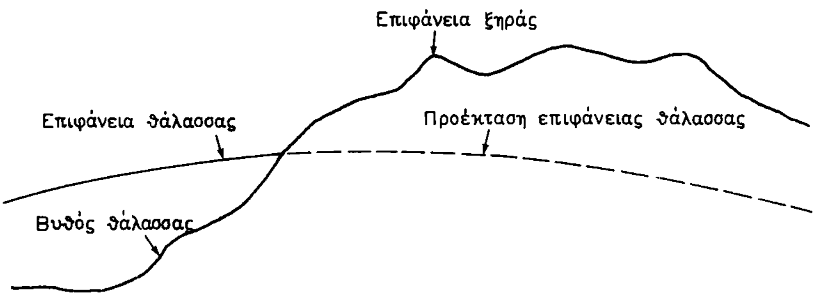
Σχ. 0.2α.



Σχ. 0.2β.

0.3 Σχήμα της επιφάνειας της γης. Γεωειδές.

Όπως γνωρίζομε η επιφάνεια της γης καλύπτεται εν μέρει από ξηρά και εν μέρει από θάλασσα. Η επιφάνεια της θάλασσας είναι ομαλή και έχει κανονικό σχήμα. Το αντίθετο συμβαίνει με την επιφάνεια της ξηράς. Επειδή όμως η ξηρά καταλαμβάνει μόνο το ένα πέμπτο της επιφάνειας της γης, ενώ παράλληλα οι ανωμαλίες της είναι πολύ μικρές εν σχέσει με το γήινο όγκο, μπορούμε να την αγνοήσομε και ως επιφάνεια της γης να θεωρήσομε την επιφάνεια της θάλασσας και τη νοητή προέκτασή της κάτω από την ξηρά (σχ. 0.3α). Η επιφάνεια, που προκύπτει με αυτόν τον τρόπο, ονομάζεται ***γεωειδές.***

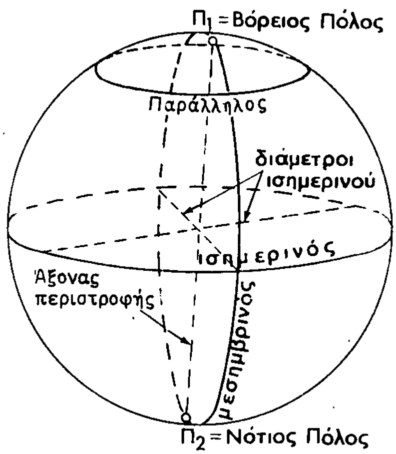


Σχ. 0.3α.

Το γεωειδές δεν είναι μια τέλεια σφαιρική επιφάνεια, όπως θα ενόμιζε κανείς εκ πρώτης όψεως. Γνωρίζομε από τη Στερεομετρία οτι όλες οι διάμετροι μιας σφαιρικής επιφάνειας είναι ίσες μεταξύ τους. Αυτό όμως δεν συμβαίνει με το γεωειδές. Υπάρχει δηλαδή μια διάμετρος του γεωειδούς, η οποία είναι μικρότερη από όλες τις άλλες. Αυτή η διάμετρος συμπίπτει με τον άξονα περιστροφής της γης, τα δε άκρα της αποτελούν τους πόλους της γης· το μεν ένα άκρο το ***βόρειο πόλο*** το δε άλλο άκρο το ***νότιο πόλο*** (σχ. 0.3β).

Εάν κόψομε το γεωειδές με διάφορα επίπεδα, τα οποία να διέρχονται από τον άξονα περιστροφής, τότε λαμβάνομε ως τομές τους ***μεσημβρινούς*** της γης. Προφανώς οι μεσημβρινοί δεν είναι τέλειοι κύκλοι, αφού περιλαμβάνουν ως διάμετρο το ευθύγραμμο τμήμα $\Pi_1\Pi_2$, δηλαδή τη μικρότερη διάμετρο του γεωειδούς. Εάν όμως κόψομε το γεωειδές με επίπεδα κάθετα προς τον άξονα περιστροφής, τότε λαμβάνομε ως τομές τέλειους κύκλους, που ονομάζονται ***παράλληλοι κύκλοι*** της γης. Ο μέγιστος παράλληλος κύκλος, ο οποίος προκύπτει, όταν το επίπεδο το κάθετο προς τον άξονα περιστροφής διέρχεται από το κέντρο της γης, είναι ο γνωστός ***ισημερινός*** (σχ. 0.3β).

Για να αντιληφθεί κανείς πόσο λίγο διαφέρει το γεωειδές από μία τέλεια σφαιρική επιφάνεια, αρκεί να υπολογίσει τη διαφορά, που παρουσιάζει μία από τις μεγαλύτερες διαμέτρους του γεωειδούς, δηλαδή μια από τις ίσες διαμέτρους $Δ_1$ του ισημερινού, προς τη μικρότερη διάμετρο $Δ_2$ του γεωειδούς, δηλαδή προς το ευθύγραμμο τμήμα $Π_1Π_2$ (σχ. 0.3β), και έπειτα να διαιρέσει τη διαφορά αυτή με τη μεγαλύτερη διάμετρο $Δ_1$.



Σχ. 0.3β.

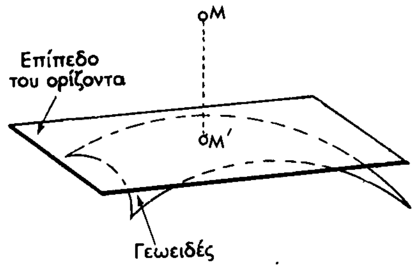
Επειδή $Δ_1 = 12.754$ km και $Δ_2 = 12.712$ km, έπεται ότι το πηλίκο της διαιρέσεως θα είναι:

$$\frac{Δ_1 - Δ_2}{Δ_1} = \frac{12.754 - 12.712}{12.754} = 0{,}0032$$

Η πολύ μικρή τιμή του πηλίκου σημαίνει ότι και η διαφορά του γεωειδούς από μία τέλεια σφαιρική επιφάνεια είναι πολύ μικρή. Τόσο μάλιστα, ώστε να μη βλάπτεται καθόλου η ακρίβεια των διαφόρων μετρήσεων και υπολογισμών, που κάνομε, όταν θέλομε να απεικονίσομε την επιφάνεια του εδάφους, εάν παραδεχθούμε ότι το γεωειδές είναι μια τέλεια σφαιρική επιφάνεια. Αυτή η παραδοχή μας οδηγεί σε σημαντικές απλοποιήσεις κατά τις μετρήσεις και τους υπολογισμούς μας.

0.4 Επίπεδο του ορίζοντα.

Είδαμε στην παράγραφο 0.1 ότι η Τοπογραφία απεικονίζει με ακρίβεια τα διάφορα σημεία της επιφάνειας του εδάφους και ότι παριστάνει, όχι αυτά καθαυτά τα σημεία, αλλά τις ορθές προβολές τους επάνω στο γεωειδές. Είναι δε οι ορθές αυτές προβολές, όπως εξηγήσαμε, οι πόδες των καθέτων, που άγονται από τα σημεία προς το γεωειδές. Αυτό συμβαίνει, όταν πρόκειται να απεικονίσομε μεγάλες περιοχές της γης, οπότε δεν είναι δυνατόν να αγνοήσομε την καμπυλότητα του γεωειδούς. Όταν όμως πρόκειται να απεικονίσομε μικρές περιοχές, τότε η καμπυλότητα αυτή είναι ανεπαίσθητη. Μπορούμε λοιπόν να την αγνοήσομε και να θεωρήσομε ότι η επιφάνεια του γεωειδούς συμπίπτει με το επίπεδο, που εφάπτεται στο γεωειδές στο κέντρο της περιοχής (σχ. 0.4). Δηλαδή, αν Μ είναι το κέντρο αυτό και Μ΄ η ορθή προβολή του, μπορούμε να θεωρήσομε ότι για τη μικρή αυτή περιοχή η επιφάνεια του γεωειδούς συμπίπτει με το επίπεδο, που εφάπτεται στο γεωειδές στο σημείο Μ΄. Το επίπεδο αυτό ονομάζεται ***επίπεδο του ορίζοντα*** της περιοχής (σχ. 0.4).



Σχ. 0.4.

Με το να θεωρήσομε το επίπεδο του ορίζοντα αντί για το γεωειδές κατά την απεικόνιση μικρών περιοχών, επιτυγχάνομε νέες απλοποιήσεις των σχετικών μετρήσεων και υπολογισμών. Επίσης δεν βλάπτεται και πάλι η ακρίβεια, με την οποία πρέπει να προσδιορισθούν οι ορθές προβολές των διαφόρων σημείων της επιφάνειας του εδάφους, με μια όμως προϋπόθεση: ότι το μέγιστο μήκος της περιοχής, που θέλομε να απεικονίσομε, δεν υπερβαίνει τα 20 km. Για την απεικόνιση, μεγαλυτέρων περιοχών λαμβάνομε τις ορθές προβολές επάνω στο γεωειδές, το οποίο, όπως είπαμε ήδη, θεωρείται ως τέλεια σφαιρική επιφάνεια.

Στα παρακάτω τις ορθές προβολές των διαφόρων σημείων της επιφάνειας του εδάφους, είτε επάνω στο γεωειδές είτε επάνω στο επίπεδο του ορίζοντα, θα τις ονομάζομε για συντομία ***οριζόντιες προβολές.***

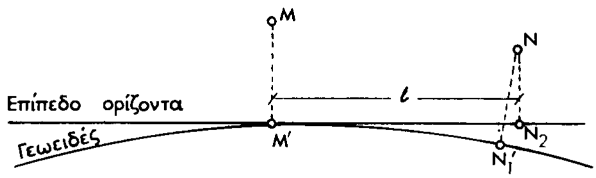
0.5 Υψόμετρο σημείου.

Η απεικόνιση του εδάφους μόνο με τις οριζόντιες προβολές των διαφόρων σημείων του δεν είναι φυσικά πλήρης, όπως δεν είναι πλήρης και η εικόνα της επιφάνειας της γης, όταν τη βλέπομε από ένα ελικόπτερο. Και στις δύο περιπτώσεις δεν μπορούμε να διακρίνομε τις υψομετρικές διαφορές. Δεν έχομε δηλαδή τη δυνατότητα να εκτιμήσομε πόσο ψηλότερα βρίσκεται ένα σημείο σε σχέση προς ένα άλλο. Γι' αυτό είναι αναγκαίο να γνωρίζομε τα ***υψόμετρα*** των διαφόρων σημείων.

Υψόμετρο ενός σημείου της επιφάνειας της γης ονομάζομε την απόσταση του σημείου αυτού από την ορθή προβολή του επάνω στο γεωειδές. Όταν εκτός από τις ορθές προβολές γνωρίζομε και τα υψόμετρα των διαφόρων σημείων του εδάφους, τότε έχομε σαφή αντίληψη των υψομετρικών διαφορών και συνεπώς μπορούμε να απεικονίσομε πλήρως μία ορισμένη περιοχή.

Εδώ πρέπει να διευκρινισθεί οτι για τον προσδιορισμό των υψομέτρων δεν επιτρέπεται να αγνοείται η σφαιρικότητα του γεωειδούς, όπως συμβαίνει με τον προσδιορισμό των οριζοντίων προβολών, είτε μικρή είναι η περιοχή, που θέλομε να απεικονίσομε είτε μεγάλη. Δεν επιτρέπεται να μετρούνται τα υψόμετρα σε σχέση προς το επίπεδο του ορίζοντα, δηλαδή του κέντρου της περιοχής, γιατί τότε προκύπτουν μεγάλα λάθη. Ένα τέτοιο λάθος εκφράζεται από τη διαφορά $NN_1' - NN_2' = d$ του σχήματος 0.5, όπου N_1' είναι η οριζόντια προβολή του τυχόντος σημείου N επάνω στο γεωειδές και N_2' είναι η οριζόντια προβολή του N επάνω στο επίπεδο του ορίζοντα του κέντρου της περιοχής M.

'Οσο το N βρίσκεται πλησιέστερα προς το M, τόσο η διαφορά $NN_1' - NN_2' = d$ μικραίνει. 'Ετσι, αν η απόσταση l των σημείων M' και N' επάνω στο επίπεδο του ορίζοντα του σημείου M ισούται με 350 m, τότε η διαφορά d ισούται με 1 cm, δηλαδή είναι ανεκτή. Αν όμως $l = 1000$ m, τότε $d = 8$ cm και αν $l = 10$ km τότε $d = 7$ m. Βλέπομε δηλαδή ότι η αντικατάσταση του γεωειδούς με το επίπεδο του ορίζοντα του σημείου M είναι παραδεκτή για περιοχές του εδάφους με μέγιστο μήκος το πολύ 700 m, δηλαδή το διπλάσιο του 350. Συνήθως όμως έχομε να απεικονίσομε περιοχές με ασύγκριτα μεγαλύτερες διαστάσεις. 'Αρα μια τέτοια αντικατάσταση είναι πρακτικά άχρηστη.



Σχ. 0.5.

0.6 Αποτύπωση. Ανώτερη και Κατώτερη Γεωδαισία.

Αποτύπωση τμήματος της γήινης επιφάνειας καλείται το σύνολο των τοπογραφικών εργασιών, με τις οποίες επιτυγχάνεται επάνω σε ένα χάρτη και με κάποια κλίμακα η απεικόνιση κατά μορφή και μέγεθος του τμήματος, με βάση κάποια επιφάνεια αναφοράς.

Εάν η απεικόνιση αναφέρεται μόνο στην οριζόντια προβολή της γήινης επιφάνειας επάνω στην επιφάνεια αναφοράς, τότε μιλούμε για ***οριζόντια αποτύπωση,*** το δε διάγραμμα που προκύπτει ονομάζεται ***οριζοντιογραφικό.*** Αντιστοίχως, όταν η απεικόνιση αναφέρεται στα υψόμετρα μόνο, μιλούμε για ***υψομετρική αποτύπωση*** και ***υψομετρικό*** διάγραμμα. Τέλος, όταν αναφερόμαστε και στα δυο, μιλούμε για ***ταχυμετρική αποτύπωση*** και ***διάγραμμα υψομετρικής οριζοντιογραφίας.***

Ανώτερη Γεωδαισία είναι ο κλάδος της Τοπογραφίας που ασχολείται με την αποτύπωση τμημάτων της γήινης επιφάνειας, οπότε ως επιφάνεια αναφοράς λαμβάνεται το γεωειδές. Αντιστοίχως ***Κατώτερη Γεωδαισία*** είναι ο κλάδος της Τοπογραφίας που ασχολείται με την αποτύπωση μικρών τμημάτων της γήινης επιφάνειας, οπότε ως επιφάνεια αναφοράς λαμβάνεται το επίπεδο του ορίζοντα που αντιστοιχεί στο κέντρο του τμήματος. Το βιβλίο αυτό περιορίζεται στην κατώτερη Γεωδαισία.

0.7 Χρησιμότητα της Τοπογραφίας.

Η Τοπογραφία έχει άμεση και έμμεση χρησιμότητα. Άμεση μεν, όταν μας ενδιαφέρει η ίδια η αποτύπωση ενός τμήματος της επιφάνειας της γης, όπως π.χ. η αποτύπωση ενός χωραφιού ή ενός οικοπέδου, έμμεση δε, όταν κατασκευάζομε ένα τεχνικό έργο. Χρειάζεται δηλαδή τότε να γνωρίζομε την ακριβή μορφή του εδάφους, έτσι, ώστε να τοποθετήσομε το τεχνικό έργο επάνω σ' αυτό. Επίσης κατά τη διάρκεια της κατασκευής πρέπει να ελέγχομε, εάν το τεχνικό έργο κατασκευάζεται σύμφωνα με τα σχέδια. Για να κάνομε τον έλεγχο αυτόν χρησιμοποιούμε μέσα και μεθόδους, που διδάσκει η Τοπογραφία.

0.8 Μετρήσεις και σφάλματα μετρήσεων.

Κατά τις τοπογραφικές αποτυπώσεις χρειάζεται να προβούμε σε διάφορες μετρήσεις επάνω στο έδαφος. Οι μετρήσεις αυτές αφορούν κυρίως σε μήκη και γωνίες. Με όση όμως προσοχή και αν τις πραγματοποιήσομε και όσο ακριβή όργανα μετρήσεως και αν χρησιμοποιήσομε, ποτέ δεν είναι δυνατόν να βρούμε τις αληθινές τιμές των μεγεθών που μετρούμε. Αυτό οφείλεται στο ότι κατά τις μετρήσεις γίνονται διάφορα σφάλματα, από τα οποία άλλα μεν μπορούν να αποφευχθούν, αλλά όμως είναι αναπόφευκτα. Τα σφάλματα μετρήσεων κατατάσσονται σε τρεις κατηγορίες: τα ***χονδροειδή,*** τα ***συστηματικά*** και τα ***τυχαία.*** Ας εξετάσομε την κάθε μία κατηγορία χωριστά.

Τα ***χονδροειδή*** σφάλματα οφείλονται κυρίως στην απειρία ή την απροσεξία του μετρητή, δηλαδή εκείνου που διεξάγει τη μέτρηση. Συνεπώς μπορούν να αποφευχθούν, εάν ο μετρητής αποκτήσει την απαιτούμενη πείρα ή επιδείξει την αναγκαία προσοχή. Τα χονδροειδή σφάλματα είναι συμπτωματικά, δηλαδή δεν εμφανίζονται σε όλες τις μετρήσεις.

Τα ***συστηματικά σφάλματα*** οφείλονται κυρίως στις μικρές ή μεγάλες ατέλειες των οργάνων μετρήσεως, τις οποίες όμως έχομε τη δυνατότητα να ***διορθώσομε.*** Ονομάζονται συστηματικά, γιατί, όπως είναι φανερό, εμφανίζονται σε όλες τις μετρήσεις, που διεξάγονται με το ελαττωματικό όργανο. Συστηματικά σφάλματα π.χ. διαπράττονται με μια μετροταινία, το πραγματικό μήκος της οποίας είναι κατά τι μεγαλύτερο ή μικρότερο από το ονομαστικό. Τα συστηματικά σφάλματα αποφεύγονται, εάν ελέγχομε τακτικά την ακρίβεια των οργάνων μετρήσεως.

Τέλος ***τα τυχαία σφάλματα*** οφείλονται σε πλήθος παραγόντων, των οποίων δεν μπορούμε να εμποδίσομε ούτε να σταθμίσομε την επιρροή. Στους παράγοντες αυτούς συγκαταλέγονται οι ατμοσφαιρικές συνθηκες, καθώς και οι ατέλειες των αισθητηρίων οργάνων ή οι ατέλειες των οργάνων μετρήσεως, τις οποίες ***δεν μπορούμε να διορθώσομε.***

Σε τυχαία σφάλματα οφείλεται το γεγονός ότι, εάν μετρήσομε την ίδια απόσταση τρεις ή τέσσερις φορές, βρίσκομε διαφορετικό αποτέλεσμα κάθε φορά, μολονότι όλες οι μετρήσεις γίνονται από τον ίδιο μετρητή, με το ίδιο όργανο μετρήσεως και με την ίδια επιμέλεια και προσοχή. Φυσικά τα αποτελέσματα διαφέρουν ελάχιστα μεταξύ τους, οπωσδήποτε όμως δεν συμπίπτουν.

Τα τυχαία σφάλματα δεν είναι δυνατόν να αποφευχθούν, γι' αυτό ονομάζονται και ***αναπόφευκτα.*** Είναι όμως δυνατόν να περιορισθούν με επανειλημμένες μετρήσεις. Εάν δηλαδή μετρήσομε ένα μέγεθος (π.χ. ένα μήκος), που έχει πραγματική τιμή L, τέσσερις φορές και βρούμε τις τιμές l_1, l_2, l_3, l_4, είναι φανερό ότι μια από τις τιμές αυτές θα πλησιάζει περισσότερο προς την πραγματική τιμή L και μια άλλη λιγότερο. Επειδή όμως δεν γνωρίζομε ποια είναι η τιμή, που πλησιάζει περισσότερο, γι' αυτό ως τελικό αποτέλεσμα της μετρήσεως θεωρούμε το μέσο όρο:

$$l = \frac{l_1+l_2+l_3+l_4}{4}$$

των τιμών των επαναληπτικών μετρήσεων. Εάν τώρα αντί για τέσσερις κάνομε πέντε επαναληπτικές μετρήσεις, ο μέσος όρος των πέντε αποτελεσμάτων θα πλησιάζει προς την πραγματική τιμή L περισσότερο από το μέσο όρο των τεσσάρων. Όσο δηλαδή αυξάνεται ο αριθμός των επαναληπτικών μετρήσεων, τόσο μειώνεται η διαφορά $L - l$. Υποτίθεται φυσικά οτι όλες οι επαναληπτικές μετρήσεις είναι απηλλαγμένες χονδροειδών και συστηματικών σφαλμάτων.

Αποδεικνύεται όμως ότι, όταν το ν έχει τιμές μεγαλύτερες από 4 ή 5, η μείωση της διαφοράς $L - l$ είναι πάρα πολύ μικρή. Αυτό σημαίνει ότι πρακτικά δεν έχομε ουσιαστικό κέρδος να επιχειρήσομε περισσότερες από τέσσερις ή πέντε επαναληπτικές μετρήσεις. Σε ορισμένες περιπτώσεις μάλιστα, όπου δεν μας ενδιαφέρει η μεγάλη ακρίβεια, περιοριζόμαστε σε δύο μόνο μετρήσεις. Για τον αριθμό των επαναληπτικών μετρήσεων, που είναι απαραίτητος κάθε φορά, θα γίνει λόγος στις σχετικές παραγράφους.

0.9 Διαίρεση της Τοπογραφίας.

Η Τοπογραφία διαιρείται στις παρακάτω τρεις μεγάλες ομάδες εργασιών:

α) Την ***Οριζόντια Αποτύπωση,*** που εξετάζει τις μεθόδους και τα όργανα, που χρησιμοποιούμε για τον προσδιορισμό μόνο των οριζοντίων προβολών.

β) Την ***Υψομετρία ή την Κατακόρυφη Αποτύπωση,*** που εξετάζει μεθόδους και όργανα προσδιορισμού μόνο των υψομέτρων.

γ) Τη ***Μικτή Αποτύπωση ή Ταχυμετρία,*** που εξετάζει μεθόδους και όργανα προσδιορισμού τόσο των οριζοντίων προβολών, όσο και των υψομέτρων των διαφόρων σημείων της επιφάνειας του εδάφους.

0.10 Διαίρεση του Βιβλίου «Τοπογραφία».

Το βιβλίο αυτό διαιρείται σε δύο τόμους. Στο δεύτερο τόμο εξετάζονται οι τρεις μεγάλες ομάδες τοπογραφικών εργασιών, για τις οποίες γίνεται λόγος παραπάνω. Στον πρώτο εξετάζονται διάφορες ***βοηθητικές*** τοπογραφικές εργασίες, κοινές στην Οριζόντια Αποτύπωση και την Ταχυμετρία. Επίσης τόσο στον πρώτο όσο και στο δεύτερο τόμο περιγράφονται τα αντίστοιχα τοπογραφικά όργανα.

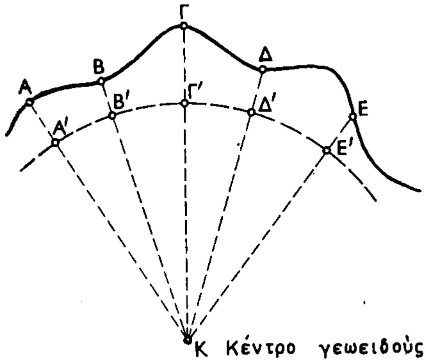
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΩΣΗ ΕΥΘΕΙΑΣ

1.1 Κατακόρυφη ευθεία σημείου.

Η κάθετος που άγεται από ένα σημείο Α προς το γεωειδές, δηλαδή η ευθεία που ενώνει το σημείο Α με την οριζόντια προβολή του Α΄, ονομάζεται ***κατακόρυφη ευθεία ή απλώς κατακόρυφη*** του σημείου Α.

Οι κατακόρυφες ΑΑ΄, ΒΒ΄, ΓΓ΄, ΔΔ΄, κλπ. των διαφόρων σημείων της επιφάνειας του εδάφους διέρχονται όλες από το κέντρο του γεωειδούς (σχ. 1.1). Για πολύ μικρά όμως τμήματα της επιφάνειας της γης, για τα οποία γίνεται δεκτή η ταύτιση του γεωειδούς με το επίπεδο του ορίζοντα, μπορούμε να θεωρήσομε τις κατακόρυφες ως παράλληλες μεταξύ τους.



Σχ. 1.1.

1.2 Κατακόρυφο επίπεδο δύο σημείων.

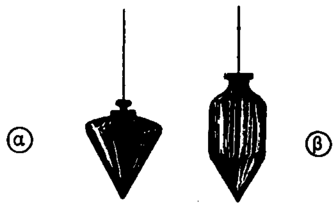
Είναι γνωστό από τη Γεωμετρία ότι δύο ευθείες τεμνόμενες ή παράλληλες ορίζουν ένα επίπεδο. Οι κατακόρυφες δύο σημείων Α και Β της επιφάνειας του εδάφους τέμνονται στο κέντρο του γεωειδούς. Ορίζουν λοιπόν ένα επίπεδο. Το επίπεδο αυτό ονομάζεται ***κατακόρυφο επίπεδο*** των σημείων Α και Β.

1.3 Νήμα της στάθμης.

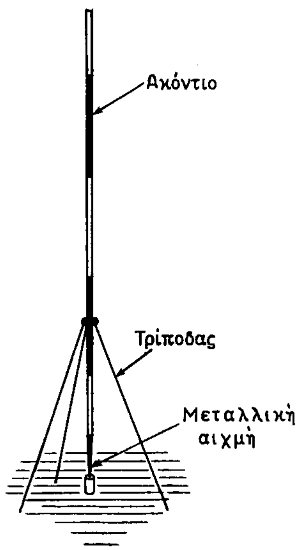
Εάν στο άκρο ενός νήματος προσθέσομε ένα μεταλλικό σώμα και αναρτήσομε το νήμα αυτό από το άλλο άκρο του, θα λάβει τότε κατακόρυφη διεύθυνση. Ο συνδυασμός του νήματος με το μεταλλικό σώμα ονομάζεται ***νήμα της στάθμης*** (σχ. 1.3).

Το νήμα της στάθμης είναι το απλούστερο και μαζύ με την αεροστάθμη, για την οποία θα μιλήσομε στο επόμενο κεφάλαιο, το πιο διαδεδομένο όργανο στην Τοπογραφία. Χρησιμοποιείται, όπως θα δουμε, είτε χωριστά είτε σε συνδυασμό με διάφορα άλλα πολυπλοκότερα τοπογραφικά όργανα για την κατακορύφωση ευθειών.

Το μεταλλικό σώμα, που προσδένεται στο νήμα της στάθμης, έχει σχήμα κώνου ή κώνου και κυλίνδρου (σχ. 1.3). Όταν αναρτήσομε το νήμα της στάθμης και το μεταλλικό σώμα ηρεμήσει, πρέπει η προέκταση του νήματος να διέρχεται από το αιχμηρό άκρο του μεταλλικού σώματος. Αυτό αποτελεί τη ***συνθήκη ακρίβειας*** του οργάνου.



Σχ. 1.3.



Σχ. 1.4α.

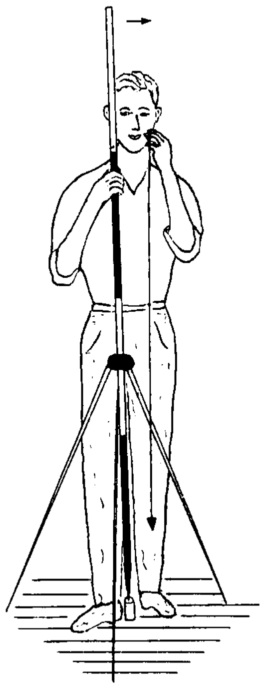
1.4 Κατακορύφωση ακοντίου.

Το ***ακόντιο*** είναι και αυτό ένα από τα στοιχειοδέστερα και πιο διαδεδομένα όργανα στην Τοπογραφία. Πρόκειται για μια ξύλινη ράβδο μήκους 2 ως 3 m με κυκλική διατομή διαμέτρου περίπου 3 cm.

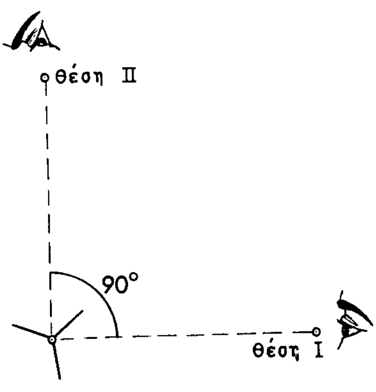
Τα ακόντια κατασκευάζονται συνήθως από ξύλο ελάτης και το ένα άκρο τους είναι ενισχυμένο με μια μεταλλική αιχμή. Για να διακρίνονται από μακριά χρωματίζονται κάθε 50 cm με λευκό και κόκκινο χρώμα. Συγκρατούνται όρθια με ένα σιδερένιο τρίποδα (σχ. 1.4α).

Η συνηθέστερη περίπτωση κατακορυφώσεως ευθείας στην Τοπογραφία είναι η κατακορύφωση ενός ακοντίου. Σε πολλές τοπογραφικές εργασίες χρειάζεται να τοποθετήσομε ένα ακόντιο ***κατακόρυφο*** επάνω από κάποιο σημείο του εδάφους, π.χ. επάνω από το κέντρο της κεφαλής ενός πασσάλου. Η τοποθέτηση αυτή γίνεται ως εξής:

Κατ' αρχήν τοποθετούμε το ακόντιο περίπου κατακόρυφο, με την αιχμή του να ακουμπά στο υπ' όψη σημείο. Κατόπιν κρεμούμε το νήμα της στάθμης κοντά στο ακόντιο και ένας βοηθός, που στέκεται σε απόσταση 4 ως 5 m ελέγχει εάν το ακόντιο και το νήμα της στάθμης είναι παράλληλα μεταξύ τους. Στην περίπτωση π.χ. του σχήματος 1.4β το ακόντιο πρέπει να κλίνει ελαφρώς προς τα δεξιά του βοη-



Σχ. 1.4β.



Σχ. 1.4γ.

θού, που κάνει τον έλεγχο, κατά τη φορά, που δείχνει το βέλος της κορυφής και χωρίς φυσικά να μετακινηθεί η αιχμή του ακοντίου. Με τον έλεγχο αυτό κατορθώνομε να τοποθετήσομε το ακόντιο επάνω στο κατακόρυφο επίπεδο, που διέρχεται από το κέντρο του πασσάλου και τη θέση ελέγχου Ι (σχ. 1.4γ).

Κατόπιν κάνομε δεύτερο έλεγχο για να διαπιστώσομε την παραλληλία νήματος της στάθμης και ακοντίου και από άλλη θέση τέτοια, ώστε οι ευθείες που ενώνουν τις δύο θέσεις ελέγχου με το κέντρο του πασσάλου, να σχηματίζουν περίπου ορθή γωνία (σχ. 1.4γ). Κατά το δεύτερο έλεγχο τοποθετούμε το ακόντιο επάνω στο κατακόρυφο επίπεδο, που διέρχεται από το κέντρο του πασσάλου και τη θέση ελέγχου ΙΙ. Αφού όμως το ακόντιο κείται ήδη επάνω σε δύο κατακόρυφα επίπεδα, θα συμπίπτει με την τομή των επιπέδων αυτών. Αλλά η τομή δύο κατακορύφων επιπέδων, σύμφωνα με όσα γνωρίζομε από τη Στερεομετρία, είναι ευθεία κατακόρυφη. Άρα μετά τους δύο ελέγχους το ακόντιο καθίσταται κατακόρυφο.

1.5 Κέντρωση σκοπευτικού οργάνου.

Ονομάζομε σκοπευτικά όργανα στην Τοπογραφία εκείνα τα τοπογραφικά όργανα με τα οποία κάνομε σκοπεύσεις. Τέτοια είναι το ορθογώνιο, ο θεοδόλιχος, η γωνιομετρική πυξίδα, ο χωροβάτης κλπ. Όταν θέλομε να προβούμε σε μια σκόπευση από κάποιο σημείο Α του εδάφους, πρέπει να τοποθετήσομε το σκοπευτικό όργανο ***επάνω στην κατακόρυφη*** που διέρχεται από το Α. Η εργασία αυτή λέγεται ***κέντρωση*** και γίνεται με τη βοήθεια του νήματος της στάθμης, που το κρεμούμε από κάποιο κατάλληλο σημείο του σκοπευτικού οργάνου. Για να κεντρώσομε το όργανο το μετακινούμε ώσπου το μεταλλικό σώμα του νήματος της στάθμης να ηρεμήσει επάνω ακριβώς από το σημείο Α.

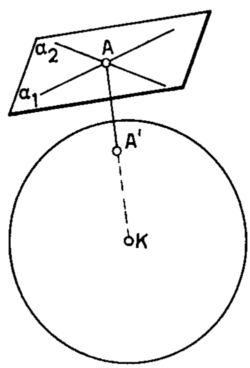
Περισσότερες λεπτομέρειες για την ***κέντρωση*** θα αναφέρομε όταν εξετάσομε τα διάφορα σκοπευτικά όργανα, και ιδίως το θεοδόλιχο (Κεφ. 7).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

ΟΡΙΖΟΝΤΙΩΣΗ ΕΥΘΕΙΑΣ ΚΑΙ ΕΠΙΠΕΔΟΥ

2.1 Οριζόντια ευθεία και οριζόντιο επίπεδο σημείου.

Οριζόντια ευθεία ενός σημείου Α ονομάζεται μια ευθεία, που διέρχεται από το σημείο Α και είναι κάθετη προς την αντίστοιχη κατακόρυφη ΑΑ΄. Όλες οι οριζόντιες ευθείες ενός σημείου, όπως π.χ. οι ευθείες $α_1$ και $α_2$ του σχήματος 2.1, σχηματίζουν ένα επίπεδο. Το επίπεδο αυτό ονομάζεται ***οριζόντιο επίπεδο*** του σημείου.

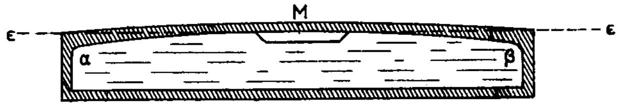


Σχ. 2.1.

2.2 Σωληνωτή αεροστάθμη.

Ενώ η κατακορύφωση μιας ευθείας γίνεται με τη βοήθεια του νήματος της στάθμης, για την οριζοντίωση μιας ευθείας χρησιμοποιείται η ***σωληνωτή αεροστάθμη.*** Είναι και αυτή ένα όργανο πολύ διαδεδομένο στην Τοπογραφία, το οποίο, όπως και το νήμα της στάθμης, συνδυάζεται συνήθως με άλλα πολυπλοκότερα τοπογραφικά όργανα.

Το κύριο μέρος της σωληνωτής αεροστάθμης αποτελείται από ένα γυάλινο σωλήνα (σχ. 2.2α), ο οποίος έχει την εσωτερική του παρειά α - β καμπυλωμένη σε σχήμα κυκλικού τόξου. Ο σωλήνας αυτός είναι σχεδόν γεμάτος με λευκό οινόπνευμα ή αιθέρα. Έτσι ο κενός χώρος που εναπομένει σχηματίζει μια φυσαλίδα. Όταν το μέσο της φυσαλίδας συμπίπτει με το μέσο Μ του τόξου α - β τότε η εφαπτομένη ε - ε του κυκλικού τόξου στο σημείο Μ καθίσταται οριζόντια. Αυτή η σύμπτωση ονομάζεται ***ισορροπία της αεροστάθμης*** και λέμε τότε ότι η αεροστάθμη ***ι-***



Σχ. 2.2α.

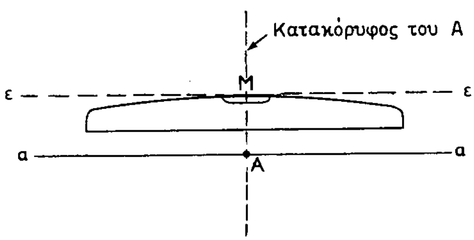
σορροπεί. Εξ άλλου το σημείο Μ ονομάζεται ***κανονικό σημείο*** της αεροστάθμης και η εφαπτομένη ε - ε ***άξονας της αεροστάθμης.***

Για να οριζοντιώσομε μια ευθεία α - α σε ένα σημείο της Α, πρέπει να επιτύχομε τα εξής:

α) Να συσχετίσομε την ευθεία και την αεροστάθμη έτσι, ώστε το κανονικό σημείο Μ της αεροστάθμης να κείται επάνω στην κατακόρυφη ΑΑ΄ και ο άξονας ε - ε της αεροστάθμης να είναι παράλληλος προς την ευθεία α - α (σχ. 2.2β).

β) Να οριζοντιώσομε την αεροστάθμη, δηλαδή να φέρομε σε σύμπτωση το μέσο της φυσαλίδας με το κανονικό σημείο της αεροστάθμης, οπότε ο αξονάς της ε - ε θα καταστεί οριζόντιος ως προς το σημείο Μ. Συνεπώς και η ευθεία α - α που είναι σταθερά παράλληλη προς τον άξονα ε - ε, θα καταστεί οριζόντια ως προς το σημείο Α.

Εδώ πρέπει να κάνομε μια σπουδαία παρατήρηση. ***Μία ευθεία είναι οριζόντια***

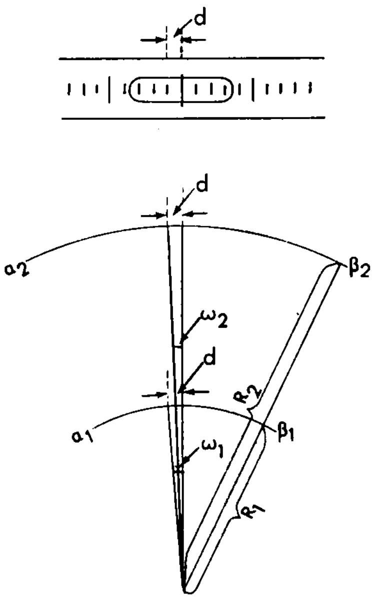


Σχ. 2.2β.

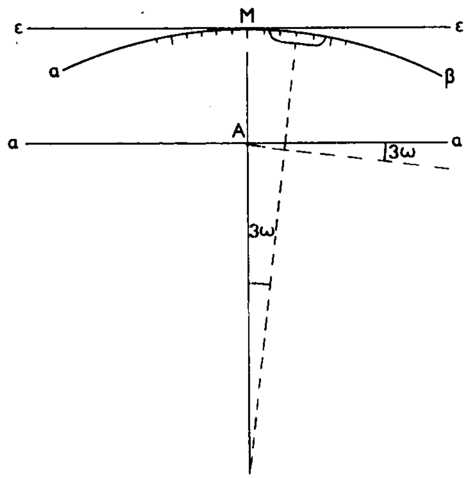
μόνο ως προς ένα σημείο της, π.χ. η ευθεία α - α είναι οριζόντια μόνο ως προς το σημείο Α. Αυτό σημαίνει ότι, αν μετά την ισορροπία της στο σημείο Α μετακινήσομε την αεροστάθμη σ' ένα άλλο σημείο της α - α, το A_1, μολονότι ο άξονας ε - ε θα εξακολουθεί να είναι παράλληλος προς την α - α, η αεροστάθμη θα παύσει να ισορροπεί. Θεωρητικώς το φαινόμενο παρατηρείται για κάθε σημείο A_1 της α - α που είναι διάφορο του Α. Στη πράξη όμως πρέπει το A_1 να κείται σε κάποια απόσταση από το Α. Η απόσταση αυτή εξαρταται από την ευαισθησία της αεροστάθμης.

Ας δούμε τώρα τι καλείται ***ευαισθησία*** μιας αεροστάθμης. Εάν παρατηρήσει κανείς το σωλήνα μιας σωληνωτής αεροστάθμης, θα διαπιστώσει ότι από το ένα και το άλλο μέρος του κανονικού σημείου υπάρχουν ορισμένες χαραγές (σχ. 2.2γ). Οι χαραγές αυτές ισαπέχουν μεταξύ τους. Μάλιστα σε όλες σχεδόν τις αεροστάθμες τηρείται μεταξύ των χαραγών η ίδια απόσταση d, ίση περίπου με 2 mm. Η επίκεντρη γωνία ω της αεροστάθμης, που αντιστοιχεί στο τόξο d, μετρά την ευαισθησία της αεροστάθμης. Όσο μικρότερη είναι η γωνία ω, δηλαδή όσο μικρότερη στροφή της αεροστάθμης απαιτείται για να μετακινηθεί το μέσο της φυσαλίδας από το κανονικό σημείο στην πλησιέστερη χαραγή, τόσο μεγαλύτερη είναι η ευαισθησία της αεροστάθμης.

Από το σχήμα 2.2γ, το οποίο παριστάνει δύο αεροστάθμες με την ίδια απόσταση d, αλλά με διαφορετικές ακτίνες καμπυλότητας, τις R_1 και R_2, προκύπτει ότι η γωνία ω είναι μικρότερη σε κείνη την αεροστάθμη, η οποία έχει τη μεγαλύτερη ακτίνα καμπυλότητας του τόξου α - β. Πραγματικά $\omega_2 < \omega_1$. Επομένως όσο μεγαλύτερη είναι η ακτίνα καμπυλότητας R του τόξου α - β της αεροστάθμης, τόσο μεγαλύτερη είναι και η ευαισθησία της.



Σχ. 2.2γ.



Σχ. 2.2δ.

Στις αεροστάθμες, που συνδυάζονται με τα διάφορα τοπογραφικά όργανα, η γωνία ω κυμαίνεται από 20 έως 30 δεύτερα λεπτά της μοίρας (παράγρ. 6.2 - Μονάδες μετρήσεως γωνιών). Εξ άλλου τα μεγέθη ω, R και d συνδέονται με τη σχέση:

$$d = \frac{\omega \pi R}{180} \quad ή \quad R = \frac{180\, d}{\omega \pi}$$

Εάν συνεπώς θέσομε το d = 2 mm και εκφράσομε το ω σε μοίρες, προκύπτει ότι το R κυμαίνεται περίπου από 21 έως 14 m. Αντιλαμβάνεται λοιπόν κανείς πόσες δυσκολίες παρουσιάζει η κατασκευή αεροσταθμών με μεγάλη ευαισθησία.

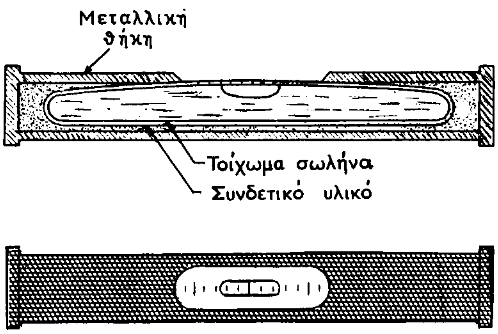
Οι χαραγές του σωλήνα της αεροστάθμης, για τις οποίες μιλήσαμε προηγουμένως, έχουν φυσικά κάποιο σκοπό.

Δηλαδή:

α) Διευκολύνουν στην οριζοντίωση της αεροστάθμης.

β) Χρησιμεύουν στον έλεγχο και την αποκατάσταση της συνθήκης ακρίβειας της αεροστάθμης. (Τι καλείται συνθήκη ακρίβειας μιας αεροστάθμης, πώς ελέγχεται και πώς αποκαθίσταται, θα εξηγηθεί κατά την περιγραφή του αντίστοιχου τοπογραφικού οργάνου με το οποίο συνδυάζεται η αεροστάθμη. Εδώ αναφέρομε μόνο ότι η συνθήκη αυτή έχει σχέση με την παραλληλία του άξονα ε - ε της αεροστάθμης και της ευθείας α - α, που θέλομε να οριζοντιώσομε).

γ) Χρησιμεύουν για τη μέτρηση της κλίσεως μιας ευθείας, όταν η κλίση αυτή είναι πολύ μικρή και μάλιστα λίγα μόνο πρώτα λεπτά της μοίρας. Έστω ότι η ευθεία είναι η α- α και ότι, αφού ηρεμήσει η φυσαλίδα της αεροστάθμης, το μέσο της δεν συμπίπτει με το κανονικό σημείο, αλλά συμπίπτει π.χ. με την τρίτη χαραγή προς τα δεξιά του κανονικού σημείου (σχ. 2.2δ). Αυτό σημαίνει ότι η α-α δεν είναι οριζόντια στο Α, αλλά έχει μια κλίση ίση προς 3 ω, όπου ω η γνωστή μας επίκεντρη γωνία της αεροστάθμης, δηλαδή η γωνία που αντιστοιχεί στο τόξο d. Συνήθως όμως στην πράξη δεν χρησιμοποιούμε την αεροστάθμη για να μετρήσομε την κλίση μιας ευθείας.



Σχ. 2.2ε.

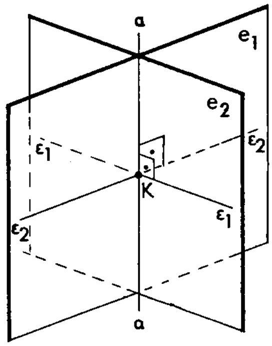
Ο σωλήνας της αεροστάθμης δεν είναι ποτέ γυμνός. Προστατεύεται πάντοτε από μια θήκη. Στις σωληνωτές αεροστάθμες, που συνδυάζονται με διάφορα τοπογραφικά οργανα, η θήκη αυτή είναι μεταλλική (σχ. 2.2ε). Στην αεροστάθμη όμως του οικοδόμου, το κοινό αλφάδι, που όλοι ασφαλώς γνωρίζομε, η θήκη της αεροστάθμης ειναι συνήθως από ξύλο. Η σύνδεση του σωλήνα με τη θήκη γίνεται με κατάλληλο συνδετικό υλικό (συνήθως γύψο).

Η σωληνωτή αεροστάθμη έχει διάφορες ονομασίες ανάλογα με τον τρόπο, με τον οποίο πραγματοποιείται η παράλληλη σύνδεση του αξονά της ε - ε με την ευθεία α - α, που θέλομε να οριζοντιώσομε. Εάν η αεροστάθμη τοποθετείται επάνω στην α - α, ονομάζεται ***επιθετή.*** Επιθετή π.χ. είναι η αεροστάθμη του οικοδόμου (το αλφάδι). Εάν η αεροστάθμη αναρτάται από την α - α, ονομάζεται ***αεροστάθμη αναρτήσεως.*** Επίσης ανάλογα προς τον ιδιαίτερο ρόλο που παίζει η αεροστάθμη στο τοπογραφικό όργανο, με το οποίο συνδυάζεται, ονομάζεται ***επιβατική, χωροσταθμική,*** κλπ. Τις ιδιαίτερες αυτές ονομασίες θα τις μνημονεύσομε κατά την περιγραφή των αντιστοίχων τοπογραφικών οργάνων.

Η σωληνωτή αεροστάθμη δεν χρησιμεύει μόνο για να οριζοντιώσομε μια ευθεία α - α αλλά και για να την κατακορυφώσομε. Αρκεί να συσχετίσομε την αεροστάθμη με την ευθεία έτσι, ώστε ο άξονας ε - ε της αεροστάθμης να είναι κάθετος προς την α - α.

Εάν τώρα οριζοντιώσομε την αεροστάθμη σε μια τυχαία θέση του άξονά της, έστω την ϵ_1 - ϵ_1 (σχ. 2.2στ), η α - α θα καταστεί ευθεία του κατακόρυφου επιπέδου e_1, που διέρχεται από το κανονικό σημείο Κ της αεροστάθμης και είναι κάθετο προς την ϵ_1 - ϵ_1. Εάν κατόπιν στρέψομε την αεροστάθμη γύρω από την ευθεία α - α, έως ότου ο άξονάς της να συμπέσει με το επίπεδο e_1, και έπειτα την οριζοντιώσομε εκ νέου, τότε η α - α, χωρίς να παύσει να ανήκει στο επίπεδο e_1, θα καταστεί ευθεία και του επιπέδου e_2, δηλαδή του επιπέδου που διέρχεται από το σημείο Κ και είναι κάθετο προς τη νέα θέση ϵ_2 - ϵ_2 του άξονα της αεροστάθμης. Αναγκαστικά λοιπόν η α- α θα συμπέσει με την τομή των δύο κατακορύφων επιπέδων e_1 και e_2, δηλαδή θα καταστεί κατακόρυφη. Η καθετότητα του άξονα ε - ε, της αεροστάθμης και της ευθείας α - α αποτελεί τη συνθήκη ακρίβειας του οργάνου στην περίπτωση αυτή.

Η κατακόρυφη μιας ευθείας με τη βοήθεια της σωληνωτής αεροστάθμης εφαρμόζεται συχνότατα στην Τοπογραφία. Αυτό συμβαίνει όταν χρειάζεται να οριζοντιώσομε ένα σκοπευτικό όργανο, οπότε κατακορυφώνομε τον άξονα περιστροφής του οργάνου. Γι' αυτό όμως θα μιλήσομε αναλυτικότερα όταν περιγράψομε τη χρήση του θεοδόλιχου.



Σχ. 2.2στ.

2.3 Σφαιρική αεροστάθμη.

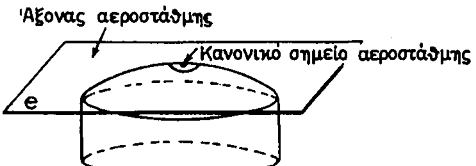
Είναι φανερό ότι με τη σωληνωτή αεροστάθμη έχομε τη δυνατότητα να οριζοντιώσομε και ένα επίπεδο ως προς κάποιο σημείο του Α, αρκεί να κατακορυφώσομε την κάθετη που άγεται διά του Α προς το επίπεδο.

Ένα επίπεδο όμως μπορεί να οριζοντιωθεί πολύ απλούστερα με ένα άλλο είδος αεροστάθμης, που ονομάζεται ***σφαιρική.*** Η σφαιρική αεροστάθμη διαφέρει από τη σωληνωτή κατά το ότι, στη θέση του γυάλινου σωλήνα φέρει ένα γυάλινο δοχείο, του οποίου το άνω μέρος είναι καμπυλωμένο σε σχήμα σφαιρικής επιφάνειας (σχ.

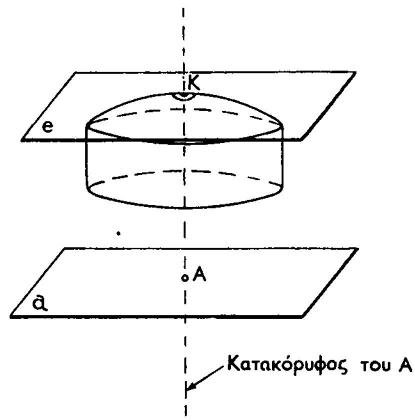
2.3α). Συνεπώς, ενώ στη σωληνωτή αεροστάθμη η φυσαλίδα έχει τη δυνατότητα να κινείται μόνο κατά μήκος του τόξου α - β (σχ. 2.2α), στη σφαιρική έχει άπειρες δυνατότητες κινήσεως. Εξ άλλου, ενώ στη σωληνωτή αεροστάθμη η φυσαλίδα είναι επιμήκης, στη σφαιρική είναι κυκλική.

Τα δύο είδη αεροστάθμης διαφέρουν και ως προς τα χαρακτηριστικά τους στοιχεία, δηλαδή το κανονικό σημείο και τον άξονα της αεροστάθμης. ***Κανονικό σημείο της σφαιρικής αεροστάθμης ονομάζεται το κέντρο Κ της σφαιρικής επιφάνειας του γυάλινου δοχείου και αξονάς της το επίπεδο e, που εφάπτεται στη σφαιρική επιφάνεια στο κέντρο Κ.***

Γεννάται όμως το ερώτημα: Πότε μια σφαιρική αεροστάθμη ισορροπεί; Ισορροπεί, όταν το κέντρο της κυκλικής φυσαλίδας της συμπίπτει με το κανονικό σημείο Κ. Τότε ο άξονας της σφαιρικής αεροστάθμης, δηλαδή το επίπεδο e, καθίσταται οριζόντιος.



Σχ. 2.3α.

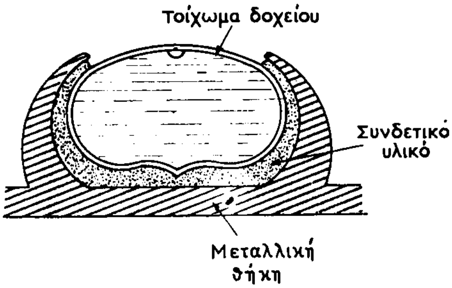


Σχ. 2.3β.

Ας δούμε τώρα πώς γίνεται η οριζοντίωση ενός επιπέδου a ως προς ένα σημείο του Α με τη σφαιρική αεροστάθμη. Πρώτα συσχετίζομε το επίπεδο και την αεροστάθμη κατά τέτοιο τρόπο, ώστε το κανονικό σημείο Κ της αεροστάθμης να κείται επάνω στην κατακόρυφο του Α και ο άξονας e να είναι παράλληλος προς το επίπεδο a, που θέλομε να οριζοντιώσομε (σχ. 2.3β). Αυτά πρέπει να συμβαίνουν για οποιαδήποτε θέση του επιπέδου a. Κατόπιν προβαίνομε σε κατάλληλες μετακινήσεις του επιπέδου, ώσπου η αεροστάθμη, που παρακολουθεί τις μετακινήσεις αυτές, να ισορροπήσει. Τότε ο άξονας e θα έχει γίνει οριζόντιος ως προς το σημείο Κ. Συνεπώς και το επίπεδο a θα έχει γίνει οριζόντιο ως προς το σημείο Α.

Όπως μια ευθεία είναι οριζόντια μόνο ως προς ένα σημείο της, έτσι και ένα επίπεδο είναι οριζόντιο μόνο ως προς ένα σημείο του. Εάν δηλαδή μετακινήσομε τη σφαιρική αεροστάθμη από το σημείο της ισορροπίας της Α σε ένα άλλο σημείο A_1 του επιπέδου a, η φυσαλίδα της αεροστάθμης θα εκτραπεί από το κανονικό σημείο. Στην πράξη η εκτροπή αυτή δεν συμβαίνει παρά μόνο, όταν η απόσταση των σημείων Α και A_1 είναι μεγαλύτερη από ένα ορισμένο όριο, το οποίο εξαρτάται και πάλι από την ευαισθησία της αεροστάθμης. Ας σημειωθεί ότι για λόγους κατασκευαστικούς η σφαιρική αεροστάθμη είναι γενικώς πολύ λιγότερο ευαίσθητη από τη σωληνωτή. Γι' αυτό χρησιμοποιείται μόνο στη χονδροειδή οριζοντίωση ενός επιπέδου και — προκειμένου για την Τοπογραφία — στη χονδροειδή οριζοντίωση ενός σκοπευτικού οργάνου.

Η εικόνα της σφαιρικής αεροστάθμης των σχημάτων 2.3α και 2.3β είναι συμβατική. Πραγματική εικόνα δίνεται στο σχήμα 2.3γ, όπου εκτός από το δοχείο παρίσταται και η μεταλλική θήκη της αεροστάθμης. Το δοχείο στερεώνεται στο μεταλλικό περίβλημα με κατάλληλο συνδετικό υλικό, όπως και ο σωλήνας της σωληνωτής αεροστάθμης.



Σχ. 2.3γ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

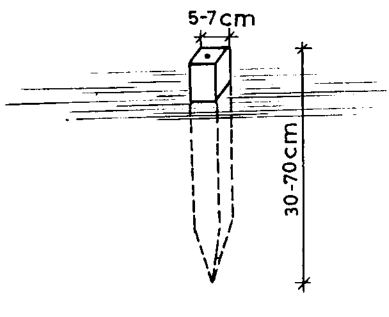
ΣΗΜΑΝΣΗ, ΕΠΙΣΗΜΑΝΣΗ, ΕΞΑΣΦΑΛΙΣΗ ΣΗΜΕΙΟΥ

3.1 Σήμανση.

Είπαμε στην Εισαγωγή ότι, για να απεικονίσομε ένα τμήμα της επιφάνειας της γης, προσδιορίζομε τις οριζόντιες προβολές και τα υψόμετρα διαφόρων χαρακτηριστικών σημείων του. Τα σημεία στη Γεωμετρία θεωρούνται άυλα. Στην Τοπογραφία όμως χρειάζεται να αποκτήσουν κάποια υλική υπόσταση, δηλαδή να γίνουν αισθητά. Η εργασία, που κάνομε, για να προσδώσομε υλική υπόσταση στα σημεία, που θέλομε να αποτυπώσομε, ονομάζεται ***σήμανση.***

Όλα τα σημεία δεν ***σημαίνονται*** με τον ίδιο τρόπο. Ο τρόπος σημάνσεως εξαρτάται από το χρονικό διάστημα, που θέλομε να διαρκέσει η σήμανση. Η απλούστερη αλλά και η πιο προσωρινή σήμανση γίνεται με ξύλινους πασσάλους, οι οποίοι έχουν πάχος 5 έως 7 cm. Το μήκος τους εξαρτάται από το βάθος στο οποίο πρέπει να εμπηχθούν στο εδαφος, ώστε να είναι σχετικά δύσκολη η έξαγωγή τους. Για σκληρά εδάφη αρκεί μήκος 30 έως 40 cm. Για χαλαρά εδάφη όμως το μήκος τους πρέπει να είναι περίπου διπλάσιο.

Όταν η μέτρηση απαίτει μεγάλη ακρίβεια σημάνσεως, καρφώνομε ένα καρφί στο κέντρο της κεφαλής του πασσάλου (σχ. 3.1α), που παριστά το σημείο, που θέλομε να σημάνομε και ονομάζεται ***κέντρο σημάνσεως.***



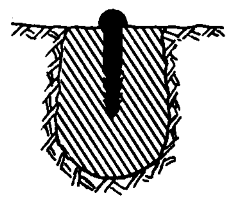
Σχ. 3.1α.

Άλλο μέσο προσωρινής σημάνσεως είναι οι πάσσαλοι από σίδηρο. Οι πάσσαλοι αυτοί χρησιμοποιούνται, όταν η σήμανση γίνεται σε πολύ σκληρά εδάφη, στα οποία δεν μπορούμε να χρησιμοποιήσομε ξύλινους πασσάλους. Τέλος, όταν το έδαφος είναι βραχώδες, χαράσσομε στο βράχο ένα σταυρό και τον χρωματίζομε με μίνιο. Το κέντρο του σταυρού αποτελεί το κέντρο σημάνσεως.

Ας δούμε τώρα πως γίνονται οι σημάνσεις μεγάλης διάρκειας.

Ένας απλός τρόπος για βραχώδη εδάφη είναι ο εξής: Ανοίγομε στο έδαφος μια τρύπα, τη γεμίζομε με μπετόν και βυθίζομε στο νωπό μίγμα ένα σιδερένιο πάσσαλο έτσι, ώστε η κεφαλή του να εξέχει μόλις από την επιφάνεια του σκυροδέματος (σχ. 3.1β).

