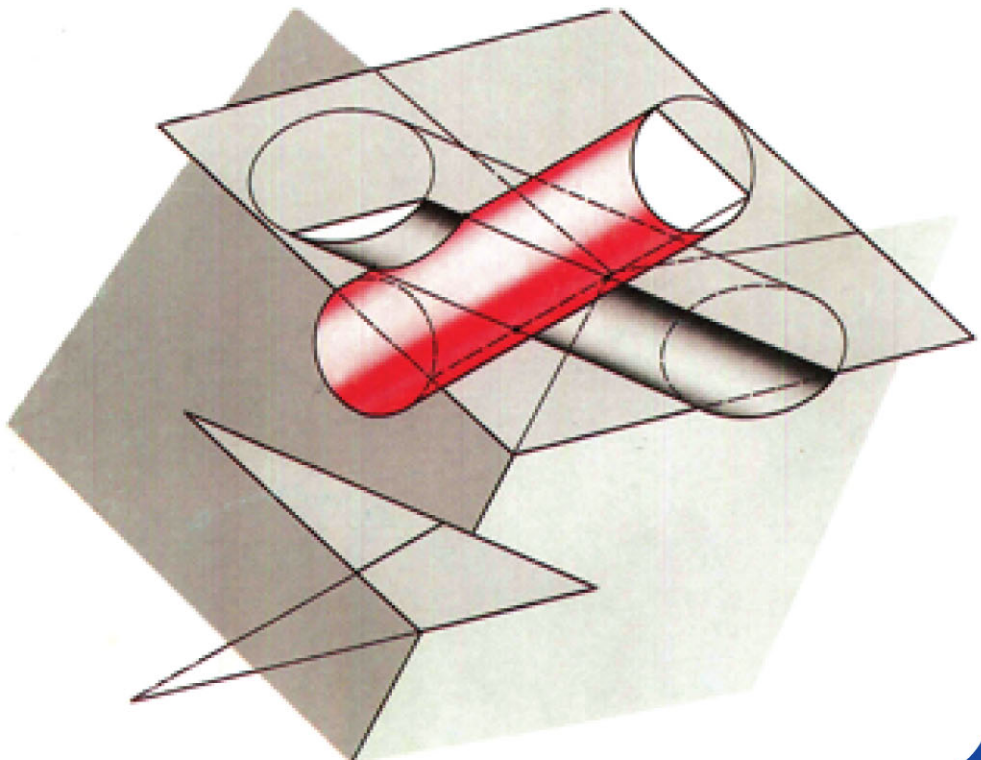


# ΤΕΧΝΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ

Αριστεΐδη Δειμζή

ΠΟΛ. ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ - Τ. ΕΠΙΜ. Ε.Μ.Π.





1954

ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ  
ΧΡΥΣΟΥΝ ΜΕΤΑΛΛΙΟΝ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ



Α΄ ΕΚΔΟΣΗ 1977

Β΄ ΕΚΔΟΣΗ 1985

Γ΄ ΕΚΔΟΣΗ 1998

## 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. Σίμων, σύμφωνα με την επιθυμία του διαθέτη. Το έργο του Ιδρύματος συνεχίζει από το 1981 ο κ. Νικόλαος Βερονίκος - 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 πρώτη 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 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 αριότητα 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 ομοίμορφη 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 εκπαίδευσης. Η γλωσσική επεξεργασία των βιβλίων ανατίθεται σε φιλόλογους 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 καλαισθητή 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 θέσει στη διάθεση του Κράτους όλη αυτή την πείρα 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

## ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΕΚΔΟΣΕΩΝ ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

**Μιχαήλ Αγγελόπουλος**, καθηγητής ΕΜΠ, Πρόεδρος.

**Αλέξανδρος Σταυρόπουλος**, καθηγητής Πανεπιστημίου Πειραιώς, Αντιπρόεδρος.

**Ιωάννης Τεγόπουλος**, καθηγητής ΕΜΠ.

**Σταμάτης Παλαιοκρασάς**, Ηλεκτρολόγος Μηχανικός, Σύμβουλος Παιδαγωγικού Ινστιτούτου.

**Χρήστος Σιγάλας**, Δ/ντής Σπ. Δευτ. Εκπαίδευσης ΥΠΕΠΘ.

Σύμβουλος εκδόσεων του Ιδρύματος **Κων. Α. Μανάφης**, καθηγ. Φιλ. Σχολής Παν/μίου Αθηνών.

Γραμματέας της Επιτροπής, **Γεώργιος Ανδρεάκος**.

### Διατελέσαντα μέλη ή σύμβουλοι της Επιτροπής

Γεώργιος Κακριδής (1955-1959) Καθηγητής ΕΜΠ, Άγγελος Καλογεράς (1957-1970) Καθηγητής ΕΜΠ, Δημήτριος Νιάνιαν (1957-1965) Καθηγητής ΕΜΠ, Μιχαήλ Σπετσιέρης (1956-1959), Νικόλαος Βασιώτης (1960-1967), Θεόδωρος Κουζέλης (1968-1976) Μηχ. Ηλ. ΕΜΠ, Παναγιώτης Χατζηιωάννου (1977-1982) Μηχ. Ηλ. ΕΜΠ, Αλέξανδρος Ι. Παππάς (1955-1983) Καθηγητής ΕΜΠ, Χρυσόστομος Καβουνίδης (1955-1984) Μηχ. Ηλ. ΕΜΠ, Γεώργιος Ρούσσος (1970-1987) Χημ.-Μηχ. ΕΜΠ, Δρ. Θεοδόσιος Παπαθεοδοσίου (1982-1984) Δ/ντής Σπουδών Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης ΥΠΕΠΘ, Ιγνάτιος Χατζηευστρατίου (1985-1988) Μηχανολόγος, Δ/ντής Σπουδών Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης ΥΠΕΠΘ, Γεώργιος Σταματίου (1988-1990) Ηλεκτρολόγος ΕΜΠ, Δ/ντής Σπουδών Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης ΥΠΕΠΘ, Σωτ. Γλαβιάς (1989-1993) Φιλολόγος, Δ/ντής Σπουδών Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης ΥΠΕΠΘ, Εμ. Τρανούδης (1993-1996) Δ/ντής Σπ. Δευτ. Εκπαίδευσης ΥΠΕΠΘ.



# ΣΧΕΔΙΟ

ΑΡΙΣΤΕΙΔΗ ΔΕΪΜΕΖΗ  
ΠΟΛ. ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ – Τ. ΕΠΙΜ. Ε.Μ.Π.

ΑΘΗΝΑ  
1998



## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το σχέδιο είναι η γλώσσα του τεχνικού. Ο τεχνικός, σε όποιον κλάδο και στάθμη και αν ανήκει, ασχολείται με τα τεχνικά έργα, δηλαδή με τις ανθρώπινες κατασκευές. Από τους τεχνικούς άλλοι εμπνέονται και μελετούν τα τεχνικά έργα και άλλοι τα εκτελούν, επειδή είναι σχεδόν αδύνατο σήμερα ο ίδιος άνθρωπος να εμπνευστεί ένα τεχνικό έργο και να το εκτελέσει σύμφωνα με την έμπνευσή του. Για να μπορέσουν λοιπόν να συνεννοηθούν ο εμπνευστής ενός έργου με τον εκτελεστή του χρησιμοποιούν το σχέδιο, δηλαδή μεταφράζεται η έμπνευση σε σχέδιο, ώστε να μπορέσει να πραγματοποιηθεί το έργο σύμφωνα με αυτήν. Έτσι δίνεται και η ευκαιρία να ελέγχεται και να βελτιώνεται η έμπνευση πριν από την κατασκευή.

Το σχέδιο είναι η εικόνα του έργου, κάτι σαν τη φωτογραφία του. Εδώ όμως αρχίζουν οι δυσκολίες. Το έργο έχει τρεις διαστάσεις: μήκος, πλάτος και ύψος, ενώ το σχέδιο, που γίνεται επάνω στο χαρτί, έχει μόνο δύο διαστάσεις, δεν μπορεί λοιπόν να είναι όμοιο με το έργο που παριστάνει. Για το λόγο αυτό υπάρχουν κανόνες, που καθορίζουν τη σχέση του έργου με το σχέδιό του, ώστε να μην δημιουργούνται αμφιβολίες. Έτσι οποιοσδήποτε τεχνικός εκτελέσει μια κατασκευή σύμφωνα με το σχέδιό της, θα την κάνει ακριβώς, όπως τη θέλησε αυτός που τη σχεδίασε.

Οι κανόνες, που καθορίζουν τη σχέση του σχεδίου με το αντικείμενο που παριστάνει, διδάσκονται στο μάθημα της Παραστατικής Γεωμετρίας. Μερικά στοιχεία αυτού του κλάδου των Μαθηματικών περιέχονται και στο βιβλίο αυτό. Πριν όμως φθάσουμε στα σχετικά κεφάλαια, χρειάζεται να γνωρίσουμε τα υλικά και τα μέσα σχεδιάσεως και να ξαναθυμηθούμε από την Επιπεδομετρία μερικές κατασκευές, που χρησιμοποιούνται πολύ συχνά στα τεχνικά σχέδια.

Στα τελευταία χρόνια σημειώθηκε μια νέα επανάσταση στην τεχνολογία με την εφαρμογή των ηλεκτρονικών υπολογιστών. Η επανάσταση αυτή δεν ήταν δυνατόν να μην επηρεάσει και το Τεχνικό Σχέδιο. Έτσι μπορούμε σήμερα να σχηματίσουμε και να βελτιώσουμε ένα σχέδιο επάνω σε μια γυάλινη οθόνη σύμφωνα με τις οδηγίες, που δίνουμε σε έναν υπολογιστή και

έπειτα, αφού δώσουμε την κατάλληλη εντολή, να το σχεδιάσουμε αυτόματα στο χαρτί. Θα μπορούσε λοιπόν να υποστηρίξει κάποιος, πως σε λίγα χρόνια η σχεδίαση με τις σημερινές μεθόδους θα ανήκει πια στην ιστορία και ένα σημαντικό μέρος από όσα περιλαμβάνει αυτό το βιβλίο θα είναι άχρηστα. Αλλά και τότε ακόμα σχέδια θα υπάρχουν, η σύνθεσή τους θα ακολουθεί τους ίδιους μαθηματικούς κανόνες και κάθε τεχνικός θα είναι και τότε υποχρεωμένος να τα χρησιμοποιεί, θα πρέπει λοιπόν να είναι ικανός και να τα διαβάζει. Το συμπέρασμα είναι ότι το μεγαλύτερο μέρος των γνώσεων, που προσφέρει αυτό το μάθημα, θα είναι και τότε απαραίτητο.





## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

### ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΣΑ ΣΧΕΔΙΑΣΕΩΣ

#### 1.1 Το χαρτί.

Το σχέδιο γίνεται κατά κανόνα επάνω σε χαρτί με μολύβι ή μελάνι. Το χαρτί είναι συνήθως διαφανές, για να μπορούν να βγουν αντίγραφα με τη μέθοδο της φωτοτυπίας. Σήμερα, που υπάρχουν διάφοροι τρόποι αναπαραγωγής, μπορεί το σχέδιο να γίνει και σε συνηθισμένο χαρτί.

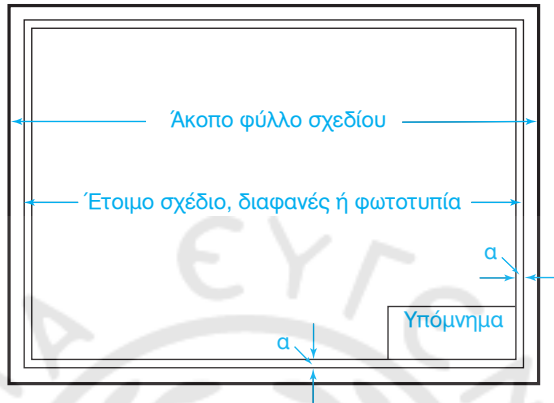
Είναι σκόπιμο να χρησιμοποιούμε φύλλα χαρτιού με τις τυποποιημένες διαστάσεις, που φαίνονται στον Πίνακα 1. Για να καταλάβομε καλύτερα τον πίνακα αυτόν, υπάρχει το σχήμα 1.1α. Οι διαστάσεις, που αναφέρονται

#### ΠΙΝΑΚΑΣ 1

*Οι διαστάσεις των χαρτιών σχεδίου σύμφωνα με το σύστημα DIN 476*

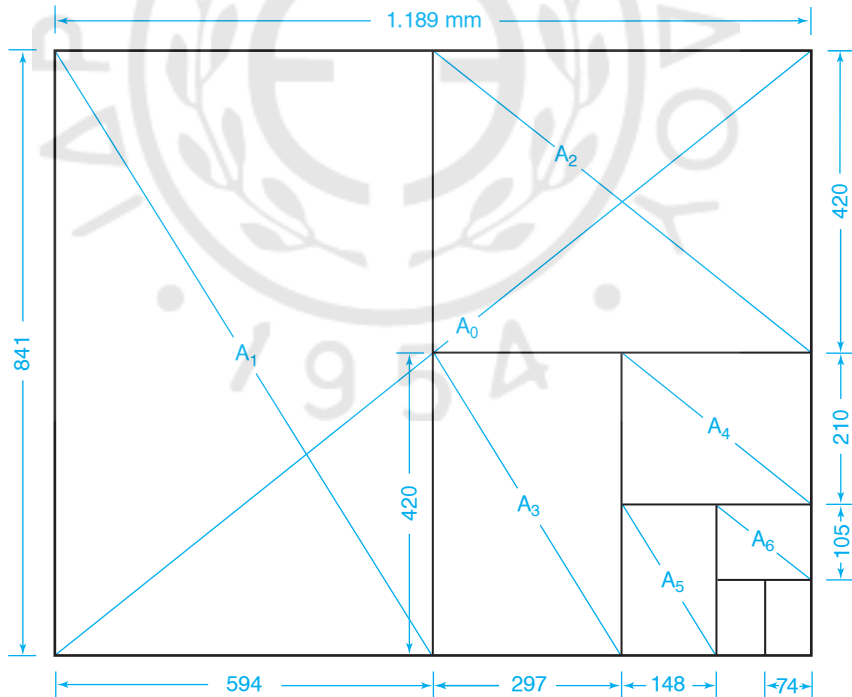
Μέγεθος χαρτιού	Διαστάσεις σε mm σύμφωνα με το σύστημα DIN 476		
	Φύλλο άκοπου σχεδίου (ελάχιστες)	Έτοιμο σχέδιο διαφανές ή φωτοτυπία	Απόσταση α (βλ. σχ. 1.1α)
4A <sub>0</sub>	1720 × 2420	1682 × 2378	20
2A <sub>0</sub>	1230 × 1720	1189 × 1682	15
A <sub>0</sub>	880 × 1230	841 × 1189	10
A <sub>1</sub>	625 × 880	594 × 841	10
A <sub>2</sub>	450 × 625	420 × 594	10
A <sub>3</sub>	330 × 450	297 × 420	10
A <sub>4</sub>	240 × 330	210 × 297	5
A <sub>5</sub>	165 × 240	148 × 210	5
A <sub>6</sub>	120 × 165	105 × 148	5

στον πίνακα, έχουν καθοριστεί έτσι, για να προκύπτουν με κατάλληλο κόψιμο από τα φύλλα χαρτιού, που κυκλοφορούν στο εμπόριο, χωρίς φθορά (σχ. 1.1β).



Σχ. 1.1α.

Επεξήγηση διαστάσεων, που αναφέρονται στον Πίνακα 1.



Σχ. 1.1β.

Πώς προκύπτουν τα τυποποιημένα φύλλα από το χαρτί του εμπορίου.

Πρέπει να διαλέγουμε την ποιότητα του χαρτιού ανάλογα με τα μέσα και τον τρόπο σχεδίασως, δηλαδή να είναι κατάλληλο για μολύβι ή μελάνι, να αντέχει σε αντίστοιχα σβησίματα, να μην σκίζεται εύκολα και να δίνει ικανοποιητικά αντίγραφα.

Υπάρχουν σήμερα πολλοί τρόποι να παραχθούν αντίγραφα σχεδίων. Τα **φωτοαντίγραφα** π.χ. με Χετοχ είναι ικανοποιητικά με τη σημερινή τεχνολογία και έχουν το πλεονέκτημα ότι μπορούν να προκύψουν από σχέδια σχεδιασμένα σε χαρτί, που δεν είναι διαφανές. Ο πιο συνηθισμένος τρόπος αναπαραγωγής σχεδίων είναι η **φωτοτυπία** από σχέδιο σχεδιασμένο σε χαρτί διαφανές. Η φωτοτυπία μπορεί να τυπωθεί σε χαρτί αδιαφανές, αλλά και σε διαφανές, ώστε από αυτήν να μπορούν να αναπαραχθούν και άλλες φωτοτυπίες.

Πολλές φορές, πριν χρησιμοποιήσουμε μια νέα ποιότητα χαρτιού, χρειάζεται να τη δοκιμάζουμε, για να αποφασίσουμε αν μας ικανοποιεί. Είναι πάντως απαραίτητο όλα τα σχέδια, που αναφέρονται στο ίδιο έργο, να γίνονται σε χαρτί από την ίδια ποιότητα, επειδή με τον καιρό κάθε ποιότητα χαρτιού αλλοιώνεται διαφορετικά. Οι αλλοιώσεις του χαρτιού είναι κυρίως συστολές ή διαστολές, αλλαγή στο χρώμα και τη διαφάνεια, αύξηση της ευπάθειάς του στο σκίσιμο κλπ.

Όταν τελειώσουμε ένα σχέδιο, που πρόκειται να το χρησιμοποιήσουμε πολλές φορές ή και να το φυλάξουμε για πολύ καιρό, είναι σκόπιμο να το ενισχύουμε (ρελιάζουμε) γύρω-γύρω με μια ταινία, που την τοποθετεί μια ειδική χειροκίνητη συσκευή (σχ. 1.1γ), ώστε να μην σκίζεται και τσαλακώνεται στις άκρες του.



Σχ. 1.1γ.

Χειροκίνητη συσκευή ρελιάσματος σχεδίων.

## 1.2 Τα μολύβια.

Ακόμα και όταν σχεδιάζουμε με μελάνι, είναι απαραίτητο στην αρχή να χρησιμοποιούμε μολύβι. Τα μολύβια είναι ξύλινα (σχ. 1.2α), οπότε ξύνονται με σουργιαδάκι ή μηχανική ξύστρα και μηχανικά. Τα μηχανικά μολύβια, που είναι πιο πρακτικά, αποτελούνται από ένα στέλεχος, που



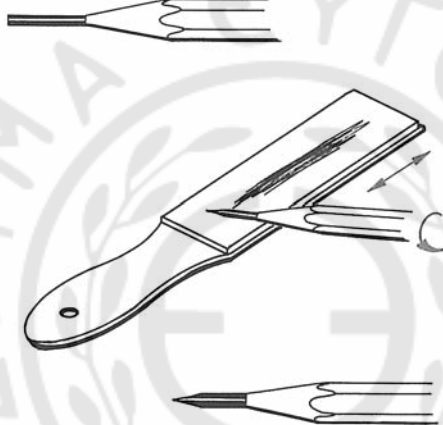
Σχ. 1.2α.  
Ξύλινα μολύβια.



Σχ. 1.2β.  
Μηχανικά μολύβια.

δέχεται στο εσωτερικό του μύτες από γραφίτη (σχ. 1.2β). Και αυτά χρειάζονται ξύσιμο, που γίνεται όμως ευκολότερα με το σμυριδόχαρτο (ψαράκι) (σχ. 1.2γ), ή με ειδικές ξύστρες (σχ. 1.2δ). Άσχετα με το είδος του, είναι πολύ σημαντικό για την ποιότητα του σχεδίου να είναι το μολύβι πάντοτε καλά ξυσμένο. Η ξύστρα ή το σμυριδόχαρτο είναι τόσο απαραίτητα για το σχεδιαστή, όσο το ίδιο το μολύβι.

Τόσο τα ξύλινα μολύβια σχεδιάσεως όσο και οι μύτες των μηχανικών



Σχ. 1.2γ.

Σμυριδόχαρτο (ψαράκι) για τη διαμόρφωση της μύτες των μολυβιών.



Σχ. 1.2δ.

Ξύστρες ξυλίνων και μηχανικών μολυβιών.

μολυβιών κυκλοφορούν στο εμπόριο με τους συμβολισμούς, που φαίνονται στον Πίνακα 2. Υπάρχουν και μολύβια κατώτερης ποιότητας, που χαρακτηρίζονται με τους αριθμούς 1, 2, 3, 4, 5. Η εκλογή του κατάλληλου μολυβιού εξαρτάται πρώτα από το σκοπό, που πρόκειται να εξυπηρετήσει, και έπειτα από την ποιότητα του χαρτιού. Όσο πιο σκληρό είναι το χαρτί, τόσο πιο σκληρό πρέπει να είναι το μολύβι. Πρέπει ακόμα να έχουμε υπόψη μας, πως όσο πιο σκληρό είναι το μολύβι, τόσο πιο λεπτή η μύτη μπορεί να αποκτήσει και τόσο περισσότερο διατηρείται αυτή η

**ΠΙΝΑΚΑΣ 2.**  
**Τύποι μολυβιών σχεδίου**

Απλά μολύβια	Σκληρότητες	Τα πιο κατάλληλα μολύβια σχεδιάσεως	Για γραφή και πρόχειρα σχέδια	Για κύριες γραμμές σχεδίων	Τύπος γραμμών
	Πολύ μαλακά και μαύρα α συνήθως για σκίτσα	7B			
		6B			
		5B			
		4B			
1	Αρκετά μαλακό και μαύρο	3B		●	
	Μαλακό και πολύ μαύρο	2B	○	○	
2	Μαλακό και μαύρο	B	●	○	
	Μέσης σκληρότητας και μαύρο	HB	●	○	
3	Μέσης σκληρότητας	F	●	●	
4	Σκληρό	H		●	
	Σκληρότερο	2H		●	
5	Πολύ σκληρό	3H		●	
	Πάρα πολύ σκληρό	4H		○	
	Εξαιρετικά σκληρό	5H		○	
	Εξαιρετικά πολύ σκληρό	6H		○	

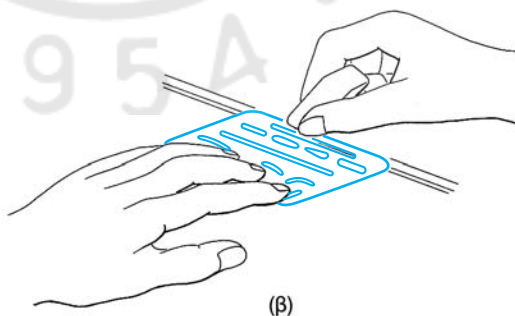
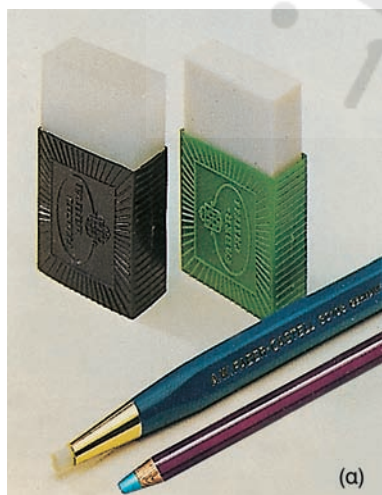
- 1<sup>η</sup> σειρά προτιμήσεως  
○ 2<sup>η</sup> " "  
● 3<sup>η</sup> " "



μύτη, χωρίς να σπάει ή να στρογγυλεύει. Έτσι μπορούμε να σχεδιάσουμε με μεγαλύτερη ακρίβεια και σε μικρότερο μέγεθος.

Σε ένα μέτριο χαρτί το 3B (ή 1) είναι κατάλληλο για σκίτσα, που έχουν σκοπό να δείξουν μια ιδέα, μια πρόταση για κάποιο έργο, χωρίς να έχουν το χαρακτήρα σχεδίου για εφαρμογή. Αν η ιδέα είναι πιο συγκεκριμένη και το σχέδιο έχει κάποιες αξιώσεις ακριβείας στις διαστάσεις, κατάλληλο είναι το B (ή 2). Το μολύβι F (ή 3) είναι πολύ βολικό και κατάλληλο για πρόχειρα δοκιμαστικά σχέδια, αλλά και για το τέλειωμα σχεδίων, που δεν πρόκειται να μελανωθούν. Στην περίπτωση αυτή οι κύριες γραμμές πρέπει να ξαναπατηθούν με μολύβι F, για να τονιστούν. Το H (ή 4) είναι κατάλληλο για τα σχέδια, που πρόκειται να μελανωθούν, δεν πρέπει όμως να το πιέζουμε πολύ, για να μην χαρακώνεται το χαρτί. Όταν το σχέδιο έχει πολλές λεπτομέρειες και χρειάζεται μεγάλη ακρίβεια, χρησιμοποιούμε το μολύβι 3H (ή 5).

Το μολύβι σβήνει με τη γομολάστιχα, που είναι απαραίτητη για το σχεδιαστή, όσο και το ίδιο το μολύβι [σχ. 1.2ε(α)]. Υπάρχει σήμερα μεγάλη ποικιλία από γομολάστιχες κι έτσι μπορούμε να διαλέγουμε κάθε φορά την κατάλληλη, ανάλογα με την ποιότητα του χαρτιού, τη σκληρότητα του μολυβιού, την υγρασία του περιβάλλοντος, την έκταση του σβησίματος κλπ. Μερικές γομολάστιχες (άσπρες πλαστικές) χρησιμοποιούνται και για την προετοιμασία του χαρτιού πριν γράψουμε επάνω του με μελάνι. Όταν θέλουμε να σβήσουμε μια λεπτομέρεια του σχεδίου, χωρίς να σβήσουμε και τις γειτονικές γραμμές, χρησιμοποιούμε μια λεπτή μεταλλική πλάκα, που έχει τρύπες με διάφορα σχήματα και μεγέθη και την ονομάζουμε *ασπίδα* [σχ. 1.2ε(β)].



Σχ. 1.2ε.  
Γομολάστιχες.

### 1.3 Το μελάνι.

Για τα σχέδια χρησιμοποιείται μαύρο μελάνι γνωστό στο εμπόριο ως *σινική* (δηλ. μελάνι της Κίνας). Κυκλοφορεί σε γυάλινα ή πλαστικά μπουκαλάκια (σχ. 1.3α). Σπανιότερα χρησιμοποιούνται και χρωματιστά μελάνια, ακόμα και άσπρο, όταν το χαρτί σχεδιάσεως είναι σκούρο, για να δώσουν πιο εντυπωσιακό αποτέλεσμα σε σχέδια παρουσιάσεως. Όλα αυτά τα μελάνια έχουν την ιδιότητα να στεγνώνουν σχεδόν αμέσως. Με τον τρόπο αυτό αποφεύγονται οι μουτζούρες, το χαρτί δεν προλαβαίνει να απορροφήσει το μελάνι και έτσι, σε περίπτωση λάθους, αυτό σβήνεται εύκολα με ξύσιμο, χωρίς να αδυνατίζει το χαρτί. Επομένως το μελάνι δεν σβήνεται κατά κανόνα με γομολάστιχα, αλλά με ξυραφάκι.

Το μελάνι εφαρμόζεται στο σχέδιο με τη βοήθεια κάποιου εργαλείου. Άλλοτε χρησιμοποιούσαν *γραμμοσύρτες* (σχ. 1.3β), δηλαδή εργαλεία με δύο ατσάλινες λεπίδες, που έσφιγγαν η μια με την άλλη μεταξύ τους με μια βίδα. Μια σταγόνα μελάνι μπαίνει ανάμεσα στις δύο λεπίδες (σχ. 1.3γ) με το πλαστικό σωληνάκι, που έχουν τα καλύμματα των κλασικών γυάλινων φιαλιδίων της σινικής ή κατευθείαν από το στόμιο των πλαστικών φιαλιδίων που κυκλοφορούν σήμερα. Ο γραμμοσύρτης μπορεί να δώσει άριστη ποιότητα σχεδίου, αλλά η χρήση του παρουσιάζει δυσκολίες και

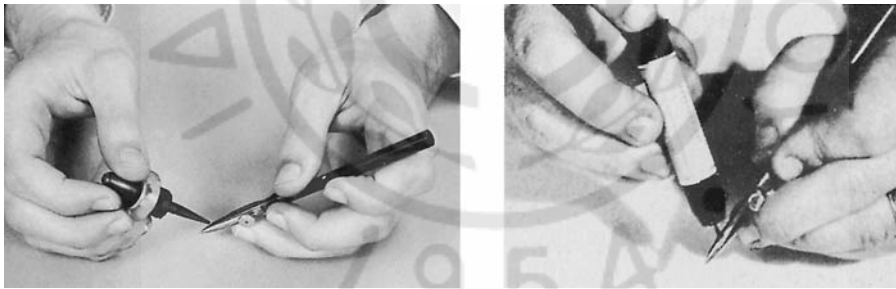


Σχ. 1.3α.  
Δοχεία για σινική μελάνη.





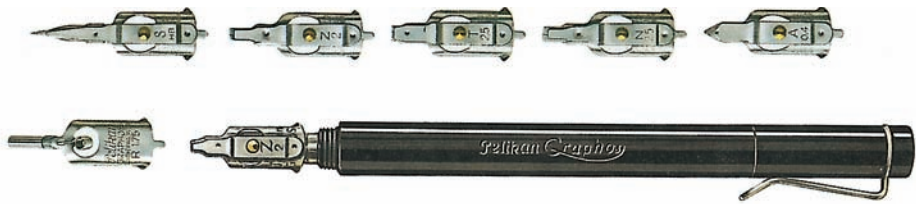
*Σχ. 1.3β.  
Διάφοροι τύποι γραμμοσυρτών.*



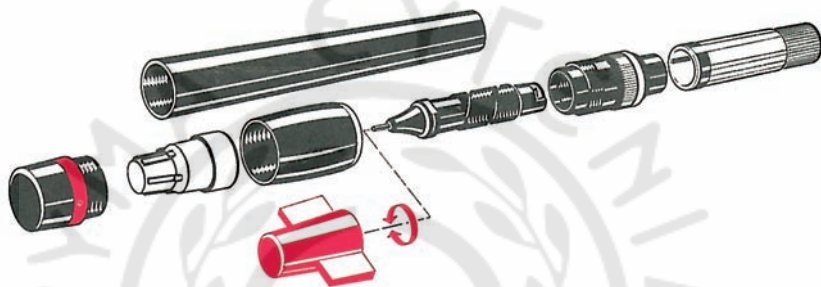
*Σχ. 1.3γ.  
Τοποθέτηση μελανιού στο γραμμοσύρτη.*

στα χέρια άπειρου σχεδιαστή μπορεί να χαράξει το χαρτί, να δημιουργήσει μουτζούρες, γραμμές με διακοπές κλπ. Είναι πάντως απαραίτητο να τον κινούμε πάντοτε, αυστηρά παράλληλα προς τη διεύθυνση των λεπίδων του και να τον διατηρούμε καθαρό από ξερά μελάνια.

Οι κλασικοί γραμμοσύρτες έχουν σχεδόν καταργηθεί σήμερα και έχουν αντικατασταθεί από γραμμοσύρτες-στυλογράφους, που είναι εφοδιασμένοι με μια μικρή δεξαμενή μελανιού, όπως οι κοινοί



Σχ. 1.3δ.  
Γραμμοσύρτης-στυλογράφος τύπου γραφός.



Σχ. 1.3ε.  
Γραμμοσύρτης-στυλογράφος τύπου ραπιντογράφ.



Σχ. 1.3στ.  
Σειρά γραμμογράφων.

τύπος τέτοιων εργαλείων είναι τα λεγόμενα *γκραφός* (σχ. 1.3δ), που καταλήγουν σε πένες με διπλές λεπίδες. Η μια λεπίδα περιστρέφεται κι έτσι καθαρίζεται καλά από το μελάνι. Ένας δεύτερος τύπος, ακόμα πιο διαδεμένος είναι τα λεγόμενα *ραπιντογκράφ* που δεν καταλήγουν σε πένες αλλά σε ένα λεπτό σωλήνα με μια τρίχα εσωτερικά, από όπου κατεβαίνει το μελάνι (σχ. 1.3ε). Στο στέλεχος τόσο των “γκραφός” όσο και των “ραπιντογκράφ” μπορούν να προσαρμοσθούν διάφορες πένες ή ράμφη με σωληνάκια, ώστε να μπορούν να χαραχθούν γραμμές με αντίστοιχα πάχη. Ο σχεδιαστής πρέπει να είναι εφοδιασμένος με ολόκληρη τη σειρά (σχ. 1.3στ), ώστε να μπορεί να σχεδιάζει κάθε φορά σύμφωνα με τις ανάγκες του σχεδίου.

#### 1.4 Το σχεδιαστήριο.

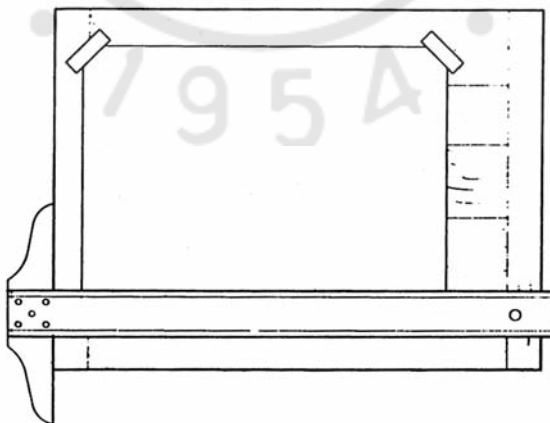
Το έπιπλο, επάνω στο οποίο σχεδιάζεται ένα σχέδιο, λέγεται *σχεδιαστήριο*, όπως λέγεται και ο χώρος γενικά, όπου γίνεται η σχεδίαση (σχ. 1.4α). Υπάρχουν ειδικά τέτοια έπιπλα (σχ. 1.4β), που αποτελούνται από μια μεγάλη ορθογώνια πινακίδα στηριγμένη σε ένα κατάλληλο ικρίωμα. Το ικρίωμα μπορεί να πάρει την κατάλληλη κάθε φορά κλίση με κάποιο εύκολο χειρισμό. Η πινακίδα στο χαμηλότερο μέρος έχει ένα εξάρτημα με σχήμα αυλακιού, για να στέκονται εκεί τα μολύβια και τα όργανα σχεδίασεως. Επίσης έχει προσαρμοσμένο ένα φως και έναν αρθρωτό βραχίονα με δύο κανόνες κάθετους μεταξύ τους, που μπορούν να



Σχ. 1.4α.  
Αίθουσα-σχεδιαστήριο.



Σχ. 1.4β.  
Έπιπλο σχεδιαστήριο.



Σχ. 1.4γ.  
Πινακίδα για σχεδίαση.

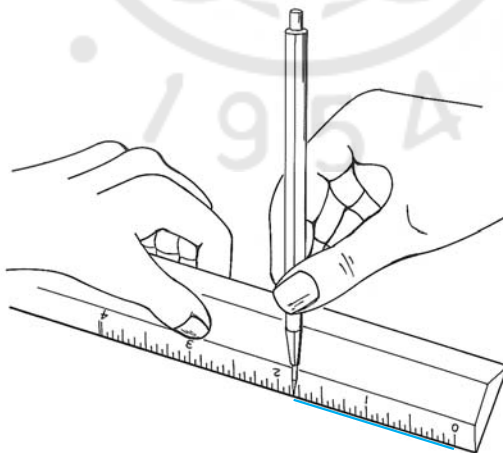
φτάσουν σε οποιοδήποτε μέρος της πινακίδας. Ως σχεδιαστήριο μπορεί να χρησιμεύσει και ένα οποιοδήποτε τραπέζι ή θρανίο, ιδιαίτερα αν είναι δυνατόν (με κατάλληλο μηχανισμό) να αλλάζει η κλίση του καπακιού του, όπως αυτά που φαίνονται στο σχήμα 1.4α. Σημειώνουμε μάλιστα ότι τα σχεδιαστήρια αυτού του τύπου αποτελούν τον κανόνα και πολύ σπανιότερα χρησιμοποιούνται τα ειδικά έπιπλα του σχήματος 1.4β. Το χαρτί σχεδιάσεως συγκρατείται σταθερά επάνω στο σχεδιαστήριο με **συγκολλητική ταινία** (σελλοτέιπ), γι' αυτό η επιφάνεια του σχεδιαστήριου πρέπει να είναι λεία και σκληρή, π.χ. από φορμαίκα. Παλαιότερα, που το χαρτί καρφωνόταν με πινέζες, έπρεπε το σχεδιαστήριο να είναι από μαλακό ξύλο, συνήθως φλαμούρι. Για να μην καταστρέφονται τα έπιπλα, χρησιμοποιούσαν τότε ξύλινες φορητές πινακίδες, που σήμερα δεν είναι πια απαραίτητες (σχ. 1.4γ), εκτός αν δεν διαθέτομε έπιπλο με λεία επιφάνεια.

### 1.5 Τα όργανα σχεδιάσεως.

Η κλασική Γεωμετρία χρησιμοποιεί δύο όργανα μόνο, τον **κανόνα** και το **διαβήτη**.

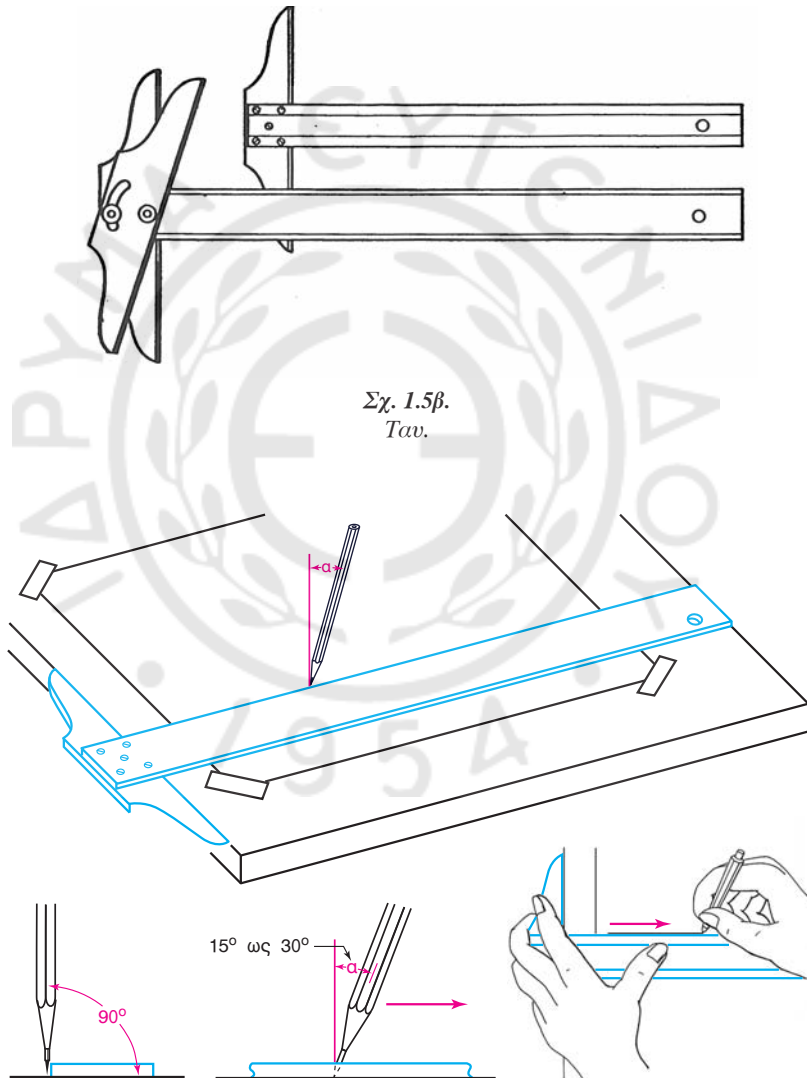
**Κανόνας** είναι κάθε όργανο (σχ. 1.5α) κατάλληλο για να οδηγήσει τη γραφίδα μας να γράψει μια ευθεία γραμμή. Στην κατηγορία αυτή μπορούμε να εντάξομε τα *ταυ*, τα παράλληλα, τα τρίγωνα, τα υποδεκάμετρα, τις κλίμακες κλπ.