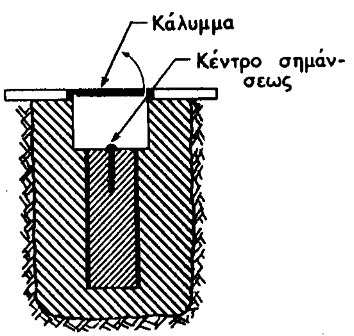
Στα πλευρά του πασσάλου υπάρχουν οδοντώσεις, οι οποίες έχουν σαν σκοπό να δημιουργούν μεγαλύτερη συνάφεια μεταξύ πασσάλου και μπετόν και επομένως μεγαλύτερη σταθερότητα του πασσάλου.



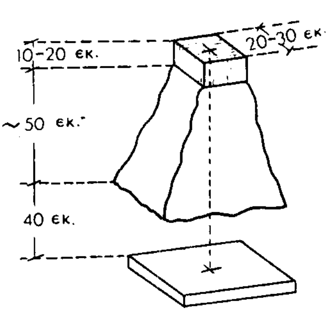
Σχ. 3.1β.

Στις πόλεις χρησιμοποιούμε διαφορετικούς τρόπους σημάνσεως από ό,τι στην ύπαιθρο. Μια τέτοια σήμανση γίνεται π.χ. με πλάκες από μάρμαρο, τις οποίες τοποθετούμε στα πεζοδρόμια κατά την πλακόστρωση. Στο κέντρο της πλάκας χαράσσεται ένας σταυρός, ο οποίος αντιπροσωπεύει την ακριβή θέση του κέντρου σημάνσεως.

Άλλος τρόπος σημάνσεως για τις πόλεις είναι και ο εξής: Χρησιμοποιούμε πήλινους ή χυτοσιδερένιους σωλήνες, τους οποίους γεμίζομε με μπετόν και τους στηρίζομε μέσα στο έδαφος πάλι με μπετόν, όπως δείχνει το σχήμα 3.1γ. Ως κέντρο σημάνσεως στην περίπτωση αυτή χρησιμεύει ένα σιδερένιο στέλεχος, το οποίο τοποθετούμε στη μάζα του μπετόν κατά τον άξονα του σωλήνα.



Σχ. 3.1γ.



Σχ. 3.1δ.

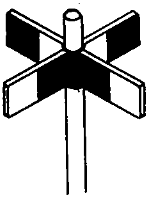
Αυτού του είδους η σήμανση ονομάζεται ***υπόγεια.***

Ένα από τα μονιμότερα μέσα σημάνσεως, που εφαρμόζεται κυρίως στην ύπαιθρο, παρίσταται στο σχήμα 3.1δ. Είναι ένας ημιλαξευτός λίθος, ο οποίος κατά το μεγαλύτερο μέρος του τοποθετείται μέσα στο έδαφος και εξέχει μόνο 10 έως 20 cm, δηλαδή όσο χρειάζεται για να διακρίνεται. Στο κέντρο της επάνω τετράγωνης έδρας, που εξέχει από το έδαφος, χαράσσεται ένας σταυρός. Το κέντρο του σταυρού αποτελεί το κέντρο σημάνσεως.

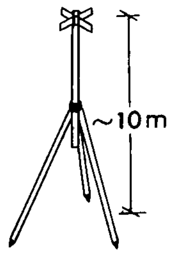
Κάτω από το υπόγειο τμήμα του λίθου τοποθετούμε και μια τετράγωνη πλάκα με ένα σταυρό στο κέντρο της έτσι, ώστε ο σταυρός της πλάκας και ο σταυρός του ημιλαξευτού λίθου να κείνται επάνω στην ίδια κατακόρυφη. Η πλάκα αυτή χρησιμεύει για την εξασφάλιση του σημείου, εάν για οποιονδήποτε λόγο καταστραφεί το υπέργειο τμήμα της σημάνσεως.

3.2 Επισήμανση.

Κατά την εργασία αποτυπώσεως των διαφόρων σημείων της επιφάνειας του εδάφους παρίσταται συνήθως η ανάγκη τα αντίστοιχα κέντρα σημάνσεως να είναι ορατά από μακριά. Αλλά τα κέντρα σημάνσεως δεν διακρίνονται από μεγάλες αποστάσεις. Εξ άλλου εκείνο που μας ενδιαφέρει συνήθως κατά την αποτύπωση δεν είναι η ακριβής θέση αυτού του ίδιου κέντρου σημάνσεως, όσο της κατακόρυφης που διέρχεται από αυτό. Εάν συνεπώς επάνω στο κέντρο σημάνσεως τοποθετήσομε μια ευθύγραμμη ράβδο, που να φαίνεται από μακριά και συγχρόνως να είναι κατακόρυφη, κατορθώνομε εκείνο ακριβώς, που θέλομε. Η τοποθέτηση της ράβδου επάνω στο κέντρο σημάνσεως ονομάζεται ***επισήμανση.***



Σχ. 3.2α.



Σχ. 3.2β.

Τα κοινότερα μέσα επισημάνσεως είναι τα ακόντια, για τα οποια μιλούμε στο κεφάλαιο 1. Στο ίδιο κεφάλαιο περιγράφομε και πώς γίνεται η κατακορύφωσή τους. Όταν η απόσταση μεταξύ του σημείου, που πρόκειται να επισημάνομε, και της θέσεως, από όπου γίνεται η παρατήρηση είναι πολύ μεγάλη, τότε, αντί για ακόντια, χρησιμοποιούμε ως μέσα επισημάνσεως ξύλινες ράβδους μεγάλου μήκους, οι οποίες στηρίζονται στο έδαφος με ξύλινες αντηρίδες (σχ. 3.2α). Στην κορυφή της ράβδου διασταυρώνονται δύο πτερύγια διαστάσεων περίπου, 60 × 15 cm. Τα πτερύγια αυτά χρωματίζονται κατά το μισό κόκκινα και κατά το άλλο μισό λευκά (σχ. 3.2β).

3.3. Εξασφάλιση.

Επειδή τα μέσα σημάνσεως διατρέχουν κίνδυνο είτε από τυχαία γεγονότα είτε και από πρόθεση να μετατοπισθούν η και να καταστραφούν ακόμα, γι' αυτό πρέπει να τα ***εξασφαλίζομε.*** Για το σκοπό αυτό μετρούμε την απόσταση του σημείου, που σημαίνομε, από τρία τουλάχιστο σταθερά σημεία της γύρω περιοχής. Έτσι, εάν το μέσο σημάνσεως μετατοπισθεί ή καταστραφεί, είναι δυνατή η εκ νέου εγκατάστασή του στην κανονική του θέση. Ως σταθερά σημεία εκλέγονται τηλεγραφικοί στύλοι, δένδρα, γωνίες σπιτιών ή εν ανάγκη και τεχνητά σημεία, που εγκαθιστούμε για το σκοπό αυτό στη γύρω περιοχή.

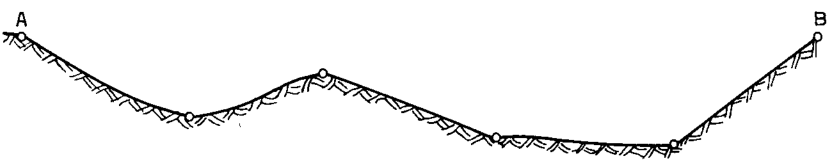
Η εξασφάλιση των μέσων σημάνσεως μας βοηθεί επίσης στην εύκολη ανεύρεσή τους όταν, είτε λόγω του μικρού όγκου τους, είτε λόγω διαφόρων επιφανειακών εμποδίων (θάμνων, χλόης κλπ.), δεν μπορούμε να τα ανακαλύψομε. Στην περίπτωση αυτή η συσχέτισή τους με διάφορα σταθερά και μάλιστα ορατά σημεία μας δίνει κατά κάποιο τρόπο το «στίγμα», όπως λένε οι ναυτικοί, των μέσων σημάνσεως.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

ΧΑΡΑΞΗ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΙΑΣ

4.1 Ευθυγραμμία δύο σημείων.

Ονομάζομε ***ευθυγραμμία δύο σημείων*** Α και Β της επιφάνειας του εδάφους την τομή του κατακόρυφου επιπέδου των δύο σημείων με την επιφάνεια του εδάφους. Η τομή αυτή είναι μια νοητή γραμμή. Για να την υλοποιήσομε πρέπει να προσδιορίσομε διάφορα σημεία της Μ. Ο προσδιορισμός των σημείων Μ ονομάζεται ***χάραξη*** της ευθυγραμμίας. Και όταν τα σημεία Μ βρίσκονται μεταξύ του Α και Β, τότε μιλούμε περί ***πυκνώσεως,*** όταν βρίσκονται από την εδώ μεριά του Α και πέρα από το Β, μιλούμε περί ***επεκτάσεως*** της ευθυγραμμίας.



Σχ. 4.1.

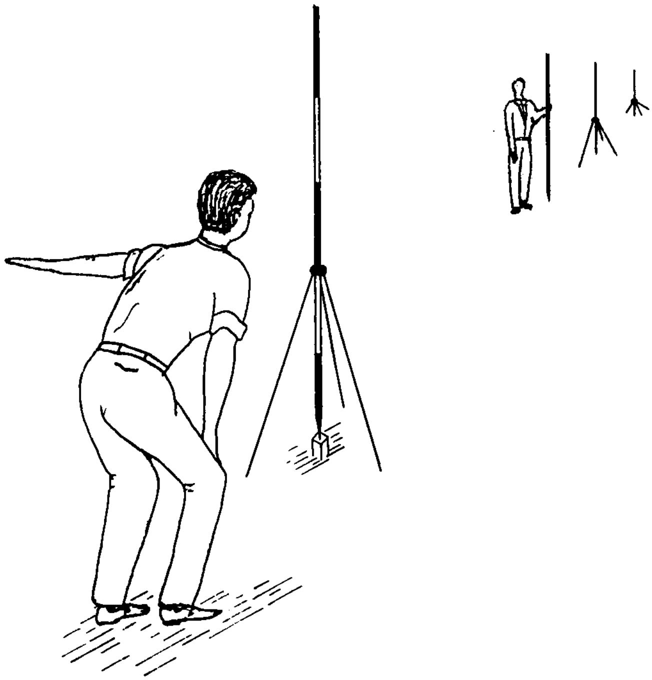
Πόσα σημεία Μ χρειάζεται να προσδιορισθούν κατά τη χάραξη μιας ευθυγραμμίας εξαρτάται από τη μορφή του εδάφους και από το σκοπό για τον οποίο χαράσσεται η ευθυγραμμία. Γενικά χρειάζονται λιγότερα σημεία, όταν το έδαφος έχει ομοιόμορφη κλίση και περισσότερα, όταν η κλίση κατά μήκος της ευθυγραμμίας μεταβάλλεται. Στη δεύτερη περίπτωση πρέπει να συμπεριλάβομε μεταξύ των σημείων Μ και τα σημεία αλλαγής της κλίσεως (σχ. 4.1).

4.2 Διαδικασία χαράξεως.

Η ***χάραξη*** μιας ευθυγραμμίας, δηλαδή ο προσδιορισμός των σημείων Μ, γίνεται με τα ακόντια. Στην περίπτωση αυτή τα ακόντια παίζουν διπλό ρόλο. Χρησιμοποιούνται δηλαδή ταυτόχρονα και για τη σήμανση και για την επισήμανση των σημείων της ευθυγραμμίας, γιατί, όπως θα αντιληφθούμε αμέσως, τα σημεία Μ πρέπει να είναι ορατά από μακριά.

Επισημαίνομε πρώτα τα δύο άκρα της ευθυγραμμίας, δηλαδή τοποθετούμε ανά ένα ακόντιο επάνω ακριβώς στα κέντρα σημάνσεως των σημείων Α και Β. Τα δύο ακόντια πρέπει να είναι τελείως κατακόρυφα. Πώς κατακορυφώνομε ένα ακόντιο το μάθαμε στο κεφάλαιο 1.

Έπειτα στεκόμαστε σε απόσταση 2 έως 3 m από το ακόντιο Α και σκοπεύομε με γυμνό οφθαλμό προς το ακόντιο Β. Κατά τη σκόπευση πρέπει το ακόντιο Α να καλύπτει τελείως το Β. Αφού με τον τρόπο αυτό εξασφαλίσομε ότι το μάτι μας βρίσκεται επάνω στην ευθυγραμμία Α - Β, δίνομε σήμα στο βοηθό μας να μετακινηθεί κάθετα προς τη διεύθυνση της ευθυγραμμίας, προκειμένου να τοποθετήσει το πρώτο ενδιάμεσο ακόντιο M_1. Η σηματοδότηση γίνεται με τα χέρια (σχ. 4.2α).



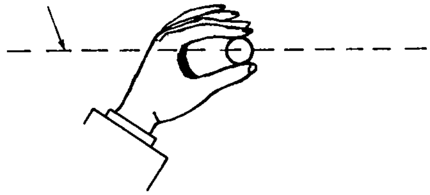
Σχ. 4.2α.

Όταν, ύστερα από μερικές μικρομετακινήσεις του βοηθού μας, δεν βλέπομε το ακόντιο M_1, γιατί θα έχει καλυφθεί από το ακόντιο Α, ενώ συγχρόνως δεν θα βλέπομε και το ακόντιο Β, συμπεραίνομε ότι το M_1, βρίσκεται επάνω στην ευθυγραμμία Α - Β. Δίνομε λοιπόν σήμα στο βοηθό μας να εμπήξει το ακόντιο στο έδαφος. Εάν το έδαφος είναι τόσο σκληρό, ώστε να μη είναι δυνατή η έμπηξη, ο βοηθός τοποθετεί το ακόντιο όρθιο με τη βοήθεια του τρίποδα. Οπωσδήποτε μετά την τοποθέτηση το ακόντιο πρέπει να είναι κατακόρυφο. Η κατακορύφωσή του ελέγχεται συνήθως με το μάτι, εκτός εάν θέλομε να κάνομε μέτρηση μεγάλης ακρίβειας, οπότε χρησιμοποιούμε το νήμα της στάθμης. Με τον ίδιο τρόπο τοποθετούνται και τα άλλα ενδιάμεσα ακόντια και επομένως προσδιορίζονται τα σημεία M_1, M_2, M_3,... M_ν της ευθυγραμμίας Α - Β.

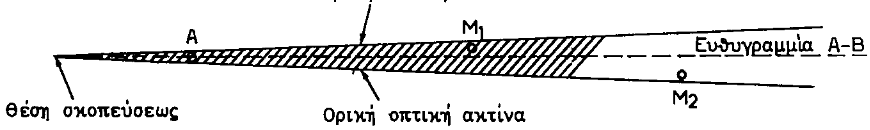
Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί από το βοηθό για τον τρόπο, με τον οποίο θα κρατά το ακόντιο κατά τις μικρομετακινήσεις του κάθετα προς τη διεύθυνση της ευθυγραμμίας. Πρέπει δηλαδή να το κρατά μόνο με τον αντίχειρα και το δείκτη από κάποια θέση, που θα βρίσκεται ψηλότερα από το κέντρο βάρους του ακοντίου και όπως δείχνει το σχήμα 4.2β. Έτσι το ακόντιο αιωρούμενο ελαφρά τηρείται περίπου κατακόρυφο και αυτό διευκολύνει την τελική του κατακορύφωση.

Επίσης δεν πρέπει να κάνομε τις σκοπεύσεις από πολύ μικρή απόσταση π.χ. 1 m, από το σημείο Α, γιατί τότε τα ενδιάμεσα ακόντια M_1, M_2, M_3, κλπ. θα καλύπτονται μεν από το ακόντιο Α, δεν θα κείνται όμως επάνω στην ευθυγραμμία Α - Β (σχ. 4.2γ).

Αυτό βέβαια συμβαίνει και όταν σκοπεύομε από την κανονική απόσταση (2 έως 3 m). Τότε όμως οι αποκλίσεις των σημείων Μ ως προς την ευθυγραμμία είναι πολύ μικρές και τα σφάλματα των μετρήσεων είναι ανεπαίσθητα. Εάν τέλος λόγω της μορφής του εδάφους δεν είναι δυνατή η τήρηση της κανονικής αποστάσεως, τότε κάνομε τη σκόπευση από τη μέγιστη δυνατή απόσταση.



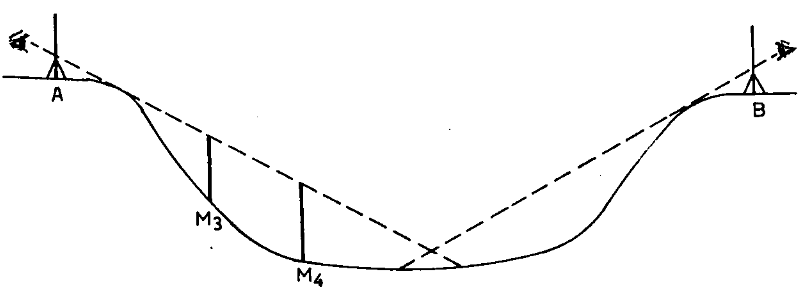
Σχ. 4.2β.



Σχ. 4.2γ.

4.3 Ειδικές περιπτώσεις χαράξεως.

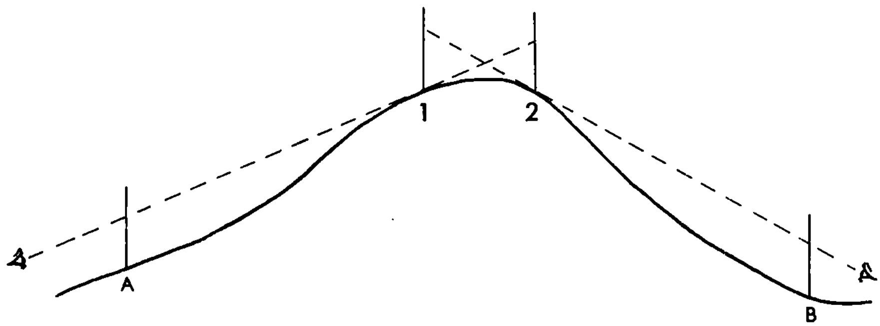
Η χάραξη μιας ευθυγραμμίας δεν παρουσιάζει δυσκολία, όταν το έδαφος είναι οριζόντιο ή έχει ομοιόμορφη κλίση.



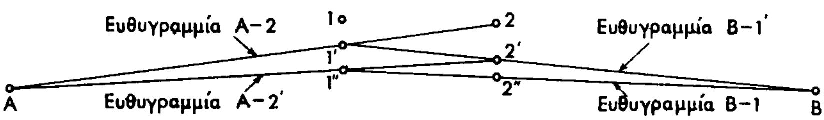
Σχ. 4.3α.

Όταν όμως μεταξύ των σημείων Α και Β μεσολαβεί κοίλωμα, ενδέχεται να μη είναι δυνατός ο προσδιορισμός όλων των σημείων της ευθυγραμμίας με σκόπευση μόνο από το ένα άκρο της. Π.χ. στο σχήμα 4.3α τα ακόντια, που πρέπει να τοποθετηθούν στις θέσεις M_3 και M_4, δεν είναι ορατά από το άκρο Α. Συνεπώς η σκόπευση για τα σημεία αυτά πρέπει να γίνει από το άκρο Β. Το αντίστροφο ισχύει για τα αντίστοιχα σημεία της απέναντι πλαγιάς.

Ιδιαίτερη δυσκολία παρουσιάζει η περίπτωση, κατά την οποία μεταξύ των σημείων Α και Β μεσολαβεί κύρτωμα (σχ. 4.3β), γιατί τα άκρα της ευθυγραμμίας δεν είναι αμοιβαία ορατά και συνεπώς δεν είναι δυνατή η σκόπευση από το ένα άκρο προς το άλλο. Τότε χρησιμοποιούμε τα βοηθητικά ακόντια 1 και 2, που τα τοποθετούμε περίπου επάνω στην ευθυγραμμία και έτσι, ώστε να φαίνονται και από το Α και από το Β.



Σχ. 4.3β.



Σχ. 4.3γ.

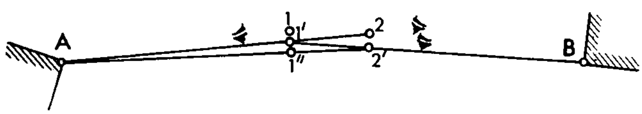
Ένας παρατηρητής σκοπεύει από το ακόντιο Α προς το ακόντιο 2 και τοποθετεί το ακόντιο 1 στη θέση 1΄ επάνω στην ευθυγραμμία Α - 2 (σχ. 4.3γ). Ένας δεύτερος παρατηρητής σκοπεύει από το ακόντιο Β προς το ακόντιο 1΄ και τοποθετεί το ακόντιο 2 στη θέση 2΄ επάνω στην ευθυγραμμία Β - 1. Οι δύο παρατηρητές επαναλαμβάνουν τις διαδοχικές σκοπεύσεις και μικρομετακινήσεις των ακοντίων 1 και 2 στις θέσεις 1΄΄, 1΄΄΄, κλπ. και 2΄΄, 2΄΄΄ κλπ., ώσπου κατά τη νιοστή σκόπευση π.χ. από το ακόντιο Α προς το ακόντιο 2, να διαπιστωθεί ότι το 1 βρίσκεται επάνω στην ευθυγραμμία Α - 2 και εν συνεχεία κατά τη σκόπευση από το Β προς το 1 να διαπιστωθεί ομοίως ότι και το 2 βρίσκεται επάνω στην ευθυγραμμία Β - 1.

Θεωρητικά χρειάζεται άπειρος αριθμός σκοπεύσεων και μικρομετακινήσεων, μέχρι να επιτύχομε την ταυτόχρονη ευθυγράμμιση των ακοντίων Α - 1 - 2 και Β - 2 - 1, δηλαδή έως ότου τα ακόντια 1 και 2 τοποθετηθούν ακριβώς επάνω στην ευθυγραμμία Α - Β. Πρακτικά όμως ο αριθμός των σκοπεύσεων θα είναι περιορισμένος, γιατί τα ενδιάμεσα ακόντια θα έχουν καλυφθεί από τα ακόντια σκοπεύσεως πολύ πριν τοποθετηθούν επάνω στην ευθυγραμμία, για τους λόγους, που εξηγήσαμε στην αρχή της παραγράφου. Η τελική τοποθέτηση των ακοντίων 1 και 2 πρέπει να γίνει με τη βοήθεια τριπόδων. Τα υπόλοιπα ενδιάμεσα ακόντια τοποθετούνται με ευχέρεια επάνω στις ευθυγραμμίες Α - 1 και Β - 2.

Υπάρχει και άλλη περίπτωση, όπου χρειάζεται να χρησιμοποιήσομε τα ενδιάμεσα ακόντια 1 και 2. Αυτή η περίπτωση παρουσιάζεται, όταν τα άκρα της ευθυγραμμίας είναι γωνίες δύο σπιτιών (σχ. 4.3δ), οπότε είναι αδύνατη η σκόπευση από το ένα άκρο της ευθυγραμμίας προς το άλλο.

Τότε τοποθετούμε και πάλι τα ακόντια 1 και 2 κοντά στη μέση της αποστάσεως και περίπου επάνω στην ευθυγραμμία Α - Β, αλλά αυτή τη φορά ενεργούμε αντίστροφα, δηλαδή σκοπεύομε από το σημείο 1 προς το Β και από το 2 προς το Α. Οι σκοπεύσεις και οι μικρομετακινήσεις των σημείων 1 και 2 διαδέχονται η μια την άλλη, όπως στην προηγούμενη περίπτωση, έως ότου τα ακόντια 1 και 2 τοποθετηθούν επάνω στην ευθυγραμμία Α - Β. Τα υπόλοιπα ενδιάμεσα ακόντια τοποθετούνται επάνω στις ευθυγραμμίες 1 - Β και 2 - Α.

Όλες οι ειδικές περιπτώσεις χαράξεως, που αναφέραμε, σχετίζονται με την πύκνωση μιας ευθυγραμμίας. Ανάλογα ισχύουν και για την επέκταση.



Σχ. 4.3δ.

4.4 Εφαρμογές.

Η χάραξη μιας ευθυγραμμίας έχει ***άμεση*** και ***έμμεση*** εφαρμογή. Άμεση είναι η εφαρμογή της, όταν θέλομε να χαράξομε τον άξονα ενός ευθύγραμμου τμήματος δρόμου ή τις θέσεις των δομικών στοιχείων (τοίχων, υποστυλωμάτων, κλπ) ενός εκτεταμένου κτηρίου. Έμμεση είναι η εφαρμογή της, όταν θέλομε να μετρήσομε την οριζόντια απόσταση δύο σημείων, οπότε προηγουμένως πυκνώνομε την ευθυγραμμία, που ορίζουν τα δύο σημεία. Για τη μέτρηση αυτή γίνεται λόγος στα κεφάλαια 13 και 14.

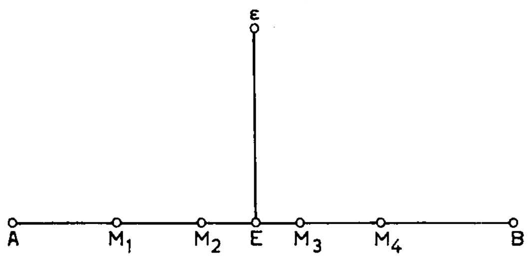
Μια ευθυγραμμία χαράσσεται ταχύτερα και ακριβέστερα αν, αντί να κάνομε τη σκόπευση των ακοντίων με γυμνό μάτι, την κάνομε με κάποια τηλεσκοπική διάταξη, π.χ. με ένα θεοδόλιχο ή με ένα ταχύμετρο. Γι' αυτή όμως την περίπτωση θα μιλήσομε στο τέλος του κεφαλαίου 7 (παράγρ. 7.14) αφού προηγουμένως μάθομε τη χρήση του θεοδόλιχου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ

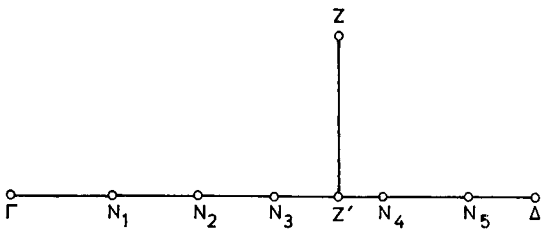
ΧΑΡΑΞΗ ΚΑΘΕΤΩΝ ΕΥΘΕΙΩΝ Ή ΟΡΘΩΝ ΓΩΝΙΩΝ

5.1 Γενικότητες - Μέθοδοι χαράξεως καθέτων ευθειών.

Η χάραξη καθέτων ευθειών ή ορθών γωνιών είναι μία βοηθητική τοπογραφική εργασία, που εφαρμόζεται στις εξής δύο περιπτώσεις: Στην πρώτη έχομε μια ευθυγραμμία, π.χ. την Α - Β, και σε ένα σημείο της Ε θέλομε να υψώσομε την ευθεία Εε κάθετη προς την Α - Β (σχ. 5.1α). (Τα σημεία M_1, M_2, M_3 κλπ. του σχήματος παριστάνουν τις θέσεις των ενδιαμέσων ακοντίων της ευθυγραμμίας Α - Β). Στη δεύτερη περίπτωση έχομε και πάλι μια ευθυγραμμία π.χ. τη Γ - Δ, και από ένα σημείο Ζ της επιφάνειας του εδάφους, που κείται έξω από την ευθυγραμμία, θέλομε να φέρομε την κάθετη ΖΖ′ προς την Γ - Δ (σχ. 5.1β). (Τα σημεία N_1, N_2, N_3 κλπ. του σχήματος παριστάνουν τις θέσεις των ενδιαμέσων ακοντίων της ευθυγραμμίας Γ - Δ).



Σχ. 5.1α.



Σχ. 5.1β.

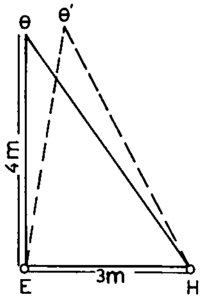
Στις επόμενες παραγράφους, όπου γίνεται λόγος για την πρώτη περίπτωση, θα χρησιμοποιούνται οι συμβολισμοί Α, Β, Μ και Ε, ενώ όπου γίνεται λόγος για τη δεύτερη περίπτωση θα χρησιμοποιούνται οι συμβολισμοί Γ, Δ, Ν και Ζ.

Θα περιγράψομε τρεις μεθόδους χαράξεως καθέτων: Τη ***μέθοδο του ορθογωνίου τριγώνου,*** τη ***μέθοδο του ισοσκελούς τριγώνου*** και τη ***χάραξη καθέτων με ορθόγωνα.*** Από τις τρεις αυτές μεθόδους οι δύο πρώτες χρησιμοποιούνται στην οικοδομική. Στην τοπογραφία χρησιμοποιείται κυρίως η τρίτη μέθοδος.

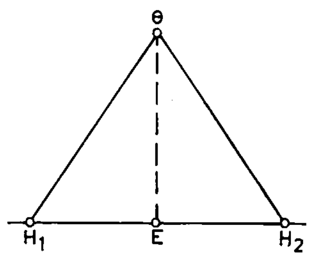
α) Μέθοδος του ορθογωνίου τριγώνου.

Η μέθοδος αυτή στηρίζεται στην εξής παρατήρηση: Εάν οι κάθετες πλευρές ορθογωνίου τριγώνου είναι 3 m και 4 m αντιστοίχως, η υποτείνουσα του τριγώνου, λόγω του Πυθαγορείου θεωρήματος, θα ισούται με 5 m ($5^2 = 3^2 + 4^2$). Από την παρατήρηση αυτή προκύπτει η ακόλουθη μέθοδος χαράξεως ορθών γωνιών.

Έστω ότι θέλομε να υψώσομε κάθετη στο σημείο Ε της ευθυγραμμίας Α - Β. Ορίζομε το σημείο Η της ευθυγραμμίας σε απόσταση 3 m από το Ε (σχ. 5.1γ), όπου θέλομε να υψώσομε την κάθετη. Έπειτα στερεώνομε τα άκρα ενός ράμματος (σχοινιού) μήκους 9 m στα σημεία Ε και Η, τεντώνομε το ράμμα με ένα καρφί και μετακινούμε το καρφί έτσι ώστε κατά τη μετακίνησή του τα δύο σκέλη, που σχηματίζει το ράμμα, να είναι διαρκώς τεντωμένα. Όταν το καρφί φθάσει στη θέση Θ, ώστε να απέχει από μεν το Ε 4 m από δε το Η 9 — 4 = 5 m, τότε το τρίγωνο ΘΕΗ θα είναι ορθογώνιο στο Ε και άρα ΘΕ ⊥ Α — Β.



Σχ. 5.1γ.



Σχ. 5.1δ.

Με μεγαλύτερη ακρίβεια χαράσσεται η κάθετη ΘΕ, εάν το σημείο Η απέχει από το Ε 6 m και το μήκος του ράμματος είναι 18 m, δηλαδή εάν οι πλευρές του ορθογωνίου τριγώνου ΘΕΗ είναι 8,6 και 10 m ($10^2 = 8^2 + 6^2$).

Είναι φανερό ότι η μέθοδος του ορθογωνίου τριγώνου εφαρμόζεται μόνο κατά την πρώτη περίπτωση χαράξεως ορθών γωνιών, δηλαδή όταν θέλομε να υψώσομε κάθετη σε ένα σημείο μιας ευθυγραμμίας.

β) Μέθοδος του ισοσκελούς τριγώνου.

Η μέθοδος αυτή στηρίζεται στις ιδιότητες των ισοσκελών τριγώνων.

Έστω ότι έχομε την πρώτη περίπτωση χαράξεως ορθών γωνιών, ότι θέλομε δηλαδή να υψώσομε κάθετη στο σημείο Ε της ευθυγραμμίας Α — Β. Ορίζομε τα σημεία $Η_1$ και $Η_2$ της ευθυγραμμίας Α — Β έτσι ώστε $Η_1Ε = ΕΗ_2$ (σχ. 5.1δ). Κατόπιν στερεώνομε τα άκρα ενός ράμματος στα σημεία $Η_1$ και $Η_2$, κρατούμε το ράμμα από το μέσο του Θ και το τεντώνομε.

Είναι φανερό ότι μετά το τέντωμα τα δύο σκέλη του ράμματος $H_1\Theta$ και ΘH_2 θα είναι ίσα. Λόγω όμως της ισότητας αυτής έπεται ότι η διάμεσος ΘΕ θα είναι συγχρόνως και ύψος του ισοσκελούς τριγώνου $\Theta H_1 H_2$. Άρα $\Theta E \perp A - B$ (σχ. 5.1δ).

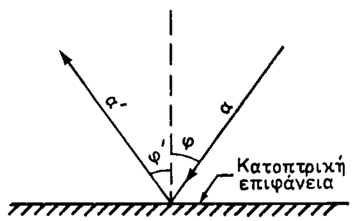
Με αντίστοιχο τρόπο χρησιμοποιούμε τη μέθοδο του ισοσκελούς τριγώνου για τη δεύτερη περίπτωση χαράξεως κάθετης, όταν δηλαδή θέλομε να φέρομε κάθετη προς μια ευθυγραμμία από ένα σημείο, που κείται έξω από την ευθυγραμμία.

γ) Χάραξη καθέτων ευθειών με ορθόγωνα - Είδη ορθογώνων.

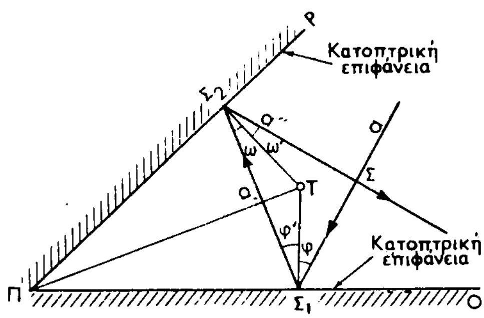
Το ***ορθόγωνο*** είναι όργανο, με το οποίο χαράσσονται ορθές γωνίες. Τα ορθόγωνα είναι τριών ειδών: Τα ***διοπτρικά,*** τα ***κατοπτρικά*** (ή ανακλαστικά) και τα ***πρισματικά*** (ή διαθλαστικά). Από τους τρεις αυτούς τύπους χρησιμοποιείται σήμερα σχεδόν αποκλειστικά μόνο ο τρίτος. Ο πρώτος ούτε κατασκευάζεται, ούτε χρησιμοποιείται πια και γι' αυτό δεν θα μας απασχολήσει. Ως προς το δεύτερο, έπαυσε μεν να κατασκευάζεται, εξακολουθεί όμως να κυκλοφορεί στην «τεχνική αγορά». Επειδή δε ενδέχεται να είναι το μόνο διαθέσιμο ορθόγωνο σε ορισμένες περιπτώσεις, γι' αυτό θα δώσομε την πλήρη περιγραφή του και τον τρόπο χρήσεώς του. Το ίδιο φυσικά θα γίνει και για τον τρίτο τύπο.

5.2 Χάραξη καθέτων ευθειών με κατοπτρικά ορθόγωνα.

Γνωρίζομε από τη Φυσική ότι, όταν μια ακτίνα α προσπέσει επάνω σε μια κατοπτρική επιφάνεια, τότε ανακλάται κατά τη διεύθυνση α΄ έτσι, ώστε η κάθετη προς την κατοπτρική επιφάνεια στο σημείο προσπτώσεως της ακτίνας α να διχοτομεί τη γωνία, που σχηματίζουν οι α και α΄ (σχ. 5.2α).



Σχ. 5.2α.



Σχ. 5.2β.

Η γωνία φ μεταξύ α και κάθετης ονομάζεται γωνία προσπτώσεως, ενώ η γωνία φ΄ μεταξύ α΄ και κάθετης ονομάζεται γωνία ανακλάσεως.

Σύμφωνα προς το νόμο της ανακλάσεως $\varphi = \varphi'$.

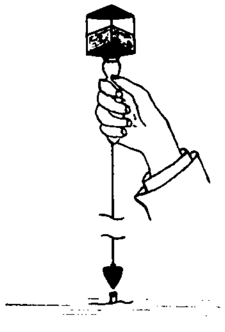
Τα κατοπτρικά ορθόγωνα στηρίζονται στο νόμο αυτό, δηλαδή στην ισότητα των γωνιών φ και φ΄ και αποτελούνται από δύο είδη: Το απλό ***κατοπτρικό ορθογώνο και το διπλό.***

α) Απλό κατοπτρικό ορθόγωνο.

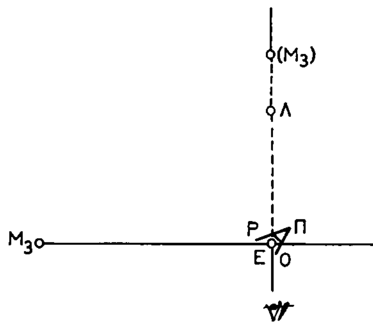
Το απλό κατοπτρικό ορθόγωνο αποτελείται από δύο επίπεδα κάτοπτρα που σχηματίζουν γωνία 45°. Όπως φαίνεται στο σχήμα 5.2β η ακτίνα προσπτώσεως α υφίσταται διπλή ανάκλαση. Πρώτα επάνω στο κάτοπτρο ΠΟ και έπειτα επάνω στο κάτοπτρο ΠΡ. Αποδεικνύεται εύκολα ότι η τελική ακτίνα ανακλάσεως α΄΄ είναι κάθετη προς την ακτίνα προσπτώσεως α. (Αρκεί, εκτός από τις σχέσεις φ = φ΄ και ω = ω΄, να ληφθεί υπ' όψη ότι το τετράπλευρο $ΤΣ_1ΠΣ_2$ είναι εγγράψιμο).

Ας δούμε τώρα πώς γίνεται η χάραξη καθέτων με το απλό κατοπτρικό ορθόγωνο.

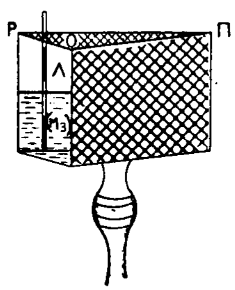
Για την πρώτη περίπτωση χαράξεως, δηλαδή για την ύψωση κάθετης στο σημείο Ε της ευθυγραμμίας Α — Β, κρατούμε το ορθόγωνο επάνω ακριβώς από το σημείο. Κρεμούμε δηλαδή το νήμα της στάθμης από το άκρο της χειρολαβής του ορθογώνου, όπως δείχνει το σχήμα 5.2γ. Στρέφομε την εσωτερική γωνία του ορθογώνου προς το πλησιέστερο ακόντιο M_3 της ευθυγραμμίας Α — Β και βλέπομε μέσα στο κάτοπτρο ΠΡ το είδωλο (M_3) του ακοντίου (σχ. 5.2δ). Συγχρόνως καθοδηγούμε το βοηθό μας να τοποθετήσει το ακόντιο Λ σε μια τέτοια θέση, ώστε να συμπίπτει με το είδωλο (M_3). Λόγω της ιδιότητας του απλού κατοπτρικού ορθογώνου να ανακλά την οπτική ακτίνα M_3E υπό γωνία 90^0, έπεται ότι η γωνία $M_3E\,(M_3)$ είναι ορθή. Άρα και η γωνία $M_3EΛ$ είναι ορθή και συνεπώς η ΕΛ είναι κάθετη προς την ευθυγραμμία Α — Β.



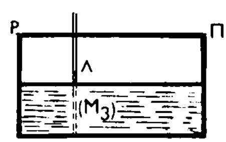
Σχ. 5.2γ.



Σχ. 5.2δ.



Σχ. 5.2ε.

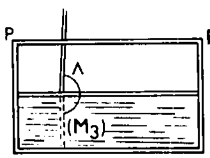


Σχ. 5.2στ.

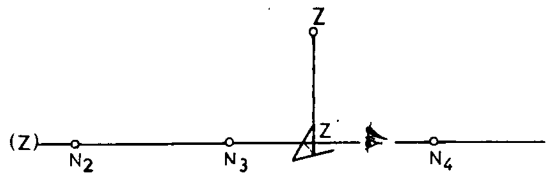
Η σύμπτωση του ειδώλου (M_3) και του ακοντίου Λ ελέγχεται από μια θυρίδα, που υπάρχει στο επάνω μέρος του ορθογώνου (σχ. 5.2ε). Εάν κρατούμε το ορθόγωνο με το στέλεχος κατακόρυφο, όπως πρέπει να το κρατούμε, τότε θα βλέπομε το είδωλο του ακοντίου (M_3) ακριβώς στην προέκταση του ακοντίου Λ (σχ. 5.2στ).

Εάν όχι, τότε το Λ και το (M_3) θα σχηματίζουν μια αμβλεία γωνία, όπως στο σχήμα 5.2ζ. Με βάση την παρατήρηση αυτή είναι εύκολο να διορθώσομε τη στάση του ορθογώνου.

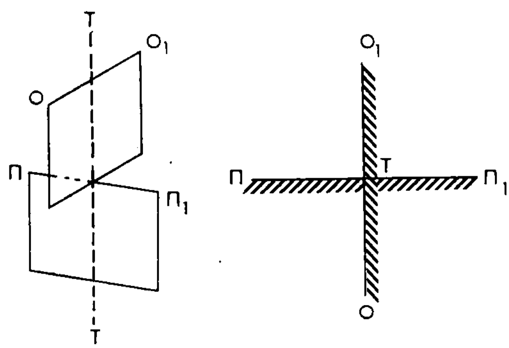
Κατά τη δεύτερη περίπτωση χαράξεως κάθετης κινούμαστε επάνω στην ευθυγραμμία Γ — Δ με μέτωπο προς ένα από τα άκρα της και με την εσωτερική γωνία του ορθογώνου προς το μέρος του σημείου Ζ, από όπου θέλομε να φέρομε την κάθετη. Εκεί, όπου θα ιδούμε το είδωλο του ακοντίου Ζ να συμπίπτει με το πλησιέστερο ακόντιο της ευθυγραμμίας (το N_3 στην περίπτωση του σχήματος 5.2η), αφήνομε το μεταλλικό σώμα του νήματος της στάθμης να πέσει και ορίζομε έτσι τον πόδα Ζ′ της ζητούμενης κάθετης. Εννοείται ότι κατά τη στιγμή της συμπτώσεως ελέγχομε, εάν το ακόντιο N_3 καλύπτει τα υπόλοιπα ενδιάμεσα ακόντια της ευθυγραμμίας ως την αρχή Γ. Έτσι είμαστε βέβαιοι ότι το ορθόγωνο και συνεπώς το σημείο Ζ′, κείται με μεγάλη προσέγγιση επάνω στην ευθυγραμμία.



Σχ. 5.2ζ.



Σχ. 5.2η.



Σχ. 5.2θ.

β) Διπλό κατοπτρικό ορθόγωνο.

Το είδος αυτό του κατοπτρικού ορθογώνου δεν προορίζεται για τη χάραξη καθέτων, αλλά για τον προσδιορισμό διαφόρων σημείων μιας ευθυγραμμίας. Αποτελείται από δύο κατοπτρικά επίπεδα, το ένα από τα οποία είναι πάνω από το άλλο έτσι. ώστε να σχηματίζουν ορθή γωνία (σχ. 5.2θ).

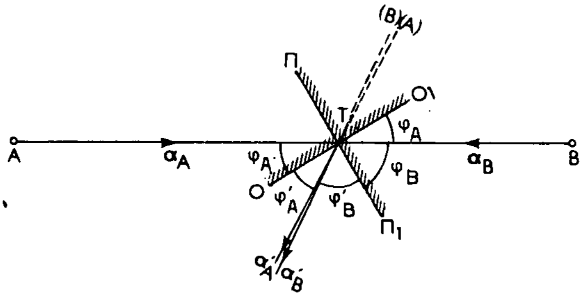
Ας ονομάσομε (Α) και (Β) τα είδωλα των ακοντίων που έχομε τοποθετήσει στα άκρα Α και Β της ευθυγραμμίας. Το είδωλο (Α) θα σχηματισθεί στο ένα κάτοπτρο του ορθογώνου και το είδωλο (Β) στο άλλο.

Όταν τα δύο είδωλα συμπέσουν, αυτό σημαίνει ότι το ορθόγωνο είναι τοποθετημένο επάνω στην ευθυγραμμία. (Από το σχήμα 5.2ι αποδεικνύεται εύκολα ότι

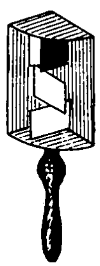
$\Phi'_A + \Phi'_B = \Phi_A + \Phi_B = 90^0$ και άρα οι ακτίνες ανακλάσεως α'_A και α'_B συμπίπτουν).

Εάν τώρα θέλομε να προσδιορίσομε ένα σημείο της ευθυγραμμίας, αρκεί να μετακινηθούμε κάθετα προς τη διεύθυνσή της, ώσπου να επιτύχομε τη σύμπτωση των ειδώλων (Α) και (Β). Αφήνομε τότε το νήμα της στάθμης να εγγίσει το έδαφος. Το αντίστοιχο σημείο είναι σημείο της ευθυγραμμίας.

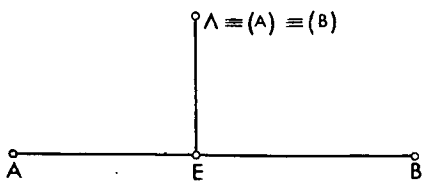
Το διπλό ορθόγωνο μπορεί να χρησιμοποιηθεί και στη δεύτερη περίπτωση χαράξεως κάθετης, αφού συνδυασθεί στην ίδια συσκευή με το απλό ορθόγωνο (σχ. 5.2ια).



Σχ. 5.2ι.



Σχ. 5.2ια.



Σχ. 5.2ιβ.

γ) Συνθηκες ακρίβειας και ελεγχος.

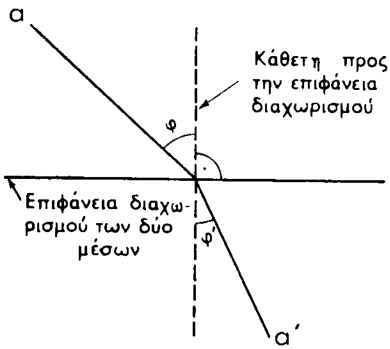
Σε ένα απλό κατοπτρικό ορθόγωνο πρέπει τα δύο κατοπτρικά επίπεδα να τέμνονται υπό γωνία 45° ακριβώς. Ο έλεγχος της συνθήκης αυτής γίνεται ως εξής: Κρατούμε το ορθόγωνο επάνω από οποιοδήποτε σημείο μιας ευθυγραμμίας Α — Β, με την εσωτερική γωνία του ορθογώνου προς το άκρο Α της ευθυγραμμίας και τοποθετούμε το ακόντιο Λ έτσι ώστε να συμπίπτει με το είδωλο (Α) (σχ. 5.2ιβ). Έπειτα στρέφομε το ορθόγωνο προς το άκρο Β της ευθυγραμμίας. Εάν το Λ συμπίπτει και με το είδωλο (Β), τότε υφίσταται για το ορθόγωνο η απαιτούμενη συνθήκη ακρίβειας.

Σε ένα διπλό κατοπτρικό ορθόγωνο πρέπει τα δύο κατοπτρικά επίπεδα να σχηματίζουν ακριβώς ορθή γωνία μεταξύ τους. Η ύπαρξη της συνθήκης ελέγχεται, αν κρατήσομε το ορθόγωνο επάνω από οποιοδήποτε σημείο μιας ευθυγραμμίας. Αν δούμε τα είδωλα των άκρων της ευθυγραμμίας να συμπίπτουν, τότε υφίσταται και η συνθήκη ακρίβειας.

Τα κατοπτρικά ορθόγωνα παρουσιάζουν το εξής μειονέκτημα: Δεν διατηρούν επί πολύ τις συνθήκες ακρίβειας, γιατί μεταβάλλονται οι γωνίες των κατοπτρικών επιπέδων τους. Αυτό το μειονέκτημα εξαλείφεται στα πρισματικά ορθόγωνα.

5.3 Χάραξη καθέτων ευθειών με πρισματικά ορθόγωνα.

Τα πρισματικά ορθόγωνα στηρίζονται στο νόμο της διαθλάσεως, σύμφωνα με τον οποίο, όταν μια ακτίνα α εισέλθει από ενα διαφανές μέσο (π.χ. τον ατμοσφαιρικό αέρα) σε ένα άλλο (π.χ. το γυαλί), δεν ακολουθεί την αρχική διεύθυνση α, αλλά την α΄ η οποία είναι τέτοια, ώστε ο λόγος ημφ/ημφ΄ να παραμένει σταθερός για κάθε τιμή της φ (σχ. 5.3α). Η γωνία φ ονομάζεται ***γωνία προσπτώσεως***, η φ΄ ***γωνία διαθλάσεως*** και ο σταθερός λόγος ημφ/ημφ΄ = ν ***δείκτης διαθλάσεως*** του δεύτερου μέσου ως προς το πρώτο (του γυαλιού ως προς τον ατμοσφαιρικό αέρα για το παράδειγμά μας).



Σχ. 5.3α.

Ο δείκτης διαθλάσεως ν δεν είναι τίποτε άλλο παρά ο λόγος της πυκνότητας του δεύτερου μέσου προς την πυκνότητα του πρώτου. Συνεπώς, εάν το πρώτο μέσο είναι αραιότερο από ό,τι το δεύτερο, τότε $ν > 1$ και $φ > φ'$. Εάν αντιστρόφως είναι πυκνότερο τότε $ν < 1$ και $φ < φ'$.

Εάν τώρα η πορεία της ακτίνας αντιστραφεί, δηλαδή εάν η ακτίνα κινηθεί από το δεύτερο μέσο προς το πρώτο (από το γυαλί προς τον ατμοσφαιρικό αέρα), τότε στη γωνία προσπτώσεως φ΄ αντιστοιχεί γωνία διαθλάσεως φ και ισχύει η σχέση ημφ΄/ ημφ = ν΄, όπου ν΄ ο δείκτης διαθλάσεως του πρώτου μέσου ως προς το δεύτερο. Είναι φανερό ότι ισχύει η σχέση $ν' = 1/ν$.

Ας δούμε τώρα τη συγκεκριμένη περίπτωση των πρισμάτων, όπου το πρώτο διαφανές μέσο είναι ο ατμοσφαιρικός αέρας και το δεύτερο το γυαλί. Ο δείκτης διαθλάσεως ν του γυαλιού προς τον ατμοσφαιρικό αέρα, δηλαδή ο λόγος της πυκνότητας του γυαλιού προς την πυκνότητα του ατμοσφαιρικού αέρα, ισούται με $^3/_2$. Από τη σχέση ημφ/ημφ΄ = ν προκύπτει ότι διά $φ = 90^0$ ή ημφ = 1 έχομε 1/ημφ΄ = $^3/_2$ και συνεπώς ημφ΄ = $^2/_3$ ή $φ' = 42^0$.

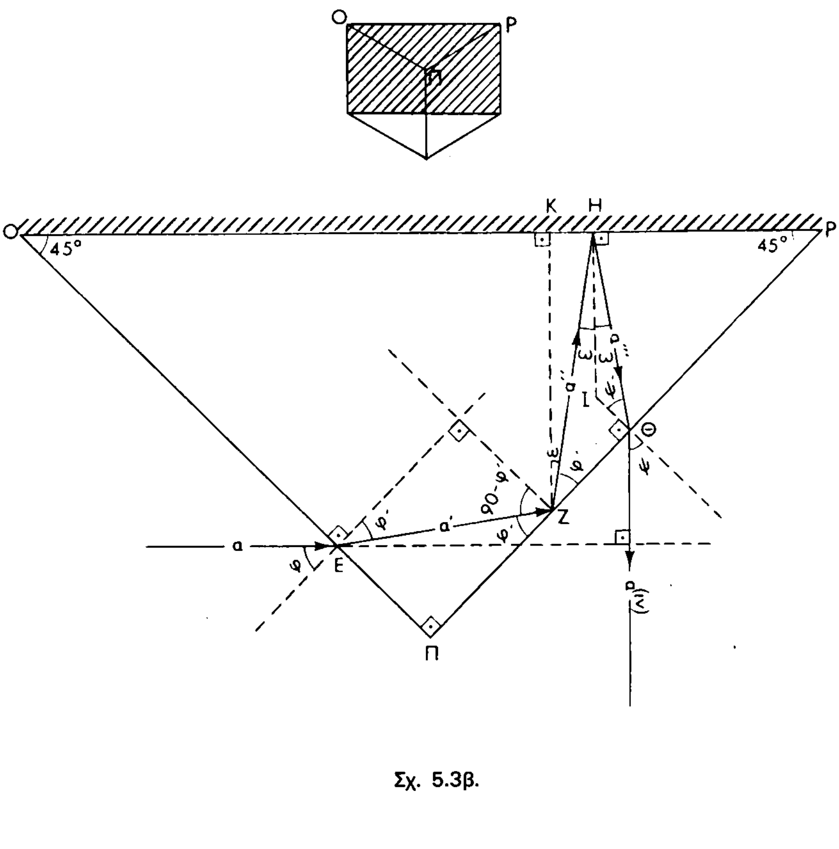
Η τιμή αυτή της φ΄ ονομάζεται γωνία ***ολικής ανακλάσεως***. Αυτό σημαίνει ότι, εάν μια ακτίνα κινηθεί από το γυαλί προς τον ατμοσφαιρικό αέρα υπό γωνία προσπτώσεως μεγαλύτερη από 42^0 δεν θα διαθλασθεί, δηλαδή δεν θα εξέλθει στον ατμοσφαιρικό αέρα, αλλά θα ανακλασθεί εξ ολοκλήρου μέσα στη μάζα του γυαλιού.

Τα πρισματικά ή διαθλαστικά ορθόγωνα στηρίζονται στο νόμο της διαθλάσεως, δηλαδή στη σχέση $ημφ/ημφ' = ν$, και αποτελούνται από τέσσερα είδη. Το ***απλό πρισματικό ορθόγωνο,*** το ***διπλό πρισματικό ορθόγωνο,*** το ***απλό πεντάπρισμα*** και το ***διπλό πεντάπρισμα.***

α) Απλό πρισματικό ορθόγωνο.

Το απλό πρισματικό ορθόγωνο αποτελείται από ένα πρίσμα με διατομή το ορθογώνιο - ισοσκελές τρίγωνο ΟΠΡ (σχ. 5.3β). Η έδρα ΟΡ του πρίσματος είναι κατοπτρική (προς το μέρος του πρίσματος).

Από το σχήμα 5.3β διαπιστώνομε ότι τυχούσα ακτίνα προσπτώσεως α εξέρχεται στον ατμοσφαιρικό αέρα ως ακτίνα διαθλάσεως $α^{(IV)}$, αφού υποστεί μια πρώτη διάθλαση στο σημείο Ε, μια ολική ανάκλαση στο σημείο Ζ, μια κανονική ανάκλαση στο σημείο Η και μια δεύτερη διάθλαση στο σημείο Θ. Επειδή $φ' = ψ' = 45^0 - ω$, πράγμα που αποδεικνύεται εύκολα, έπεται ότι $φ = ψ$ και συνεπώς η $α^{(IV)}$ είναι κάθετη προς την α.

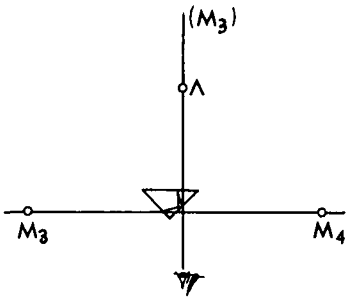


Σχ. 5.3β.

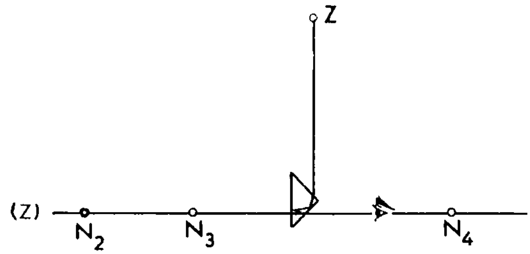
Παρατήρηση.

Για να είναι η ακτίνα εξόδου $α^{(iv)}$ κάθετη προς την ακτίνα εισόδου α, πρέπει η τελευταία να ακολουθήσει τη διαδρομή, που δείχνει το σχήμα 5. 3β. Για να συμβεί όμως αυτό πρέπει η α να είναι περίπου παράλληλη προς την κατοπτρική έδρα ΟΡ.

Ας έρθομε τώρα στη χάραξη καθέτων με τα πρισματικά ορθόγωνα. Για την πρώτη περίπτωση χαράξεως κρατούμε το πρισματικό ορθόγωνο επάνω από το σημείο Ε με την υποτείνουσα ΟΡ του ορθογώνου περίπου παράλληλη προς την ευθυγραμμία Α — Β και τοποθετούμε το ακόντιο Λ έτσι, ώστε $Λ \equiv (M_3)$ (σχ. 5.3γ). Κατά τη δεύτερη περίπτωση χαράξεως κάθετης κινούμαστε επάνω στην ευθυγραμμία Γ — Δ κρατώντας το ορθόγωνο με την υποτείνουσα ΟΡ περίπου κάθετη επάνω στην ευθυγραμμία, ώσπου να δούμε το είδωλο του ακοντίου N_3 να συμπίπτει με το ακόντιο Ζ (σχ. 5.3δ).



Σχ. 5.3γ.

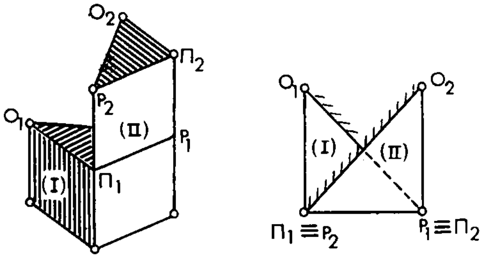


Σχ. 5.3δ.

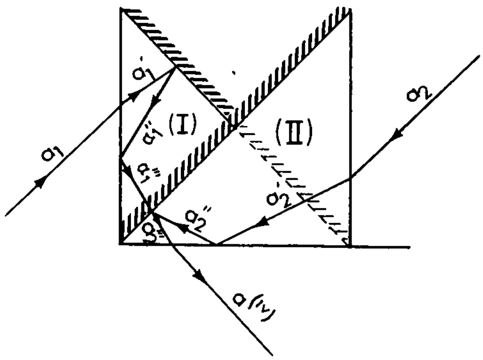
β) Διπλό πρισματικό ορθόγωνο.

Το διπλό πρισματικό ορθόγωνο χρησιμεύει τόσο για τον προσδιορισμό σημείων των διαφόρων ευθυγραμμιών (χωρίς την ανάγκη βοηθού), όσο και για τη δεύτερη περίπτωση χαράξεως καθέτων. Αποτελείται από δύο απλά πρισματικά ορθόγωνα, από τα οποία το ένα βρίσκεται πάνω από το άλλο, όπως δείχνει το σχήμα 5.3ε.

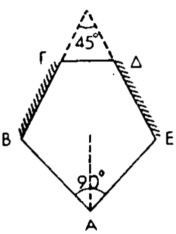
Εάν ακολουθήσομε την πορεία δύο παραλλήλων ακτίνων, που προσπίπτουν η μεν $α_1$ περίπου κάθετα προς την υποτείνουσα του απλού πρισματικού ορθογώνου (Ι), η δε $α_2$ περίπου παράλληλα προς την υποτείνουσα του ορθογώνου (ΙΙ), θα διαπιστώσομε ότι εξέρχονται στον ατμοσφαιρικό αέρα κατά την κοινή διεύθυνση $α^{(iv)}$ (σχ. 5.3στ). Εάν συνεπώς κρατήσομε το διπλό πρισματικό ορθόγωνο επάνω από οποιοδήποτε σημείο της ευθυγραμμίας Α — Β έτσι, ώστε η υποτείνουσα του ενός πρίσματος να είναι περίπου παράλληλη προς την ευθυγραμμία και η υποτείνουσα του άλλου περίπου κάθετη, θα δούμε τα είδωλα των ακοντίων που είναι και από τις δύο μεριές.M_3 και M_4 να συμπίπτουν. Η σύμπτωση αυτή σημαίνει ότι το διπλό πρισματικό ορθόγωνο βρίσκεται ακριβώς επάνω στην ευθυγραμμία. Έτσι ορίζομε σημεία της ευθυγραμμίας. Όταν πάλι θέλομε να χαράξομε κάθετη από το σημείο Ζ προς την ευθυγραμμία Γ — Δ, κινούμαστε επάνω στην ευθυγραμμία κρατώντας κατά τον ίδιο τρόπο το διπλό πρισματικό ορθόγωνο, ώσπου να επιτύχομε κοινή σύμπτωση των ειδώλων (N_3) και (N_4) με το ακόντιο Ζ. Έτσι ορίζομε το πόδι Ζ΄ της



Σχ. 5.3ε.



Σχ. 5.3στ.



Σχ. 5.3ζ.

κάθετης από το Ζ με μεγαλύτερη ακρίβεια παρ' ό,τι με το απλό πρισματικό ορθόγωνο.

γ) Απλό πεντάπρισμα.

Το απλό πεντάπρισμα είναι και αυτό ένα πρισματικό ορθόγωνο με τη διαφορά ότι η διατομή του πρίσματος δεν είναι ορθογώνιο - ισοσκελές τρίγωνο, όπως το απλό πρισματικό ορθόγωνο, αλλά πεντάγωνο (σχ. 5.3ζ). Το πεντάγωνο αυτό έχει τα εξής χαρακτηριστικά: Πλευρά ΑΒ και ΑΕ ίσες. Γωνία κορυφής Α = 90^0. Γωνία πλευρών ΒΓ και ΔΕ προεκτεινομένων = 45^0. Τέλος οι πλευρές ΒΓ και ΔΕ είναι κατοπτρικές προς το μέρος του πρίσματος.

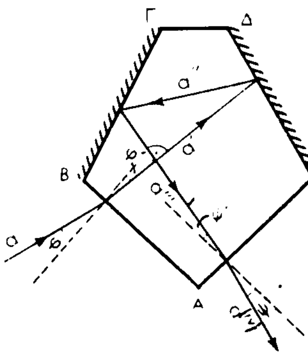
Ας παρακολουθήσομε τώρα την πορεία της ακτίνας προσπτώσεως α μέσα στη μάζα ενός τέτοιου πρίσματος. Η α διαθλάται κατά την α΄, η α΄ ανακλάται δύο φορές επάνω στις κατοπτρικές έδρες ΔΕ και ΒΓ και τέλος η α΄΄ εξέρχεται στον ατμοσφαιρικό αέρα κατά τη διεύθυνση $\alpha^{(IV)}$. Αποδεικνύεται αρκετά εύκολα ότι η $\alpha^{(IV)}$ είναι κάθετη προς την α, αρκεί να αποδειχθεί ότι $\varphi'' = \psi'$ και $\varphi = \psi$ (σχ. 5.3η).

Η καθετότητα των ακτίνων εισόδου και εξόδου μας δίνει τη δυνατότητα να χρησιμοποιήσομε το απλό πεντάπρισμα κατά τρόπο ανάλογο προς τον τρόπο χρήσεως του απλού πρισματικού ορθογώνου.

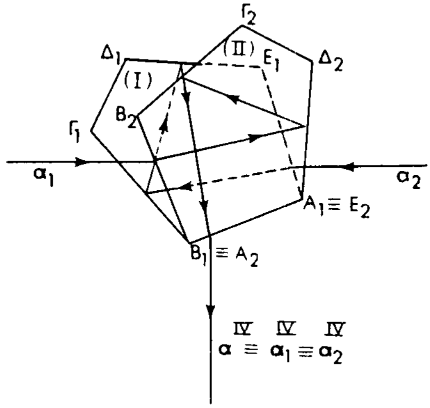
δ) Διπλό πεντάπρισμα.

Το διπλό πεντάπρισμα αποτελείται από δύο απλά. Από αυτά το ένα κείται επάνω από το άλλο, όπως δείχνει το σχήμα 5.3θ. Από το ίδιο σχήμα προκύπτει ότι δύο παράλληλες ακτίνες από τις οποίες η $α_1$ προσπίπτει επάνω στο απλό πεντάπρισμα (I) και η $α_2$ επάνω στο (II), εξέρχονται στον ατμοσφαιρικό αέρα κατά την κοινή διεύθυνση $α^{(IV)}$.

Η σύμπτωση αυτή των ακτίνων εξόδου μας δίνει τη δυνατότητα να χρησιμοποιήσομε το διπλό πεντάπρισμα, όπως το διπλό πρισματικό ορθόγωνο, δηλαδή για τον προσδιορισμό σημείων των ευθυγραμμιών και για τη δεύτερη περίπτωση χαράξεως καθέτων. Ο τρόπος χρήσεως είναι, εντελώς ανάλογος με εκείνον, που αναφέραμε για το διπλό πρισματικό ορθόγωνο.



Σχ. 5.3η.



Σχ. 5.3θ.

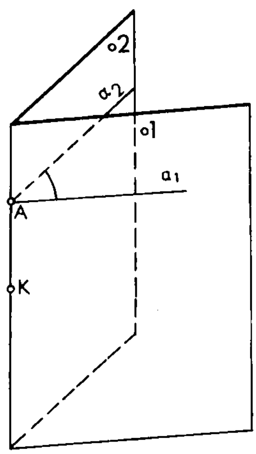
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΚΤΟ

ΜΕΤΡΗΣΗ ΟΡΙΖΟΝΤΙΩΝ ΓΩΝΙΩΝ – ΓΕΝΙΚΟΤΗΤΕΣ

6.1 Οριζόντια γωνία δύο σημείων ως προς τρίτο.

Μας δίνονται τρία σημεία: τα Α, 1 και 2. Θεωρούμε τα κατακόρυφα επίπεδα των σημείων Α και 1 και των σημείων Α και 2 (σχ. 6.1). Επίσης θεωρούμε τις οριζόντιες ευθείες $α_1$ και $α_2$, που διέρχονται από το σημείο Α και κείνται: η μεν $α_1$ στο κατακόρυφο επίπεδο Α,1 η δε $α_2$ στο κατακόρυφο επίπεδο Α,2.

Ονομάζομε ***οριζόντια γωνία*** των σημείων 1 και 2 ως προς το σημείο Α τη γωνία που σχηματίζουν οι ευθείες $α_1$ και $α_2$.



Σχ. 6.1.

Τα δύο κατακόρυφα επίπεδα τέμνονται κατά την κατακόρυφη ευθεία του σημείου Α. Επομένως οι $α_1$ και $α_2$ είναι κάθετες προς την ΑΚ (Κ το κέντρο του γεωειδούς). Άρα, η οριζόντια γωνία $α_1$ Α $α_2$ ισούται με την τιμή της διέδρου γωνίας που σχηματίζουν τα κατακόρυφα επίπεδα Α,1 και Α, 2.

Η μέτρηση μιας οριζόντιας γωνίας μπορεί να γίνει με διάφορα τοπογραφικά όργανα λιγότερο ή περισσότερο πολύπλοκα. Τα κυριότερα από τα όργανα αυτά είναι ο ***θεοδόλιχος*** και η ***γωνιομετρική πυξίδα.*** Πριν όμως τα περιγράψομε, θα πούμε μερικά πράγματα για τις μονάδες μετρήσεως γωνιών.

6.2 Μονάδες μετρήσεως γωνιών.

Οι συνήθεις μονάδες μετρήσεως γωνιών στην Τοπογραφία είναι οι βαθμοί και οι μοίρες. ***Βαθμός*** (grad) είναι η γωνία, που αντιστοιχεί προς το ένα τετρακοσιοστό ($^1/_{400}$) της περιφέρειας. ***Μοίρα*** είναι η γωνία, που αντιστοιχεί προς το ένα τριακοσιοστό εξηκοστό ($^1/_{360}$) της περιφέρειας.

Συνεπώς ο κύκλος έχει 400 βαθμούς ή 360 μοίρες, το ημικύκλιο 200 βαθμούς ή 180 μοίρες και το τεταρτοκύκλιο 100 βαθμούς ή 90 μοίρες.

Κάθε βαθμός υποδιαιρείται σε εκατό εκατοστά του βαθμού και κάθε εκατοστό του βαθμού σε εκατό εκατοστά του εκατοστού. Ο βαθμός συμβολίζεται με το γράμμα (^{g}), το εκατοστό του βαθμού με το γράμμα (^{c}) και το εκατοστό του εκατοστού με το διπλό γράμμα (^{cc}). Έτσι η παράσταση: $352^g\ 15^c\ 35^{cc}$ σημαίνει: τριακόσιοι πενήντα δύο βαθμοί, δεκαπέντε εκατοστά του βαθμού και τριάντα πέντε εκατοστά του εκατοστού. Η ίδια γωνία παρίσταται απλούστερα και ως δεκαδικός αριθμός ως εξής: 352, 1535 g.

Κάθε μοίρα υποδιαιρείται σε εξήντα πρώτα λεπτά και κάθε πρώτο λεπτό σε εξήντα δεύτερα. Η μοίρα συμβολίζεται με το σύμβολο($^\circ$), το πρώτο λεπτό της μοίρας με μια οξεία (′) και το δεύτερο λεπτό της μοίρας με δύο οξείες (″). Έτσι η παράσταση: $176^\circ\ 33'24''$ σημαίνει εκατόν εβδομήντα έξι μοίρες, τριάντα τρία πρώτα λεπτά και εικοσιτέσσερα δεύτερα λεπτά της μοίρας.

Η γενική σχέση που συνδέει τους βαθμούς με τις μοίρες είναι:

$$\frac{u^g}{10} = \frac{\lambda^\circ}{9}$$

Με βάση τη σχέση αυτή μπορεί οποιαδήποτε γωνία, εκφρασμένη στο ένα από τα δύο συστήματα, να εκφρασθεί και στο άλλο. Π.χ. η γωνία $\lambda = 46^\circ\ 55'17''$, αν εκφρασθεί στο σύστημα βαθμών, θα ισούται με $u = 10/9\ \lambda = 10/9\ (46^\circ\ 55'17'') = 10/9\ (46^\circ\ 55,283') = 10/9\ .\ 46,9214^\circ = 52,1349^g = 52^g\ 13^c\ 49^{cc}$.

Για ευκολία έχουν συνταχθεί πίνακες μετατροπής των βαθμών σε μοίρες και αντιστρόφως.

Ειδικότερα οι μοίρες με τους βαθμούς, τα πρώτα λεπτά της μοίρας με τα εκατοστά του βαθμού και τα δεύτερα λεπτά της μοίρας με τα εκατοστά του εκατοστού συνδέονται αντιστοίχως με τις ακόλουθες σχέσεις:

$$1^\circ = \frac{10^g}{9}, \quad 1' = 1{,}852^c, \quad 1'' = 3{,}086^{cc}$$

$$1^g = \frac{9^\circ}{10}, \quad 1^c = 0{,}54', \quad 1^{cc} = 0{,}324''$$

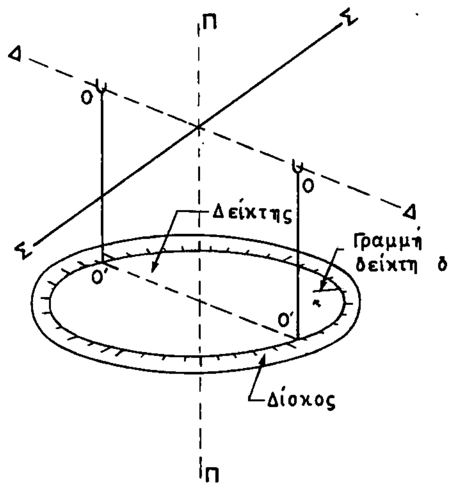
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΒΔΟΜΟ

ΜΕΤΡΗΣΗ ΟΡΙΖΟΝΤΙΩΝ ΓΩΝΙΩΝ ΜΕ ΤΟ ΘΕΟΔΟΛΙΧΟ

7.1 Θεοδόλιχος. Γενική περιγραφή.

Ο θεοδόλιχος, όπως ήδη τονίσαμε, είναι το κυριότερο όργανο μετρήσεως οριζοντίων γωνιών. Αποτελείται από τα εξής μέρη (σχ. 7.1α):

α) ***Τη σκοπευτική διάταξη ΣΣ.*** Η διάταξη αυτή είναι ένα τηλεσκόπιο, με το οποίο μπορούμε να διακρίνομε ευκρινώς μακρινά αντικείμενα και το οποίο έχει τη δυνατότητα να περιστρέφεται περί ένα αξονα ΔΔ. Επειδή από κατασκευή ΣΣ⊥ΔΔ, έπεται ότι κατά την περιστροφή της αυτή η σκοπευτική γραμμή ΣΣ διαγράφει ένα επίπεδο. Όταν ο άξονας ΔΔ είναι οριζόντιος, το επίπεδο αυτό είναι κατακόρυφο.



Σχ. 7.1α.

β) ***Το κύριο σώμα του θεοδόλιχου.*** Αποτελειται από τους ορθοστάτες ΟΟ′, που φέρουν τον άξονα ΔΔ και από ένα κύκλο, που ονομάζεται ***δείκτης.*** Κοντά στην περιφέρεια του δείκτη είναι χαραγμένη η γραμμή δ. Ο δείκτης μαζύ με τους ορθοστάτες, τον άξονα ΔΔ και τη σκοπευτική διάταξη ΣΣ περιστρέφονται γύρω από τον άξονα ΠΠ, δηλαδή την ευθεία, που ενώνει το κέντρο του δείκτη με το σημείο τομής της σκοπευτικής διατάξεως και του άξονα ΔΔ (σχ. 7.1α). Ο άξονας ΠΠ ονομάζεται ***πρωτεύων άξονας*** και ο άξονας ΔΔ ονομάζεται ***δευτερεύων.*** Ο πρωτεύων άξονας είναι κάθετος προς το δευτερεύοντα και προς το επίπεδο του δείκτη. Συνεπώς τα διάφορα επίπεδα, που διαγράφει η σκοπευτική γραμμή ΣΣ, όταν περιστρέφεται γύρω από το δευτερεύοντα άξονα, ενώ ταυτόχρονα το κύριο σώμα περιστρέφεται γύρω από τον πρωτεύοντα, διέρχονται από τον πρωτεύοντα άξονα ΠΠ. Επίσης κατά την περιστροφή του κύριου σώματος το επίπεδο του δείκτη παραμένει διαρκώς κάθετο προς τον ΠΠ.

γ) ***Το δίσκο.*** Ο δίσκος είναι ένας κυκλικός δακτύλιος που διαιρείται σε 360° ή 400^g. Η εσωτερική περιφέρεια του δακτύλιου αυτού συμπίπτει με την περιφέρεια του δείκτη. Ο δίσκος σε άλλους μεν θεοδόλιχους, που καλούνται ***απλοί,*** είναι σταθερά συνδεμένος με τη βάση του οργάνου, σε άλλους δε, που καλούνται ***επαναληπτικοί,*** έχει τη δυνατότητα και να περιστρέφεται μαζύ με το κύριο σώμα και να μένει ακίνητος μαζύ με τη βάση. Όταν ο δίσκος μένει ακίνητος, ενώ το κύριο σώμα του θεοδόλιχου περιστρέφεται γύρω από τον πρωτεύοντα άξονα, η γραμμή δ του δείκτη (σχ. 7.1α) κινείται εμπρός από τις υποδιαιρέσεις του δίσκου. Συνεπώς, εάν ακινητήσομε το κύριο σώμα σε δυο διαφορετικές θέσεις, η διαφορά μεταξύ των αντιστοίχων αναγνώσεων του δίσκου, εμπρός από τις οποίες, θα σταματήσει ο δείκτης, θα δίνει την τιμή της δίεδρης γωνίας, που σχηματίζεται από τα επίπεδα περιστροφής της σκοπευτικής διατάξεως ΣΣ στις θέσεις αυτές του κύριου σώματος.

δ) ***Τη βάση του θεοδόλιχου.*** Το μέρος αυτο του οργάνου υποβαστάζει τα τρία άλλα. Στηρίζεται στο έδαφος με τη βοήθεια ενός ***τρίποδα.*** Ονομάζεται και ***τρικόχλιο,*** γιατί είναι εφοδιασμένη με τρεις κοχλίες, οι οποίοι, όπως θα δούμε, χρησιμεύουν για την οριζοντίωση του θεοδόλιχου. Αναλυτική περιγραφή και σχήματα της βάσεως και του τρίποδα θα δοθούν παρακάτω.

Ας επανέλθομε τώρα στη μέτρηση της οριζόντιας γωνίας των σημείων 1 και 2 ως προς το σημείο Α (σχ. 6.1). Για να μετρήσομε τη γωνία αυτή τοποθετούμε το θεοδόλιχο με τη βοήθεια του τρίποδα επάνω ακριβώς από το σημείο Α έτσι, ώστε μετά την οριζοντίωση της βάσεως ο πρωτεύων άξονας ΠΠ να συμπίπτει με την κατακόρυφη, που αντιστοιχεί στο Α. Αυτό θα έχει τα ακόλουθα αποτελέσματα:

1) Ο δίσκος του θεοδόλιχου, ο δείκτης και ο δευτερεύων άξονας θα καταστούν οριζόντια.

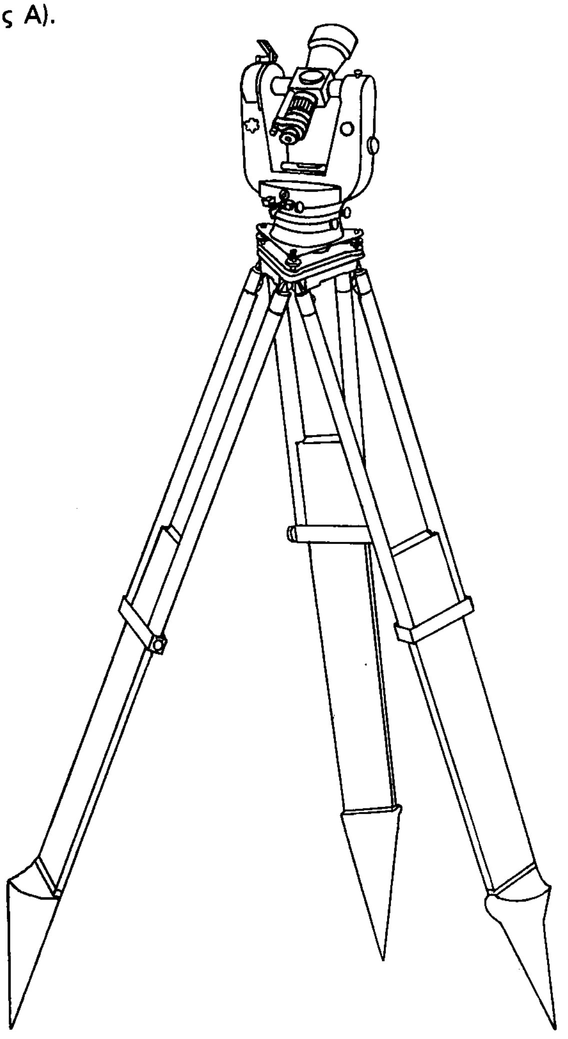
2) Τα διάφορα επίπεδα, που διαγράφει η σκοπευτική γραμμή ΣΣ, όταν στρέφεται γύρω από το δευτερεύοντα άξονα, εφ' όσον διέρχονται από τον πρωτεύοντα άξονα, θα καταστούν κατακόρυφα.

Συνεπώς, εάν κατευθύνομε τη σκοπευτική γραμμή αλληλοδιαδόχως προς τα σημεία 1 και 2 και κάνομε τις αντίστοιχες αναγνώσεις στο δίσκο, τότε η διαφορά μεταξύ των δύο αναγνώσεων θα δίνει την τιμή της δίεδρης γωνίας, που σχηματίζουν τα κατακόρυφα επίπεδα Α, 1 και Α, 2, δηλαδή την οριζόντια γωνία, που θέλομε να μετρήσομε.

Είδαμε προηγουμένως ότι, όταν κατακορυφώσομε τον πρωτεύοντα άξονα, ο δίσκος καθίσταται οριζόντιος. Ονομάζομε λοιπόν το δίσκο, για τον οποίο γίνεται λόγος, ***οριζόντιο δίσκο,*** για να τον αντιδιαστείλομε από ένα άλλο δίσκο, με τον οποίο είναι επίσης εφοδιασμένος ο θεοδόλιχος. Ο δεύτερος αυτός δίσκος, όταν κατακορυφωθεί ο πρωτεύων άξονας, καθίσταται και αυτός κατακόρυφος. Γι' αυτό ονομάζεται ***κατακόρυφος δίσκος.***

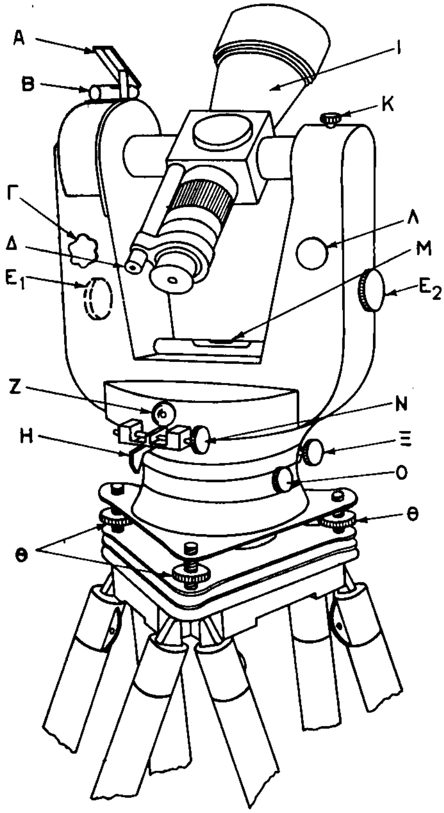
Ο κατακόρυφος δίσκος του θεοδόλιχου χρησιμεύει για τη μέτρηση κατακορύφων γωνιών. Αλλά τι είναι κατακόρυφη γωνία και πώς γίνεται η μέτρησή της θα τα εξετάσομε σε άλλο κεφάλαιο.

'Εως εδώ περιγράψαμε σύντομα τα διάφορα μέρη του οργάνου και δώσαμε μια γενική εικόνα του τρόπου λειτουργίας του. Σ' αυτό μας βοήθησε το σχημα 7.1α, που παριστάνει ***σχηματικά*** τα διάφορα μέρη του οργάνου. Πραγματική εικόνα του θεοδόλιχου, με βάση την οποία θα γίνει η λεπτομερής περιγραφή του, μας δίνουν τα σχήματα 7.1β και 7.1γ. Από αυτά το πρώτο εικονίζει ένα σχετικά σύγχρονο τύπο θεοδόλιχου, και συγκεκριμένα τον επαναληπτικό θεοδόλιχο Watts με τον τρίποδα, που τον υποβαστάζει, και το δεύτερο τον ίδιο τύπο με την κεφαλή του τρίποδα μόνο. Λίγο - πολύ όλοι οι τύποι θεοδολίχων, που χρησιμοποιούνται σήμερα από τα ελληνικά τεχνικά γραφεία, έχουν τα ίδια χαρακτηριστικά με τον εικονιζόμενο τύπο. Επίσης διευκρινίζεται ότι για τη μέτρηση οριζοντίων γωνιών χρησιμοποιείται, στις απλές κυρίως τοπογραφικές εργασίες, αντί για το θεοδόλιχο το ***ταχύμετρο***, που, όπως αναφέρεται στην παράγραφο 15.1, παρουσιάζει ορισμένες βασικές διαφορές ως προς το θεοδόλιχο. (Το ταχύμετρο πήρε αυτό το όνομα, διότι εκτός, από τη μέτρηση γωνιών έχει τη δυνατότητα να μετράει με αρκετή προσέγγιση και, το σπουδαιότερο, με ταχύτητα, την απόσταση των διαφόρων σημείων από το σημείο σκοπεύσεως Α).



Σχ. 7.1β.

Οι συμβολισμοί Α,Β,Γ,... έως Ο του σχήματος 7.1γ αναφέρονται στα εμφανή ε-ξαρτήματα του θεοδόλιχου. Η σημασία των συμβολισμών αυτών θα γίνει αντιλη-πτή κατά τα διάφορα στάδια της λεπτομερούς περιγραφής του οργάνου, που θα ε-



Σχ. 7.1γ.

Α: Κάτοπτρο αεροστάθμης δείκτη κατακορύφων γωνιών.
Β: Αεροστάθμη δείκτη κατακορύφων γωνιών.
Γ: Διορθωτικός κοχλίας δείκτη κατακορύφων γωνιών.
Δ: Μικροσκόπιο αναγνώσεως οριζοντίων και κατακορύφων γωνιών.
E_1: Κοχλίας χειρισμού οπτικού μικρομέτρου κατακορύφων γωνιών.
E_2: Κοχλίας χειρισμού οπτικού μικρομέτρου οριζοντίων γωνιών.
Ζ: Προσοφθάλμιο σύστημα ελέγχου κεντρώσεων θεοδόλιχου.
Η: Ανασταλτικός κοχλίας περιστροφής δείκτη οριζοντίων γωνιών.
Θ: Ρυθμιστικοί κοχλίες οριζοντιώσεως θεοδόλιχου.
Ι: Τηλεσκόπιο.
Κ: Ανασταλτικός κοχλίας περιστροφής τηλεσκοπίου.
Λ: Μικροκινητήριος κοχλίας περιστροφής τηλεσκοπίου.
Μ: Αεροστάθμη οριζοντιώσεως οργάνου.
Ν: Μικροκινητήριος κοχλίας περιστροφής δείκτη οριζοντίων γωνιών.
Ξ: Μικροκινητήριος κοχλίας περιστροφής οριζόντιου δίσκου.
Ο: Ανασταλτικός κοχλίας περιστροφής οριζόντιου δίσκου.

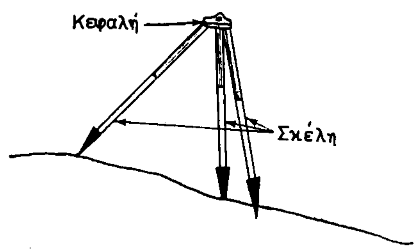
πακολουθήσει στις επόμενες παραγράφους. Ειδικότερα για τα εξαρτήματα Α,Β,Γ και E_1, που αφορούν αποκλειστικά στη μέτρηση κατακορύφων γωνιών, θα γίνει λόγος στο αντίστοιχο κεφάλαιο. Εδώ αναφέρομε μόνον ότι και για τη μέτρηση αυτή χρησιμοποιείται ο θεοδόλιχος (ή το ταχύμετρο κατά περίπτωση).

Κατά τη λεπτομερή περιγραφή του θεοδόλιχου θα ακολουθήσομε τη σειρά χειρισμών, δηλαδή τη φυσική σειρά των εργασιών, που κάνομε, όταν μετρούμε τις οριζόντιες γωνίες. Παράλληλα με κάθε μια από τις εργασίες αυτές θα περιγράψομε και τα αντίστοιχα μέρη και εξαρτήματα του οργάνου.

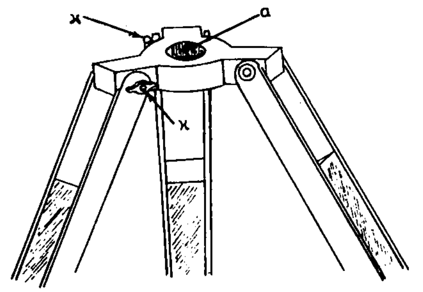
7.2 Τοποθέτηση οργάνου. Τρίποδας.

Ο θεοδόλιχος φυλάγεται μέσα σε κατάλληλο κιβώτιο και για την αποφυγή φθοράς κατά τη μεταφορά (θραύση κλπ.) και για να μη μένει εκτεθειμένος στις καιρικές συνθήκες. Όταν τον χρησιμοποιούμε, τον βγάζομε από το κιβώτιο και τον τοποθετούμε επάνω σε ένα τρίποδα. Ο ***τρίποδας*** είναι απαραίτητος, γιατί κατά τη σκόπευση των διαφόρων σημείων της επιφάνειας του εδάφους η σκοπευτική διάταξη ΣΣ (σχ. 7.1α) πρέπει να βρίσκεται κοντά στο μάτι του παρατηρητή (έτσι ονομάζεται ο χειριστής του θεοδόλιχου), ο οποίος φυσικά σκοπεύει όρθιος. Δηλαδή πρέπει το ύψος του θεοδόλιχου να ρυθμίζεται ανάλογα με το ύψος του ανθρώπου.

Υπάρχουν διάφοροι τύποι τριπόδων. Είναι κατασκευασμένοι συνήθως από ξύλο και αποτελούνται από την κεφαλή και τα σκέλη. Η κεφαλή έχει σκοπό να υποβαστάζει το όργανο, ενώ τα σκέλη προορίζονται για να το στηρίζουν στο έδαφος. Κεφαλή και σκέλη συνδέονται μεταξύ τους με αρθρώσεις. Αυτό επιτρέπει την περιστροφή του κάθε σκέλους σε σχέση με το σημείο συνδέσεως. Έτσι, μπορούμε να επιφέρομε μικρές μεταβολές στο ύψος του οργάνου, ανάλογα με το ανάστημα του παρατηρητή αλλά και να τοποθετήσομε τον τρίποδα με την κεφαλή οριζόντια και όταν ακόμη το έδαφος είναι κεκλιμένο (σχ. 7.2α).



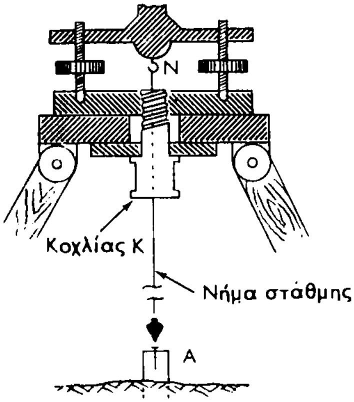
Σχ. 7.2α.



Σχ. 7.2β.

Στους παλιότερους τύπους τριπόδων η άρθρωση της συνδέσεως κεφαλής και σκέλους ήταν κοχλιωτή (σχ. 7.2β). Γι' αυτό έπρεπε μετά την τοποθέτηση του οργάνου στην κατάλληλη θέση να σφίγγομε τους κοχλίες κ για να στερεωθεί καλά ο τρίποδας. Στους νέους όμως τύπους τριπόδων (σχ. 7.1β και 7.1γ) οι κοχλίες δεν χρειάζονται, γιατί οι αρθρώσεις συνδέσεως είναι τόσο σφικτές, ώστε να επιτρέπουν και την περιστροφή των σκελών και την ασφαλή στερέωση του τρίποδα. Εξ άλλου οι νέοι τύποι μας παρέχουν τη δυνατότητα να αυξομειώνομε το μήκος των σκελών (σχ. 7.1β). Σε όλους ανεξαιρέτως τους τύπους τα άκρα των σκελών είναι ενισχυμένα με σιδερένιες αιχμές, για να στερεώνονται ευκολότερα στο έδαφος.

Η σύνδεση του οργάνου με την κεφαλή του τρίποδα γίνεται με τη βοήθεια του κοχλία Κ (σχ. 7.2γ), ο οποίος διαπερνά την τρύπα α της κεφαλής και κοχλιώνεται μέσα στη βάση του οργάνου. Η τρύπα α (σχ. 7.2β) είναι αρκετά μεγάλη και έχομε τη δυνατότητα, όταν αποκοχλιώσομε λίγο τον κοχλία Κ, να μετακινήσομε το όργανο οριζόντια επάνω στην κεφαλή του τρίποδα, χωρίς να υπάρχει κίνδυνος αποσυνδέσεως. Αυτό, όπως θα δούμε, έχει μεγάλη σημασία για την κέντρωση του οργάνου.



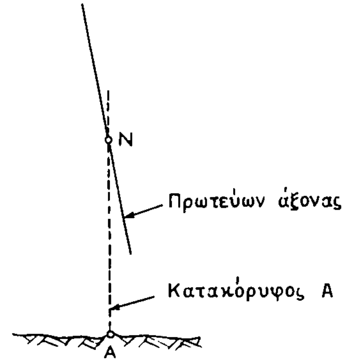
Σχ. 7.2γ.

7.3 Αρχική κέντρωση του οργάνου.

Κέντρωση του οργάνου ονομάζεται η εργασία, που εκτελούμε, ώστε ο πρωτεύων άξονας ΠΠ να συμπέσει με την κατακόρυφη, που αντιστοιχεί στο σημείο Α.

Πρώτα επιδιώκομε να επιτύχομε μια ***αρχική κέντρωση*** του όλου οργάνου κατά την τοποθέτηση του τρίποδα επάνω από το σημείο Α. Η κέντρωση αυτή επιτυγχάνεται με τη βοήθεια ενός νήματος της στάθμης, που το κρεμούμε από το σημείο Ν της βάσεως του οργάνου (σχ. 7.2γ). Το σημείο Ν κείται από κατασκευής επάνω στον πρωτεύοντα άξονα ΠΠ. Ο κοχλίας Κ (σχ. 7.2γ) είναι διάτρητος για να μη εμποδίζει την ανάρτηση του νήματος της στάθμης. Εάν τώρα τοποθετήσομε τον τρίποδα έτσι, ώστε η μεν κεφαλή του να είναι περίπου οριζόντια, το δε νήμα της στάθμης να αντιστοιχεί ακριβώς στο κέντρο σημάνσεως του σημείου Α, θα επιτύχομε ικανοποιητική αρχική κέντρωση, δηλαδή μια κατά προσέγγιση σύμπτωση του πρωτεύοντα άξονα ΠΠ και της κατακόρυφης από το Α. Η σύμπτωση δεν είναι πλήρης, γιατί αφορά μόνο σε ένα σημείο του πρωτεύοντα άξονα, δηλαδή το σημείο αναρτήσεως του νήματος της στάθμης. Τα άλλα σημεία του άξονα ενδέχεται να αποκλίνουν από την κατακόρυφη (σχ. 7.3).

Συνεπώς, για να επιτύχομε πλήρη κέντρωση του οργάνου, δηλαδή πλήρη σύμπτωση πρωτεύοντα άξονα και κατακόρυφης από το Α, πρέπει να προηγηθεί η κα-



Σχ. 7.3.

τακορύφωση του πρωτεύοντα άξονα ή, όπως επίσης λέγεται, η ***οριζοντίωση του οργάνου.***

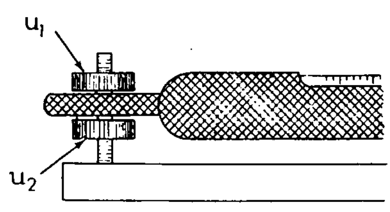
7.4 Οριζοντίωση του οργάνου. Αεροστάθμη.

Μια πρώτη όχι ακριβή οριζοντίωση του οργάνου επιδιώκομε αμέσως με την τοποθέτησή του επάνω στο έδαφος, οπότε, όπως είπαμε, προσπαθούμε η κεφαλή του τρίποδα να είναι κατά το δυνατόν οριζόντια.

Όσο μεγαλύτερη επιτυχία θα σημειώσομε κατά την προσπάθειά μας αυτή, τόσο λιγότερο θα χρονοτριβήσομε για την ακριβή οριζοντίωση του οργάνου.

Η ακριβής οριζοντίωση επιτυγχάνεται με τη σωληνωτή αεροστάθμη, για την οποία είπαμε ότι συνδυάζεται συνήθως με άλλα πολυπλοκότερα τοπογραφικά όργανα (παράγρ. 2.2). Ένα από τα όργανα αυτά είναι και ο θεοδόλιχος.

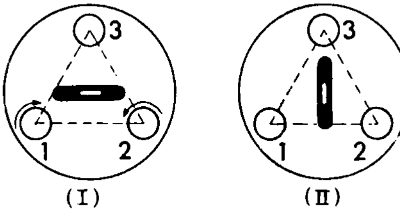
Η σωληνωτή αεροστάθμη του θεοδόλιχου είναι επιθετή. Προσαρμόζεται στο κύριο σώμα του οργάνου έτσι, ώστε να είναι κάθετη προς τον πρωτεύοντα άξονα ΠΠ (βλέπε γράμμα Μ του σχήματος 7.1γ). Αυτή όμως η προσαρμογή δεν είναι συμπαγής, διότι, αν ήταν και για κάποιο λόγο, π.χ. ύστερα από κάποια κρούση, αίρονταν η καθετότητα, ο θεοδόλιχος θα αχρηστεύονταν. Προβλέπεται λοιπόν τέτοιου είδους προσαρμογή ώστε να επιτρέπει το ανεβοκατέβασμα του ενός άκρου της αεροστάθμης με κάποιο κατάλληλο μηχανισμό, π.χ. με το σύστημα των κοχλιών u_1 και u_2 του σχήματος 7.4α. Ας επανέλθομε τώρα στην οριζοντίωση του θεοδόλιχου.



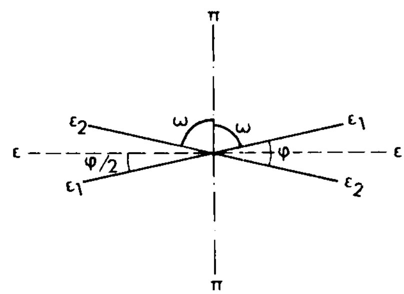
Σχ. 7.4α.

Αφού συμπληρώσομε την πρώτη κέντρωση του οργάνου, στρέφομε το θεοδόλιχο γύρω από τον πρωτεύοντα άξονα ΠΠ, ώστου η αεροστάθμη, που τον ακολουθεί στην περιστροφή του να γίνει περίπου παράλληλη προς τη νοητή ευθεία, την οποία σχηματίζουν οι ρυθμιστικοί κοχλίες 1 και 2 της βάσεως του οργάνου [σχ. 7.4β(Ι)]. Οι ρυθμιστικοί αυτοί κοχλίες, καθώς γνωρίζομε ήδη, είναι τρεις και παριστάνονται με το γράμμα Θ στη γενική εικόνα του θεοδόλιχου (σχ. 7.1γ).

Στρέφομε τότε τους κοχλίες 1 και 2 κατά τη φορά του σχήματος 7.4α (α) ή την αντίθετή της, ώστου η σωληνωτή αεροστάθμη να ισορροπήσει. Ο άξονας της αεροστάθμης θα καταστεί οριζόντιος. Κατόπιν στρέφομε το όργανο γύρω από τον πρωτεύοντα άξονα ΠΠ κατά 180°. Εάν ισχύει η συνθήκη ακρίβειας της αεροστάθμης, δηλαδή εάν ε — ε⊥ΠΠ, θα πρέπει η νέα θέση του άξονα της αεροστάθμης να συμπέσει με την παλιά και συνεπώς να διατηρηθεί η ισορροπία της. Εάν όμως δεν ισχύει η καθετότητα ε — ε⊥ΠΠ, τότε ο άξονας της αεροστάθμης θα καταλάβει τη νέα θέση $\epsilon_2 - \epsilon_2$ (σχ. 7.4γ), που θα είναι διαφορετική από την παλιά $\epsilon_1 - \epsilon_1$. Με άλλα λόγια η $\epsilon_2 - \epsilon_2$ δεν θα είναι οριζόντια και επομένως η ισορροπία της αεροστάθμης θα καταστραφεί, με αποτέλεσμα το μέσο της φυσαλίδας να συμπέσει με



Σχ. 7.4β.



Σχ. 7.4γ.

κάποιο σημείο Κ′ της αεροστάθμης διαφορετικό από το κανονικό σημείο της Κ.

Η διόρθωση της αεροστάθμης και η αποκατάσταση της καθετότητας ε — ε ⊥ ΠΠ γίνεται τότε με τους κοχλίες u_1 και u_2 του σχήματος 7.4α, με τους οποίους ανεβάζομε ή κατεβάζομε το άκρο της αεροστάθμης έως ότου το μέσο της φυσαλίδας συμπέσει με το μέσο του τόξου ΚΚ′. (Τα σημεία Κ και Κ′ δεν σημειώνονται σε κανένα σχήμα).

Είναι εύκολο να αντιληφθεί κανείς ότι το τόξο ΚΚ′ ισούται με τη γωνία φ, που σχηματίζουν οι $\epsilon_1 - \epsilon_1$ και $\epsilon_2 - \epsilon_2$ (σχ. 7.4γ). Επίσης, επειδή οι $\epsilon_1 - \epsilon_1$ και $\epsilon_2 - \epsilon_2$ σχηματίζουν ίσες γωνίες με τον πρωτεύονται άξονα ΠΠ (γωνίες ω στο σχήμα 7.4γ) συμπεραίνομε ότι η διχοτόμος της γωνίας Φ θα είναι κάθετη προς τον ΠΠ. Για να αποκαταστήσομε λοιπόν την καθετότητα του άξονα της αεροστάθμης και του πρωτεύοντα άξονα του θεοδόλιχου, θα πρέπει να στρέψομε την αεροστάθμη, με τη βοήθεια των κοχλιών u_1 και u_2, κατά γωνία φ/2, πράγμα που θα συμβεί όταν η φυσαλίδα της αεροστάθμης διανύσει το μισό της αποστάσεως, που χωρίζει το σημείο Κ′ από το κανονικό σημείο Κ.

Αφού αποκαταστήσομε την καθετότητα ε — ε ⊥ ΠΠ, ολοκληρώνομε την οριζοντίωση της αεροστάθμης, ήτοι φέρομε σε σύμπτωση το μέσο της φυσαλίδας με το κανονικό σημείο Κ, με τη βοήθεια όχι πια των κοχλιών u_1 και u_2 αλλά 1 και 2 της βάσεως του οργάνου. Έπειτα στρέφομε το όργανο γύρω απ' τον πρωτεύοντα άξονα ΠΠ κατά 90° και κάνομε νέα οριζοντίωση της αεροστάθμης χρησιμοποιώντας μόνον τον κοχλία 3 [σχ. 7.4β (ΙΙ)]. 'Ετσι ο άξονας της αεροστάθμης καθίσταται οριζόντιος σε δύο διαφορετικές θέσεις της αεροστάθμης, που είναι κάθετες μεταξύ τους. Συνεπώς, σύμφωνα με όσα είπαμε στην παράγραφο 2.2 για την κατακορύφωση μιας ευθείας, ο άξονας ΠΠ καθίσταται κατακόρυφος.

Ο έλεγχος της καθετότητας ε — ε⊥ΠΠ πρέπει να γίνεται κάθε φορά, που οριζοντιώνομε το θεοδόλιχο. Εάν το αποτέλεσμα του ελέγχου είναι αρνητικό, τότε προβαίνομε στην οριζοντίωση του οργάνου σύμφωνα με όσα είπαμε παραπάνω. Εάν το αποτέλεσμα είναι θετικό, οριζοντιώνομε την αεροστάθμη στις θέσεις Ι και ΙΙ χωρίς να μεσολαβήσει καμιά διόρθωση.

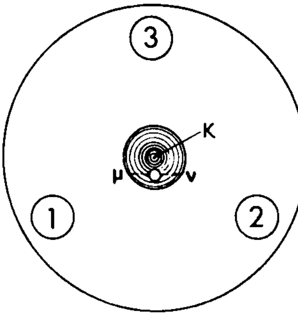
Εάν δεν γίνει ο έλεγχος της καθετότητας ε — ε⊥ΠΠ και κατά σύμπτωση δεν ισχύει η καθετότητα, θα συμβεί το εξής: 'Οταν επιτευχθεί η ισορροπία της αεροστάθμης στη θέση ΙΙ, θα καταστραφεί στη θέση Ι. Εάν δηλαδή επανέλθομε στη θέση Ι, θα διαπιστώσομε ότι η αεροστάθμη δεν ισορροπεί. Και εάν θελήσομε να αποκαταστήσομε την ισορροπία της, θα συμβεί το ίδιο για τη θέση ΙΙ. Με άλλα λόγια δεν θα κατορθώσομε ποτέ να οριζοντιώσομε την αεροστάθμη και στις δύο διαδοχικές θέσεις.

Καλό είναι έπειτα από την οριζοντίωση της αεροστάθμης στη θέση ΙΙ να επανερχόμαστε πάντοτε στη θέση Ι και να διαπιστώνομε, εάν διατηρείται η ισορροπία της αεροστάθμης, έστω και εάν έχομε κάνει τον έλεγχο της καθετότητας. Μόνο τότε είμαστε απόλυτα ασφαλείς ότι πετύχαμε την οριζοντίωση του οργάνου, δηλαδή την κατακορύφωση του πρωτεύοντα άξονα ΠΠ.

Μερικοί τύποι θεοδολίχων είναι εφοδιασμένοι εκτός από τη σωληνωτή και με σφαιρική αεροστάθμη. Εννοείται ότι η σφαιρική αεροστάθμη δεν χρησιμοποιείται παρά μόνο για μια πρώτη οριζοντίωση του οργάνου. Επακολουθεί πάντοτε ακριβής οριζοντίωση με τη σωληνωτή αεροστάθμη.

Η οριζοντίωση του οργάνου με τη σφαιρική αεροστάθμη γίνεται ως εξής: Χειριζόμαστε πρώτα τους ρυθμιστικούς κοχλίες 1 και 2 του τρικοχλίου, ώσπου η φυσαλίδα της σφαιρικής αεροστάθμης να συμπέσει με το μέσο του τόξου μ — ν (σχ. 7.4δ). 'Επειτα χειριζόμαστε το ρυθμιστικό κοχλία 3, ώσπου η φυσαλίδα να συμπέσει με το κανονικό σημείο. Εάν ισχύει η συνθήκη ακρίβειας της σφαιρικής αεροστάθμης, δηλαδή εάν ο άξονας ε της αεροστάθμης (παράγρ. 2.3) είναι κάθετος προς τον πρωτεύοντα άξονα ΠΠ του θεοδόλιχου, τότε ο άξονας ε θα γίνει οριζόντιος και συνεπώς ο πρωτεύων άξονας ΠΠ θα κατακορυφωθεί.

Η συνθήκη ακρίβειας της σφαιρικής αεροστάθμης ελέγχεται και αποκαθίσταται όπως περίπου και της σωληνωτής. Χρησιμοποιούνται δηλαδή ορισμένοι μικροκοχλίες που συνδέουν την αεροστάθμη με το κύριο σώμα του θεοδόλιχου. Οι μικροκοχλίες αυτοί επιτρέπουν να μετακινούμε ελαφρά τον άξονα ε της αεροστάθμης, χωρίς να μετακινούμε καθόλου τον πρωτεύοντα άξονα ΠΠ. Συνήθως όμως στο θεοδόλιχο, όπου η ακριβής οριζοντίωση γίνεται με τη σωληνωτή αεροστάθμη, δεν κάνομε έλεγχο της συνθήκης ακρίβειας της σφαιρικής αεροστάθμης.



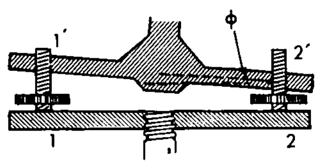
Σχ. 7.4δ.

7.5 Τελική κέντρωση του οργάνου.

Αφού γίνει η οριζοντίωση του οργάνου ή η κατακορύφωση του πρωτεύοντα άξονα ΠΠ, επακολουθεί η ***τελική κέντρωση*** του θεοδόλιχου. Ενδέχεται δηλαδή ή μάλλον είναι βέβαιο ότι κατά την κατακορύφωση του πρωτεύοντα άξονα το σημείο Ν (σχ. 7.2γ) θα εκτραπεί από την κατακόρυφη του σημείου Α. Πρακτική ένδειξη του γεγονότος αυτού θα είναι ότι το νήμα της στάθμης δεν θα κρέμεται ακριβώς επάνω από το κέντρο σημάνσεως του σημείου Α. Για να φέρομε σε σύμπτωση τον πρωτεύοντα άξονα με την κατακόρυφη του Α, ξεσφίγγομε λίγο τον κοχλία Κ (σχ. 7.2γ) και μετακινούμε το θεοδόλιχο οριζόντια επάνω στην κεφαλή του τρίποδα, ώσπου να επαναφέρομε το νήμα της στάθμης στην κανονική του θέση. Ελέγχομε και πάλι την οριζοντιότητα του οργάνου με τη σωληνωτή αεροστάθμη και, εάν απαιτηθεί νέα αποκατάσταση της οριζοντιότητας, ελέγχομε ξανά την κέντρωση, έως ότου εξασφαλίσομε ταυτόχρονη κέντρωση και οριζοντιότητα.

Εάν κατά την αρχική τοποθέτηση του οργάνου δεν έχομε επιτύχει επαρκή οριζοντιότητα της κεφαλής του τρίποδα, τότε ενδέχεται η απόκλιση του νήματος της στάθμης από την κατακόρυφη του Α, λόγω της κατακορυφώσεως του πρωτεύοντα άξονα, να είναι τόσο μεγάλη, ώστε να εξαντλήσομε όλο το περιθώριο οριζόντιας κινήσεως του θεοδόλιχου επάνω στον τρίποδα, χωρίς να κατορθώσομε να επαναφέρομε το νήμα της στάθμης στην κανονική του θέση. Τότε φυσικά θα χρειασθεί να μετακινήσομε το θεοδόλιχο μαζύ με τον τρίποδα και να επαναλάβομε από την αρχή όλη τη διαδικασία κεντρώσεως και οριζοντιώσεως. Μια άλλη συνέπεια που μπορεί να παρουσιασθεί από την τυχόν ανεπαρκή οριζοντίωση της κεφαλής του τρίποδα κατά την αρχική τοποθέτηση του θεοδόλιχου είναι και η εξής:

Όταν κάνομε την κανονική οριζοντίωση με τους ρυθμιστικούς κοχλίες, ενδέχεται να έλθει κάποια στιγμή, που δεν θα μπορούμε να τους περιστρέψομε πια. Αυτό θα συμβεί, γιατί η γωνία φ (σχ. 7.5) θα έχει αυξηθεί υπερβολικά.



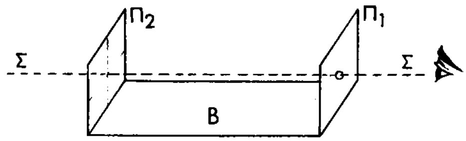
Σχ. 7.5.

Στους σύγχρονους τύπους θεοδολίχων η τελική κέντρωση γίνεται με ένα κατάλληλο προσοφθάλμιο σύστημα (γράμμα Ζ του σχήματος 7.1γ). Στο οπτικό πεδίο του συστήματος αυτού βλέπομε με τη βοήθεια ενός κατόπτρου το είδωλο του κέντρου σημάνσεως του σημείου Α. Για να κάνομε την κέντρωση μετακινούμε το όργανο επάνω στον τρίποδα, οπότε και το είδωλο του κέντρου σημάνσεως μετακινείται μέσα στο οπτικό πεδίο του προσοφθάλμιου συστήματος. Όταν το είδωλο του κέντρου σημάνσεως συμπέσει με το κέντρο του οπτικού πεδίου, η κέντρωση του οργάνου θα έχει επιτευχθεί. Το είδος αυτό της κεντρώσεως ονομάζεται ***οπτική κέντρωση.***

7.6 Σκόπευση. Διόπτρα. Τηλεσκόπιο.

Μετά την κέντρωση και οριζοντίωση του θεοδόλιχου ακολουθεί η σκόπευση των σημείων 1 και 2, των οποίων θέλομε να μετρήσομε την οριζόντια γωνία ως προς το σημείο Α. Η σκόπευση αυτή συνίσταται στο να αναγκάσομε τη σκοπευτική γραμμή ΣΣ (σχ. 7.1α) να περάσει από τα σημεία αυτά. Επομένως η σκόπευση πρέπει να γίνει με ένα όργανο εφοδιασμένο με σκοπευτική γραμμή.

Το απλούστερο σκοπευτικό όργανο είναι η ***διόπτρα*** (σχ. 7.6α). Αποτελείται από δύο μικρές πλάκες Π_1 και Π_2, που συνδέονται σταθερά με τη βάση Β. Η πλάκα Π_1 έχει στο κέντρο της μια μικρή τρύπα με διάμετρο περίπου 1 mm, ενώ η πλάκα Π_2 είναι εφοδιασμένη με δυο νήματα, που διασταυρώνονται κάθετα σχηματίζοντας το



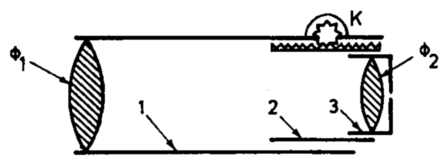
Σχ. 7.6α.

λεγόμενο ***σταυρόνημα.*** Προκειμένου να σκοπεύσομε ένα σημείο, φέρομε την τρύπα της πλάκας Π_1 καντά στο μάτι μας και κατευθύνομε έτσι τη διόπτρα, ώστε να δούμε το σημείο διασταυρώσεως των δυο νημάτων, δηλαδή το κέντρο του σταυρονήματος, να συμπίπτει με το σημείο σκοπεύσεως. Με άλλα λόγια η σκοπευτική γραμμή ΣΣ ορίζεται από την τρύπα της πλάκας Π_1 και το κέντρο του σταυρονήματος της πλάκας Π_2. Η διόπτρα όμως έχει ένα σοβαρό μειονέκτημα. Δεν μας επιτρέπει να σκοπεύομε παρά μόνο πολύ κοντινά σημεία, τα οποία μπορούμε να τα παρατηρήσομε με γυμνό μάτι. Εάν, όπως χρειάζεται στην πράξη, θελήσομε να σκοπεύσομε μακρινά σημεία, η σκόπευση δεν θα είναι ακριβής.

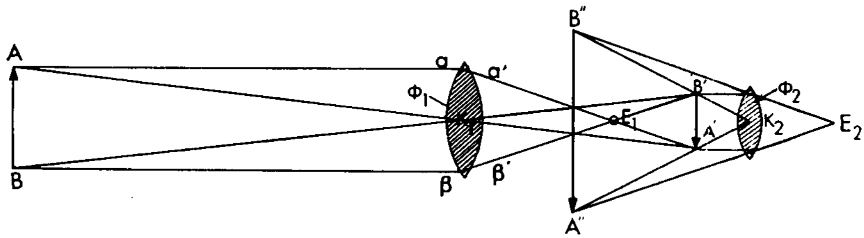
Καταφεύγομε λοιπόν σε ένα όργανο, που έχει τη δυνατότητα να μεγεθύνει τα αντικείμενα, ώστε να μπορούμε να κάνομε ακριβείς σκοπεύσεις, έστω και από μακριά. Το όργανο αυτό είναι το ***τηλεσκόπιο.***

Το τηλεσκόπιο είναι μια σκοπευτική διάταξη, που εκτός από το θεοδόλιχο προσαρμόζεται, όπως θα δούμε, και σε άλλα τοπογραφικά όργανα. Ο τύπος του τηλεσκοπίου των τοπογραφικών οργάνων είναι ο λεγόμενος αστρονομικός. Το ***αστρονομικό τηλεσκόπιο*** αντιστρέφει τα αντικείμενα που μεγεθύνει, αντίθετα από το ***γήινο τηλεσκόπιο,*** που διατηρεί την ορθή τους στάση. Αστρονομικά τηλεσκόπια χρησιμοποιούμε στις περιπτώσεις, όπου δεν μας ενοχλεί η αντιστροφή των αντικειμένων, όπως π.χ. συμβαίνει στην Αστρονομία και στην Τοπογραφία. Γήινα τηλεσκόπια, που απαιτούν πολυπλοκότερο σύστημα φακών, για να διατηρήσουν την ορθή στάση των αντικειμένων, χρησιμοποιούνται στη Ναυσιπλοΐα, στη Στρατιωτική Τέχνη κλπ.

Ο κλασσικός τύπος αστρονομικού τηλεσκοπίου είναι το τηλεσκόπιο Kepler, που παριστάνεται στο σχήμα 7.6β. Ο τύπος αυτός θεωρείται βέβαια σήμερα απηρχαιωμένος και δεν χρησιμοποιείται πια για τα τοπογραφικά όργανα, δίνει όμως μια σαφή εικόνα της λειτουργίας του αστρονομικού τηλεσκοπίου. Αποτελείται από τρεις μεταλλικούς σωλήνες, τους 1,2 και 3, ο καθένας από τους οποίους μπορεί να μετακινείται, σχετικά με τους άλλους δύο. Ο σωλήνας 1, που έχει και τη μεγαλύτερη διάμετρο, είναι εφοδιασμένος με ένα αμφίκυρτο φακό, τον Φ_1. Ο φακός αυτός ονομάζεται ***αντικειμενικός,*** γιατί είναι στραμμένος προς το αντικείμενο, που θέλομε να σκοπεύσομε. Με παρόμοιο φακό, τον $Φ_2$ (σχ. 7.6β), είναι εφοδιασμένος και ο σωλήνας 3. Ο φακός αυτός ονομάζεται ***προσοφθάλμιος***, γιατί βρίσκεται κοντά στο μάτι του παρατηρητή.



Σχ. 7.6β.



Σχ. 7.6γ.

Το σχήμα 7.6γ μας δείχνει πως το αντικείμενο ΑΒ μεγεθύνεται σύμφωνα με τους νόμους της Οπτικής κατά το τελικό ανεστραμμένο είδωλο Β"Α". (Πρώτα γίνεται η σμίκρυνση και αναστροφή του αντικειμένου από το φακό $Φ_1$, ενώ ο $Φ_2$ μεγεθύνει το ήδη σμικρυμένο και ανεστραμμένο είδωλο Β'Α').