Το *ταυ* είναι ένας κανόνας ξύλινος ή πλαστικός με σχετικά μεγάλο



Σχ. 1.5α.  
Κανόνας.

μήκος (μισό ως ενάμιση μέτρο), που έχει προσαρμοσμένο στην άκρη ένα μικρότερο στοιχείο κάθετο προς το κύριο μέρος του, ώστε να παίρνει το σχήμα του γράμματος ταυ (σχ. 1.5β). Το στοιχείο της κεφαλής σε άλλα ταυ είναι σταθερό, ενώ σε άλλα είναι διπλό, και το μισό του μπορεί να περιστρέφεται και να στερεώνεται σε οποιαδήποτε θέση. Η κεφαλή του ταυ προσαρμόζεται στην αριστερή πλευρά του σχεδιαστήριου και γλιστρά σε αυτήν, όπως την οδηγούμε σταθερά με το αριστερό μας χέρι. Έτσι

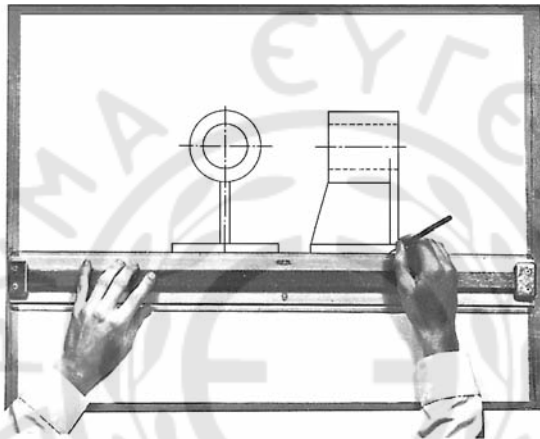


Σχεδίαση με το ταυ ευθειών παραλλήλων με τις μεγάλες πλευρές του σχεδίου.

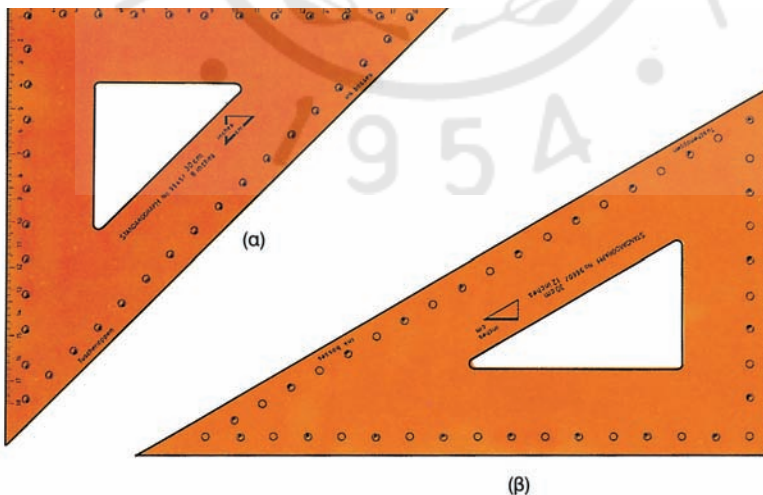


μπορούμε να φέρνουμε ευθείες παράλληλες προς τις μεγάλες πλευρές του σχεδιαστήριου ή της πινακίδας (σχ. 1.5γ). Αν η κεφαλή του ταυ είναι κινητή, μπορούμε να φέρνουμε και ευθείες παράλληλες προς οποιαδήποτε διεύθυνση. Οι γραμμές αυτές μπορούν να φθάσουν σε οποιοδήποτε σημείο του σχεδίου μας, αρκεί το ταυ να έχει το κατάλληλο για το σχέδιο μέγεθος.

Το *παράλληλο* είναι μια νεώτερη μορφή του ταυ. Αποτελείται από έναν πλαστικό κανόνα μακρύ, σχεδόν όσο το σχεδιαστήριο, που κινείται πάντα παράλληλα προς τον εαυτό του με τη βοήθεια δύο σπάγγων, στερεωμένων στην αριστερή και τη δεξιά πλευρά του σχεδιαστήριου, και τεσσάρων



Σχ. 1.5δ.  
Παράλληλο.



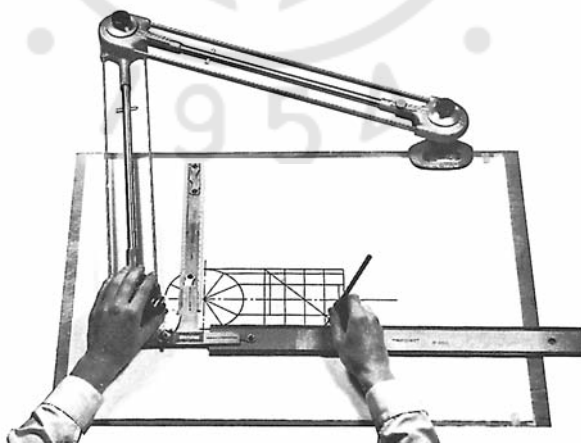
Σχ. 1.5ε.  
Τρίγωνα: α) ισοσκελές, β) σκαληνό.

μικρών τροχαλιών, που βρίσκονται επάνω στον κανόνα (σχ. 1.5δ).

Τα **τρίγωνα** (σχ. 1.5ε) είναι πλαστικοί και σπανιότερα ξύλινοι κανόνες, που έχουν το σχήμα ορθογωνίου τριγώνου με ένα κενό στο εσωτερικό όμοιο με το περίγραμμά τους. Υπάρχουν δύο μορφές τριγώνων, τα ισοσκελή με γωνίες  $45^\circ$  και τα σκαληνά με γωνίες  $30^\circ$  και  $60^\circ$ . Μερικές φορές στη μια κάθετη πλευρά έχουν και διαιρέσεις σε εκατοστά και χιλιοστά του μέτρου. Με τα τρίγωνα μπορούμε να χαράξουμε οποιαδήποτε ευθεία, είναι όμως ιδιαίτερα χρήσιμα, όταν χρειάζεται να φέρουμε ευθείες παράλληλες ή κάθετες προς μια γνωστή ευθεία. Με το ταυ και ένα τρίγωνο φέρουμε εύκολα ευθείες παράλληλες προς τις μικρές πλευρές του σχεδιαστηρίου.

Τα έπιπλα-σχεδιαστήρια δεν χρειάζονται ταυ ή παράλληλο, γιατί είναι εφοδιασμένα με ένα **κινητό σύστημα δύο κανόνων**, με τους οποίους φέρουμε ευθείες παράλληλες προς τις πλευρές του σχεδιαστηρίου (σχ. 1.5στ). Το σύστημα μάλιστα μπορεί να στερεωθεί και σε οποιαδήποτε λοξή θέση επιθυμούμε.

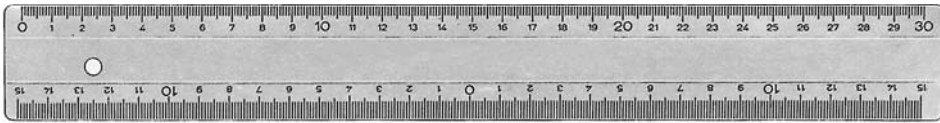
Τα **υποδεκάμετρα** (σχ. 1.5ζ) είναι κανόνες με μήκος 20 ή 30 εκατοστά του μέτρου συνήθως, με διαιρέσεις μισού χιλιοστού του μέτρου. Πολλές φορές υπάρχουν και υποδεκάμετρα μισού χιλιοστού του μέτρου. Δεν συνιστάται να χρησιμοποιούμε τα υποδεκάμετρα για να φέρουμε ευθείες, αλλά μόνο για να μετράμε μήκη, γιατί καταστρέφεται η ακμή τους. Οι **κλίμακες** (σχ. 1.5η) μοιάζουν με τα υποδεκάμετρα, αλλά έχουν συνήθως μορφή τριγωνικού πρίσματος και διαθέτουν έξι θέσεις, πάνω στις οποίες είναι χαραγμένες διαφορετικές διαιρέσεις. Κάθε μια υποδιαίρεση



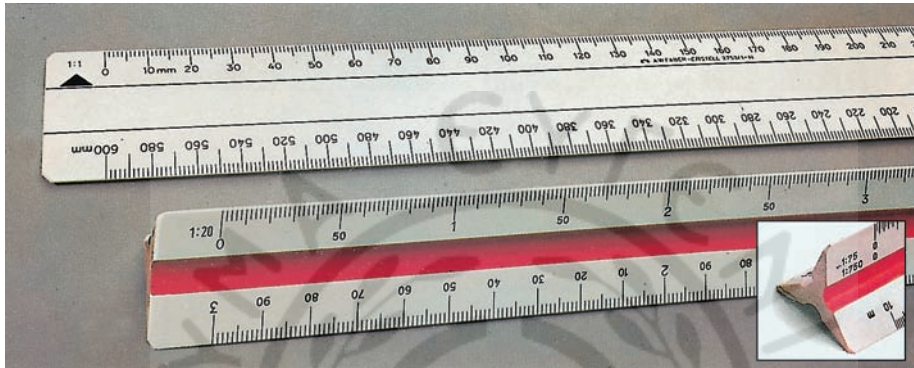
Σχ. 1.5στ.

Σύστημα καθέτων κανόνων σχεδιαστηρίου.

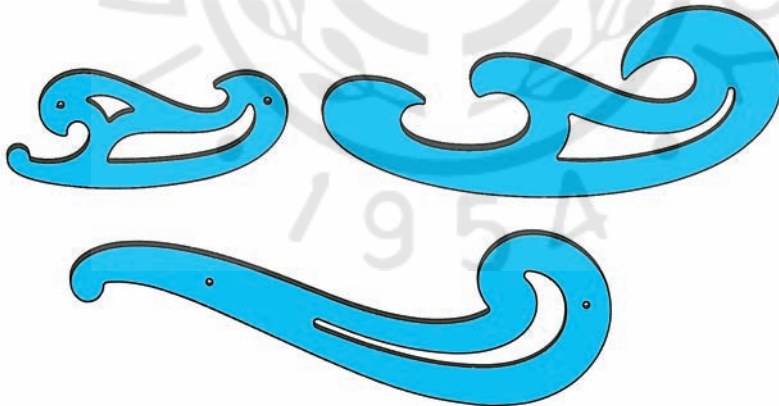




Σχ. 1.5ζ.  
Υποδεκάμετρο.



Σχ. 1.5η.  
Κλίμακες.



Σχ. 1.5θ.  
Καμπυλόγραμμο.

αντιστοιχεί σε μια ορισμένη κλίμακα σχεδίασεως. Για τις κλίμακες σχεδίασεως θα μιλήσουμε στο κεφάλαιο 4.

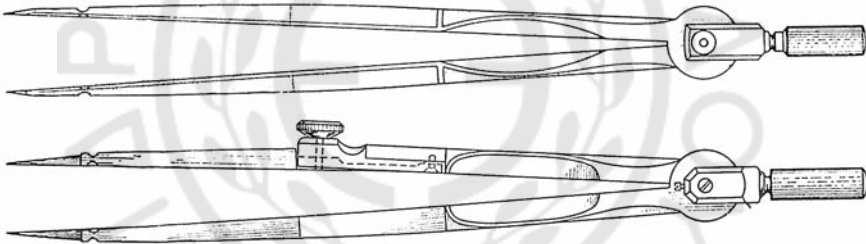
Όργανα συγγενή με τους κανόνες είναι και τα *καμπυλόγραμμο* (σχ. 1.5θ),

που χρησιμεύουν για να σχεδιάζουμε διάφορες καμπύλες. Είναι και αυτά συνήθως πλαστικά και σπανιότερα ξύλινα, όπως και τα τρίγωνα.

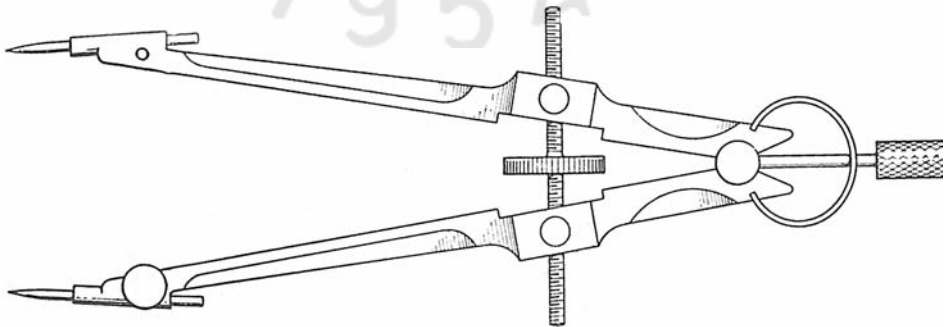
**Διαβήτης** είναι ένα όργανο με δύο σκέλη, που στο επάνω μέρος τους συνδέονται με μια άρθρωση που τα κάνει να σταθεροποιούνται σε μια θέση, ώστε τα άκρα των σκελών να διατηρούν μια σταθερή απόσταση. Τα άκρα των σκελών καταλήγουν σε ακίδες και το όργανο χρησιμεύει για να μετρά αποστάσεις και να τις μεταφέρει από μια θέση του σχεδίου σε άλλη. Γι' αυτό ο διαβήτης λέγεται και **διαστημόμετρο**. Πάνω από την άρθρωση ο διαβήτης έχει και μια λαβή για το χειρισμό του (σχ. 1.5i).

Η σταθεροποίηση των δύο σκελών του διαβήτη στην επιθυμητή θέση εξασφαλίζεται συνήθως με την τριβή, που αναπτύσσεται στην άρθρωση. Για μεγαλύτερη εξασφάλιση και, όταν μας ενδιαφέρει μεγαλύτερη ακρίβεια, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε διαβήτη με συνδεμένα τα σκέλη (σχ. 1.5ια). Η απόσταση των σκελών στους διαβήτες αυτούς αυξομοιώνεται με τη βοήθεια ενός κοχλίου.

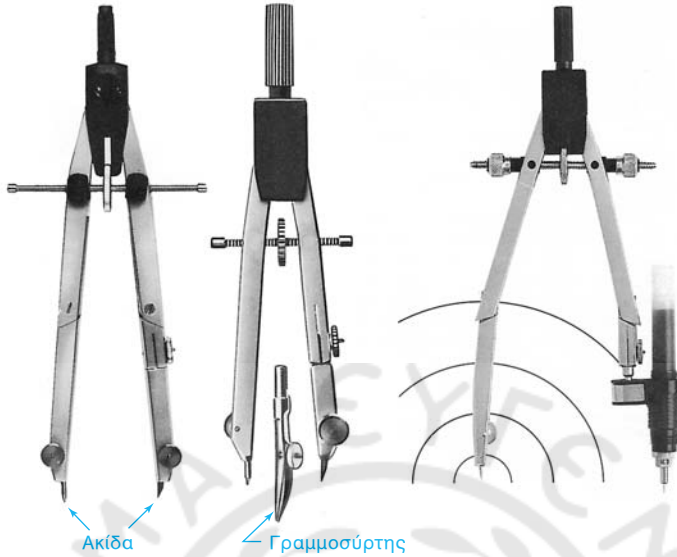
Η μία από τις δύο ακίδες στους περισσότερους διαβήτες μπορεί να



Σχ. 1.5i.  
Διαβήτες-διαστημόμετρα.



Σχ. 1.5ια.  
Διαβήτης με τα σκέλη συνδεμένα.

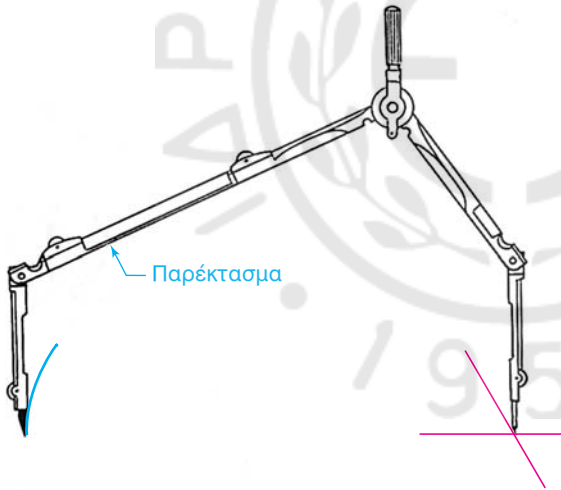


Ακίδα

Γραμμοσύρτης

Σχ. 1.5β.

Διαβήτες με μολύβι και γραμμοσύρτη.



Παρέκτασμα

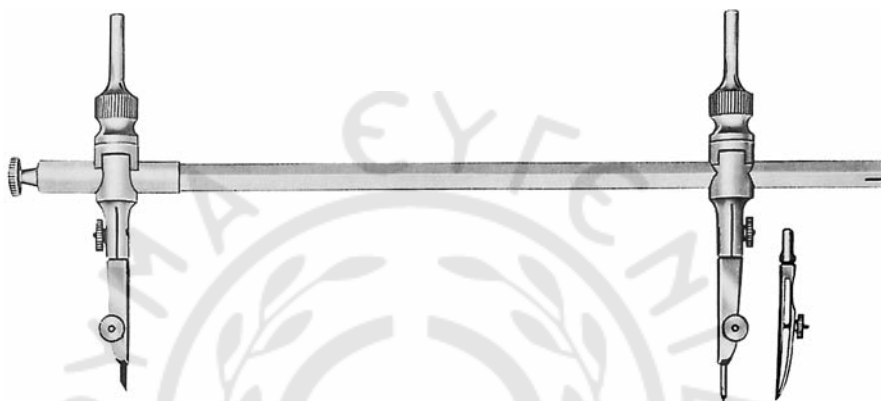
Σχ. 1.5γ.

Διαβήτης με παρέκτασμα.

αφαιρεθεί και στη θέση της να τοποθετηθεί μια μύτη μολυβιού, ένας γραμμοσύρτης ή ένας γραμμοσύρτης τύπου γραφός ή ραπιντογκράφ (σχ. 1.5β). Έτσι όταν καρφώσουμε την ακίδα στο χαρτί μας, μπορούμε στρέφοντας το άλλο σκέλος να γράψουμε κύκλους. Κέντρο του κύκλου είναι το σημείο, που καρφώσαμε την ακίδα.

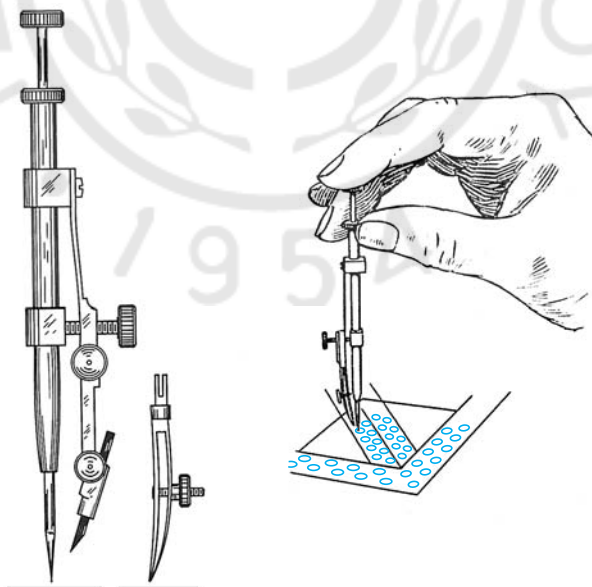
Οι διαβήτες είναι κατά κανόνα ατσάλεινοι και μπορούμε να κάνουμε με αυτούς κύκλους με ακτίνα 5 ως 150 περίπου χιλιοστά του μέτρου, που είναι

και αυτοί, που χρησιμοποιούνται πιο συχνά στα συνηθισμένα σχέδια. Για κάπως μεγαλύτερες ακτίνες μπορούμε να προσθέσουμε ένα *παρέκταμα* στο σκέλος του διαβήτη, που έχει γραφίδα (σχ. 1.5ιγ). Για ακόμα μεγαλύτερες ακτίνες χρησιμοποιούμε για διαβήτη μια μακριά ξύλινη ή μεταλλική ράβδο, που στη μια άκρη της είναι στερεωμένο κάθετα με αυτήν ένα μεταλλικό σκέλος με ακίδα και στο άλλο μπορούμε να στερεώσουμε, όπου επιθυμούμε, ένα παρόμοιο σκέλος με γραφίδα (σχ. 1.5ιδ). Μπορούμε ακόμα



Σχ. 1.5ιδ.

Διαβήτης για πολύ μεγάλους κύκλους.



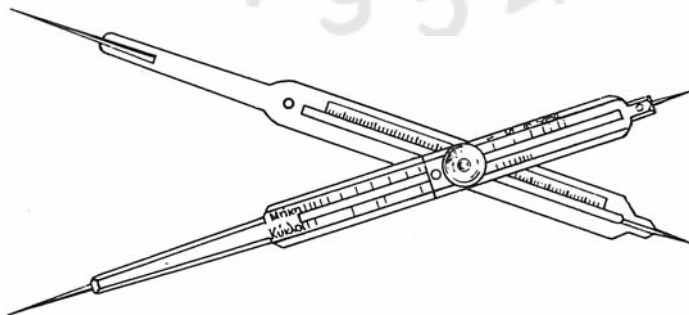
Σχ. 1.5ιε.

Διαβήτης για πολύ μικρούς κύκλους (πόμπα).

να χρησιμοποιήσουμε και ειδικά *κυκλικά καμπυλόγραμμα*, που καθένα γράφει επάνω του το μέγεθος της ακτίνας. Αντίστροφα, για πολύ μικρούς κύκλους χρησιμοποιείται ένας ειδικός διαβήτης, η *πόμπα* (σχ. 1.5ιε). Η απόσταση των σκελών του κανονίζεται με έναν κοχλία. Το στέλεχος με την ακίδα κρατιέται κατακόρυφα και το άλλο περιστρέφεται ελεύθερα γύρω του και γράφει τον κύκλο. Οι διαβήτες και οι γραμμισύρτες υπάρχουν στο

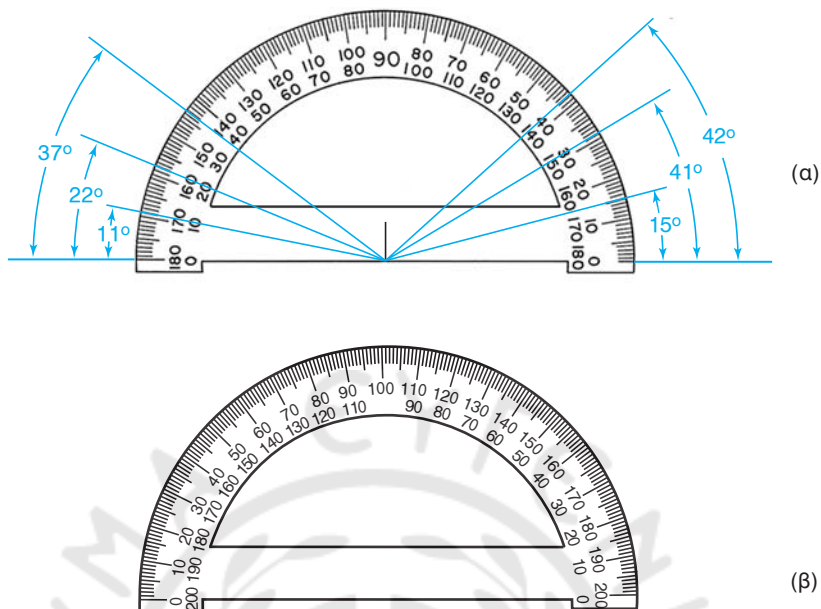


Σχ. 1.5ιστ.  
Συλλογές εργαλείων σχεδίασεως.



Σχ. 1.5ιζ.  
Αναγωγικός διαβήτης.





Σχ. 1.5η.

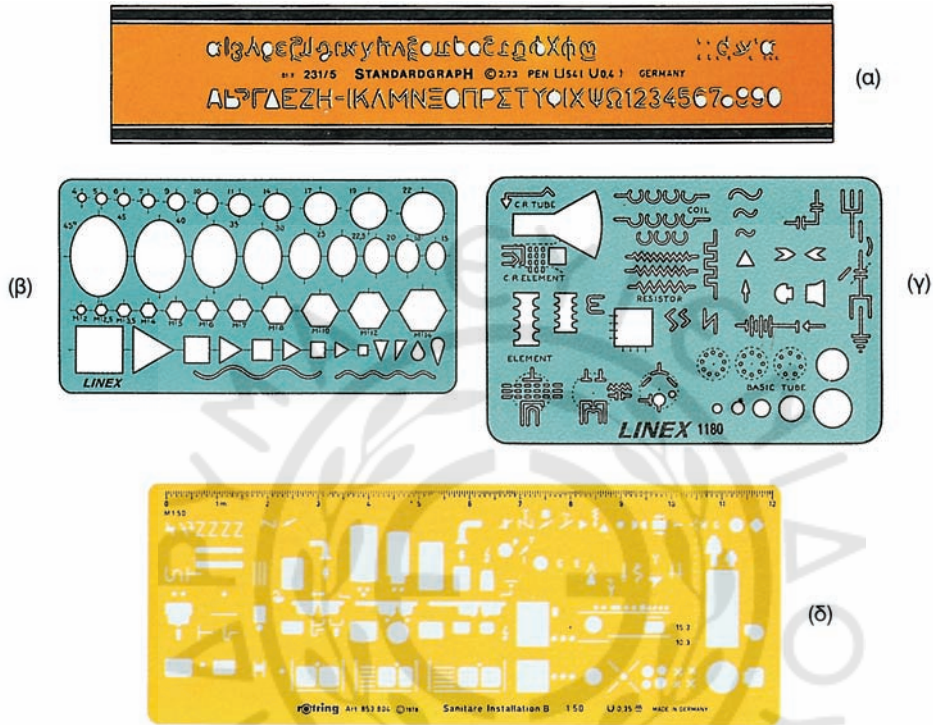
Αναγωγείς: α) σε μοίρες (μοιρογνωμόνιο), β) σε βαθμούς.

εμπόριο και σε ειδικά κουτιά (σχ. 1.5ιστ) ως *συλλογές εργαλείων σχεδιάσεως*.

Ένα εργαλείο συγγενικό με το διαβήτη είναι ο αναγωγικός διαβήτη (σχ. 1.5ιζ), που αποτελείται από δύο σκέλη, που συνδέονται με μια βίδα σε κάποιο ενδιάμεσο σημείο τους, που μπορούμε εμείς να το διαλέξουμε. Κάθε σκέλος καταλήγει σε ακίδες και στις δύο του άκρες. Επειδή σχηματίζονται δύο όμοια τρίγωνα, ο λόγος του ανοίγματος των δύο ακίδων της μιας άκρης προς το άνοιγμα των ακίδων της άλλης είναι σταθερός. Έτσι μπορούμε, μετρώντας με το ένα άνοιγμα διάφορα μήκη, να τα μεταφέρουμε στο σχέδιο με το άνοιγμα της άλλης άκρης, ώστε να πετύχουμε μια μεγέθυνση ή μια σμίκρυνση.

Εκτός από τον κανόνα και το διαβήτη ο σχεδιαστής χρησιμοποιεί και ορισμένα ακόμα βοηθητικά όργανα. Ένα από αυτά είναι ο *αναγωγέας*, δηλαδή ένα πλαστικό συνήθως ημικύκλιο χωρισμένο σε  $180^\circ$  (μοίρες) ή σε  $200^\circ$  (βαθμούς) (σχ. 1.5η). Χρησιμεύει, για να μετράμε γωνίες ή τόξα και για να κατασκευάζουμε γωνίες ή τόξα με ορισμένο μέγεθος. Αρκεί για το σκοπό αυτό να τοποθετήσουμε το κέντρο του αναγωγέα στο κέντρο του κύκλου (ή την κορυφή της γωνίας) και τη διάμετρό του, που περνά από το

μηδέν, να την τοποθετήσουμε έτσι, ώστε να συμπίπτει με τη μία ακτίνα του τόξου (ή τη μία πλευρά της γωνίας). Τότε η άλλη ακτίνα (ή πλευρά) δίνει το μέγεθος του τόξου (ή της γωνίας), καθώς περνά από κάποια διαίρεση



Σχ. 1.50θ.

Οδηγοί (στένσιλ): α) για γράμματα και αριθμούς, β) για κύκλους, γ) για ηλεκτρικά, δ) για υδραυλικά.

του αναγωγέα.

Άλλα τέλος όργανα είναι οι **οδηγοί** (κοινώς στένσιλ) για τη γραφή γραμμάτων, αριθμών, συμβόλων ή τη σχεδίαση τυποποιημένων σχημάτων, που συχνά επαναλαμβάνονται στα τεχνικά σχέδια (σχ. 1.51θ).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

### ΓΡΑΜΜΕΣ

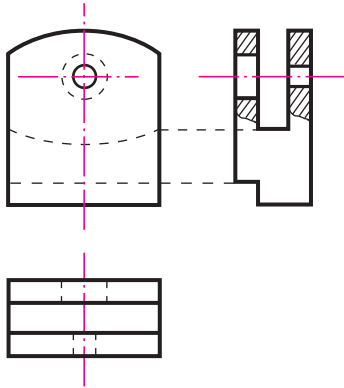
#### 2.1 Είδος και πάχος γραμμών.

Κάθε σχέδιο αποτελείται από γραμμές ευθείες ή καμπύλες. Αν όλες αυτές οι γραμμές έχουν το ίδιο πάχος και είναι συνεχείς, το σχέδιο θα γίνει πολύ μονότονο και ταυτόχρονα δε θα μας βοηθήσει να κατανοήσουμε τι παριστάνει. Γι' αυτό είναι σκόπιμο να ιεραρχήσουμε τις γραμμές σχεδιάζοντας παχύτερες τις κυριότερες από αυτές και να τις διαφοροποιήσουμε ανάλογα με το τι σημαίνει η κάθε μία.

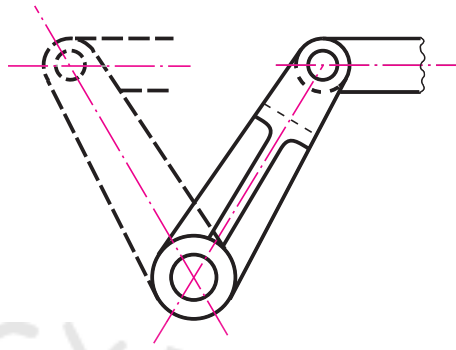
Σε κάθε σχέδιο υπάρχουν γραμμές πραγματικές, που φαίνονται, γραμμές πραγματικές, που δεν φαίνονται, γιατί βρίσκονται στο πίσω μέρος ή στο εσωτερικό του αντικειμένου που σχεδιάζουμε, γραμμές νοητές, γραμμές διαστάσεων κ.ο.κ. Για κάθε μία χρησιμοποιούμε ορισμένο είδος γραμμής και ορισμένο πάχος.

Πρώτα αποφασίζουμε, ποιο θα είναι το πάχος των κυρίων (βασικών) γραμμών του σχεδίου, δηλαδή των πραγματικών γραμμών, που φαίνονται. Το πάχος αυτό κυμαίνεται συνήθως από 0,3 ως 1,2 χιλιοστά του μέτρου και εξαρτάται από το μέγεθος του σχεδίου, την κλίμακά του και την πυκνότητα των γραμμών του. Όσο πιο μεγάλο είναι το σχέδιο και όσο πιο λίγες γραμμές έχει, τόσο παχύτερες πρέπει να διαλέξουμε τις βασικές γραμμές, για να μην φαίνεται το σχέδιο άτονο και άδειο. Οι πραγματικές γραμμές, που δεν φαίνονται, σχεδιάζονται διακεκομμένες (κομματιαστές) και έχουν το μισό πάχος των βασικών γραμμών. Οι γραμμές αυτές αποτελούνται από κομμάτια ίσα μεταξύ τους με μήκος 5 ως 10 φορές το πάχος τους και με διάκενα ανάμεσά τους. Τα διάκενα είναι και αυτά ίσα μεταξύ τους και έχουν μήκος 2 ως 3 φορές το πάχος της γραμμής (σχ. 2.1α). Σε ορισμένες περιπτώσεις, όπως για παράδειγμα για να δείξουμε μιαν άλλη θέση ενός κινητού στοιχείου, που υπάρχει στο σχέδιο σχεδιασμένο με συνεχή γραμμή, χρησιμοποιούμε πάλι διακεκομμένη γραμμή, αλλά με το πάχος των συνεχών (σχ. 2.1β).

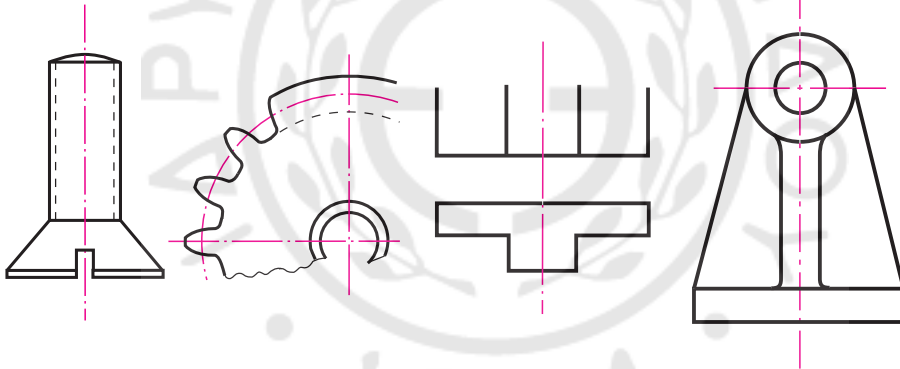




Σχ. 2.1α.  
Διακεκομμένες για γραμμές  
που δεν φαίνονται.



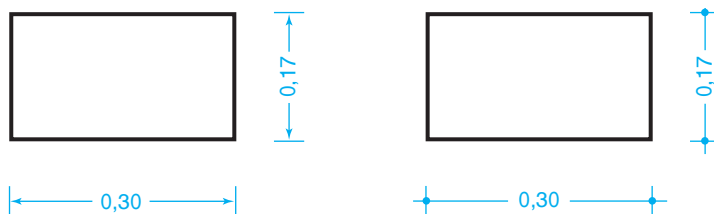
Σχ. 2.1β.  
Διακεκομμένη χοντρογή γραμμή  
σε ειδική περίπτωση.



Σχ. 2.1γ.  
Αξονικές γραμμές.

Μια συνηθισμένη νοητή γραμμή είναι ο άξονας συμμετρίας ενός αντικειμένου. Για τον άξονα χρησιμοποιούμε την **αξονική γραμμή**, που έχει πάχος το 1/4 περίπου των κυρίων γραμμών και αποτελείται από ευθύγραμμα τμήματα ίσα μεταξύ τους, με μήκος 50 ως 60 φορές το πάχος τους, που ανάμεσά τους υπάρχουν τελείες ή πολύ μικρά ευθύγραμμα τμήματα ακριβώς στη μέση των κενών. Τα κενά ανάμεσα στα μεγάλα τμήματα είναι περίπου ίσα με το ένα πέμπτο του μήκους τους (σχ. 2.1α, 2.1β και 2.1γ).

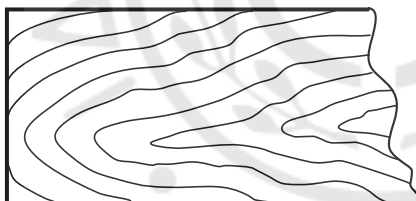
Οι **γραμμές διαστάσεων** είναι συνεχείς και τελειώνουν σε δύο βέλη ή σε



Σχ. 2.1δ.  
Γραμμές διαστάσεων.



Σχ. 2.1ε.  
Διαγράμμιση τομής.




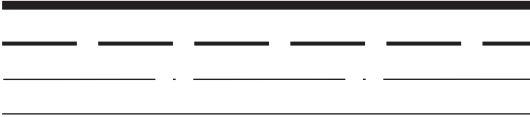








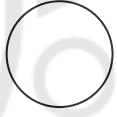



Σχ. 2.1στ.  
Διαγράμμιση με ελεύθερο χέρι.

δύο τελείες, από τις οποίες περνούν άλλα μικρά ευθύγραμμα τμήματα κάθετα προς αυτές, ώστε να φαίνεται σε ποιο στοιχείο ακριβώς του σχεδίου αντιστοιχεί η διάσταση. Συνήθως στη μέση αφήνουμε ένα κενό, για να γράψουμε τη διάσταση, μπορούμε όμως και να αφήσουμε συνεχή τη γραμμή και να γράψουμε από πάνω της ή από κάτω της και περίπου στη μέση τη διάσταση. Το πάχος τους είναι πάλι ίσο προς το 1/4 περίπου του πάχους της βασικής γραμμής του σχεδίου (σχ. 2.1δ).

Τέλος, χρησιμοποιούμε συνεχείς λεπτές γραμμές με πάχος ίσο με το πάχος των γραμμών διαστάσεων, για να διαγράμμισουμε κομμάτια του σχεδίου, π.χ. για να δείξουμε ότι πρόκειται για μια τομή (σχ. 2.1ε) ή για να

## ΠΙΝΑΚΑΣ 3

Πάχη γραμμών σχεδίου κατά τους Γερμανικούς κανονισμούς DIN 15

1,2			
1			
0,8			
0,6			
0,4			0,2 
0,3			0,1 

δείξομε το υλικό. Για να δείξομε π.χ. ότι ένα αντικείμενο είναι ξύλινο, σχεδιάζομε διαγράμμιση με ελεύθερο χέρι, όπως στο σχήμα 2.1στ. Το ίδιο κάνομε και για άλλα υλικά, π.χ. έδαφος, πέτρες, άμμο, σκυρόδεμα κλπ., όσες φορές χρειάζεται να γίνει διάκριση μεταξύ τους. Εδώ σημειώνομε, πως στο εμπόριο κυκλοφορούν αυτοκόλλητα διαφανή με διάφορες διαγραμμίσεις και άλλες σκιάσεις (ράστερ), ώστε να αποφεύγεται η σχεδίασή τους.