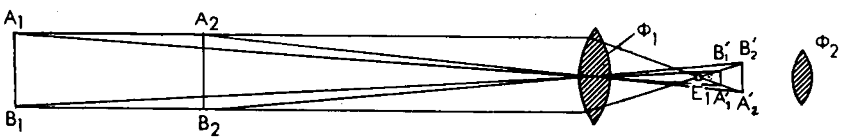
Οι οπτικές ακτίνες Αα και Ββ προσπίπτουν επάνω στον αντικειμενικό φακό $Φ_1$ και διαθλώνται κατά τις ακτίνες α' Α' και β' Β', που διέρχονται από την εστία του $Ε_1$.

Οι οπτικές ακτίνες $ΑΚ_1$ και $ΒΚ_1$, που διέρχονται από το κέντρο του ίδιου φακού, σύμφωνα με τους νόμους της Οπτικής, δεν υφίστανται καμιά εκτροπή λόγω διαθλάσεως. Έτσι οι τέσσερις οπτικές ακτίνες ορίζουν το είδωλο Β'Α' μικρότερο και αντίστροφο ως προς το ΑΒ.

Εάν λοιπόν το τηλεσκόπιο είχε μόνο αντικειμενικό φακό, στη θέση της μεγεθύνσεως, που θέλομε να επιτύχομε, θα είχαμε σμίκρυνση του αντικειμένου. Η χρήση του προσοφθάλμιου φακού αποβλέπει στη μεγέθυνση του ειδώλου Β'Α', που γίνεται με τους ίδιους νόμους της Οπτικής, αλλά με αντίστροφη πορεία των οπτικών ακτίνων. Τελικά προκύπτει το είδωλο Β"Α", που αποτελεί έμμεση μεγέθυνση του αντικειμένου ΑΒ, γιατί δεν μεγεθύνεται το ίδιο το αντικείμενο, αλλά το είδωλό του Β'Α'. Το τελικό είδωλο Β"Α" κείται ομοίως προς το Β'Α' και συνεπώς είναι αντίστροφο του ΑΒ (σχ. 7.6γ).

Από το σχήμα 7.6δ φαίνεται ότι το είδωλο Β'Α' δεν σχηματίζεται πάντοτε στην ίδια θέση μεταξύ των φακών $Φ_1$ και $Φ_2$ του τηλεσκοπίου. (Εξαρτάται από το αν το αντικείμενο που σκοπεύομε βρίσκεται μακριά μας ή κοντά μας). Διαφορετική είναι συνεπώς και η θέση του τελικού ειδώλου Β"Α". Εμείς όμως θέλομε το τελικό είδωλο να σχηματίζεται στην ***απόσταση ευκρινούς οράσεως*** (που διαφέρει από άνθρωπο σε άνθρωπο) για να το βλέπομε καθαρά. Σ' αυτή την ανάγκη οφείλεται η δυνατότητα μετακινήσεως του σωλήνα 3 ως προς τον 2 (σχ. 7.6β).

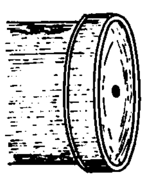
Ο σωλήνας 2, από το άλλο μέρος, φέρει το σταυρόνημα για το οποίο μιλήσαμε



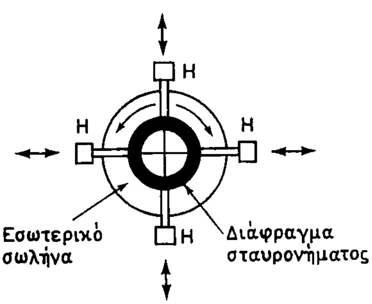
Σχ. 7.6δ.

στη διόπτρα (σχ. 7.6α). Αλλά και του σταυρονήματος το είδωλο πρέπει να σχηματίζεται στην απόσταση ευκρινούς οράσεως. Τελικά προκειμένου να σκοπεύσουμε το αντικείμενο ΑΒ μετακινούμε πρώτα (με κοχλίωση ή απλή ολίσθηση) του σωλήνα 3 ως προς τον 2 έως ότου ιδούμε καθαρά το σταυρόνημα, και κατόπιν, με τη βοήθεια του κοχλία Κ, μετακινούμε το σύστημα των σωλήνων 2 και 3 ως προς τον σωλήνα 1 έως ότου ιδούμε καθαρά το αντικείμενο ΑΒ.

Η σκοπευτική γραμμή, σχηματίζεται όπως και στην κοινή διόπτρα, από μία μικρή τρύπα, στο σωλήνα 3 (σχ. 7.6ε) απ' όπου γίνεται η σκόπευση, και το σταυρόνημα. Το σταυρόνημα στερεώνεται στο σωλήνα 2 του τηλεσκοπίου με ένα δακτυλιωτό διάφραγμα (σχ. 7.6στ). Η σύνδεση σταυρονήματος και διαφράγματος είναι σταθερή. Το διάφραγμα όμως χάρη στους κοχλίες Η μπορεί να μετακινηθεί σχετικά με το σωλήνα 2 οριζόντια ή κάθετα ή και να περιστραφεί ακόμα, όπως δείχνουν τα τόξα του σχήματος. Αυτή η δυνατότητα μικρομετακινήσεων αποβλέπει στη διόρθωση της θέσεως του σταυρονήματος μέσα στο τηλεσκόπιο. Το σταυρόνημα βρίσκεται στην κανονική του θέση τότε μόνο, όταν το κέντρο του σταυρονήματος κείται επάνω στον άξονα του τηλεσκοπίου, και το ένα από τα δύο νήματα είναι οριζόντιο, φυσικά μετά την κατακορύφωση του πρωτεύοντα άξονα. Στους παλιούς τύπους τηλεσκοπίων το σταυρόνημα αποτελούνταν από τρίχες αλόγου ή νήματα αράχνης. Στα σημερινά τηλεσκόπια αποτελείται από γραμμές χαραγμένες επάνω σε ένα γυάλινο δίσκο. (Το σταυρόνημα αποτελεί μία από τις βασικές διαφορές ανάμεσα στο θεοδόλιχο και το ταχύμετρο, τις οποίες θίξαμε στο τέλος της παραγράφου 7.1. Στο ταχύμετρο εκτός από το γνωστό μας οριζόντιο νήμα του σταυρονήματος υπάρχουν και άλλα δυο οριζόντια νήματα, που ισαπέχουν από το πρώτο και που, όπως θα



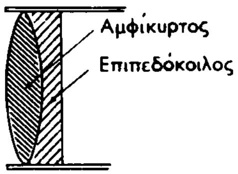
Σχ. 7.6ε.



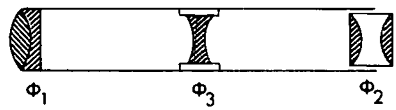
Σχ. 7.6στ.

ιδούμε στο Κεφάλαιο 15, έχουν σχέση με την ταχεία μέτρηση των αποστάσεων των διαφόρων σημείων από το σημείο σκοπεύσεως Α).

Εκτός από το σταυρόνημα, τα σημερινά τηλεσκόπια παρουσιάζουν και άλλες εξελίξεις σε σχέση προς τους παλιούς τύπους. Π.χ. ο αντικειμενικός φακός δεν αποτελείται πια από ένα αμφίκυρτο φακό, όπως στο τηλεσκόπιο Kepler, αλλά από ένα ζεύγος φακών, που ο ένας είναι αμφίκυρτος και ο άλλος επιπεδόκοιλος (σχ. 7.6ζ). Αυτός ο συνδυασμός εξουδετερώνει το ***διασκεδασμό*** του φωτός, που παρατηρείται κατά τη διάθλαση, δηλαδή την αποσύνθεση του φωτός στα επτά χρώματα της ίριδας. Επίσης ως προσοφθάλμιος φακός δεν χρησιμοποιείται πια ο απλός αμφίκυρτος φακός $Φ_2$, αλλά διάφοροι συνδυασμοί φακών, οι οποίοι αυξάνουν τη μεγεθυντική ικανότητα του τηλεσκοπίου. Έτσι, έχομε τους προσοφθάλμιους φακούς Huyghens, Ramsden, κλπ.



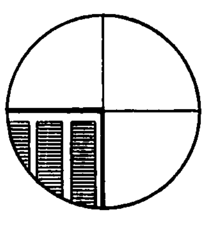
Σχ. 7.6ζ.



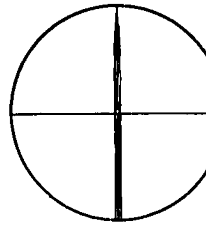
Σχ. 7.6η.

Τέλος πρέπει να αναφέρομε τη χαρακτηριστική διαφορά που παρουσιάζουν οι σύγχρονοι τύποι τηλεσκοπίου σε σύγκριση προς τον τύπο Kepler. Τα σύγχρονα τηλεσκόπια φέρουν τον πρόσθετο φακό $Φ_3$ (σχ. 7.6η) που έχει τη δυνατότητα να μετακινείται μεταξύ του προσοφθάλμιου και του αντικειμενικού. Έτσι επιτυγχάνεται ο σχηματισμός του ειδώλου Α'Β' στην πρέπουσα απόσταση από τον προσοφθάλμιο, ***χωρίς να απαιτείται η μετακίνηση του προσοφθάλμιου ως προς τον αντικειμενικό.*** Συνεπώς αντί για τους σωλήνες 1 και 2 περιοριζόμαστε μόνο στο σωλήνα 1, ενώ ο σωλήνας 3 εξακολουθεί να είναι απαραίτητος για τον ευκρινή σχηματισμό του ειδώλου του σταυρονήματος (σχ. 7.6στ). Διευκρινίζεται ότι το τηλεσκόπιο του επαναληπτικού θεοδόλιχου Watts, που εικονίζει το σχήμα 7.1γ, είναι εφοδιασμένο με φακό $Φ_3$.

Και τώρα ας εξετάσομε πώς γίνεται η σκόπευση ενός αντικειμένου με το τηλεσκόπιο. Εάν το αντικείμενο είναι κάποιο σημείο, όπως π.χ. η γωνία ενός παραθύρου, τότε πρέπει κατά τη σκόπευση το αντικείμενο να συμπίπτει με το κέντρο του σταυρονήματος (σχ. 7.6θ). Συνήθως όμως η σκόπευση γίνεται προς κάποιο ακόντιο ή κάποιον πήχυ με διαιρέσεις. (Ο πήχυς, αυτός, που είναι γνωστός ως ***στόχος*** ή ***σταδία,*** θα περιγραφεί λεπτομερώς στην παράγραφο 15.3). Στην περίπτωση αυτή πρέπει να συμπίπτει το όρθιο νήμα του σταυρονήματος με τον άξονα του ακοντίου ή του στόχου (σχ. 7.6ι).

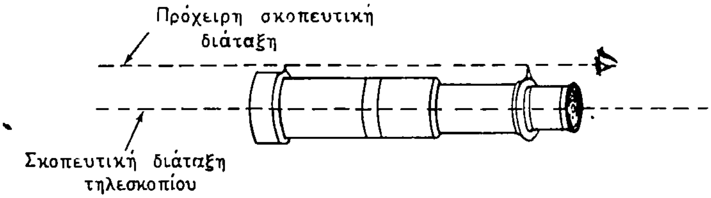


Σχ. 7.6θ.



Σχ. 7.6ι.

Είτε στη μια είτε στην άλλη περίπτωση κατευθύνομε το τηλεσκόπιο προς το σκοπευόμενο αντικείμενο έτσι ώστε να το ιδούμε μέσα στο οπτικό πεδίο του τηλεσκοπίου. 'Οταν συμβεί αυτό, ακινητοποιούμε το όργανο σφίγγοντας τους ***ανασταλτικούς κοχλίες*** Η (περιστροφής του δείκτη οριζοντίων γωνιών) και Κ (περιστροφής του τηλεσκοπίου) και κάνομε τις αναγκαίες μικρομετακινήσεις, για να πετύχομε την επιθυμητή σύμπτωση, με τη βοήθεια των ***μικροκινητήριων κοχλιών*** Ν και Λ (σχ. 7.1γ)



Σχ. 7.6ια.

Πιο αναλυτικά η σειρά των χειρισμών σκοπεύσεως είναι η εξής:

Πρώτα πρέπει να φέρομε τον προσοφθάλμιο φακό στην κατάλληλη απόσταση από το σταυρόνημα, ώστε το είδωλο του σταυρονήματος να σχηματιστεί στην απόσταση της ευκρινούς οράσεως του ματιού μας. Κατευθύνομε λοιπόν το τηλεσκόπιο προς ένα φωτεινό «φόντο», π.χ. προς τον ουρανό, και με το αντίστοιχο σύστημα μετακινήσεως μετακινούμε το σωλήνα 3, ώσπου να αποκτήσομε την ευκρινή εικόνα του σταυρονήματος.

Μετά στρέφομε το τηλεσκόπιο προς το αντικείμενο, που θέλομε να σκοπεύσομε. Αυτό επιτυγχάνεται με τη δυνατότητα που έχει το τηλεσκόπιο να στρέφεται οριζόντια μαζύ με το κύριο σώμα του θεοδόλιχου γύρω από τον πρωτεύοντα άξονα ΠΠ, και κατακόρυφα μόνο του γύρω από το δευτερεύοντα άξονα ΔΔ. Αρχικά γίνεται μια σκόπευση έτσι, ώστε το ***οπτικό πεδίο*** του τηλεσκοπίου, δηλαδή ο χώρος που βλέπομε σε μεγέθυνση μέσα στο τηλεσκόπιο να συμπεριλάβει το υπ' όψη αντικείμενο. Η επιτυχία της πρόχειρης αυτής σκοπεύσεως έχει μεγάλη σημασία γιατί κερδίζομε σημαντικό χρόνο στο σύνολο των απαιτουμένων σκοπεύσεων. Οι παλιότεροι μάλιστα τύποι τηλεσκοπίων ήσαν εφοδιασμένοι και με μια ειδική σκοπευτική διάταξη, με την οποία γινόταν η πρόχειρη σκόπευση (σχ. 7.6ια). 'Ενας όμως πεπειραμένος παρατηρητής δεν έχει ανάγκη από αυτή τη σκοπευτική διάταξη για να κατευθύνει με ευστοχία το τηλεσκόπιό του προς τα διάφορα αντικείμενα.

'Οταν γίνει η πρόχειρη σκόπευση, ακινητοποιείται το τηλεσκόπιο με τους κοχλίες Η καιΚ (σχ. 7.1γ). Συγκεκριμένα, όπως έχομε πει ήδη, κοχλίας Η ακινητοποιεί την περιστροφή του τηλεσκοπίου. Αφού ακινητοποιηθεί το τηλεσκόπιο, ακολουθεί ο ευκρινής σχηματισμός του ειδώλου κατά τα γνωστά, οπότε φυσικά ελέγχεται, εάν το αντικείμενο περιλαμβάνεται στο οπτικό πεδίο του τηλεσκοπίου. Εάν αυτό δεν συμβαίνει, πρέπει να επαναληφθεί η πρόχειρη σκόπευση.

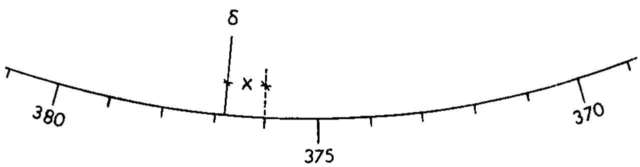
Ο εντοπισμός του αντικειμένου μέσα στο οπτικό πεδίο δεν σημαίνει και τον τερματισμό της σκοπεύσεως. πρέπει να φέρομε το αντικείμενο σε σύμπτωση είτε με το κέντρο του σταυρονήματος (περίπτωση σημείου) είτε με το όρθιο νήμα (περίπτωση ακοντίου ή στόχου). Και στη μια και στην άλλη περίπτωση απαιτείται μια μικρομετακίνηση του τηλεσκοπίου, που δεν είναι δυνατόν να γίνει με το χέρι. Χρειάζεται ένας μικροκινητήριος μηχανισμός, που για να λειτουργήσει πρέπει προηγουμένως να έχει ακινητοποιηθεί το τηλεσκόπιο. Ο μηχανισμός αυτός λειτουργεί με τους κοχλίες Ν και Λ (σχ. 7.1γ). Εάν το αντικείμενο σκοπεύσεως πρέπει να μετακινηθεί οριζόντια προς τα αριστερά ή δεξιά μέσα στο οπτικό πεδίο, στρέφομε κατά τη μια ή την άλλη έννοια το μικροκινητήριο κοχλία Ν. Εάν το αντικείμενο σκοπεύσεως πρέπει να μετακινηθεί κατακόρυφα προς τα άνω ή κάτω, στρέφομε κατά τη μια ή την άλλη έννοια το μικροκινητήριο κοχλία Λ.

Η σκόπευση όμως δεν έχει τελειώσει ακόμη.

Πρέπει πριν προχωρήσομε σε οποιαδήποτε άλλη ενέργεια να βεβαιωθούμε ότι δεν παρουσιάζεται το φαινόμενο της παραλλάξεως. ***Παράλλαξη*** είναι η μη σύμπτωση του ειδώλου Α'Β' με το σταυρόνημα. Ελέγχεται, εάν μετακινήσομε το μάτι μας οριζόντια ή κάθετα μπροστά από την τρύπα σκοπεύσεως και δούμε το αντικείμενο να μετατοπίζεται ελαφρώς σε σχέση με το σταυρόνημα. Τότε πρέπει να επαναλάβομε από την αρχή τους χειρισμούς σχηματισμού τγν ειδώλων στην απόσταση ευκρινούς οράσεως, καθώς και τους χειρισμούς ακριβούς σκοπεύσεως, ώσπου η παράλλαξη να εξαλειφθεί τελείως. Όταν γίνει και αυτό, τότε μόνο μπορούμε να πούμε ότι η σκόπευση είναι πλήρης. Η εργασία, που ακολουθεί, συνίσταται στο να διαπιστώσομε ποια είναι η αντίστοιχη ένδειξη του δείκτη επάνω στον οριζόντιο δίσκο.

7.7 Ανάγνωση οριζόντιας γωνίας. Δίσκος. Δείκτης.

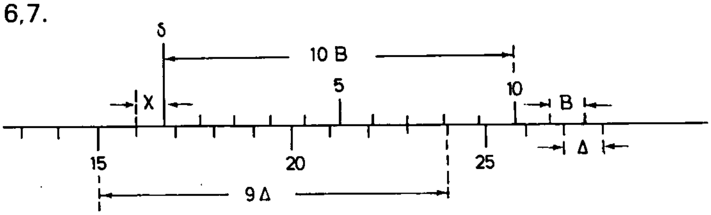
Καθώς γνωρίζομε, ο δίσκος είναι ένας δακτύλιος με διαιρέσεις στην εσωτερική του περιφέρεια σε 360° ή 400g. Οι διαιρέσεις αυξάνουν κατά τη φορά των δεικτών του ρολογιού. Ανάλογα με την απόδοση, που θέλομε να έχει ο θεοδόλιχος, οι διαιρέσεις αυτές συνεχίζονται σε κατάλληλες υποδιαιρέσεις του βαθμού ή της μοίρας. Αλλά, όπως είναι φανερό, αυτή η πύκνωση των υποδιαιρέσεων έχει και κάποιο όριο. Αρκεί να σκεφθούμε ότι σε ένα δίσκο διαμέτρου 10 cm το τόξο, που αντιστοιχεί σε ένα βαθμό, έχει ανάπτυγμα περίπου ίσο προς $^3/_4$ του mm, ακριβώς: $\dfrac{3,14 \times 100\,\text{mm}}{400}$. Ανεξάρτητα λοιπόν από την πυκνότητα των υποδιαιρέσεων, τίθεται πάντοτε το ερώτημα: Πώς θα εκτιμηθεί το διάστημα x μεταξύ της γραμμής δ του δείκτη και της αμέσως μικρότερης υποδιαιρέσεως του δίσκου (σχ. 7.7α); Βλέπομε δηλαδή ότι η γραμμή δ βρίσκεται μεταξύ των υποδιαιρέσεων 376g και 377g. Αυτό σημαίνει ότι η αντίστοιχη ανάγνωση είναι 376g και κάτι. Πόσο όμως είναι αυτό το κάτι; Ο προσδιορισμός του πρέπει να γίνει με αρκετή προσέγγιση και γιαυτό στους διαφόρους τύπους θεοδολίχων, παλιούς ή νέους, έχουν χρησιμοποιηθεί ή χρησιμοποιούνται ένα από τα εξής βοηθητικά όργανα: ***ο βερνιέρος, το μικροσκόπιο*** και το ***οπτικό μικρόμετρο.*** Ως προς το διάστημα, που θέλομε να προσδιορίσομε, θα το ονομάζομε στο εξής διάστημα x ή απλώς x.



Σχ. 7.7α.

α) Βερνιέρος.

Ο βερνιέρος δεν χρησιμοποιείται μόνο στο θεοδόλιχο, αλλά και σε πολλές άλλες περιπτώσεις, όπου θέλομε να εκτιμήσομε με ακρίβεια το κλάσμα μιας υποδιαιρέσεως. Έστω ότι έχομε μια διάταξη υποδιαιρέσεων (σχ. 7.7β) ευθύγραμμη ή κυκλική και θέλομε να εκτιμήσομε το x με προσέγγιση δεκάτου. Με αρχή τη γραμμή δ χαράζομε μια νέα βοηθητική διάταξη ίσων υποδιαιρέσεων τέτοια, ώστε ***δέκα υποδια ρέσεις της βοηθητικής να έχουν ίσο πλάτος με εννέα υποδιαιρέσεις της κύριας διατάξεως.*** Αναζητούμε τώρα εκείνη τη γραμμή της βοηθητικής διατάξεως, που συμπίπτει ή πλησιάζει περισσότερο προς κάποια γραμμή της κύριας. Αυτό, π.χ. στο σχήμα 7.7β, συμβαίνει για την έβδομη γραμμή της βοηθητικής διατάξεως. Λέμε λοιπόν, πράγμα που αποδεικνύεται εύκολα, ότι το x ισούται με 7/10 του πλάτους μιας υποδιαιρέσεως της κύριας διατάξεως και συνεπώς η αντίστοιχη ανάγνωση είναι 16,7.



Σχ. 7.7β.

Εάν θέλομε να εκφράσομε το x, π.χ. σε εικοστά πέμπτα, τότε η βοηθητική διάταξη πρέπει να έχει 25 υποδιαιρέσεις με συνολικό πλάτος ίσο προς το πλάτος $25 - 1 = 24$ υποδιαιρέσεων της κύριας διατάξεως. Ας υποθέσομε τώρα ότι η σύμπτωση παρουσιάζεται στην 14η γραμμή της κύριας διατάξεως. Λέμε ότι το x ισούται με $^{14}/_{25}$ της υποδιαιρέσεως της κύριας διατάξεως.

Γενικώς εάν N είναι ο παρονομαστής του κλάσματος, με το οποίο θέλομε να εκφράσομε το x, το πλάτος N υποδιαιρέσεων της βοηθητικής διατάξεως πρέπει να ισούται με το πλάτος $N - 1$ υποδιαιρέσεων της κύριας διατάξεως. Και εάν η σύμπτωση παρουσιάζεται στην ν (νιοστή) γραμμή της βοηθητικής κλίμακας, λέμε ότι το x ισούται με $\frac{\nu}{N}$ της υποδιαιρέσεως της κύριας διατάξεως.

Η βοηθητική διάταξη, που χαράζεται κάθε φορά δίπλα από τη γραμμή δ, ονομάζεται ***βερνιέρος***, από το όνομα του εφευρέτη της, του Γάλλου Pierre Vernier.

Αν καλέσομε Δ το πλάτος μιας υποδιαιρέσεως της κύριας δ ατάξεως και B το πλάτος μιας υποδιαιρέσεως της βοηθητικής, ισχύει η σχέση $(N-1)\,\Delta = N.B$, από την οποία προκύπτει:

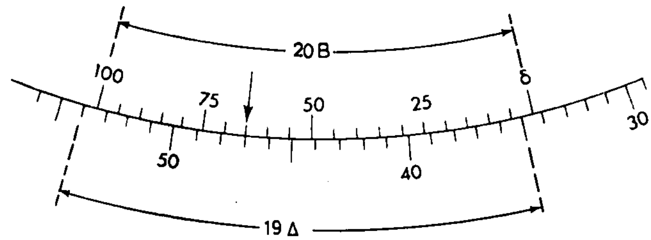
$$\boxed{\Delta - B = \frac{\Delta}{N}}$$

Η διαφορά $\Delta - B$ ή ο λόγος Δ/N ονομάζεται ***απόδοση του βερνιέρου.***

Στην περίπτωση του θεοδόλιχου ο βερνιέρος χαράζεται επάνω στην περιφέρεια του δείκτη και δίπλα στη γραμμή ενδείξεως δ. Για να αντιληφθούμε πώς γίνεται η ανάγνωση οριζοντίων γωνιών με χρήση βερνιέρου θα δώσομε δύο παραδείγματα.

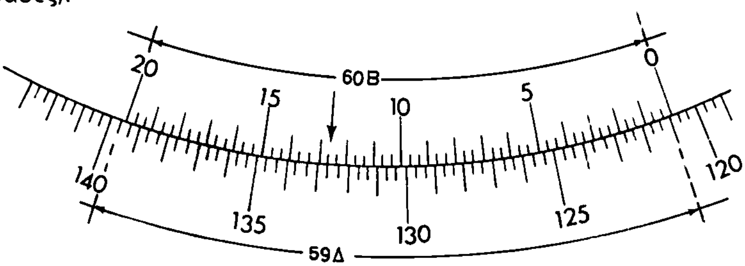
Στο πρώτο παράδειγμα (σχ. 7.7γ) το Δ ισούται με 100^c και το N με 20. Άρα η απόδοση του βερνιέρου είναι ίση προς $\frac{\Delta}{N}$ δηλαδή προς $\frac{100}{20} = 5^c$. Επειδή η σύμπτωση παρουσιάζεται στη 13η γραμμή αριστερά από το δ, έπεται ότι:

$$x = \nu \,.\, \frac{\Delta}{N} = 13 \times 5 = 65^c$$



Σχ. 7.7γ.

και άρα η αντίστοιχη ανάγνωση είναι 34^g και 65^c. (Προκειμένου να κάνομε άμεση ανάγνωση της οριζόντιας γωνίας η αρίθμηση του βερνιέρου στο παράδειγμα, που εξετάζομε, έχει γίνει κατά πεντάδες έτσι, ώστε ο αριθμός, που αντιστοιχεί στη γραμμή συμπτώσεως, να μας δίνει κατ' ευθείαν το x σε πρώτα λεπτά. Εάν η απόδοση του βερνιέρου ήταν 2^c, τότε η αρίθμηση για τον ίδιο λόγο έπρεπε να γίνει κατά δυάδες).



Σχ. 7.7δ.

Στο δεύτερο παράδειγμα (σχ. 7.7δ) το Δ ισούται με 20′ και το Ν με 60. Άρα η απόδοση του βερνιέρου είναι ίση με:

$$\frac{20'}{60} = \frac{1200''}{60} = 20''.$$

Επομένως:

$x = 38 \times 20'' = 760'' = 12'$ και $40''$ και συνεπώς η αντίστοιχη ανάγνωση της οριζόντιας γωνίας είναι $120^\circ\ 52'\ 40''$.

Οι αναγνώσεις οριζοντίων γωνιών με χρήση βερνιέρου γίνονται ή με γυμνό μάτι ή — συνηθέστερα — με μεγεθυντικό φακό.

β) Μικροσκόπιο.

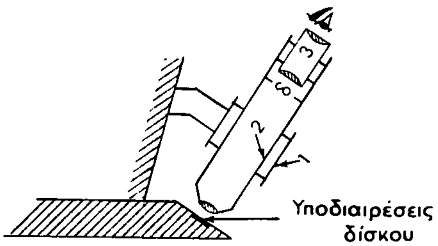
Το μικροσκόπιο είναι μεγεθυντικό όργανο, όπως και το τηλεσκόπιο, με τη διαφορά όμως ότι ενώ το τηλεσκόπιο μεγεθύνει μακρυνά αντικείμενα, το μικροσκόπιο μεγεθύνει αντικείμενα που βρίσκονται πάρα πολύ κοντά.

Τα μικροσκόπια, που χρησιμοποιούνται στα διάφορα τοπογραφικά όργανα, έχουν μεγεθυντική δύναμη από 20 έως 50. Αυτό σημαίνει ότι μποιρούν να εικοσαπλασιάζουν και να πεντηκονταπλασιάζουν ακόμα ένα αντικείμενο.

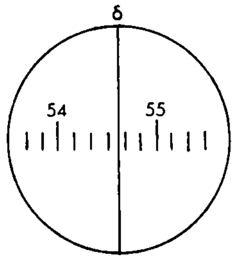
Στους θεοδόλιχους χρησιμοποιούνται τέσσερις διαφορετικοί τύποι μικροσκοπίων. ***Το μικροσκόπιο με γραμμή, το μικροσκόπιο με κλίμακα, το μικροσκόπιο με βερνιέρο*** και το ***μικροσκόπιο με τύμπανο.*** Και για τους τέσσερις αυτούς τύπους ισχύουν οι ίδιες αρχές κατασκευής. Διαφέρουν μόνο ως προς τον τρόπο εκτιμήσεως του διαστήματος x.

1) Το μικροσκόπιο με γραμμή.

Αποτελείται από τους σωλήνες 1,2 και 3 (σχ. 7.7ε από τους οποίους ο 2 και ο 3 μπορούν να μετακινηθούν σχετικά προς τους άλλους. Ο σωλήνας 3 είναι εφοδιασμένος με ένα προσοφθάλμιο σύστημα φακών, ενώ ο σωλήνας 2 φέρει ένα αντίστοιχο αντικειμενικό σύστημα φακών, και τη γραμμή δ (σχ. 7.7στ) ανάλογα προς το σταυρόνημα του τηλεσκοπίου. Καθώς το μικροσκόπιο συνδέεται σταθερά με το κύριο σώμα του θεοδόλιχου και στρέφεται μαζύ του γύρω από τον πρωτεύοντα άξονα, η γραμμή δ είναι ο δείκτης για την ανάγνωση των οριζοντίων γωνιών.



Σχ. 7.7ε.

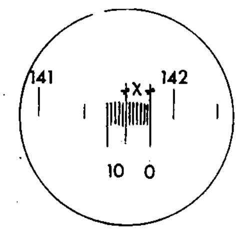


Σχ. 7.7στ.

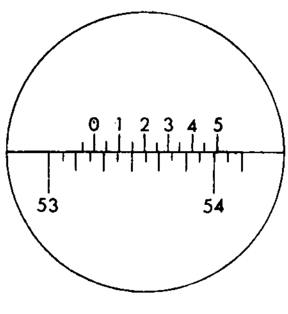
Ας υποθέσομε τώρα ότι σκοπεύσαμε με το τηλεσκόπιο του θεοδόλιχου κάποιο σημείο και θέλομε να κάνομε την αντίστοιχη ανάγνωση της οριζόντιας γωνίας. Μετακινούμε το σωλήνα 3 του μικροσκοπίου σχετικά με το σωλήνα 2, ώσπου να δούμε καθαρά τη γραμμή δ. Έπειτα μετακινούμε το σύστημα των σωλήνων 2 και 3 ως προς το σωλήνα 1, ώσπου να δούμε καθαρά τις υποδιαιρέσεις του δίσκου. Τέλος στρέφομε το ίδιο σύστημα μέσα στο σωλήνα 1, μέχρι που να παραλληλίσομε τη γραμμή δ με τις υποδιαιρέσεις του δίσκου. Μετά από τους χειρισμούς αυτούς είμαστε σε θέση να προβούμε στην ανάγνωση. Το διάστημα x υπολογίζεται κατ' εκτίμηση σε δέκατα του Δ. Το Δ, δηλαδή η υποδιαίρεση του δίσκου, ισούται προς 10', άρα το x υπολογίζεται με προσέγγιση 1'. Έτσι στο σχήμα 7.7η η ανάγνωση είναι 54° 37'.

2) Το μικροσκόπιο με κλίμακα.

Το μικροσκόπιο αυτό στη θέση της μονής γραμμής είναι εφοδιασμένο με μια ολόκληρη κλίμακα από 10 ίσες υποδιαιρέσεις με φορά αντίστροφη προς τη φορά των υποδιαιρέσεων του δίσκου (σχ. 7.7ζ). Το 0 της κλίμακας παίζει το ρόλο της γραμμής δ του δείκτη. Η κάθε μια υποδιαίρεση της κλίμα-



Σχ. 7.7ζ.



Σχ. 7.7η.

κας ισούται προς το $^1/_{10}$ της υποδιαιρέσεως του δίσκου. Έτσι, αν η υποδιαίρεση του δίσκου ισούται προς 20' (σχ. 7.7ζ), η υποδιαίρεση της κλίμακας θα ισούται προς 2', οπότε μπορούμε να εκτιμήσομε το x σε δέκατα των 2', δηλαδή σε δωδεκάδες δευτερολέπτων της μοίρας

$$\left(\frac{2'}{10} = \frac{120''}{10} = 12''\right)$$

Έτσι στο σχήμα 7.7ζ το x ισούται προς 6 υποδιαιρέσεις της κλίμακας και 6/10 της υποδιαιρέσεως περίπου, δηλαδή ισούται τελικά προς: 6 × 2' + 6 × 12'', ήτοι προς 13' 12'', και άρα η αντίστοιχη ανάγνωση είναι 141° 53' 12''.

3) Το μικροσκόπιο με βερνιέρο.

Αυτό στη θέση της κλίμακας φέρει ένα βερνιέρο (σχ. 7.7η). Και εδώ το 0 του βερνιέρου παίζει το ρόλο της γραμμής δ του δείκτη. Η διαφορά, που παρουσιάζει ο βερνιέρος ενός τέτοιου μικροσκοπίου από τον κοινό βερνιέρο του δείκτη, συνίσταται στο εύρος. Το εύρος δηλαδή του πρώτου βερνιέρου πρέπει να είναι αρκετά μικρό, ώστε να περιλαμβάνεται μέσα στο οπτικό πεδίο του μικροσκοπίου. Αναγκαστικά λοιπόν έχει μικρό αριθμό υποδιαιρέσεων. Έτσι στο σχήμα 7.7η ο βερνιέρος έχει 10 υποδιαιρέσεις. Το Δ, δηλαδή το πλάτος των υποδιαιρέσεων του δίσκου, ισούται προς 5' και η απόδοση του βερνιέρου προς Δ/ν δηλαδή προς $^{5'}/_{10}$ = 30''.

Η σύμπτωση στο σχήμα 7.7η παρουσιάζεται στην τρίτη γραμμή του βερνιέρου, άρα η ανάγνωση είναι:

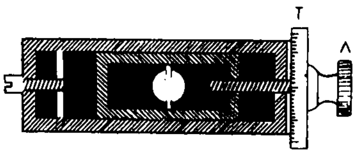
$$53° \; 15' + 3 \times 30'' = 53° \; 16' \; 30''$$

4) Το μικροσκόπιο με τύμπανο.

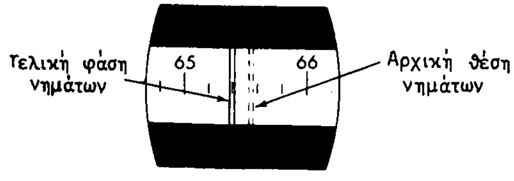
Είναι μια πολύπλοκη συσκευή, η οποία μας παρέχει μεγάλη ακρίβεια ως προς την ανάγνωση των οριζοντίων γωνιών, απαιτεί όμως πολύ χρόνο κατά τους χειρισμούς. Γι' αυτό χρησιμοποιείται μόνο σε μετρήσεις μεγάλης ακρίβειας.

Στη θέση της γραμμής δ του τηλεσκοπίου με γραμμή, το τηλεσκόπιο με τύμπανο φέρει δυο παράλληλα νήματα (σχ. 7.7θ). Τα νήματα αυτά μπορούν να μετακινηθούν παράλληλα προς τις υποδιαιρέσεις του δίσκου με τη βοήθεια του κοχλία Λ. Μια πλήρης περιστροφή του κοχλία προκαλεί τη μετακίνηση των νημάτων κατά μια υποδιαίρεση του δίσκου. Προκειμένου τώρα να αναγνώσομε την οριζόντια γωνία, στρέφομε τον κοχλία, ώσπου τα δύο νήματα να έλθουν από τη μια και την άλλη πλευρά της αμέσως μικρότερης υποδιαιρέσεως του δίσκου (σχ. 7.7ι).

Έτσι τα δύο νήματα μετακινήθηκαν τόσο, όσο είναι το διάστημα x, που πρέπει να μετρηθεί. Η μετακίνηση αυτή μετριέται από το διηρημένο τύμπανο Τ. Με ένα τέτοιο μικροσκόπιο μπορούμε να έχομε ακρίβεια 10'' με άμεση ανάγνωση και 1'' με εκτίμηση.



Σχ. 7.7θ.



Σχ. 7.7ι.

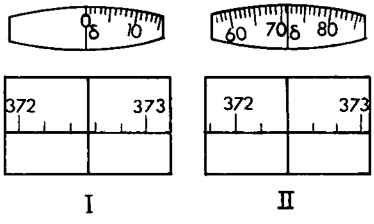
γ) Οπτικό μικρόμετρο.

Ένα ακόμη όργανο εκτιμήσεως του διαστήματος x, που μπορούμε να κατατάξομε στην κατηγορία των μικροσκοπίων, είναι και το ***οπτικό μικρόμετρο.*** Το οπτικό μικρόμετρο είναι συνδυασμός μικροσκοπίου με γραμμή και μιας γυάλινης πλάκας, που παρεμβάλλεται ανάμεσα στο μικροσκόπιο και το οριζόντιο δίσκο και που έχει τη δυνατότητα να στρέφεται γύρω από ένα άξονα. Όταν η πλάκα βρίσκεται στην κανονική της θέση, τότε βλέπομε μέσα στο μικροσκόπιο και τις υποδιαιρέσεις του δίσκου στην κανονική τους θέση. Όταν όμως περιστρέψομε την πλάκα με τη βοήθεια ενός κοχλία, τότε βλέπομε τις υποδιαιρέσεις του δίσκου να μετακινούνται δεξιά ή αριστερά ανάλογα με τη φορά περιστροφής του κοχλία, χωρίς στην πραγματικότητα να μετακινείται ο δίσκος. Η περιστροφή του κοχλία εκτός από τη φαινομενική μετακίνηση του δίσκου προκαλεί και τη μετακίνηση μιας βοηθητικής κλίμακας. Όσο η πλάκα και ο δίσκος βρίσκονται στην κανονική τους θέση, το 0 της βοηθητικής κλίμακας συμπίπτει με τη γραμμή του μικροσκοπίου. Όταν περιστρέψομε την πλάκα, τότε εκτός από τον οριζόντιο δίσκο βλέπομε και τη βοηθητική κλίμακα να μετακινείται μέσα στο μικροσκόπιο. Η βοηθητική κλίμακα όμως μετακινείται τόσο γρήγορα, ώστε στη μετακίνηση μιας υποδιαιρέσεως του οριζόντιου δίσκου αντιστοιχεί μετακίνηση ολόκληρης της βοηθητικής κλίμακας. Εάν δηλαδή η βοηθητική κλίμακα έχει εκατό υποδιαιρέσεις, στη μετακίνηση μιας υποδιαιρέσεως του δίσκου αντιστοιχεί μετακίνηση και των εκατό υποδιαιρέσεων της βοηθητικής κλίμακας.

Ο επαναληπτικός θεοδόλιχος Watts, που εικονίζει το σχήμα 7.1γ είναι εφοδιασμένος με οπτικό μικρόμετρο.

Προκειμένου τώρα να εκτιμήσομε το διάστημα x [σχ. 7.7ια (I)] περιστρέφομε την πλάκα, ώσπου η αμέσως μικρότερη υποδιαίρεση του δίσκου να συμπέσει με τη σταθερή γραμμή του μικροσκοπίου [σχ. 7.7ια (II)]. Είναι φανερό ότι η ένδειξη της γραμμής του μικροσκοπίου επάνω στη βοηθητική κλίμακα θα μας δώσει το x ως αντίστοιχο κλάσμα της υποδιαιρέσεως Δ του δίσκου. Συνεπώς η ανάγνωση θα είναι:

$$372^g + 40^c + \frac{71{,}4}{100} \times 20^c = 372^g + 40^c + 1428^{cc} = 372^g\ 54^c\ 28^{cc}$$

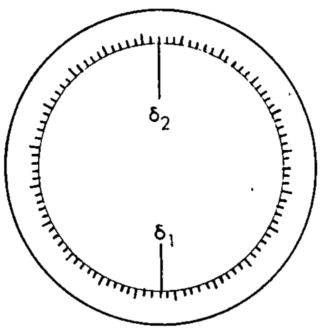


Σχ. 7.7ια.

7.8 Διπλή ανάγνωση οριζοντίων γωνιών.

Προκειμένου να προσδιορίσομε την οριζόντια γωνία, που αντιστοιχεί σε ένα σημείο σκοπεύσεως, δεν κάνομε μόνο μια ανάγνωση στο δίσκο του θεοδόλιχου, αλλά δύο. Αυτό γίνεται για να εξουδετερώσομε το λεγόμενο ***σφάλμα εκκεντρότητας του δίσκου.***

Με άλλα λόγια σε όλους τους θεοδόλιχους, ακόμα και στους τελειότερους, το κέντρο του δίσκου δεν συμπίπτει ακριβώς με το κέντρο του δείκτη, από όπου διέρχεται ο πρωτεύων άξονας ΠΠ. Συνεπώς η κορυφή της οριζόντιας γωνίας, που διαβάζομε επάνω στο δίσκο, δεν κείται ακριβώς επάνω στην κατακόρυφη στο σημείο κεντρώσεως του οργάνου. Αυτή η ανακρίβεια, δηλαδή το σφάλμα εκκεντρότητας του δίσκου, εξουδετερώνεται, εάν αντί για μια κάνομε δύο,αντιδιαμετρικές, αναγνώσεις. Χρησιμοποιούμε για το σκοπό αυτό δύο διαμετρικά αντίθετες γραμμές του δείκτη (σχ. 7.8) και παίρνομε το μέσο όρο των δύο αντιστοίχων αναγνώσεων. Δηλαδή, εάν ονομάσομε τις δύο αναγνώσεις α_1 και α_2, η οριζόντια γωνία, που αντιστοιχεί στο σημείο σκοπεύσεως, θα ισούται προς $\dfrac{\alpha_1 + (\alpha_2 - 180)}{2}$, εάν ο οριζόντιος δίσκος υποδιαιρείται σε μοίρες, ή προς $\dfrac{\alpha_1 + (\alpha_2 - 200)}{2}$, εάν ο οριζόντιος δίσκος υποδιαιρείται σε βαθμούς.



Σχ. 7.8.

7.9 Ανάγνωση οριζοντίων γωνιών με διάταξη Wild.

Η ανάγνωση των ενδείξεων του δίσκου στους παλιούς τύπους θεοδολίχων, και μάλιστα η διπλή – αντιδιαμετρική ανάγνωση, απαιτεί αρκετό χρόνο, επειδή πρέπει να κάνομε δύο μετακινήσεις από τη θέση σκοπεύσεως. Μία για να διαπιστώσομε την ένδειξη της γραμμής δ_1 και μία για να διαπιστώσομε την ένδειξη της γραμμής δ_2 του δείκτη.

Το χρόνο αυτό κέρδισε σχεδόν ολόκληρο ο περίφημος κατασκευαστής τοπογραφικών οργάνων Heinrich Wild με τη διάταξη, που επινόησε και που εφαρμόζεται στους νεότερους τύπους θεοδολίχων.

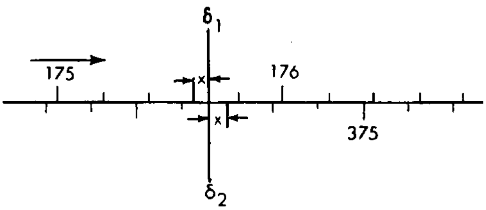
Με τη διάταξη αυτή η ανάγνωση των οριζοντίων γωνιών γίνεται με το μικροσκόπιο Δ (σχ. 7.1γ), που βρίσκεται δίπλα στην τρύπα σκοπεύσεως του τηλεσκοπίου. Όταν δηλαδή τελειώσει η σκόπευση, δεν έχομε παρά να μετακινήσομε το μάτι μας 2 έως 3 cm προς τα πλάγια και να κάνομε τη διπλή ανάγνωση μέσα στο οπτικό πεδίο του ίδιου μικροσκοπίου.

Πώς επιτυγχάνεται αυτό το εξηγούμε παρακάτω.

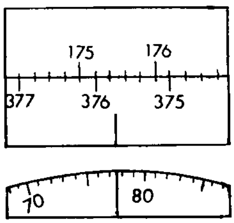
Πρώτα ο Wild χρησιμοποίησε ως βοηθητικό όργανο αναγνώσεως το οπτικό μικρόμετρο και, επειδή έπρεπε να γίνονται δύο αναγνώσεις, χρησιμοποίησε φυσικά δύο γυάλινες πλάκες για τη φαινομενική μετακίνηση του οριζόντιου δίσκου. Τις πλάκες όμως αυτές τις τοποθέτησε μέσα στο θεοδόλιχο σε κατάλληλα σημεία και τις συνδύασε με διάφορα συστήματα κατόπτρων και πρισμάτων έτσι, ώστε τα μεν είδωλα των διαμετρικά αντιθέτων υποδιαιρέσεων του οριζόντιου δίσκου να εμφανίζονται ταυτόχρονα μέσα στο οπτικό πεδίο του μικροσκοπίου Δ, το ένα πάνω από το άλλο, η δε γραμμή του μικροσκοπίου να χρησιμεύει ως κοινός δείκτης αναγνώσεως και για τα δύο είδωλα (σχ. 7.9α).

Επί πλέον ο Wild πέτυχε, ώστε με τον ίδιο κοχλία να προκαλεί ίση αλλά αντίθετη περιστροφή των δύο πλακών από γυαλί. Έτσι τα είδωλα των διαμετρικά αντιθέτων υποδιαιρέσεων μετακινούνται μεν κατά ίσα διαστήματα, αλλά κατά αντίθετες κατευθύνσεις. Δηλαδή κατευθύνονται είτε και τα δύο προς το κέντρο, είτε και τα δύο προς τα άκρα του οπτικού πεδίου του μικροσκοπίου. Τις ίσες αυτές μετακινήσεις μετρούμε με βοηθητική κλίμακα, ανάλογη προς τη βοηθητική κλίμακα του απλού οπτικού μικρομέτρου.

Και τώρα ας δουμε πώς γίνεται η διπλή ανάγνωση. Ένας τρόπος θα ήταν να με-



Σχ. 7.9α.



Σχ. 7.9β.

τρήσομε χωριστά τα x_1 και x_2 των δύο ειδώλων με μια βοηθητική κλίμακα και έπειτα να πάρομε το μέσο όρο $\frac{x_1 + x_2}{2}$ των δύο μετρήσεων. Παρατηρούμε όμως ότι η διαδρομή $\frac{x_1 + x_2}{2}$ καλύπτεται από τα δύο είδωλα του οριζόντιου δίσκου, όταν φέρομε σε σύμπτωση την υποδιαίρεση $175^g\ 60^c$ του άνω ειδώλου με την υποδιαίρεση $375^g\ 60^c$ του κάτω (σχ. 7.9β). Άρα, όταν επιτύχομε τη σύμπτωση αυτή, η βοηθητική κλίμακα μας δίνει κατ' ευθείαν το ζητούμενο ημιάθροισμα $\frac{x_1 + x_2}{2}$ χωρίς να παρίσταται ανάγκη να μετρήσομε χωριστά τα δύο x. Έτσι η διπλή ανάγνωση γίνεται ταυτόχρονα.

Εξ άλλου η βοηθητική κλίμακα είναι ρυθμισμένη έτσι, ώστε μια πλήρης μετακίνησή της να αντιστοιχεί στη μετακίνηση των δύο ειδώλων του οριζόντιου δίσκου από τη μια σύμπτωση γραμμών στην επόμενη. Αλλά μια τέτοια μετακίνηση ισοδυναμεί με μετακίνηση του κάθε ειδώλου κατά μισή υποδιαίρεση, δηλαδή για το σχήμα 7.9α κατά 10^c. Άρα, εάν η βοηθητική κλίμακα έχει εκατό υποδιαιρέσεις, η κάθε μία υποδιαίρεση θα αντιστοιχεί σε ένα εκατοστό των 10^{c}, δηλαδή σε 10^{cc}. Συνεπώς θα μας δίνει προσέγγιση 10^{cc} με άμεση ανάγνωση και 1^{cc} με εκτίμηση. Π.χ. στο σχήμα 7.9β η ανάγνωση είναι: $175^{g} + 60^{c} + 776^{cc} = 175^{g}\ 67^{c}\ 76^{cc}$.

Ο επαναληπτικός θεοδόλιχος Watts, που εικονίζεται στο σχήμα 7.1γ, είναι εφοδιασμένος με διάταξη Wild. Ο χειρισμός του οπτικού μικρομέτρου γίνεται με τον κοχλία E_2.

7.10 Συνθήκες ακρίβειας του θεοδόλιχου.

Από όσα είπαμε έως τώρα, προκύπτει ότι για να είναι ακριβής η μέτρηση μιας οριζόντιας γωνίας ως προς το σημείο Α πρέπει να πληρούνται οι εξής συνθήκες:

1) Ο πρωτεύων άξονας ΠΠ να είναι κατακόρυφος και να διέρχεται από το σημείο Α.

2) Ο δευτερεύων άξονας ΔΔ να είναι κάθετος προς τον πρωτεύοντα.

3) Η σκοπευτική γραμμή ΣΣ να είναι κάθετη προς το δευτερεύοντα άξονα ΔΔ.

4) Το κέντρο του δίσκου να συμπίπτει με το κέντρο του δείκτη, ή διαφορετικά, να κείται επάνω στον πρωτεύοντα άξονα ΠΠ.

Εκτός όμως από τις τέσσερις αυτές βασικές συνθήκες ακρίβειας, για τις οποίες μιλήσαμε ήδη στις προηγούμενες παραγράφους, υπάρχει και μία ακόμη συνθήκη:

5) Οι υποδιαιρέσεις του οριζόντιου δίσκου πρέπει να είναι ακριβώς ίσες μεταξύ τους.

Η ανάγκη να ισχύει η συνθήκη αυτή είναι προφανής.

Έλεγχος και αποκατάσταση συνθηκών.

Λαμβάνοντας υπόψη το βασικό ρόλο που παίζουν και οι πέντε αυτές συνθήκες, στην ακρίβεια των μετρήσεων, είναι εύλογο να σκεφθεί κανείς ότι ο έλεγχος και η αποκατάστασή τους πρέπει να γίνεται πριν από κάθε μέτρηση ή τουλάχιστον πριν από κάθε σειρά μετρήσεων. Αυτό ισχύει προκειμένου για την πρώτη συνθήκη που, όπως είδαμε, την ελέγχομε και την αποκαθιστούμε σε κάθε τοποθέτηση του οργάνου (παράγρ. 7.3, 7.4 και 7.5). Οι άλλες συνθήκες όμως, και ιδιαίτερα οι δυο τελευταίες, είναι ενδογενείς με την έννοια ότι, ακόμα και όταν μπορούμε να τις ελέγξομε, δεν μπορούμε να τις αποκαταστήσομε. Όσο για τη 2η και 3η συνθήκη, μπορούν μεν να ελεγχθούν, δεν μπορούν όμως να αποκατασταθούν από τον χειριστή του οργάνου σε όλους τους τύπους θεοδολίχων. Αυτή η αδυναμία αίρεται, εάν ακολουθήσομε κάποια ορισμένη διαδικασία κατά την εκτέλεση των μετρήσεων και συγκεκριμένα:

α) ***Για την περίπτωση της 2ης και 3ης συνθήκης:*** Εάν κάνομε τις μετρήσεις και από την ***ορθή*** και από την ***ανάστροφη θέση του τηλεσκοπίου.*** Ας εξηγήσομε όμως προηγουμένως τί σημαίνουν οι δυο αυτές νέες έννοιες.

Ορθή ονομάζεται η θέση του τηλεσκοπίου, όταν ο κατακόρυφος δίσκος του θεοδόλιχου βρίσκεται προς τα αριστερά της τρύπας του τηλεσκοπίου ως προς εκείνον, που κάνει τη σκόπευση (βλέπε και σχήμα 7.1γ). Αντίθετα στην ανάστροφη θέση ο κατακόρυφος δίσκος βρίσκεται προς τα δεξιά της τρύπας του τηλεσκοπίου.

Ένα σημείο μπορούμε να το σκοπεύσομε, εκτός από την ορθή, και από την ανάστροφη θέση του τηλεσκοπίου. Προς τούτο, όταν τελειώσομε τη σκόπευση από την ορθή θέση, αναστρέφομε το τηλεσκόπιο, δηλαδή το στρέφομε γύρω από το δευτερεύοντα άξονα, έως ότου ο αντικειμενικός φακός έρθει προς το μέρος μας. Έπειτα περιστρέφομε το κύριο σώμα του θεοδόλιχου κατά 180°, οπότε το τηλεσκόπιο έρχεται και πάλι σε θέση σκοπεύσεως. Η σειρά αυτή των χειρισμών ονομάζεται ***αναστροφή - περιστροφή*** του τηλεσκοπίου.

Έστω τώρα ότι σκοπεύσαμε ένα σημείο και από τις δυο θέσεις του τηλεσκοπίου και ότι μετά από τη διπλή σκόπευση διαβάζομε τις αναγνώσεις α_I και α_{II} στον οριζόντιο δίσκο. Εάν οι δυο συναήκες ίσχυαν απολύτως, θα ήταν $\alpha_I = \pi + \alpha_{II}$ ακριβώς, στην πράξη όμως παρουσιάζεται πάντοτε μια μικρή διαφορά ανάμεσα στα δεύτερα λεπτά, ή τα εκατοστά του εκατοστού, των δυο αναγνώσεων. Παίρνομε λοιπόν για τελική ανάγνωση το μέσο όρο των α_I και α_{II}, και έτσι αίρομε κάθε ενδεχόμενη απόκλιση του οργάνου από τις δύο συνθήκες ακρίβειας που εξετάζομε.

β) ***Για την περίπτωση της 4ης συνθήκης:*** Εάν κάνομε τη διπλή αντιδιαμετρική ανάγνωση, για την οποία μιλήσαμε στην παράγραφο 7.8.

γ) ***Για την περίπτωση της 5ης συνθήκης:*** Εάν από την κάθε θέση του τηλεσκοπίου κάνομε περισσότερες από μια μετρήσεις (3 έως 5) μετακινώντας κάθε φορά την υποδιαίρεση Ο του οριζόντιου δίσκου κατά την ίδια γωνία και παίρνοντας για οριστική ανάγνωση το μέσο όρο των αντιστοίχων αναγνώσεων. Πώς γίνεται αυτή η μετακίνηση, εξηγείται λεπτομερώς στην παράγραφο 7.13.

Εφόσον ο τύπος του θεοδόλιχου που χρησιμοποιούμε μας δίνει τη δυνατότητα να αποκαταστήσομε τις συνθήκες ακρίβειας 2 και 3, ο έλεγχος και η αποκατάσταση των δυο αυτών συνθηκών γίνεται ως εξής:

2η Συνθήκη. (Ο δευτερεύων άξονας ΔΔ να είναι κάθετος προς τον πρωτεύοντα ΠΠ).

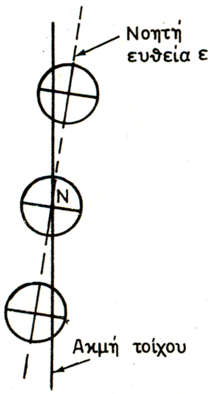
Εάν δεν ισχύει η συνθήκη αυτή, ο δευτερεύων άξονας δεν θα είναι οριζόντιος, όταν κατακορυφωθεί ο πρωτεύων, και συνεπώς το επίπεδο περιστροφής της σκοπευτικής γραμμής δεν θα είναι κατακόρυφο, αλλά πλάγιο. Άρα, εάν σκοπεύσομε την ακμή ενός τοίχου στο σημείο Ν με το τηλεσκόπιο οριζόντιο και έπειτα περιστρέψομε το τηλεσκόπιο προς τα πάνω και προς τα κάτω, το κέντρο του σταυρονήματος δεν θα ακολουθήσει την ακμή του τοίχου, αλλά θα διαγράψει την πλάγια ευθεία ε, που περνά από το σημείο Ν (σχ. 7.10α).

Με τον παραπάνω τρόπο γίνεται ο έλεγχος της 2ης συνθήκης. Ας ιδούμε τώρα πώς γίνεται η αποκατάσταση.

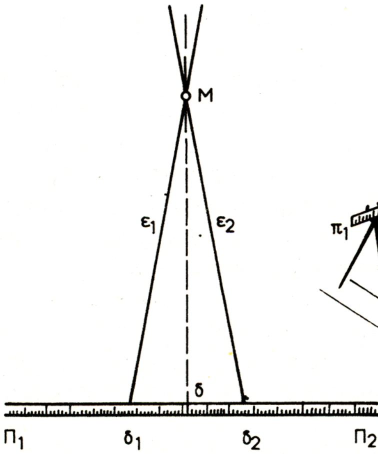
Σε έδαφος σχετικά ομαλό και οριζόντιο σκοπεύομε κάποιο σημείο Μ, που βρίσκεται αρκετά ψηλά, με το τηλεσκόπιο στην ορθή θέση Ι (σχ. 7.10β και 7.10γ). Ύστερα, με σταθερό τον κοχλία Η (σχ. 7.1γ) κατεβάζομε το τηλεσκόπιο και σκοπεύομε τον διηρημένο πήχυ $Π_1Π_2$ που είναι τοποθετημένος οριζόντια, στο ύψος περίπου του οργάνου, σε απόσταση 50 έως 60 m, και κάθετα προς τη σκοπευτική γραμμή. Έστω δ_1 η αντίστοιχη ανάγνωση επάνω στον πήχυ. Επαναλαμβάνομε τα ίδια με το τηλεσκόπιο στην ανάστροφη θέση ΙΙ. Εάν η νέα ανάγνωση δ_2 είναι διαφορετική από την δ_1, τότε η συνθήκη $ΔΔ \perp ΠΠ$ δεν ισχύει και την αποκαθιστούμε αποκοχλιώνοντας τον κοχλία Η και σκοπεύοντας τη διαίρεση $(\delta_2 - \delta_1)/2 = \delta$. Έπειτα ρυθμίζομε τους κοχλίες των εδράνων του δευτερεύοντα άξονα, με τους οποίους είναι εφοδιασμένος ο θεοδόλιχός μας, έτσι ώστε να αναγκάσομε τη σκοπευτική γραμμή να περάσει από το σημείο Μ, χωρίς όμως να αποκοχλιώσομε ξανά τον κοχλία Η. Με αυτόν τον τρόπο αποκαθίσταται η 2η συνθήκη.

3η Συνθήκη. (Η σκοπευτική γραμμή ΣΣ να είναι κάθετη προς το δευτερεύοντα άξονα ΔΔ).

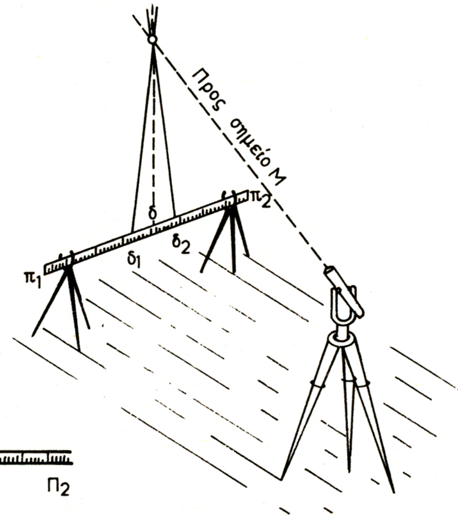
Εάν δεν ισχύει η 3η συνθήκη, τότε, όταν η σκοπευτική γραμμή στρέφεται γύρω από το δευτερεύοντα άξονα, αντί να διαγράψει ένα επίπεδο, διαγράφει μια κωνική επιφάνεια. Αυτό ελέγχεται ως εξής: Σκοπεύομε την ακμή ενός τοίχου με το τηλεσκόπιο περίπου οριζόντιο και έπειτα περιστρέφομε το τηλεσκόπιο προς τα άνω και προς τα κάτω. Εάν το κέντρο του σταυρονήματος δεν παρακολουθεί



Σχ. 7.10α.



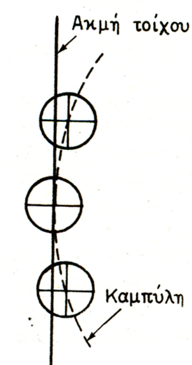
Σχ. 7.10β.



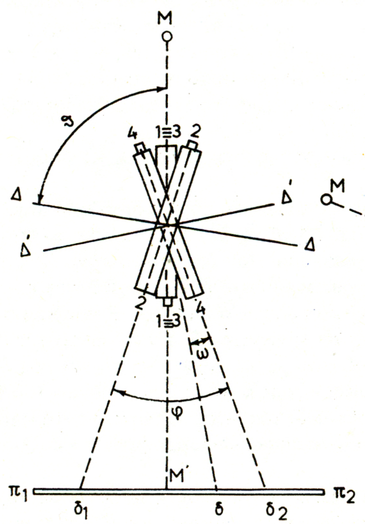
Σχ. 7.10γ.

την ακμή του τοίχου και διαγράφει τη νοητή καμπύλη κ (σχ. 7.10δ), που εφάπτεται στην ακμή στο αρχικό σημείο σκοπεύσεως, τότε η συνθήκη δεν πληρούται. Η αποκατάσταση της συνθήκης αυτής γίνεται με τον εξής τρόπο:

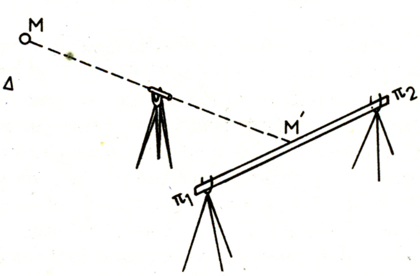
Σε έδαφος, όπως στην προηγούμενη περίπτωση, σκοπεύομε με το τηλεσκόπιο στην ορθή του θέση, το απομακρυσμένο και χαμηλό σημείο Μ (σχ. 7.10ε — σκόπευση 1 — 1 και σχ. 7.10στ). Αντιστρέφομε το τηλεσκόπιο, αλλάζομε θέση σκοπεύσεως και κάνομε δεύτερη σκόπευση, την 2 — 2, αντίθετη προς την πρώτη. Η σκόπευση αυτή γίνεται προς τον αριθμημένο πήχυ $Π_1Π_2$, τον οποίο αυτή τη φορά έχομε τοποθετήσει προς την αντίθετη κατεύθυνση του σημείου Μ, αλλά οριζόντιο και πάλι, στην ίδια απόσταση των 50 έως 60 m από το θεοδόλιχο, στο ύψος περίπου του οργάνου και κάθετα προς τη διεύθυνση σκοπεύσεως. Και κατά τις δύο σκοπεύσεις, δηλαδή προς το σημείο Μ και προς τον αριθμημένο πήχυ, ο δευτερεύων άξονας ΔΔ δεν αλλάζει θέση.



Σχ. 7.10δ.



Σχ. 7.10ε.



Σχ. 7.10στ.

Στη συνέχεια περιστρέφομε το κύριο σώμα του θεοδόλιχου και σκοπεύομε ξανά το σημείο Μ (σκόπευση 3 —3), χωρίς να αναστρέψομε το τηλεσκόπιο. Αυτή τη φορά ο δευτερεύων άξονας θα καταλάβει τη θέση Δ΄Δ΄, διαφορετική από την ΔΔ (σχ. 7.10ε μόνον). Αναστρέφομε για μια ακόμη φορά το τηλεσκόπιο, που επανέρχεται έτσι στην ορθή του θέση και προβαίνομε σε νέα σκόπευση (4 — 4) προς τον αριθμημένο πήχυ. Και πάλι δεν αλλάζει η θση Δ΄Δ΄ του δευτερεύοντα άξονα.

Έστω ότι $δ_1$ και $δ_2$ είναι οι υποδιαιρέσεις του αριθμημένου πήχυ, με τις οποίες συμπίπτει το κατακόρυφο νήμα του σταυρονήματος κατά τις σκοπεύσεις 2 — 2 και 4 — 4. Από το σχήμα 7.10ε αποδεικνύεται ότι η γωνία Φ, πουα αντιστοιχεί στις υποδιαιρέσσεις αυτές, ισούται με το τετραπλάσιο της γωνίας ω, όπου ω το σφάλμα καθετότητας του δευτερεύοντα άξονα και της σκοπευτικής γραμμής (αν θ είναι η πραγματική γωνία, που σχηματίζουν ο δευτερεύων άξονας και η σκοπτευτική γραμμή, είναι $ω = π/2 - θ$). Συνεπώς για να αποκαταστήσομε την 3η συνθήκη δεν έχομε παρά να μετακινήσομε οριζόντια, με τους αντίστοιχους κοχλίες, το σταυρόνημα του τηλεσκοπίου, αφού ο θεοδόλιχός μας προσφέρει αυτή τη δυνατότητα, ώσπου το κατακόρυφο νήμα να μεταποισθεί ακριβώς κατά το $^1/_4$ του διαστήματος $δ_1 - δ_2$.

7.11 Ανακεφαλαίωση συνθηκών ακρίβειας.

Αυτά που είπαμε στην προηγούμενη παράγραφο ανακεφαλαιώνονται ως εξής:

Από τις πέντε συνθήκες ακρίβειας του θεοδόλιχου, όπως διατυπώνονται στην αρχή της παραγράφου, μόνον η πρώτη μπορεί και πρέπει να αποκατασταθεί σε όλους τους τύπους θεοδολίχων.

Η δεύτερη και τρίτη συνθήκη σε άλλους τύπους θεοδολίχων μπορούν να αποκατασταθούν, είτε από το χειριστή του οργάνου είτε από τον ειδικό επισκευαστή, και σε άλλους όχι. Η αποκατάσταση όμως δεν είναι απαραίτητη, αρκεί κατά τις μετρήσεις να ακολουθήσομε τη ***μέθοδο της διπλής σκοπεύσεως,*** αρκεί δηλαδή να σκοπεύσομε τα διάφορα σημεία και από τις δύο θέσεις (Ι και ΙΙ) του τηλεσκοπίου και να πάρομε το μέσο όρο των αντιστοίχων αναγνώσεων.

Η τέταρτη συνθήκη αποκαθίσταται με τη διπλή αντιδιαμετρική ανάγνωση.

Τέλος η πέμπτη συνθήκη δεν μπορεί να αποκατασταθεί σε κανένα τύπο θεοδόλιχου. Αυτή την αδυναμία την αντιμετωπίζομε με τις επανειλημμένες σκοπεύσεις των διαφόρων σημείων, αφού προηγουμένως μετατοπίσομε κατάλληλα την υποδιαίρεση Ο του οριζόντιου δίσκου, και με το μέσο όρο των αντίστοιχων αναγνώσεων.

7.12 Διόρθωση σταυρονήματος.

Μια άλλη διόρθωση του θεοδόλιχου, εκτός από τις διορθώσεις που κάνομε για να αποκαταστήσομε τις διάφορες συνθήκες, είναι η διόρθωση του σταυρονήματος. Όπως είναι γνωστό, το ένα από τα δύο νήματα του σταυρονήματος πρέπει να κείται επάνω στο επίπεδο, που διαγράφει η σκοπευτική γραμμή, όταν περιστρέφεται. Αυτό ελέγχεται ως εξής: Μετά την οριζοντίωση του οργάνου, σκοπεύομε μια κατακόρυφη ευθεία, όπως π.χ. την ακμή ενός τοίχου ή το νήμα της στάθμης. Εάν η κατακόρυφη ευθεία, συμπίπτει με το ένα από τα δυο νήματα του σταυρονήματος, έχει καλώς. Εάν όχι, περιστρέφομε το σταυρόνημα με τους ειδικούς κοχλίες, ώσπου να επιτύχομε τη ζητούμενη σύμπτωση. Η διόρθωση του σταυρονήματος δεν είναι απαραίτητη για να γίνει ακριβής μέτρηση, εφόσον φυσικά ισχύουν ή αντιμετωπίζονται κατάλληλα όλες οι άλλες συνθήκες ακρίβειας. Γι' αυτό δεν περιλαμβάνεται σ' αυτές, αλλά την αναφέρομε χωριστά.

7.13 Μέθοδοι μετρήσεως των οριζοντίων γωνιών.

Αφού γνωρίσαμε τα διάφορα εξαρτήματα του θεοδόλιχου και μάθαμε τους αναγκαίους χειρισμούς τόσο για τη σκόπευση των διαφόρων σημείων όσο και για την αποκατάσταση των συνθηκών ακρίβειας του οργάνου, είμαστε έτοιμοι να μιλήσομε για τη διαδικασία που ακολουθούμε κατά τις σχετικές μετρήσεις.

Αυτή η διαδικασία εξαρτάται από το αν ενδιαφερόμαστε για δύο μόνον σημεία, τα 1 και 2, και θέλομε να μετρήσομε την οριζόντια γωνία που σχημάτιζαν ως προς το σημείο σκοπεύσεως Α, οπότε μιλούμε για ***μέτρηση απ' ευθείας,*** ή ενδιαφερόμαστε για πολλά σημεία, τα 1, 2, 3, 4... κλπ. και θέλομε να συσχετίσομε τις διευθύνσεις των πλευρών Α—1, Α—2, Α—3, Α — 4,... κλπ. μεταξύ τους, οπότε μιλούμε για ***μέτρηση κατά διευθύνσεις.*** Στη δεύτερη περίπτωση έχομε τη δυνατότητα να προσδιορίσομε την οριζόντια γωνία οποιουδήποτε ζεύγους σημείων (ως προς το Α), αρκεί από την ένδειξη του οριζόντιου δίσκου, που αντιστοιχεί στο ένα από τα δυο σημεία, να αφαιρέσομε την ένδειξη που αντιστοιχεί στο άλλο.

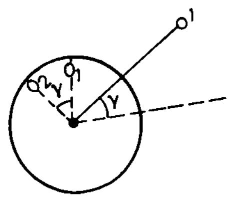
Και στη μέτρηση απ' ευθείας (δύο σημεία) και στη μέτρηση κατά διευθύνσεις (πολλά σημεία) διακρίνομε δύο μεθόδους. ***Την απλή μέθοδο μετρήσεως*** και την ***επαναληπτική μέθοδο μετρήσεως*** ή ***μέθοδο κατά περιόδους.***

Η δεύτερη μέθοδος αποβλέπει στην έμμεση αποκατάσταση της 5ης συνθήκης, δηλαδή στη διόρθωση τυχόν σφάλματος διαιρέσεων του οριζόντιου δίσκου, διόρθωση που, όπως αναφέραμε ήδη στην παράγραφο 7.10, γίνεται με την επανάληψη της διαδικασίας των μετρήσεων, αφού προηγουμένως έχει μετακινηθεί η υποδιαίρεση Ο του δίσκου κατά ορισμένη γωνία γ. Πώς κάνομε αυτή τη μετακίνηση, ήρθε η στιγμή να το εξηγήσομε.

Πρώτα - πρώτα πρέπει να διαθέτομε ***επαναληπτικό*** θεοδόλιχο, δηλαδή θεοδόλιχο με περιστρεφόμενο οριζόντιο δίσκο. Έχομε σκοπεύσει κάποιο σημείο και έχομε κοχλιώσει τον ανασταλτικό κοχλία περιστροφής του δείκτη Η (σχ. 7.1γ). Αποκοχλιώνομε τώρα τον κοχλία Ο, οπότε το όργανο αποκτά και πάλι τη δυνατότητα να περιστρέφεται. Αυτή τη φορά όμως κατά την περιστροφή του συμπαρασύρει και τον οριζόντιο δίσκο. Αυτό σημαίνει ότι, οπουδήποτε και αν κατευθύνομε το τηλεσκόπιο, οι δείκτες του οριζόντιου δίσκου μας δίνουν σταθερή ανάγνωση. Έτσι η υποδιαίρεση 0 μετακινείται από την αρχική της θέση σε μιαν άλλη. Προκειμένου τώρα να κάνομε μια νέα μέτρηση με αφετηρία τη νέα θέση της υποδιαιρέσεως 0, δεν έχομε παρά να κοχλιώσομε τον κοχλία 0 και στη συνέχεια να [ποκοχλιώσομε τον κοχλία Η. Κατά τη νέα μέτρηση ο οριζόντιος δίσκος θα είναι και πάλι σταθερά συνδεμένος με τη βάση του οργάνου.

Όσον αφορά στην περιστροφή του οριζόντιου δίσκου κατά ορισμένη γωνία γ, επιτυγχάνεται αν προσθέσομε στην ανάγνωση α που αντιστοιχεί σε κάποιο σημείο (έστω στο 1) την τιμή γ, περιστρέψομε το τηλεσκόπιο προς τα δεξιά έως ότου διαβάσομε την ένδειξη α + γ, αποκλοχλιώσομε τον κοχλία Ο και ξανασκοπεύσομε προς το σημείο1χρησιμοποιώντας το μικροκινητήριο κοχλία Ξ (σχ. 7.1γ). Από το σχήμα 7.13α είναι φανερό ότι με αυτόν τον τρόπο η υποδιαίρεση 0 του οριζόντιου δίσκου θα μετατεθεί από τη θέση O_1 στη θέση O_2 κατά την επιθυμητή γωνία γ. Η τιμή της γ εξαρτάται από τον αριθμό ν των επαναληπτικών μετρήσεων και ισούται με 2π/ν.

Τώρα μπορούμε να περιγράψομε τους διαφόρους τρόπους μετρήσεων δίνοντας μάλιστα και αριθμητικά παραδείγματα, όπου χρειάζεται.

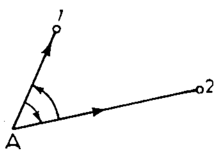


Σχ. 7.13α.

1) Μέτρηση απ' ευθείας - Απλή μέθοδος.

Η μέτρηση μπορεί να γίνει και με απλό και με επαναληπτικό θεοδόλιχο.

Αφού κατακορυφώσομε και κεντρώσομε το όργανο πάνω από το σημείο Α, σκοπεύομε προς το σημείο 1 (σχ. 7.13β) και καταγράφομε την αντίστοιχη διπλή ανάγνωση του οριζόντιου δίσκου. Έπειτα στρέφομε το κύριο σώμα του θεοδόλιχου από αριστερά προς τα δεξιά, δηλαδή κατά τη φορά αυξήσεως των διαιρέσεων του δίσκου, και κάνομε τα ίδια για το σημείο 2. Η διπλή ανάγνωση και για τα δύο σημεία εξουδετερώνει, καθώς γνωρίζομε, το σφάλμα εκκεντρότητας του δίσκου.



Σχ. 7.13β.

Στη συνέχεια επαναλαμβάνομε τη μέτρηση με το τηλεσκόπιο στην ανάστροφη θέση (θέση ΙΙ), αφού δηλαδή κάνομε αναστροφή - περιστροφή του τηλεσκοπίου σύμφωνα με όσα είπαμε στην παράγραφο 7.10, για να εξουδετερώσομε τυχόν ύπαρξη σφαλμάτων της σκοπευτικής γραμμής και του δευτερεύοντα άξονα. Αυτή τη φορά όμως αρχίζομε από το σημείο 2 και καταλήγομε στο σημείο 1 με περιστροφή του κύριου σώματος του οργάνου κατά την αντίθετη φορά, δηλαδή από δεξιά προς τα αριστερά: Εννοείται ότι κάνομε και πάλι διπλή ανάγνωση και για τα δύο σημεία. Η καταγραφή των διαφόρων αναγνώσεων φαίνεται στον Πίνακα 7.13.1 όπου υπάρχουν οι στήλες $δ_1$ και $δ_2$, απόδειξη ότι ο θεοδόλιχός μας δεν είναι εφοδιασμένος με διάταξη Wild (παράγρ. 7.9) και όπου για τις αναγνώσεις από τη θέση ΙΙ του τηλεσκοπίου καταγράφονται μόνο τα πρώτα και δεύτερα λεπτά της μοίρας, ή τα (c) και (cc), αν ο οριζόντιος δίσκος ήταν υποδιαιρεμένος σε βαθμούς.

2) Μέτρηση απ' ευθείας - Επαναληπτική μέθοδος.

Η μέτρηση μπορεί να γίνει μόνον με επαναληπτικό θεοδόλιχο.

Στον Πίνακα 7.13.2 δίδεται ένα παράδειγμα επαναληπτικής μετρήσεως, με 3 περιόδους, όπου χρησιμοποιήθηκε θεοδόλιχος εφοδιασμένος με διάταξη Wild, δηλαδή με δυνατότητα ταυτόχρονης αναγνώσεως των δύο αντιδιαμετρικών ενδείξεων του οριζόντιου δίσκου που αντιστοιχούν σε κάθε σημείο. (Γι' αυτό δεν υπάρχουν στήλες δεικτών στον Πίνακα).

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.13.1.

Σημεία	Θέση τηλεσκοπίου I			Μέση τιμή θέσεων I και II	Μέση ανηγμένη τιμή
	Δείκτης δ_1	Δείκτης δ_2	Μέση τιμή		
1	37° 13′ 20″	13′ 20″	13′ 20″	37° 13′ 15″	0°00′00″
2	132° 47′ 40″	47′ 20″	47′ 30″	132° 47′ 25″	95°34′10″ (Είναι φανερό ότι η μέση ανηγμένη τιμή που αντιστοιχεί στο σημείο 2 μας δίνει και τη ζητούμενη γωνία 1, Α, 2)
	Θέση τηλεσκοπίου II				
1	217° 13′ 00″	13′ 20″	13′ 10″		
2	312° 47′ 20″	47′ 20″	47′ 20″		

Για να γίνει καλύτερα αντιληπτή η σύνταξη του Πίνακα 7.13.2 θα απαριθμηθούν, ο ένας μετά τον άλλον, όλοι οι χειρισμοί που έγιναν κατά τιζ 3 περιόδουζ μετρήσεως, αφού πριν απ' όλα προηγήθηκε η κατακορύφωση και κέντρωση του πρωτεύοντα άξονα ΠΠ πάνω από το σημείο Α.

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.13.2.

Περίοδοι	Σημεία	Ενδείξεις: Θέση τηλεσκοπίου I (g)	(c)	(cc)	Θέση τηλεσκοπίου II (g)	(c)	(cc)	Μέση τιμή I και II (g)	(c)	(cc)	Μέση ανηγμένη τιμή (g)	(c)	(cc)	Μέσος όρος ανηγμένων τιμών (g)	(c)	(cc)
1η	1	47	85	11	247	84	98	47	85	05	0	00	00			
	2	119	36	78	319	36	67	119	36	73	71	51	66			
2η	1	181	00	00	380	99	86	180	99	88	0	00	00	0	00	00
	2	252	51	67	52	51	53	252	51	60	71	51	72	71	51	73
3η	1	314	00	00	113	99	98	313	99	94	0	00	00	(Είναι φανερό ότι ο μέσος όρος που αντιστοιχεί στο σημείο 2 μας δίνει και τη ζητούμενη γωνία 1, Α, 2)		
	2	385	51	72	185	51	56	385	51	74	71	51	80			

1η Περίοδος: Θέση τηλεσκοπίου I:

Σκόπευση σημείου 1 με την υποδιαίρεση Ο του οριζόντιου δίσκου σε τυχούσα θέση· ανάγνωση της διπλής ενδείξεως $\alpha = \dfrac{\alpha' + (200\text{-}\alpha\alpha'')}{2} = 47^g\,85^c\,11^{cc}$ και καταγραφή της στην πρώτη στήλη του Πίνακα αποκοχλίωση του κοχλία Η, περιστροφή του οργάνου προς τα δεξιά με ακίνητο τον οριζόντιο δίσκο και σκόπευση του σημείου 2· ανάγνωση της διπλής ενδείξεως α = 119^g 36^c 78^{cc} και καταγραφή της στην πρώτη στήλη του Πίνακα.

Θέση τηλεσκοπίου II (ύστερα από αναστροφή - περιστροφή):

Σκόπευση σημείου 2· ανάγνωση της διπλής ενδείξεως α = 319^g 36^c 67^{cc} και καταγραφή της στη δεύτερη στήλη του Πίνακα· αποκοχλίωση του κοχλία Η, περιστροφή του οργάνου προς τα αριστερά και σκόπευση του σημείου 1· ανάγνωση της διπλής ενδείξεως α = 247^g 84^c 98^{cc} και καταγραφή της στη δεύτερη στήλη του Πίνακα.

2η Περίοδος Θέση τηλεσκοπίου I (ύστερα από νέα αναστροφή - περιστροφή):

Πρόσθεση της τιμής γ = π/3 ≐ 133^g στην ένδειξη α = 47^g 85^c 11^{cc} του σημείου 1, αποκοχλίωση του κοχλία Η και περιστροφή του τηλεσκοπίου προς τα δεξιά έως ότου διαβάσομε την ένδειξη 47^g 85^c 11^{cc} + 133^g ≃ 181^g στον οριζόντιο δίσκο· αποκοχλίωση του κοχλία Ο και σκόπευση του σημείου 1 με χρήση του μικροκινητήριου κοχλία Ξ· ανάγνωση της διπλής ενδείξεως α που θα είναι φυσικά ίση με 181^g και καταγραφή της στην πρώτη στήλη του Πίνακα· αποκοχλίωση του κοχλία Η, περιστροφή του οργάνου προς τα δεξιά με ακίνητο και πάλι τον οριζόντιο δίσκο· σκόπευση του σημείου 2· ανάγνωση της διπλής ενδείξεως α = 252^g 51^c 67^{cc} και καταγραφή της στην πρώτη στήλη του Πίνακα.

Θέση τηλεσκοπίου II (ύστερα κλπ.):

Όπως στην 1η περίοδο, αλλά με διπλές ενδείξεις α = 52^g 51^c 53^{cc} για το σημείο 2 και α = 380^g 99^c 86^{cc} για το σημείο 1.

3η Περίοδος Θέση τηλεσκοπίου I (ύστερα... κλπ.):

Πρόσθεση της τιμής γ = 133^g στην ένδειξη α = 181^g του σημείου 1, αποκοχλίωση... κλπ. (όπως στη 2η περίοδο)... έως ότου διαβάσομε την ένδειξη 181 + 133 = 314^g στον οριζόντιο δίσκο· αποκοχλίωση του κοχλία Ο... κλπ (όπως στη 2η περίοδο)· ανάγνωση ...κλπ κλπ, όπως στη δεύτερη περίοδο αλλά με διπλές ενδείξεις α = 314^g για το σημείο 1 και α = 385^g 51^c 72^{cc} για το σημείο 2.

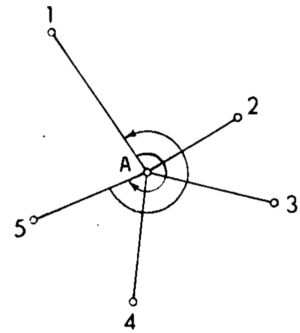
Θέση τηλεσκοπίου II (ύστερα... κλπ.):

Όπως στην 1η περίοδο, αλλά με διπλές ενδείξεις α = 185^g 51^c 56^{cc} για το σημείο 2 και α = 113^g 99^c 88^{cc} για το σημείο 1.

Παρατήρηση: Θεωρητικά, η διαφορά ανάμεσα στις δύο ενδείξεις, που προκύπτουν κατά τη σκόπευση του ίδιου σημείου από τις θέσεις I και II του τηλεσκοπίου, πρέπει σε όλες τις περιόδους μετρήσεων να είναι ίση με 200^g ή 180°. Στην πράξη όμως ισούται με 200^g ± K ή 180° ± K. Αυτό το K στις μετρήσεις μεγάλης ακριβείας δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 10 - 20^{cc} ή τα 3—6″, ενώ στις μετρήσεις μικρής ακρίβειας δεν επιτρέπεται να είναι μεγαλύτερο του 1^c ή των 30″. Διαφορετικά η αντίστοιχη περίοδος ακυρώνεται.

3) Μέτρηση κατά διευθύνσεις — Απλή μέθοδος.

Κατά την απλή μέθοδο σκοπεύομε τα διάφορα σημεία με τη σειρά 1 → 2 → 3 → 4 → 5 (σχ. 7.13γ), περιστρέφοντας το όργανο κατά τη θετική φορά, δηλαδή από αριστερά προς τα δεξιά. Όταν φθάσομε στο τελευταίο σημείο, αναστρέφομε - περιστρέφομε και επαναλαμβάνομε τις σκοπεύσεις με την αντίθετη σειρά, δηλαδή → 4 → 3 → 2 → 1 και με το τηλεσκόπιο στην ανάστροφη θέση (θέση II). Ο αντίστοιχος πίνακας καταγραφής των αναγνώσεων, που προκύπτουν, συντάσσεται με ό-



Σχ. 7.13γ.

μοιο εντελώς τρόπο όπως στον Πίνακα 7.13.1, αν δεν διαθέτομε θεοδόλιχο με διάταξη Wild, ή όπως στον Πίνακα 7.13.2 (για μια από τις τρεις περιόδους), αν διαθέτομε τέτοιο θεοδόλιχο.

4) Μέτρηση κατά διευθύνσεις — Επαναληπτική μέθοδος.

Η επαναληπτική μέθοδος δεν είναι τίποτε άλλο παρά μια επανάληψη της απλής μεθόδου με ενδιάμεσες μετακινήσεις της υποδιαιρέσεως 0 του οριζόντιου δίσκου. Οι μετακινήσεις αυτές αποβλέπουν και πάλι στο να εξουδετερώσουν το σφάλμα διαιρέσεων του δίσκου και όπως τονίσαμε επανειλημμένα, επιτυγχάνονται μόνο στους επαναληπτικούς θεοδόλιχους. Συνήθως γίνονται 3 έως 5 επαναληπτικές μετρήσεις και η γωνία μετακινήσεως της υποδιαιρέσεως 0 ισούται με $360°/v$ ή $400^g/v$, όπου v ο αριθμός των μετρήσεων.

Για τη σύνταξη του σχετικού πίνακα ακολουθούμε τον τρόπο που ακολουθήσαμε και για τη σύνταξη του Πίνακα 7.13.2 με τη διαφορά ότι αντί δύο έχομε τώρα να κάνομε με πέντε σημεία. Για τον προσδιορισμό των ενδιαμέσων γωνιών, λ.χ. της γωνίας 3,Α,4, δεν έχομε παρά να αφαιρέσομε από το μέσο ανηγμένο όρο που αντιστοιχεί στο σημείο 4 το μέσο ανηγμένο όρο, που αντιστοιχεί στο σημείο 3. 'Οσο για την τελευταία γωνία 5,Α,1, αυτή υπολογίζεται αφαιρώντας από τις 360° ή τους 400^g το άθροισμα των υπολοίπων τεσσάρων γωνιών.

Εκτός από τις δύο μεθόδους, που αναπτύξαμε, υπάρχουν και άλλες μέθοδοι μετρήσεως οριζοντίων γωνιών, αλλά δεν θα μας απασχολήσουν εδώ, γιατί αφορούν σε τοπογραφικές εργασίες μεγάλης ακρίβειας (τριγωνισμούς ανώτερης τάξεως), οι οποίες δεν εξετάζονται στο βιβλίο αυτό.

7.14. Χάραξη ευθυγραμμίας με θεοδόλιχο.

Είπαμε στην παράγραφο 4.4 ότι μια ευθυγραμμία χαράζεται ταχύτερα και ακριβέστερα αν, αντί να σκοπεύσομε τα ακόντια με γυμνό μάτι, τα σκοπεύομε με κάποια τηλεσκοπική διάταξη, π.χ. με ένα θεοδόλιχο. Αυτό το πλεονέκτημα το παρέχει ο θεοδόλιχος γιατί, όταν κατακορυφωθεί ο άξονας ΠΠ η σκοπευτική γραμμή ΣΣ διαγράφει ένα κατακόρυφο επίπεδο.

Έτσι, αν θέλομε να χαράξομε την ευθυγραμμία ΑΒ δεν έχομε παρά να κεντρώσομε τον οριζοντιωμένο θεοδόλιχο επάνω από το άκρο Α και κατόπιν να σκοπεύσομε προς το άκρο Β. Μετά τη σκόπευση το κάθετο νήμα του σταυρονήματος θα κείται επάνω στο κατακόρυφο επίπεδο των σημείων Α και Β για οποιαδήποτε θέση του τηλεσκοπίου. Προκειμένου λοιπόν να τοποθετήσομε ένα ακόντιο στην ευθυγραμμία, καθοδηγούμε το βοηθό μας, όπως κάνομε και κατά τη σκόπευση με γυμνό μάτι, έως ότου δούμε το κάθετο νήμα του σταυρονήματος να συμπίπτει με τον άξονα του ακοντίου.

Εννοείται ότι για να είναι ακριβής) η σκόπευση, πρέπει να έχουν ελεγχθεί προηγουμένως η 2η και η 3η συνθήκη του θεοδόλιχου (παραγρ. 7.10).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΟΓΔΟΟ

ΜΕΤΡΗΣΗ ΟΡΙΖΟΝΤΙΩΝ ΓΩΝΙΩΝ ΜΕ ΤΗ ΓΩΝΙΟΜΕΤΡΙΚΗ ΠΥΞΙΔΑ

8.1 Γωνιομετρική πυξίδα. Σύντομη περιγραφή.

Ένα άλλο όργανο μετρήσεως οριζοντίων γωνιών, με μικρή όμως ακρίβεια, είναι και η ***γωνιομετρική πυξίδα.***

Η γωνιομετρική πυξίδα, όπως και η κοινή πυξίδα, είναι εφοδιασμένη με μία μαγνητική βελόνα, που το σημείο στηρίξεώς της συμπίπτει με το κέντρο μιας κυκλικής πλάκας. Η περιφέρεια της πλάκας υποδιαιρείται σε 360° ή 400^g, ενώ το μήκος της μαγνητικής βελόνας ισούται προς τη διάμετρο της πλάκας. Έτσι όταν οριζοντιώσομε την κυκλική πλάκα και η μαγνητική βελόνα αφεθεί ελεύθερη να στραφεί κατά τη διεύθυνση βορρά-νότου, τα άκρα της μαγνητικής βελόνας καθίστανται αυτόματα δείκτες δύο διαμετρικά αντιθέτων υποδιαιρέσεων της περιφέρειας της πλάκας.

Η μαγνητική βελόνα στηρίζεται επάνω σε ένα αιχμηρό στυλίσκο, που τοποθετείται στο κέντρο της αριθμημένης κυκλικής πλάκας. Η αιχμή του στυλίσκου εισέρχεται σε μια κατάλληλη κοιλότητα της βελόνας, η οποία βρίσκεται στο κέντρο βάρους της ακριβώς. Έτσι η βελόνα ισορροπεί επάνω στο στυλίσκο, χωρίς να επηρεάζεται από τίποτε άλλο, εκτός από το μαγνητικό πεδίο της γης. Αυτό την κάνει να στρέφεται πάντοτε προς το ***μαγνητικό βορρά,*** πού, όπως ξέρομε, δεν συμπίπτει με το γεωγραφικό.

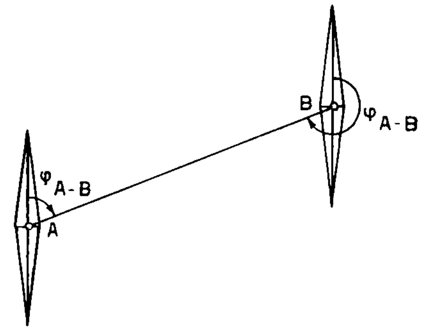
Η γωνιομετρική πυξίδα είναι συνήθως εφοδιασμένη και με ένα κατάλληλο εξάρτημα, με το οποίο, όταν παύομε τις μετρήσεις, μπορούμε να ακινητοποιήσομε εντελώς τη βελόνα επάνω στο στυλίσκο. Αντίθετος χειρισμός του εξαρτήματος αυτού επιτρέπει και πάλι την ελεύθερη περιστροφή της.

Τόσο η κυκλική πλάκα όσο και η μαγνητική βελόνα κλείνονται μέσα σε κατάλληλο περίβλημα με γυάλινο κάλυμμα.

Για να γνωρίσομε τώρα τον τρόπο μετρήσεως οριζοντίων γωνιών με τη γωνιομετρική πυξίδα, πρέπει προηγουμένως να μάθομε τί είναι αζιμούθιο διευθύνσεως.

8.2 Αζιμούθιο διευθύνσεως (Μαγνητικό).

Έστω ότι έχομε δύο σημεία της γήινης επιφάνειας, τα σημεία Α και Β. Θεωρούμε το κατακόρυφο επίπεδο, που διέρχεται από τον άξονα της μαγνητικής βελόνας, όταν τοποθετηθεί στο Α, και το κατακόρυφο επίπεδο των δύο σημείων. Εάν φαντασθούμε ότι το πρώτο επίπεδο στρέφεται γύρω από την τομή των δύο επιπέδων με τη φορά των δεικτών του ρολογιού, η γωνία, την οποία θα διαγράψει, μέχρι που να συμπέσει με το δεύτερο επίπεδο, ονομάζεται ***αζιμούθιο της διευθύνσεως*** ΑΒ.



Σχ. 8.2.

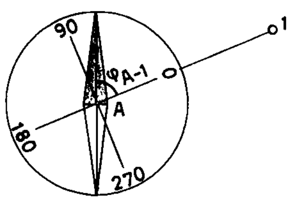
Στο σχήμα 8.2 φαίνεται και το αζιμούθιο της διευθύνσεως Α — Β (είναι η γωνία $\phi_{A\text{-}B}$) και το αζιμούθιο της αντίστροφης διευθύνσεως Β — Α (είναι η γωνία $\phi_{B\text{-}A}$). Επειδή τα σημεία Α και Β γειτονεύουν, οι αντίστοιχες αποκλίσεις της μαγνητικής βελόνας είναι ίσες και συνεπως οι αντίστοιχες διευθύνσεις του άξονά της παράλληλοι. Άρα:

$$\phi_{B\text{-}A} - \phi_{A\text{-}B} = 180^\circ.$$

Με άλλα λόγια τα αζιμούθια δύο αντιστρόφων διευθύνσεων διαφέρουν κατά δύο ορθές.

8.3 Μέτρηση αζιμουθίου.

Η μέτρηση του αζιμουθίου μιας διευθύνσεως, π.χ. της διευθύνσεως Α — 1 (σχ. 8.3), γίνεται με τη γωνιομετρική πυξίδα.



Σχ. 8.3.

Για το σκοπό αυτό τοποθετούμε τη γωνιομετρική πυξίδα επάνω από το σημείο Α έτσι, ώστε να πληρούνται οι παρακάτω προϋποθέσεις:

α) Το κέντρο της κυκλικής πλάκας να κείται επάνω στην κατακόρυφη στο Α.

β) Η κυκλική πλάκα να είναι οριζόντια.

γ) Το κατακόρυφο επίπεδο, που αντιστοιχεί στη διάμετρο της διαιρέσεως 0, να διέρχεται από το σημείο 1.

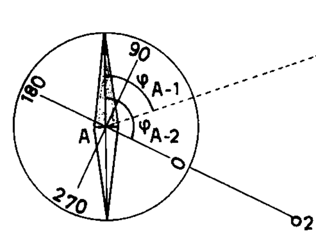
Εάν πραγματικά οι τρεις αυτές προϋποθέσεις υφίστανται, τότε η υποδιαίρεση, την οποία μας δείχνει ο βόρειος πόλος της μαγνητικής βελόνας, μας δίνει το ζητούμενο αζιμούθιο φ_{A-1}. Εννοείται ότι οι υποδιαιρέσεις της κυκλικής πλάκας ακολουθούν φορά αντίθετη από τη φορά των δεικτών του ρολογιού.

8.4 Μέτρηση οριζόντιας γωνίας.

Εάν τώρα θέλομε να μετρήσομε την οριζόντια γωνία των σημείων 1 και 2 ως προς το σημείο Α (σχ. 8.4), δεν έχομε παρά να βρούμε τα αζιμούθια Φ_{A-1} και Φ_{A-2} των διευθύνσεων Α — 1 και Α — 2 αντιστοίχως και να αφαιρέσομε το ένα από το άλλο. Γι' αυτό, αφού βρούμε το αζιμούθιο φ_{A-1} της διευθύνσεως Α — 1, περιστρέφομε τη γωνιομετρική πυξίδα, ώσπου το κατακόρυφο επίπεδο, που αντιστοιχεί στη διάμετρο της υποδιαιρέσεως 0, να διέλθει από το σημείο 2. Υποτίθεται ότι εξακολουθούν να ισχύουν οι προϋποθέσεις (α) και (β). Το νέο αζιμούθιο Φ_{A-2} μας δίνεται και πάλι από την ένδειξη του βόρειου πόλου της μαγνητικής βελόνας επάνω στην αριθμημένη πλάκα. Τελικά η οριζόντια γωνία που ζητούμε, προκύπτει από τη σχέση:

$$\beta = \Phi_{A-2} - \Phi_{A-1}.$$

Όπως βλέπομε δηλαδή, έχομε την εξής χαρακτηριστική διαφορά μεταξύ γωνιομετρικής πυξίδας και θεοδόλιχου: Στο θεοδόλιχο ο οριζόντιος δίσκος είναι σταθερός και στρέφονται οι δείκτες. Στη γωνιομετρική πυξίδα περιστρέφεται η αριθμημένη πλάκα, ενώ οι δείκτες, δηλαδή τα άκρα της μαγνητικής βελόνας, παραμένουν σταθεροί.



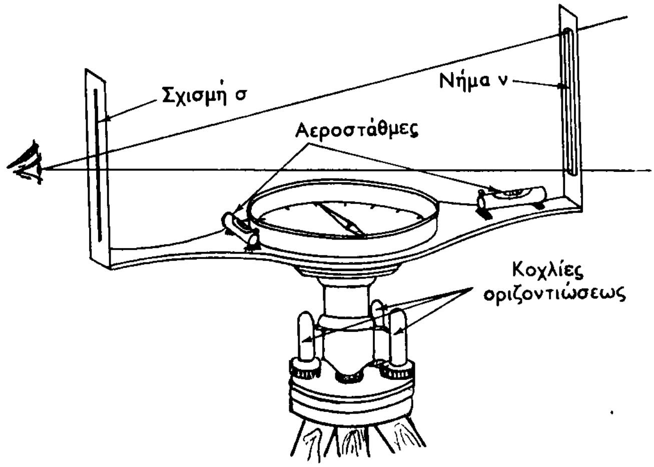
Σχ. 8.4.

8.5 Σκοπευτική διάταξη. Είδη γωνιομετρικών πυξίδων.

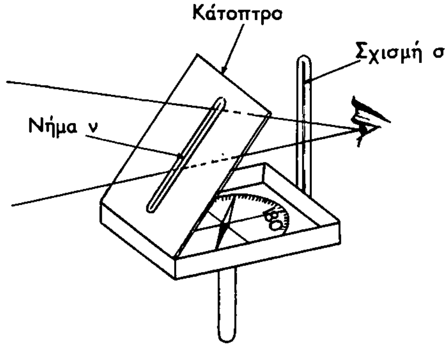
Για να ισχύει η προϋπόθεση γ (της παραγράφου 8.3), δηλαδή για να διέλθει το κατακόρυφο επίπεδο, που αντιστοιχεί στη διάμετρο της υποδιαιρέσεως 0, από το σκοπευόμενο σημείο, πρέπει η γωνιομετρική πυξίδα να είναι εφοδιασμένη με κάποια σκοπευτική διάταξη. Η διάταξη αυτή είναι ή μία απλή διάταξη, οπότε κάνομε τη σκόπευση με γυμνό μάτι, ή ένα τηλεσκόπιο.

Στην πρώτη περίπτωση έχομε δύο τύπους γωνιομετρικών πυξίδων. Ο πρώτος στηρίζεται επάνω σε τρίποδα, όπως και ο θεοδόλιχος, και οριζοντιώνεται με τη βοήθεια κοχλιών και αεροσταθμών (σχ. 8.5α). Η σκοπευτική διάταξη αποτελείται από δύο στελέχη. Το ένα φέρει τη σχισμή σ, από όπου γίνεται η σκόπευση, και το άλλο φέρει το νήμα ν. Το επίπεδο, που ορίζουν η σχισμή και το νήμα, περιέχει τη διάμετρο της αριθμημένης πλάκας, που αντιστοιχεί στη διαίρεση 0. Το επίπεδο αυτό καθίσταται κατακόρυφο, όταν το όργανο οριζοντιώνεται.

Η σκοπευτική διάταξη έχει τη δυνατότητα να στρέφεται γύρω από τον κατακόρυφο άξονα, που διέρχεται από το κέντρο της αριθμημένης πλάκας. Την περιστροφή αυτή παρακολουθεί και η αριθμημένη πλάκα. Για να σκοπεύσομε τώρα κάποιο σημείο, κατευθύνομε προς αυτό τη σκοπευτική διάταξη, έως ότου δούμε μέσα από τη σχισμή σ το νήμα ν να καλύπτει το σημείο. Αυτό σημαίνει ότι το κατακόρυφο επίπεδο, που αντιστοιχεί στη διάμετρο της διαιρέσεως 0, διέρχεται από το σημείο, που θέλομε να σκοπεύσομε. Με άλλα λόγια ισχύει η προϋπόθεση (γ) της παραγράφου 8.3. Εννοείται ότι πριν από τη σκόπευση γίνεται κανονική κέντρωση και οριζοντίωση του οργάνου.



Σχ. 8.5α.

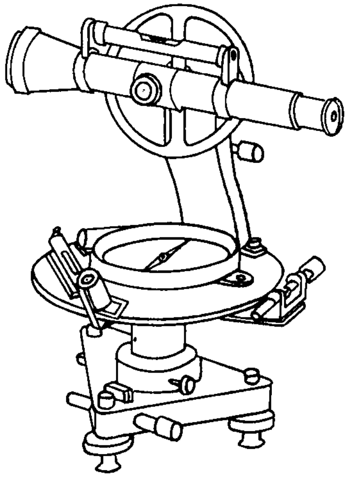


Σχ. 8.5β.

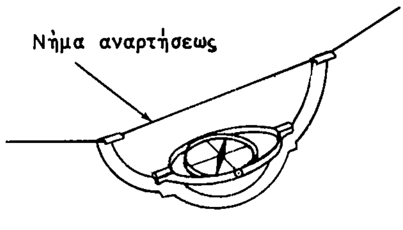
Όταν θέλομε να κάνομε πρόχειρες μετρήσεις, χρησιμοποιούμε ένα άλλο τύπο γωνιομετρικής πυξίδας. Ο τύπος αυτός δεν στηρίζεται σε τρίποδα, αλλά τον κρατούμε με το χέρι (σχ. 8.5β). Και σ' αυτόν η σκοπευτική διάταξη αποτελείται από παρόμοιο σύστημα σχισμής και νήματος. Το νήμα φέρεται από το κάλυμμα της πυξίδας.

Η ανάγνωση του αζιμουθίου επάνω στην αριθμημένη πλάκα επιτυγχάνεται ως εξής: Κατά τις σκοπεύσεις το κάλυμμα της πυξίδας σχηματίζει γωνία 45° με το επίπεδο της αριθμημένης πλάκας. Η εσωτερική όψη του καλύμματος είναι κατοπτρική. Έτσι, όταν κάνομε τις σκοπεύσεις, βλέπομε συγχρόνως και το είδωλο της αριθμημένης πλάκας. Επομένως βλέπομε την αντίστοιχη ένδειξη της μαγνητικής βελόνας.

Ακριβέστερες μετρήσεις μας δίνει η γωνιομετρική πυξίδα, όταν είναι εφοδιασμένη με τηλεσκόπιο. Το επίπεδο περιστροφής του τηλεσκοπίου συμπίπτει ή είναι παράλληλο προς το κατακόρυφο επίπεδο, που αντιστοιχεί στη διάμετρο της υποδιαιρέσεως 0 της κυκλικής πλάκας. Το όργανο στηρίζεται σε τρίποδα και οριζοντιώνεται με τη βοήθεια κοχλιών και αεροστάθμης.



Σχ. 8.5γ.



Σχ. 8.5δ.

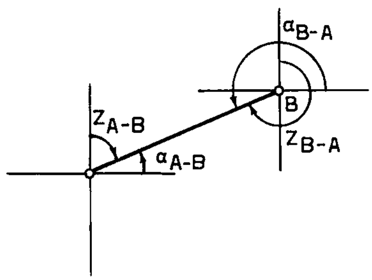
Ένα απλό είδος γωνιομετρικής πυξίδας που χρησιμοποιείται συχνά στα μεταλλεία για τον πρόχειρο προσδιορισμό της διευθύνσεως των υπόγειων στοών είναι η ***πυξίδα αναρτήσεως.*** Πρόκειται για μια γωνιομετρική πυξίδα που αναρτάται από ένα τεντωμένο νήμα και διατηρείται οριζόντια χάρη στο ***σύστημα Cardan,*** με το οποίο είναι εφοδιασμένη. Το νήμα προσδένεται παράλληλα με τη διεύθυνση της στοάς και έτσι η βελόνα της πυξίδας μας δίνει το αζιμούθιο της διευθύνσεώς της (σχ. 8.5δ).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΝΑΤΟ

ΜΕΤΡΗΣΗ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΩΝ ΓΩΝΙΩΝ – ΓΕΝΙΚΟΤΗΤΕΣ

9.1 Κατακόρυφη γωνία δύο σημείων.

Έστω τα σημεία Α και Β του χώρου. Έστω επίσης πρώτα: η κατακόρυφη ευθεία του Α και δεύτερο: η οριζόντια ευθεία του Α που κείται στο κατακόρυφο επίπεδο των Α και Β (σχ. 9.1). Η γωνία που σχηματίζει η ευθεία ΑΒ με την οριζόντια ευθεία του σημείου Α ονομάζεται ***γωνία κλίσεως*** της ευθείας ΑΒ και συμβολίζεται με το σύμβολο $\alpha_{A\text{-}B}$. Η γωνία που σχηματίζει η ευθεία ΑΒ με την κατακόρυφη του σημείου Α, ονομάζεται ***ζενίθια γωνία*** της ευθείας ΑΒ και συμβολίζεται με το σύμβολο $Z_{A\text{-}B}$. Ως ***κατακόρυφη γωνία*** της ευθείας ΑΒ θεωρείται είτε η γωνία κλίσεως $\alpha_{A\text{-}B}$ είτε η ζενίθια γωνία $Z_{A\text{-}B}$.



Σχ. 9.1.

Με την ίδια σειρά σκέψεων και ορισμων μπορούμε να θεωρήσομε ως κατακόρυφη γωνία των σημείων Α και Β είτε τη γωνία κλίσεως $\alpha_{B\text{-}A}$ είτε τη ζενίθια γωνία $Z_{B\text{-}A}$.

Από το σχήμα 9.1α προκύπτουν οι σχέσεις:

$$\alpha_{B\text{-}A} - \alpha_{A\text{-}B} = 180^\circ$$

και $$Z_{B\text{-}A} - Z_{A\text{-}B} = 180^\circ$$

Επίσης είναι φανερό ότι και στις δύο περιπτώσεις οι γωνίες α και Ζ είναι συμπληρωματικές (στην περίπτωση του σημείου Β έχομε $\alpha_{B\text{-}A} + Z_{B\text{-}A} = 360^\circ + 90^\circ$, αλλά οι 360° δεν λαμβάνονται υπ' όψη).

Οι κατακόρυφες γωνίες μετρούνται, όπως και οι οριζόντιες, είτε σε βαθμούς είτε σε μοίρες.

9.2 Όργανα μετρήσεως κατακορύφων γωνιών.

Τα όργανα με τα οποία μετρούμε τις κατακόρυφες γωνίες είναι ο γνωστός μας θεοδόλιχος (ή το ταχύμετρο) και το κλισίμετρο εδάφους. Για το καθένα από αυτά καθώς και για τον τρόπο μετρήσεως θα γίνει λόγος στα αντίστοιχα κεφάλαια 10 και 11.

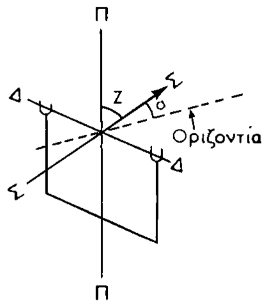
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ

ΜΕΤΡΗΣΗ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΩΝ ΓΩΝΙΩΝ ΜΕ ΤΟ ΘΕΟΔΟΛΙΧΟ

10.1 Κατακόρυφη γωνία σκοπευτικής γραμμής.

Προτού να περιγράψομε πώς μετρούμε μια κατακόρυφη γωνία με το θεοδόλιχο (ή το ταχύμετρο), πρέπει να διευκρινίσομε το εξής: Στην πράξη δεν υπάρχει θέμα να μετρήσομε την κατακόρυφη γωνία δύο σημείων του εδάφους, όταν χρησιμοποιούμε το θεοδόλιχο, αλλά την κατακόρυφη γωνία (α ή Ζ) της σκοπευτικής γραμμής του τηλεσκοπίου του θεοδόλιχου (σχ. 10.1).

Με άλλα λόγια το σημείο Α, το οποίο αναφέρεται στην παράγραφο 9.1, είναι η τομή της σκοπευτικής γραμμής ΣΣ με τον πρωτεύοντα άξονα ΠΠ του θεοδόλιχου, ενώ το σημείο Β είναι εκείνο προς το οποίο κατευθύνεται η σκοπευτική γραμμή.



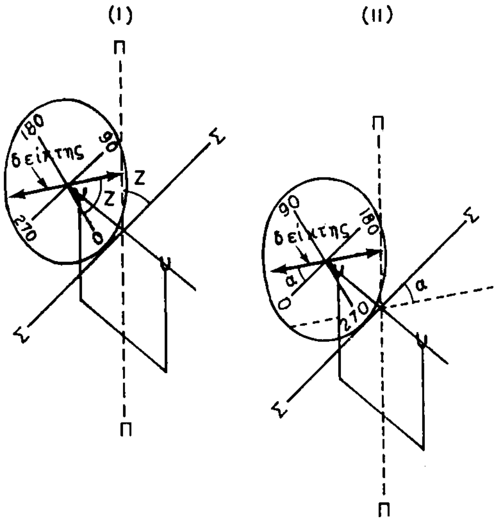
Σχ. 10.1.

10.2 Κατακόρυφος δίσκος - Δείκτης.

Εκτός από το δίσκο μετρήσεως των οριζοντίων γωνιών ο θεοδόλιχος είναι εφοδιασμένος και με ένα άλλο δίσκο, ο οποίος χρησιμεύει για τη μέτρηση των κατακορύφων γωνιών (γωνιών κλίσεως α ή ζενιθίων γωνιών Ζ). Για να αντιδιαστείλομε τους δύο δίσκους ονομάζομε τον πρώτο ***οριζόντιο*** και το δεύτερο ***κατακόρυφο.***

Ο κατακόρυφος δίσκος είναι παράλληλος προς το επίπεδο της σκοπευτικής γραμμής ΣΣ και του πρωτεύοντα άξονα ΠΠ και συνεπώς, όταν οριζοντιώσομε το όργανο, δηλαδή κατακορυφώσομε τον ΠΠ, καθίσταται και αυτός κατακόρυφος (σχ. 10.2). Επίσης το κέντρο του κατακόρυφου δίσκου κείται στην προέκταση του δευτερεύοντα άξονα ΔΔ και, όταν η σκοπευτική γραμμή στρέφεται γύρω από τον ΔΔ, παρασύρει στην περιστροφή της και τον κατακόρυφο δίσκο.

Επίσης, όπως στην περίπτωση του οριζόντιου δίσκου, έτσι και στην περίπτωση του κατακόρυφου υπάρχει ένας δείκτης, ο οποίος υποδεικνύει την αντίστοιχη κατακόρυφη γωνία. Το μέσο του δείκτη κείται στην προέκταση του δευτερεύοντα άξονα ΔΔ, όπως και το κέντρο. Όταν οριζοντιώνεται το όργανο οριζοντιώνεται και ο δείκτης. Εξ άλλου όταν η σκοπευτική γραμμή και μαζύ με αυτήν ο κατακόρυφος δίσκος στρέφεται γύρω από το δευτερεύοντα άξονα, ο δείκτης παραμένει σταθερός. Συνεπώς, εάν η διάμετρος 0° — 180° ή 0g — 200g του κατακόρυφου δίσκου είναι κάθετη προς τη σκοπευτική γραμμή, ο δείκτης θα μας δίνει τη ζενίθια γωνία z [σχ. 10.2 (ι)]. Εάν όμως η διάμετρος 0° — 180° ή 0g — 200g είναι παράλληλη προς τη σκοπευτική γραμμή, ο δείκτης θα μας δίνει τη γωνία κλίσεως α [σχ. 10.2 - (ιι)].



Σχ. 10.2.

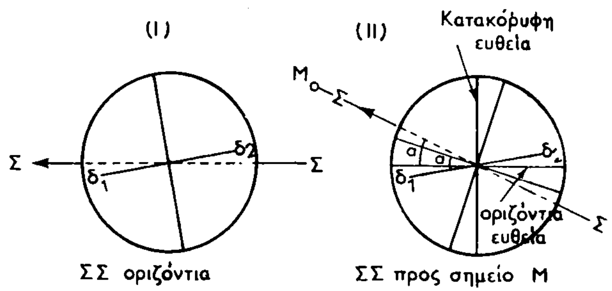
Από όσα είπαμε ως τώρα, βλέπομε οτι υπάρχει μια βασική διαφορά μεταξύ οριζόντιου και κατακόρυφου δίσκου. Ενώ δηλαδή κατά τη μέτρηση των οριζοντίων γωνιών ο οριζόντιος δίσκος παραμένει σταθερός και κινείται ο δείκτης του, κατά τη μέτρηση των κατακορύφων γωνιών συμβαίνει το αντίθετο. Κινείται ο κατακόρυφος δίσκος και ο δείκτης του παραμένει σταθερός. Κατά τα άλλα οι δύο δίσκοι είναι εντελώς όμοιοι, αριθμημένοι σε βαθμούς ή μοίρες και εφοδιασμένοι με το ίδιο σύστημα αναγνώσεως των αντιστοίχων γωνιών, δηλαδή βερνιέρο ή μικροσκόπιο ή οπτικό μικρόμετρο και διάταξη Wild για την ταυτόχρονη εκτέλεση των αντιδιαμετρικών αναγνώσεων (βλέπε σχετικά παραγράφους 7.7, 7.8 και 7.9, καθώς και συμβολισμούς Δ, E_1 και E_2 στο σχήμα 7.1γ).

Επιπλέον στο δείκτη του κατακόρυφου δίσκου προσαρμόζεται μια σωληνωτή αεροστάθμη, με την οποίαν ελέγχεται η ***οριζοντιότητα του δείκτη.*** Ο έλεγχος αυτός πρέπει να γίνεται πριν από κάθε σκόπευση γιατί τότε είμαστε βέβαιοι ότι η ανάγνωση της κατακόρυφης γωνίας, που θα κάνομε, θα είναι απόλυτα ακριβής έστω και αν ο πρωτεύων άξονας ΠΠ του οργάνου δεν είναι απόλυτα κατακόρυφος. Γι' αυτό η αεροστάθμη είναι εφοδιασμένη με ένα κάτοπτρο έτσι ώστε να ελέγχομε τη θέση της φυσαλίδας της από τη θέση σκοπεύσεως. Φυσικά ο άξονας της αεροστάθμης είναι παράλληλος προς τη σταθερή διεύθυνση του δείκτη.

Η σωληνωτή αεροστάθμη και το κάτοπτρο ελέγχου της φυσαλίδας παρίστανται με τα γράμματα Β και Α αντιστοίχως στο σχήμα 7.1γ της γενικής διατάξεως του θεοδόλιχου.

10.3 Πρόσθετη συνθήκη ακρίβειας θεοδόλιχου.

Εκτός από τις γνωστές συνθήκες ακρίβειας του θεοδόλιχου, που αναφέρονται στις οριζόντιες γωνίες πρέπει να πληρούται και η εξής συνθήκη, που έχει σχέση με τη μέτρηση των κατακορύφων γωνιών. ***Η διάμετρος 0° — 180° (ή 90° — 270°) του κατακόρυφου δίσκου πρέπει να συμπίπτει με τον αντίστοιχο δείκτη, όταν η σκοπευτική γραμμή ΣΣ του τηλεσκοπίου γίνει οριζόντια.*** Με τον τρόπο αυτό και αν ακόμα ο δείκτης $δ_1$ - $δ_2$ δεν είναι απόλυτα οριζόντιος [σχ. 10.3α (Ι)], η ένδειξη του δείκτη στον κατακόρυφο δίσκο θα ισούται προς τη γωνία που σχηματίζει η σκοπευτική γραμμή ΣΣ με την οριζόντια (ή την κατακόρυφη) ευθεία, δηλαδή προς τη γωνία α (ή Ζ) [σχ. 10.3α (ΙΙ)].



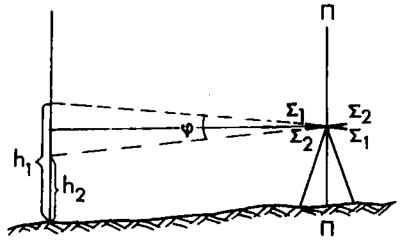
Σχ. 10.3α.