Στον Πίνακα 3 ανακεφαλαιώνονται όσα αναφέραμε στην παράγραφο αυτή. Είναι παρμένοσ από τους Γερμανικούς κανονισμούς (DIN 15), που γενικά εφαρμόζονται και στην Ελλάδα. Οι κανονισμοί αυτοί αναφέρονται κυρίως στα σχέδια με μελάνι, όπου τα πάχη των γραμμών εξασφαλίζονται με τη χρήση των διαφόρων γραμμογράφων, επειδή επάνω τους ο καθένας

έχει γραμμένο ακριβώς αυτό το πάχος. Όταν σχεδιάζουμε με μολύβι, προσπαθούμε να τηρήσουμε τους ίδιους κανόνες, όσο γίνεται καλύτερα.

## 2.2 Χάραξη γραμμών.

Οι γραμμές στο σχέδιο χαράζονται με τρεις τρόπος:

α) Με τη βοήθεια οδηγού, που μπορεί να είναι ευθύγραμμος κανόνας (απλός, ταν, τρίγωνο κλπ.) ή καμπυλόγραμμο ή και ειδικός οδηγός (για γράμματα, αριθμούς, σύμβολα κλπ.).

β) Με τη βοήθεια διαβήτη και

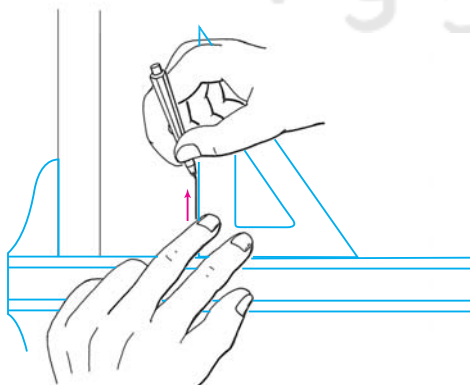
γ) με ελεύθερο χέρι.

Στην πρώτη περίπτωση έχει σημασία αν σχεδιάζουμε με μολύβι ή με μελάνι. Αν σχεδιάζουμε με μολύβι, ο οδηγός πρέπει να ακουμπά τελείως στο χαρτί και να σχηματίζει ορθή γωνία με αυτό. Το μολύβι πρέπει να είναι καλά ξυσμένο και η μύτη του να ακολουθεί ακριβώς την ακμή της



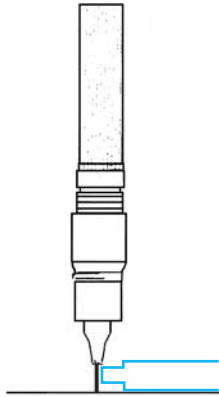
Σχ. 2.2α.

Σχεδίαση γραμμών με μολύβι.



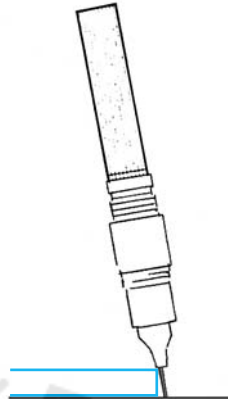
Σχ. 2.2β.

Σχεδίαση γραμμών με μολύβι.



Σχ. 2.2γ.

Σχεδίαση γραμμών με μελάνι.



Σχ. 2.2δ.

Σχεδίαση γραμμών με μελάνι.

1) Υπερβολική πίεση γραφίδας στον κανόνα.

2) Μεγάλη κλίση γραφίδας προς τα έξω.

3) Γραφίδα πολύ κοντά στον κανόνα.

4) Μελάνη στο εξωτερικό του γραμμοσύρτη.

5) Λεπίδες γραμμοσύρτη μη παράλληλες προς κανόνα.

6) Γλίστρημα κανόνα πάνω στο υγρό μελάνι.

7) Ανεπαρκές μελάνι για το τέλειωμα της γραμμής.

Σχ. 2.2ε.

Αποτελέσματα κακής τοποθέτησως της γραφίδας σχετικά με τον κανόνα.

γωνίας, χωρίς να ακουμπά στην κατακόρυφη έδρα της (σχ. 2.2α και 2.2β). Όσο τραβάμε το μολύβι, είναι σκόπιμο να το περιστρέφομε αργά, ώστε η μύτη να τρώγεται ομοιόμορφα και έτσι το πάχος της γραμμής να μένει ικανοποιητικά σταθερό.

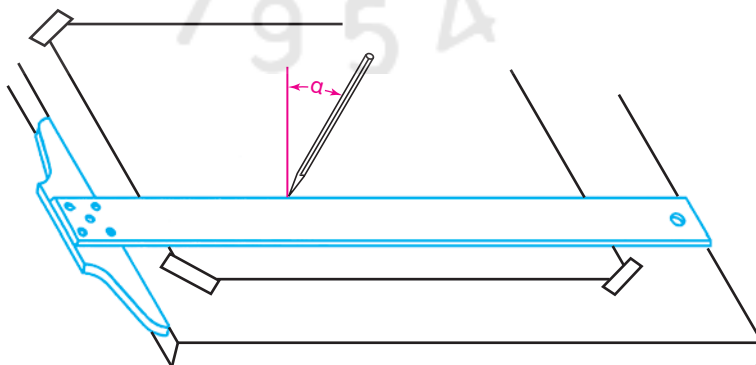
Όταν σχεδιάζουμε με μελάνι, δεν πρέπει ο οδηγός (το τρίγωνο, το καμπυλόγραμμο κλπ.) να ακουμπά τελείως στο χαρτί (σχ. 2.2γ), για να μην μελανωθεί και μουτζουρωθεί έτσι το σχέδιο. Γι' αυτό και ο γραμμοσύρτης, το γκραφός ή ο γραμμογράφος πρέπει να κρατιούνται τελείως κάθετα προς το χαρτί και να κινούνται έτσι, ώστε να ακουμπούν στην κατακόρυφη

παρειά του οδηγού. Αν ο οδηγός ακουμπά στο χαρτί, για να αποφύγουμε το μουτζούρωμα του σχεδίου, είμαστε υποχρεωμένοι να κρατάμε τη γραφίδα λοξά (σχ. 2.2δ). Αν χρησιμοποιούμε γραμμοσύρτη, το αποτέλεσμα κατά κανόνα θα είναι στην περίπτωση αυτή κακής ποιότητας (σχ. 2.2ε). Αν χρησιμοποιούμε γραμμογράφο, θα έχουμε καλό αποτέλεσμα, αν μπορούμε να κρατάμε απόλυτα σταθερή την κλίση του.

Όταν χαράζουμε κύκλους με διαβήτη, πρέπει να μοιράζουμε την πίεση στα δύο σκέλη του διαβήτη και για να μη φύγει το σκέλος από το κέντρο, αλλά και για να διατηρείται σταθερό το πάχος της γραμμής. Αν πρόκειται να γράψουμε πολλούς ομόκεντρους κύκλους, καλό είναι να κολλάμε στη θέση του κέντρου προσωρινά ένα χαρτάκι ή ένα κομμάτι συγκολλητική ταινία (σελλοτέιπ). Έτσι αποφεύγεται το υπερβολικό άνοιγμα της τρύπας του κέντρου. Υπάρχουν όμως και ειδικά **κέντρα** στις συλλογές των εργαλείων, δηλαδή μικρά καρφάκια με υποδοχή στην κεφαλή, για να στηρίζεται η ακίδα του διαβήτη. Όταν ο κύκλος γίνεται με μολύβι, είναι προτιμότερο η μύτη να είναι ξυσμένη σε σχήμα σφήνας (πλακέ) με την ακμή της κάθετη στην ακτίνα του κύκλου. Όταν γίνεται με μελάνη, πρέπει να προσπαθούμε η γραφίδα να είναι κάθετη στο χαρτί.

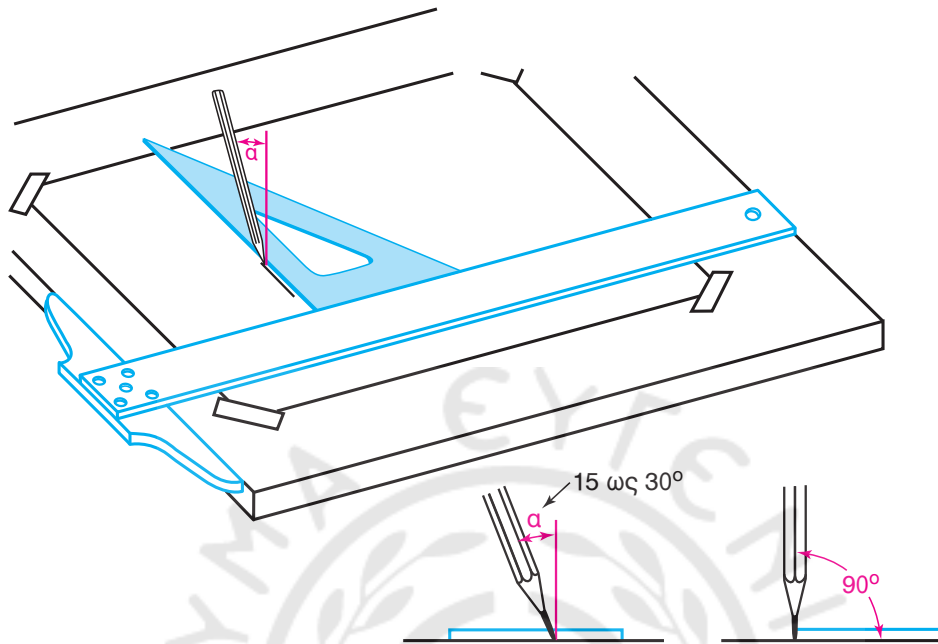
Όταν χαράζουμε γραμμές με ελεύθερο χέρι, χρειάζεται μεγάλη σταθερότητα, για να έχουν ομοιόμορφο πάχος και να μην παρουσιάζουν σπασίματα. Αν σχεδιάζουμε με μελάνη, θα χρησιμοποιήσουμε γραμμογράφο ή ειδικό γραμμοσύρτη, που περιστρέφεται ελεύθερα γύρω από το στέλεχος του (**τρολός**) [σχ. 1.3β(στ)] για να μπορούν πάντοτε οι λεπίδες του να είναι παράλληλες με την εφαπτομένη της γραμμής σε κάθε θέση. Ειδικά για γράμματα και αριθμούς χρησιμοποιούμε γραμμογράφο ή πενάκι και ποτέ γραμμοσύρτη.

Οι περισσότερες γραμμές σε κάθε τεχνικό σχέδιο είναι ευθείες και



Σχ. 2.2στ.

Σχεδίαση ευθειών με ταν ή παράλληλο.



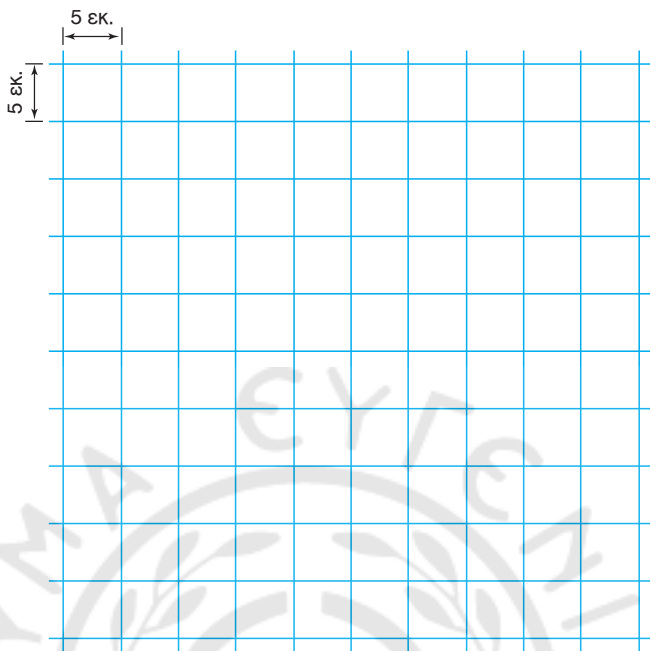
Σχ. 2.2ζ.

Σχεδίαση ευθειών με ταν και τρίγωνο.

μάλιστα παράλληλες με τις πλευρές του σχεδιαστηρίου. Για όσες είναι παράλληλες με τις μεγάλες πλευρές, χρησιμοποιούμε για οδηγό το ταν ή το παράλληλο (σχ. 2.2στ). Για όσες είναι παράλληλες με τις μικρές, ακουμπάμε τη μία κάθετη πλευρά ενός τριγώνου στο ταν ή το παράλληλο και χρησιμοποιούμε την άλλη του κάθετη πλευρά για οδηγό (σχ. 2.2ζ). Με αντίστοιχο τρόπο σχεδιάζουμε και τις γραμμές, που σχηματίζουν γωνίες  $30^\circ$ ,  $45^\circ$  και  $60^\circ$  με τις πλευρές του σχεδιαστηρίου, χρησιμοποιώντας τις υποτείνουσες των τριγώνων. Για τις υπόλοιπες ευθείες χρησιμοποιούμε τα δύο τρίγωνα, όπως θα εξηγήσουμε παρακάτω. Βέβαια, αν το σχεδιαστήριο διαθέτει σύστημα καθέτων κανόνων, δεν χρειάζεται ταν ή παράλληλο.

### 2.3 Άσκηση στη γραμμογραφία.

Αφού γνωρίσαμε τα μέσα και τα υλικά σχεδιάσεως, χρειάζεται να μάθουμε να τα χρησιμοποιούμε. Μόνο στην πράξη διαπιστώνει κάποιος τις δυσκολίες, που παρουσιάζονται, και μαθαίνει τις ιδιομορφίες των οργάνων και των υλικών, ώστε σιγά-σιγά να μπορεί να τις αντιμετωπίσει και να κάνει ένα καλό σχέδιο. Παρακάτω δίνονται μερικές ασκήσεις για να λυθούν.



Σχ. 2.3α.

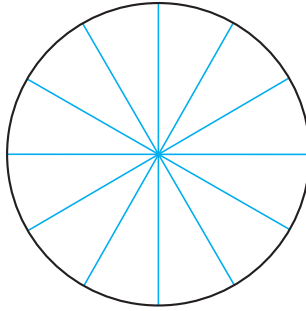
Σχέδιο για την πρώτη άσκηση.

**1η.** Να σχεδιαστεί ένας κάρναβος με διάσταση 5 εκατοστών του μέτρου, δηλαδή μία δέσημη ευθειών παραλλήλων προς τις μεγάλες πλευρές του χαρτιού, που να απέχουν η μία από την άλλη 5 εκατοστά και μία δεύτερη δέσημη ευθειών καθέτων προς τις πρώτες, που να απέχουν και αυτές μεταξύ τους 5 εκατοστά (σχ. 2.3α). Το σχέδιο να γίνει πρώτα με μολύβι σε άσπρο χαρτί και έπειτα να αντιγραφεί με μελάνι σε διαφανές χαρτί. Να χρησιμοποιηθεί λεπτή συνεχής γραμμή πάχους 0,2 χιλιοστών του μέτρου.

Το σχέδιο αυτό θεωρείται άριστο, αν οι πλευρές των τετραγώνων, που σχηματίζονται, δεν διαφέρουν από τα 5 εκατοστά περισσότερο από το πάχος της γραμμής και αν είναι αδύνατο με το μάτι να διακρίνει κάποιος μια γραμμή παχύτερη ή λεπτότερη από τις άλλες.

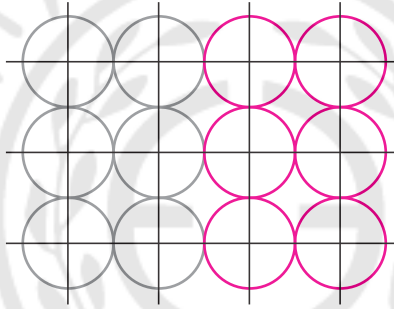
**2η.** Να σχεδιαστεί ένας κύκλος με ακτίνα ίση με 5 ως 10 εκατοστά του μέτρου και να χαραχτούν έξι διάμετροί του, που να τον χωρίζουν σε 12 κυκλικούς τομείς (σχ. 2.3β). Στο ίδιο χαρτί να σχεδιαστεί το σχέδιο αυτό αριστερά με μολύβι και δεξιά με μελάνι με γραμμή συνεχή πάχους 0,4 χιλιοστών του μέτρου. Για τη χάραξη των διαμέτρων να χρησιμοποιηθεί





Σχ. 2.3β.

Σχέδιο για τη δεύτερη άσκηση.



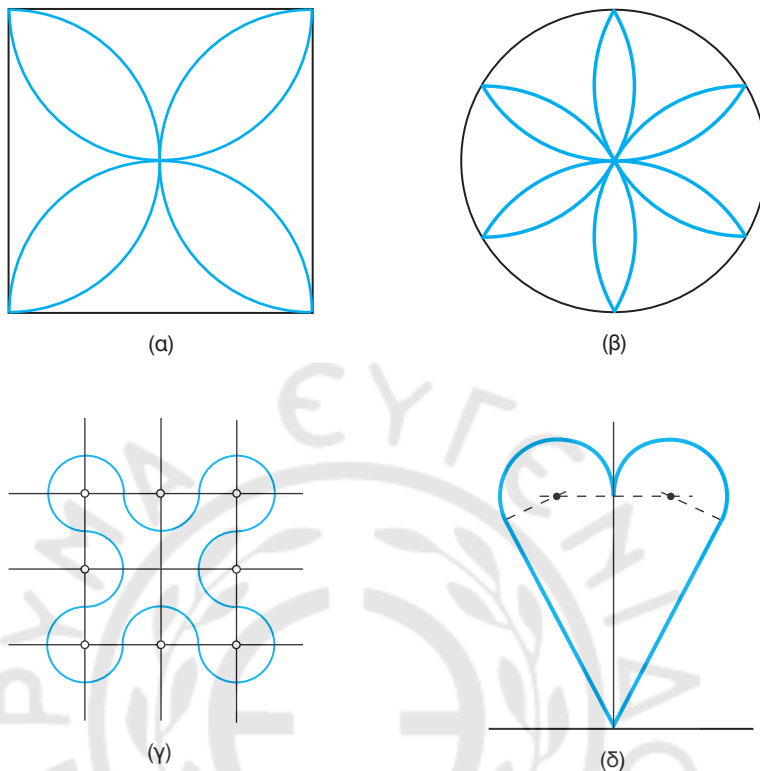
Σχ. 2.3γ.

Σχέδιο για την τρίτη άσκηση.

το ταυ μόνο του για τη μία και το ταυ σε συνδυασμό με το σκαληνό τρίγωνο για τις άλλες πέντε, ώστε να χρησιμοποιηθούν όλες οι γωνίες του, που είναι ίσες με  $30^\circ$ ,  $60^\circ$  και  $90^\circ$ .

Το σχέδιο αυτό θεωρείται πετυχημένο, όταν και οι έξι διάμετροι περνούν ακριβώς από το κέντρο έτσι, ώστε να μην μπορεί κάποιος με το μάτι να διαπιστώσει καμιά διαφορά ανάμεσα στις δώδεκα επίκεντρες γωνίες, που σχηματίζονται εκεί. Επίσης οι διάμετροι να τελειώνουν ακριβώς στην περιφέρεια, χωρίς να αφήνουν κενό, ούτε να προεξέχουν από τον κύκλο.

**3η. Να σχεδιαστούν δώδεκα ίσοι κύκλοι με ακτίνα ίση με 3 ως 6 εκατοστά του μέτρου, που τα κέντρα τους να αποτελούν τρεις σειρές οριζόντιες από τέσσερα κέντρα σε κάθε σειρά και να απέχουν μεταξύ τους αποστάσεις ίσες με τη διάμετρο των κύκλων έτσι, ώστε όλοι οι κύκλοι να εφάπτονται μεταξύ τους (σχ. 2.3γ). Οι έξι αριστεροί κύκλοι να σχεδιαστούν με μολύβι και οι**



Σχ. 2.3δ.  
Σχέδιο για την τέταρτη άσκηση.

υπόλοιποι με μελάνι και να χρησιμοποιηθεί γραμμή συνεχής με πάχος 0,4 χιλιοστά του μέτρου.

Το σχέδιο αυτό θεωρείται πετυχημένο, όταν οι κύκλοι πράγματι εφάπτονται, δηλαδή ούτε τέμνονται ούτε αφήνουν κενό μεταξύ τους και μάλιστα έτσι, ώστε να μην μπορεί να διακρίνει κάποιος κάποια από τις 17 επαφές διαφορετική από τις άλλες. Εννοείται ότι και τα πάχη των γραμμών πρέπει να είναι όλα τα ίδια.

**4η. Να σχεδιαστούν τα σχήματα, που φαίνονται στο σχήμα 2.3δ με μολύβι και με μελάνι και με διάφορα πάχη γραμμών.** Το σχήμα (α) αποτελείται από ένα τετράγωνο και τέσσερα ημικύκλια, που έχουν τα κέντρα τους στα μέσα των πλευρών του τετραγώνου και διάμετρο ίση με την πλευρά του τετραγώνου.

Το σχήμα (β) αποτελείται από έναν κύκλο και έξι κυκλικά τόξα με την ίδια ακτίνα. Το πρώτο κυκλικό τόξο έχει κέντρο ένα τυχαίο σημείο του κύκλου και τα υπόλοιπα έχουν κέντρα τα σημεία, όπου το προηγούμενο

τόξο τέμνει τον αρχικό κύκλο.

Το σχήμα (γ) αποτελείται από οκτώ κυκλικά τόξα, όλα με την ίδια ακτίνα. Τα κέντρα τους είναι διαταγμένα σε τρεις σειρές και τρεις στήλες στις κορυφές ενός καννάβου με διάσταση ίση προς τη διάμετρο των κύκλων. Το μεσαίο κέντρο δεν χρησιμοποιείται καθόλου. Τα τέσσερα γωνιακά τόξα είναι ίσα με τα τρία τέταρτα κάθε κύκλου, ενώ τα άλλα τέσσερα είναι ημικύκλια.

Το σχήμα (δ) αποτελείται από δύο τόξα ίσα με τα δύο τρίτα κύκλων. Τα τόξα έχουν την ίδια ακτίνα και τα κέντρα τους απέχουν μεταξύ τους απόσταση ίση με το μήκος της διαμέτρου των κύκλων. Οι δύο ευθείες εφάπτονται στα άκρα των τόξων και θα χαραχτούν με τη βοήθεια του ταν και του σκαληνού τριγώνου.

Τα δύο πρώτα σχήματα θεωρούνται πετυχημένα, όταν στα σημεία, όπου συναντιούνται τρεις ή περισσότερες γραμμές, πράγματι όλες αυτές οι γραμμές περνούν από το ίδιο σημείο και δεν διακρίνονται με το μάτι διαφορές ανάμεσα σε στοιχεία, που πρέπει θεωρητικά να είναι ίδια. Τα δύο τελευταία σχήματα θεωρούνται πετυχημένα, όταν οι γραμμές φαίνονται σαν να έχουν σχεδιαστεί μονοκόμματα και όχι σαν να αποτελούνται από κομμάτια, που ενώνονται μεταξύ τους σε ορισμένα σημεία.

**5η.** Με βάση τα προηγούμενα παραδείγματα να σχεδιάσει κάθε μαθητής και άλλα απλά σχέδια, που να αποτελούνται από ευθύγραμμα τμήματα και τόξα κύκλων ή ολόκληρους κύκλους, προσπαθώντας να τους δώσει και κάποια διακοσμητική εμφάνιση.

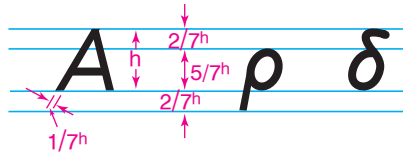
## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

### ΤΕΧΝΙΚΗ ΓΡΑΦΗ ΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΑΡΙΘΜΩΝ

#### 3.1 Ελεύθερη γραφή.

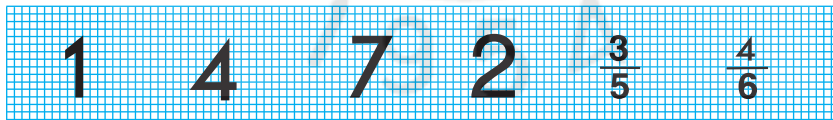
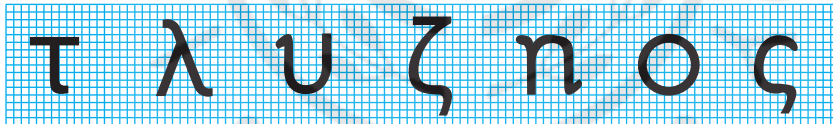
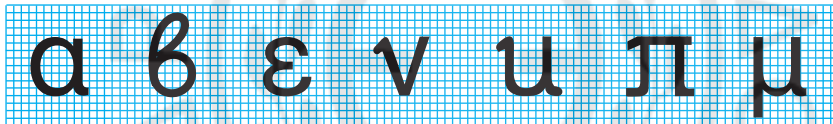
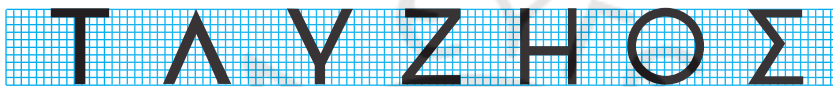
Όλα σχεδόν τα σχέδια περιέχουν γράμματα (κεφαλαία ή πεζά), αριθμούς ή και άλλα σύμβολα. Αν και τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιούνται συνήθως άλλες μέθοδοι, πρέπει ο σχεδιαστής να είναι σε θέση να **τα σχεδιάζει** με ελεύθερο χέρι. Σκόπιμα λέμε να τα σχεδιάζει και όχι να τα γράφει. Πρέπει κάθε γράμμα, αριθμός ή σύμβολο να θεωρηθεί ότι είναι ένα σχήμα, που αποτελείται από ευθύγραμμα τμήματα και τόξα κύκλου ή άλλης καμπύλης και το σχήμα αυτό να κατασκευάζεται, όσο πιο καλά γίνεται. Υπάρχουν τρεις τρόποι για τη σχεδίαση γραμμάτων: ο πρώτος είναι με ελεύθερο χέρι, δηλαδή χωρίς ή με ελάχιστη βοήθεια εργαλείων και περιορίζεται συνήθως σε γράμματα μικρότερα από 15 χιλιοστά του μέτρου, ο δεύτερος με χρήση εργαλείων, ακριβή προσχεδίαση με μολύβι και προσεκτικό τελικό μελάνωμα και ο τρίτος με μηχανικό τρόπο, δηλαδή με οδηγούς ή ειδικές συσκευές, που περιέχουν έτοιμες μήτρες και διευκολύνουν την κατασκευή. Πρέπει πάντως να τονίσουμε ότι κάθε σχεδιαστής πρέπει κυρίως να μπορεί να εφαρμόζει τον πρώτο τρόπο, γιατί οι άλλοι δύο μαθαίνονται αρκετά εύκολα με μια μικρή εξάσκηση.

Τα γράμματα, ψηφία ή σύμβολα μπορεί να είναι μόνα τους, για να χαρακτηρίσουν π.χ. ένα σημείο ή κάποιο στοιχείο του σχεδίου, συνήθως όμως βρίσκονται σε ομάδες, που σχηματίζουν λέξεις ή πολυψήφιους αριθμούς. Τότε είναι απαραίτητο να είναι στοιχημένα με ακρίβεια, γι' αυτό είναι σκόπιμο να φέρνουμε δύο παράλληλες γραμμές για οδηγούς και να τα γράφουμε μέσα σε αυτές προσέχοντας πολύ να ακουμπούν στις γραμμές, χωρίς να προεξέχουν καθόλου. Πολλές φορές μια τρίτη ή μια τέταρτη γραμμή μπορούν να μας διευκολύνουν περισσότερο (σχ. 3.1α). Οι γραμμές οδηγοί είναι κατά κανόνα παράλληλες με την κάτω πλευρά του σχεδίου, χρειάζεται όμως συχνά να είναι και κάθετες προς αυτήν. Τότε, τα γράμματα ή ψηφία έχουν το κάτω μέρος τους πάντοτε προς τα δεξιά. Μόνο σε εξαιρετικές περιπτώσεις επιτρέπεται οι γραμμές οδηγοί να είναι λοξές,



Σχ. 3.1α.

Οδηγητικές γραμμές για τη σχεδίαση γραμμάτων.



Σχ. 3.1β.

Γράμματα σε χαρτί τετραγωνισμένο (μιλλιμετρέ).

πάντοτε όμως το κάτω μέρος των γραμμάτων ή ψηφίων πρέπει να βρίσκεται προς τα κάτω ή δεξιά.

Υπάρχουν πολλοί τύποι γραμμάτων και ψηφίων και είναι σκόπιμο να γίνει εξάσκηση για την εκμάθησή τους. Ένας τρόπος είναι να χρησιμοποιηθεί χαρτί με διαιρέσεις σε χιλιοστά του μέτρου κατά τις δύο διευθύνσεις (μιλλιμετρέ) και να δοθούν υποδείγματα (σχ. 3.1β και 3.1γ).

Τα γράμματα και τα ψηφία μπορεί να είναι στενά και υψηλά, φαρδιά

Α Β Ε Ν Κ Π Μ

Τ Λ Υ Ζ Η Ο Σ

1 4 7 2  $\frac{3}{5}$   $\frac{4}{6}$ 

Σχ. 3.1γ.

Υποδείγματα γραμμάτων.

ΑΥΡΙΟ - ΑΛΑΤΙ

(α)

ΑΥΡΙΟ - ΑΛΑΤΙ

(β)

Σχ. 3.1δ.

Γράψιμο λέξεων: α) με ίσα διαστήματα, β) με άνισα αλλά κατάλληλα διαστήματα.

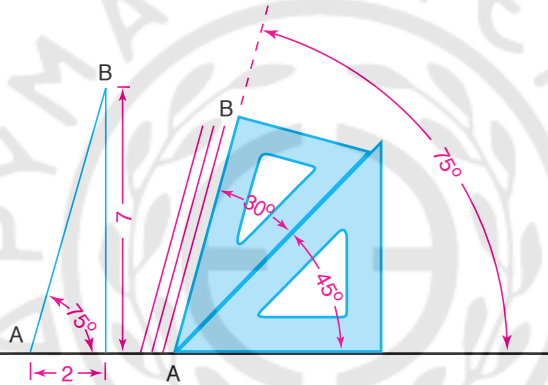
και χαμηλά, να γράφονται με γραμμή λεπτή ή παχύτερη, με ένα ή δύο διαφορετικά πάχη γραμμών κ.ο.κ. Στα συνηθισμένα όμως σχέδια χρησιμοποιείται κατά κανόνα ένας απλός τύπος γραμμάτων, χωρίς πολύ αυστηρούς κανόνες. Μπορεί δηλαδή το όμικρον να είναι κυκλικό ή ελλειψοειδές, το έψιλον να έχει τη γραμμή στη μέση ή λίγο ψηλότερα, αλλά σε όλο το σχέδιο ο τύπος των γραμμάτων πρέπει να κρατιέται αυστηρά σταθερός. Βέβαια το μέγεθος των γραμμάτων εξαρτάται από το ρόλο, που παίζει το καθένα στο σχέδιο.

Μεγάλη σημασία έχει ο καθορισμός των αποστάσεων των γραμμάτων μεταξύ τους όταν σχηματίζουν μια λέξη. Αν διαθέσουμε για όλα τα γράμματα τον ίδιο χώρο το αποτέλεσμα θα είναι πολύ άσχημο. Τα διαστήματα πρέπει να είναι μικρότερα ή μεγαλύτερα ανάλογα με το σχήμα των γραμμάτων και αυτό μόνον η πείρα μπορεί να το διδάξει (σχ. 3.1δ). Γενικά στο I και στον αριθμό 1 διατίθεται λιγότερος χώρος, επίσης μειώνεται η απόσταση δύο γειτονικών γραμμάτων, όταν τα σχήματά τους συμπληρώνουν το ένα το άλλο, όπως π.χ. ΛΥ, ΟΣ, ΑΤ, ενώ αυξάνεται στην



αντίθετη περίπτωση, π.χ. ΤΥ, ΘΟ, ΡΤ, ΑΛ.

Κατά κανόνα τα γράμματα είναι όρθια, μπορεί όμως να χρησιμοποιήσουμε και λοξή γραφή. Τότε τα γράμματα γέρνουν λίγο, ώστε οι όρθιες γραμμές τους να σχηματίζουν γωνία  $75^\circ$  με τις γραμμές οδηγούς. Η γωνία αυτή στην ελεύθερη γραφή υπολογίζεται κατά προσέγγιση με το μάτι, όταν αποκτηθεί πείρα, στην αρχή όμως, για να γέρνουν όλα τα γράμματα ομοιόμορφα, χρειάζονται μερικές οδηγητικές γραμμές, που μπορούν να χαραχτούν με το ταν και τα δύο τρίγωνα (σχ. 3.1ε). Καλόν είναι να γίνει εξάσκηση και σε αυτήν τη γραφή με υποδείγματα σε λοξά τετραγωνισμένο χαρτί (σχ. 3.1στ και 3.1ζ).



Σχ. 3.1ε.

Κατασκευή οδηγητικών γραμμών για λοξά γράμματα.

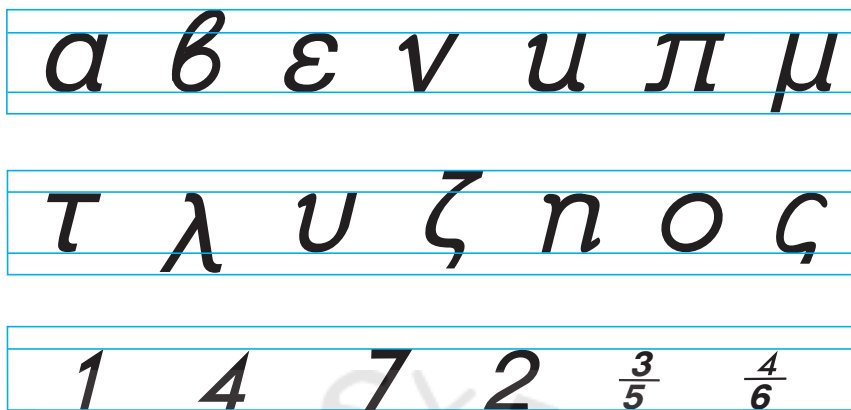
α β ε ν υ π μ

τ λ υ ζ η ο ς

1 4 7 2  $\frac{3}{5}$   $\frac{4}{6}$

Σχ. 3.1στ.

Γράμματα σε χαρτί λοξά τετραγωνισμένο.



Σχ. 3.1ζ.

Υποδείγματα λοξών γραμμιάτων.

### 3.2 Γραφή με οδηγό.

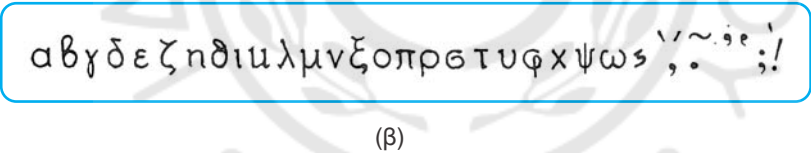
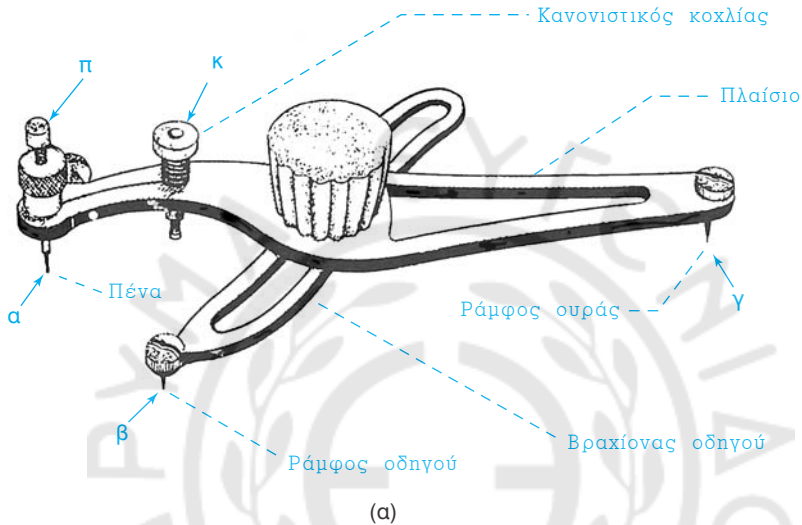
Κυκλοφορούν σήμερα στο εμπόριο ειδικά πλαστικά όργανα με διατρήσεις σε σχήμα γραμμιάτων και αριθμών, ώστε να χρησιμοποιούνται ως οδηγοί, όταν θέλουμε να γράψουμε στο σχέδιο (σχ. 1.5η). Τα όργανα αυτά έχουν τη μορφή κανόνων, ώστε να τα σέρνομε επάνω στο ταυ ή το τρίγωνο και να εξασφαλίζεται έτσι, ότι τα γράμματα ή τα ψηφία είναι απόλυτα στοιχημένα. Αν διαθέτομε πλούσια συλλογή τέτοιων οργάνων, μπορούμε να γράφομε κεφαλαία ή πεζά γράμματα, ψηφία και σύμβολα σε διάφορους τύπους και μεγέθη.

Και εδώ όμως χρειάζεται εξάσκηση ιδίως για τα γράμματα ή ψηφία, που εμφανίζονται στο όργανο όχι με σχισμές, όπως το Γ, το Η ή το Τ, αλλά με ολόκληρα κενά, όπως το Ο, το Α ή το Ρ. Για μερικές περιπτώσεις χρειάζεται να γίνει σύνθεση, όπως π.χ. για το Θ, που αποτελείται από το Ο και τη μεσαία γραμμή του Η, ή το δ, που αποτελείται από δύο ελλείψεις, μια κάτω ο και μια επάνω °. Στις τελευταίες αυτές περιπτώσεις χρειάζεται να μετακινηθεί το όργανο, για να συμπληρωθεί το γράμμα ή το ψηφίο.

Οι οδηγοί αυτοί χρησιμοποιούνται κυρίως, όταν τα σχέδια γίνονται με μελάνι. Η γραφή τότε γίνεται με γραμμογράφο, που πρέπει να έχει το κατάλληλο πάχος, για να χωρά στις σχισμές, χωρίς όμως να έχει και μεγάλη ελευθερία, γιατί τότε οι γραμμές κινδυνεύουν να γίνουν στραβές. Βέβαια μπορεί να χρησιμοποιηθεί και μολύβι, αλλά και τότε το πάχος της μύτης πρέπει να είναι κατάλληλο.

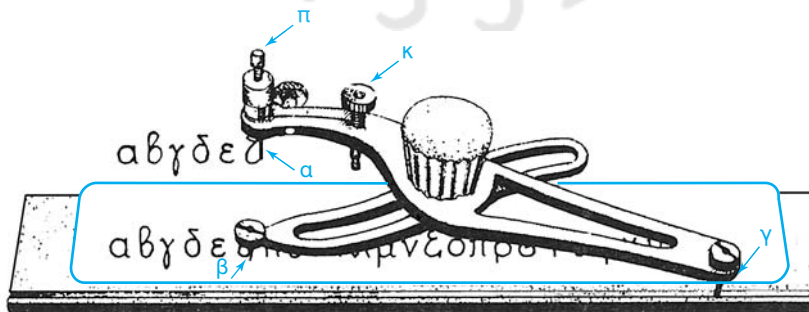
Εκτός από τους απλούς αυτούς οδηγούς υπάρχουν και άλλοι με μεγαλύτερες δυνατότητες. Σε αυτούς η γραφή γίνεται με μια γραφίδα, που κινείται πάνω στο σχέδιο και που συνδέεται με μιαν άλλη ακίδα οδηγό. Η ακίδα οδηγός κινείται μέσα στις σχισμές του κανόνα οδηγού. Με τον τρόπο

αυτό μπορούμε να γράψουμε, όχι μόνο γράμματα ακριβώς ίδια με τα γράμματα του οδηγού, αλλά και μεγαλύτερα όμοια με τα αρχικά, αρκεί να ρυθμίσουμε κατάλληλα τη σύνδεση του οδηγού με τη γραφίδα (σχ. 3.2α και 3.2β). Υπάρχουν μάλιστα και συστήματα με διπλή ρύθμιση, ώστε να μπορούμε να μεγαλώσουμε το ύψος διαφορετικά από το πλάτος των γραμμμάτων και έτσι να έχουμε ψιλόλιγνα ή κοντόχοντρα ανάλογα με την



Σχ. 3.2α.

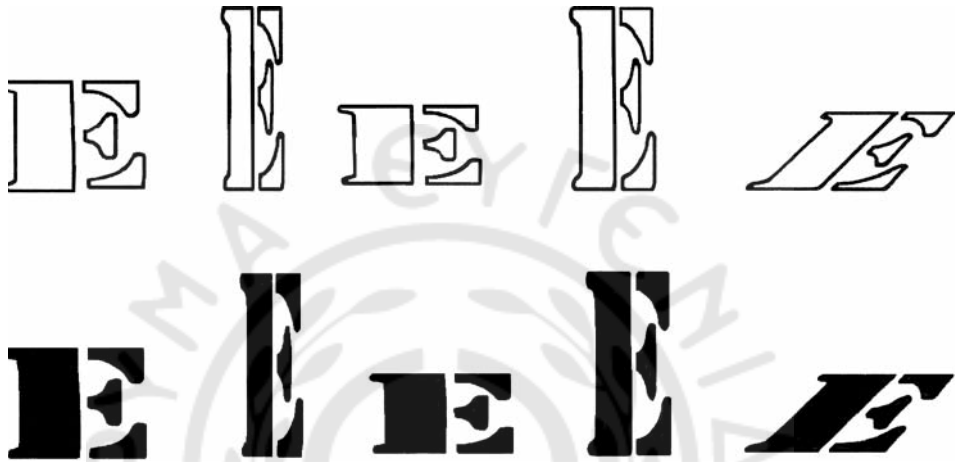
Συσκευή γραφής γραμμμάτων συστήματος LEROY: α) κρυφός γραφέας, β) τύπος γραμμμάτων.



Γραφή γραμμμάτων με το σύστημα LEROY.

επιθυμία μας. Μπορεί μάλιστα και να μας δίνουν γράμματα, όχι με απλές γραμμές, αλλά με το περίγραμμά τους, που ή το αφήνομε άδειο ή το μαυρίζομε (σχ. 3.2γ).

Υπάρχουν και μηχανές διαφόρων τύπων κατάλληλες να γράφουν στα σχέδια. Ένας τύπος μοιάζει με γραφομηχανή, που διαθέτει μεγάλη ποικιλία γραμμάτων, ψηφίων και συμβόλων τόσο από την άποψη του



Σχ. 3.2γ.

Διάφοροι τύποι γραμμάτων γραμμένοι με το ίδιο αρχικό γράμμα οδηγό.



Σχ. 3.2δ.

Μηχανή που γράφει γράμματα σε αυτοκόλλητη ταινία.

μεγέθους όσο και από την άποψη της μορφής και έχει κατάλληλο κύλινδρο, ώστε να μπορεί να γράφει σε οποιοδήποτε σημείο του σχεδίου, χωρίς να τσαλακώνει το χαρτί. Άλλοι τύποι είναι μικρότεροι και τοποθετούνται επάνω στο σχέδιο ή παράγουν αυτοκόλλητες λωρίδες, όπου είναι γραμμένο το κείμενο (σχ. 3.2δ). Τα γράμματα και τα ψηφία γράφονται είτε μηχανικά είτε ηλεκτρονικά σύμφωνα με εντολές, που δίνονται με ένα πληκτρολόγιο. Οι ηλεκτρονικές μηχανές έχουν και μνήμη, ώστε ολόκληρο κείμενο μπορεί να ξαναγραφτεί σε άλλη θέση του σχεδίου ή σε άλλο σχέδιο με μια μόνο εντολή (σχ. 3.2ε).

Μία από τις σύγχρονες εξελίξεις είναι και το *αυτόματο σχεδιαστήριο* (plotter, σχ. 3.2στ). Με τον τρόπο αυτό σχεδιάζονται αυτόματα όχι μόνο γράμματα, ψηφία και σύμβολα, αλλά όλες οι γραμμές του σχεδίου. Η



Σχ. 3.2ε.

Ηλεκτρονική μηχανή για γραφή γραμμιάτων στο σχέδιο.



Σχ. 3.2στ.

Αυτόματο ηλεκτρονικό σχεδιαστήριο (plotter).



δουλειά αρχίζει σε ένα **τραπέζι εργασίας** (work station, σχ. 3.2ζ), που η επιφάνειά του είναι ηλεκτρονικά συνδεδεμένη με έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή, με μια ή δύο οθόνες όμοιες με της τηλεοράσεως και με το αυτόματο σχεδιαστήριο. Με εντολές, που δίνονται με ένα πληκτρολόγιο και με διάφορους άλλους τρόπους, γίνεται η σύνθεση του σχεδίου επάνω στην οθόνη. Μπορεί ακόμα να μεταφερθεί και ολόκληρο έτοιμο σχέδιο στην οθόνη, αν το απλώσουμε επάνω στο τραπέζι, που έχει τη δυνατότητα να το μεταφράσει σε αριθμούς με κατάλληλες εντολές. Γι' αυτό το λόγο η επιφάνεια του τραπεζιού λέγεται **ψηφιαστής** (digitizer). Το σχέδιο, που σχηματίζεται στην οθόνη, μπορεί να διορθωθεί, να συμπληρωθεί και να βελτιωθεί με αντίστοιχες εντολές, που περνάνε πάντοτε από τον ηλεκτρονικό υπολογιστή. Όταν αποκτήσει την επιθυμητή μορφή και τελειότητα δίνεται η εντολή να σχεδιαστεί επάνω σε χαρτί, διαφανές ή όχι, στο αυτόματο σχεδιαστήριο. Μπορούμε μάλιστα να σχεδιάσουμε σε διαφορετικά χαρτιά, όσα στοιχεία από το σχέδιο επιθυμούμε και έτσι να έχουμε π.χ. την κάτοψη ενός κτηρίου με τα έπιπλά του σε ένα σχέδιο, την ίδια κάτοψη με τις ηλεκτρονικές εγκαταστάσεις σε ένα άλλο, σε ένα σχέδιο



Σχ. 3.2ζ.

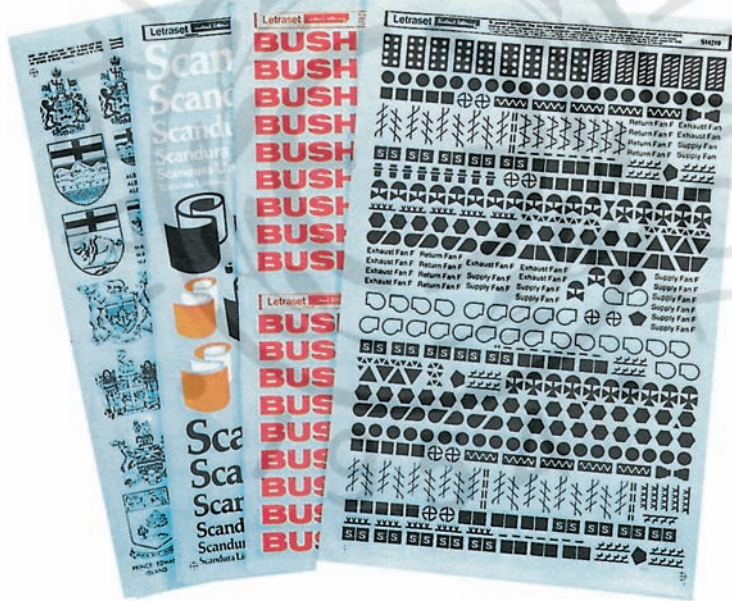
Ηλεκτρονικό τραπέζι εργασίας (work station).



να αναγράφονται οι διαστάσεις και σε άλλο όχι κ.ο.κ.

### 3.3 Γραφή με επικόλληση.

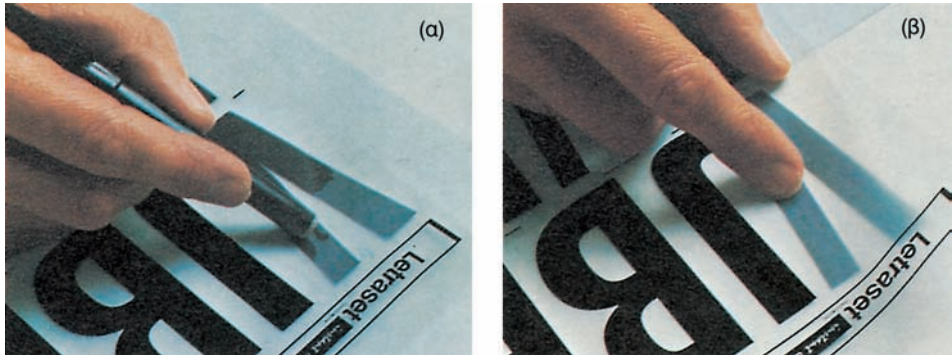
Άλλος τρόπος για τη γραφή γραμμάτων, ψηφίων και συμβόλων στα σχέδια είναι η επικόλληση στο σχέδιο ετοιμών αυτοκολλητών γραμμάτων (LETTRASET). Τα γράμματα αυτά, σε πλουσιότατη ποικιλία (σχ. 3.3α) από την άποψη μεγεθών και τύπων, είναι προσωρινά κολλημένα σε διαφανή φύλλα. Για να τα επικολλήσουμε στο σχέδιο, παίρνομε όλο το φύλλο και το τοποθετούμε με τέτοιο τρόπο, ώστε το γράμμα που μας ενδιαφέρει να βρίσκεται στην επιθυμητή ακριβώς θέση. Με μια ειδική σπάτουλα (σχ. 3.3β) ή στην ανάγκη με το πίσω μέρος ενός μολυβιού ή ακόμα και με το δάκτυλό μας πιέζομε το γράμμα, ώσπου να κολλήσει στο



Σχ. 3.3α.

*Ποικιλία γραμμάτων, ψηφίων και συμβόλων για επικόλληση.*

σχέδιο. Τότε τραβάμε με προσοχή το φύλλο, από όπου έχει ήδη ξεκολλήσει το γράμμα, για να επαναλάβομε την ίδια διαδικασία με το επόμενο γράμμα. Όταν τελειώσομε το κόλλημα, είναι σκόπιμο να το στερεώσομε (φιξάρουμε) με έναν κατάλληλο ψεκασμό (σχ. 3.3γ).



Σχ. 3.3β.

Επικόλληση γραμμιάτων: α) με σπάτουλα, β) με το δάκτυλο.



Σχ. 3.3γ.

Στερέωση (φιξάρισμα) αυτοκόλλητων γραμμιάτων.

Είναι ευνόητο ότι η μέθοδος αυτή είναι και δαπανηρή και σχετικά αργή, δίνει όμως τα καλύτερα αποτελέσματα. Γι' αυτό χρησιμοποιείται μόνο σε σχέδια μελανωμένα με αυξημένες αξιώσεις ποιότητας.

### 3.4 Ασκήσεις.

Να αντιγράψετε τα παραδείγματα των σχημάτων 3.4α, 3.4β, 3.4γ, 3.4δ και 3.4ε προσπαθώντας να αποφύγετε τις ατέλειες, που παρουσιάζονται στις αριστερές τους στήλες.

(α)	(β)
Α Β Γ Δ Ε	Α Β Γ Δ Ε
Ζ Η Θ Ι Κ	Ζ Η Θ Ι Κ
Λ Μ Ν Ξ Ο	Λ Μ Ν Ξ Ο
Π Ρ Σ Τ Υ	Π Ρ Σ Τ Υ
Φ Χ Ψ Ω	Φ Χ Ψ Ω
0 1 2 3 4 5	0 1 2 3 4
6 7 8 9	5 6 7 8 9

Σχ. 3.4α.

Κεφαλαία όρθια γράμματα: α) κακή γραφή, β) καλή γραφή.

(α)	(β)
α β γ δ ε	α β γ δ ε
ζ η θ ι υ	ζ η θ ι υ
λ μ ν ξ ο	λ μ ν ξ ο
π ρ σ τ υ	π ρ σ τ υ
φ χ ψ ω ς	φ χ ψ ω ς
0 1 2 3 4 5	0 1 2 3 4 5
6 7 8 9 $\frac{3}{5}$ $\frac{4}{6}$	6 7 8 9 $\frac{3}{5}$ $\frac{4}{6}$

Σχ. 3.4β.

Πεζά όρθια γράμματα: α) κακή γραφή, β) καλή γραφή.

(α)	(β)
Α Β Γ Δ Ε	Α Β Γ Δ Ε
Ζ Η Θ Ι Κ	Ζ Η Θ Ι Κ
Λ Μ Ν Ξ Ο	Λ Μ Ν Ξ Ο
Π Ρ Σ Τ Υ	Π Ρ Σ Τ Υ
Φ Χ Ψ Ω	Φ Χ Ψ Ω
0 1 2 3 4	0 1 2 3 4
5 6 7 8 9	5 6 7 8 9

Σχ. 3.4γ.

Κεφαλαία λοξά γράμματα: α) κακή γραφή, β) καλή γραφή.

(α)	(β)
α β γ δ ε	α β γ δ ε
ζ η θ ι υ	ζ η θ ι υ
λ μ ν ξ ο	λ μ ν ξ ο
π ρ σ τ υ	π ρ σ τ υ
φ χ ψ ω ς	φ χ ψ ω ς
0 1 2 3 4 5	0 1 2 3 4 5
6 7 8 9 $\frac{3}{5}$ $\frac{4}{6}$	6 7 8 9 $\frac{3}{5}$ $\frac{4}{6}$

Σχ. 3.4δ.

Πεζά λοξά γράμματα: α) κακή γραφή, β) καλή γραφή.

(α)	(β)
ΛΕΓΕΤΕ	ΛΕΓΕΤΕ
ΤΗΝ	ΤΗΝ
ΑΛΗΘΕΙΑ	ΑΛΗΘΕΙΑ
ΛΕΓΕΤΕ	ΛΕΓΕΤΕ
ΤΗΝ	ΤΗΝ
ΑΛΗΘΕΙΑ	ΑΛΗΘΕΙΑ
Λέγετε	Λέγετε
την	την
Αλήθεια	Αλήθεια
Λέγετε	Λέγετε
την	την
Αλήθεια	Αλήθεια

Σχ. 3.4ε.

*Διάφοροι τύποι γραμμάτων: α) κακή γραφή, β) καλή γραφή.*

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

### ΚΛΙΜΑΚΑ ΣΧΕΔΙΑΣΕΩΣ

#### 4.1 Γενικά.

Τα αντικείμενα που παριστάνουν τα τεχνικά σχέδια, είναι διαφόρων ειδών και διαστάσεων. Μπορεί π.χ. να είναι ολόκληρες πόλεις ή έργα που εκτείνονται σε μεγάλες περιοχές, όπως δρόμοι, αρδευτικά δίκτυα ή γραμμές μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας, μπορεί ακόμα να είναι κτήρια, πλοία, μηχανές κλπ. Αλλά και επί μέρους εξαρτήματα κατασκευών, όπως βίδες, χειρολαβές, διακόπτες κλπ. παριστάνονται σε σχέδια. Επειδή το μέγεθος των αντικειμένων αυτών είναι κατά κανόνα αρκετά μεγάλο, η σχεδιάσή τους στο φυσικό τους μέγεθος δεν χωρά σε ένα σχέδιο με λογικές διαστάσεις, που να είναι και εύχρηστο κατά τη μελέτη ή την κατασκευή του έργου. Έτσι σχεδόν πάντοτε τα αντικείμενα σχεδιάζονται μικρότερα από το πραγματικό τους μέγεθος, δηλαδή σχεδιάζονται όπως λέμε *υπό κλίμακα*.

#### 4.2 Είδη κλιμάκων.

Η κλίμακα σχεδίασεως παριστάνεται με ένα κλάσμα (τη γραμμή του κλάσματος αντικαθιστά συνήθως το σύμβολο της διαιρέσεως), που έχει αριθμητή τη μονάδα και παρονομαστή έναν αριθμό, που δείχνει πόσες φορές μεγαλύτερες είναι οι διαστάσεις του αντικειμένου, από αυτές που φαίνονται στο σχέδιό του. Έχει καθιερωθεί ο παρονομαστής αυτός να είναι ένας από τους αριθμούς 2, 5, 10, 20, 50, 100, 200, 500, 1000 κ.ο.κ. Σπανιότερα χρησιμοποιούνται και οι αριθμοί 2,5, 25, 250, 2500 κ.ο.κ. Σε τελείως εξαιρετικές περιστάσεις χρησιμοποιούμε και τις κλίμακες 1:1,5, 1:3 και 1:4, όπως και τις 1:12,5, 1:125, 1:1250 κ.ο.κ. Η κλίμακα αυτή, που παριστάνεται με κλάσμα, ονομάζεται *αριθμητική* κλίμακα και πρέπει πάντοτε να γράφεται σε κάθε σχέδιο με τρόπο, που να μπορεί κάποιος να τη βλέπει αμέσως. Τονίζουμε εδώ ότι η κλίμακα αναφέρεται στις *γραμμικές*

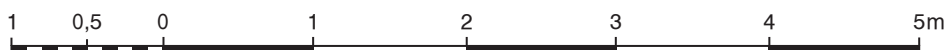


*διαστάσεις*, επομένως σε μια κλίμακα π.χ. 1:100 *τα μήκη παρουσιάζονται 100 φορές μικρότερα* από τα πραγματικά, αλλά *τα εμβαδά είναι 10.000 φορές μικρότερα* από τα πραγματικά. Σημειώνουμε ακόμα ότι, αφού η κλίμακα είναι κλάσμα, μεγαλύτερη κλίμακα είναι εκείνη, που έχει το μικρότερο παρονομαστή.

Υπάρχουν όμως και περιπτώσεις που χρειάζεται να σχεδιάσουμε πολύ μικρά αντικείμενα. Ιδιαίτερα η ανάγκη αυτή παρουσιάστηκε με την εξέλιξη της ηλεκτρονικής. Είναι τότε ανάγκη το σχέδιο να παριστάνει το αντικείμενο μεγαλύτερο από όσο είναι πραγματικά. Η αριθμητική κλίμακα τότε είναι ένα κλάσμα, που έχει παρονομαστή τη μονάδα και αριθμητή έναν από τους αριθμούς 2, 5 ή 10 και σπανιότερα 1,5, 2,5, 3 ή 4. Η κλίμακα μπορεί να δοθεί και γραφικά (σχ. 4.2), δηλαδή με ένα ευθύγραμμο τμήμα, σχεδιασμένο σε κάποιο μέρος του σχεδίου, με διαιρέσεις, που έχουν δίπλα τους αριθμούς. Συνήθως κοντά στην αριστερή άκρη βρίσκεται το 0 και έχει δεξιά του 5 ή 10 μεγάλες διαιρέσεις και αριστερά του άλλη μια μοιρασμένη σε δέκα υποδιαιρέσεις. Ο αριθμός που υπάρχει δίπλα σε κάθε διαίρεση δείχνει ποιο πραγματικό μήκος παριστάνει στο σχέδιο το μήκος της διαιρέσεως αυτής. Σε μια κλίμακα π.χ. 1:50 κάθε διαίρεση είναι δύο εκατοστόμετρα και γράφει ότι παριστάνει ένα μέτρο. Η κλίμακα αυτή λέγεται *γραφική* σε αντίθεση με την αριθμητική κλίμακα. Για τη γραφική κλίμακα σχεδίων, όπου το αντικείμενο παριστάνεται μεγαλύτερο, από όσο είναι πραγματικά, ισχύουν τα ίδια με τα παραπάνω.

Σήμερα η τεχνολογία επιτρέπει την εύκολη αναπαραγωγή των σχεδίων και μάλιστα όχι μόνο στο αρχικό τους μέγεθος, αλλά και σε μικρότερο ή μεγαλύτερο σύμφωνα με τις επιθυμίες μας. Σε μια τέτοια περίπτωση η γραφική κλίμακα αλλάζει και αυτή μέγεθος, επομένως είναι σωστή και για το καινούργιο σχέδιο, που πήραμε από τη μεγέθυνση ή τη σμίκρυνση, ενώ η αριθμητική δεν ανταποκρίνεται πια στην πραγματικότητα. Γι' αυτό είναι σκόπιμο να υπάρχει πάντοτε στα σχέδια γραφική κλίμακα και, όποτε πρόκειται να γίνει σμίκρυνση ή μεγέθυνση ενός σχεδίου, να θυμόμαστε την αριθμητική κλίμακα.

Σε σχέδια τοπογραφικά, πολεοδομικά, οδοποιίας, δικτύων πόλεων κλπ. χρησιμοποιούνται κλίμακες 1:500 και μικρότερες και σε εξαιρετικές περιπτώσεις 1:200. Σε σχέδια κτηρίων και παρομοίων τεχνικών έργων, όπως π.χ. οι γέφυρες, τα πλοία κλπ. χρησιμοποιούνται κλίμακες 1:50, 1:100 και 1:200. Στα μηχανολογικά σχέδια οι συνηθισμένες κλίμακες είναι 1:10,



Σχ. 4.2.

Γραφική κλίμακα σχεδίασεως.

1:20 και 1:50, ενώ στα σχέδια λεπτομερειών γενικά χρησιμοποιούνται μεγάλες κλίμακες 1:20, 1:10 κ.ο.κ., ακόμα και κλίμακα 1:1, δηλαδή σχεδίαση σε φυσικό μέγεθος.

Πολλές φορές στο σχέδιο παριστάνονται και μεγέθη, που δεν είναι γεωμετρικά, π.χ. δυνάμεις, τάση ρεύματος, ένταση φωτισμού, χρώματα κ.ο.κ. Πρέπει πάντοτε σε τέτοιες περιπτώσεις να δίνεται μια κλίμακα σχεδίασεως. Η κλίμακα αυτή μπορεί να είναι γραφική, οπότε δεν διαφέρει από την κλίμακα των μηκών παρά μόνο στο ότι δίπλα στον τελευταίο αριθμό δεν γράφει m (μέτρα) ή cm (εκατοστόμετρα), αλλά kg (χιλιόγραμμα), V(βολτ), lux ή Δρχ. κ.ο.κ.

Αν η κλίμακα είναι αριθμητική, δίνεται συνήθως σαν μια ισότητα, π.χ.  $1 \text{ cm} = 5 \text{ kg}$  ή  $1 \text{ kg} = 2 \text{ cm}$ .

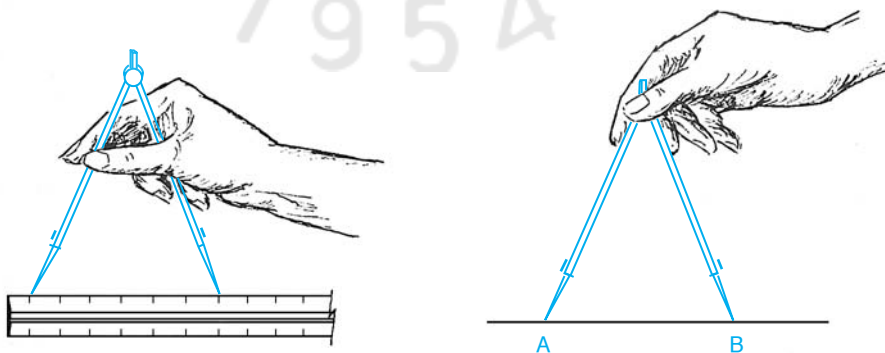
### 4.3 Χρήση κλίμακας σχεδίασεως.

Δύο είναι τα προβλήματα, που παρουσιάζονται και έχουν σχέση με την κλίμακα σχεδίασεως:

α) Γνωρίζομε το πραγματικό μέγεθος μιας διαστάσεως και θέλομε να βρούμε, πόσο πρέπει να τη σχεδιάσομε.

β) Έχομε στο σχέδιο ένα μήκος και θέλομε να βρούμε, πόσο είναι στην πραγματικότητα.

Ας τα λύσομε πρώτα χρησιμοποιώντας την αριθμητική κλίμακα. Για το πρώτο πρόβλημα θα διαιρέσομε το πραγματικό μέγεθος με τον παρονομαστή της κλίμακας (ή θα το πολλαπλασιάσομε με τον αριθμητή της, αν ο παρονομαστής είναι μονάδα) και το αποτέλεσμα θα το μεταφέρομε στο σχέδιο με τη βοήθεια του υποδεκάμετρου ή του υποδεκάμετρου σε συνδυασμό με το διαστημόμετρο (σχ. 4.3α).



Σχ. 4.3α.

Μεταφορά μήκους με το διαστημόμετρο από το υποδεκάμετρο στο σχέδιο.

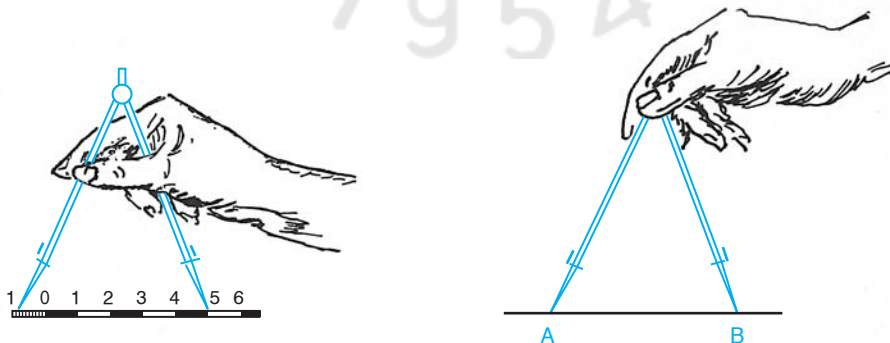
Για να λύσουμε το δεύτερο πρόβλημα, μετράμε πάνω στο σχέδιο με όση μεγαλύτερη ακρίβεια μπορούμε το μήκος με το υποδεκάμετρο και πολλαπλασιάζουμε τον αριθμό που θα βρούμε με τον παρονομαστή της κλίμακας (ή τον διαιρούμε με τον αριθμητή της, αν ο παρονομαστής είναι η μονάδα). Το αποτέλεσμα είναι το πραγματικό μήκος του στοιχείου, που μετρήσαμε στο σχέδιο.

Αν πρόκειται να χρησιμοποιήσουμε τη γραφική κλίμακα, διακρίνομε δύο περιπτώσεις: Στην πρώτη, το μήκος που μας ενδιαφέρει είναι μικρότερο από τη γραφική κλίμακα· στη δεύτερη είναι μεγαλύτερο.

Για να λύσουμε το πρώτο πρόβλημα στην πρώτη περίπτωση, παίρνομε το διαστημόμετρο και καρφώνομε τη δεξιά ακίδα στην ακέραια διαίρεση της κλίμακας, που αναγράφει αριθμό αμέσως μικρότερο ή ίσο με το μήκος που μας ενδιαφέρει (σχ. 4.3β). Αν το μήκος είναι ίσο με ακέραιο αριθμό διαιρέσεων, καρφώνομε την αριστερή ακίδα του διαστημόμετρου στο μηδέν, αν όχι, πιο αριστερά, ώστε κατά προσέγγιση να μας δίνει το κλάσμα της διαιρέσεως στο αριστερό κομμάτι της κλίμακας, που έχει δέκα μικρότερες υποδιαιρέσεις. Στο σχήμα π.χ. φαίνεται πώς ορίζομε το μήκος, για να σχεδιάσομε μια διάσταση 5,75 μέτρων. Το μήκος, που βρίσκομε, το μεταφέρομε με το διαστημόμετρο στην κατάλληλη θέση του σχεδίου.

Στη δεύτερη περίπτωση διαιρούμε το μήκος που μας ενδιαφέρει με το μήκος που παριστάνει η γραφική κλίμακα και βρίσκομε ένα πηλίκο και ένα υπόλοιπο. Ανοίγομε το διαστημόμετρο, όσο είναι η γραφική κλίμακα και μεταφέρομε το μήκος αυτό στην κατάλληλη θέση του σχεδίου τόσες φορές, όσες μας λέει το πηλίκο. Δίπλα του προσθέτομε το μήκος, που αντιστοιχεί στο υπόλοιπο, με τον τρόπο που περιγράψαμε στην πρώτη περίπτωση.

Για να λύσουμε το δεύτερο πρόβλημα στην πρώτη περίπτωση, μετράμε στο σχέδιο με το διαστημόμετρο το μήκος που μας ενδιαφέρει. Καρφώνομε



Σχ. 4.3β.

Μεταφορά μήκους με το διαστημόμετρο από τη γραφική κλίμακα στο σχέδιο.

τη δεξιά ακίδα του σε μια ακέρεια διαίρεση της γραφικής κλίμακας έτσι, ώστε η αριστερή ακίδα του να βρίσκεται μέσα στην κλίμακα, αλλά αριστερά ή ακριβώς επάνω στο μηδέν. Αν η αριστερή ακίδα βρίσκεται ακριβώς επάνω στο μηδέν, το πραγματικό μήκος παριστάνεται από τον αριθμό, που αναγράφεται στη διαίρεση, όπου είναι καρφωμένη η δεξιά ακίδα. Αν η αριστερή ακίδα βρίσκεται αριστερά από το μηδέν, τότε το πραγματικό μήκος είναι ίσο με τον αριθμό, που αναγράφεται στην ακέρεια διαίρεση της δεξιάς ακίδας αυξημένο κατά τις υποδιαιρέσεις ανάμεσα στο μηδέν και την αριστερή ακίδα, που υπολογίζονται κατά προσέγγιση.

Στη δεύτερη περίπτωση, όταν δηλαδή το μήκος που μας ενδιαφέρει, είναι μεγαλύτερο από τη γραφική κλίμακα, ανοίγουμε το διαστημόμετρο όσο είναι η κλίμακα και με μονάδα το άνοιγμα αυτό μετράμε επάνω στο σχέδιο το μήκος που μας ενδιαφέρει. Έτσι βλέπουμε ότι το μήκος αυτό είναι ίσο με τόσες φορές την κλίμακα και περισσεύει ένα κομμάτι πιο μικρό από αυτή, που το μετράμε, όπως στην πρώτη περίπτωση. Το πραγματικό μήκος βρίσκεται αν πολλαπλασιάσουμε το μήκος, που παριστάνει η κλίμακα, επί τον αριθμό που δείχνει πόσες φορές χώρεσε το μήκος της στο μήκος που μετράμε και προσθέσουμε στο γινόμενο το μήκος του υπολοίπου.

Αντί να χρησιμοποιούμε τη γραφική κλίμακα, που είναι σχεδιασμένη στο σχέδιο, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε ειδικούς κανόνες (σχ. 1.5η) που έχουν επάνω τους τη γραφική αυτή κλίμακα. Έτσι δε χρειάζεται να μεταφέρεις μήκη με το διαστημόμετρο και η δουλειά γίνεται πιο εύκολα, πιο γρήγορα και πιο σωστά.

#### 4.4 Ασκήσεις σχετικές με τις κλίμακες σχεδίασεως.

Για να γίνει αντιληπτή η έννοια της κλίμακας σχεδίασεως, πρέπει να δοθούν στους μαθητές προβλήματα αντίστοιχα με αυτά, που περιγράφονται στην παράγραφο 4.3, αλλά πάνω σε συγκεκριμένα σχέδια.

Πρέπει επίσης οι μαθητές να σχεδιάζουν γραφικές κλίμακες και να χρησιμοποιούν τους κανόνες-κλίμακες.

Ιδιαίτερα να ζητηθεί να υπολογίσουν το πραγματικό εμβαδόν και τον πραγματικό όγκο ορισμένων σχημάτων, για να γίνει αντιληπτό, ότι ο λόγος τους προς το εμβαδόν ή τον όγκο, που φαίνεται στο σχέδιο, είναι το τετράγωνο ή ο κύβος της κλίμακας.

Μια απλή σχετική ερώτηση π.χ. είναι: Αν μας χρειάζονται 6 πινακίδες, για να σχεδιάσουμε το τοπογραφικό σχέδιο ενός χωριού σε κλίμακα 1:1000, πόσες πινακίδες με τις ίδιες διαστάσεις μας χρειάζονται, για να το σχεδιάσουμε σε κλίμακα 1:500; Δώδεκα, είκοσι τέσσερις ή τριάντα έξι;

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ

### ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΕΩ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

#### 5.1 Γενικά.

Σε κάθε σχέδιο είναι ανάγκη να γίνουν γεωμετρικές κατασκευές, να λυθούν δηλαδή ορισμένα προβλήματα της Επιπεδομετρίας. Η Επιπεδομετρία διδάσκεται μέσα στο πλαίσιο του μαθήματος των Μαθηματικών, θεωρούμε όμως σκόπιμο να ξαναθυμίσουμε εδώ, πώς λύνονται τα πιο απλά, αλλά και πιο συνηθισμένα από τα προβλήματα αυτά, χωρίς να επαναλάβουμε και τις αποδείξεις τους.

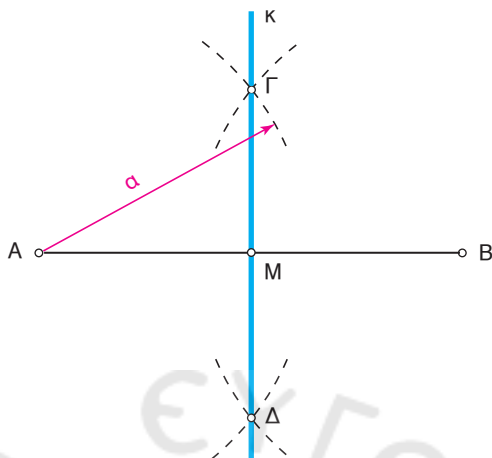
Τα προβλήματα, που αναφέρονται στις παραγράφους που ακολουθούν, είναι σχετικά λίγα, έχουν όμως διαλεχτεί έτσι ώστε με συνδυασμό δύο ή περισσότερων από αυτά να μπορούν να λυθούν και πολλά άλλα.

Η λύση δίνεται αρχικά με αυστηρή γεωμετρική μέθοδο, δηλαδή με τη βοήθεια μόνο του κανόνα και του διαβήτη. Εξηγείται όμως, πώς μπορούν να λυθούν τα ίδια προβλήματα ευκολότερα, όταν χρησιμοποιήσουμε και άλλα βοηθητικά όργανα, όπως το υποδεκάμετρο, τα τρίγωνα και τον αναγωγέα.

#### 5.2 Ευθεία κάθετη σε γνωστή ευθεία και ευθεία παράλληλη σε γνωστή ευθεία.

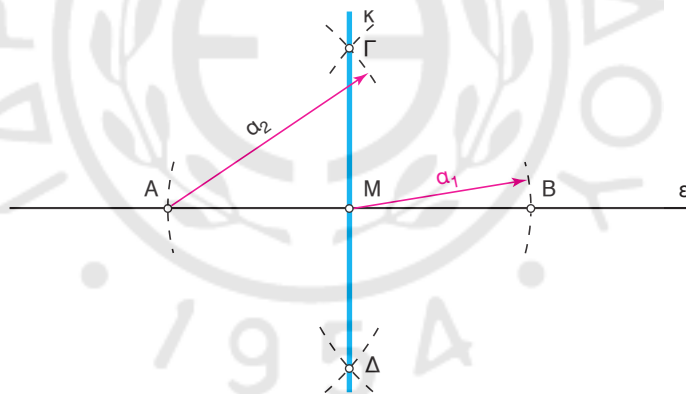
Διακρίνουμε στο πρόβλημα αυτό διάφορες περιπτώσεις. Εξετάζουμε πρώτα πώς κατασκευάζεται μια ευθεία  $\kappa$  κάθετη στο μέσο ευθύγραμμου τμήματος, που ορίζουν δύο σημεία  $A$  και  $B$  (σχ. 5.2α).

Με κέντρο το σημείο  $A$  και ακτίνα  $\alpha$  τυχαία, αλλά αρκετά μεγαλύτερη από το μισό του τμήματος  $AB$ , γράφουμε έναν κύκλο. Με κέντρο το σημείο  $B$  και την ίδια ακτίνα  $\alpha$  γράφουμε δεύτερο κύκλο. Οι δύο κύκλοι τέμνονται στα σημεία  $\Gamma$  και  $\Delta$ . Η ευθεία  $\Gamma\Delta$  είναι η κάθετη  $\kappa$  στο μέσο  $M$  του ευθύγραμμου τμήματος  $AB$ . Πολλές φορές λύνουμε το πρόβλημα αυτό, για



Σχ. 5.2α.

Ευθεία  $\kappa$  κάθετη στο μέσο του τμήματος  $AB$ .



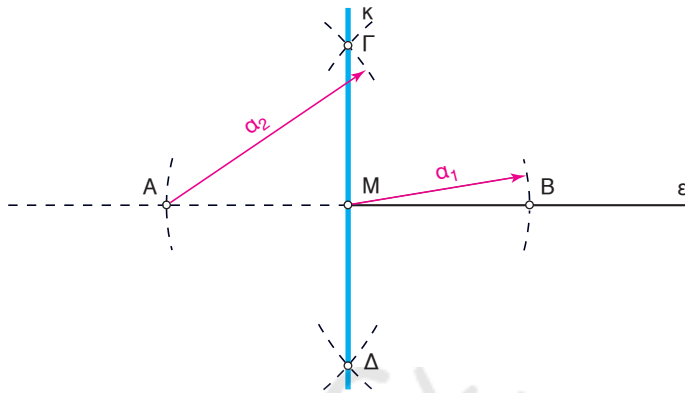
Σχ. 5.2β.

Ευθεία  $\kappa$  κάθετη στην ευθεία  $\varepsilon$  στο σημείο της  $M$ .

να βρούμε το μέσο  $M$  του τμήματος  $AB$ , χωρίς να μας χρειάζεται η κάθετη.