Ο έλεγχος και η αποκατάσταση της συνθήκης αυτής γίνεται ως εξής:

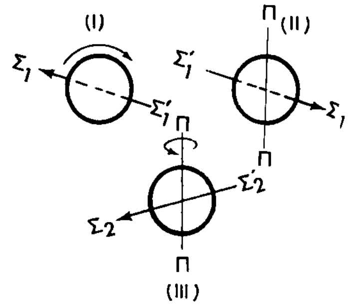
Οριζοντιώνομε το όργανο, δηλαδή κατακορυφώνομε τον πρωτεύοντα άξονα ΠΠ (οπότε οριζοντιώνεται και η αεροστάθμη του δείκτη των κατακορύφων γωνιών) και σκοπεύομε με το τηλεσκόπιο περίπου οριζόντιο προς ένα πήχυ διηρημένο σε εκατοστά του μέτρου που τον κρατούμε κατακόρυφο.

Έστω h_1 η αντίστοιχη ένδειξη του πήχυ, δηλαδή η διαίρεση, που αντιστοιχεί στο μεσαίο οριζόντιο νήμα του σταυρονήματος. Έπειτα στρέφομε κατά 180° το τηλεσκόπιο γύρω από το δευτερεύοντα άξονα ΔΔ και το όργανο γύρω από τον πρωτεύοντα άξονα ΠΠ και προβαίνομε σε δεύτερη σκόπευση. Εάν h_2 είναι η δεύτερη ένδειξη του πήχυ, η διχοτόμος της γωνίας φ, που σχηματίζουν οι δύο θέσεις $Σ_1Σ_1$ και $Σ_2Σ_2$ της σκοπευτικής γραμμής, ΣΣ, θα είναι οριζόντια (σχ. 10.3β). Αρκεί λοιπόν να φέρομε τη σκοπευτική γραμμή στην ένδειξη $h_1 + h_2 / 2$ του πήχυ οπότε γίνεται αυτόματα οριζόντια.

Εάν μετά την οριζοντίωση της σκοπευτικής γραμμής ο δείκτης του κατακόρυφου δίσκου συμπίπτει με την υποδιαίρεση 0° — 180° ή 90° — 270°, η συνθήκη ακρίβειας πληρούται. Εάν όχι, μετακινούμε το δείκτη με ένα διορθωτικό κοχλία (γράμμα Γ στο σχήμα 7.1γ), ώσπου να τον φέρομε σε σύμπτωση με την αντίστοιχη διάμετρο του κατακόρυφου δίσκου. Η μετακίνηση αυτή φυσικό είναι να καταστρέψει την οριζοντιότητα της αεροστάθμης του δείκτη και γι' αυτό ακολουθεί αμέσως η διόρθωση της αεροστάθμης με τους ειδικούς κοχλίες της.



Σχ. 10.3β.



Σχ. 10.3γ.

Παρατήρηση:

Η περιστροφή του τηλεσκοπίου γύρω από το δευτερεύοντα άξονα και του οργάνου γύρω από τον πρωτεύοντα κατά 180° γίνεται ως εξής: Έστω ότι η ένδειξη του κατακόρυφου δίσκου κατά την πρώτη σκόπευση [σχ. 10.3γ (I)] ήταν 9° 3'. Αποκοχλιώνομε το τηλεσκόπιο και το στρέφομε γύρω από το δευτερεύοντα άξονα περίπου κατά 180° [σχ. 10.3γ (II)]. Ακινητούμε το τηλεσκόπιο με τον ανασταλτικό κοχλία Κ (σχ. 7.1γ) και χειριζόμαστε τον αντίστοιχο μικροκινητήριο κοχλία Λ, έως ότου αναγνώσομε στον κατακόρυφο δίσκο την ένδειξη 189° 3'. Έπειτα στρέφομε το όργανο γύρω από τον πρωτεύοντα άξονα περίπου κατά 180° [σχ. 10.3γ (III)]. Με κατάλληλους χειρισμούς των κοχλιών της οριζόντιας κινήσεως κατορθώνομε, ώστε το κατακόρυφο νήμα του σταυρονήματος να συμπέσει με τον άξονα του πήχυ.

10.4 Διαδικασία μετρήσεως.

Επειδή ο δείκτης του κατακόρυφου δίσκου είναι αμετακίνητος (όπως είδαμε, γίνεται οριζόντιος, όταν κατακορυφωθεί ο πρωτεύων άξονας ΠΠ), δεν έχομε τη δυνατότητα να εφαρμόσομε παρά μια μόνο μέθοδο μετρήσεως των κατακορύφων γωνιών, δηλαδή τη ***μέθοδο απ' ευθείας.***

Κατά τη μέθοδο αυτή μετρούμε την κατακόρυφη γωνία, που θέλομε να προσδιορίσομε, αφού κάνομε τη σκόπευση τόσο από την ορθή θέση I όσο και από την ανάστροφη θέση II του τηλεσκοπίου.

Φυσικά και κατά τις δυο σκοπεύσεις εξάγεται ο μέσος όρος των αντιδιαμετρικών αναγνώσεων $α_1$ και $α_2$ ή Z_1 και Z_2 που μας παρέχει ο δείκτης $δ_1$ - $δ_2$, ενώ, για να καθορισθεί η τελική τιμή της γωνίας α ή Ζ, εξάγεται ο μέσος όρος των μετρήσεων από τις θέσεις Ι και ΙΙ.

Διευκρινίζομε ότι και για τη μέτρηση κατακορύφων γωνιών, όταν δεν ενδιαφερόμαστε για μεγάλη ακρίβεια μετρήσεως, μπορούμε αντί για το θεοδόλιχο να χρησιμοποιήσομε το ταχύμετρο.

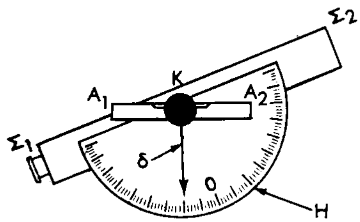
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΝΔΕΚΑΤΟ

ΜΕΤΡΗΣΗ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΩΝ ΓΩΝΙΩΝ ΜΕ ΤΟ ΚΛΙΣΙΜΕΤΡΟ

Κατά τις πρόχειρες αποτυπώσεις παρουσιάζεται ανάγκη να μετρήσομε, με κάποια προσέγγιση φυσικά, την κατακόρυφη γωνία - και συγκεκριμένα τη γωνία κλίσεως - δύο σημείων του εδάφους. Η προσεγγιστική αυτή μέτρηση γίνεται με ένα απλό όργανο, που το ονομάζομε ***κλισίμετρο εδάφους,*** για να το αντιδιαστείλομε προς το κλισίμετρο κανόνα, για το οποίο θα γίνει λόγος στο κεφάλαιο 13.

Η διαφορά συνεπώς που παρουσιάζει η μέτρηση με το κλισίμετρο εδάφους ως προς τη μέτρηση με το θεοδόλιχο έγκειται στην ακρίβεια που θέλομε να επιτύχομε και στο είδος της ευθείας, της οποίας ζητούμε τη γωνία κλίσεως. Στην περίπτωση του θεοδόλιχου η ευθεία αυτή ήταν η σκοπευτική γραμμή του τηλεσκοπίου του. Στην περίπτωση του κλισιμέτρου είναι η ευθεία, που ορίζουν δύο σημεία του εδάφους Α και Β.

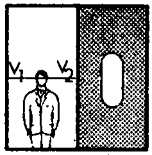
Υπάρχουν διάφοροι τύποι κλισιμέτρων εδάφους. Ο τύπος, που περιγράφομε, αποτελείται από ένα σκοπευτικό σωλήνα $Σ_1—Σ_2$, το κατακόρυφο ημικύκλιο Η με υποδιαιρέσεις και την αεροστάθμη $Α_1—Α_2$ (σχ. 11α).



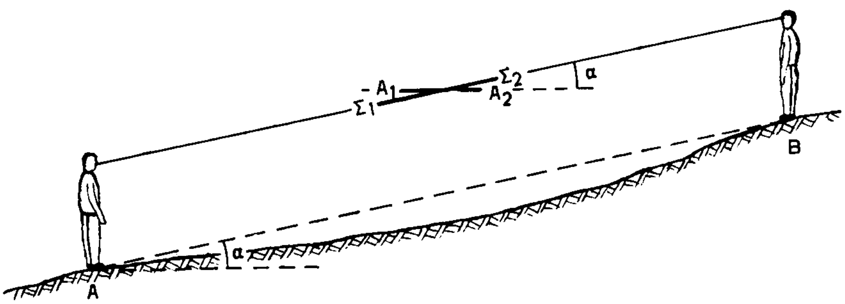
Σχ. 11α.

Το ημικύκλιο Η είναι στερεά προσαρμοσμένο στο σκοπευτικό σωλήνα $Σ_1— Σ_2$, ενώ η αεροστάθμη μπορεί να περιστρέφεται με τη βοήθεια ενός κοχλία Κ. Την περιστροφή της αεροστάθμης ακολουθεί και ο δείκτης δ, που είναι κάθετος προς τη διεύθυνσή της. Επειδή η υποδιαίρεση 0 του αριθμημένου ημικυκλίου βρίσκεται στο μέσο της αντίστοιχης ημιπεριφέρειας, έπεται ότι η υποδιαίρεση, που μας δίνει ο δείκτης δ, μετρά τη γωνία ανάμεσα στην αεροστάθμη και στο σκοπευτικό σωλήνα.

Για να προσδιορίσομε την κλίση του εδάφους μεταξύ των σημείων Α και Β σκοπεύομε από το Α το βοηθό μας, που στέκεται στο Β έτσι ώστε να βλέπομε το νήμα $ν_1$ — $ν_2$ του σκοπευτικού σωλήνα περίπου στο ύψος των ματιών του βοηθού μας (σχ. 11β). Ταυτόχρονα περιστρέφομε τον κοχλία Κ, ώσπου να οριζοντιώσομε την αεροστάθμη A_1 — A_2. Η οριζοντίωση αυτή ελέγχεται με τη βοήθεια ενός κατόπτρου, που μας παρουσιάζει το είδωλο της φυσαλίδας της αεροστάθμης απέναντι ακριβώς από το νήμα v_1 — v_2. Από το σχήμα 11γ γίνεται αντιληπτό ότι η γωνία α- νάμεσα στο σκοπευτικό σωλήνα και στην οριζοντιωμένη αεροστάθμη, δηλαδή η γωνία α, που μας δείχνει ο δείκτης δ, είναι ίση με την κλίση του εδάφους μεταξύ των σημείων Α και Β. (Η τυχόν διαφορά αναστήματος ανάμεσα στο χειριστή του κλισιμέτρου και του βοηθού του δεν λαμβάνεται υπ' όψη.)



Σχ. 11β.



Σχ. 11γ.

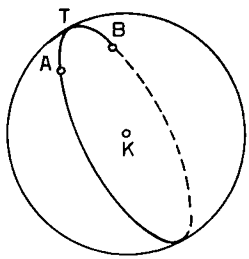
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΩΔΕΚΑΤΟ

ΜΕΤΡΗΣΗ ΟΡΙΖΟΝΤΙΩΝ ΑΠΟΣΤΑΣΕΩΝ – ΓΕΝΙΚΟΤΗΤΕΣ

12.1 Οριζόντια απόσταση δύο σημείων.

Πριν εξηγήσομε τι είναι οριζόντια απόσταση δύο σημείων της επιφάνειας του εδάφους, είναι σκόπιμο να υπενθυμίσομε μερικούς ορισμούς, γνωστούς από τη Στερεομετρία.

Μέγιστος κύκλος δύο σημείων Α και Β της επιφάνειας μιας σφαίρας είναι η τομή της σφαίρας από το επίπεδο, που ορίζουν τα δύο σημεία και το κέντρο Κ της σφαίρας (σχ. 12.1α).



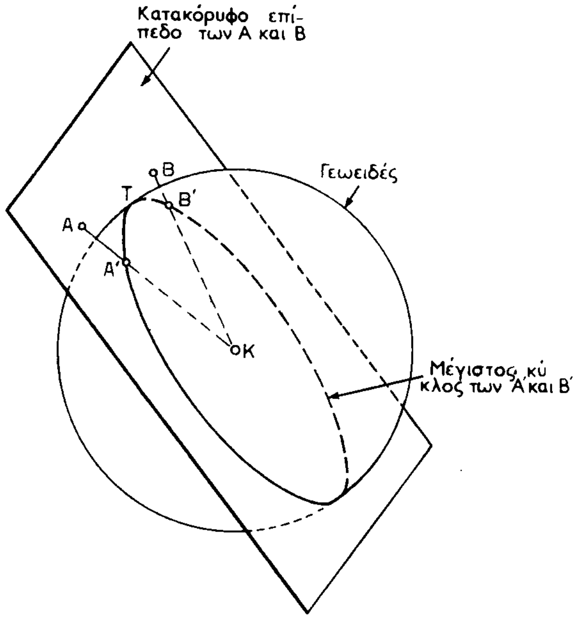
Σχ. 12.1α.

Απόσταση δύο σημείων Α και Β της επιφάνειας μιας σφαίρας ονομάζεται το ανάπτυγμα του τόξου ΑΤΒ του μέγιστου κύκλου των δύο σημείων (σχ. 12.1α). Το τόξο ΑΤΒ έχει το μικρότερο ανάπτυγμα από όλες τις γραμμές της σφαιρικής επιφάνειας που καταλήγουν στα Α και Β.

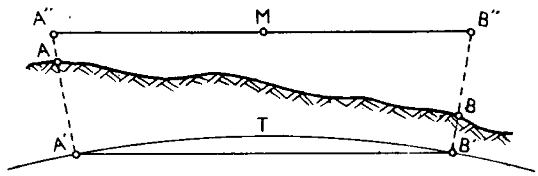
Ας έρθομε τώρα στην οριζόντια απόσταση. ***Οριζόντια απόσταση δύο σημείων Α και Β της επιφάνειας του εδάφους ονομάζεται η απόσταση ανάμεσα στις ορθές προβολές Α′ και Β′ των δύο σημείων επάνω στο γεωειδές.*** Το γεωειδές όμως, σύμφωνα με την παραδοχή που έχομε κάνει είναι σφαιρική επιφάνεια. Εάν συνεπώς θεωρήσομε το μέγιστο κύκλο του γεωειδούς, που διέρχεται από τα σημεία Α′ και Β′ προκύπτει ότι η οριζόντια απόσταση των Α και Β ισούται με το ανάπτυγμα του τόξου Α′ΤΒ′ του μέγιστου αυτού κύκλου (σχ. 12.1β). Ας σημειωθεί ότι ο μέγιστος κύκλος των Α′ και Β′ λαμβάνεται ως τομή του γεωειδούς από το κατακόρυφο επίπεδο των Α και Β.

Ας εξετάσομε τώρα πώς προσδιορίζεται το ανάπτυγμα του τόξου Α′ΤΒ′.

Εάν το τόξο Α′ΤΒ′ είναι πολύ μικρό σχετικά με την ακτίνα του γεωειδούς, τότε,



Σχ. 12.1β.



Σχ. 12.1γ.

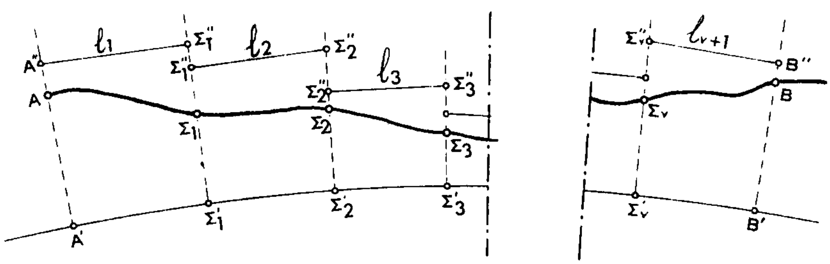
χωρίς να διαπράττομε αισθητό σφάλμα, ειναι δυνατό να δεχθούμε ότι το ανάπτυγμά του ισούται με τη χορδή Α'Β' (σχ. 12.1γ). (Το σχήμα αυτό παριστάνει την τομή του κατακόρυφου επιπέδου των Α και Β με την επιφάνεια του εδάφους και με το γεωειδές στην περιοχή των Α και Β). Επίσης εάν από ένα σημείο της κατακόρυφης ΑΑ', έστω το Α'', φέρομε την ευθεία Α''Β'' παράλληλη προς την Α'Β', είναι δυνατόν να δεχθούμε ότι το ευθύγραμμο τμήμα Α''Β'' ισούται προς το Α'Β', αρκεί το μήκος του Α'Β' να μη υπερβαίνει ένα ορισμένο όριο, περίπου τα 200 m, και η απόσταση ΑΑ'' να είναι σχετικά μικρή. Στην πράξη το Α'' ή συμπίπτει με το Α ή απέχει το πολύ ένα έως ενάμισυ μέτρο από αυτό, ανάλογα με τη μέθοδο μετρήσεως, που θα ακολουθήσομε.

Τελικά, ύστερα από τις υποθέσεις, που κάναμε, ο προσδιορισμός της οριζόντιας αποστάσεως των σημείων Α και Β ανάγεται στη μέτρηση του ευθύγραμμου τμήματος Α''Β''.

Παρατηρούμε τώρα ότι, εάν Κ είναι το κέντρο του γεωειδούς, το τρίγωνο Α''ΚΒ'' είναι ισοσκελές. Συνεπώς η Α''Β'' είναι κάθετη προς την κατακόρυφη του σημείου Μ, όπου Μ το μέσο της Α''Β''. Άρα η Α''Β'' είναι οριζόντια του σημείου Μ. Αυτό σημαίνει ότι, εάν επάνω στην ευθεία Α''Β'' και στο σημείο της Μ τοποθετήσομε μια σωληνωτή αεροστάθμη, η αεροστάθμη θα ισορροπήσει. Θεωρητικά, όπως γνωρίζομε, αυτή η ισορροπία συμβαίνει μόνο στο σημείο Μ. Πρακτικά όμως συμβαίνει και σε κάθε άλλο σημείο του ευθύγραμμου τμήματος Α''Β'', λόγω της πολύ μικρής αποστάσεως των Α'' και Β'' από το Μ.

Τέλος άλλη μια παρατήρηση, που έχει μεγάλη σημασία στην εφαρμογή των διαφόρων μεθόδων μετρήσεως της οριζόντιας αποστάσεως ΑΒ, είναι ότι οι κατακόρυφες στα Α και Β μπορούν να θεωρηθούν παράλληλες μεταξύ τους. Συνεπώς η Α''Β'' μπορεί να θεωρηθεί κάθετη προς αυτές, επειδή η απόσταση μεταξύ των Α' και Β' είναι πολύ μικρή.

Τι γίνεται όμως, όταν η απόσταση μεταξύ των Α' και Β' είναι μεγάλη, π.χ. 1500 m; Τότε επάνω στην ευθυγραμμία των Α και Β, δηλαδή επάνω στην τομή της επιφάνειας του εδάφους από το κατακόρυφο επίπεδο των δύο σημείων, παρεμβάλλομε τα σημεία $Σ_1$, $Σ_2$, $Σ_3$... Σν (σχ. 12.1δ) έτσι ώστε τα ευθύγραμμα τμήματα $Α'Σ'_1$, $Σ'_1Σ'_2$, $Σ'_2Σ'_3$,... $Σ_ν$,Β' να είναι όλα μικρότερα από 200 m.



Σχ. 12.1δ.

Η οριζόντια απόσταση L των σημείων Α και Β λαμβάνεται τότε ίση προς το ολικό μήκος της τεθλασμένης γραμμής $Α'Σ'_1Σ'_2Σ'_3Σ'_4Σ'_5$... $Σ'_ν$Β' ή προς το άθροισμα των ευθυγράμμων τμημάτων $Α''Σ''_1$, $Σ''_1Σ''_2$, $Σ''_2Σ''_3$, $Σ''_3Σ''_4$, $Σ''_4Σ''_5$,... $Σ''_ν$Β''. Εάν δηλαδή τεθεί $l_1 = Α''Σ''_1$, $l_2 = Σ''_1Σ''_2$, $l_3 = Σ''_2Σ''_3$,... $l_ν + 1 = Σ''_ν$ Β'' θα έχομε:

$$L = l_1 + l_2 + l_3 ... l_{ν+1}.$$

Ως προς τις μερικές οριζόντιες αποστάσεις $l(l_1, l_2, l_3 ... l_ν)$ κυμαίνονται από 200 m το πολύ μέχρι λίγα μόνο μέτρα, ανάλογα με τη μέθοδο μετρήσεως, που πρόκειται να εφαρμόσομε.

12.2 Μέθοδοι μετρήσεως οριζοντίων αποστάσεων. Άμεση και έμμεση μέτρηση.

Υπάρχουν δύο είδη μετρήσεως μιας οριζόντιας αποστάσεως: η άμεση και η έμμεση. ***Άμεση*** λέγεται η μέτρηση κατά την οποία μετρούμε την ίδια την οριζόντια απόσταση, για την οποία ενδιαφερόμαστε. Η άμεση μέτρηση όμως δεν είναι πάντοτε εφικτή. Σε ορισμένες περιπτώσεις δυσχεραίνεται η παρεμποδίζεται τελείως από τις συνθήκες του εδάφους. Τότε συσχετίζομε την οριζόντια απόσταση L, που θέλομε να προσδιορίσομε, με διάφορα άλλα μεγέθη, μετράμε τα μεγέθη αυτά και βρίσκομε το L με υπολογισμό. Η συσχέτιση γίνεται με κατάλληλες γεωμετρικές ή τριγωνομετρικές σχέσεις. Εξ άλλου τα μεγέθη, με τα οποία συσχετίζεται το L, είναι είτε μόνο οριζόντιες αποστάσεις, στην περίπτωση γεωμετρικών σχέσεων, είτε οριζόντιες αποστάσεις και οριζόντιες γωνίες, στην περίπτωση τριγωνομετρικών. Εννοείται ότι οι οριζόντιες αυτές αποστάσεις παρέχουν τη δυνατότητα να μετρηθούν αμέσως. Αυτού του είδους η μέτρηση ονομάζεται ***έμμεση*** γιατί μεσολαβεί η άμεση μέτρηση άλλων μεγεθών.

Ας εξετάσομε στην αρχή το πρώτο είδος μετρήσεως. Τέσσερις είναι οι κύριοι τρόποι, με τους οποίους γίνεται μια άμεση μέτρηση:

α) ***Η μέτρηση με κανόνες.***

β) ***Η μέτρηση με μετροταινίες και μετροσύρματα.***

γ) ***Η οπτική μέτρηση.***

δ) ***Η ηλεκτρονική μέτρηση.***

Ο πρώτος τρόπος είχε κατά το παρελθόν πολύ μεγαλύτερη εφαρμογή από ό,τι έχει σήμερα. Την εφάρμοζαν στις περιπτώσεις, όπου χρειάζονταν μεγάλη ακρίβεια μετρήσεως. Με την πρόοδο της τεχνικής όμως κατορθώσαμε να προβαίνομε σε πολύ ακριβέστερες μετρήσεις με τους άλλους τρεις τρόπους ιδίως μάλιστα τους δύο τελευταίους. Και επειδή, όταν ακολουθούμε τους τρόπους αυτούς, οι μετρήσεις γίνονται πολύ ταχύτερα και με λιγότερο κόπο, ο πρώτος τρόπος, δηλαδή η μέτρηση με κανόνες, έχει σχεδόν εγκαταλειφθεί. Σήμερα χρησιμοποιείται μόνο σε τοπογραφικές εργασίες δευτερεύουσας σημασίας, όταν θέλομε μεν να κάνομε ακριβείς μετρήσεις, ***δεν διαθέτομε όμως τα κατάλληλα τοπογραφικά όργανα,*** που απαιτούν οι άλλοι τρεις τρόποι. Ας σημειωθεί οτι τα όργανα αυτά κοστίζουν πολύ και δεν τα διαθέτουν πάντοτε τα διάφορα τοπογραφικά συνεργεία. Σκόπιμο λοιπόν είναι να περιγράψομε και τη μέτρηση με κανόνες έστω και αν ενδέχεται να μη την εφαρμόσομε ποτέ. Εξ άλλου η περιγραφή της θα είναι πολύ σύντομη.

Εκτός από τους τέσσερις τρόπους, που αναφέραμε παραπάνω, υπάρχουν και άλλοι τρόποι άμεσης μετρήσεως, με τους οποίους μετράμε ***πρόχειρα*** μια οριζόντια απόσταση. Οι τρόποι αυτοί εξετάζονται στο κεφάλαιο 17.

12.3 Μονάδες μετρήσεως μηκών.

Πριν αρχίσομε να περιγράφομε τις διάφορες μεθόδους μετρήσεως των οριζοντίων αποστάσεων, θα σταθούμε για λίγο στις μονάδες μετρήσεως μηκών.

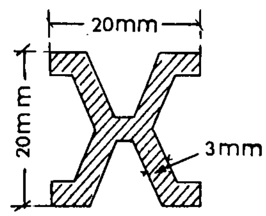
Τα περισσότερα κράτη του κόσμου και μεταξύ αυτών και η Ελλάδα χρησιμοποιούν ως σύστημα μετρήσεως το ***δεκαδικό σύστημα.***

Θεμελιώδης μονάδα του δεκαδικού συστήματος είναι το ***μέτρο.*** Το μήκος ενός μέτρου ισούται με το 1/40.000.000 του αναπτύγματος του γήινου μεσημβρινού, που διέρχεται από το Παρίσι. Το ακριβές μήκος ενός μέτρου δίνεται από τα ***πρότυπα μέτρα.*** Τα πρότυπα μέτρα είναι ράβδοι κατασκευασμένες από κατάλληλο υλικό (ιριδιούχολευκόχρυσο), ώστε να μη παρουσιάζουν την παραμικρή συστολή ή διαστολή λόγω των αλλαγών της θερμοκρασίας, και έχουν επίσης κατάλληλη διατομή (σχ. 12.3) ώστε να μη παραμορφώνονται. Τα πρότυπα μέτρα φυλάσσονται σε ειδικούς χώρους, ώστε να προστατεύονται από τις ατμοσφαιρικές συνθήκες.

Το μέτρο ως μονάδα μήκους υποδιαιρείται σε ***δέκατα, εκατοστά*** και ***χιλιοστά*** του μέτρου. Κάθε μία από τις μονάδες αυτές είναι δεκαπλάσια της άλλης και γι' αυτό το σύστημα μετρήσεως ονομάζεται ***δεκαδικό.*** Πρακτικής χρήσεως πολλαπλάσιο του μέτρου είναι το ***χιλιόμετρο.***

Οι διάφορες μονάδες μήκους συμβολίζονται με αντίστοιχες συντομογραφίες. Στα ελληνικά δεν υπάρχουν αυστηρά καθορισμένες συντομογραφίες. Γι' αυτό, και για να αποφύγομε τη σύγχυση, χρησιμοποιούμε εδώ τις συντομογραφίες, που ακολουθούνται διεθνώς με βάση το λατινικό αλφάβητο:

mm = χιλιοστό του μέτρου
cm = εκατοστό του μέτρου
m = μέτρο
km = χιλιόμετρο.



Σχ. 12.3.

Άλλο γνωστό σύστημα μετρήσεως μηκών ειναι το ***αγγλοσαξωνικό σύστημα.*** Το σύστημα αυτό ήταν σε χρήση μόνο στις αγγλοσαξονικές χώρες, δηλαδή τη Μεγάλη Βρετανία, τα κράτη της Κοινοπολιτείας και τις Ηνωμένες Πολιτείες. Μονάδες μετρήσεως του συστήματος αυτού είναι η ***γυάρδα*** ίση προς 0,914 m, το ***πόδι*** ίσο προς το $^1/_3$ της γυάρδας (0.3048 m) και ο ***δάκτυλος*** ή ***ίντσα*** ίσος προς το $^1/_{12}$ του ποδιού (0,0254 m). Πρακτικής χρήσεως πολλαπλάσια της γυάρδας είναι το ***κοινό μίλι*** ίσο προς 5280 πόδια και το ***ναυτικό μίλι*** ίσο προς 6080 πόδια.

Αι κυριότερες συντομογραφίες των μονάδων του αγγλοσαξονικού συστήματος είναι οι εξής:

yd = γυάρδα
ή ft = πόδι
ή in = δάκτυλος ή ίντσα

Εάν συγκρίνομε τα δύο συστήματα, αντιλαμβανόμαστε αμέσως ότι το πιο εύχρηστο είναι το δεκαδικό, λόγω της δεκαδικής σχέσεως που συνδέει τις διάφορες μονάδες του. Γι' αυτό τα τελευταία χρόνια άρχισε να εφαρμόζεται και στις αγγλοσαξονικές χώρες, πράγμα χρήσιμο γι' όλο τον κόσμο, γιατί, με την εφαρμογή ενός μόνο συστήματος, και ο χρόνος μετατροπής των μονάδων από το ένα σύστημα στο άλλο κερδίζεται, και οι άνθρωποι συνεννοούνται καλύτερα μεταξύ τους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΤΡΙΤΟ

ΜΕΤΡΗΣΗ ΟΡΙΖΟΝΤΙΩΝ ΑΠΟΣΤΑΣΕΩΝ ΜΕ ΚΑΝΟΝΕΣ

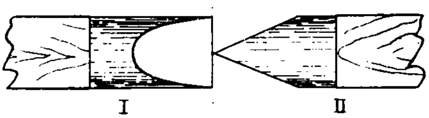
13.1 Όργανα μετρήσεως.

Κύρια όργανα μετρήσεως αυτού του τρόπου είναι οι ***κανόνες***, δηλαδή, ξύλινοι πήχεις μήκους 2,3,4 ή 5 m με διάφορες διατομές (ορθογωνική, τετραγωνική, κυκλική, κλπ.) χρωματισμένοι κάθε μέτρο εναλλακτικά, με λευκό και μαύρο ή με λευκό και κόκκινο χρώμα. Τα άκρα τους είναι οπλισμένα με σφηνοειδείς απολήξεις από σίδερο ή χαλκό. Εκτός της υποδιαιρέσεως σε μέτρα, οι κανόνες είναι αριθμημένοι και σε δέκατα του μέτρου με χάλκινα καρφιά.

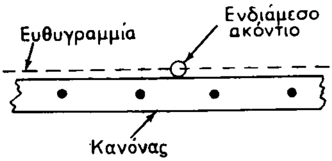
Υπάρχουν δυο βασικές περιπτώσεις μετρήσεως με κανόνες: α) όταν μεταξύ των σημείων Α και Β, που θέλομε να μετρήσομε την οριζόντια απόστασή τους, μεσολαβεί οριζόντιο έδαφος και β) όταν μεταξύ των σημείων Α και Β το έδαφος είναι κεκλιμένο.

13.2 Μέτρηση σε οριζόντιο έδαφος.

Πριν αρχίσομε τη μέτρηση πρέπει προηγουμένως να πυκνώσομε την ευθυγραμμία που ορίζουν τα σημεία Α και Β. Η πύκνωση της ευθυγραμμίας γίνεται με τον τρόπο που περιγράφομε στο Κεφάλαιο 4, δηλαδή με ακόντια. Έπειτα τοποθετούμε τους κανόνες επάνω στο έδαφος, τον ένα μετά τον άλλο (σχ. 13.2α), παράλληλα προς την ευθυγραμμία (σχ. 13.2β) και σε επαφή με τις αιχμές των ακοντίων.



Σχ. 13.2α.



Σχ. 13.2β.

Η απόσταση μεταξύ του σημείου Β και της πλησιέστερης υποδιαιρέσεως του κανόνα μετριέται με το υποδεκάμετρο και με ακρίβεια χιλιοστού. Η ολική οριζόντια απόσταση L δίνεται από τη σχέση:

$$L = \nu_1 \cdot \mu_1 + \nu_2 \cdot \mu_2 + \mu^* \qquad (1)$$

όπου:

μ_1 και μ_2 είναι τα ολικά μήκη των δύο κανόνων (συνήθως χρησιμοποιούμε ένα ζεύγος κανόνων που τους εναλλάσσομε κατά τη μέτρηση).

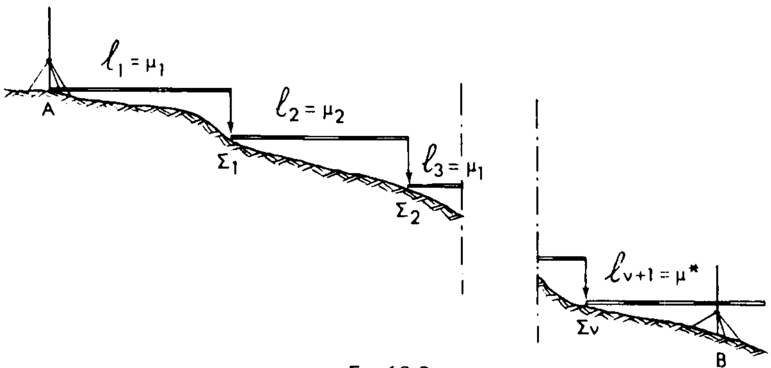
Οι αριθμοί v_1 και v_2 σημαίνουν πόσες φορές χρησιμοποιήθηκε ο κάθε κανόνας. Το μ^* είναι το τμήμα μήκους που μετρήθηκε επάνω στον τελευταίο κανόνα.

Ας σημειωθεί ότι πριν από κάθε μέτρηση ελέγχομε τα ολικά μήκη των κανόνων, γιατί υπόκεινται σε μικροαλλαγές, λόγω των διαφορών της θερμοκρασίας.

13.3 Μέτρηση σε κεκλιμένο έδαφος.

Η μέτρηση οριζοντίων αποστάσεων σε κεκλιμένο έδαφος μπορεί να γίνει με τρείς διαφορετικές μεθόδους: τη ***μέθοδο κλιμακηδόν***, τη ***μέθοδο με επίθεση*** και τη ***μέθοδο διακένου.***

Κατά τη ***μέθοδο κλιμακηδόν*** δεν τοποθετούμε τους κανόνες επάνω στο έδαφος, αλλά τους κρατάμε οριζόντιους και κρεμούμε από το ελεύθερο άκρο τους το νήμα της στάθμης. Εκεί οπου ακουμπά η αιχμή του μεταλλικού σώματος ορίζονται τα σημεία Σ_1, Σ_2, Σ_3,... Σ_v(σχ. 13.3α) της ευθυγραμμίας ΑΒ. Η οριζόντια απόσταση L δίνεται και πάλι από τη σχέση (1). Η οριζοντίωση των κανόνων επιτυγχάνεται με τη σωληνωτή αεροστάθμη.



Σχ. 13.3α.

Η ***μέθοδος με επίθεση*** εφαρμόζεται οπως και στην περίπτωση οριζόντιου εδάφους με τη διαφορά ότι η οριζόντια απόσταση δεν προκύπτει από τη σχέση (1), αλλά από τη σχέση:

$$L = \mu_1\ (\sigma\upsilon\nu\alpha_1 + \sigma\upsilon\nu\alpha_3 + \sigma\upsilon\nu\alpha_5 + ...) + \mu_2\ (\sigma\upsilon\nu\alpha_2 + \sigma\upsilon\nu\alpha_4 + ...) + \mu^*\ \sigma\upsilon\nu\alpha_{v+1} \quad (2)$$

οπου:

μ_1 και μ_2 είναι και πάλι τα ολικά μήκη των δύο κανόνων.

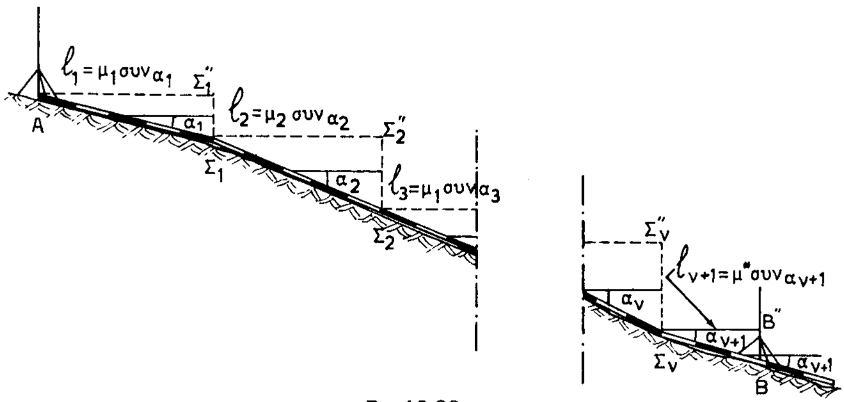
Τα σύμβολα α_1,α_2,α_3, κλπ., εκφράζουν τις γωνίες που σχηματίζουν οι κανόνες, στις διάφορες θέσεις τους, με τις αντίστοιχες οριζόντιες ευθείες (σχ. 13.3β).

Η μέτρηση των γωνιών α γίνεται με το λεγόμενο ***κλισίμετρο του κανόνα,*** δηλαδή ένα ξύλινο ισοσκελές τρίγωνο με ένα αριθμημένο τόξο μεταξύ των σκελών του και ένα νήμα της στάθμης που κρέμεται από την κορυφή του. Το κλισίμετρο τοποθετείται επάνω στον κανόνα. Όταν το νήμα της στάθμης ηρεμήσει, θα μας δείξει τη γωνία φ, που ισούται με τη γωνία α (σχ. 13.3γ).

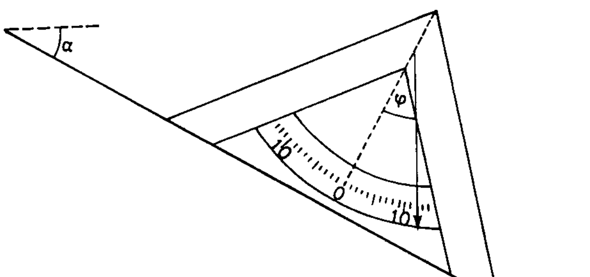
Τέλος ***η μέθοδος διακένου*** διαφέρει από τη μέθοδο κλιμακηδόν ως προς τον τρόπο προσδιορισμού των σημείων Σ. Αντί δηλαδή, μετά την οριζοντίωση του κανόνα, να κρεμάσομε το νήμα της στάθμης από το ελεύθερο άκρο του, μετράμε απλώς το ύψος $υ_1$ με προσέγγιση δεκάτου του μέτρου και έπειτα αποθέτομε τον κανόνα επάνω στο έδαφος χωρίς να μετακινήσομε το σταθερό άκρο του (σχ. 13.3δ).

Αποδεικνύεται ότι ο αριθμός που εκφράζει το ύψος $υ_1$ σε δέκατα του μέτρου, αν υψωθεί στο τετράγωνο, μας δίνει την απόσταση $ΓΣ_1$ σε χιλιοστά. Αν δηλαδή το $υ_1$ ισούται περίπου με εννέα δέκατα ($^9/_{10}$) του μέτρου, το $\mathbf{ΓΣ_1}$ θα ισούται με 81 mm. Έτσι προσδιορίζομε το σημείο $Σ_1$ και, με τον ίδιο τρόπο, όλα τα σημεία Σ.

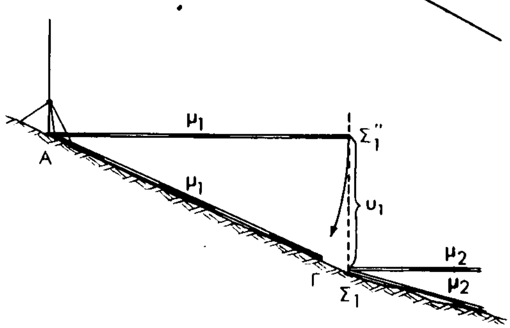
Οι τρεις μέθοδοι παρέχουν τον ίδιο περίπου βαθμό ακρίβειας. Το ποια από τις τρεις ενδείκνυται να χρησιμοποιηθεί κάθε φορά εξαρτάται κυρίως από τη μορφή του εδάφους.



Σχ. 13.3β.



Σχ. 13.3γ.



Σχ. 13.3δ.

13.4 Ακρίβεια μετρήσεως.

Για να γίνει μια μέτρηση με κανόνες με την ακρίβεια που πρέπει, είναι απαραίτητο να υπάρχουν οι εξής προϋποθέσεις:

α) Τα ακόντια με τα οποία ορίζεται η ευθυγραμμία να βρίσκονται ακριβώς επάνω σ' αυτή και να είναι κατακόρυφα.

β) Να γνωρίζομε το ακριβές μήκος των κανόνων.

γ) Τα βοηθητικά όργανα μετρήσεως, δηλαδή νήμα της στάθμης, αεροστάθμη, κλπ. να πληρούν τις απαιτούμενες συνθήκες ακρίβειας.

δ) Η μέτρηση να διεξάγεται με καλές συνθήκες. Με τις προϋποθέσεις αυτές επιτυγχάνεται ακρίβεια μετρήσεως μέχρι 2 cm ανά 100 m.

Η μέτρηση μιας οριζόντιας αποστάσεως δεν γίνεται μια φορά μόνο. Επαναλαμβάνεται 2,3 έως και 6 φορές, ανάλογα με την ακρίβεια που θέλομε να επιτύχομε, και βγάζομε το μέσο όρο των μετρήσεων. Η κάθε νέα μέτρηση γίνεται με την αντίθετη κατεύθυνση από την προηγούμενη (aller - retour).

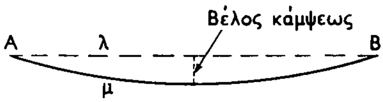
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

ΜΕΤΡΗΣΗ ΟΡΙΖΟΝΤΙΩΝ ΑΠΟΣΤΑΣΕΩΝ ΜΕ ΜΕΤΡΟΤΑΙΝΙΕΣ ΚΑΙ ΜΕΤΡΟΣΥΡΜΑΤΑ

14.1 Βέλος κάμψεως. Συντελεστής διαστολής.

Ο τρόπος μετρήσεως, αυτός στηρίζεται στις εξής παρατηρήσεις και σκέψεις.

Αν τεντώσομε μια μεταλλική ταινία ή ένα μεταλλικό σύρμα μήκους μ, η κατευθείαν απόσταση μεταξύ των άκρων Α και Β της ταινίας ή του σύρματος, δηλαδή το μήκος λ της χορδής ΑΒ, θα είναι πάντοτε μικρότερο από το μ. Αυτό συμβαίνει, γιατί το σύρμα ή η ταινία έχουν κάποιο βάρος και συνεπώς, με όση δύναμη και αν τεντωθούν, θα εμφανίσουν κάποιο ***βέλος κάμψεως*** (σχ. 14.1). Όσο μικρότερο είναι αυτό το βέλος, δηλαδή όσο ισχυρότερο είναι το τέντωμα, τόσο μικρότερη θα είναι η διαφορά μ - λ.



Σχ. 14.1.

Ας υποθέσομε τώρα ότι τεντώνομε πολλές φορές μια ταινία ή ένα σύρμα με την ίδια δύναμη Δ. Αφού το μήκος μ παραμένει σταθερό, έπεται ότι θα προκύπτει πάντοτε το ίδιο λ. Αυτό όμως δεν συμβαίνει απολύτως. Το μ μεταβάλλεται ανάλογα προς τη μεταβολή της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος. Όσο δηλαδή αυξάνεται η θερμοκρασία του περιβάλλοντος, τόσο αυξάνεται και το μ λόγω του φαινομένου της διαστολής. Αντίθετα, όσο η θερμοκρασία ελαττώνεται, τόσο ελαττώνεται και το μ λόγω του φαινομένου της συστολής.

Τις μεταβολές του μήκους μ σε σχέση προς τις μεταβολές της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος είναι δυνατό να τις γνωρίζομε από πριν, αρκεί να γνωρίζομε το ***συντελεστή διαστολής*** του υλικού, από το οποίο είναι κατασκευασμένη η ταινία ή το σύρμα. ***Συντελεστής διαστολης ενός υλικού σημαίνει κατά πόσο επιμηκύνεται ή επιβραχύνεται μια ράβδος από το υλικό αυτό, που έχει μήκος ένα μέτρο, αν η θερμοκρασία του περιβάλλοντος αυξηθεί ή ελαττωθεί κατά ένα βαθμό.*** Με άλλα λόγια, αν κατά τη χρονική στιγμή, που τεντώνομε την ταινία ή το σύρμα, μετρήσομε με ένα θερμόμετρο τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος, είναι δυνατόν να προσδιορίσομε το ακριβές μήκος μ. Αν πάλι γνωρίζομε την ένταση της δυνάμεως Δ, με την οποία γίνεται το τέντωμα, είναι δυνατόν να προσδιορίσομε το αντίστοιχο λ.

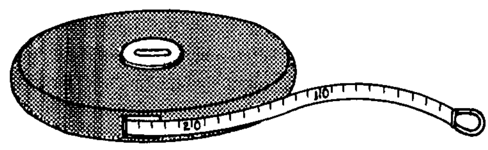
Με βάση τις παραπάνω παρατηρήσεις και σκέψεις εφαρμόζομε δύο διαφορετικούς τρόπους μετρήσεως με μετροταινίες και μετροσύρματα. Ο πρώτος εφαρμόζεται, όταν κάνομε μέτρηση μικρής ή μέσης ακρίβειας. Ο δεύτερος εφαρμόζεται, όταν κάνομε μέτρηση μεγάλης ακρίβειας. Πρέπει όμως να διευκρινίσομε ότι σε όλες τις περιπτώσεις χρησιμοποιούμε κυρίως τις μετροταινίες. Τα μετροσύρματα έχουν πολύ περιορισμένη χρήση και μάλιστα μόνο στις μετρήσεις μεγάλης ακρίβειας.

14.2 Μετρήσεις μικρής και μέσης ακρίβειας. Όργανα μετρήσεως.

Στην περίπτωση αυτή προσπαθούμε να τεντώσομε τη μετροταινία όσο το δυνατό περισσότερο, ώστε το μήκος λ της χορδής ΑΒ (σχ. 14.1) να ισούται με μεγάλη προσέγγιση με το μήκος μ της ταινίας. Φυσικά η διαφορά μ — λ δεν θα μηδενισθεί ποτέ, αλλά αυτό δεν είναι σημαντικό για την ακρίβεια, που επιδιώκομε. Κατά το τέντωμα εξάλλου παρατηρείται μία μικρή επιμήκυνση της ταινίας, που εξουδετερώνει ένα μέρος της διαφοράς μ — λ.

Οι μετροταινίες, με τις οποίες γίνεται μια τέτοια μέτρηση, είναι δύο ειδών: Πάνινες και χαλύβδινες. Οι πάνινες έχουν πολύ περιορισμένη χρήση στην Τοπογραφία, γιατί και φθείρονται εύκολα και παραμορφώνονται από τα πολλά τεντώματα. Αντίθετα, οι χαλύβδινες παρουσιάζουν μεγάλη αντοχή και στη φθορά και στην παραμόρφωση.

Οι μετροταινίες της κατηγορίας αυτής έχουν ολικό μήκος από 10 ως 30 m, πολλαπλάσιο του 5, και φέρουν χαραγμένες στις δύο όψεις τους διαιρέσεις του 1 cm. Τα ακέραια μέτρα και τα δέκατα του μέτρου είναι επισημασμένα με αριθμούς. Περιτυλίγονται συνήθως μέσα σε θήκη (σχ. 14.2α) με τη βοήθεια περιστροφικής λαβής. Ξετυλίγονται εύκολα, αρκεί να τραβήξομε το ελεύθερο άκρο της ταινίας προς τα έξω. Έχομε όμως τη δυνατότητα να σταματήσομε το ξετύλιγμα της ταινίας, έστω και αν εξακολουθούμε να την τραβάμε προς τα έξω, γιατί φέρει ειδικό μηχανισμό. Αυτό διευκολύνει το τέντωμα της ταινίας, όταν κατά τις μετρήσεις χρειάζεται, όπως θα δούμε, να μεταβάλλομε το μήκος της.



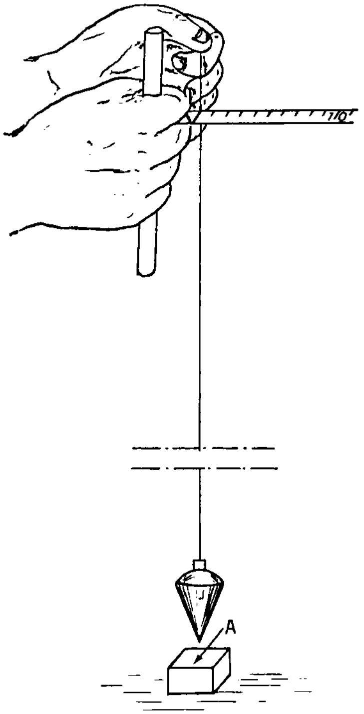
Σχ. 14.2α.

Το ελεύθερο άκρο της ταινίας καταλήγει σε ένα κρίκο, που χρησιμεύει και πάλι στο να διευκολύνει το τέντωμα. Περνάμε δηλαδή μέσα από τον κρίκο μια μικρή ράβδο από ξύλο ή σίδερο και τη χρησιμοποιούμε ως λαβή.

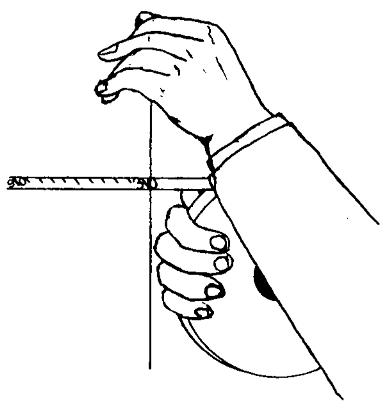
Ας δούμε τώρα πώς γίνεται η μέτρηση της οριζόντιας αποστάσεως δύο σημείων, έστω των Α και Β. Ας υποθέσομε ότι η απόσταση αυτή είναι κατά πολύ μεγαλύτερη από το μήκος μ της ταινίας.

Η μέτρηση γίνεται από δύο μετρητές, που καθένας τους είναι εφοδιασμένος με ένα νημα της στάθμης. Ο πρώτος κρατά το ελεύθερο άκρο της ταινίας και συγκεκριμένα τη ράβδο, που χρησιμεύει ως λαβή.

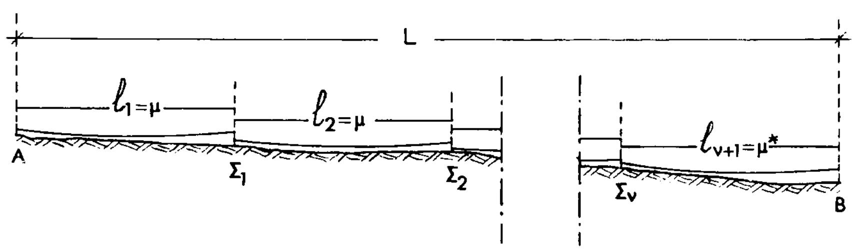
Ο δεύτερος κρατά την ταινία από τη θήκη της και κινείται στην ευθυγραμμία. Όταν ξετυλιχθεί όλο το μήκος της ταινίας, την τεντώνουν. Με το τέντωμα οι μετρητές επιδιώκουν ο πρώτος να κρατά το νήμα της στάθμης σε επαφή με την αρχή των διαιρέσεων και επάνω ακριβώς από το σημείο Α (σχ. 14.2β), και ο δεύτερος να κρατά το νήμα της στάθμης σε επαφή με το τέλος των διαιρέσεων και να βρίσκεται ακριβώς στην ευθυγραμμία (σχ. 14.2γ). Και οι δύο μετρητές επιδιώκουν ***να κρατούν την ταινία οριζόντια.***



Σχ. 14.2β.



Σχ. 14.2γ.



Σχ. 14.2δ.

Όταν το τέντωμα φθάσει στο κατακόρυφο, ο δεύτερος μετρητής αφήνει το μεταλλικό σώμα του νήματος να αγγίζει το έδαφος και προσδιορίζει έτσι το πρώτο ενδιάμεσο σημείο Σ, δηλαδή το Σ_1 (σχ. 14.2δ).

Για τον προσδιορισμό του $Σ_2$ αρκεί ο πρώτος μετρητής να μετακινηθεί στο σημείο $Σ_1$ και να επαναληφθεί η ιδια εργασία. Με τον ίδιο τρόπο προσδιορίζονται και τα άλλα ενδιάμεσα σημεία μέχρι και το τελευταίο, δηλαδή το $Σ_ν$. Η οριζόντια απόσταση $l_{ν+1}$ μεταξύ του $Σ_ν$ και του άκρου Β της ευθυγραμμίας θα είναι προφανώς μικρότερη από το μήκος μ της ταινίας. Πώς όμως θα μετρηθεί;

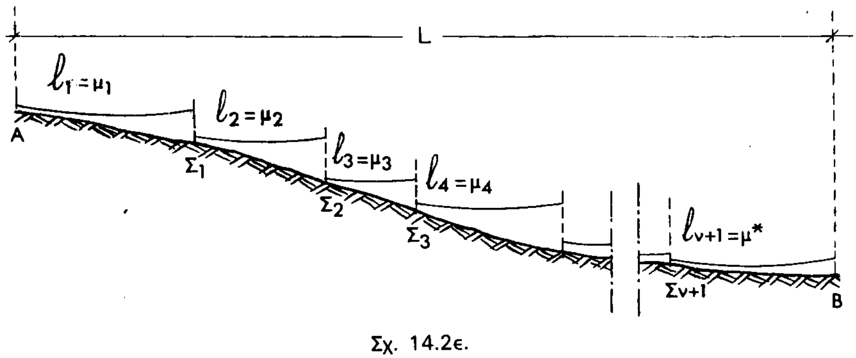
Αυτή τη φορά ο δεύτερος μετρητής τοποθετείται στην προέκταση της ευθυγραμμίας, δηλαδή πέρα από το σημείο Β, και τυλίγει την ταινία, έως ότου φθάσει στο Β. Ο πρώτος μετρητής έχει τοποθετηθεί εν τω μεταξύ επάνω από το σημείο $Σ_ν$. Κατά το τέντωμα ο δεύτερος μετρητής επιδιώκει να κρατά το νήμα της στάθμης επάνω από το κέντρο σημάνσεως του σημείου Β. Η διαίρεση της ταινίας, με την οποία θα συμπέσει το άκρο του νήματος, θα μας δώσει την τελευταία τμηματική οριζόντια απόσταση $l_{ν+1}$.

Η ολική οριζόντια απόσταση L μεταξύ των σημείων Α και Β θα προκύψει από τη σχέση:

$$L = ν \cdot μ + μ^*,$$

όπου μ το μήκος της ταινίας, μ* η διαίρεση της ταινίας, με την οποία συνέπεσε το νήμα της στάθμης επάνω από το Β, και ν σημαίνει πόσες φορές χρησιμοποιήθηκε η ταινία σε όλο το μήκος της. Εννοείται οτι για να υπολογίσομε το L πρέπει να γνωρίζομε το ακριβές μήκος της ταινίας, που το ελέγχομε με κατάλληλα όργανα πριν ακόμη αρχίσομε τις μετρήσεις.

Καταλαβαίνομε ότι αυτή η μέθοδος μετρήσεως, κατά την οποία ξετυλίγεται όλο το μήκος της ταινίας, μπορεί να εφαρμοσθεί, όταν το έδαφος είναι σχεδόν οριζόντιο ή έχει πολύ μικρή κλίση, γιατί τότε μόνο είναι δυνατό να κρατάμε την ταινία οριζόντια. Εάν μάλιστα το έδαφος είναι και οριζόντιο και ομαλό, αποθέτομε κατά τη μέτρηση την ταινία πάνω στο εδάφος, οπότε εξουδετερώνομε το βέλος κάμψεως. Σε ορεινά εδάφη όμως, όπου η κλίση κατά μήκος της ευθυγραμμίας είναι και μεγάλη και ποικίλη, αναγκαζόμαστε να μετράμε με μειωμένο μήκος ταινίας. Όσο μάλιστα αυξάνει η κλίση της ευθυγραμμίας μεταξύ των διαδοχικών σημείων Σ, τόσο ελαττώνεται το μήκος μ. Αυτό έχει το μειονέκτημα να χρονοτριβούμε κατά τη μέτρηση, έχει όμως και το πλεονέκτημα ότι λόγω του μειωμένου μήκους της ταινίας το τέντωμα είναι πιο καλό και συνεπώς η μέτρηση γίνεται με μεγαλύτερη ακρίβεια.



Σχ. 14.2ε.

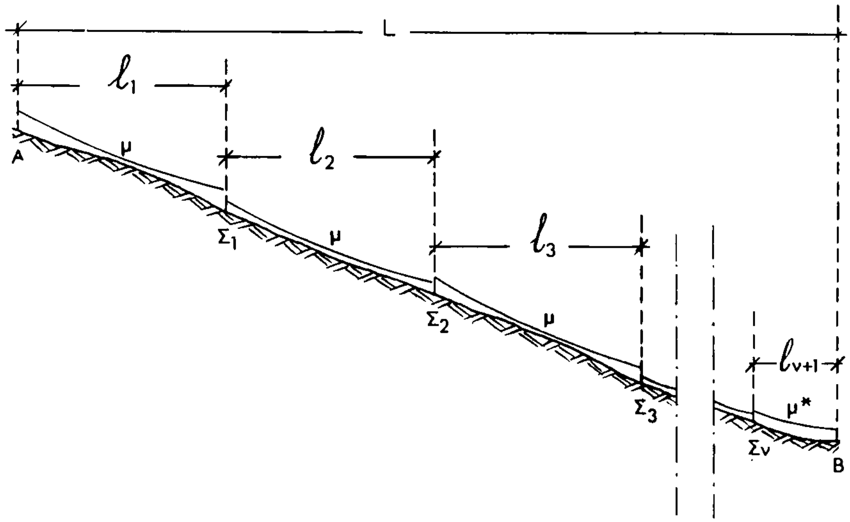
Η περίπτωση αυτή φαίνεται στο σχήμα 14.2ε, όπου η ολική οριζόντια απόσταση L προκύπτει από τη σχέση:

$$L = \mu_1 + \mu_2 + \mu_3 + ... + \mu^*$$

Τα διάφορα μ είναι πάντοτε πολλαπλάσια του μέτρου. Ορισμένα μ ενδέχεται να είναι ίσα μεταξύ τους.

Όταν οι κλίσεις της ευθυγραμμίας Α — Β είναι πολύ μεγάλες, μπορεί να εφαρμοσθεί και μια άλλη μέθοδος μετρήσεως.

Αντί να κρατάμε την ταινία οριζόντια, την κρατάμε παράλληλη προς την κλίση της ευθυγραμμίας. Αυτό επιτυγχάνεται, εάν κατά το τέντωμα τα άκρα της ταινίας απέχουν εξίσου από το έδαφος (σχ. 14.2στ). Κατά τα άλλα ο προσδιορισμός των ενδιαμέσων σημείων Σ γίνεται όπως στην περίπτωση πεδινού εδάφους. Γεννιέται όμως το ερώτημα: Πώς προσδιορίζονται οι οριζόντιες αποστάσεις l, αφού δεν μετριούνται απ' ευθείας;



Σχ. 14.2στ.

Ας δούμε πώς γίνεται ο προσδιορισμός της πρώτης τμηματικής αποστάσεως l_1, οπότε ανάλογα θα ισχύσουν και για τις άλλες.