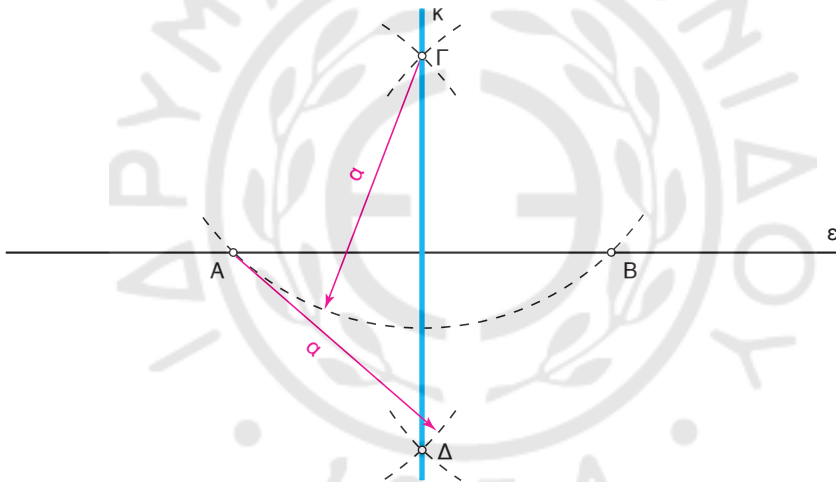
Έστω τώρα ότι θέλουμε να φέρουμε ευθεία  $\kappa$  κάθετη σε μια γνωστή ευθεία  $\varepsilon$ , που να περνά από ένα ορισμένο της σημείο  $M$ . Με κέντρο το σημείο  $M$  και με οποιαδήποτε ακτίνα  $\alpha_1$  γράφουμε έναν κύκλο. Ο κύκλος αυτός τέμνει την ευθεία  $\varepsilon$  σε δύο σημεία  $A$  και  $B$  και το  $M$  είναι το μέσο του ευθύγραμμου τμήματος  $AB$  (σχ. 5.2β). Έτσι, αν λύσουμε το προηγούμενο πρόβλημα, βρίσκουμε μια ευθεία  $\kappa$  κάθετη στην ευθεία  $\varepsilon$ , που περνά από το





Σχ. 5.2γ.

Ευθεία  $\kappa$  κάθετη στο άκρο  $M$  ευθύγραμμον τμήματος.



Σχ. 5.2δ.

Ευθεία  $\kappa$  κάθετη στην ευθεία  $\varepsilon$  από σημείο  $\Gamma$ , που δεν ανήκει στην  $\varepsilon$ .

σημείο  $M$ . Σημειώνουμε πως, αν το  $M$  βρίσκεται στην άκρη ενός ευθύγραμμον τμήματος, τότε πρέπει να το προεκτείνουμε, ώστε ο κύκλος να τέμνει το τμήμα αυτό και την προέκτασή του στα σημεία  $A$  και  $B$  (σχ. 5.2γ).

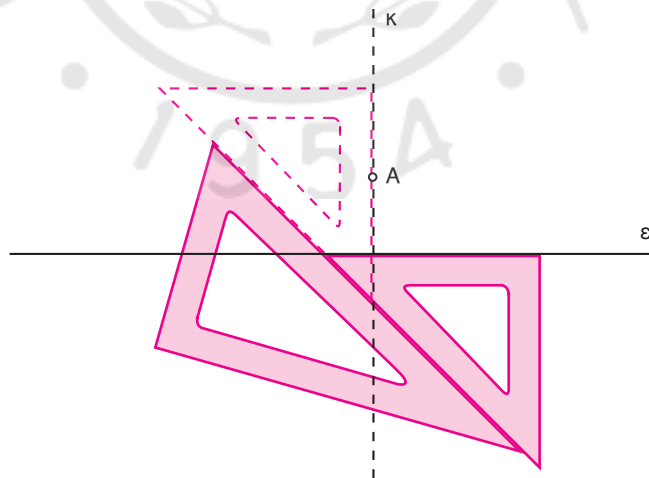
Εξετάζουμε και μια ακόμα περίπτωση. Θέλουμε να φέρομε από ένα σημείο  $\Gamma$  μια ευθεία  $\kappa$  κάθετη προς μια γνωστή ευθεία  $\varepsilon$ , που δεν περνά από το  $\Gamma$ . Με κέντρο το  $\Gamma$  και ακτίνα  $\alpha$  τυχαία, αλλά αρκετά μεγαλύτερη από την απόσταση του  $\Gamma$  από την ευθεία  $\varepsilon$ , γράφομε έναν κύκλο, που τέμνει την  $\varepsilon$  στα σημεία  $A$  και  $B$  (σχ. 5.2δ). Επειδή η ευθεία  $\kappa$  θα είναι κάθετη στο μέσο του τμήματος  $AB$ , λύνομε το πρώτο πρόβλημα και βρίσκομε την

ευθεία  $\kappa$  που ζητάμε.

Στα προβλήματα που αναφέραμε, όπως άλλωστε και σε μερικά από τα επόμενα, χρησιμοποιούνται ορισμένοι κύκλοι, που δεν μας χρειάζονται για τίποτε άλλο, παρά μόνο για να βρούμε, πού τέμνονται μεταξύ τους ή πού τέμνουν κάποια ευθεία. Έτσι, για να μη γεμίζει το σχέδιο άχρηστες γραμμές, δε χρειάζεται να τους γράφουμε ολόκληρους, αλλά μόνο μικρά τους τόξα στην περιοχή των σημείων τομής, που μας ενδιαφέρουν. Η πείρα θα μας διδάξει σιγά σιγά να προβλέπομε σωστά πού περίπου βρίσκονται τα σημεία τομής, ώστε να γράφουμε τα χρήσιμα τόξα αρκετά μικρά με την πρώτη, χωρίς δοκιμές.

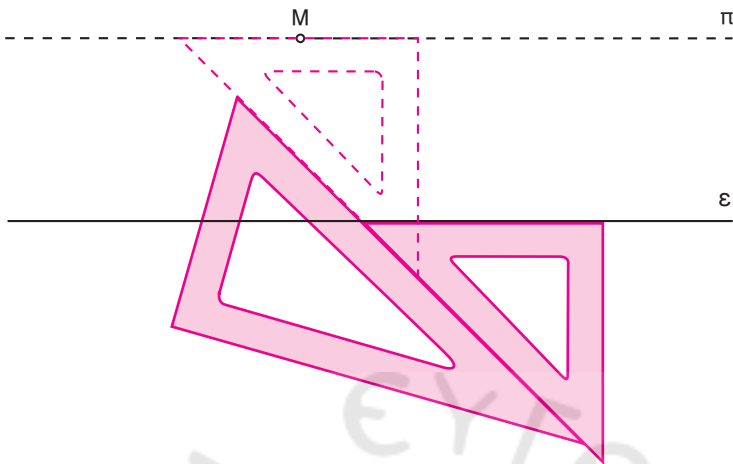
Τα προβλήματα που περιγράψαμε, μπορούν να λυθούν ευκολότερα, αν χρησιμοποιήσουμε δύο τρίγωνα και ένα υποδεκάμετρο. Το υποδεκάμετρο χρειάζεται μόνο για να λύσουμε το πρώτο πρόβλημα, να βρούμε δηλαδή το σημείο  $M$ . Μετράμε με το υποδεκάμετρο το μήκος  $AB$ , το διαιρούμε διά δύο και πάλι με το υποδεκάμετρο ορίζουμε το  $M$  έτσι, ώστε το  $AM$  να είναι ίσο με το ημίτιμνο της διαιρέσεως. Πρέπει πάντως να τονίσουμε ότι η μέθοδος αυτή οδηγεί σε ανακρίβειες και έτσι θεωρούμε σκόπιμο το πρώτο πρόβλημα να λύνεται πάντοτε με κανόνα και διαβήτη.

Για να λύσουμε τα υπόλοιπα προβλήματα, που εξετάσαμε με τη βοήθεια δύο τριγώνων, τοποθετούμε το ένα από αυτά έτσι, ώστε η μια κάθετη πλευρά του να συμπίπτει με τη γνωστή ευθεία  $\epsilon$ . Το δεύτερο τρίγωνο τοποθετείται έτσι, ώστε η υποτείνουσά του να εφάπτεται με την



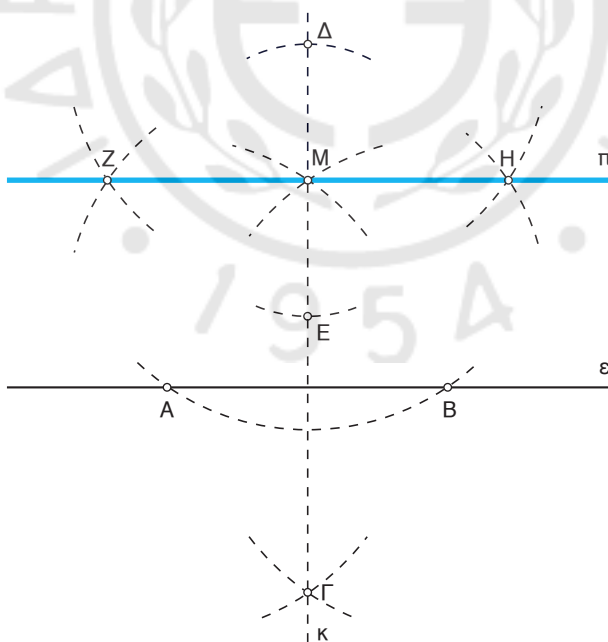
Σχ. 5.2ε.

Κατασκευή ευθείας  $\kappa$  κάθετης σε ευθεία  $\epsilon$  με τη βοήθεια δύο τριγώνων.



Σχ. 5.2στ.

Κατασκευή ευθείας  $\pi$  παράλληλης με ευθεία  $\epsilon$  με τη βοήθεια δύο τριγώνων.



Σχ. 5.2ζ.

Κατασκευή ευθείας  $\pi$  παράλληλης με ευθεία  $\epsilon$  με κανόνα και διαβήτη.

υποτείνουσα του πρώτου, όπως φαίνεται στο σχήμα 5.2ε. Κρατάμε σταθερό το δεύτερο τρίγωνο με το ένα χέρι και με το άλλο χέρι σπρώχνουμε σιγά-σιγά το πρώτο τρίγωνο έτσι, ώστε οι δύο υποτείνουσες να εφάπτονται πάντοτε η μια με την άλλη. Όταν η κάθετη πλευρά του πρώτου τριγώνου, εκείνη που ήταν από την αρχή κάθετη στην ευθεία  $\varepsilon$ , περάσει από το σημείο  $A$ , από όπου θέλουμε να περνά η κάθετη  $\kappa$  που ζητάμε, σταματάμε την κίνηση και γράφουμε την ευθεία  $\kappa$ . Το σημείο  $A$  μπορεί να είναι το μέσο ενός ευθύγραμμου τμήματος, ένα τυχαίο σημείο της ευθείας  $\varepsilon$  ή και ένα σημείο, που δεν ανήκει στην  $\varepsilon$ .

Για να φέρομε ευθεία  $\pi$  παράλληλη σε γνωστή ευθεία, εργαζόμαστε όπως στην προηγούμενη περίπτωση. Αν σταματήσουμε την κίνηση του πρώτου τριγώνου, όταν περάσει από το σημείο  $M$  (που δεν ανήκει στην  $\varepsilon$ ) η κάθετη πλευρά του, που αρχικά ήταν σε σύμπτωση με την ευθεία  $\varepsilon$ , μπορούμε να γράψουμε μιαν ευθεία  $\pi$  παράλληλη με την  $\varepsilon$ , που να περνά από το σημείο  $M$  (σχ. 5.2στ).

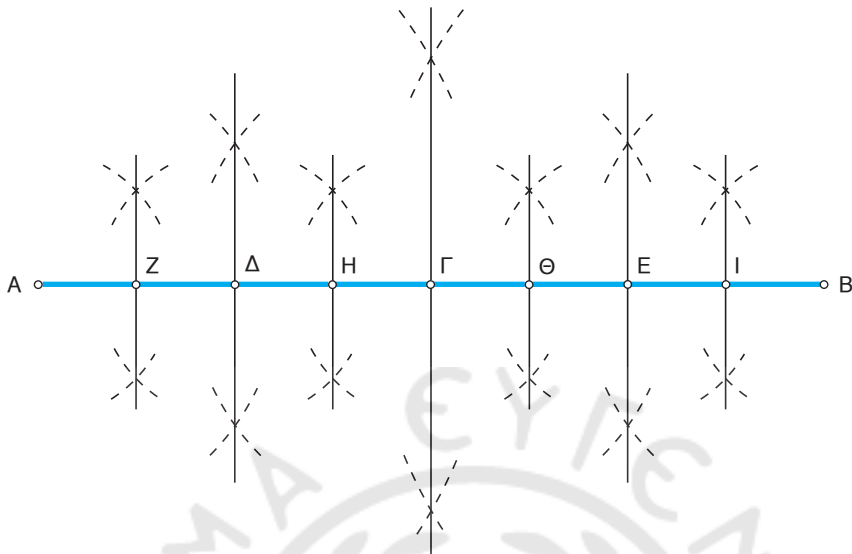
Το πρόβλημα αυτό μπορεί να λυθεί με κανόνα και διαβήτη. Από το σημείο  $M$  (σχ. 5.2ζ) φέρνουμε μιαν ευθεία  $\kappa$  κάθετη προς την  $\varepsilon$  λύνοντας το τρίτο πρόβλημα (σχ. 5.2δ). Έπειτα από το σημείο  $M$  φέρνουμε μιαν ευθεία  $\pi$  κάθετη προς την  $\kappa$  λύνοντας το δεύτερο πρόβλημα (σχ. 5.2β). Οι ευθείες  $\pi$  και  $\varepsilon$  θα είναι παράλληλες.

### 5.3 Διαίρεση ευθύγραμμου τμήματος σε ίσα μέρη.

Στην προηγούμενη παράγραφο είδαμε, πώς ένα ευθύγραμμο τμήμα χωρίζεται σε δύο ίσα μέρη. Αν επαναλάβουμε την κατασκευή, μπορούμε να το χωρίσουμε σε 4, 8, 16 κ.ο.κ. ίσα μέρη (σχ. 5.3α). Δεν είναι όμως δυνατό με τη μέθοδο αυτή να το χωρίσουμε σε τρία π.χ. ίσα μέρη, ενώ εξάλλου η μέθοδος είναι αρκετά κουραστική. Έτσι γενικά εφαρμόζουμε μιαν άλλη μέθοδο.

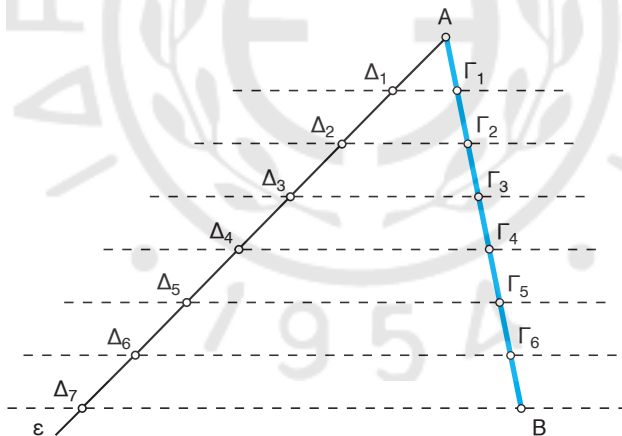
Έστω ότι θέλουμε να χωρίσουμε το ευθύγραμμο τμήμα  $AB$  σε επτά ίσα μέρη (σχ. 5.3β). Από το  $A$  φέρνουμε μια τυχαία ευθεία  $\varepsilon$  και επάνω της σημειώνουμε επτά σημεία έτσι, ώστε τα τμήματα  $AA_1$ ,  $\Delta_1\Delta_2$ ,  $\Delta_2\Delta_3$ ,  $\Delta_3\Delta_4$ ,  $\Delta_4\Delta_5$ ,  $\Delta_5\Delta_6$  και  $\Delta_6\Delta_7$  να είναι ίσα μεταξύ τους, χωρίς να μας ενδιαφέρει το μέγεθός τους ούτε πού θα βρισκείται το τελευταίο από τα σημεία αυτά  $\Delta_7$ . Φέρνουμε την ευθεία  $\Delta_7B$  και από τα άλλα σημεία ευθείες  $\Delta_1\Gamma_1$ ,  $\Delta_2\Gamma_2$ ,  $\Delta_3\Gamma_3$ ,  $\Delta_4\Gamma_4$ ,  $\Delta_5\Gamma_5$  και  $\Delta_6\Gamma_6$  παράλληλες με τη  $\Delta_7B$ . Η κατασκευή μπορεί να γίνει ή με δύο τρίγωνα ή με τον κανόνα και το διαβήτη, όπως περιγράφεται στο τέλος της προηγούμενης παραγράφου. Τα σημεία  $\Gamma_1$ ,  $\Gamma_2$ ,  $\Gamma_3$ ,  $\Gamma_4$ ,  $\Gamma_5$  και  $\Gamma_6$  χωρίζουν το ευθύγραμμο τμήμα  $AB$  σε επτά ίσα μέρη.

Το πρόβλημα μπορεί να λυθεί και με άλλο τρόπο. Μετράμε με το



Σχ. 5.3α.

Διαίρεση ευθύγραμμων τμημάτων σε οκτώ ίσα μέρη.



Σχ. 5.3β.

Διαίρεση ευθύγραμμων τμημάτων σε επτά ίσα μέρη.

υποδεκάμετρο το μήκος  $AB$  και διαιρούμε τον αριθμό που θα βρούμε με το επτά. Έπειτα πάλι με το υποδεκάμετρο ορίζουμε το σημείο  $\Gamma_1$  έτσι, ώστε το μήκος του τμήματος  $A\Gamma_1$  να είναι ίσο με το πηλίκο. Η μέθοδος όμως αυτή πρέπει να αποφεύγεται, γιατί δίνει αποτελέσματα με σημαντικές ανακρίβειες. Αν την εφαρμόσουμε θα πρέπει τουλάχιστον να κάνουμε την

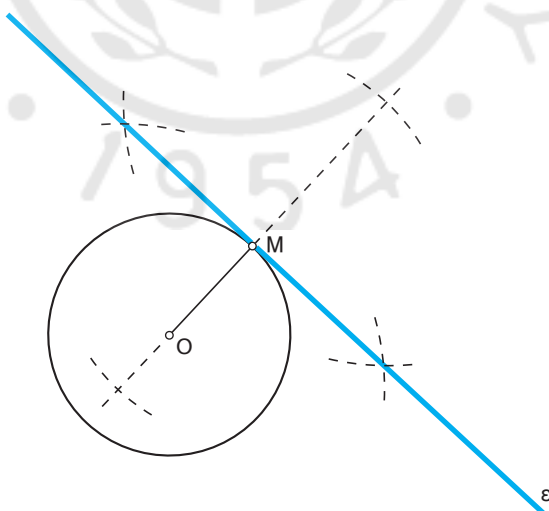
εξής προσπάθεια, για να βελτιώσουμε το αποτέλεσμα: Μόλις βρούμε το  $\Gamma_1$ , ορίζουμε δοκιμαστικά με το διαστημόμετρο τα άλλα σημεία διαιρέσεως μεταφέροντας το μήκος  $A\Gamma_1$  στις επόμενες θέσεις. Είναι σχεδόν βέβαιο ότι το τελευταίο τμήμα  $\Gamma_6B$  θα είναι εμφανώς μεγαλύτερο (ή μικρότερο) από τα άλλα. Μεγαλώνουμε τότε (ή μικραίνουμε) λιγάκι το άνοιγμα του διαστημόμετρου και επαναλαμβάνουμε τη δοκιμή αρχίζοντας από το  $A$  και όχι από το  $\Gamma_1$ , όσες φορές χρειαστεί, για να πετύχουμε ένα ικανοποιητικό αποτέλεσμα.

#### 5.4 Εφαπτομένες κύκλου.

Για να φέρομε την εφαπτομένη  $\varepsilon$  σε ένα ορισμένο σημείο  $M$  κύκλου, αρκεί να φέρομε μian ευθεία κάθετη στην ακτίνα του κύκλου  $OM$ , που να περνά από το  $M$  (σχ. 5.4α). Για να το πετύχουμε, πρέπει να λύσουμε το δεύτερο πρόβλημα της παραγράφου 5.2 (σχ. 5.2γ).

Μεγαλύτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει το πρόβλημα, όταν θέλουμε να φέρομε τις εφαπτομένες ενός γνωστού κύκλου  $O$  από ένα σημείο  $M$ , που βρίσκεται έξω από τον κύκλο. Είναι λάθος, αν επιχειρήσουμε να φέρομε τις εφαπτομένες με το μάτι. Το σχέδιο τότε θα γίνει ελαττωματικό.

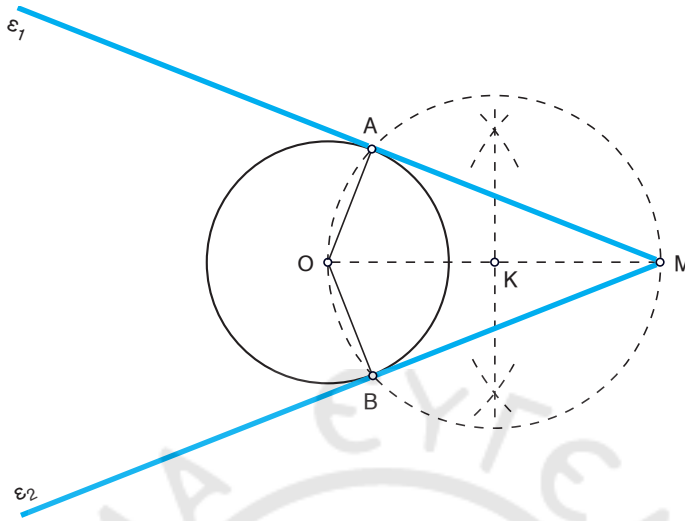
Φέρομε την κάθετη στο μέσο του ευθύγραμμου τμήματος, που ορίζουν το σημείο  $M$  και το κέντρο  $O$  του κύκλου λύνοντας το πρώτο πρόβλημα της παραγράφου 5.2 (σχ. 5.2α) και ορίζουμε έτσι το μέσο  $K$  του τμήματος  $OM$  (σχ. 5.4β). Με κέντρο το  $K$  και ακτίνα  $KO$  γράφομε έναν κύκλο, που περνά



Σχ. 5.4α.

Εφαπτομένη κύκλου σε σημείο του  $M$ .





Σχ. 5.4β.

Εφαπτομένες κύκλου από σημείο M.

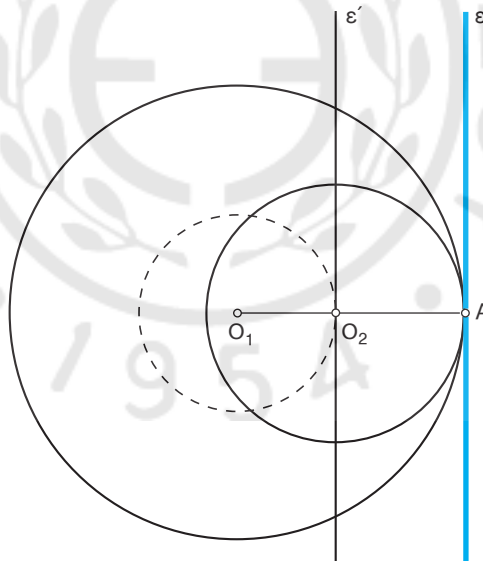
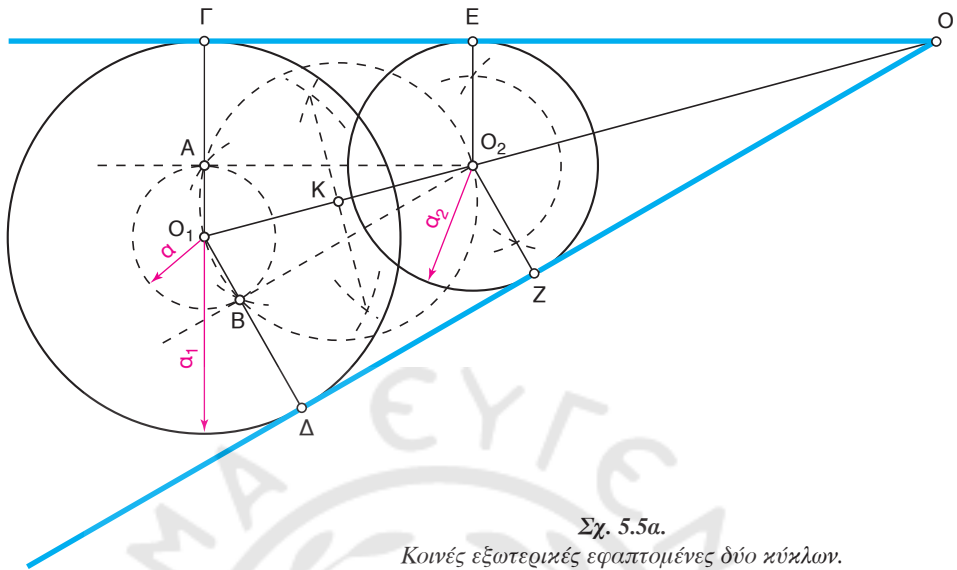
και από το M και τέμνει τον αρχικό κύκλο σε δύο σημεία, A και B. Οι ευθείες MA και MB είναι οι δύο εφαπτομένες  $\varepsilon_1$  και  $\varepsilon_2$ , που ζητάμε, και τα σημεία A και B είναι τα αντίστοιχα σημεία επαφής.

### 5.5 Κοινές εφαπτομένες κύκλων.

Μας δίνονται δύο κύκλοι με κέντρα  $O_1$  και  $O_2$  και αντίστοιχες ακτίνες  $\alpha_1$  και  $\alpha_2$  και θέλουμε να φέρουμε τις κοινές τους εφαπτομένες.

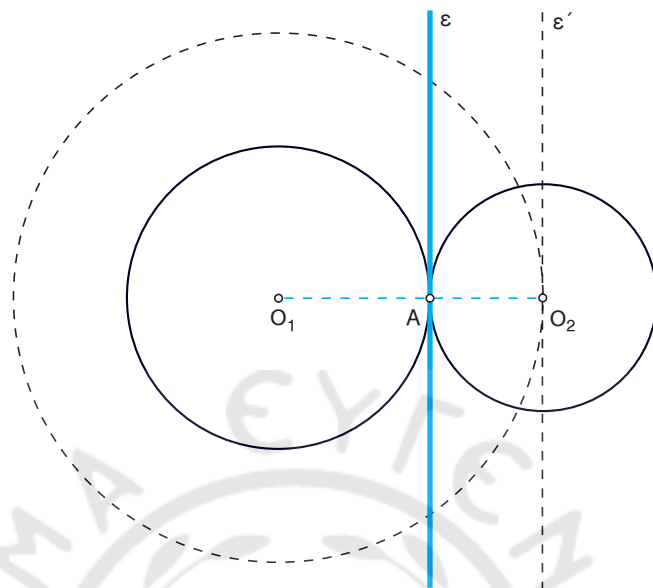
Με κέντρο το κέντρο του μεγαλύτερου κύκλου, έστω το  $O_1$ , και ακτίνα  $\alpha$ , ίση με τη διαφορά  $\alpha_1 - \alpha_2$  των δύο ακτίνων, γράφουμε έναν τρίτο κύκλο. Από το  $O_2$  φέρνουμε τις εφαπτομένες του τελευταίου αυτού κύκλου, όπως περιγράφεται στην προηγούμενη παράγραφο (σχ. 5.5α), και ονομάζουμε A και B τα δύο σημεία επαφής. Οι ευθείες  $O_1A$  και  $O_1B$  τέμνουν τον κύκλο  $O_1$  στα σημεία Γ και Δ αντίστοιχα. Από το  $O_2$  φέρνουμε ακτίνες  $O_2E$  και  $O_2Z$  παράλληλες αντίστοιχα με τις ακτίνες  $O_1\Gamma$  και  $O_1\Delta$ . Οι ευθείες ΓΕ και ΔΖ είναι οι κοινές εφαπτομένες  $\varepsilon_1$  και  $\varepsilon_2$  των δύο κύκλων και τα σημεία Γ, Δ, E και Z τα σημεία επαφής.

Βεβαίως, για να μπορεί να γίνει η κατασκευή αυτή, πρέπει το σημείο  $O_2$  να είναι έξω από τον τρίτο κύκλο, δηλαδή να είναι  $O_1O_2 > \alpha_1 - \alpha_2$ . Αν είναι  $O_1O_2 < \alpha_1 - \alpha_2$ , τότε ο μικρός κύκλος θα βρίσκεται ολόκληρος στο εσωτερικό του μεγάλου, οι δύο κύκλοι δεν έχουν κοινές εφαπτομένες. Αν τέλος, είναι  $O_1O_2 = \alpha_1 - \alpha_2$ , τότε οι δύο κύκλοι εφάπτονται εσωτερικά (σχ.



5.5β), το  $O_2$  θα βρίσκεται επάνω στον τρίτο κύκλο και θα υπάρχει μόνο μια εφαπτομένη  $\epsilon'$  του κύκλου αυτού. Θα υπάρχει επομένως και μια μόνο κοινή εφαπτομένη  $\epsilon$  των δύο αρχικών κύκλων και μάλιστα στο σημείο επαφής





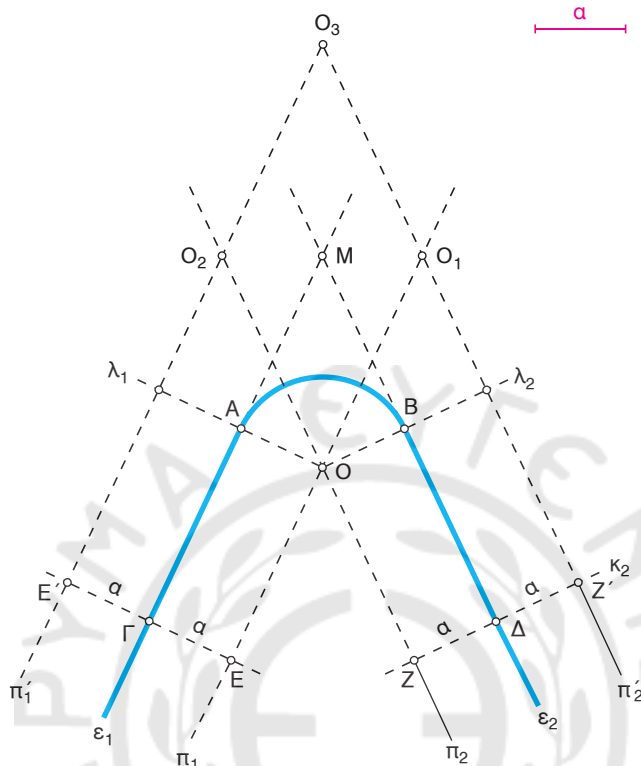
Σχ. 5.5δ.

Μοναδική κοινή εσωτερική εφαπτομένη δύο κύκλων, που εφάπτονται εξωτερικά.

τον τρίτο κύκλο, δηλαδή μόνον όταν είναι  $O_1O_2 > \alpha_1 + \alpha_2$ , οπότε ο ένας κύκλος βρίσκεται ολόκληρος έξω από τον άλλο. Όταν είναι  $O_1O_2 < \alpha_1 + \alpha_2$ , δηλαδή όταν υπάρχουν σημεία του ενός κύκλου μέσα στον άλλο, οι δύο κύκλοι δεν έχουν εσωτερικές κοινές εφαπτομένες. Όταν τέλος είναι  $O_1O_2 = \alpha_1 + \alpha_2$ , οπότε οι δύο κύκλοι εφάπτονται εξωτερικά, το σημείο  $O_2$  βρίσκεται επάνω στον τρίτο κύκλο (σχ. 5.5δ) και επομένως υπάρχει μόνο μια εφαπτομένη  $\epsilon'$  του κύκλου αυτού, που περνά από το  $O_2$ . Θα υπάρχει λοιπόν και μια μόνο εσωτερική κοινή εφαπτομένη  $\epsilon$  των αρχικών κύκλων και μάλιστα στο σημείο επαφής τους  $A$ . Η  $\epsilon$  είναι κάθετη με την ευθεία  $O_1O_2$  στο σημείο της  $A$  και κατασκευάζεται, όπως φαίνεται στο σχήμα 5.2β.

## 5.6 Συναρμογή ευθειών και κυκλικών τόξων.

Ένα συνηθισμένο πρόβλημα, που συναντάμε σε πολλά τεχνικά σχέδια, είναι το ότι πρέπει να γράψουμε ένα τόξο συναρμογής ανάμεσα σε δύο ευθείες, σε δύο τόξα ή σε μια ευθεία και ένα τόξο. Το πρόβλημα δηλαδή είναι να κατασκευάσουμε ένα κυκλικό τόξο, που η μια του άκρη να εφάπτεται σε μια ευθεία ή σε ένα κυκλικό τόξο και η άλλη σε μιαν άλλη ευθεία ή σε ένα άλλο κυκλικό τόξο έτσι, ώστε τα τρία αυτά στοιχεία να αποτελούν μια συνεχή γραμμή χωρίς σπασίματα.

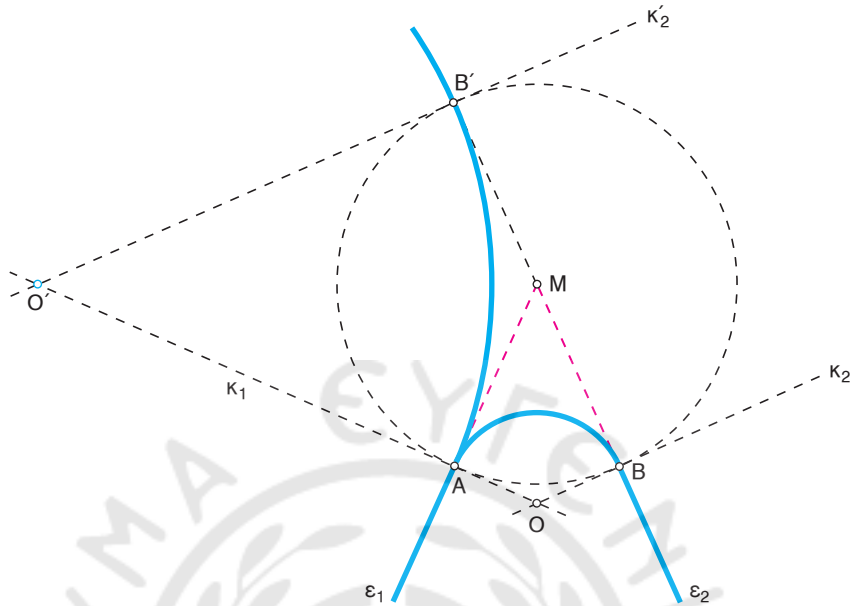


Σχ. 5.6α.

Συναρμογή δύο ευθειών με κυκλικό τόξο με γνωστή ακτίνα  $a$ .

Εξετάζουμε πρώτα τη συναρμογή ανάμεσα σε δύο ευθείες,  $\epsilon_1$  και  $\epsilon_2$ . Διακρίνουμε δύο περιπτώσεις. Στην πρώτη γνωρίζουμε την ακτίνα  $a$  του κυκλικού τόξου, που ζητάμε και στη δεύτερη το ένα από τα σημεία επαφής, έστω το  $A$ .

Αν γνωρίζουμε την ακτίνα  $a$  (σχ. 5.6α), φέρνουμε πρώτα δύο ευθείες  $\kappa_1$  και  $\kappa_2$  κάθετες αντίστοιχα με τις ευθείες  $\epsilon_1$  και  $\epsilon_2$  σε τυχαία σημεία τους  $\Gamma$  και  $\Delta$ . Επάνω στις κάθετες αυτές και προς το εσωτερικό της γωνίας, που σχηματίζουν οι ευθείες  $\epsilon_1$  και  $\epsilon_2$ , ορίζουμε δύο σημεία  $E$  και  $Z$  έτσι, ώστε να είναι  $\Gamma E = \Delta Z = a$ . Από τα σημεία  $E$  και  $Z$  φέρνουμε αντίστοιχα δύο ευθείες  $\pi_1$  και  $\pi_2$  κάθετες στις  $\kappa_1$  και  $\kappa_2$  που τέμνονται στο σημείο  $O$ . Από το  $O$  φέρνουμε δύο ευθείες  $\lambda_1$  και  $\lambda_2$  κάθετες αντίστοιχα στις  $\epsilon_1$  και  $\epsilon_2$  που τις τέμνουν στα σημεία  $A$  και  $B$ . Με κέντρο το  $O$  και ακτίνα ίση με το  $OA$  γράφουμε το κυκλικό τόξο  $AB$  που είναι το ζητούμενο τόξο συναρμογής των ευθειών  $\epsilon_1$  και  $\epsilon_2$  και σβήνουμε τις προεκτάσεις των ευθειών αυτών πέρα από τα σημεία  $A$  και  $B$  προς το σημείο τομής τους.



Σχ. 5.6β.

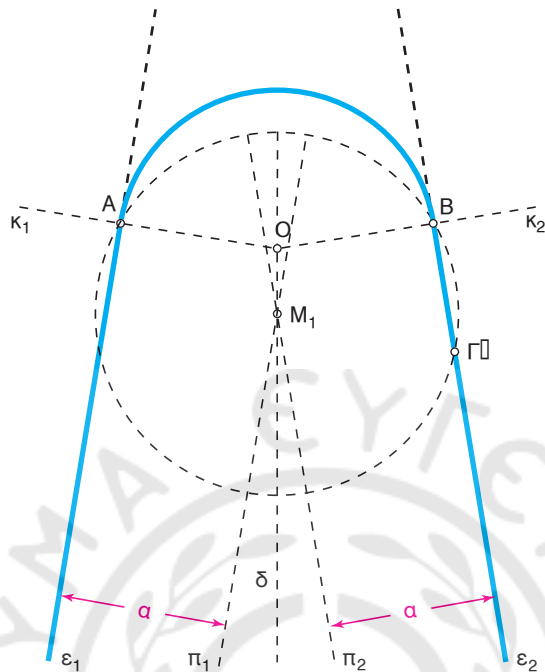
Συναρμογή δύο ευθειών με κυκλικό τόξο, όταν είναι γνωστό το ένα σημείο επαφής  $A$ .

Σημειώνουμε πως τις παράλληλες προς τις ευθείες  $\varepsilon_1$  και  $\varepsilon_2$  μπορούμε να τις φέρομε και προς το εξωτερικό της γωνίας. Έτσι έχουμε τέσσερις ευθείες  $\pi_1, \pi_2, \pi'_1$  και  $\pi'_2$ , και μας δίνουν τέσσερα σημεία τομής, δηλαδή τα  $O, O_1, O_2$  και  $O_3$ . Το πρόβλημα συνεπώς έχει τέσσερις λύσεις, που αντιστοιχούν στις τέσσερις γωνίες που σχηματίζουν μεταξύ τους οι ευθείες  $\varepsilon_1$  και  $\varepsilon_2$ , αλλά συνήθως στην πράξη γνωρίζουμε ποια από αυτές ζητάμε.

Αν γνωρίζουμε το ένα σημείο επαφής, έστω το  $A$  της ευθείας  $\varepsilon_1$  (σχ. 5.6β), προεκτείνουμε τις ευθείες  $\varepsilon_1$  και  $\varepsilon_2$  και ορίζουμε το σημείο τομής τους  $M$ . Με κέντρο το  $M$  και ακτίνα ίση με το  $MA$  γράφουμε ένα βοηθητικό κύκλο, που τέμνει την ευθεία  $\varepsilon_2$  στο σημείο  $B$ . Κατασκευάζουμε δύο ευθείες  $\kappa_1$  και  $\kappa_2$ , που να είναι αντίστοιχα κάθετες στις ευθείες  $\varepsilon_1$  και  $\varepsilon_2$  και να περνούν από τα σημεία  $A$  και  $B$ . Με κέντρο το σημείο  $O$ , όπου τέμνονται οι ευθείες  $\kappa_1$  και  $\kappa_2$  και ακτίνα ίση με το  $OA$  γράφουμε το κυκλικό τόξο  $AB$ , όπως και στην προηγούμενη περίπτωση. Σημειώνουμε πως υπάρχουν δύο σημεία  $B$ , επομένως και λύσεις του προβλήματος, αλλά στην πράξη συνήθως γνωρίζουμε ποια από τις δύο μας ενδιαφέρει.

Είναι πιθανόν οι ευθείες  $\varepsilon_1$  και  $\varepsilon_2$  να τέμνονται έξω από το χαρτί, που σχεδιάζουμε. Τότε φέρνουμε στο εσωτερικό της γωνίας των ευθειών  $\varepsilon_1$  και  $\varepsilon_2$ , δύο ευθείες  $\pi_1$  και  $\pi_2$  παράλληλες αντίστοιχα με αυτές έτσι, ώστε η





Σχ. 5.6γ.

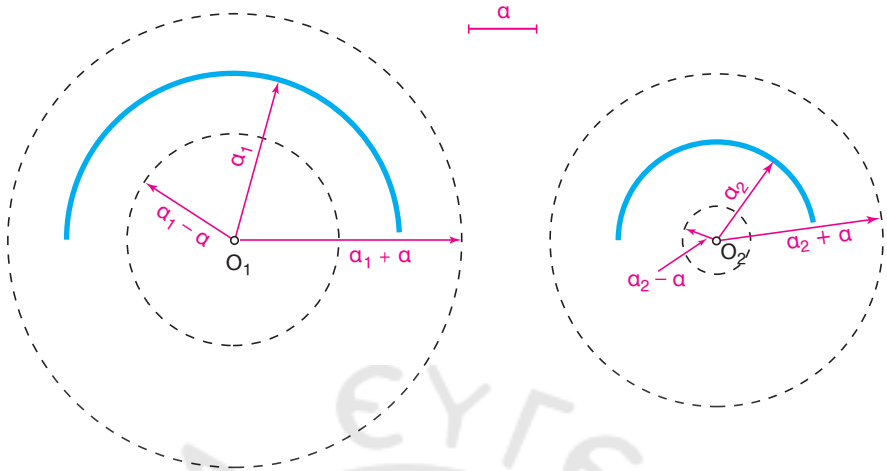
Συναρμογή δύο ευθειών, που τέμνονται έξω από το σχέδιο, με κυκλικό τόξο, όταν είναι γνωστό το ένα σημείο επαφής  $A$ .

απόσταση των ευθειών  $\varepsilon_1$  και  $\pi_1$  να είναι ίση με την απόσταση των ευθειών  $\varepsilon_2$  και  $\pi_2$ . Την απόσταση αυτή τη διαλέγουμε αρκετά μεγάλη, ώστε οι ευθείες  $\pi_1$  και  $\pi_2$  να τέμνονται μέσα στο χαρτί σε ένα σημείο  $M_1$ . Με κέντρο  $M_1$  και ακτίνα ίση με το  $M_1A$  γράφουμε κύκλο, που τέμνει την ευθεία  $\varepsilon_2$  στα σημεία  $B$  και  $\Gamma$ . Το σημείο  $B$  που μας ενδιαφέρει, είναι το συμμετρικό του  $A$  ως προς τη διχοτόμο  $\delta$  της γωνίας των ευθειών  $\varepsilon_1$  και  $\varepsilon_2$  (σχ. 5.6γ). Η κατασκευή συνεχίζεται, όπως περιγράψαμε πιο πάνω.

Στη λύση του προβλήματος αυτού, όπως και όσων ακολουθούν, αναφέρεται η κατασκευή ευθειών καθέτων ή παραλλήλων προς γνωστές ευθείες. Η κατασκευή αυτή μπορεί να γίνει με δύο τρίγωνα ή με κανόνα και διαβήτη, όπως περιγράφεται στην παράγραφο 5.2.

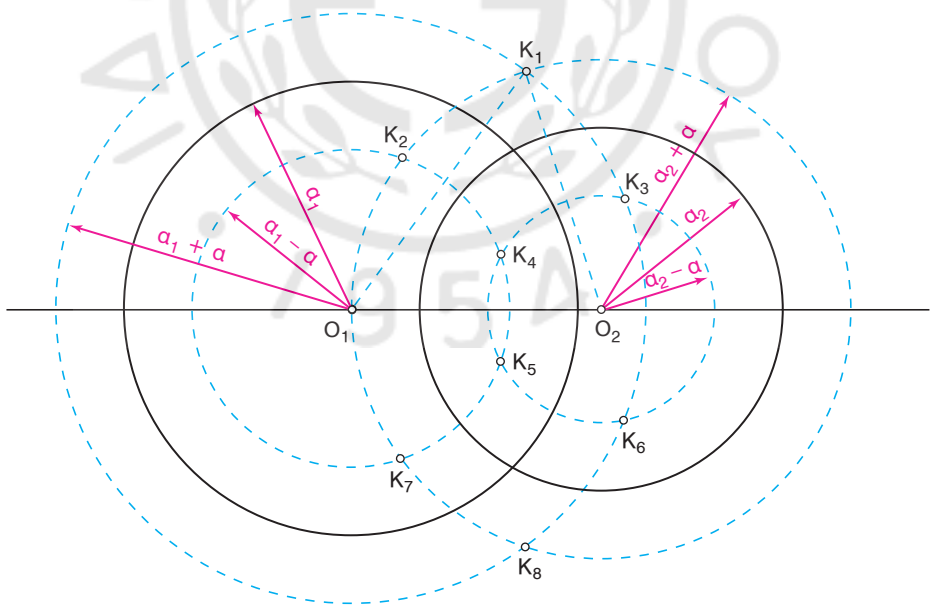
Εξετάζουμε τώρα το πρόβλημα της συναρμογής ανάμεσα σε δύο τόξα με κέντρα  $O_1$  και  $O_2$  και αντίστοιχες ακτίνες  $a_1$  και  $a_2$ . Υπάρχουν πάλι δύο περιπτώσεις: ή να γνωρίζουμε την ακτίνα  $a$  του τόξου συναρμογής, ή το ένα από τα σημεία επαφής.

Όταν γνωρίζουμε την ακτίνα  $a$  του τόξου συναρμογής, γράφουμε δύο



Σχ. 5.6δ.

Συναρμογή δύο κυκλικών τόξων με τρίτο με γνωστή ακτίνα  $a$ . Περίπτωση, που το πρόβλημα δεν έχει λύση.

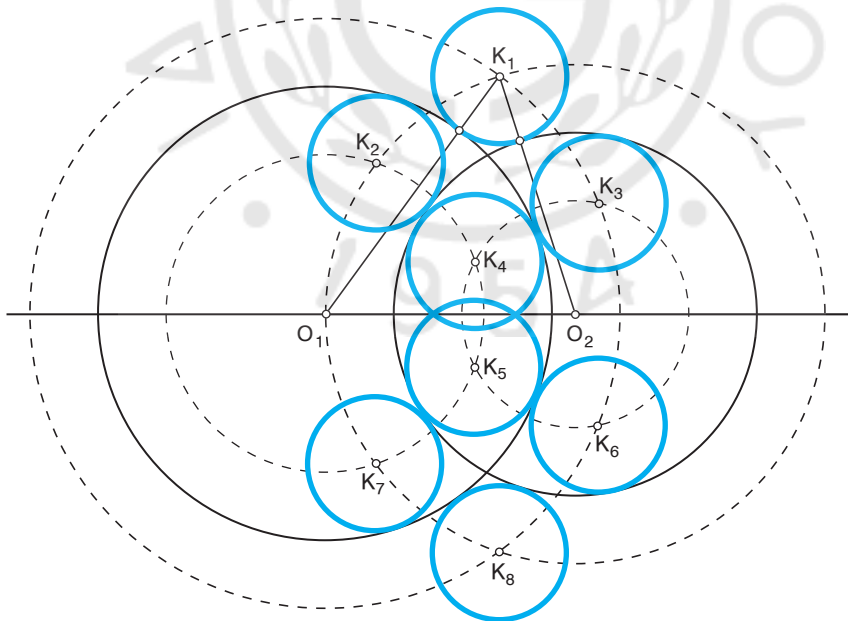


Σχ. 5.6ε.

Συναρμογή δύο κυκλικών τόξων με τρίτο με γνωστή ακτίνα  $a$ . Περίπτωση, που το πρόβλημα έχει οκτώ λύσεις.

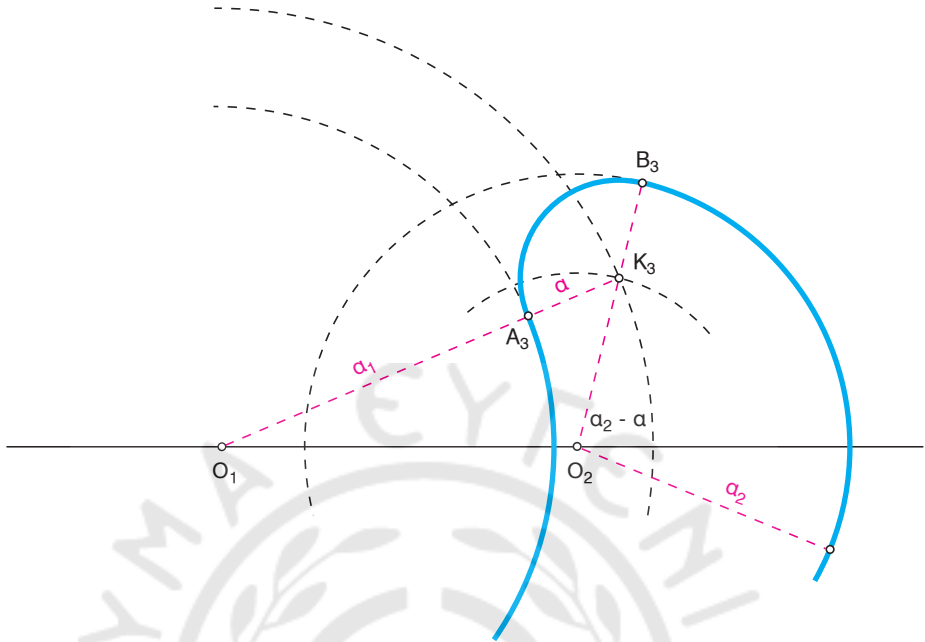
βοηθητικούς κύκλους με κέντρο το κέντρο  $O_1$  του ενός γνωστού κύκλου, τον ένα με ακτίνα  $a_1 + a$  και τον άλλο με ακτίνα  $a_1 - a$  ή  $a - a_1$ . Επίσης με κέντρο  $O_2$ , το κέντρο δηλαδή του άλλου γνωστού κύκλου, γράφομε άλλους δύο βοηθητικούς κύκλους, τον ένα με ακτίνα  $a_2 + a$  και τον άλλο με ακτίνα  $a_2 - a$  ή  $a - a_2$ . Υπάρχουν τότε δύο βασικές περιπτώσεις: α) Οι τέσσερις βοηθητικοί κύκλοι δεν τέμνονται μεταξύ τους (σχ. 5.6δ), οπότε το πρόβλημα δεν έχει λύση, και β) οι τέσσερις βοηθητικοί κύκλοι τέμνονται σε ορισμένα σημεία, οπότε τα σημεία αυτά μπορεί να είναι το πολύ οκτώ, όπως στο σχήμα 5.6ε, μπορεί όμως να είναι και λιγότερα. Αν με κέντρο οποιοδήποτε από τα κοινά αυτά σημεία  $K$  των βοηθητικών κύκλων και με ακτίνα ίση με  $a$  γράφομε κύκλο, αυτός θα εφάπτεται και στους δύο αρχικούς κύκλους και μάλιστα στα σημεία  $A_1$  και  $B_1$ , όπου τους τέμνουν αντίστοιχα οι ευθείες  $KO_1$  και  $KO_2$  (σχ. 5.6στ). Έτσι το πρόβλημα έχει τόσες λύσεις, όσα είναι και τα κοινά σημεία  $K$  των βοηθητικών κύκλων.

Στο σχήμα 5.6στ εικονίζεται η περίπτωση, όπου υπάρχουν οκτώ λύσεις, δηλαδή ο μεγαλύτερος δυνατός αριθμός. Παρατηρούμε πως, όταν το  $K$  ανήκει σε βοηθητικό κύκλο με ακτίνα ίση με άθροισμα ακτίνων, το τόξο που βρίσκομε στρέφει τα κυρτά του ανάποδα από το τόξο του αντίστοιχου



Σχ. 5.6στ.

Κατασκευή των οκτώ κύκλων συναρμογής στην περίπτωση του σχήματος 5.6ε.



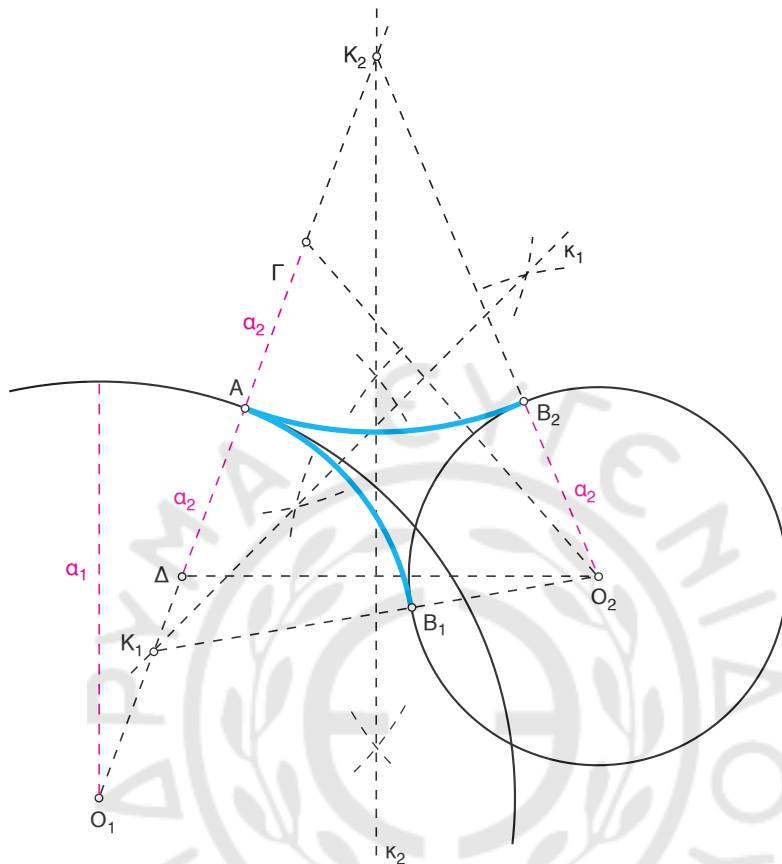
Σχ. 5.6ζ.

Συναρμογή δύο κυκλικών τόξων με τρίτο που έχει γνωστή ακτίνα  $a$ , όταν είναι γνωστό ποια από τις λύσεις ζητάμε.

αρχικού κύκλου, π.χ.  $K_1$ . Αντίθετα, όταν το  $K$  ανήκει σε βοηθητικό κύκλο με ακτίνα ίση με διαφορά ακτίνων, το τόξο που βρίσκουμε στρέφει τα κυρτά του προς την ίδια κατεύθυνση, όπως και το τόξο του αντίστοιχου αρχικού κύκλου, π.χ.  $K_4$ . Όταν το  $K$  ανήκει σε έναν κύκλο με ακτίνα ίση με άθροισμα και σε έναν κύκλο με ακτίνα ίση με διαφορά δύο ακτίνων, το τόξο που βρίσκουμε στρέφει τα κυρτά του ανάποδα από το τόξο του πρώτου αρχικού κύκλου και προς την ίδια κατεύθυνση με το τόξο του δεύτερου αρχικού κύκλου, π.χ.  $K_3$ .

Παρατηρούμε τέλος ότι όσες λύσεις υπάρχουν αποτελούν ζευγάρια συμμετρικά ως προς την ευθεία  $O_1O_2$ .

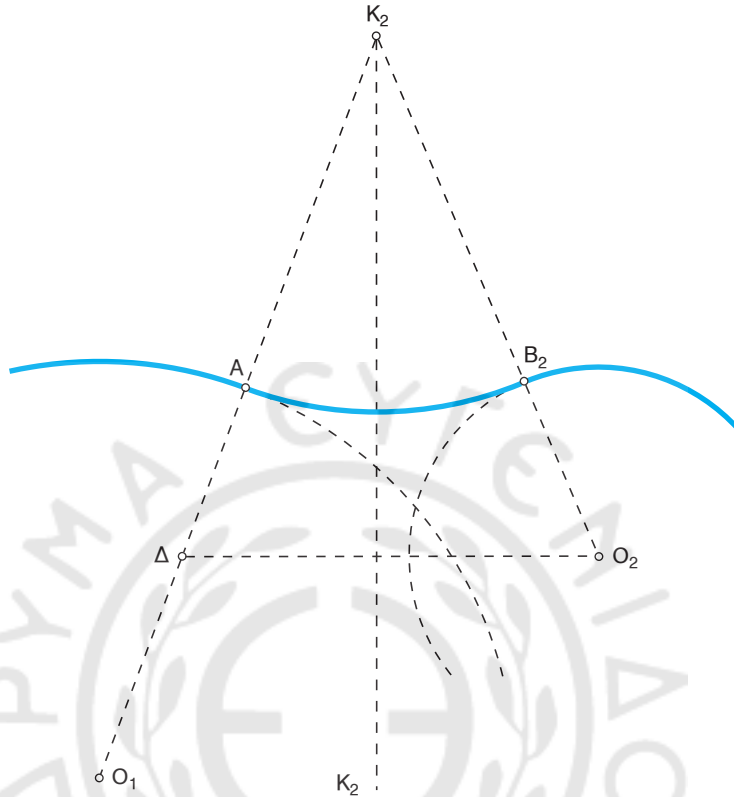
Στην πράξη συνήθως γνωρίζουμε προς τα πού θέλουμε να στρέφει τα κυρτά του το τόξο που ζητάμε και από ποια μεριά της  $O_1O_2$  πρέπει να βρίσκεται. Επομένως, γράφουμε μόνο τους δύο από τους τέσσερις βοηθητικούς κύκλους και χρησιμοποιούμε το ένα μόνο από τα σημεία τομής τους (στο σχήμα είναι το  $K_3$ ), αν βέβαια οι κύκλοι αυτοί τέμνονται (σχ. 5.6ζ). Ορίζουμε έπειτα τα σημεία επαφής  $A_3$  και  $B_3$  και γράφουμε μόνο το τόξο  $A_3B_3$  του νέου κύκλου, ενώ αντίθετα σβήνουμε τα τόξα των αρχικών κύκλων, που βρίσκονται ανάμεσα στο  $A_3$  και στο  $B_3$ .



Σχ. 5.6η.

Συναρμογή δύο κυκλικών τόξων με τρίτο, όταν είναι γνωστό το ένα σημείο επαφής  $A$ , και ποια από τις λύσεις ζητάμε.

Εξετάζουμε τώρα τη δεύτερη περίπτωση, όταν δηλαδή θέλουμε να φέρουμε ένα κυκλικό τόξο, που να εφάπτεται σε δύο γνωστά τόξα με κέντρα  $O_1$  και  $O_2$  και αντίστοιχες ακτίνες  $a_1$  και  $a_2$  και μάλιστα σε ένα ορισμένο σημείο  $A$  του πρώτου. Φέρνουμε την ευθεία  $O_1A$  και πάνω σε αυτήν ορίζουμε δύο σημεία  $\Gamma$  και  $\Delta$  έτσι, ώστε να είναι  $A\Gamma = A\Delta = a_2$ . Φέρνουμε τις ευθείες  $k_1$  και  $k_2$  κάθετες αντίστοιχα στα μέσα των ευθυγράμμων τμημάτων  $\Gamma O_2$  και  $\Delta O_2$  λύνοντας το πρώτο πρόβλημα της παραγράφου 5.2 (σχ. 5.6η). Οι κάθετες αυτές τέμνουν την ευθεία  $O_1A$  στα σημεία  $K_1$  και  $K_2$  αντίστοιχα. Οι κύκλοι, που έχουν κέντρα τα σημεία αυτά και αντίστοιχες ακτίνες  $K_1A$  και  $K_2A$ , εφάπτονται και στους δύο αρχικούς κύκλους και μάλιστα στον πρώτο στο σημείο  $A$ . Τα σημεία επαφής του δεύτερου κύκλου με τους



Σχ. 5.6θ.

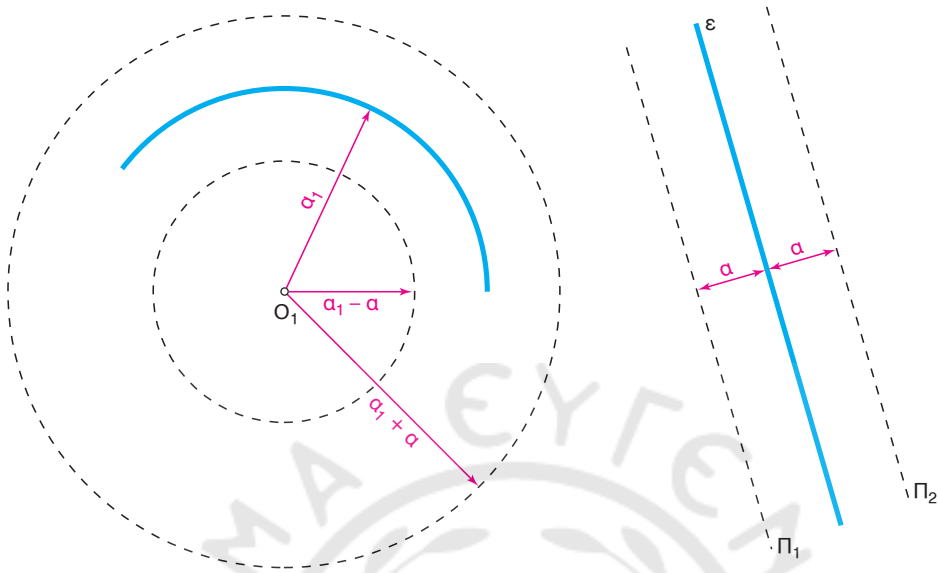
κύκλους που βρήκαμε είναι τα σημεία  $B_1$  και  $B_2$ , όπου τον τέμνουν αντίστοιχα οι ευθείες  $K_1O_2$  και  $K_2O_2$ .

Στην πράξη γνωρίζουμε συνήθως ποια από τις δύο λύσεις μας ενδιαφέρει. Και εδώ σχεδιάζουμε πάλι μόνο το τόξο  $AB$  και σβήνουμε από τα αρχικά τόξα τα κομμάτια, που βρίσκονται ανάμεσα στο  $A$  και  $B$  (σχ. 5.6θ).

Τέλος εξετάζουμε το πρόβλημα της συναρμογής μιας ευθείας  $\varepsilon$  και ενός τόξου με κέντρο  $O_1$  και ακτίνα  $\alpha_1$ . Εδώ διακρίνουμε τρεις περιπτώσεις. Μπορεί να γνωρίζουμε την ακτίνα  $\alpha$  του τόξου συναρμογής, το σημείο επαφής  $A$  του τόξου αυτού με την ευθεία  $\varepsilon$  ή το σημείο επαφής  $B$  του τόξου συναρμογής με το γνωστό τόξο.

Στην πρώτη περίπτωση, με κέντρο το κέντρο του γνωστού τόξου  $O_1$  γράφουμε δύο βοηθητικούς κύκλους, τον ένα με ακτίνα  $\alpha_1 + \alpha$  και με τον άλλον με ακτίνα  $\alpha_1 - \alpha$  ή  $\alpha - \alpha_1$ . Φέρνουμε επίσης δύο βοηθητικές ευθείες  $\pi_1$



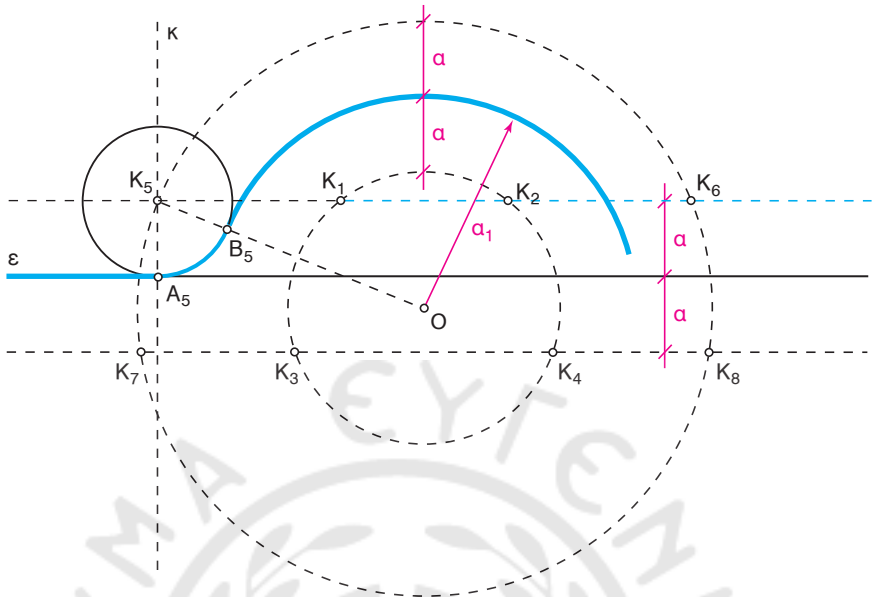


Σχ. 5.6ι.

Συναρμογή ευθείας και κυκλικού τόξου με γνωστή ακτίνα  $a$ . Περίπτωση, που το πρόβλημα δεν έχει λύση.

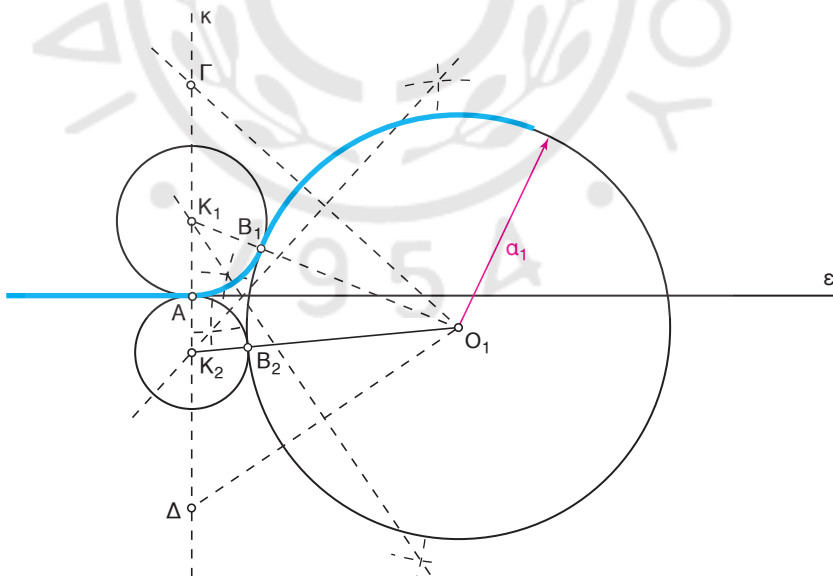
και  $\pi_2$  παράλληλες με την  $\varepsilon$ , που να απέχουν από αυτήν απόσταση  $a$ , λύνοντας το τελευταίο πρόβλημα της παραγράφου 5.2. Υπάρχουν και εδώ δύο βασικές περιπτώσεις: α) Οι δύο βοηθητικοί κύκλοι και οι δύο βοηθητικές ευθείες δεν έχουν κοινά σημεία (σχ. 5.6ι), οπότε το πρόβλημα δεν έχει λύση και β) οι δύο βοηθητικοί κύκλοι και οι δύο βοηθητικές ευθείες έχουν ορισμένα κοινά σημεία, οπότε αυτά θα είναι το πολύ οκτώ, όπως φαίνεται στο σχήμα 5.6ια, μπορεί όμως να είναι και λιγότερα. Αν με κέντρο οποιοδήποτε από τα κοινά αυτά σημεία  $K$  και ακτίνα ίση με  $a$  γράψουμε κύκλο, αυτός θα εφάπτεται και με την ευθεία  $\varepsilon$  και με τον αρχικό κύκλο  $O_1$  και μάλιστα στα σημεία  $A$  και  $B$ , όπου  $A$  είναι η τομή της  $\varepsilon$  με την κάθετη προς αυτήν ευθεία  $\kappa$ , που περνά από το  $K$  και  $B$  είναι η τομή του κύκλου  $O_1$  με την ευθεία  $O_1K$ . Έτσι το πρόβλημα έχει τόσες λύσεις, όσα είναι και τα κοινά σημεία των βοηθητικών κύκλων με τις βοηθητικές ευθείες. Παρατηρούμε ότι ισχύουν τα ίδια πράγματα σχετικά με την κυρτότητα των τόξων όπως και στο πρόβλημα της συναρμογής δύο τόξων. Και στην περίπτωση αυτή είναι συνήθως γνωστό, ποια από τις λύσεις μας ενδιαφέρει, π.χ. η  $K_5$  στο σχήμα 5.6ια.

Όταν γνωρίζουμε το σημείο επαφής  $A$  του τόξου συναρμογής με την ευθεία  $\varepsilon$ , φέρνουμε από το  $A$  μian ευθεία  $\kappa$  κάθετη στην  $\varepsilon$  λύνοντας το



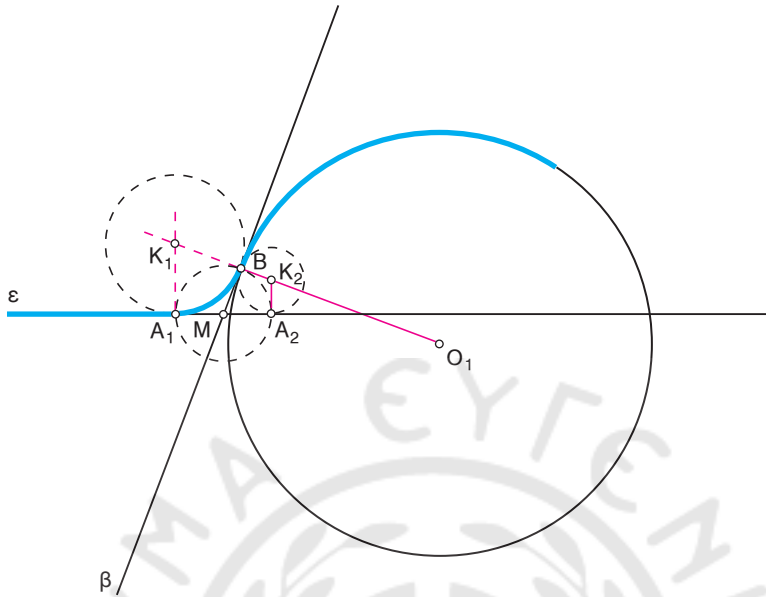
Σχ. 5.6α.

Συναρμογή ευθείας και κυκλικού τόξου με κυκλικό τόξο με γνωστή ακτίνα  $a$ . Περίπτωση, που το πρόβλημα έχει οκτώ λύσεις.



Σχ. 5.6β.

Συναρμογή ευθείας και κυκλικού τόξου με κυκλικό τόξο, που εφάπτεται με την ευθεία σε γνωστό σημείο της  $A$ .



Σχ. 5.6ιγ.

Συναρμογή ευθείας και κυκλικού τόξου με κυκλικό τόξο, που εφάπτεται με την ευθεία σε γνωστό σημείο του  $B$ .

δεύτερο πρόβλημα της παραγράφου 5.2 (σχ. 5.2β). Πάνω στην ευθεία  $\kappa$  ορίζουμε δύο σημεία  $\Gamma$  και  $\Delta$  έτσι, ώστε να είναι  $A\Gamma = A\Delta = \alpha_1$  (σχ. 5.6ιβ) και λύνοντας το πρώτο πρόβλημα της παραγράφου 5.2, φέρνουμε ευθείες κάθετες στα μέσα των ευθυγράμμων τμημάτων  $\Gamma O_1$  και  $\Delta O_1$  (σχ. 5.2α). Οι κάθετες αυτές τέμνουν την  $\kappa$  σε δύο σημεία  $K_1$  και  $K_2$ . Αν με κέντρο το  $K_1$  ή το  $K_2$  και ακτίνα ίση με  $K_1 A$  ή  $K_2 A$  αντίστοιχα γράψουμε έναν κύκλο, αυτός θα εφάπτεται στον αρχικό κύκλο  $O_1$  και στην ευθεία  $\varepsilon$  και μάλιστα στο σημείο της  $A$ . Το σημείο επαφής του με το τόξο θα είναι η τομή του  $B_1$  ή  $B_2$  με την  $O_1 K_1$  ή την  $O_1 K_2$ .

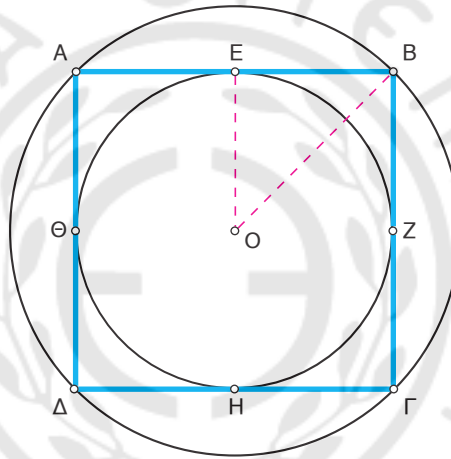
Όταν γνωρίζουμε το σημείο επαφής  $B$  του τόξου συναρμογής με το γνωστό τόξο, φέρνουμε την ακτίνα του  $O_1 B$  και την εφαπτομένη του  $\beta$  στο σημείο  $B$  λύνοντας το πρώτο πρόβλημα της παραγράφου 5.4 (σχ. 5.6ιγ). Η εφαπτομένη αυτή τέμνει την ευθεία  $\varepsilon$  σε ένα σημείο  $M$ . Λύνουμε τότε το πρόβλημα του σχήματος 5.6β και βρίσκουμε το τόξο, που εφάπτεται στις ευθείες  $\varepsilon$  και  $\beta$  και μάλιστα στο σημείο  $B$  της δεύτερης. Το τόξο αυτό εφάπτεται και με τον κύκλο  $O_1$  στο ίδιο σημείο του  $B$ .

Παρατηρούμε, πως το τόξο συναρμογής μπορεί να στρέφει τα κυρτά του προς το ίδιο μέρος, όπως και το γνωστό τόξο, αν διαλέξουμε για κέντρο το  $K_2$ , μπορεί όμως να συμβαίνει και το αντίθετο, αν διαλέξουμε το  $K_1$ , γιατί το

τελευταίο αυτό πρόβλημα, όπως και το πρόβλημα του σχήματος 5.6β, έχει δύο λύσεις. Στη μια από αυτές τα δύο τόξα στρέφουν τα κυρτά τους προς το ίδιο μέρος και στην άλλη προς το αντίθετο, συνήθως όμως μας είναι γνωστό ποια από τις δύο λύσεις ζητάμε.

### 5.7 Κανονικά πολύγωνα.

**Κανονικά** λέγονται τα πολύγωνα, που έχουν όλες τις γωνίες και τις πλευρές τους ίσες. Έτσι το ισόπλευρο τρίγωνο και το τετράγωνο είναι τα

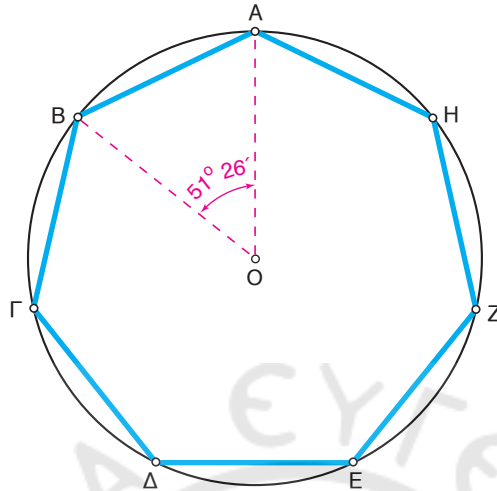


Σχ. 5.7α.

Κανονικό πολύγωνο. Εγγραμμένο και περιγραμμένο κύκλος. Ακτίνα και απόστημα.

δύο πιο απλά κανονικά πολύγωνα. Κάθε κανονικό πολύγωνο μπορεί να εγγραφεί σε κύκλο, αλλά και να περιγραφεί γύρω από κύκλο. Με άλλα λόγια υπάρχει ένας κύκλος, που περνά από όλες τις κορυφές του κανονικού πολυγώνου και ένας άλλος πιο μικρός, που εφάπτεται με όλες τις πλευρές του εσωτερικά. Οι δύο αυτοί κύκλοι είναι ομόκεντροι (σχ. 5.7α). Η ακτίνα του μεγάλου κύκλου λέγεται **ακτίνα** και του κανονικού πολυγώνου, ενώ η ακτίνα του μικρού λέγεται **απόστημα** του κανονικού πολυγώνου.

Όταν πρόκειται να σχεδιάσουμε ένα κανονικό πολύγωνο, γνωρίζουμε συνήθως τον ένα από τους δύο αυτούς κύκλους και τον αριθμό των πλευρών

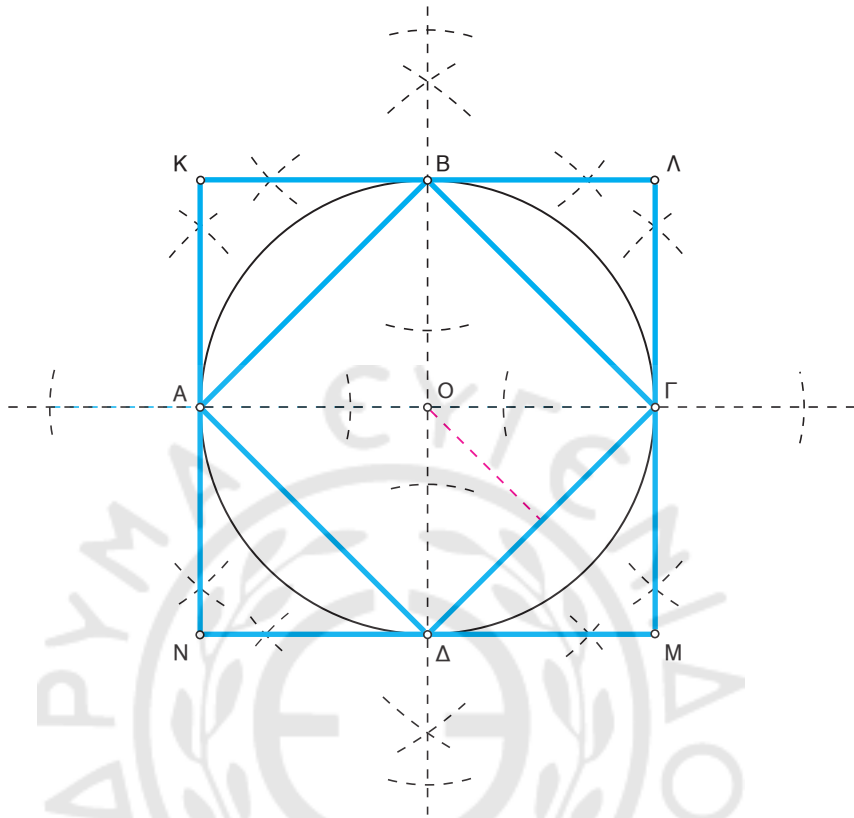


Σχ. 5.7β.  
Κανονικό επτάγωνο.