Εάν θεωρήσομε την οριζόντια ευθεία Α'' Σ$_1$'', όπου Α'' συμπίπτει με το άκρο Ι της μετροταινίας, και την κατακόρυφη του Σ$_1$, σχηματίζεται το ορθογώνιο τρίγωνο Α''Σ$_1$''ΙΙ, όπου ΙΙ το άλλο άκρο της μετροταινίας (σχ. 14.2ζ).

Στο τρίγωνο αυτό γνωρίζομε την υποτείνουσα Α''ΙΙ, γιατί ισούται (κατά προσέγγιση φυσικά) με το μήκος μ της μετροταινίας.

Εξ άλλου η κάθετη πλευρά Σ$_1$ ''ΙΙ εκφράζει τη διαφορά των υψομέτρων των άκρων Ι και ΙΙ της μετροταινίας (Σ$_1$ ''ΙΙ = Α''Α' — ΙΙΣ$_1$''). Τα ακρα όμως Ι και ΙΙ έχουν την ίδια διαφορά υψομέτρων με τα σημεία Α και Σ$_1$, λόγω της ισότητας Α''Α = ΙΙ — Σ$_1$. Άρα, αν δ_1 η διαφορά υψομέτρου των Α και Σ$_1$, θα είναι:

$$\Sigma_1'' - II = \delta_1.$$

Και, αν εφαρμόσομε το Πυθαγόρειο θεώρημα στο ορθογώνιο τρίγωνο Α'Σ$_1$''ΙΙ, προκύπτει:

$$l_1 = \sqrt{\mu^2 - \delta_1^2}$$

Ομοίως βρίσκομε: $l_2 = \sqrt{\mu^2 - \delta_2^2}$

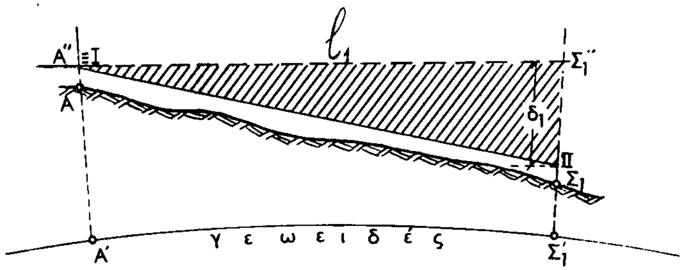
$l_3 = \sqrt{\mu^2 - \delta_3^2}$

$l_4 = \sqrt{(\mu^*)^2 - \delta_{\nu+1}^2}$.

Επομένως η ολική οριζόντια απόσταση L θα δίνεται από τον τύπο:

$$L = \sqrt{\mu^2 - \delta_1^2} + \sqrt{\mu^2 - \delta_2^2} + \sqrt{\mu^2 - \delta_3^2} \ldots + \sqrt{(\mu^*)^2 - \delta_{\nu+1}^2},$$

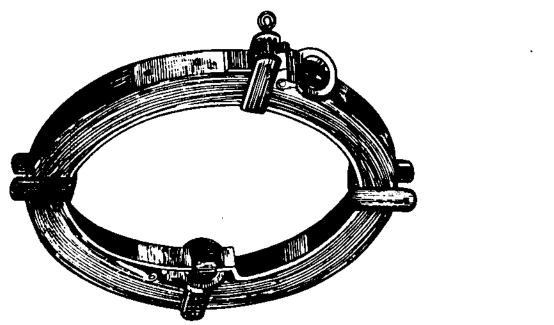
όπου μ το ολικό μήκος της ταινίας, μ* το μήκος, που μετρήθηκε το άκρο Β και δ_1,



Σχ. 14.2ζ.

$\delta_2, \delta_3, \ldots \delta_{\nu+1}$ οι διαφορές υψομέτρων μεταξύ των σημείων Α και Σ_1, Σ_1 και Σ_2, Σ_2 και Σ_3,..., Σ_ν και Β αντιστοίχως.

Ο τρόπος με τον οποίο προσδιορίζονται οι διαφορές υψομέτρων δ, η λεγόμενη ***χωροστάθμηση***, δεν θα περιγραφεί εδώ. Επειδή είναι θέμα, που αφορά την κατακόρυφη αποτύπωση, θα εξετασθεί στο δεύτερο μέρος του βιβλίου.

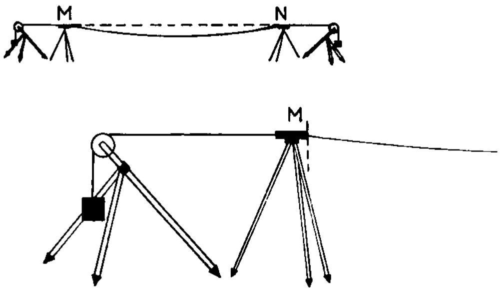


Σχ. 14.2η.

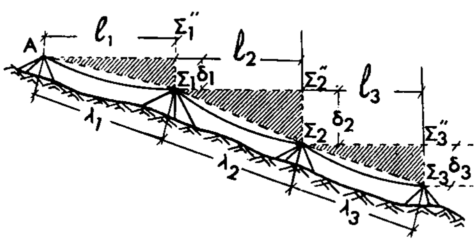
Εκτός από τον τύπο μετροταινίας, που περιγράψαμε, υπάρχει και άλλος τύπος. Σ' αυτόν η ταινία τυλίγεται γύρω από μια ανοικτή άτρακτο και έχει κρίκους ή λαβές τανύσεως και στα δύο της άκρα (σχ. 14.2η). Οι διαιρέσεις γίνονται με τρύπες ανά δέκατα του μέτρου και επισημαίνονται με αριθμούς μόνο τα ακέραια μέτρα. Ο τύπος αυτός χρησιμοποιείται για μετρήσεις κυρίως σε πεδινά εδάφη.

14.3 Μετρήσεις μεγάλης ακρίβειας. Όργανα μετρήσεως.

Στις μετρήσεις μεγάλης ακρίβειας δεν θεωρούμε ότι το λ ισούται με το μ, δηλαδή ότι το μήκος της χορδής ΑΒ (σχ. 14.1) ισούται με το ανάπτυγμα του αντίστοιχου τόξου, αλλά προσπαθούμε να προσδιορίσομε το ίδιο το λ. Για να το επιτύχομε αρκεί να γνωρίζομε με πόση ακριβώς δύναμη τεντώνεται η μετροταινία κατά τη στιγμή της μετρήσεως. Όπως αναφέραμε ήδη, για ορισμένη μετροταινία, ορισμένο μήκος μ και ορισμένη δύναμη τεντώματος Δ προκύπτει πάντοτε το ίδιο λ. Μάλιστα δεν παίζει ρόλο, αν η μετροταινία είναι οριζόντια ή κεκλιμένη. Εάν συνεπώς κατά τη στιγμή της μετρήσεως γνωρίζομε το ακριβές μήκος της ταινίας και τη δύναμη τεντώματος Δ, μπορούμε να γνωρίζομε και το λ από ειδικούς πίνακες, που συνοδεύουν την ταινία. Φυσικά χρειάζεται ένα ειδικό σύστημα τεντώματος, που να μας επιτρέπει τον προσδιορισμό της δυνάμεως Δ. Ένα τέτοιο σύστημα με αντίβαρα εμφανίζεται κάπως απλοποιημένο στο σχήμα 14.3α. Σε άλλα συστήματα η δύναμη Δ μετριέται με δυναμόμετρο.



Σχ. 14.3α.



Σχ. 14.3β.

Εάν η μέτρηση γίνεται σε οριζόντιο έδαφος, τότε το λ δίνει την οριζόντια απόσταση μεταξύ των σημείων Μ και Ν (σχ. 14.3α). Εάν το έδαφος κατά μήκος της ευθυγραμμίας παρουσιάζει σχετικά μεγάλη κλίση, τότε μετράμε τις κεκλιμένες αποστάσεις μεταξύ των σημείων Α και Σ_1, Σ_1 και Σ_2, Σ_2 και Σ_3, κλπ. (σχ. 14.3β) και προσδιορίζομε τις οριζόντιες αποστάσεις *l*, αφού εφαρμόσομε το Πυθαγόρειο θεώρημα στα διαγραμμισμένα τρίγωνα του σχήματος. Εννοείται ότι οι υψομετρικές διαφορές ο προσδιορίζονται και πάλι με χωροστάθμηση, και μάλιστα με χωροστάθμηση μεγάλης ακρίβειας.

Μία άλλη λεπτομέρεια, που πρέπει να αναφέρομε, είναι ότι κατά τη στιγμή της μετρήσεως μετράμε και τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Αυτό το κάνομε για να προσδιορίσομε την επιμήκυνση η επιβράχυνση, που υφίσταται η ταινία, λόγω διαστολής ή συστολής. Μόνο έτσι μπορούμε να γνωρίζομε το ακριβές μήκος μ της ταινίας κατά τη στιγμή της μετρήσεως και επομένως το αντίστοιχο λ. Η μέτρηση της θερμοκρασίας αποφεύγεται, εάν η ταινία είναι κατασκευασμένη από το ειδικό κράμα Invar. Η διαστολή ή συστολή, που παρουσιάζει μία τέτοια ταινία ακόμη και για μεγάλες μεταβολές της θερμοκρασίας, είναι ανεπαίσθητη και επομένως μπορεί να μη ληφθεί υπόψη.

14.4 Ακρίβεια μετρήσεως.

Και κατά τη μέτρηση με μετροταινία πρέπει να ισχύουν ανάλογες προϋποθέσεις, όπως και κατά τη μέτρηση με κανόνες, για να εξασφαλισθεί η ακρίβεια που χρειάζεται. Εκείνο, που πρέπει να τονίσομε για τις μετρήσεις μικρής ή μέσης ακρίβειας, είναι η ανάγκη να τεντώνεται η μετροταινία όσο γίνεται περισσότερο. Αυτό δεν είναι και τόσο εύκολο, όσο φαίνεται εκ πρώτης όψεως, ιδίως μάλιστα όταν φυσά δυνατός άνεμος. Ένας άλλος σοβαρός συντελεστής της ακρίβειας της μετρήσεως είναι η οριζοντιότητα της μετροταινίας. Επειδή συνήθως η οριζοντιότητα αυτή ελέγχεται με το μάτι, οι μετρητές πρέπει να είναι αρκετά εξασκημένοι, ώστε να μη διαπράττουν σοβαρά σφάλματα κατά τη μέτρηση.

Στις συνηθισμένες μετρήσεις με μετροταινία η ακρίβεια μετρήσεως κυμαίνεται από 5 έως 3 cm στα 100 m. Στις μετρήσεις μεγάλης ακρίβειας μπορεί να φθάσει το 1 cm στα 100 m. Ως προς τον αριθμό των επανειλημμένων μετρήσεων και τον τρόπο διεξαγωγής τους (εναλλαγή κατευθύνσεως), ισχύουν όσα αναφέρονται στη μέτρηση με κανόνες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΠΕΜΠΤΟ

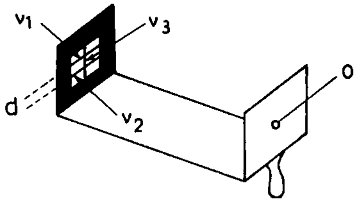
ΟΠΤΙΚΗ ΜΕΤΡΗΣΗ ΟΡΙΖΟΝΤΙΩΝ ΑΠΟΣΤΑΣΕΩΝ

15.1 Εξήγηση έννοιας. Απλή σταδιομετρική διάταξη.

Τόσο η μέτρηση με κανόνες, όσο και η μέτρηση με μετροταινίες και μετροσύρματα παρουσιάζουν το εξής μειονέκτημα: Οι μετρητές πρέπει να διανύουν την ευθυγραμμία από το ένα άκρο της στο άλλο, αφού βεβαίως τη χαράξουν προηγουμένως. Συνεπώς χάνουν πολύτιμο χρόνο κατά τη διεξαγωγή της μετρήσεως, ιδίως όταν το έδαφος είναι δύσβατο ή παρουσιάζει διάφορα εμπόδια. Η ανάγκη μειώσεως του χρόνου αυτού οδήγησε στην εφαρμογή της ***οπτικής μετρήσεως*** των οριζοντίων αποστάσεων ή, όπως λέγεται αλλοιώς, της ***σταδιομετρίας.*** Σε ορισμένες περιπτώσεις μάλιστα όπου τα εμπόδια του εδάφους είναι ανυπέρβλητα (ποταμοί, απόκρημνες χαράδρες, κλπ.), τότε η οπτική μέτρηση αποτελεί το μόνο δυνατό τρόπο άμεσης μετρήσεως.

Παλιότερα η οπτική μέτρηση εφαρμοζόταν μόνο όπου δεν χρειαζόταν μεγάλη ακρίβεια μετρήσεως, όπως π.χ. στην Ταχυμετρία. Αυτό συνέβαινε, γιατί τα αντίστοιχα τοπογραφικά όργανα δεν ήταν και τόσο ακριβή. Σήμερα όμως υπάρχουν τελειότατα όργανα, που παρέχουν μέγιστη ακρίβεια μετρήσεως. Συνεπώς η οπτική μέτρηση μπορεί να εφαρμοσθεί σε όλες τις περιπτώσεις ανεξάρτητα από το βαθμό ακρίβειας, που πρέπει να επιτύχομε. Αρκεί φυσικά να πληρούνται δύο προϋποθέσεις: α) τα άκρα της αποστάσεως που θέλομε να μετρήσομε ***να είναι αμοιβαίως ορατά*** και β) να διαθέτομε στην κάθε περίπτωση τα κατάλληλα όργανα οπτικής μετρήσεως.

Ας δούμε τώρα ποια είναι τα όργανα αυτά. Θα αρχίσομε από τα απλούστερα, εκείνα δηλαδή, που μας δίνουν τη μικρότερη ακρίβεια, και θα καταλήξομε στα πολυπλοκότερα, που είναι και τα ακριβέστερα.

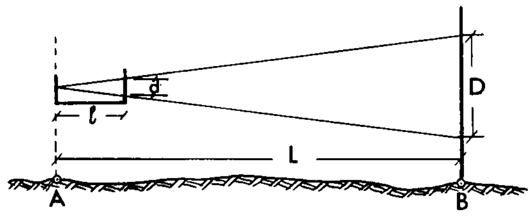


Σχ. 15.1α.

Η απλούστερη σταδιομετρική διάταξη φαίνεται στο σχήμα 15.1α. Αποτελείται από την τρύπα Ο, τα οριζόντια νήματα v_1 και v_2 και το κατακόρυφο νημα v_3. Το επίπεδο της τρύπας Ο και του νήματος v_3 είναι κάθετο προς το επίπεδο των νημάτων

v_1 και v_2. Αφ' ετέρου το τρίγωνο που σχηματίζεται από την τρύπα Ο και τα σημεία τομής των νημάτων μεταξύ τους, είναι ισοσκελές.

Ας υποθέσομε τώρα ότι θέλομε να μετρήσομε την οριζόντια απόσταση δύο σημείων, έστω των Α και Β. Ας υποθέσομε επίσης ότι το έδαφος, όπου γίνεται η μέτρηση, είναι οριζόντιο. Τοποθετούμε στο σημείο Β μια ράβδο, που θα την αποκαλούμε στο εξής ***στόχο.*** Ο στόχος φέρει υποδιαιρέσεις σε cm και τοποθετείται κατακόρυφα. Κατόπιν έχοντας τη σταδιομετρική διάταξη οριζόντια σκοπεύομε από το σημείο Α το στόχο στο Β (σχ. 15.1β). Εάν D είναι το τμήμα του στόχου, που



Σχ. 15.1β.

βλέπομε να περιλαμβάνεται μεταξύ των νημάτων v_1 και v_2, d η πραγματική απόσταση των δύο νημάτων και l το μήκος της σταδιομετρικής διατάξεως, τότε η οριζόντια απόσταση L των δύο σημείων θα δίνεται από τη σχέση:

$$\frac{L}{l} = \frac{D}{d},$$

από την οποία

$$\boxed{L = \frac{l}{d} D.}$$

Ο λόγος $\frac{l}{d}$ εξαρτάται από τις κατασκευαστικές συνθήκες και ονομάζεται ***σταθερά του οργάνου.*** Είναι φανερό ότι ο προσδιορισμός του L διευκολύνεται, όταν η σταθερά $\frac{l}{d}$ ισούται με κάποιο στρογγυλό αριθμό, π.χ. προς 10.

15.2 Σταδιομετρικά τηλεσκόπια. Ταχύμετρα.

Με τη σταδιομετρική διάταξη, που αναφέραμε, δεν είναι δυνατό να μετρήσομε μεγάλες αποστάσεις, γιατί δεν μπορούμε να εκτιμήσομε με γυμνό οφθαλμό το τμήμα D του στόχου. Πρέπει συνεπώς να συνδυάσομε τη σταδιομετρική με μια μεγεθυντική διάταξη. Ο συνδυασμός αυτός επιτυγχάνεται με ειδικά τηλεσκόπια, τα οποία ονομάζονται ***σταδιομετρικά.***

Βεβαίως ένα σταδιομετρικό τηλεσκόπιο δεν είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί μόνο του. Πρέπει να φέρεται από κάποιο άλλο τοπογραφικό όργανο. Το όργανο αυτό είναι το ***ταχύμετρο,*** για το οποίο πρωτόγινε λόγος στην περιγραφή του ***θεοδόλιχου*** (παράγρ. 7.1). Το ταχύμετρο μοιάζει σχεδόν απολύτως με το θεοδόλιχο, από τον οποίο δεν διαφέρει παρά μόνο ως προς τη σταδιομετρική ιδιότητα του τηλεσκοπίου και ως προς την ακρίβεια μετρήσεως των οριζοντίων και κατακορύφων γωνιών. Ο θεοδόλιχος δηλαδή παρέχει πολύ μεγαλύτερη ακρίβεια από το ταχύμετρο. Πάντως ένας θεοδόλιχος εφοδιασμένος με σταδιομετρικό τηλεσκόπιο μπορεί να χρησιμοποιηθεί κάλλιστα και ως ταχύμετρο.

Υπάρχουν δύο τύποι σταδιομετρικού τηλεσκοπίου. Το ***απλό σταδιομετρικό*** και το ***ανάλλακτο.***

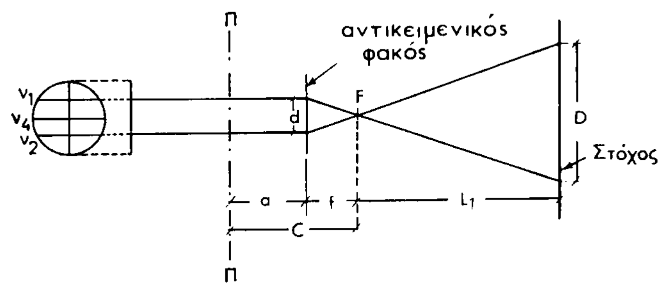
1. Απλό σταδιομετρικό τηλεσκόπιο.

Διαφέρει από το κοινό τηλεσκόπιο του θεοδόλιχου μόνο κατά τα νήματα v_1 και v_2 που προσαρμόζονται σε ίσες αποστάσεις από τη μια και την άλλη πλευρά του οριζόντιου νήματος v_4 του σταυρονήματος και που προσδίδουν τη σταδιομετρική ιδιότητα στα σταδιομετρικά τηλεσκόπια (σχ. 15.2). Ο προσδιορισμός της αποστάσεως L μεταξύ των σημείων A και B δεν ακολουθεί το απλό γεωμετρικό σχήμα 15.1β, αλλά το ανάλογο 15.2. Από το σχήμα αυτό προκύπτει η σχέση:

$$\frac{L_1}{f} = \frac{D}{d} \tag{1}$$

όπου f είναι η εστιακή απόσταση του αντικειμενικού φακού του τηλεσκοπίου. Από τη σχέση (1) έχομε: $L_1 = \frac{f}{d} . D$ και, εάν αντικαταστήσομε $\frac{f}{d} = K$, καταλήγομε στον τύπο:

$$L_1 = K . D \tag{2}$$



Σχ. 15.2.

Όπως βλέπομε όμως η απόσταση L_1 δεν είναι η απόσταση L των σημείων A και B, δηλαδή η απόσταση του πρωτεύοντα άξονα ΠΠ του ταχυμέτρου από το στόχο σκοπεύσεως. Τα δύο μεγέθη L και L_1 συνδέονται με τη σχέση:

$$L = C + L_1, \tag{3}$$

όπου C η απόσταση της εστίας F του αντικειμενικού φακού από τον πρωτεύοντα άξονα ΠΠ. Αν συνδυάσομε τις σχέσεις (2) και (3) προκύπτει:

$$\boxed{L = C + K . D}$$

Τα σταδιομετρικά τηλεσκόπια έχουν συνήθως τη σταθερά K ίση προς 100. Αφ' ετέρου η σταθερά C ισούται περίπου προς 50 cm. Εάν συνεπώς για μια ορισμένη σκόπευση προκύπτει D = 68 cm, έπεται ότι το αντίστοιχο L_1 θα ισούται με 68 m και άρα το L θα ισούται με C + L_1, δηλαδή με 68,50 m. Το γινόμενο K . D τίθεται ίσο προς g και ονομάζεται ***γεννήτωρ αριθμός.***

2. *Ανάλλακτο τηλεσκόπιο.*

Τα σταδιομετρικά τηλεσκόπια προκύπτουν από τα τηλεσκόπια τύπων Huyghens και Ramsden αν προσθέσομε στο σταυρόνημα τα οριζόντια νήματα v_1 και v_2. Έχουν το μειονέκτημα ότι δεν μας δίνουν κατευθείαν την απόσταση L, αλλά την L_1, στην οποία, όπως είδαμε, πρέπει να προστεθεί η σταθερά C του οργάνου. Οι κατασκευαστές προσπάθησαν να επινοήσουν κατάλληλους συνδυασμούς, ώστε το γινόμενο K . D να δίνει την απόσταση L και όχι την L_1.

Έτσι στο τηλεσκόπιο με κινητό σταυρόνημα (τριών σωλήνων) προστίθεται ένας σταθερός φακός μεταξύ του αντικειμενικού και του σταυρονήματος (διάταξη Porro). Στα τηλεσκόπια με ρυθμιστικό φακό (δύο σωλήνων), δηλαδή στα λεγόμενα τηλεσκόπια τύπου Wild, ο ίδιος ρυθμιστικός φακός επιτυγχάνει αυτό το αποτέλεσμα. Φυσικά λόγω της μετακινήσεώς του κατά μήκος του τηλεσκοπίου προκύπτει ένα σφάλμα 2 έως 3 cm στη μέτρηση της αποστάσεως L, αλλά το σφάλμα αυτό δεν παίζει σπουδαίο ρόλο στις μετρήσεις μικρής ακρίβειας, όπου χρησιμοποιούνται τα σταδιομετρικά τηλεσκόπια.

Το τηλεσκόπιο, που μας δίνει το γινόμενο K . D ίσο προς L, ονομάζεται ***ανάλλακτο τηλεσκόπιο.*** Και στα ανάλλακτα τηλεσκόπια η σταθερά K ισούται συνήθως με 100. Έτσι το D σε cm μας δίνει συγχρόνως και το L σε m.

15.3 Στόχος (ή Σταδία).

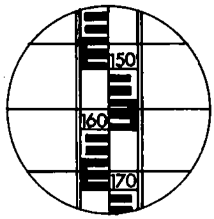
Είπαμε ήδη ότι ο στόχος είναι μία διαιρεμένη ράβδος, στην οποία γίνεται η ανάγνωση του μεγέθους D. Η ανάγνωση αυτή διευκολύνεται αφ' ενός μεν από τη μεγεθυντική ικανότητα του τηλεσκοπίου, αφ' ετέρου δε από την ειδική κατασκευή του στόχου.

Ο στόχος, με τον οποίο διεξάγεται η οπτική μέτρηση, χρησιμοποιείται, όπως θα δούμε και στη Γεωμετρική Χωροστάθμηση. Γι' αυτό η περιγραφή του ισχύει και για τις δυο εργασίες.

Υπάρχουν πολλά είδη στόχων. Οι συνηθισμένοι στόχοι, δηλαδή εκείνοι, που συνδυάζονται με συνηθισμένα ταχύμετρα, έχουν μήκος 3, 4 και 5 m, είναι ορθογωνικής διατομής με διαστάσεις 3 × 5 cm περίπου και κατασκευάζονται από ξύλο έλατου. Ο στόχος των 3 m είναι συνήθως μονοκόμματος. Αντιθέτως οι στόχοι των 4 και 5 m αποτελούνται από δύο ή περισσότερα τεμάχια, που συνδέονται μεταξύ τους με αρθρώσεις ή με άλλο τρόπο, ώστε να διευκολύνεται η μεταφορά τους.

Ολόκληρος ο στόχος χρωματίζεται με ελαιόχρωμα, για να προστατεύεται από τις καιρικές συνθήκες. Επάνω στη μια όψη του φέρει διαιρέσεις σε εκατοστά του μέτρου, ενώ η αρίθμηση των διαιρέσεων γίνεται ανά δέκατα του μέτρου. Επειδή όμως, καθώς γνωρίζομε, στο τηλεσκόπιο βλέπομε τα αντικείμενα ανεστραμμένα, γι' αυτό και οι αριθμοί του στόχου γράφονται ανάποδα, ώστε κατά τη σκόπευση να διαβάζονται κανονικά (σχ. 15.3).

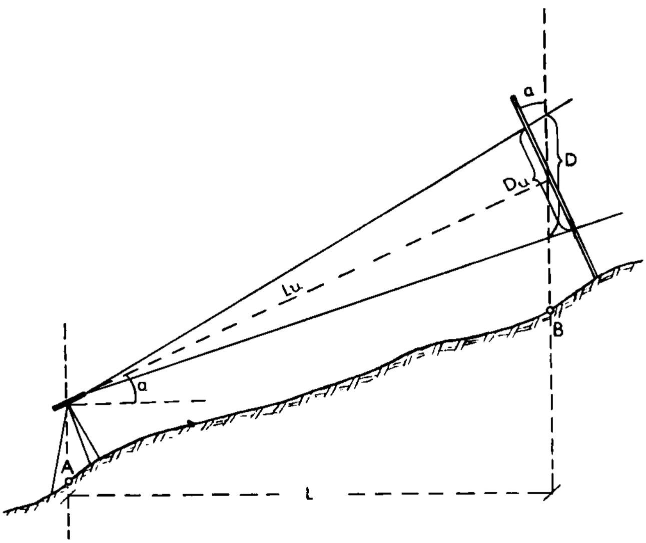
Εάν τώρα σκοπεύσομε το στόχο με ένα ταχύμετρο και δούμε την εικόνα του σχήματος 15.3, συμπεραίνομε ότι η αντίστοιχη ανάγνωση είναι: D = 167 − 146 = 21 cm.



Σχ. 15.3.

15.4 Μέτρηση οριζόντιας αποστάσεως σε κεκλιμένο έδαφος.

Για να προκύψει η σχέση L = C + K . D για τα απλά σταδιομετρικά τηλεσκόπια και L = K . D για τα ανάλλακτα, όπου L η οριζόντια απόσταση, που θέλομε να μετρήσομε, και D η ανάγνωση επάνω στο στόχο, πρέπει, όπως είδαμε, η σκόπευση να είναι οριζόντια. Αντιστοίχως ο στόχος πρέπει να είναι κάθετος προς τη σκοπευτική γραμμή του τηλεσκοπίου και συνεπώς κατακόρυφος.



Σχ. 15.4.

Τι θα συμβεί όμως, εάν η σκόπευση δεν είναι οριζόντια, δηλαδή εάν τα σημεία A και B, των οποίων θέλομε να προσδιορίσομε την οριζόντια απόσταση, βρίσκονται σε κεκλιμένο έδαφος (σχ. 15.4); Τότε η παράσταση C + K . D (για τα απλά σταδιομετρικά τηλεσκόπια) και K . D (για τα ανάλλακτα) θα δείχνει την κεκλιμένη απόσταση Lκ μεταξύ των δύο σημείων, υπό την προϋπόθεση φυσικά ότι ο στόχος θα είναι και πάλι κάθετος προς τη σκοπευτική γραμμή. Εάν δηλαδή ονομάσομε α τη γωνία κλίσεως της σκοπευτικής γραμμής στο σημείο τομής της με τον πρωτεύοντα και το δευτερεύοντα άξονα του οργάνου, θα είναι επίσης α και η τιμή της γωνίας, που θα σχηματίζει ο στόχος με την κατακόρυφο του σημείου Β (σχ. 15.4). Από το σχήμα 15.4 προκύπτει:

$$L = L\kappa \text{ συν}\alpha$$

Άρα:

$$L = (C + K \,.\, D\kappa) \text{ συν}\alpha \qquad (1)$$

για τα απλά σταδιομετρικά τηλεσκόπια και

$$\boxed{L = K \,.\, D\kappa \text{ συν}\alpha} \qquad (2)$$

για τα ανάλλακτα, όπου Dκ η ανάγνωση επάνω στον κεκλιμένο στόχο.

Πρακτικώς όμως είναι αδύνατο να κρατάμε το στόχο κεκλιμένο και μάλιστα υπό ορισμένη γωνία. Σκεπτόμαστε λοιπόν μήπως είναι δυνατό να τον κρατάμε κατακόρυφο και να βρούμε κάποια άλλη σχέση, που να συνδέει την αντίστοιχη ανάγνωση D με το ζητούμενο L. Πράγματι από το σχήμα 15.4 προκύπτει με μεγάλη προσέγγιση:

$$D\kappa = D \text{ συν}\alpha. \qquad (3)$$

Και εάν λάβομε υπ' όψη τις σχέσεις (1), (2) και (3), θα έχομε αντιστοίχως:

$$L = C \text{ συν}\alpha + K \,.\, D \text{ συν}^2\alpha \qquad (4)$$

για τα απλά σταδιομετρικά τηλεσκόπια και

$$\boxed{L = K \,.\, D \text{ συν}^2\alpha} \qquad (5)$$

για τα ανάλλακτα.

Με άλλους λόγους είναι δυνατό να κάνομε τη σκόπευση με το στόχο κατακόρυφο, πρέπει όμως να γνωρίζομε τη γωνία κλίσεως α της σκοπευτικής γραμμής του τηλεσκοπίου. Ο προσδιορισμός της α γίνεται με το ίδιο όργανο, με το οποίο γίνεται και η οπτική μέτρηση. Το ταχύμετρο δηλαδή είναι όπως και ο θεοδόλιχος, εφοδιασμένο με ένα κατακόρυφο δίσκο και ένα δείκτη, που μας δίνει είτε τη γωνία κλίσεως α είτε τη ζενίθια γωνία z (βλέπε κεφάλαιο 10).

Κατόπιν αυτού κάνομε το συστηματικό υπολογισμό του L.

15.5 Υπολογισμός οριζόντιας αποστάσεως L.

Αν εκτός της γωνίας κλίσεως α λάβομε υπόψη και τη ζενίθια γωνία z, τότε οι σχέσεις (4) και (5) της προηγούμενης παραγράφου συμπληρώνονται ως εξής:

$$\left.\begin{aligned} L &= C\,\text{συν}\alpha + K \cdot D\,\text{συν}^2\alpha \\ \text{ή}\ L &= C\,\text{ημ}z + K \cdot D\,\text{ημ}^2 z \end{aligned}\right\} \text{ για τα απλά σταδιομετρικά τηλεσκόπια και}$$

$$\left.\begin{aligned} L &= K \cdot D\,\text{συν}^2\alpha \\ \text{ή}\ L &= K \cdot D\,\text{ημ}^2 z \end{aligned}\right\} \text{ για τα ανάλλακτα τηλεσκόπια,}$$

όπου D το τμήμα του κατακόρυφου στόχου, που περιορίζεται μεταξύ των ακραίων νημάτων v_1 και v_2 του σταυρονήματος. Το τμήμα όμως αυτό προσδιορίζεται κατ' ανάγκη με πολύ μικρή ακρίβεια. Η ακρίβεια αυτή για μικρές αποστάσεις (κάτω από 20 m) δεν είναι μεγαλύτερη από 10 cm. Για αποστάσεις 20 έως 50 m κυμαίνεται μεταξύ 20 και 30 cm και για αποστάσεις μεγαλύτερες από 100 m φθάνει τα 50 cm ή ακόμη και το 1 m. Αυτοί, εννοείται, οι αριθμοί ισχύουν για συνηθισμένη μεγεθυντική ικανότητα των τηλεσκοπίων.

Βλέπομε λοιπόν ότι δεν χρειάζεται μεγάλη ακρίβεια στον προσδιορισμό της κατακόρυφης γωνίας α ή z, γιατί τέτοια ακρίβεια θα ήταν περιττή. Γιαυτό, αφ' ενός μεν οι κατακόρυφοι δίσκοι, με τους οποίους είναι εφοδιασμένα τα ταχύμετρα, δεν παρέχουν μεγάλη ακρίβεια μετρήσεως, αφ' ετέρου δε οι μετρητές περιορίζονται στο να κάνουν μία μόνο ανάγνωση της κατακόρυφης γωνίας.

Ας έλθομε τώρα στον υπολογισμό του L. Επειδή η οπτική μέτρηση με σταδιομετρικά τηλεσκόπια εφαρμόζεται μόνο στην Ταχυμετρία και επειδή, όπως θα δούμε, χρειάζεται να υπολογίζομε τις οριζόντιες αποστάσεις εκατοντάδων σημείων την ημέρα, γιαυτό υπάρχουν ειδικοί πίνακες, οι οποίοι μας δίνουν κατευθείαν το γινόμενο $g\,\text{συν}^2\alpha$ ή $g\,\text{ημ}^2\alpha$, όπου $g = K \cdot D$ (γεννήτωρ αριθμός). Οι πίνακες αυτοί ονομάζονται ***ταχυμετρικοί.***

Στην επόμενη σελίδα υπάρχει απόσπασμα τέτοιων ταχυμετρικών πινάκων για την εκτέλεση της εξής αριθμητικής εφαρμογής: Έστω ότι σκοπεύσαμε προς το στόχο υπό γωνίαν $z = 107^g\ 70^c$ και διαπιστώσαμε ότι μεταξύ των δύο νημάτων v_1 και v_2 περιλαμβάνεται τμήμα του στόχου ίσο προς 64 cm. Εάν $K = 100$, έπεται ότι $g = 64$. Αναζητούμε απέναντι από την τιμή $g = 64$ και δεξιά από τη στήλη των 70^c το αντίστοιχο L. Είναι ο υπογραμμισμένος αριθμός 63,1. Δηλαδή η αντίστοιχη οριζόντια απόσταση ισούται προς 63,10 m. Κατ' αυτό τον τρόπο χρησιμοποιούνται οι Ταχυμετρικοί Πίνακες, όσο άφορα την οπτική μέτρηση μηκών. Όπως θα δούμε στην Ταχυμετρία, οι ταχυμετρικοί πίνακες χρησιμεύουν για τη γρήγορη εκτέλεση και άλλων υπολογισμών.

15.6 Αυταναγωγά ταχύμετρα.

Τα ταχύμετρα, που είναι εφοδιασμένα με σταδιομετρικό τηλεσκόπιο και συνεπώς με κατακόρυφο δίσκο, θα μπορούσαμε να τα αποκαλέσομε ***κοινά,*** γιατί χρησιμοποιούνται πάρα πολύ στην Τοπογραφία. Εκτός όμως από τα κοινά ταχύμετρα υπάρχει και μία άλλη κατηγορία ταχυμέτρων, που ονομάζονται ***αυταναγωγά.***

Τα αυταναγωγά ταχύμετρα έχουν την ιδιότητα να δίνουν την οριζόντια απόσταση L ***απ' ευθείας,*** χωρίς δηλαδή να χρειάζεται να προσδιορίζομε προηγουμένως την κατακόρυφη γωνία της σκοπευτικής γραμμής. Πώς γίνεται αυτό θα το εξηγήσομε στη συνέχεια.

g	0′	10′	L	20′	30′	L	40′	50′	L	60′	70′	L	80′	90	L
50	5.45	5.53	49.4	5.61	5.68	49.3	5.76	5.84	49.3	5.91	5.99	49.3	6.07	6.14	49.2
1	56	64	50.4	72	80	50.3	87	95	50.3	6.03	6.11	50.2	19	26	50.2
2	67	75	51.3	83	91	51.3	99	6.07	51.3	15	23	51.2	31	39	51.2
3	78	86	52.3	94	6.02	52.3	6.11	19	52.3	27	35	52.2	43	51	52.2
4	89	97	53.3	6.06	14	53.3	22	30	53.2	39	47	53.2	55	63	53.2
5	6.00	6.08	54.3	6.17	6.25	54.3	6.34	6.42	54.2	6.50	6.59	54.2	6.67	6.76	54.1
6	11	19	55.3	28	37	55.3	45	54	55.2	62	71	55.2	79	88	55.1
7	22	30	56.3	39	48	56.2	57	65	56.2	74	83	56.2	91	7.00	56.1
8	33	41	57.3	50	59	57.2	68	77	57.2	86	95	57.1	7.04	12	57.1
9	44	53	58.3	62	71	58.2	80	89	58.2	98	7.07	58.1	16	25	58.1
60	6.54	6.64	59.2	6.73	6.82	59.2	6.91	7.00	59.2	7.10	7.19	59.1	7.28	7.37	59.1
1	65	75	60.2	84	93	60.2	7.03	12	60.1	21	31	60.1	40	49	60.1
2	76	86	61.2	95	7.05	61.2	14	24	61.1	33	43	61.1	52	61	61.0
3	87	97	62.2	7.06	16	62.2	26	35	62.1	45	55	62.1	64	74	62.0
4	98	7.08	63.2	18	27	63.2	37	47	63.1	57	66	63.1	76	86	63.0
5	7.09	7.19	64.2	7.29	7.39	64.1	7.49	7.59	64.1	7.69	7.78	64.0	7.88	7.98	64.0
6	20	30	65.2	40	50	65.1	60	70	65.1	80	90	65.0	8.01	8.11	65.0
7	31	41	66.2	51	62	66.1	72	82	66.1	92	8.02	66.0	13	23	66.0
8	42	52	67.1	63	73	67.1	84	94	67.1	8.04	14	67.0	25	35	66.9
9	53	63	68.1	74	84	68.1	95	8.05	68.0	16	26	68.0	37	47	67.9
70	7.63	7.74	69.1	7.85	7.96	69.1	8.06	8.17	69.0	8.28	8.38	69.0	8.49	8.60	68.9
1	74	85	70.1	96	8.07	70.1	18	29	70.0	40	50	70.0	61	72	69.9
2	85	96	71.1	8.07	18	71.0	29	40	71.0	51	62	70.9	73	84	70.9
3	96	8.07	72.1	19	30	72.0	41	52	72.0	63	74	71.9	85	97	71.9
4	8.07	18	73.1	30	41	73.0	52	64	73.0	75	86	72.9	98	9.09	72.9
5	8.18	8.30	74.1	8.41	9.53	74.0	8.64	8.75	74.0	8.87	8.98	73.9	9.10	9.21	73.8
6	29	41	75.1	52	64	75.0	75	87	74.9	99	9.10	74.9	22	33	74.8
7	40	52	76.0	63	75	76.0	87	99	75.9	9.11	22	75.9	34	46	75.8
8	51	63	77.0	75	87	77.0	98	9.10	76.9	22	34	76.9	46	58	76.8
9	62	74	78.0	86	98	78.0	9.10	22	77.9	34	46	77.8	58	70	77.8
80	8.73	8.85	79.0	8.97	9.09	78.9	9.22	9.34	78.9	9.46	9.58	78.8	9.70	9.83	78.8
1	83	96	80.0	9.08	21	79.9	33	45	79.9	58	70	79.8	83	95	79.8
2	94	9.07	81.0	20	32	80.9	45	57	80.9	70	82	80.8	95	10.07	80.7
3	9.05	18	82.0	31	43	81.9	56	69	81.8	81	94	81.8	10.07	19	81.7
4	16	29	83.0	42	55	82.9	68	80	82.8	93	10.06	82.8	19	32	82.7
5	9.27	9.40	83.9	9.53	9.66	83.9	9.79	9.92	83.8	10.05	10.18	83.8	10.31	10.44	83.7
6	38	51	84.9	65	78	84.9	91	10.04	84.8	17	30	84.7	43	56	84.7
7	49	62	85.9	76	89	85.9	10.02	15	85.8	29	42	85.7	55	69	85.7
8	60	73	86.9	87	10.00	86.8	14	27	86.8	41	54	86.7	67	81	86.6
9	71	84	87.9	98	12	87.8	25	39	87.8	52	66	87.7	80	93	87.6
90	9.82	9.95	88.9	10.09	10.23	88.8	10.37	10.50	88.7	10.64	10.78	88.7	10.92	11.05	88.6
1	93	10.06	89.9	20	34	89.8	48	62	89.7	76	90	89.7	11.04	18	89.6
2	10.03	18	90.9	32	46	90.8	60	74	90.7	88	11.02	90.7	16	30	90.6
3	14	29	91.8	43	57	91.8	71	85	91.7	11.00	14	91.6	28	42	91.6
4	25	40	92.8	54	68	92.8	83	97	92.7	12	26	92.6	40	55	92.6
5	10.36	10.51	93.8	10.65	10.80	93.8	10.94	11.09	93.7	11.23	11.38	93.6	11.52	11.67	93.5
6	47	62	94.8	77	91	94.7	11.06	21	94.7	35	50	94.6	64	79	94.5
7	58	73	95.8	88	11.03	95.7	17	32	95.7	47	62	95.6	77	91	95.5
8	69	84	96.8	99	14	96.7	29	44	96.6	59	74	96.6	89	12.04	96.5
9	80	95	97.8	11.10	25	97.7	40	56	97.6	71	86	97.6	12.01	16	97.5
100	10.91	11.06	98.8	11.21	11.37	98.7	11.52	11.67	98.6	11.83	11.98	98.5	12.13	12.28	98.5

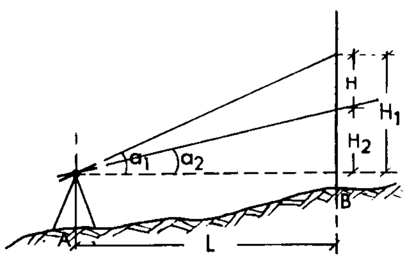
Τρία είναι τα κυριότερα είδη αυταναγωγών ταχυμέτρων: Τα ***αυταναγωγά ταχύμετρα διπλής σκοπεύσεως, τα αυταναγωγά ταχύμετρα κατακόρυφου στόχου και τα αυταναγωγά ταχύμετρα οριζόντιου στόχου.*** Τα δύο πρώτα είδη, και ιδίως το δεύτερο, χρησιμοποιούνται κυρίως στην Ταχυμετρία για να κερδίζεται ο χρόνος, που χρειάζεται για τη μέτρηση της κατακόρυφης γωνίας κατά την εργασία υπαίθρου και για τον υπολογισμό της οριζόντιας αποστάσεως L κατά την εργασία γραφείου. Το τρίτο είδος αυταναγωγών ταχυμέτρων, δηλαδή τα αυταναγωγά ταχύμετρα οριζόντιου στόχου, χρησιμοποιούνται αποκλειστικά και μόνο για μετρήσεις μεγάλης ακρίβειας. Θα εξετάσομε τώρα το καθένα είδος χωριστά.

1. Αυταναγωγά ταχύμετρα διπλής σκοπεύσεως.

Τα ταχύμετρα αυτά βασίζονται στην εξής αρχή: Εάν από το σημείο A κάνομε δύο σκοπεύσεις προς το στόχο, που έχομε τοποθετήσει στο σημείο B (σχ. 15.6α), προκύπτουν οι σχέσεις:

$$H_1 = L\varepsilon\varphi\alpha_1 \quad \text{και} \quad H_2 = L\varepsilon\varphi\alpha_2$$

$$\text{και συνεπώς } L = \frac{H_1 - H_2}{\varepsilon\varphi\alpha_1 - \varepsilon\varphi\alpha_2} = \frac{H}{\varepsilon\varphi\alpha_1 - \varepsilon\varphi\alpha_2}$$



Σχ. 15.6α.

Εάν η διαφορά $\varepsilon\varphi\alpha_1 - \varepsilon\varphi\alpha_2 = q$ ειναι σταθερή και ιση προς ένα κατάλληλο αριθμό, π.χ. 0,01, τότε η διαφορά των δύο αναγνώσεων επί του στόχου, αν εκφρασθεί σε cm, θα μας δίνει την οριζόντια απόσταση L σε m.

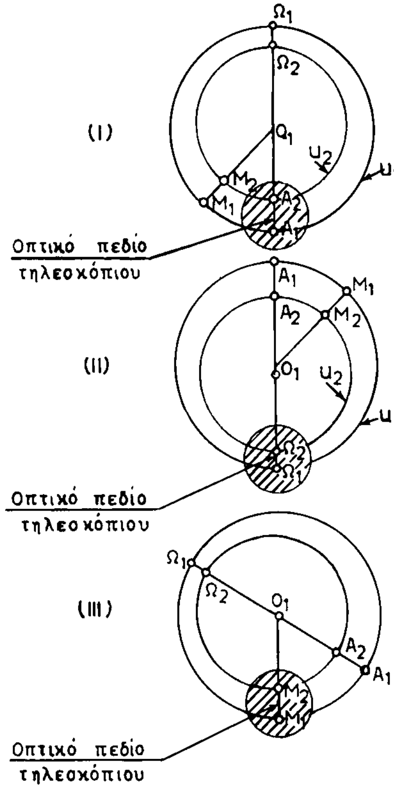
Τα αυταναγωγά ταχύμετρα διπλής σκοπεύσεως παρέχουν ακριβώς αυτή τη δυνατότητα. Να εκτελέσομε δηλαδή δύο διαδοχικές σκοπεύσεις με διαφορά κλίσεων της σκοπευτικής γραμμής ίση προς q. Το μέγεθος q ονομάζεται ***σταδιομετρική*** διαφορά.

2. Αυταναγωγά ταχύμετρα κατακόρυφου στόχου.

Θα περιγράψομε τον αντιπροσωπευτικό τύπο Wild R.D.S. Το ταχύμετρο αυτό αντί των παραλλήλων νημάτων ν_1 και ν_2 φέρει χαραγμένες επάνω σ' ένα γυάλινο δίσκο τις κλειστές καμπύλες κ_1 και κ_2 (σχ. 15.6β). Ο γυάλινος δίσκος στρέφεται γύρω από το σημείο O_1 ανάλογα προς την περιστροφή του τηλεσκοπίου γύρω από το δευτερεύοντα άξονα σε τρόπο ώστε:

α) Όταν η σκοπευτική γραμμή είναι οριζόντια, οι καμπύλες $κ_1$ και $κ_2$ να βρίσκονται στη θέση, που δείχνει το σχήμα 15.6β (Ι).

β) Όταν η γωνία κλίσεως της σκοπευτικής γραμμής ισούται προς 45°, ο δίσκος να βρίσκεται στην αντίστροφη θέση [σχ. 15.6β (ΙΙ)].



Σχ. 15.6β.

γ) Για μια ενδιάμεση τιμή α της γωνίας κλίσεως της σκοπευτικής γραμμής ο δίσκος να βρίσκεται στη θέση του σχήματος 15.6β (ΙΙΙ).

Στο οπτικό πεδίο του τηλεσκοπίου δεν φαίνονται ολόκληρες οι καμπύλες $κ_1$ και $κ_2$, αλλά μόνο ένα μέρος τους (σχ. 15.6γ).

Ας εξετάσομε τώρα πώς χαράσσονται οι καμπύλες $κ_1$ και $κ_2$. Η εξωτερική καμπύλη $κ_1$ είναι περιφέρεια με κέντρο το σημείο $Ο_1$, δηλαδή το σημείο περιστροφής του γυάλινου δίσκου. Για τη χάραξη της εσωτερικής καμπύλης $κ_2$ λαμβάνομε κατ' αρχή τα διαμετρικώς αντίθετα τμήματα $Α_1Α_2$ και $Ω_1Ω_2$ ούτως, ώστε:

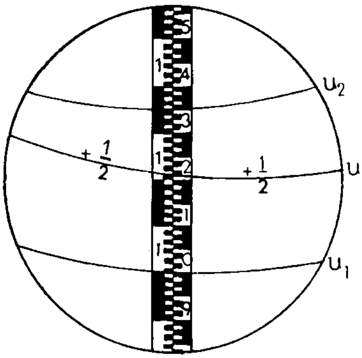
$$A_1A_2 = d \text{ και } Ω_1Ω_2 = \frac{d}{2},$$

όπου d η απόσταση των νημάτων $ν_1$ και $ν_2$ των συνηθισμένων ταχυμέτρων. Τα ενδιάμεσα σημεία $Μ_2$ ορίζονται ούτως, ώστε:

$$M_1M_2 = d \,.\, \text{συν}^2\alpha,$$

όπου α η αντίστοιχη γωνία κλίσεως της σκοπευτικής γραμμής.

Όταν σκοπεύσομε προς το στόχο με τη σκοπευτική γραμμή οριζόντια, το αντίστοιχο τμήμα του στόχου, που περιλαμβάνεται μεταξύ των δύο καμπυλών κ_1 και κ_2, θα ισούται προς το τμήμα D, που θα προέκυπτε, εάν η σκόπευση γινόταν με κοινό ταχύμετρο. Συνεπώς στην περίπτωση αυτή το D εκφράζει την οριζόντια απόσταση.



Σχ. 15.6γ.

Όταν σκοπεύσομε προς το στόχο υπό γωνία α, το αντίστοιχο τμήμα του στόχου, που περιέχεται μεταξύ των δύο καμπυλών κ_1 και κ_2, δηλαδή μεταξύ των σημείων M_1 και M_2, θα ισούται προς D . συν²α. Αλλά η οριζόντια απόσταση L δίνεται από τη σχέση:

$$L = K \,.\, D \,.\, \text{συν}^2\alpha \text{ (σχέση 5, παράγρ. 15.4).}$$

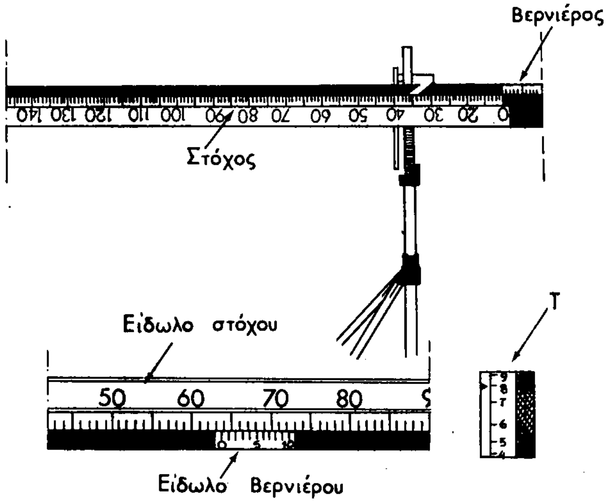
Συνεπώς, εάν K = 100, το αντίστοιχο τμήμα του στόχου σε cm θα μας δίνει την οριζόντια απόσταση σε m.

Στο παράδειγμα του σχήματος 15.6γ το τμήμα, που περιλαμβάνεται μεταξύ των καμπυλών κ_1 και κ_2, ισούται προς 35,5 cm. Άρα η οριζόντια απόσταση L ισούται προς 35,5 m. Το μεσαίο τόξο, όπως θα δούμε κατόπιν στην Ταχυμετρική Αποτύπωση, χρησιμεύει για την άμεση ανάγνωση των υψομετρικών διαφορών. Ας σημειωθεί ότι το τηλεσκόπιο του ταχυμέτρου, που περιγράφομε, δεν αντιστρέφει το είδωλο του στόχου. Συνεπώς οι αριθμοί του στόχου στην περίπτωση αυτή πρέπει να είναι γραμμένοι κανονικά.

3. Αυταναγωγά ταχύμετρα οριζόντιου στόχου.

Τα αυταναγωγά ταχύμετρα διπλής σκοπεύσεως και κατακόρυφου στόχου παρέχουν μικρή ακρίβεια μετρήσεως, περίπου 10 cm ανά 100 m. Αντιθέτως μεγάλη ακρίβεια παρέχουν τα αυταναγωγά ταχύμετρα οριζόντιου στόχου. Στα ταχύμετρα αυτού του είδους ο στόχος δεν τοποθετείται κατακόρυφα, αλλά οριζόντια και μάλιστα κάθετα προς τη σκοπευτική γραμμή. Αφ' ετέρου ο στόχος είναι εφοδιασμένος με ένα σταθερό βερνιέρο, όπως δείχνει το σχήμα 15.6δ.

Χάρη σε μία διάταξη πρισμάτων του τηλεσκοπίου το είδωλο του βερνιέρου δεν σχηματίζεται στην πραγματική του θέση εν σχέσει προς το είδωλο του στόχου, αλλά σε μία άλλη, ώστε ο δείκτης Ο του βερνιέρου να μας δείχνει πάνω στο στόχο την οριζόντια απόσταση, που θέλομε να προσδιορίσομε. (Στο σχήμα 15.6δ π.χ. η οριζόντια απόσταση L είναι 63 m και κάτι). Θα εξηγήσομε αμέσως πώς συμβαίνει αυτό. Η εξήγηση αναφέρεται στον αντιπροσωπευτικό τύπο αυταναγωγού ταχυμέτρου οριζόντιου στόχου: Wild R.D.H.



Σχ. 15.6δ.

Η εκτροπή ϵ_1 του ειδώλου του βερνιέρου οφείλεται στο ότι οι οπτικές ακτίνες, που το σχηματίζουν, εκτρέπονται μέσα στο τηλεσκόπιο κατά την οριζόντια έννοια και υπό γωνία ω (σχ. 15.6ε). Η γωνία ω είναι σταθερή για μια δεδομένη κλίση της σκοπευτικής γραμμής. Μεταβάλλεται όμως αντιστρόφως προς τη γωνία κλίσεως α της σκοπευτικής γραμμής και έτσι ώστε ο λόγος $\frac{εφω}{συνα}$ να είναι σταθερός. Έχομε δηλαδή:

$$\frac{εφω}{συνα} = \frac{1}{K} \qquad (1)$$

Αφ' ετέρου, εάν με L παραστήσομε την οριζόντια απόσταση, που θέλομε να προσδιορίσομε, και με Lκ την αντίστοιχη κεκλιμένη, θα ισχύουν οι σχέσεις:

$$L_K = \frac{L}{συνα} \quad (2) \qquad και\ \epsilon_1 = L_K . εφω \quad (3)$$

Από τις σχέσεις (1), (2) και (3) προκύπτει τελικά:

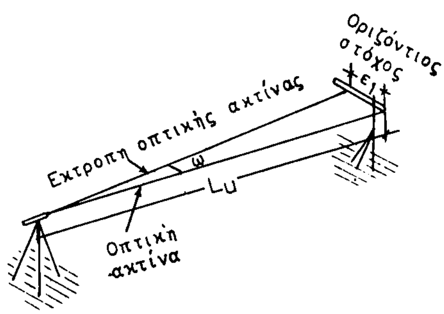
$$\epsilon_1 = \frac{L}{συνα} . εφω = L . \frac{εφω}{συνα} = \frac{L}{K}$$

Από τη σχέση αυτή και όταν Κ = 100, έπεται ότι η εκτροπή του ειδώλου ϵ_1 σε εκατοστά ισούται προς την οριζόντια απόσταση σε μέτρα.

Ας επανέλθομε τώρα στην ανάγνωση της οριζόντιας αποστάσεως πάνω στο στόχο. Εάν κάποια από τις υποδιαιρέσεις του βερνιέρου συμπίπτει ακριβώς με μια υποδιαίρεση του στόχου, τότε δεν κάνομε καμιά άλλη ενέργεια και λέμε ότι η οριζόντια απόσταση ισούται με τόσα μέτρα και τόσα δέκατα του μέτρου, όση είναι η τάξη της υποδιαιρέσεως του βερνιέρου όπου παρουσιάζεται η σύμπτωση. Εάν όμως καμιά από τις υποδιαιρέσεις του βερνιέρου δεν συμπίπτει με κάποια υποδιαίρεση του κυρίως στόχου (όπως συμβαίνει με το σχήμα 15.6δ), τότε περιστρέφομε τον ειδικό κοχλία Τ, που μετακινεί το είδωλο του βερνιέρου, έως ότου επιτύχομε αυτή τη σύμπτωση.

Η πρόσθετη μετακίνηση του ειδώλου του βερνιέρου μετρείται επάνω στην περιφέρεια του κοχλία Τ (σχ. 15.6δ). Κατ' αυτό τον τρόπο προσδιορίζομε την οριζόντια απόσταση με προσέγγιση cm. Στο παράδειγμά μας η οριζόντια απόσταση είναι τελικά 63,58 m.

Με τα αυταναγωγά ταχύμετρα οριζόντιου στόχου επιτυγχάνομε ακρίβεια 1 έως 2 cm ανά 100 m. Βλέπομε δηλαδή ότι το είδος αυτό των ταχυμέτρων μας εξασφαλίζει τον ύψιστο βαθμό ακρίβειας σχετικά με τους προηγούμενους τρόπους μετρήσεως. Εάν τώρα λάβομε υπόψη μας και την ταχύτητα διεξαγωγής της μετρήσεως, συμπεραίνομε ότι η οπτική μέτρηση με αυταναγωγά ταχύμετρα οριζόντιου στόχου παρουσιάζει μεγάλα πλεονεκτήματα. Υστερεί, όπως θα δούμε στο αμέσως επόμενο κεφάλαιο, μόνο αν συγκριθεί με την ηλεκτρονική μέτρηση.



Σχ. 15.6ε.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΕΚΤΟ

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΜΕΤΡΗΣΗ ΟΡΙΖΟΝΤΙΩΝ ΑΠΟΣΤΑΣΕΩΝ

Τα τελευταία χρόνια η ανάπτυξη της Ηλεκτρονικής επέτρεψε την κατασκευή τοπογραφικών οργάνων, που μετρούν την απόσταση δύο σημείων με πολύ μεγαλύτερη ακρίβεια από ό,τι τη μετρούν τα όργανα οπτικής μετρήσεως. Εκτός αυτού στα ηλεκτρονικά όργανα το αποτέλεσμα της μετρήσεως εμφανίζεται γραμμένο πάνω σε κάποια πλάκα, όπως συμβαίνει με τα ηλεκτρονικά ρολόγια ή με τους ηλεκτρονικούς εκτελεστές αριθμητικών πράξεων. Κατ' αυτό τον τρόπο δεν υπάρχει φόβος να κάνει ο χειριστής του οργάνου κάποιο λάθος στην εκτίμηση της αποστάσεως, πράγμα που μπορεί να συμβεί κατά την οπτική μέτρηση.

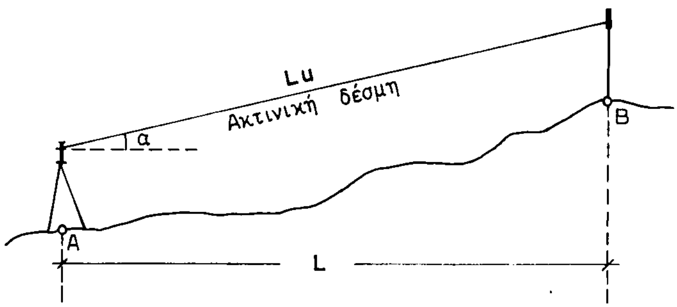
Το πρώτο ηλεκρονικό όργανο για τη μέτρηση αποστάσεων κατασκευάσθηκε το 1950 και είναι το ***γεωδίμετρο*** (ελληνική απόδοση του αγγλικού όρου geodimeter). Η κατασκευή του στηρίχθηκε στην ακριβή γνώση της ταχύτητας του φωτός. Μία δέσμη ορατού φωτός εκπέμπεται από το γεωδίμετρο προς ένα πρισματικό ανακλαστήρα, που την ξαναγυρίζει στην πηγή της. Με κατάλληλο σύστημα μετριέται ο χρόνος από τη στιγμή της εκπομπής της δέσμης έως τη στιγμή της επιστροφής της. Και επειδή είναι γνωστή η ταχύτητα του φωτός το όργανο μας δίνει ***αυτόματα*** την απόσταση μεταξύ γεωδιμέτρου και ανακλαστήρα. Εάν συνεπώς θέλομε να μετρήσομε την απόσταση μεταξύ δύο σημείων, έστω των Α και Β, δεν έχομε παρά να κεντρώσομε το γεωδίμετρο επάνω ακριβώς από το σημείο Α, με τη βοήθεια ενός τρίποδα, και να τοποθετήσομε τον ανακλαστήρα στην κατακόρυφο του Β είτε με ένα τρίποδα είτε με μία απλή ράβδο, που τη μπήγομε στο έδαφος.

Στην ίδια αρχή στηρίχθηκε και η κατασκευή μιας άλλης κατηγορίας ηλεκτρονικών τηλεμέτρων, των ***τελλουρομέτρων*** (tellurometers). Τα τελλουρόμετρα διαφέρουν από τα γεωδίμετρα κατά το ότι αντί φωτός εκπέμπουν μικροκύματα. Επίσης αντί του πρισματικού ανακλαστήρα η επιστροφή των μικροκυμάτων στον πομπό τους γίνεται με κάποιο άλλο βοηθητικό όργανο, που και αυτό χρειάζεται χειριστή. Τέλος χρειάζεται ραδιοτηλεφωνική σύνδεση μεταξύ των χειριστών του κυρίως οργάνου και του βοηθητικού, πράγμα που περιπλέκει κάπως τη μέτρηση.

Τα ηλεκτρονικά τηλέμετρα τελευταίου τύπου αποτελούν εξέλιξη του αρχικού γεωδιμέτρου. Η εξέλιξη συνίσταται στο ότι αντί ορατού φωτός εκπέμπουν υπέρυθρες ακτίνες ή ακτίνες Laser. Τα όργανα αυτά, ιδίως μάλιστα τα δεύτερα, υπερέχουν από τον αρχικό τύπο κατά το ότι η ακτινική δέσμη είναι πολύ λεπτή και ισχυρή με αποτέλεσμα να μην επηρεάζεται από άλλες ακτινοβολίες του περιβάλλοντος. Έτσι παρέχουν ασφαλείς μετρήσεις μεγάλης ακρίβειας. Ένας γνωστός τύπος ηλεκτρονικού, ή καλύτερα ***ηλεκτροοπτικού,*** τηλεμέτρου είναι το Wild DI 10 Distomat.

Γεννιέται τώρα το ερώτημα: Τα ηλεκτροοπτικά τηλέμετρα μας δίνουν την οριζόντια ή την κεκλιμένη απόσταση δύο σημείων;

Τα απλούστερα ηλεκτροοπτικά τηλέμετρα, ή μάλλον τα λιγότερο περίπλοκα, μας δίνουν - όπως είναι φυσικό - την κεκλιμένη απόσταση Lu, αφού αυτή ακριβώς διανύει η ακτινική δέσμη που εκπέμπεται προς τον πρισματικό ανακλαστήρα (σχ. 16). Εμάς όμως μας ενδιαφέρει, όπως εξηγήσαμε στο κεφάλαιο 12, η οριζόντια απόσταση L. Αυτή προκύπτει από τον τύπο $L = Lu \,.\, συνα$, όπου α η γωνία κλίσεως της ακτινικής δέσμης. Για να μετρηθεί η α αρκεί το ηλεκτροοπτικό τηλέμετρο να συνδυασθεί με ένα θεοδόλιχο ακρίβειας. Φυσικά, τηλέμετρο και θεοδόλιχος θα πρέπει να έχουν κατασκευασθεί από το ίδιο εργοστάσιο ώστε να προβλεφθεί ένας τέτοιος συνδυασμός. Όταν με το τηλεσκόπιο του θεοδόλιχου σκοπεύσομε προς το κατάλληλο σημείο του ανακλαστήρα τότε το μεν τηλέμετρο θα μας δώσει - γραμμένη πάνω στην ειδική οθόνη - την κεκλιμένη απόσταση Lu, ενώ στον κατακόρυφο δίσκο του θεοδόλιχου θα διαβάσομε τη γωνία κλίσεως α της ακτινικής δέσμης.



Σχ. 16.

Το ηλεκτροοπτικό τηλέμετρο μετράει την απόσταση Lu με μεγάλη ακρίβεια, ιδίως όταν πρόκειται για μεγάλες αποστάσεις. Μέχρι και 3000 m το λάθος μετρήσεως δεν υπερβαίνει το 1cm. Γιαυτό, όταν θέλομε να μετρήσομε και τη γωνία κλίσεως α, πρέπει να συνδυάσομε το τηλέμετρο με θεοδόλιχο μεγάλης ακρίβειας, ει δε μη θα έχομε μεν ακριβή μέτρηση της κεκλιμένης αποστάσεως, όχι όμως και της οριζόντιας.

Τελευταία έχουν κατασκευασθεί ηλεκτροοπτικά τηλέμετρα που δίνουν κατευθείαν την οριζόντια απόσταση. Τα όργανα αυτά είναι ακόμη πολυπλοκότερα, γιατί εκτός της κεκλιμένης αποστάσεως μετρούν και τη γωνία κλίσεως, επί πλέον δε κάνουν αυτόματα και τον πολλαπλασιασμό $Lu \,.\, συνα$.

Τέλος πρέπει να τονισθεί οτι τα ηλεκτροοπτικά μικρόμετρα είναι πολύ ακριβά όργανα και ότι τα χρησιμοποιούν μόνο μεγάλα τοπογραφικά γραφεία είτε αγοράζοντάς τα είτε - συνηθέστερα - ενοικιάζοντάς τα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΕΒΔΟΜΟ

ΠΡΟΧΕΙΡΗ ΜΕΤΡΗΣΗ ΟΡΙΖΟΝΤΙΩΝ ΑΠΟΣΤΑΣΕΩΝ

17.1 Μέθοδοι μετρήσεως.

Οι 4 βασικές μέθοδοι άμεσης μετρήσεως μηκών, δηλαδή με κανόνες, με μετροταινίες και μετροσύρματα, η οπτική μέθοδος και η ηλεκτρονική εφαρμόζονται, όταν θέλομε να προσδιορίσομε μία οριζόντια απόσταση με μεγάλη ή σχετικά μεγάλη ακρίβεια. Αυτό συμβαίνει, όταν θέλομε να εκτελέσομε με ακρίβεια μια αποτύπωση της επιφάνειας του εδάφους. Όταν όμως αρκεί μία πρόχειρη και χονδροειδής αποτύπωση προσδιορίζομε τις οριζόντιες αποστάσεις με άλλες μεθόδους και άλλα όργανα μετρήσεως.

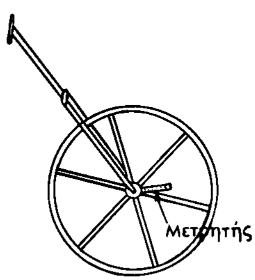
Οι μέθοδοι αυτές μας δίνουν μεν μικρή ακρίβεια, έχουν όμως το πλεονέκτημα ότι η εργασία διεξάγεται ταχύτατα.

Σε όλες τις μεθόδους, που χρησιμοποιούνται για την πρόχειρη μέτρηση, η χάραξη της ευθυγραμμίας γίνεται με πρόχειρα μέσα, λίθους, πασσάλους κλπ. χωρίς δηλαδή τη γνωστή διαδικασία της τοποθετήσεως των ακοντίων. Εξ άλλου σε όλες αυτές τις μεθόδους μετράμε κατευθείαν το ανάπτυγμα της ευθυγραμμίας και από το αποτέλεσμα της μετρήσεως αυτής καταλήγομε όπως θα δούμε στην οριζόντια απόσταση.

Κατωτέρω εξετάζομε τις συνηθέστερες μεθόδους πρόχειρης αλλά ταχείας μετρήσεως οριζοντίων αποστάσεων.

17.2 Μέθοδος του μετρητικού τροχού.

Ο ***μετρητικός τροχός*** είναι ένας κοινός τροχός εφοδιασμένος με ένα μετρητή (σχ. 17.2). Ο μετρητής αυτός μετρά τον αριθμό των στροφών, που κάνει ο τροχός, όταν τον κυλίσομε επάνω στην ευθυγραμμία. Εάν λ είναι ο αριθμός αυτός και μ η

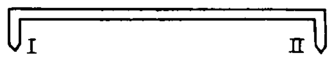


Σχ. 17.2.

περίμετρος του τροχού, τότε το γινόμενο μ.λ θα ισούται προφανώς προς το ανάπτυγμα της ευθυγραμμίας.

17.3 Μέθοδος του διαβήτη εδάφους.

Ο ***διαβήτης εδάφους*** (τον ονομάζομε έτσι για να τον διακρίνομε από το διαβήτη σχεδιάσεως) είναι μία ράβδος με τα άκρα της λυγισμένα σε σχήμα ορθής γωνίας (σχ. 17.3). Για να μετρήσομε μία απόσταση τοποθετούμε το διαβήτη πάνω στην ευθυγραμμία έτσι, ώστε το άκρο του Ι να συμπέσει με την αρχή της ευθυγραμμίας. Έπειτα κρατάμε το άκρο ΙΙ σταθερό πάνω στην ευθυγραμμία και περιστρέφομε το διαβήτη κατά 180°. Το άκρο Ι θα πάρει μία νέα θέση πάνω στην ευθυγραμμία. Κατόπιν στρέφομε το διαβήτη γύρω από το άκρο Ι, έως ότου το ΙΙ πάρει νέα θέση πάνω στην ευθυγραμμία, κ.ο.κ. Κατ' αυτό τον τρόπο μετράμε το ανάπτυγμα της ευθυγραμμίας σε μήκη διαβήτη. Εάν ν είναι ο αντίστοιχος αριθμός και λ το μήκος του διαβήτη το γινόμενο ν.λ θα μας δίνει το ανάπτυγμα της ευθυγραμμίας.



Σχ. 17.3.

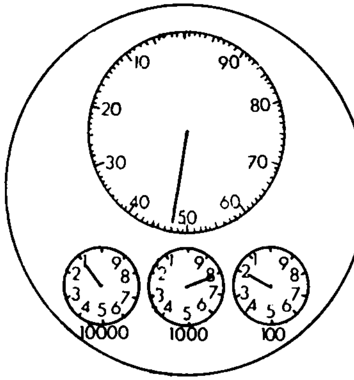
17.4 Μέθοδος του βηματισμου.

Η μέτρηση με τη μέθοδο αυτή μοιάζει με την προηγούμενη με τη διαφορά ότι αντί του ανοίγματος του διαβήτη χρησιμοποιούμε το βήμα μας.

Το βήμα όμως κάθε ανθρώπου δεν έχει σταθερό άνοιγμα στα οριζόντια και στα κεκλιμένα τμήματα του εδάφους. Είναι γνωστό π.χ. ότι, όσο αυξάνει η κλίση του εδάφους, ελαττώνεται το άνοιγμα του βήματός μας. Θα έχομε επίσης παρατηρήσει ότι για την ίδια κλίση το βήμα μας είναι μεγαλύτερο, όταν ανεβαίνομε παρά όταν κατεβαίνομε. Είναι εύκολο για το μετρητή να συντάξει ένα πίνακα, όπου να αναγράφει τα διάφορα ανοίγματα του βήματός του ανά δέκα μοίρες κλίσεως σε ανήφορο και σε κατήφορο. Με βάση τον ατομικό αυτό πίνακα βρίσκει το ανάπτυγμα μιας ευθυγραμμίας πολλαπλασιάζοντας τον αριθμό των βημάτων, τα οποία χρειάζονται για να διανυθεί το τμήμα της ευθυγραμμίας, που έχει ενιαία κλίση, επί το αντίστοιχο μήκος βήματος. Προϋποτίθεται ότι το βήμα του μετρητή είναι κανονικό, δηλαδή ότι βηματίζει ελεύθερα και με κανονικό ρυθμό.

Ένα άλλο ζήτημα, που παρουσιάζεται κατά τη μέτρηση με τη μέθοδο του βηματισμού, είναι και η αρίθμηση των βημάτων. Όταν έχομε μικρές αποστάσεις, η αρίθμηση γίνεται νοερά από το μετρητή. Όταν όμως οι αποστάσεις είναι μεγάλες, τότε διατρέχομε τον κίνδυνο να γίνει κάποιο λάθος. Εάν επιχειρήσομε να επαναλάβομε τη διαδρομή από την αρχή, θα χάσομε πολύτιμο χρόνο. Για να αποφύγομε αυτά χρησιμοποιούμε ένα μηχανικό αριθμητή, το λεγόμενο ***βηματόμετρο.***

Το βηματόμετρο είναι ένα όργανο, που μοιάζει με ρολόι (σχ. 17.4). Έχει ένα μεγάλο δείκτη και 3 - 4 μικρούς, οι οποίοι χάρη σ' ένα ευπαθή μηχανισμό τίθενται σε λειτουργία με την παραμικρή κίνηση προς τα κάτω και ύστερα προς τα πάνω. Ο κάθε δείκτης βρίσκεται σε μια ιδιαίτερη αριθμημένη πλάκα. Η αρίθμηση της μεγά-



Σχ. 17.4.

λης πλάκας δείχνει δεκάδες, της πρώτης από τα δεξιά μικρής πλάκας εκατοντάδες, της δεύτερης χιλιάδες και της τρίτης δεκάδες χιλιάδες. Είναι αρκετό λοιπόν να έχομε το βηματόμετρο μαζύ μας, όταν βηματίζομε, για να τεθεί σε λειτουργία. Η καταγραφή των βημάτων γίνεται ως εξής: Για κάθε βήμα που κάνομε, ο μεγάλος δείκτης προχωρεί κατά μια υποδιαίρεση. Όταν ο μεγάλος δείκτης διαγράψει ένα πλήρη κύκλο, δηλαδή προχωρήσει κατά εκατό υποδιαρέσεις, ο μικρός δείκτης δεξιά προχωρεί κατά μία. Επομένως, όταν ο μεγάλος δείκτης διαγράψει δέκα πλήρεις κύκλους, ο μικρός δείκτης δεξιά θα διαγράψει ένα πλήρη κύκλο και ο μέσος δείκτης θα προχωρήσει κατά μία υποδιαίρεση κ.ο.κ. Μετά τις εξηγήσεις αυτές είναι εύκολο να καθορισθεί ο αριθμός των βημάτων, που κατέγραψε το βηματόμετρο του σχήματος 8.4α. Ο αριθμός αυτός είναι 18.247.

17.5 Αναγωγή στην οριζόντια απόσταση.

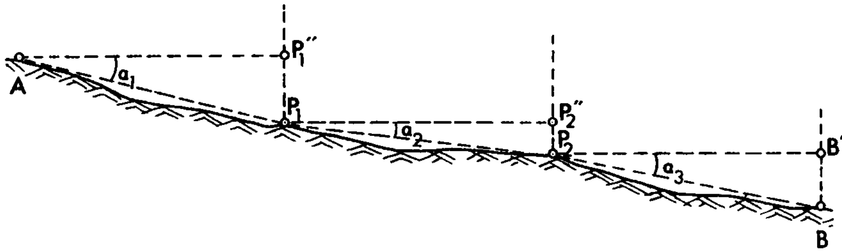
Ας εξετάσομε τώρα πώς από το ανάπτυγμα της ευθυγραμμίας, που υπολογίσαμε με μία από τις τρεις γνωστές μας ήδη μεθόδους, βρίσκομε την οριζόντια απόσταση.

Όταν το έδαφος είναι επίπεδο και σχεδόν οριζόντιο, τότε η οριζόντια απόσταση μπορεί να θεωρηθεί ίση προς το ανάπτυγμα της ευθυγραμμίας.

Όταν το έδαφος είναι μεν επίπεδο, αλλά κεκλιμένο και η κλίση είναι σχεδόν σταθερή σε όλο το μήκος της ευθυγραμμίας, η οριζόντια απόσταση βρίσκεται εάν πολλαπλασιάσομε το ανάπτυγμα της ευθυγραμμίας επί το συνημίτονο της γωνίας κλίσεως. Εάν όμως η κλίση του εδάφους διαφέρει κατά μήκος της ευθυγραμμίας (σχ. 17.5), τότε υποδιαιρούμε την ευθυγραμμία σε μικρότερα τμήματα με την ίδια όμως κλίση.

Το συνολικό μήκος της οριζόντιας αποστάσεως των σημείων Α και Β το βρίσκομε προσθέτοντας τα μερικά μήκη AP_1'', $P_1 P_2''$ κλπ. Ειδικός στην περίπτωση μετρήσεως με βήματα πρέπει να είμαστε περισσότερο προσεκτικοί και να υπολογίζομε διαφορετικό μήκος βήματος για κάθε τμήμα της ευθυγραμμίας, σύμφωνα με όσα είπαμε ήδη.

Η κλίση του εδάφους μετριέται με το γνωστό μας ***κλισίμετρο εδάφους.*** (Βλέπε κεφάλαιο 11).



Σχ. 17.5.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΟΓΔΟΟ

ΕΜΜΕΣΗ ΜΕΤΡΗΣΗ ΟΡΙΖΟΝΤΙΩΝ ΑΠΟΣΤΑΣΕΩΝ

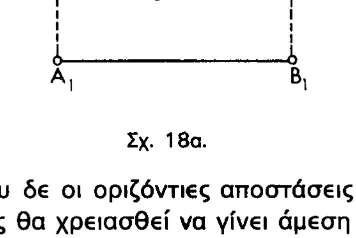
Είπαμε ήδη ότι η έμμεση μέτρηση μιας οριζόντιας αποστάσεως εφαρμόζεται, όταν το έδαφος παρουσιάζει διάφορα εμπόδια, που δεν μας επιτρέπουν να κάνομε άμεση μέτρηση της αποστάσεως αυτής. Είπαμε επίσης ότι κατά την έμμεση μέτρηση φροντίζομε να συσχετίζομε την οριζόντια απόσταση L, που θέλομε να μετρήσομε, με διάφορα άλλα μεγέθη τέτοια, ώστε να μπορούν να μετρηθούν αμέσως· μετράμε τα μεγέθη αυτά και βρίσκομε το L κατόπιν υπολογισμού. Τα μεγέθη με τα οποία συσχετίζεται το L είναι είτε μόνο οριζόντιες αποστάσεις, οπότε η συσχέτιση γίνεται γεωμετρικώς, είτε οριζόντιες αποστάσεις και οριζόντιες γωνίες, οπότε η συσχέτιση γίνεται τριγωνομετρικώς.

Θα εξετάσομε τώρα διάφορες περιπτώσεις, όπου είναι αδύνατο να γίνει άμεση μέτρηση της αποστάσεως L και θα δούμε πώς γίνεται η αντίστοιχη έμμεση μέτρηση με γεωμετρικό ή τριγωνομετρικό τρόπο.

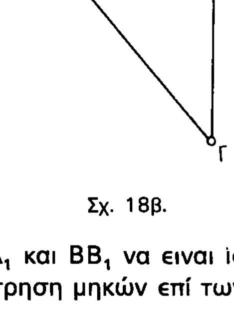
1. Μεταξύ των σημείων Α και Β υπάρχει αμοιβαία ορατότητα (δηλαδή, αν κάποιος σταθεί στο ένα σημείο, έχει τη δυνατότητα να δει το άλλο), ***αλλά μεσολαβεί αδιάβατο έδαφος.*** Εκτός αυτού δεν διαθέτομε ταχύμετρο ώστε να κάνομε οπτική μέτρηση ή διαθέτομε μεν ταχύμετρο, αλλά δεν παρέχει την ακρίβεια που επιθυμούμε.

α) ***Γεωμετρική επίλυση*** (σχ. 18α).

Στα δύο σημεία υψώνομε τις καθέτους AA_1 και BB_1 επί την ευθυγραμμία Α - Β. (Βλέπε κεφάλαιο 5). Στις κάθετες αυτές ορίζομε τα σημεία A_1 και B_1 ούτως ώστε αφ' ενός μεν να είναι δυνατή η άμεση μέτρηση της οριζόντιας αποστάσεως A_1B_1,



Σχ. 18α.



Σχ. 18β.

αφ' ετέρου δε οι οριζόντιες αποστάσεις AA_1 και BB_1 να ειναι ίσες μεταξύ τους. Προφανώς θα χρειασθεί να γίνει άμεση μέτρηση μηκών επί των δύο καθέτων.

Από το ορθογώνιο παραλληλόγραμμο ABB_1A_1 έχομε:

$AB = A_1B_1$. Αντί λοιπόν της οριζόντιας αποστάσεως των σημείων Α και Β μετράμε την οριζόντια απόσταση των σημείων A_1 και B_1.

Άλλος τρόπος έμμεσης μετρήσεως είναι να σχηματίσομε αντί του ορθογώνιου παραλληλόγραμμου ABB_1A_1, το ορθογώνιο τρίγωνο ΑΒΓ (σχ. 18β), οπότε μετράμε τις οριζόντιες αποστάσεις ΒΓ και ΑΓ και με εφαρμογή του Πυθαγορείου θεωρήματος προκύπτει:

$$AB = \sqrt{A\Gamma^2 - B\Gamma^2}$$

β) ***Τριγωνομετρική επίλυση*** (σχ. 18γ).

Ορίζομε το σημείο Γ ούτως, ώστε και να υπάρχει αμοιβαία ορατότητα μεταξύ αυτού και των σημείων Α και Β και να είναι δυνατή η άμεση μέτρηση μιας από τις οριζόντιες αποστάσεις ΑΓ και ΒΓ, έστω της ΒΓ. Κατόπιν μετράμε την οριζόντια απόστασι ΒΓ και τις οριζόντιες γωνίες ΒΑΓ και ΑΓΒ.

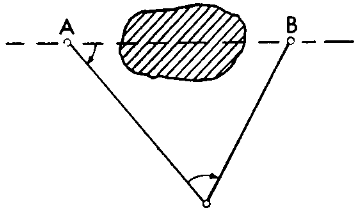
Στο τρίγωνο ΑΒΓ εφαρμόζομε το νόμο του ημιτόνου και έχομε:

$$\frac{AB}{\eta\mu\Gamma} = \frac{B\Gamma}{\eta\mu A}$$

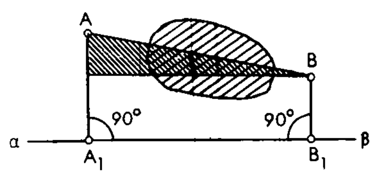
$$\text{Συνεπώς:} \quad AB = \frac{B\Gamma\,\eta\mu\Gamma}{\eta\mu A} \qquad (1)$$

Η σχέση (1) επιλύεται είτε με τους φυσικούς τριγωνομετρικούς αριθμούς ημΑ και ημΓ, τους οποίους βρίσκομε στους σχετικούς πίνακες, είτε με τους λογαρίθμους τους, τους οποίους βρίσκομε στους Λογαριθμικούς Πίνακες. Στη δεύτερη περίπτωση υπολογίζομε το λογάριθμο του μήκους ΑΒ από τη σχέση:

$$\lambda o\gamma AB = \lambda o\gamma B\Gamma + \lambda o\gamma\ \eta\mu\Gamma - \lambda o\gamma\ \eta\mu A$$



Σχ. 18γ.



Σχ. 18δ.

2. Μεταξύ των σημείων Α και Β μεσολαβεί αδιάβατο εδαφος (οπως και στην προηγούμενη περίπτωση 1), αλλά δεν υπάρχει αμοιβαία ορατότητα.

α) ***Γεωμετρική επίλυση*** (σχ. 18δ).

Χαράσσομε επάνω στο έδαφος μία ευθυγραμμία, έστω την α— β. Από τα σημεία Α και Β φέρομε τις κάθετες AA_1 και BB_1 προς την ευθυγραμμία αυτή. Τα σημεία A_1 και B_1 είναι αντιστοίχως οι πόδες των δύο καθέτων.

Έπειτα μετράμε τις οριζόντιες αποστάσεις AA_1, BB_1 και A_1B_1. Από το διαγραμμισμένο ορθογώνιο τρίγωνο του σχήματος θα έχομε:

$$AB = \sqrt{A_1B_1^2 + (AA_1 - BB_1)^2}$$

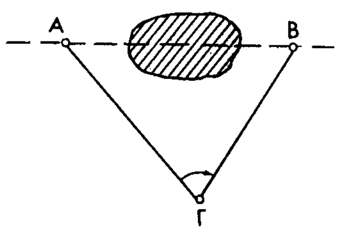
β) ***Τριγωνομετρική επίλυση*** (σχ. 18ε).

Ορίζομε το σημείο Γ ούτως, ώστε να βλέπομε από αυτό και τα δύο σημεία Α και Β. Κατόπιν μετράμε την οριζόντια γωνία ΑΓΒ και τις οριζόντιες αποστάσεις ΑΓ και ΒΓ. Από τη γνωστή τριγωνομετρική σχέση:

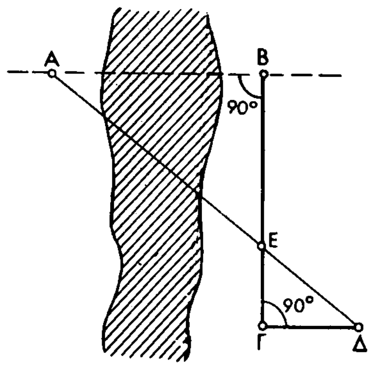
$$AB^2 = A\Gamma^2 + B\Gamma^2 - 2A\Gamma \,.\, B\Gamma \,.\, \text{συν}\Gamma$$

βρίσκομε:

$$AB = \sqrt{A\Gamma^2 + B\Gamma^2 - 2A\Gamma \,.\, B\Gamma \,.\, \text{συν}\Gamma}$$



Σχ. 18ε.



Σχ. 18στ.

3. Μεταξύ των σημείων Α και Β υπάρχει μεν αμοιβαία ορατότητα, μεσολαβεί όμως έδαφος αδιάβατο σε τόσο μεγάλη έκταση, ώστε δεν μπορεί να εφαρμοσθεί η γεωμετρική επίλυση της περιπτώσεως 1. (Επί πλέον δεν έχομε τη δυνατότητα να χρησιμοποιήσομε την οπτική ή ηλεκτρονική μέθοδο).

α) ***Γεωμετρική επίλυση*** (σχ. 18στ).

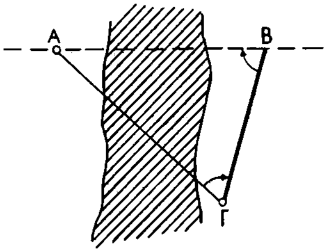
Στο σημείο Β υψώνομε κάθετο προς την ευθυγραμμία Α — Β και επάνω στην κάθετο αυτή ορίζομε τυχόν σημείο Γ. Επίσης στο σημείο Γ υψώνομε κάθετο προς την ευθυγραμμία Β — Γ και επάνω στην κάθετο αυτή ορίζομε το σημείο Δ. Κατόπιν ορίζομε το σημείο τομής των ευθυγραμμιων Α — Δ και Β — Γ, δηλαδή το σημείο Ε, με σκοπεύσεις από το Γ προς το Β και από το Δ προς το Α. Τέλος κάνομε άμεση μέτρηση των οριζοντίων αποστάσεων ΒΕ, ΕΓ και ΓΔ. Επειδή τα σχηματιζόμενα τρίγωνα ΑΒΕ και ΓΔΕ είναι όμοια, θα έχομε:

$$\frac{AB}{\Gamma\Delta} = \frac{BE}{E\Gamma}$$

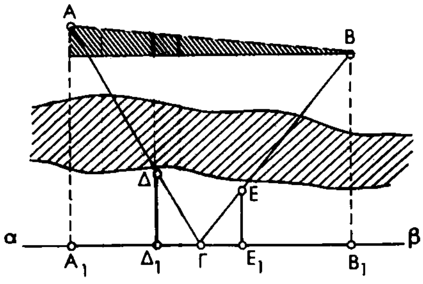
$$\text{Άρα} \quad AB = \frac{BE \,.\, \Gamma\Delta}{E\Gamma}$$

β) ***Τριγωνομετρική επίλυση*** (σχ. 18ζ).

Όπως και στην περίπτωση 1. Αν για κάποιο λόγο δεν είναι εφικτή η μέτρηση της γωνίας ΒΑΓ, τότε μετράμε τη γωνία ΑΓΒ και υπολογίζομε τη ΒΑΓ από τη σχέση: ΒΑΓ + ΑΓΒ + ΓΒΑ = 2 ορθές.



Σχ. 18ζ.



Σχ. 18η.

4. *Τα σημεία Α και Β δεν είναι προσιτά σ' αυτούς που διεξάγουν τη μέτρηση (είναι όμως καλά επισημασμένα).*

α) ***Γεωμετρική επίλυση*** (σχ. 18η).

Χαράσσομε στο έδαφος την ευθυγραμμία α — β και φέρομε από τα σημεία Α και Β τις κάθετες AA_1 και BB_1 επί την ευθυγραμμία αυτή, όπως ακριβώς κάναμε και στην περίπτωση 2. Τώρα όμως δεν μπορούμε να μετρήσομε τις οριζόντιες αποστάσεις AA_1 και BB_1. Ορίζομε λοιπόν το σημείο Γ πάνω στην ευθυγραμμία A_1 — B_1 και έπειτα τα σημεία Δ και Ε πάνω στις ευθυγραμμίες Γ — Α και Γ — Β αντιστοίχως. Τέλος από τα σημεία Δ και Ε φέρομε τις κάθετες $ΔΔ_1$ και EE_1 επί την ευθυγραμμία A_1 — B_1 . Από τα όμοια τρίγωνα $ΓAA_1$ και $ΓΔΔ_1$ θα έχομε:

$$\frac{AA_1}{ΔΔ_1} = \frac{A_1Γ}{Δ_1Γ}$$

$$\text{και} \quad AA_1 = \frac{ΔΔ_1 \,.\, A_1Γ}{Δ_1Γ}.$$

Συνεπώς μπορούμε να υπολογίσομε την AA_1, αρκεί να μετρήσομε τις οριζόντιες αποστάσεις $ΔΔ_1$, $A_1Γ$ και $Δ_1Γ$.

Επίσης από τα όμοια τρίγωνα $ΓBB_1$ και $ΓEE_1$ θα έχομε:

$$\frac{BB_1}{EE_1} = \frac{B_1Γ}{E_1Γ}$$

$$\text{και} \quad BB_1 = \frac{EE_1 \,.\, B_1Γ}{E_1Γ}$$

Συνεπώς υπολογίζομε και τη BB_1, αρκεί να μετρήσομε τις οριζόντιες αποστάσεις EE_1, $B_1Γ$ και $E_1Γ$.

Τελικώς η ΑΒ προκύπτει από τη σχέση:

$$AB = A_1B_1^2 + (AA_1 - BB_1)^2,$$

όπου η μεν A_1B_1 έχει μετρηθεί αμέσως, οι δε AA_1 καί BB_1 έχουν υπολογισθεί.

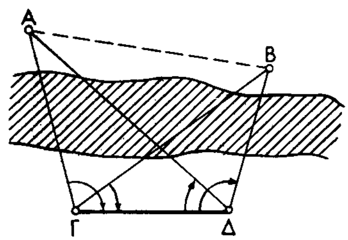
β) ***Τριγωνομετρική επίλυση*** (σχ. 18θ).

Ορίζομε δύο σημεία τα Γ και Δ και μετράμε αφ' ενός μεν τις οριζόντιες γωνίες ΑΓΔ, ΒΓΔ, ΓΔΑ, ΓΔΒ, αφ' ετέρου δε την πλευρά ΓΔ.

Από το τρίγωνο ΑΓΔ θα έχομε:

$$\frac{\text{ΑΔ}}{\text{ημ}\widehat{\text{ΑΓΔ}}} = \frac{\text{ΓΔ}}{\text{ημ}\,[180^\circ - (\widehat{\text{ΑΓΔ}} + \widehat{\text{ΓΔΑ}})]}$$

$$\text{και} \quad \text{ΑΔ} = \frac{\text{ΓΔ}\,.\,\text{ημ}\widehat{\text{ΑΓΔ}}}{\text{ημ}\,[180^\circ - (\widehat{\text{ΑΓΔ}} + \widehat{\text{ΓΔΑ}})]}$$



Σχ. 18θ.

Επίσης από το τρίγωνο ΒΓΔ θα εχομε:

$$\frac{\text{ΒΔ}}{\text{ημ}\widehat{\text{ΒΓΔ}}} = \frac{\text{ΓΔ}}{\text{ημ}\,[180^\circ - (\widehat{\text{ΒΓΔ}} + \widehat{\text{ΓΔΒ}})]}$$

$$\text{και ΒΔ} = \frac{\text{ΓΔ}\,.\,\text{ημ}\widehat{\text{ΒΓΔ}}}{\text{ημ}\,[180^\circ - (\widehat{\text{ΒΓΔ}} + \widehat{\text{ΓΔΒ}})]}$$

Στο τρίγωνο ΑΒΔ γνωρίζομε τη γωνία ΑΔΒ από άμεση μέτρηση και τις πλευρές ΑΔ και ΒΔ από υπολογισμό. Άρα είναι δυνατό να υπολογίσομε και τη ζητούμενη πλευρά ΑΒ από τη σχέση:

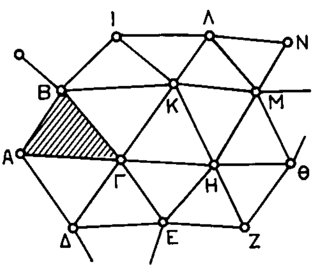
$$\text{ΑΒ} = \sqrt{\text{ΑΔ}^2 + \text{ΒΔ}^2 + 2\text{ΑΔ}.\text{ΒΔ}.\text{συν}\,\widehat{\text{ΑΔΒ}}}$$

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

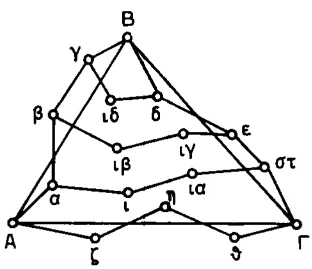
ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΓΗΠΕΔΩΝ

1. Οριζόντια αποτύπωση περιοχής (Βλ. Παράγρ. 0.6).

Οι τοπογραφικές εργασίες που κάνομε για να αποτυπώσομε κάποια περιοχή του εδάφους εξαρτώνται από την εκτασή της. Αν η περιοχή είναι πολύ μεγάλη, λ.χ. έχει διαστάσεις 20 χλμ επί 20 χλμ, τότε την καλύπτομε με ένα δίκτυο τριγώνων, όπως δείχνει το σχήμα 1, με μήκη πλευρών από 1000 έως 3000 μ, αναλόγως με τη μορφή του εδάφους, και με κορυφές κάθε τριγώνου ορατές μεταξύ τους (γι αυτό τις διαλέγομε να είναι κορυφές λόφων η βουνών). Το δίκτυο των τριγώνων ονομάζεται ***τριγωνομετρικό δίκτυο,*** οι κορυφές των τριγώνων ονομάζονται ***τριγωνομετρικά σημεία*** και οι εργασίες που χρειάζονται για να προσδιορισθούν τα τριγωνομετρικά σημεία στο έδαφος και να σχεδιασθούν οι οριζόντιες προβολές τους σε κάποιο σχέδιο απαρτίζουν το μέρος της Οριζοντίας Αποτυπώσεως που λέγεται ***Τριγωνισμός.***



Σχ. 1.



Σχ. 2.

Επειδή το τριγωνομετρικό δίκτυο είναι πολύ αραιό, για να αποτυπώσομε τις οριζόντιες προβολές των λεπτομερειών του κάθε τριγώνου, το καλύπτομε με ένα νέο δίκτυο από τεθλαμένες γραμμές, όπως δείχνει το σχήμα 2. Το νέο αυτό δίκτυο ονομάζεται ***πολυγωνομετρικό,*** οι κορυφές των τεθλασμένων γραμμών ονομάζονται ***πολυγωνομετρικά σημεία*** και οι εργασίες που χρειάζονται για να προσδιορισθούν τα τριγωνομετρικά σημεία στο έδαφος και να σχεδιασθούν οι οριζόντιες προβολές τους σε κάποιο σχέδιο απαρτίζουν το μέρος της Οριζοντίας Αποτυπώσεως που λέγεται ***Πολυγωνομετρία.*** Με την Πολυγωνομετρία αποτυπώνομε και κάθε εδαφική περιοχή που δεν υπερβαίνει την έκταση ενός τριγώνου του τριγωνομετρικού δικτύου (λ.χ. 2 χλμ επί 2 χλμ).

Τέλος για τις ακόμα πιο μικρές λεπτομέρειες που μεσολαβούν μεταξύ των τεθλασμένων γραμμών του πολυγωνομετρικού δικτύου (των ***πολυγωνομετρικών οδεύσεων,*** όπως ονομάζονται), χρησιμοποιούμε όργανα και μεθόδους που διδάσκει η ***Γηπεδομετρία,*** δηλαδή το μέρος εκείνο της Τοπογραφίας που ασχολείται με την οριζόντια αποτύπωση ***γηπέδων*** (των πιο μικρών εδαφικών περιοχών που συναντάμε στην πράξη).

2. Κλίμακα σχεδιάσεως.

Το να αποτυπώσομε μια ομάδα σημείων της επιφάνειας του εδάφους δεν σημαίνει τίποτε άλλο παρά να συντάξομε ένα σχέδιο, όπου να εμφανίζονται τα σημεία αυτά. Η αποτύπωση είναι ακριβής, όταν η εικόνα, που παρουσιάζουν τα σημεία επάνω στο σχέδιο, είναι όμοια εντελώς με την εικόνα, που παρουσιάζουν οι οριζόντιες προβολές τους επάνω στο επίπεδο του ορίζοντα. Έτσι, αν πρόκειται να αποτυπώσομε τα σημεία Α, Β, Γ, Δ, Ε και Ζ του εδάφους, πρέπει το πολύγωνο ΑΒΓΔΕΖ, που σχηματίζεται στο σχέδιο, να είναι όμοιο (με τη γεωμετρική σημασία της λέξεως) προς το πολύγωνο Α΄ Β΄ Γ΄ Δ΄ Ε΄ Ζ΄, που σχηματίζεται στο επίπεδο του ορίζοντα. Συνεπώς θα έχομε αφ' ενός μεν ισότητα των γωνιών των δύο πολυγώνων, αφ' ετέρου δε αναλογία πλευρών και διαγωνίων. Η αναλογία αυτή εκφράζεται με την πολλαπλή ισότητα:

$$\frac{AB}{A'B'} = \frac{B\Gamma}{B'\Gamma'} = \frac{\Gamma\Delta}{\Gamma'\Delta'} = \ldots = \frac{A\Gamma}{A'\Gamma'} = \frac{A\Delta}{A'\Delta'} = \ldots = \frac{B\Delta}{B'\Delta'} = \frac{BE}{B'E'} \ldots$$

κλπ. Και η πολλαπλή αυτή ισότητα μπορεί να διατυπωθεί ως εξής:

Η απόσταση δυο σημείων επάνω στο χαρτί σχεδιάσεως έχει σταθερό λόγο προς την οριζόντια απόσταση των αντιστοίχων σημείων της επιφάνειας του εδάφους.

Ο σταθερός λόγος αυτός ονομάζεται ***κλίμακα σχεδιάσεως.***

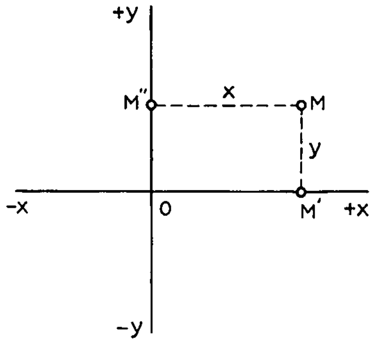
Όταν ο σταθερός λόγος των δύο αποστάσεων ισούται με 1/1000, τότε η κλίμακα σχεδιάσεως εκφράζεται με το συμβολισμό 1: 1000. Ανάλογα έχομε τις κλίμακες 1:2000, 1:5000, 1:10.000 κ.ο.κ. ή 1:500, 1:100, 1:50 κ.ο.κ. Όσο ο παρονομαστής του αντίστοιχου κλάσματος μικραίνει, τόσο το κλάσμα, δηλαδή η κλίμακα μεγαλώνει. Και αντίστροφα, όσο ο παρονομαστής μεγαλώνει, τόσο η κλίμακα μικραίνει. Μεγάλες είναι οι κλίμακες 1:50, 1:10 κλπ. Μικρές είναι οι κλίμακες 1:20.000, 1:50.000, 1:100.000 κλπ.

3. Σύνταξη σχεδίου.

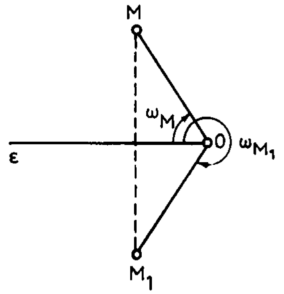
Για να γίνει η οριζόντια αποτύπωση μιάς περιοχής του εδάφους, ήτοι για να τοποθετηθούν οι ορθές προβολές των διαφόρων σημείων της επάνω σε ένα σχέδιο, προσδιορίζομε τις συντεταγμένες αυτών των ορθών προβολών είτε ως προς κάποιο σύστημα ορθογωνίων αξόνων —x, O, + x και — y, O + y (ορθογώνιες συντεταγμένες), είτε ως προς κάποια ημιευθεία εO (πολικές συντεταγμένες).

Έστω το σύστημα ορθογωνίων αξόνων —x, O, + x και — y, O, + y και το σημείο Μ (σχ. 3). Ονομάζομε ορθογώνιες συντεταγμένες x και y του σημείου Μ τις αποστάσεις του ΜΜ΄ και ΜΜ΄΄ από τους άξονες —x, O, + x και —y, O, + y αντιστοίχως.

Εάν το σημείο Μ βρίσκεται μέσα στη γωνία των θετικών ημιαξόνων +y, O, + x, τότε, επειδή $M''M = Om' = x$ και $M'M = OM'' = y$, έπεται ότι οι συντεταγμένες του Μ θα είναι και οι δύο θετικές. Καταναλογίαν συμπεραίνομε ότι: εάν το σημείο Μ βρίσκεται μέσα στη γωνία των ημιαξόνων —x, O, + y, θα έχει θετική ***τεταγμένη***



Σχ. 3.



Σχ. 4.

y και αρνητική ***τετμημένη*** x· εάν βρίσκεται μέσα στη γωνία —x, O, —y, θα έχει και τις δυο συντεταγμένες αρνητικές και τέλος εάν βρίσκεται μέσα στη γωνία, —y, O, +x, θα έχει θετική τετμημένη x και αρνητική τεταγμένη y.

Ύστερα από αυτά δεν έχομε παρά να προσδιορίσομε ένα ζεύγος ορθογωνίων αξόνων στο έδαφος (αρκεί προς τούτο να προσδιορίσομε τον ημιάξονα O, + x) και να μετρήσομε τις αποστάσεις OM′ = x και MM′ = y (αρκεί προς τούτο να προσδιορίσομε με το ορθόγωνο τον πόδα της καθέτου MM′). Για την τοποθέτηση του σημείου M επάνω στο σχέδιο θα λάβομε υπόψη το πρόσημο των δύο συντεταγμένων και φυσικά την κλίμακα σχεδιάσεως.

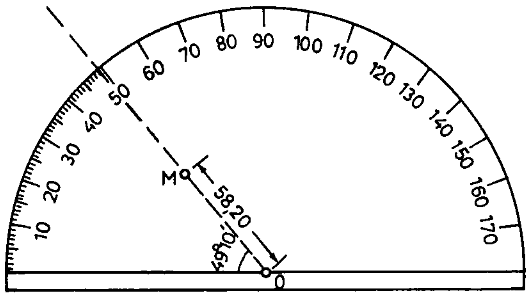
Παράδειγμα: Έστω ότι κατά τη μέτρηση επάνω στο έδαφος βρήκαμε OM′ = 54,30 m και M′M = 32,50 m. Εάν η κλίμακα σχεδιάσεων είναι 1:500, τότε τα αντίστοιχα x και y θα είναι x = + 108,60 mm και y = + 65 mm. Στη συνέχεια προσδιορίζομε τα M′ και M″ επάνω στο σχέδιο μετρώντας τις αποστάσεις OM′ και M′M με το υποδεκάμετρο και υψώνοντας την κάθετο επί τον ημιάξονα O, + x με το ορθογωενιο τρίγωνο.

Έστω τώρα η ημιευθεία εO (σχ. 4). Ονομάζομε ***πολικές συντεταγμένες*** του σημείου M ως προς την ευθεία εO, αφενός μεν την απόσταση MO κι αφετέρου τη γωνία εOM = ω, ήτοι τη γωνία που διαγράφει ***η πολική ακτίνα*** εO όταν περιστραφεί γύρω από τον πόλο και από αριστερά προς τα δεξιά. Από το σχήμα 4 φαίνεται εύκολα ότι η γωνία ω_1 του σημείου M_1 (συμμετρικού του M ως προς εO) ισούται με 360°—ω.

Όσο για την οριζόντια αποτύπωση του σημείου M αρκεί να μετρήσομε επάνω στο έδαφος την απόσταση MO με τη μετροταινία και τη γωνία ω με το θεοδόλιχο (ή το ταχύμετρο) και να μεταφέρομε στο σχέδιο τόσο τη γωνιά ω με το ***μοιρογνωμόνιο*** (ή το βαθμογνωμόνιο αν ο θεοδόλιχος μετράει σε βαθμούς) όσο και την απόσταση OM με το υποδεκάμετρο.

Παράδειγμα.

Έστω ότι οι πολικές συντεταγμένες του σημείου M είναι ω = 49° 10′ και *l* = 58,20m και ότι η κλίμακα σχεδιάσεως είναι 1:1000. Για να μεταφέρομε τη γωνία ω στο σχέδιο, τοποθετούμε το μοιρογνωμόνιο με τέτοιο τρόπο, ώστε το κέντρο του να συμπέσει με την κορυφή O και η ακτίνα, που αντιστοιχεί στην υποδιαίρεση μηδέν του μοιρογνωμόνιου, να συμπέσει με την πλευρά εO. Κατόπιν σημειώνομε με το μολύβι μας, στο χαρτί σχεδιάσεως, το σημείο που αντιστοιχεί στο $^1/_6$ του τό-

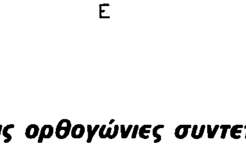


Σχ. 5.

ξου μεταξύ των υποδιαιρέσεων 49 και 50 της ημιπεριφέρειας του μοιρογνωμόνιου. Ενώνομε το σημείο αυτό με την κορυφή Ο και μετρούμε το τμήμα ΜΟ ίσο με 58,20 mm. Έτσι ορίζομε τη θέση του σημείου Μ (σχ. 5).

4. *Αποτύπωση γηπέδων με γεωμετρικές κατασκευές (Μέθοδος γεωμετρικών κατασκευών).*

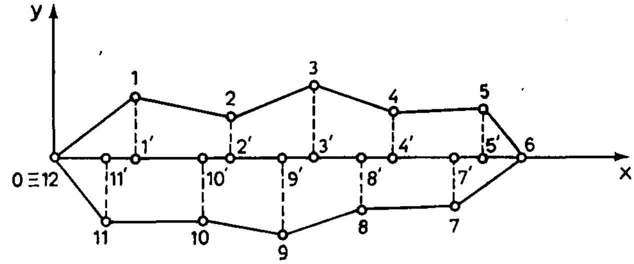
Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται, όταν θέλομε να αποτυπώσομε μικρά γήπεδα, που έχουν μικρό αριθμό πλευρών. Ένα τέτοιο γήπεδο είναι το πεντάγωνο ΑΒΓΔΕ, που εικονίζεται στο σχήμα 6. Μετρούμε επάνω στο έδαφος όλες τις πλευρές καθώς και όλες τις διαγώνιες του γηπέδου. Κατόπιν, με βάση τις πλευρές και τις 2 από τις 4 διαγώνιες, π.χ. τις ΑΓ και ΑΔ, σχεδιάζομε το γήπεδο κατασκευάζοντας τα παρακείμενα τρίγωνα ΑΒΓ, ΑΓΔ και ΑΔΕ. Στη συνέχεια, και με βάση τις υπόλοιπες διαγώνιες, ελέγχομε την ακρίβεια τόσο των μετρήσεων, όσο και των γεωμετρικών κατασκευών. Εννοείται ότι η αναγωγή των μηκών που μετρήσαμε επάνω στο έδαφος, στα μήκη που μετρούμε επάνω στο σχέδιο, γίνεται με βάση την κλίμακα σχεδιάσεως.



5. *Αποτύπωση γηπέδων με τις ορθογώνιες συντεταγμένες (Μέθοδος ορθογωνίων συντεταγμένων).*

Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται όταν το γήπεδο, που θέλομε να αποτυπώσομε, είναι μακρουλό και έχει πολλές πλευρές (σχ. 7).

Διαλέγομε μία από τις διαγώνιες του γηπέδου, κατά προτίμηση τη μεγαλύτερη,

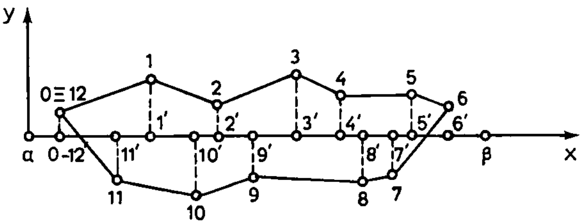


Σχ. 7.

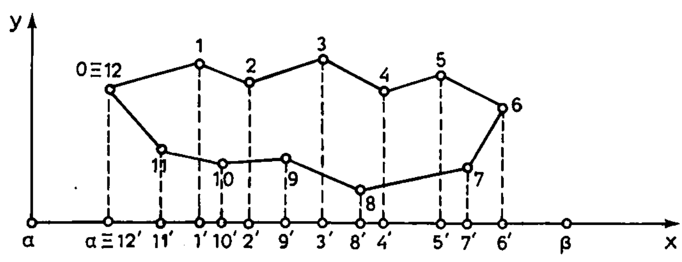
και συσχετίζομε ως προς τη διαγώνια αυτή τις κορυφές του γηπέδου με τις ορθογώνιες συντεταγμένες τους. Δηλαδή η κορυφή 1 συσχετίζεται με τις συντεταγμένες $x_1 = 0–1'$, και $y_1 = 1–1'$, η κορυφή 2 με τις συντεταγμένες $x_2 = 0–2'$ και $y_2 = 2–2'$, κ.ο.κ.

Μετρούμε τις συντεταγμένες επάνω στο έδαφος και καθορίζομε τις κορυφές του γηπέδου επάνω στο σχέδιο ακολουθώντας τη διαδικασία που αναφέραμε στην παράγραφο 3.

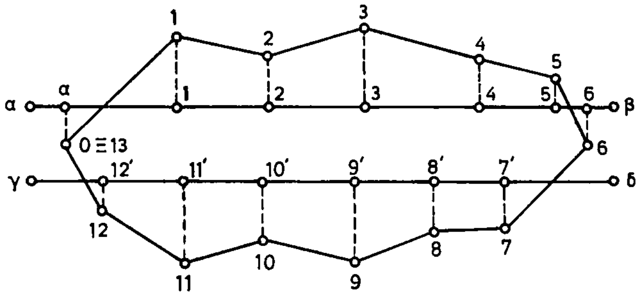
Είναι δυνατόν επίσης αντί για τη διαγώνια 0-6 να θεωρήσομε σαν άξονα συσχετίσεως των κορυφών του γηπέδου μία τυχούσα ευθυγραμμία α-β, που ενδέχεται να τέμνει (σχ. 8) ή να μην τέμνει (σχ. 9) το γήπεδο. Για την αποτύπωση και στις περιπτώσεις αυτές ακολουθούμε την ίδια διαδικασία, όπως και στην πρώτη περίπτωση.



Σχ. 8.



Σχ. 9.

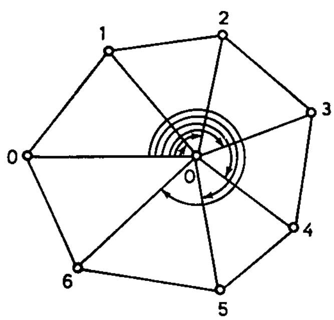


Σχ. 10.

Και στις τρεις περιπτώσεις αποτυπώσεως το ***μέγιστο μήκος καθέτων, που φέρομε από τις κορυφές των γηπέδων προς τον άξονα x, δηλαδή το μέγιστο μήκος των τεταγμένων y, δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 25 ως 30 m,*** ειδεμή η χάραξη των καθέτων θα είναι ανακριβής. Για να πετύχομε αυτό τον περιορισμό χρησιμοποιούμε, αντί για μία, δύο ευθυγραμμίες, παράλληλες μεταξύ τους, π.χ. τις α-β και γ-δ (σχ. 10), οπότε οι μεν κορυφές 0, 1, 2, 3, 4, 5 και 6 συσχετίζονται ως προς την α-β, οι δε κορυφές 7, 8, 9, 10, 11 και 12 ως προς τη γ-δ.

6. Αποτύπωση γηπέδων με τις πολικές συντεταγμένες (Μέθοδος πολικών συντεταγμένων).

Αν το σχήμα και η έκταση του γηπέδου δεν μας επιτρέπουν να αναχθούμε σε μία από τις τρεις προηγούμενες περιπτώσεις ή αν το έδαφος του γηπέδου είναι ανώμαλο, τότε εφαρμόζομε τη μέθοδο των πολικών συντεταγμένων. Κατά την εφαρμογή αυτής της μεθόδου διαλέγομε τον πόλο συσχετίσεως κοντά στο κέντρο του γηπέδου και έτσι, ώστε να βλέπομε από εκεί όλες τις κορυφές του. Σαν πολική ακτίνα μπορούμε να θεωρήσομε μία από τις ευθείες, που ενώνουν τον πόλο με τις κορυφές του γηπέδου. Στο σχήμα 11 πολική ακτίνα είναι η ευθεία ο-0. Είναι φανερό και εδώ ότι η μέγιστη απόσταση των κορυφών του γηπέδου από τον πόλο συσχετίσεως δεν πρέπει να υπερβαίνει την απόσταση ευκρινούς οράσεως του θεο-

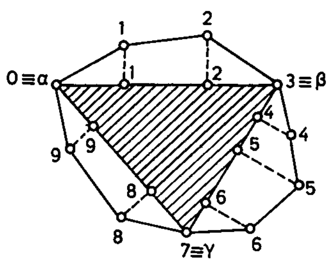


Σχ. 11.

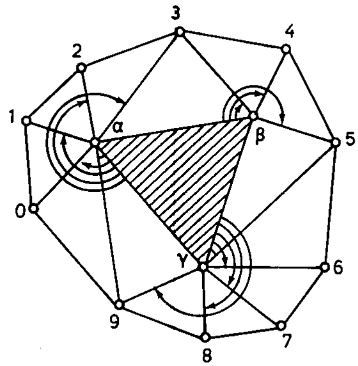
δόλιχου. Για την αποτύπωση εργαζόμαστε σύμφωνα με όσα είπαμε στην παράγραφο 3.

7. Μικτή μέθοδος αποτυπώσεως.

Αν το γήπεδο που θέλομε να αποτυπώσομε είναι πολύ μεγάλο, τότε επιδιώκομε να σχηματίσομε ένα εσωτερικό πολύγωνο συσχετίσεως, όπως το τρίγωνο α-β-γ στα σχήματα 12 και 13, ως προς το οποίο συσχετίζομε τα όρια του γηπέδου.



Σχ. 12.



Σχ. 13.

Το εσωτερικό αυτό πολύγωνο μπορούμε να το αποτυπώσομε με τη μέθοδο των γεωμετρικών κατασκευών. Όσο για τις κορυφές του γηπέδου, τις αποτυπώνομε, ανάλογα με τη μορφή του, είτε με τη μέθοδο των ορθογωνίων συντεταγμένων (σχ. 12), οπότε οι πλευρές του εσωτερικού πολυγώνου χρησιμεύουν σαν άξονες συσχετίσεως, είτε με τη μέθοδο των πολικών συντεταγμένων (σχ. 13), οπότε οι κορυφές του εσωτερικού πολυγώνου χρησιμεύουν σαν πόλοι συσχετίσεως.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

Κατακορύφωση ευθείας

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

Οριζοντίωση ευθείας και επιπέδου

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

Σήμανση, επισήμανση, εξασφάλιση σημείου

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

Χάραξη ευθυγραμμίας

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ

Χάραξη καθέτων ευθειών ή ορθών γωνιών

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΚΤΟ

Μέτρηση οριζοντίων γωνιών — Γενικότητες

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΒΔΟΜΟ

Μέτρηση οριζοντίων γωνιών με το θεοδόλιχο

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΟΓΔΟΟ

Μέτρηση οριζοντίων γωνιών με τη γωνιομετρική πυξίδα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΝΑΤΟ

Μέτρηση κατακορύφων γωνιών — Γενικότητες

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ

Μέτρηση κατακορύφων γωνιών με το θεοδόλιχο

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΝΔΕΚΑΤΟ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΩΔΕΚΑΤΟ

Μέτρηση οριζοντίων αποστάσεων – Γενικότητες

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΤΡΙΤΟ

Μέτρηση οριζοντίων αποστάσεων με κανόνες

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

Μέτρηση οριζοντίων αποστάσεων με μετροταινίες και μετροσύρματα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΠΕΜΠΤΟ

Οπτική μέτρηση οριζοντίων αποστάσεων

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΕΚΤΟ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΕΒΔΟΜΟ

Πρόχειρη μέτρηση οριζοντίων αποστάσεων

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΟΓΔΟΟ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