του πολυγώνου. Παρατηρούμε πως στο μεγάλο κύκλο τα τόξα, που ορίζουν οι κορυφές του κανονικού πολυγώνου, είναι μεταξύ τους ίσα. Ίσα επίσης είναι και τα τόξα, που ορίζουν τα σημεία επαφής στο μικρό κύκλο, επομένως μπορούμε να λύσουμε το πρόβλημα, αν μοιράσουμε την περιφέρεια του κύκλου σε τόσα ίσα μέρη, όσες είναι οι πλευρές του κανονικού πολυγώνου, που θέλουμε να κατασκευάσουμε.

Μια πρακτική λύση είναι να διαιρέσουμε τις  $360^\circ$  (ή τους 400 βαθμούς) με τον αριθμό των πλευρών, π.χ. με το 7 (σχ. 5.7β). Φέρνουμε μιαν ακτίνα του κύκλου, την  $OA$  και με τον αναγωγέα ορίζουμε ένα σημείο του κύκλου  $B$  έτσι, ώστε η γωνία  $AOB$  να είναι ίση με το πηλίκον της διαιρέσεως  $360^\circ/7 = 51^\circ 3/7$ , περίπου  $51^\circ 26'$ . Έπειτα με το διαστημόμετρο ορίζουμε δοκιμαστικά τις υπόλοιπες κορυφές, μεταφέροντας τη χορδή  $AB$  στις επόμενες θέσεις και έστω  $H$  η τελευταία κορυφή. Είναι σχεδόν βέβαιο ότι η χορδή  $HA$  θα είναι μεγαλύτερη (ή μικρότερη) από το άνοιγμα του διαστημόμετρου. Ανοίγουμε τότε λίγο (ή κλείνουμε) το διαστημόμετρο και επαναλαμβάνουμε τη δοκιμή, ξεκινώντας όμως από το  $A$  και όχι από το  $B$ , όσες φορές χρειαστεί, για να φτάσουμε σε ικανοποιητικό αποτέλεσμα.

Η μέθοδος αυτή, αν και αρκετά ανακριβής, είναι η μόνη δυνατή στις περισσότερες περιπτώσεις, π.χ. για αριθμό πλευρών 7, 9, 11, 13, 14, 17, 18, 19, 21, 22, 23 κλπ. Για ορισμένους αριθμούς πλευρών όμως, είναι δυνατόν να γίνει με τον κανόνα και το διαβήτη η διαίρεση του κύκλου και επομένως η κατασκευή του κανονικού πολυγώνου.



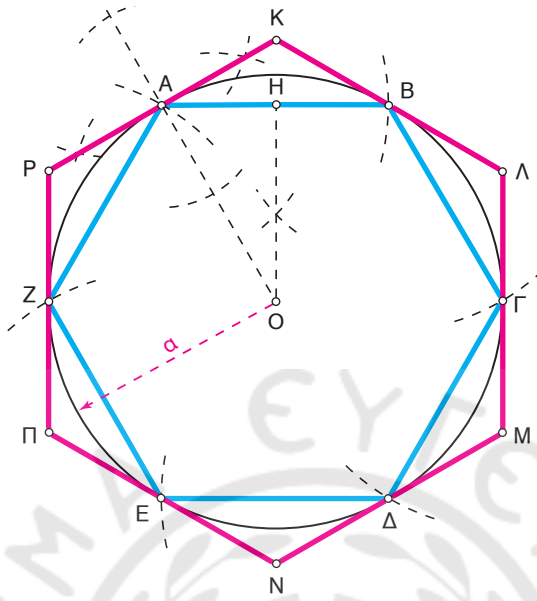
Σχ. 5.7γ.

Κανονικά τετράπλευρα (τετράγωνα).

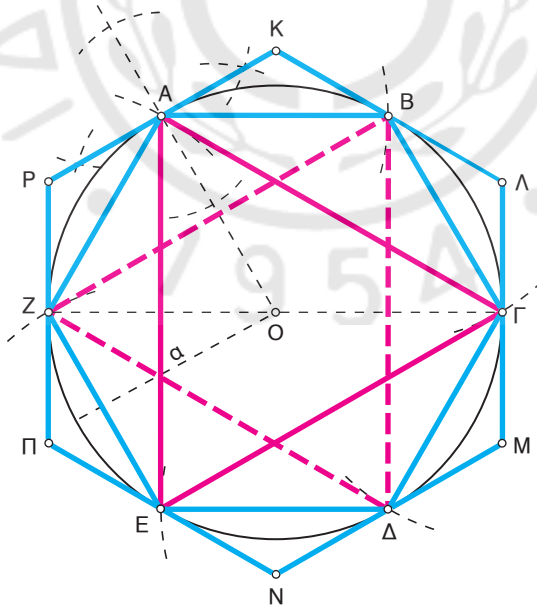
Στο σχήμα 5.7γ εικονίζεται η κατασκευή του τετραγώνου, δηλαδή η διαίρεση του κύκλου σε τέσσερα ίσα μέρη. Φέρουμε μια τυχαία διάμετρο του κύκλου  $ΑΓ$  και την κάθετη στο μέσο της διαμέτρου  $ΒΔ$  λύνοντας το πρώτο πρόβλημα της παραγράφου 5.2. Το  $ΑΒΓΔ$  είναι τετράγωνο, δηλαδή κανονικό τετράπλευρο. Το ίδιο συμβαίνει και για το  $ΚΛΜΝ$ , που ορίζουν οι εφαπτομένες του κύκλου στα σημεία  $Α, Β, Γ$  και  $Δ$ .

Στο σχήμα 5.7δ εικονίζεται η κατασκευή του κανονικού εξαγώνου, δηλαδή η διαίρεση του κύκλου σε έξι ίσα μέρη. Ορίζουμε ένα τυχαίο σημείο  $Α$  του κύκλου και με κέντρο το  $Α$  και ακτίνα ίση με την ακτίνα του κύκλου γράφουμε ένα βοηθητικό κύκλο, που τέμνει τον αρχικό στα σημεία  $Β$  και  $Ζ$ . Με κέντρα τα σημεία αυτά και την ίδια ακτίνα γράφουμε άλλους δύο βοηθητικούς κύκλους, που τέμνουν τον αρχικό στο  $Α$ , αλλά και σε δύο νέα σημεία  $Γ$  και  $Ε$ . Με κέντρο το ένα από αυτά και την ίδια ακτίνα γράφουμε

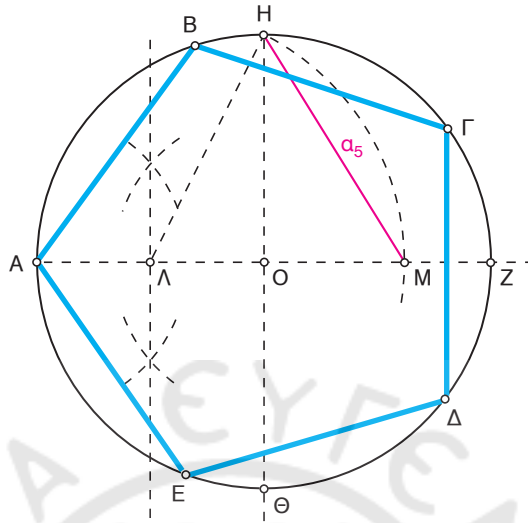




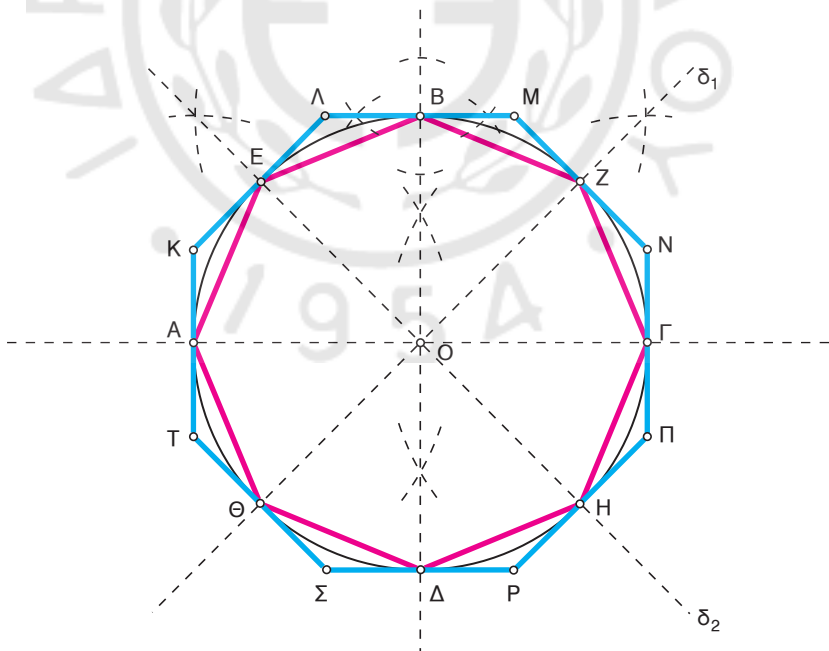
Σχ. 5.7δ.  
Κανονικά εξάγωνα.



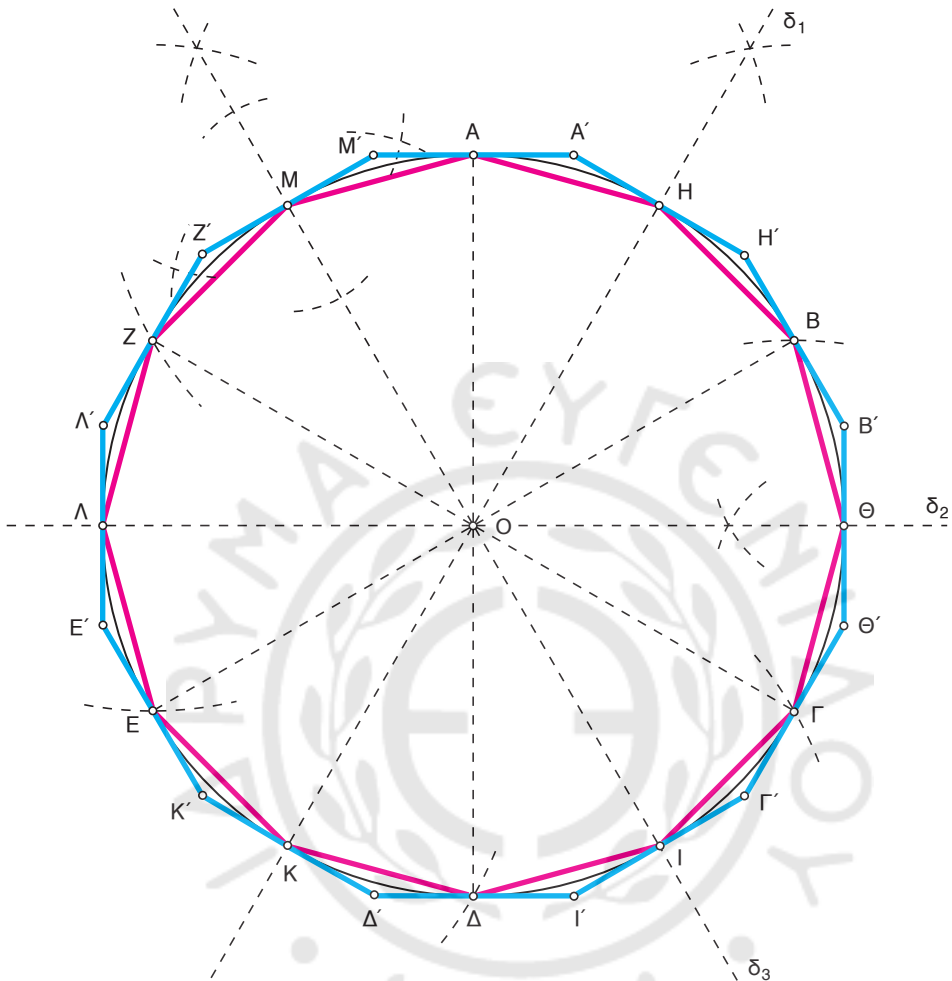
Σχ. 5.7ε.  
Κανονικά (ισόπλευρα) τρίγωνα.



Σχ. 5.7στ.  
Κανονικό πεντάγωνο.



Σχ. 5.7ζ.  
Κανονικό οκτάγωνο.

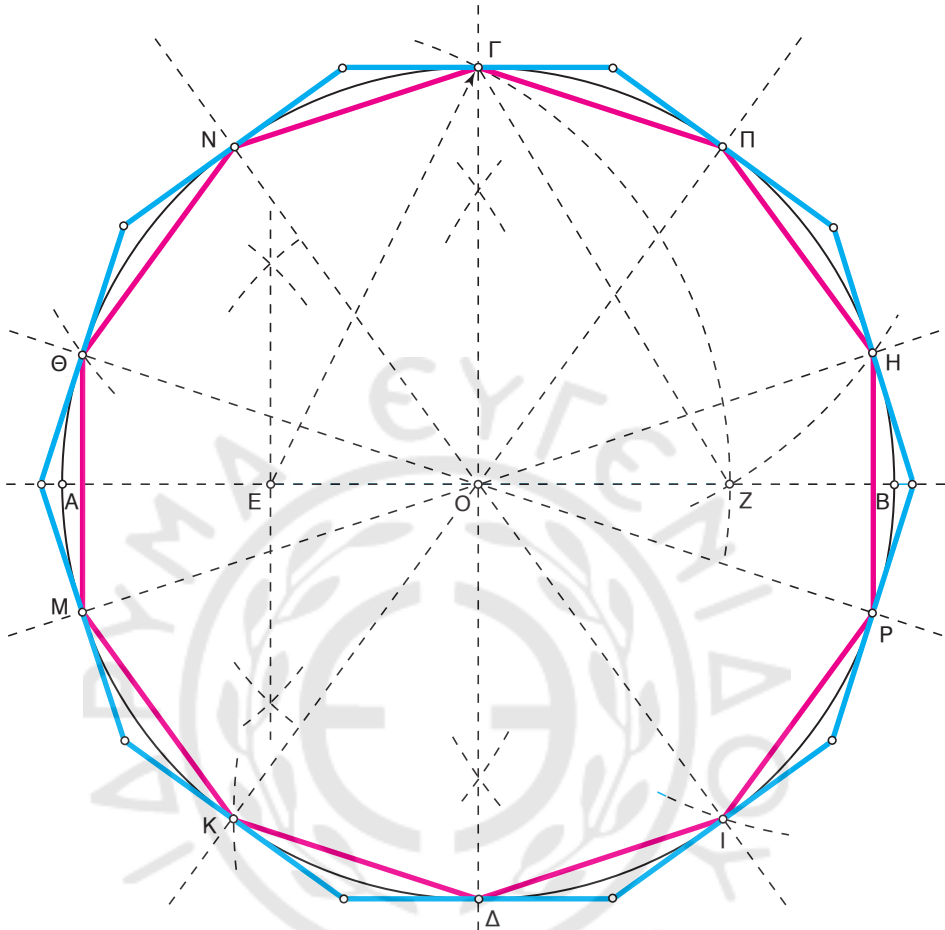


Σχ. 5.7η.  
Κανονικό δωδεκάγωνο.

και άλλο κύκλο, που τέμνει τον αρχικό στο σημείο Δ. Το ΑΒΓΔΕΖ είναι κανονικό εξάγωνο, όπως και το ΚΛΜΝΠΡ.

Παρατηρούμε ότι το ΑΓΕ, όπως και το ΒΔΖ (σχ. 5.7ε), είναι ισόπλευρα τρίγωνα.

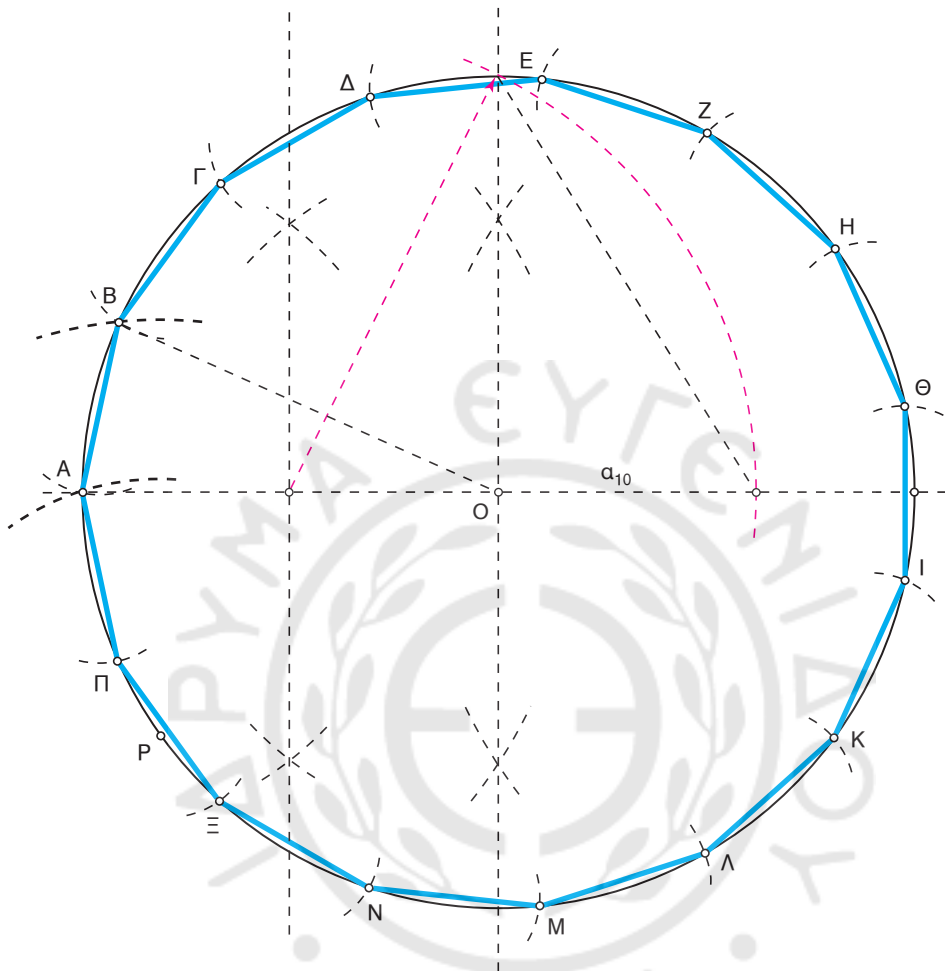
Στο σχήμα 5.7στ εικονίζεται η κατασκευή του κανονικού πενταγώνου, δηλαδή η διαίρεση του κύκλου σε πέντε ίσα μέρη. Φέρνομε μια τυχαία διάμετρο ΑΖ του κύκλου και την κάθετη στο μέσο της ΗΘ λύνοντας το πρώτο πρόβλημα της παραγράφου 5.2. Λύνοντας πάλι το ίδιο πρόβλημα βρίσκομε το μέσο Λ της ακτίνας ΟΑ. Με κέντρο το Λ και ακτίνα ίση με ΛΗ



Σχ. 5.7θ.  
Κανονικό δεκάγωνο.

γράφουμε έναν κύκλο, που τέμνει την ακτίνα  $OZ$  στο σημείο  $M$ . Το ευθύγραμμο τμήμα  $HM$  είναι ίσο με την πλευρά του κανονικού πενταγώνου. Με κέντρο το  $A$  και ακτίνα ίση με το  $HM$  γράφουμε ένα βοηθητικό κύκλο, που τέμνει τον αρχικό στα σημεία  $B$  και  $E$ . Με κέντρα τα σημεία αυτά και την ίδια ακτίνα γράφουμε δύο ακόμα βοηθητικούς κύκλους, που τέμνουν τον αρχικό στο  $A$  και σε δύο ακόμα σημεία  $\Gamma$  και  $\Delta$ . Το  $ΑΒΓΔΕ$  είναι κανονικό πεντάγωνο.

Αν φέρομε ευθεία κάθετη στο μέσο μιας πλευράς κανονικού πολυγώνου, λύνοντας το πρώτο πρόβλημα της παραγράφου 5.2, η ευθεία αυτή θα περνά από το κέντρο του κύκλου και θα διχοτομεί το τόξο του, που

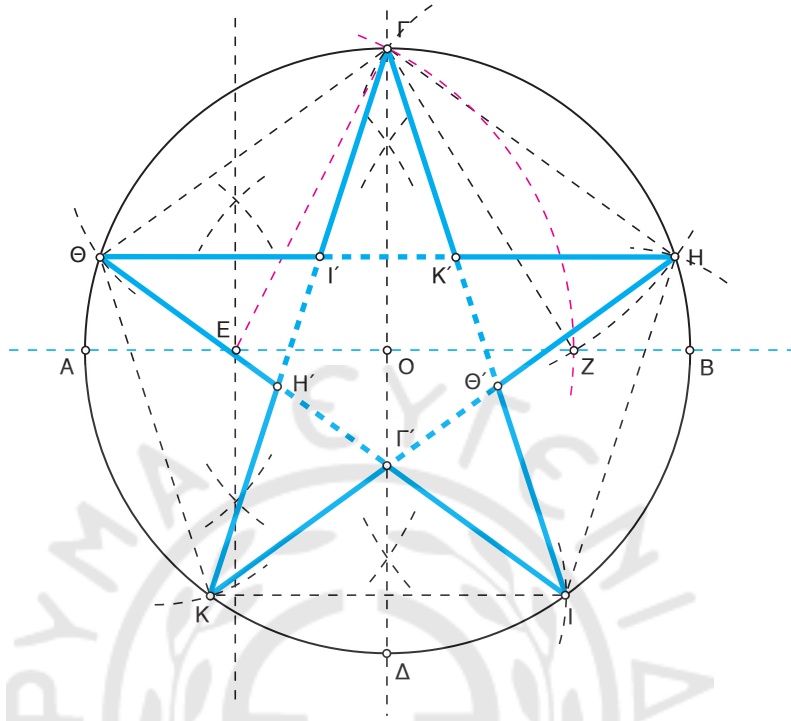


Σχ. 5.7ι.  
Κανονικό δεκαπεντάγωνο.

αντιστοιχεί στην πλευρά.

Έτσι με διαδοχικές διχοτομήσεις μπορούμε να κατασκευάσουμε, με βάση ένα τετράγωνο, το κανονικό οκτάγωνο (σχ. 5.7ζ), 16-γωνο, 32-γωνο, 64-γωνο κ.ο.κ. Με βάση το εξάγωνο μπορούμε να κατασκευάσουμε το κανονικό δωδεκάγωνο (σχ. 6.7η), 24-γωνο, 48-γωνο, 96-γωνο κ.ο.κ.

Με βάση το πεντάγωνο μπορούμε να κατασκευάσουμε το κανονικό δεκάγωνο (σχ. 5.7θ), 20-γωνο, 40-γωνο, 80-γωνο κ.ο.κ. Παρατηρούμε εδώ, ότι το κανονικό δεκάγωνο μπορεί να κατασκευαστεί και κατ' ευθείαν,



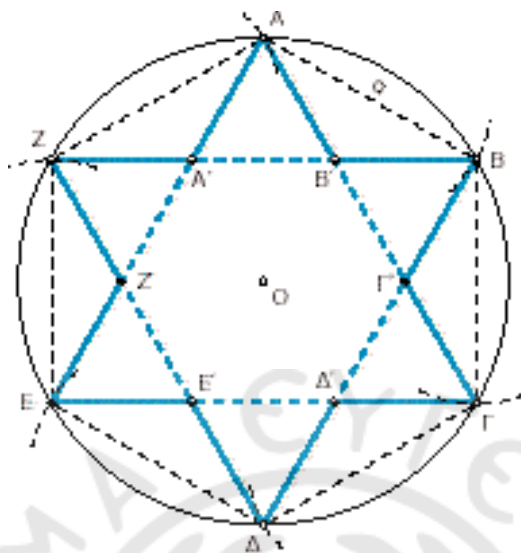
Σχ. 5.7ια.

Κανονικό αστεροειδές πεντάγωνο.

επειδή η πλευρά του είναι ίση με το ευθύγραμμο τμήμα  $OM$  του σχήματος 5.7στ, δηλαδή το  $OZ$  του σχήματος 5.7θ. Στο σχήμα 5.7ι εικονίζεται η κατασκευή του κανονικού 15-γώνου. Με κέντρο ένα τυχαίο σημείο  $P$  του κύκλου γράφουμε ένα βοηθητικό κύκλο με ακτίνα ίση με την ακτίνα του αρχικού κύκλου. Οι δύο κύκλοι τέμνονται σε ένα σημείο  $B$ . Με κέντρο το ίδιο σημείο  $P$  και με ακτίνα ίση με την πλευρά του κανονικού δωδεκαγώνου, που κατασκευάζεται όπως το  $OM$  στο σχήμα 5.7στ, γράφουμε άλλο βοηθητικό κύκλο, που τέμνει τον αρχικό σε δύο σημεία. Ονομάζουμε  $A$  εκείνο από τα δύο, που βρίσκεται ανάμεσα στο  $P$  και στο  $B$ . Το τόξο  $AB$  είναι το ένα δέκατο πέμπτο της περιφέρειας και με το διαστημόμετρο το μεταφέρουμε, ώστε να βρούμε τις υπόλοιπες κορυφές  $\Gamma, \Delta, Z, H, \Theta, I, K, \Lambda, M, N, \Xi$  και  $\Pi$  του κανονικού 15-γώνου. Με διαδοχικές διχοτομήσεις κατασκευάζονται και τα κανονικά 30-γωνα, 60-γωνα κ.ο.κ.

Αν θέλουμε τα κανονικά πολύγωνα να είναι περιγραμμένα στο γνωστό κύκλο, τότε, αντί να ενώνουμε τα σημεία της διαιρέσεως, φέρουμε τις





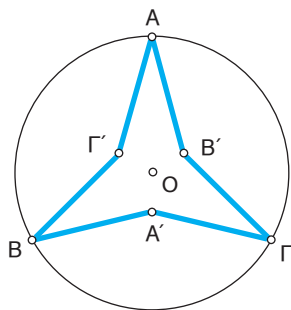
Σχ. 5.7ιβ.  
Κανονικό αστεροειδές εξάγωνο.



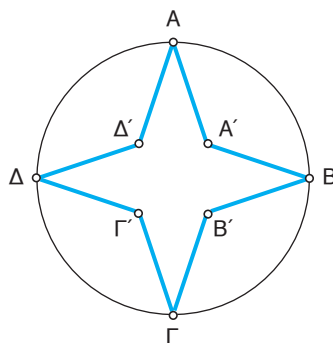
Σχ. 5.7ιγ.  
Κανονικά αστεροειδή δεκάγωνα.

εφαπτομένες του κύκλου στα σημεία αυτά λύνοντας το πρώτο πρόβλημα της παραγράφου 5.4, όπως φαίνεται στα σχήματα 5.7γ, 5.7δ και 5.7ε.

Εκτός από τα κανονικά πολύγωνα, που εξετάσαμε και που τα ονομάσαμε κυρτά, υπάρχουν και άλλα που τα λέμε **αστεροειδή**. Αυτά τα κατασκευάζουμε, αν φέρομε όλες τις ίσες μεταξύ τους διαγώνιες ενός κυρτού κανονικού πολυγώνου. Τα απλούστερα κανονικά αστεροειδή πολύγωνα είναι το πεντάγωνο και το εξάγωνο (σχ. 5.7ια και 5.7ιβ). Αυτά

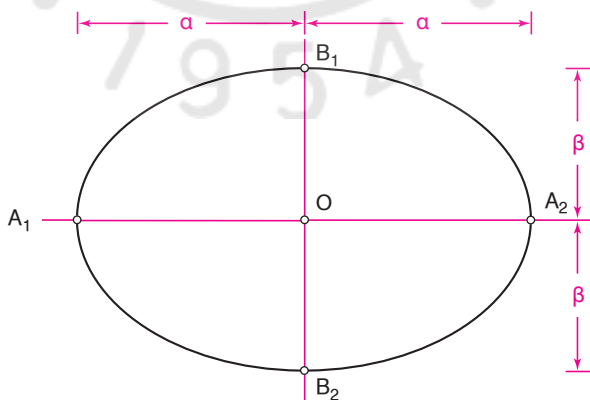


Σχ. 5.7ιδ.  
Σχήμα που θα μπορούσε να θεωρηθεί  
κανονικό αστεροειδές τρίγωνο.



Σχ. 5.7ιε.  
Σχήμα που θα μπορούσε να θεωρηθεί  
κανονικό αστεροειδές τετράπλευρο.

είναι ενός μόνο τύπου το καθένα. Αντίθετα υπάρχουν δύο τύποι κανονικών αστεροειδών επταγώνων και οκταγώνων, τρεις τύποι εννεαγώνων και δεκαγώνων (σχ.5.7ιγ), τέσσερις τύποι 11-γώνων και 12-γώνων κ.ο.κ. Δεν υπάρχει κανονικό αστεροειδές τρίγωνο ούτε τετράγωνο. Τα σχήματα 5.7ιδ και 5.7ιε, αν και μοιάζουν, δεν είναι κανονικά αστεροειδή τρίγωνα ή τετράγωνα, γιατί οι πλευρές τους δεν ανήκουν σε τρεις ή τέσσερις ευθείες, αλλά σε έξι ή οκτώ.

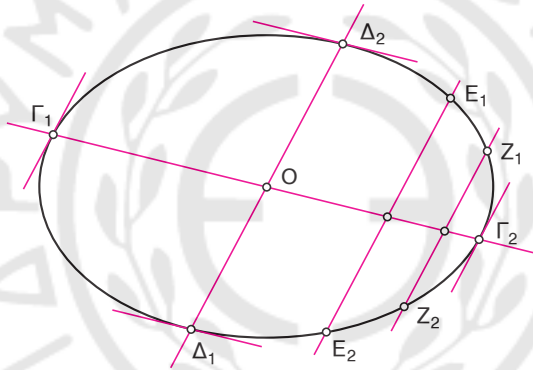


Σχ. 5.8α.  
Έλλειψη - Κέντρο και άξονες συμμετρίας.

## 5.8 Κατασκευή ελλείψεως από τους άξονές της.

Το τεχνικό σχέδιο αποτελείται συνήθως από κομμάτια ευθειών και κύκλων. Σπανιότερα χρειάζεται να σχεδιασθούν και άλλες καμπύλες γραμμές. Η πιο συχνή από αυτές είναι η έλλειψη, επειδή η ορθή προβολή του κύκλου είναι γενικά έλλειψη, εκτός αν το επίπεδό του είναι παράλληλο με το επίπεδο προβολής, οπότε είναι κύκλος, ή κάθετο με το επίπεδο προβολής, οπότε είναι ένα ευθύγραμμο τμήμα.

Η έλλειψη είναι μια κλειστή καμπύλη (σχ. 5.8α), που έχει δύο *άξονες συμμετρίας*  $A_1A_2$  και  $B_1B_2$  κάθετους μεταξύ τους και ένα *κέντρο συμμετρίας*  $O$ , που βρίσκεται στην τομή των δύο αξόνων και λέγεται συνήθως απλά *κέντρο* της ελλείψεως. Ο μεγαλύτερος από τους δύο άξονες συμμετρίας, που και αυτοί συνήθως λέγονται απλά *άξονες* της ελλείψεως, ονομάζεται



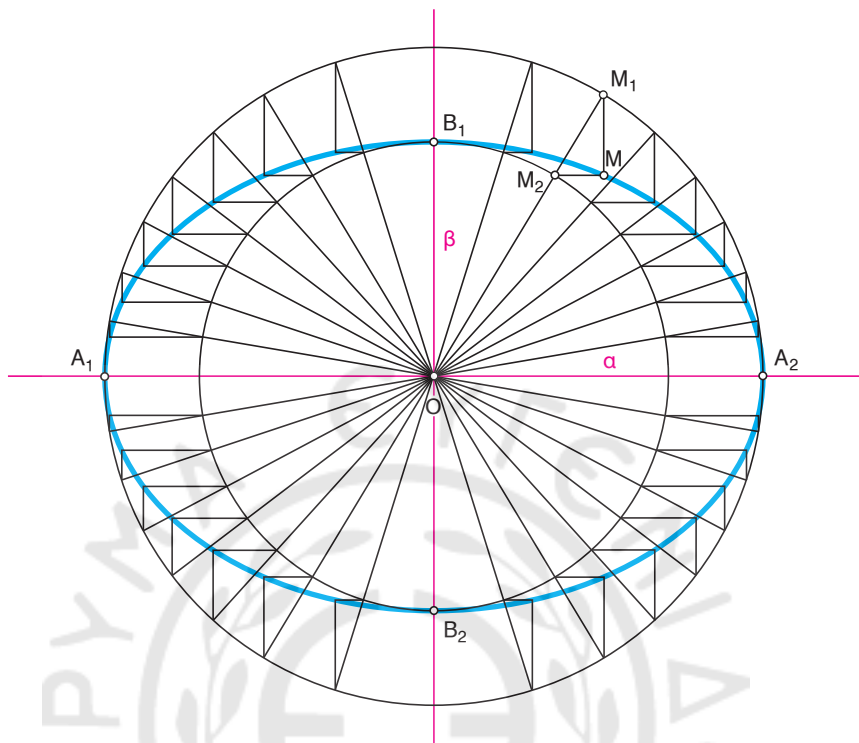
Σχ. 5.8β.

Έλλειψη - Χορδές διάμετροι, συζυγείς διάμετροι.

*μεγάλος, εστιακός* ή *κύριος* άξονας της ελλείψεως. Ο μικρότερος από τους δύο άξονες ονομάζεται *μικρός* ή *δευτερεύων* άξονας της ελλείψεως. Το μήκος του μεγάλου άξονα το συμβολίζουμε με το  $2a$  και του μικρού με το  $2b$ . Αν σε μια έλλειψη οι δύο άξονες έχουν το ίδιο μήκος, η έλλειψη αυτή είναι κύκλος με κέντρο το  $O$  και ακτίνα ίση με  $a$ .

Κάθε ευθύγραμμο τμήμα  $E_1E_2$  (σχ. 5.8β) που έχει τα άκρα του πάνω στην έλλειψη, λέγεται *χορδή* της ελλείψεως. Όταν μια χορδή της ελλείψεως περνά από το κέντρο της  $O$ , όπως π.χ. η  $\Gamma_1\Gamma_2$ , λέγεται *διάμετρος* της ελλείψεως, επομένως και οι άξονες της ελλείψεως είναι διάμετροί της.

Μια έλλειψη μπορεί να ορισθεί, αν γνωρίζουμε ορισμένα στοιχεία της. Στο βιβλίο αυτό θα περιορισθούμε μόνο στην κατασκευή της, όταν

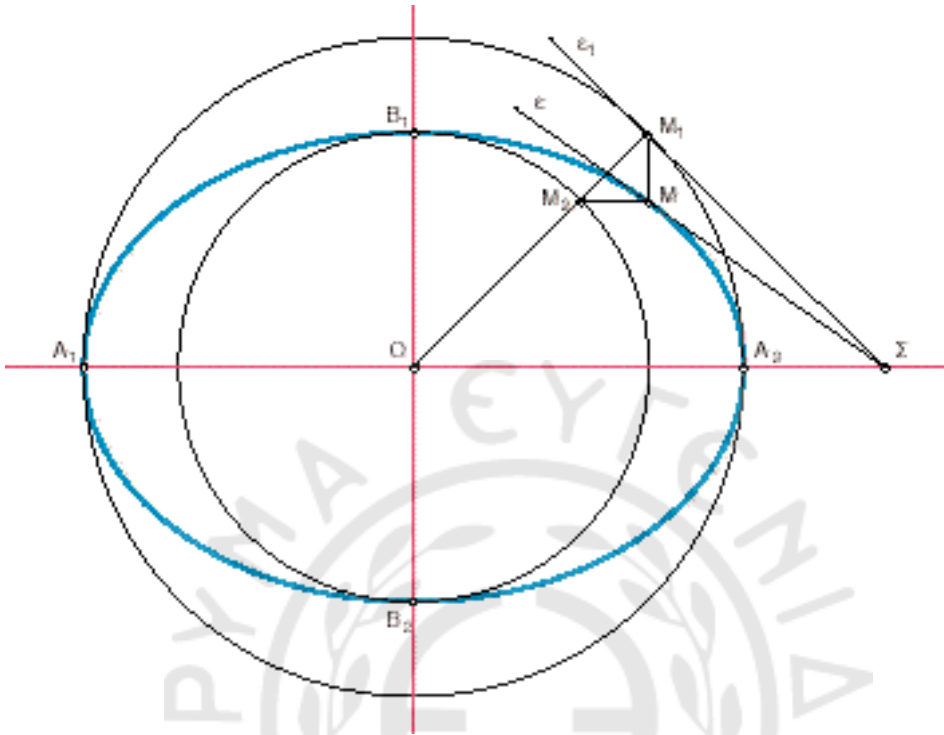


Σχ. 5.8γ.

Κατασκευή σημείων ελλείψεως με γνωστούς τους άξονές της.

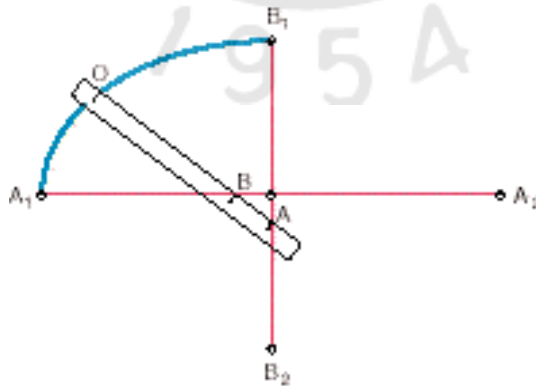
γνωρίζουμε τη θέση και το μέγεθος των αξόνων της που φαίνεται στο σχήμα 5.8γ. Θεωρούμε ότι είναι γνωστοί οι δύο άξονες της  $A_1A_2$  και  $B_1B_2$ . Με κέντρο το κέντρο της ελλείψεως  $O$  και ακτίνες αντίστοιχα ίσες με  $a$  και  $b$  γράφουμε δύο ομόκεντρους κύκλους. Ο πρώτος, που λέγεται **πρωτεύων**, περνά από τα σημεία  $A_1$  και  $A_2$ , ενώ ο δεύτερος, που λέγεται και **δευτερεύων**, περνά από τα σημεία  $B_1$  και  $B_2$ . Φέρνουμε ευθείες, που να περνούν από το κέντρο  $O$ , και από τα σημεία τομής τους με τον πρωτεύοντα κύκλο φέρνουμε ευθείες κάθετες προς την ευθεία  $A_1A_2$ , ενώ από τα σημεία τομής τους με το δευτερεύοντα κύκλο φέρνουμε ευθείες κάθετες προς την ευθεία  $B_1B_2$ . Κάθε ζευγάρι τέτοιων ευθειών, που αντιστοιχούν στην ίδια ακτίνα, όπως π.χ. οι  $M_1M$  και  $M_2M$ , μας δίνει στην τομή τους  $M$  ένα σημείο της ελλείψεως. Έτσι μπορούμε να έχουμε όσα σημεία μας χρειάζονται και ενώνοντάς τα να σχεδιάσουμε την έλλειψη.

Μπορούμε μάλιστα με μια απλή κατασκευή να έχουμε και την εφαπτομένη της ελλείψεως στο σημείο  $M$ . Φέρνουμε την εφαπτομένη του πρωτεύοντος κύκλου στο σημείο  $M_1$  και ονομάζουμε  $\Sigma$  το σημείο τομής με



Σχ. 5.8δ.

Κατασκευή εφαπτομένης ελλείψεως με γνωστούς τους άξονές της.



Σχ. 5.8ε.

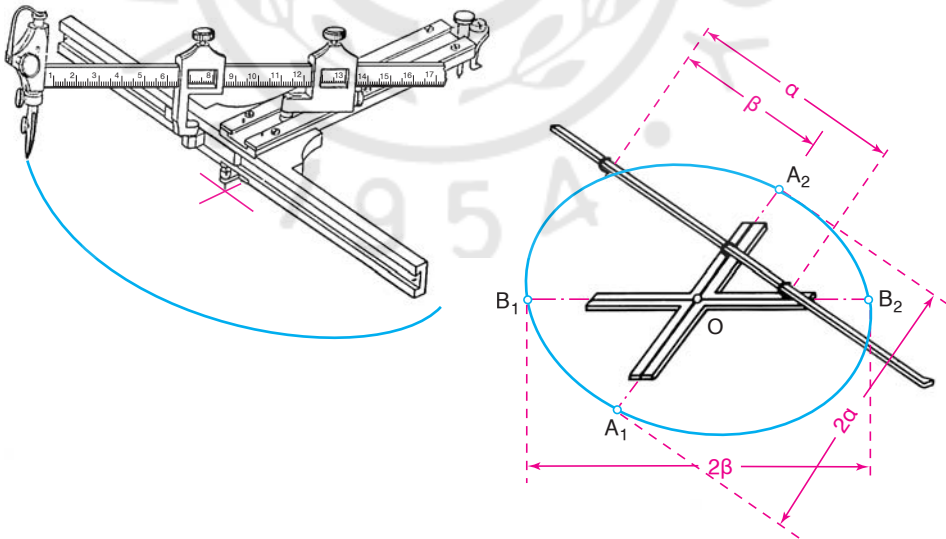
Μέθοδος κατασκευής ελλείψεως με τρία σημεία όταν γνωρίζουμε τους άξονές της.

την ευθεία  $A_1A_2$  (σχ. 5.8δ). Η ευθεία  $\Sigma M$  είναι εφαπτομένη της ελλείψεως στο σημείο  $M$ . Σημειώνουμε ότι οι εφαπτομένες της ελλείψεως στις κορυφές της, δηλαδή στα σημεία  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $B_1$  και  $B_2$ , είναι κάθετες προς τους αντίστοιχους άξονες και επομένως δεν χρειάζεται η προηγούμενη κατασκευή.

Στο σχήμα 5.8ε δείχνεται μια δεύτερη μέθοδος για την κατασκευή σημείων της ελλείψεως. Πάνω σε έναν κανόνα, που είναι προτιμότερο να φτιάξουμε μόνοι μας από λεπτό χαρτόνι, σημειώνουμε τρία σημεία  $O$ ,  $A$  και  $B$  με τον ακόλουθο τρόπο: Το μήκος του  $OA$  είναι ίσο με  $\alpha$ , δηλαδή με το μισό του μεγάλου άξονα της ελλείψεως, και το  $OB$  ίσο με  $\beta$ , δηλαδή με το μισό του μικρού της άξονα. Τοποθετούμε τον κανόνα σε διάφορες θέσεις, αλλά πάντοτε με τέτοιο τρόπο, ώστε το  $A$  να ανήκει στο μικρό άξονα της ελλείψεως και το  $B$  στο μεγάλο. Σε κάθε θέση του κανόνα το σημείο  $O$  μας δίνει τη θέση ενός σημείου της ελλείψεως.

Στη μέθοδο αυτή κατασκευής στηρίζεται και ένα όργανο σχεδιάσεως, που λέγεται *ελλειψογράφος*. Ο ελλειψογράφος αποτελείται από δύο στοιχεία. Το πρώτο έχει σχήμα σταυρού και στην επιφάνειά του έχει δύο λεπτές σχισμές κάθετες μεταξύ τους. Το δεύτερο είναι ίδιο με το διαβήτη του σχήματος 1.5ιδ, αλλά έχει εκτός από το στέλεχος με τη γραφίδα και δύο στελέχη με ακίδα, αντί για ένα.

Τοποθετούμε το πρώτο στοιχείο του ελλειψογράφου ακίνητο στο χαρτί



Σχ. 5.8στ.  
Ελλειψογράφοι.

μας και σε τέτοια θέση, ώστε οι δύο σχισμές, να πάρουν τις θέσεις των αξόνων της ελλείψεως (σχ. 5.8στ). Κινούμε έπειτα το δεύτερο στοιχείο έτσι, ώστε οι δύο ακίδες να γλιστρούν μέσα στις σχισμές, οπότε η γραφίδα σχεδιάζει την έλλειψη με ακρίβεια. Είναι φανερό ότι, όταν οι δύο άξονες της ελλείψεως είναι ίσοι, η μια ακίδα καταργείται και η μοναδική που απομένει πρέπει να ανήκει συγχρόνως και στους δύο άξονες της ελλείψεως, δηλαδή πρέπει να μένει ακίνητη στο κέντρο της ελλείψεως. Ο ελλειψογράφος τότε δεν διαφέρει καθόλου από το διαβήτη του σχήματος 1.5ιδ και αντί για έλλειψη γράφει κύκλο.

### 5.9 Ασκήσεις επιπεδομετρίας.

Για να μπορεί κανείς να λύνει τα γεωμετρικά προβλήματα, που παρουσιάζονται κατά τη σύνταξη των τεχνικών σχεδίων, πρέπει να έχει εξασκηθεί πάνω σε αυτά. Προτείνουμε λοιπόν μια σειρά από προβλήματα βασισμένα στις κατασκευές, που έχουν περιγραφεί στις προηγούμενες παραγράφους. Τα προβλήματα αυτά πρέπει να λυθούν πρώτα μόνο με τον κανόνα και το διαβήτη και έπειτα, για δεύτερη φορά, με τη βοήθεια και των άλλων οργάνων, δηλαδή του υποδεκάμετρου, των τριγώνων, του αναγωγέα κλπ.

1) Να γραφεί κύκλος, που να περνά από τρία τυχαία σημεία A, B και Γ. Το κέντρο του κύκλου K θα βρεθεί σαν τομή των δύο ευθειών, που είναι αντίστοιχα κάθετες στα μέσα των ευθυγράμμων τμημάτων AB και AG. Τι συμβαίνει, όταν το σημείο Γ ανήκει στην ευθεία AB;

2) Να γραφεί κύκλος με ακτίνα 5 εκατοστά του μέτρου, που να εφάπτεται με ένα ευθύγραμμο τμήμα AB στο άκρο του A. Το κέντρο του κύκλου K ανήκει στην ευθεία, που είναι κάθετη στο ευθύγραμμο τμήμα AB και περνά από το B, ενώ το μήκος του KB είναι 5 εκατοστά του μέτρου.

3) Να γραφεί κύκλος με κέντρο γνωστό σημείο K, που να εφάπτεται με μια γνωστή ευθεία ε. Το σημείο επαφής A είναι το σημείο τομής της ευθείας ε με την ευθεία, που είναι κάθετη προς την ε και περνά από το K, ενώ η ακτίνα του κύκλου είναι ίση με το ευθύγραμμο τμήμα KA.

4) Να διαιρεθεί ένα ευθύγραμμο τμήμα AB, που έχει μήκος 19 εκατοστά του μέτρου, σε ένδεκα ίσα μέρη.

5) Να γραφεί η εφαπτομένη ενός κύκλου, που έχει ακτίνα 5 εκατοστά του μέτρου, σε ένα γνωστό σημείο του Δ και από τα σημεία B και Γ της εφαπτομένης αυτής, που απέχουν δέκα εκατοστά του μέτρου από το Δ, να γραφούν άλλες δύο εφαπτομένες του κύκλου, ώστε να κατασκευαστεί ένα τρίγωνο ABΓ, περιγραμμένο στον κύκλο. Τι είδους τρίγωνο είναι το ABΓ;

6) Να κατασκευαστούν όλες οι κοινές εφαπτομένες δύο κύκλων, που τα



κέντρα τους  $O_1$  και  $O_2$  απέχουν 13 εκατοστά του μέτρου και οι ακτίνες τους έχουν αντίστοιχα μήκη 6 και 4 εκατοστά του μέτρου. Πόσες κοινές εφαπτομένες υπάρχουν, όταν η απόσταση των κέντρων αυτών είναι ενάμισι εκατοστό του μέτρου και πόσες, όταν είναι οκτώ;

7) Μια σιδερένια ράβδος έχει διατομή τετράγωνη με διαστάσεις  $4 \times 4$  εκατοστά του μέτρου και οι ακμές της είναι στρογγυλεμένες σε τόξα, που έχουν ακτίνα ίση με 4 χιλιοστά του μέτρου. Να σχεδιαστεί η διατομή της ράβδου σε φυσικό μέγεθος, δηλαδή σε κλίμακα 1:1.

8) Ο άξονας ενός δρόμου περιέχει τις ευθυγραμμίες AB και ΒΓ, όπου  $AB = 200$  μέτρα,  $ΒΓ = 300$  μέτρα και  $ΑΓ = 360$  μέτρα. Οι δύο ευθυγραμμίες συναρμόζονται με ένα κυκλικό τόξο, που αρχίζει από ένα σημείο Δ της ευθείας AB έτσι, ώστε να είναι  $ΑΔ = 114$  μέτρα. Να σχεδιαστεί σε κλίμακα 1:2000 ο άξονας του δρόμου από το Α ως το Γ.

9) Να λυθεί η προηγούμενη άσκηση, χωρίς να είναι γνωστά τα μήκη των ευθυγραμμιών AB και ΑΓ, αλλά οι γωνίες  $\Gamma AB = 75^\circ$  και  $ΑΓΒ = 90^\circ$ . Να θεωρηθεί ότι το χαρτί του σχεδίου είναι τόσο μικρό, ώστε δεν χωρά το σημείο Β.

10) Να σχεδιαστεί ένα κυκλικό τόξο συναρμογής με ακτίνα 6 εκατοστά του μέτρου, που να συνδέει δύο άλλα κυκλικά τόξα, με ακτίνες αντίστοιχα 20 και 16 εκατοστά του μέτρου και με κέντρα, που απέχουν 22 εκατοστά του μέτρου. Τα τρία τόξα πρέπει να στρέφουν τα κυρτά τους όλα προς την ίδια κατεύθυνση.

11) Να λυθεί το ίδιο πρόβλημα, αλλά το τόξο συναρμογής να στρέφει τα κυρτά του αντίθετα προς τα αρχικά τόξα.

12) Να λυθεί το ίδιο πρόβλημα, αλλά το μικρότερο από τα αρχικά τόξα να στρέφει τα κυρτά του προς τα άλλα δύο.

13) Να κατασκευαστεί ένα κυκλικό τόξο συναρμογής, που να συνδέει δύο άλλα κυκλικά τόξα, με ακτίνες αντίστοιχα 15 και 12 εκατοστά του μέτρου και με κέντρα, που απέχουν 17 εκατοστά του μέτρου, έτσι ώστε να εφάπτεται σε ένα σημείο Α του πρώτου τόξου, που απέχει 10 εκατοστά του μέτρου από το κέντρο του δεύτερου. Τα τρία τόξα πρέπει να στρέφουν τα κυρτά τους όλα προς την ίδια κατεύθυνση.

14) Να λυθεί το ίδιο πρόβλημα, αλλά το μεγαλύτερο από τα αρχικά τόξα να στρέφει τα κυρτά του αντίθετα προς τα άλλα δύο. Τι θα συνέβαινε, αν το Α απείχε από το κέντρο του δεύτερου τόξου 14 εκατοστά του μέτρου;

15) Ο άξονας ενός δρόμου περιέχει μια ευθυγραμμία AB και ένα κυκλικό τόξο με ακτίνα 100 μέτρα, που το κέντρο του Ο απέχει από την AB 110 μέτρα. Ανάμεσά τους μεσολαβεί ένα άλλο κυκλικό τόξο συναρμογής με ακτίνα 400 μέτρα, που στρέφει τα κυρτά του στην ίδια κατεύθυνση με το πρώτο τόξο. Να σχεδιαστεί ο άξονας του δρόμου σε κλίμακα 1:2000. Τα

τόξα βρίσκονται στην αριστερή άκρη της ευθυγραμμίας, που θα σχεδιαστεί παράλληλη προς την κάτω πλευρά του σχεδίου.

16) Στο προηγούμενο πρόβλημα να κατασκευαστεί το τόξο συναρμογής έτσι, ώστε να στρέφει τα κυρτά του αντίθετα προς το αρχικό τόξο.

17) Να λυθούν τα δύο προηγούμενα προβλήματα, χωρίς να είναι γνωστή η ακτίνα του τόξου συναρμογής, αλλά το σημείο επαφής του Α με την ευθυγραμμία, που βρίσκεται σε τέτοια θέση, ώστε να απέχει 150 μέτρα από το κέντρο του αρχικού τόξου.

18) Να λυθούν τα προβλήματα 15 και 16, χωρίς να είναι γνωστή η ακτίνα του τόξου συναρμογής, αλλά το σημείο επαφής του Γ με το αρχικό τόξο, που απέχει 20 μέτρα από την ευθυγραμμία και βρίσκεται αριστερά από το κέντρο του γνωστού τόξου.

19) Να κατασκευαστεί ένα κανονικό εννεάγωνο με ακτίνα 6 εκατοστά του μέτρου.

20) Να κατασκευαστούν τα δύο κανονικά αστεροειδή οκτάγωνα, που έχουν απόστημα 7 εκατοστά του μέτρου.

21) Να κατασκευαστούν τα τέσσερα κανονικά αστεροειδή δωδεκάγωνα, που έχουν ακτίνα 8 εκατοστά του μέτρου.

22) Να κατασκευαστεί ένα κανονικό εικοσάγωνο με ακτίνα 12 εκατοστά του μέτρου.

23) Να κατασκευαστούν τα τρία από τα έξι κανονικά αστεροειδή δεκαπεντάγωνα, που η περίμετρός τους είναι συνεχής γραμμή (μονοκοντυλιά) και έχουν ακτίνα 8 εκατοστά του μέτρου.

24) Να σχεδιαστεί μια έλλειψη, που έχει μεγάλο άξονα με μήκος 11 cm και μικρό με μήκος 7 cm. Εκτός από τα σημεία της να βρεθεί και η εφαπτομένη.

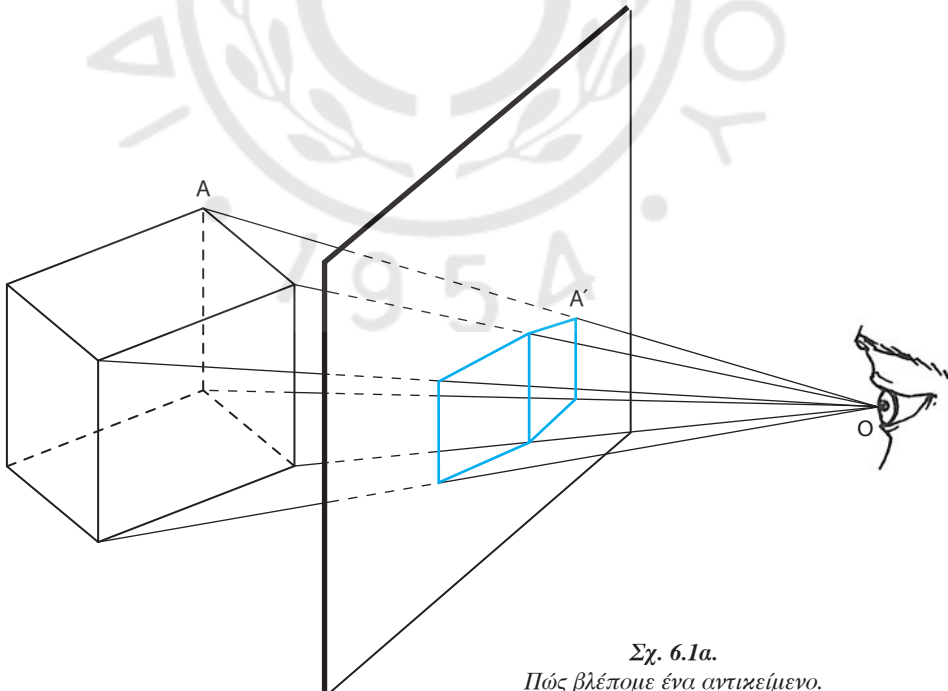
## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΚΤΟ

### ΠΡΟΒΟΛΕΣ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΩΝ

#### 6.1 Είδη προβολών.

##### 6.1.1 Εισαγωγή.

Όπως είπαμε και στην εισαγωγή του βιβλίου, το τεχνικό σχέδιο είναι η εικόνα των τεχνικών έργων. Αν θέλαμε να έχουμε σχέδια, που να μας δείχνουν τα αντικείμενα ακριβώς όπως τα βλέπουμε, θα μπορούσαμε να τα σχεδιάζαμε σε ένα διαφανές χαρτί, που θα το τοποθετούσαμε ανάμεσα στο αντικείμενο και στα μάτια μας (σχ. 6.1α), αντιγράφοντας ακριβώς ό,τι βλέπουμε. Επειδή το φως ακολουθεί ευθύγραμμη πορεία, κάθε σημείο  $A'$  πάνω στο σχέδιο θα παρίστανε ένα σημείο  $A$  του αντικειμένου, τέτοιο, που



Σχ. 6.1α.  
Πώς βλέπουμε ένα αντικείμενο.



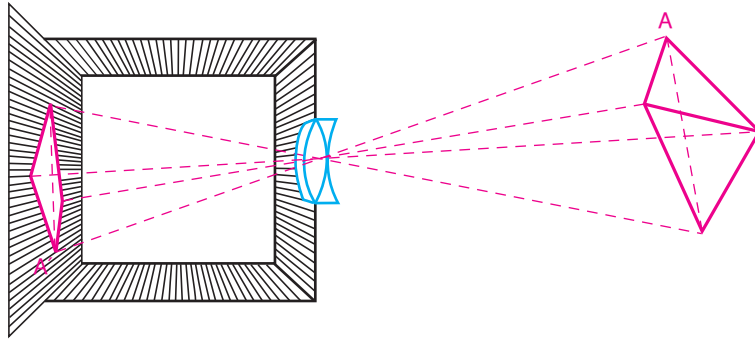
Σχ. 6.1β.  
Προοπτικό σχέδιο κατοικίας.



Σχ. 6.1γ.  
Φωτογραφία αντικειμένου.

η ευθεία AA' να καταλήγει στο μάτι μας. Αυτό το σχέδιο λέγεται προοπτικό (σχ. 6.1β) και θα μιλήσουμε γι' αυτό στην παράγραφο 6.1.4.

Το ίδιο αποτέλεσμα έχουμε και όταν φωτογραφίζουμε το αντικείμενο (σχ. 6.1γ), επειδή πάλι όλες οι ευθείες AA' (σχ. 6.1δ) περνούν από το οπτικό κέντρο του φακού της φωτογραφικής μηχανής. Η μόνη διαφορά είναι ότι στην πρώτη περίπτωση το σχέδιο είναι ανάμεσα στο αντικείμενο και στο μάτι, ενώ στη δεύτερη το οπτικό κέντρο του φακού, που αντιστοιχεί με το μάτι,



Σχ. 6.1δ.

Πώς σχηματίζεται η φωτογραφία.

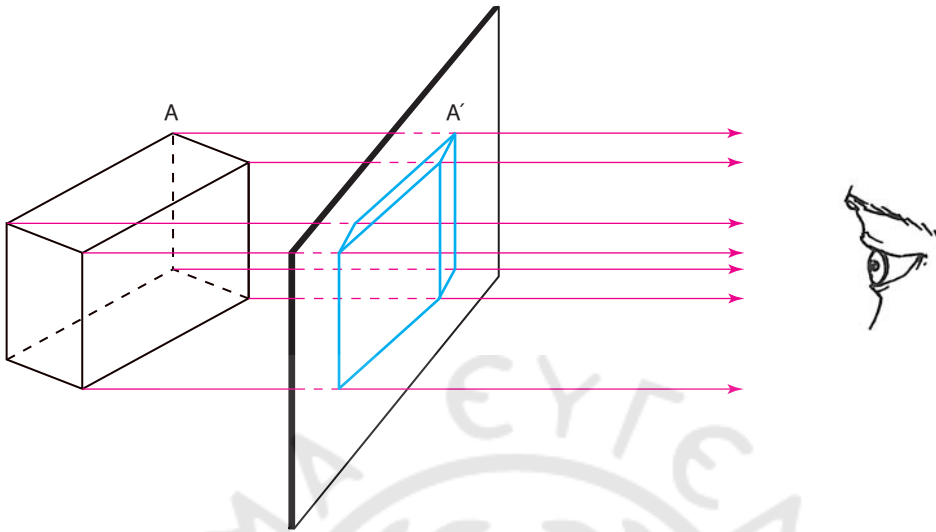
είναι ανάμεσα στο αντικείμενο και τη φωτογραφία. Γι' αυτό η φωτογραφία σχηματίζεται ανάποδη επάνω στη φωτογραφική πλάκα.

Η φωτογραφία ή το προοπτικό σχέδιο δίνουν με τέτοιο τρόπο την εικόνα του αντικειμένου, ώστε αμέσως καταλαβαίνουμε το σχήμα του, ακόμα κι αν δεν έχουμε διδαχτεί σχέδιο. Είναι λοιπόν πολύ χρήσιμα για τη γενική κατανόηση ενός τεχνικού έργου και περισσότερο από τους μη ειδικούς. Γι' αυτό χρησιμοποιούνται κυρίως για παρουσιάσεις στο κοινό και ιδιαίτερα στον ιδιοκτήτη του έργου.

Αντίθετα η φωτογραφία και το προοπτικό σχέδιο παρουσιάζουν ένα σημαντικό μειονέκτημα: δεν μπορούμε με τη βοήθειά τους να διαπιστώσουμε εύκολα το μέγεθος κάθε στοιχείου του αντικειμένου που παριστάνουν. Πράγματι κάθε στοιχείο φαίνεται τόσο πιο μεγάλο, όσο πιο κοντά βρίσκεται. Έτσι είναι σχεδόν άχρηστα σαν σχέδια κατασκευής.

Το μειονέκτημα αυτό μπορεί να αναιρεθεί, αν δεχτούμε πως το αντικείμενο το βλέπουμε από πολύ μακριά, οπότε οι ακτίνες  $AA'$  μπορούν να θεωρηθούν παράλληλες (σχ. 6.1ε). Στην περίπτωση αυτή τοποθετούμε συνήθως τον πίνακα του σχεδίου σε τέτοια θέση, ώστε το επίπεδό του να είναι κάθετο με τις ακτίνες  $AA'$  και ονομάζουμε το σχέδιο αυτό **ορθή προβολή** του αντικειμένου.

Στην ορθή προβολή, αντίθετα με όσα συμβαίνουν στο προοπτικό σχέδιο και τη φωτογραφία, οι παράλληλες ευθείες παριστάνονται με παράλληλες ευθείες και για κάθε διεύθυνση ευθειών υπάρχει μια σταθερή κλίμακα σχεδίασεως, που συνδέει τα μήκη του σχεδίου με τα πραγματικά μήκη. Η κλίμακα αυτή μάλιστα είναι η ίδια για όλες τις ευθείες, που είναι παράλληλες με το επίπεδο του πίνακα του σχεδίου, και η τελευταία αυτή κλίμακα θεωρείται κλίμακα σχεδίασεως του σχεδίου. Έτσι οι ορθές προβολές των αντικειμένων, αν και δε γίνονται εύκολα κατανοητές από τον μη ειδικό, χρησιμεύουν ως σχέδια κατασκευής, δηλαδή με αυτές ο



Σχ. 6.1ε.

*Πώς βλέπουμε ένα αντικείμενο από πολύ μακριά.*

μελετητής περιγράφει το έργο, που πρόκειται να κατασκευασθεί, και με τις ίδιες ως οδηγό ο κατασκευαστής εκτελεί το έργο.

### 6.1.2 Ορθή προβολή.

Κατά κανόνα, για να μελετήσουμε ή να κατασκευάσουμε ένα έργο, χρειαζόμαστε περισσότερα από ένα σχέδια, δηλαδή όψεις από διαφορετικές διευθύνσεις. Τα σχέδια αυτά μπορεί να είναι ανεξάρτητα ή να συνδυάζονται μεταξύ τους ανά δύο, ανά τρία ή και περισσότερα.

Όπως είπαμε και πιο πριν, θεωρούμε πως το αντικείμενο είναι τοποθετημένο πίσω από τον πίνακα του σχεδίου και τα μάτια μας βρίσκονται πολύ μακριά και μάλιστα έτσι, ώστε ο πίνακας να είναι κάθετος προς τη διεύθυνση που κοιτάμε. Έτσι στο σχέδιο κάθε σημείο  $A$  του αντικειμένου παριστάνεται με την ορθή προβολή του  $A'$  πάνω στο επίπεδο του πίνακα του σχεδίου, δηλαδή με την τομή του επιπέδου του πίνακα και της κάθετης προς αυτό ευθείας, που περνά από το  $A$  (σχ. 6.1ε). Παρατηρούμε ότι κάθε σημείο  $A$  έχει μόνο μια ορθή προβολή  $A'$ , ενώ αντίθετα κάθε σημείο  $A'$  του σχεδίου μπορεί να είναι η ορθή προβολή όχι μόνο του σημείου  $A$ , αλλά και οποιουδήποτε άλλου σημείου της ευθείας  $AA'$ .

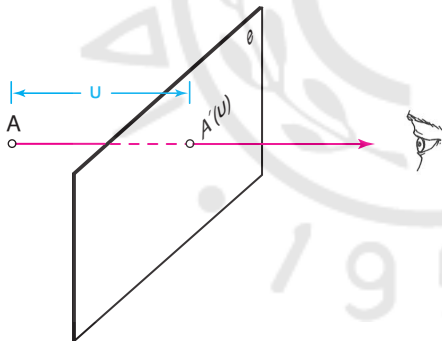
Όταν λοιπόν τα σχέδια ενός έργου είναι ανεξάρτητα το ένα από το άλλο, δεν μπορούν να καθορίσουν το σχήμα του μόνο με την ορθή προβολή των σημείων του. Γι' αυτό πρέπει ή να συνδυάσουμε τα σχέδια μεταξύ τους,

όπως θα εξηγήσουμε παρακάτω, ώστε να μας δώσουν πρόσθετες πληροφορίες, ή να προσθέσουμε τις πληροφορίες αυτές στο σχέδιο με τη μορφή αριθμών. Πράγματι, αν γράψουμε δίπλα στο  $A'$ , πόσο απέχει αυτό από το  $A$  και δώσουμε μάλιστα θετικό σημείο στις αποστάσεις από τη μια μεριά του πίνακα και αρνητικό από την άλλη, τότε το  $A'$  μαζί με την απόσταση αυτή καθορίζουν απόλυτα τη θέση του  $A$  (σχ. 6.1στ).

Η μέθοδος αυτή συνηθίζεται κυρίως σε κατόψεις όπου οι αποστάσεις  $AA'$  είναι κατακόρυφες (σχ. 6.1ζ) και γι' αυτό έχει καθιερωθεί να λέγονται **υψόμετρα**.

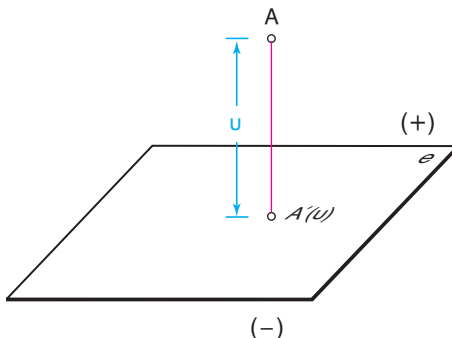
Έχει επίσης καθιερωθεί οι αποστάσεις να είναι θετικές προς τα επάνω και αρνητικές προς τα κάτω, ενώ ο πίνακας του σχεδίου θεωρείται ότι ανήκει σε ένα οριζόντιο επίπεδο, που έχει συμβατικό υψόμετρο μηδέν ( $\pm 0,00$ ).

Ένα παράδειγμα φαίνεται στο σχήμα 6.1η, όπου εικονίζεται ένα οικόπεδο και δίνεται το υψόμετρο σε διάφορα σημεία του. Στο παράδειγμα αυτό, για να μην γεμίζει το σχέδιο με άχρηστα γράμματα, η ορθή προβολή των σημείων χρησιμεύει και ως υποδιαστολή των δεκαδικών αριθμών, που παριστάνουν τα υψόμετρα των σημείων και μόνο, όπου τα γράμματα είναι απαραίτητα, το υψόμετρο γράφεται δίπλα σε αυτά μέσα σε παρένθεση. Τα γράμματα αυτά πρέπει να έχουν τόνους, για να δείχνουν ότι είναι ορθές



Σχ. 6.1στ.

Ορθή προβολή σημείου  $A$ .



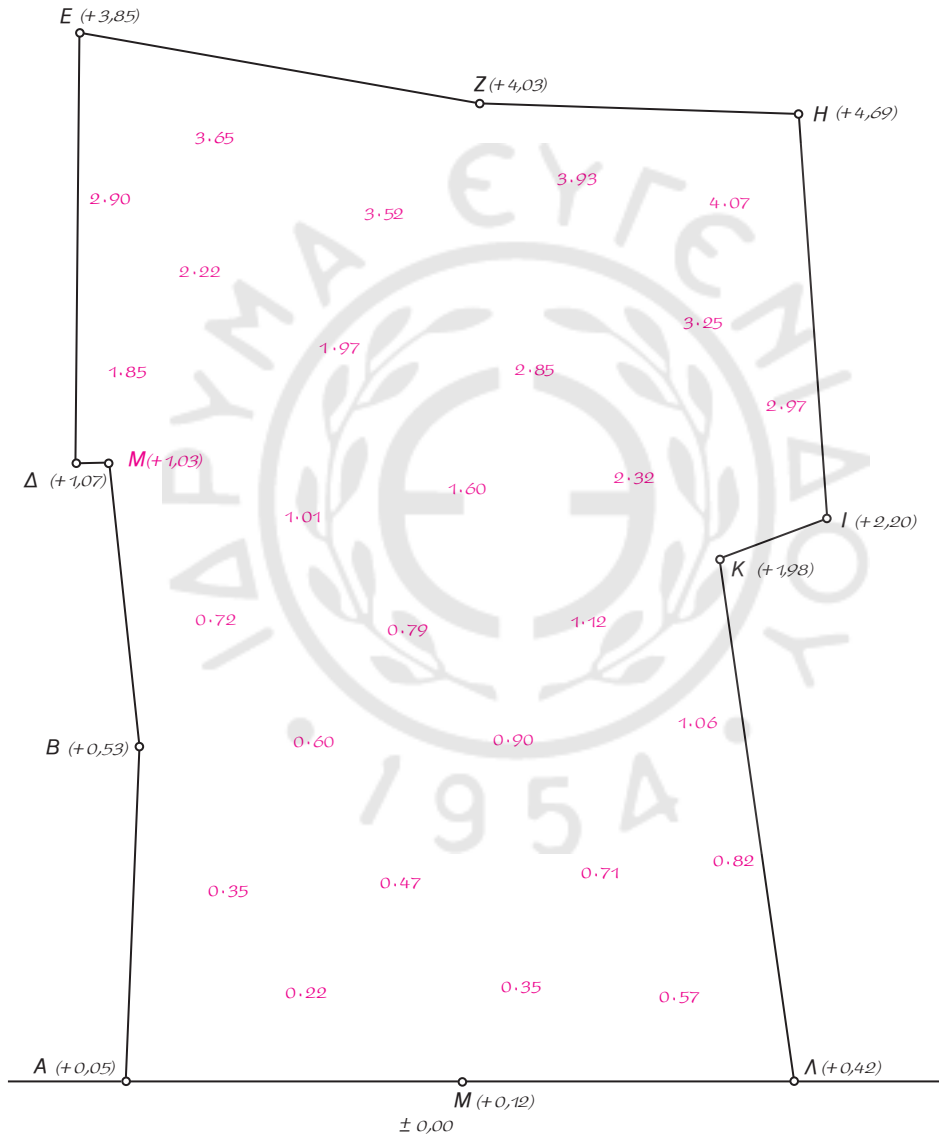
Σχ. 6.1ζ.

Ορθή προβολή και υψόμετρο.



προβολές των πραγματικών σημείων, αλλά στην πράξη οι τόνοι παραλείπονται. Παρατηρούμε ακόμη ότι το σχέδιο δεν έχει το πραγματικό μέγεθος της ορθής προβολής του οικοπέδου, αλλά είναι σχεδιασμένο πολύ μικρότερο, δηλαδή υπό κλίμακα.

Η μέθοδος παραστάσεως με μια ορθή προβολή και με τα υψόμετρα



**Σχ. 6.1η.**

Κάτοψη οικοπέδου με υψόμετρα σε διάφορα σημεία του.

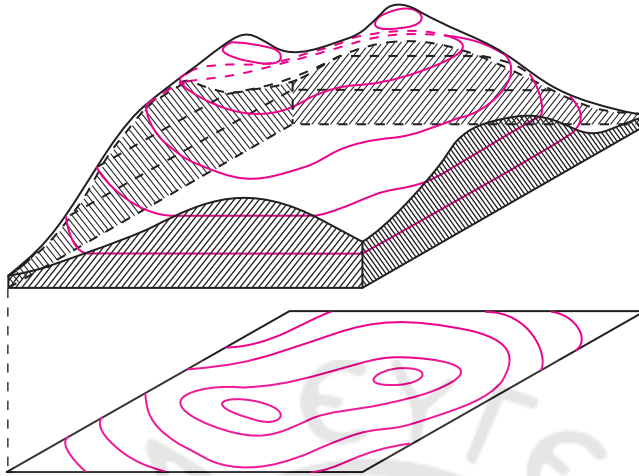
των χαρακτηριστικών σημείων εφαρμόζεται γενικά για την παράσταση του εδάφους, όπως φαίνεται και στο σχήμα 6.1η. Το έδαφος δεν είναι βέβαια τεχνικό έργο, επειδή όμως πάρα πολλά τεχνικά έργα, π.χ. κτήρια, δρόμοι, γέφυρες, διώρυγες, φράγματα, ολόκληρες πόλεις κλπ., κατασκευάζονται πάνω σε αυτό και έχουν άμεση σχέση με τη μορφή του, προκύπτει ότι σε πολλά τεχνικά σχέδια χρειάζεται να παραστήσουμε το έδαφος. Άλλωστε συχνά και η διαμόρφωση του ίδιου του εδάφους αποτελεί τεχνικό έργο.

Ένα σχέδιο, που περιέχει τα υψόμετρα πολλών σημείων του εδάφους, όπως το σχήμα 6.1η, μας δίνει βέβαια πολλές πληροφορίες για το σχήμα του, οι πληροφορίες όμως αυτές μένουν ασύνδετες και χρειάζεται πολλή φαντασία, για να μπορέσει κάποιος να αναπαραστήσει με τη σκέψη του ανάγλυφη τη μορφή του εδάφους σε τρεις διαστάσεις. Γι' αυτό το λόγο έχει καθιερωθεί, να προσθέτουμε ορισμένες ακόμα γραμμές στα σχέδια αυτής της κατηγορίας. Η μορφή των γραμμών αυτών καθορίζεται από τα υψόμετρα των χαρακτηριστικών σημείων του εδάφους, που είναι γραμμένα στο σχέδιο, και με τη βοήθειά τους μπορούμε να σχηματίσουμε την τρισδιάστατη εικόνα του εδάφους.

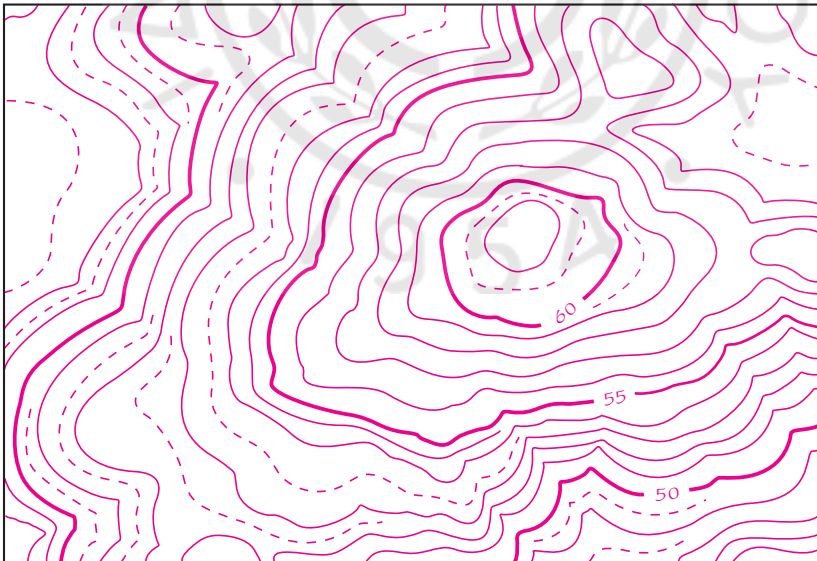
Στο σχήμα 6.1θ φαίνεται με ποιο τρόπο θεωρούμε ότι προκύπτουν οι γραμμές αυτές, που είναι κατά κανόνα καμπύλες και ονομάζονται *χωροσταθμικές καμπύλες*. Φανταζόμαστε μία δέσμη από επίπεδα παράλληλα προς το επίπεδο προβολής, επομένως στην περίπτωση μας οριζόντια. Τα επίπεδα αυτά έχουν πάντοτε την ίδια απόσταση από τα γειτονικά τους, που ονομάζονται *ισοδιάσταση*. Κάθε επίπεδο τέμνει το έδαφος κατά μία γραμμή και οι ορθές προβολές των γραμμών αυτών είναι οι χωροσταθμικές καμπύλες του σχεδίου.

Την ισοδιάσταση την ορίζουμε πάντα ίση με στρογγυλό αριθμό. Το μέγεθός της εξαρτάται κυρίως από την κλίμακα σχεδιάσεως και κατά δεύτερο λόγο από την ανωμαλία του εδάφους.

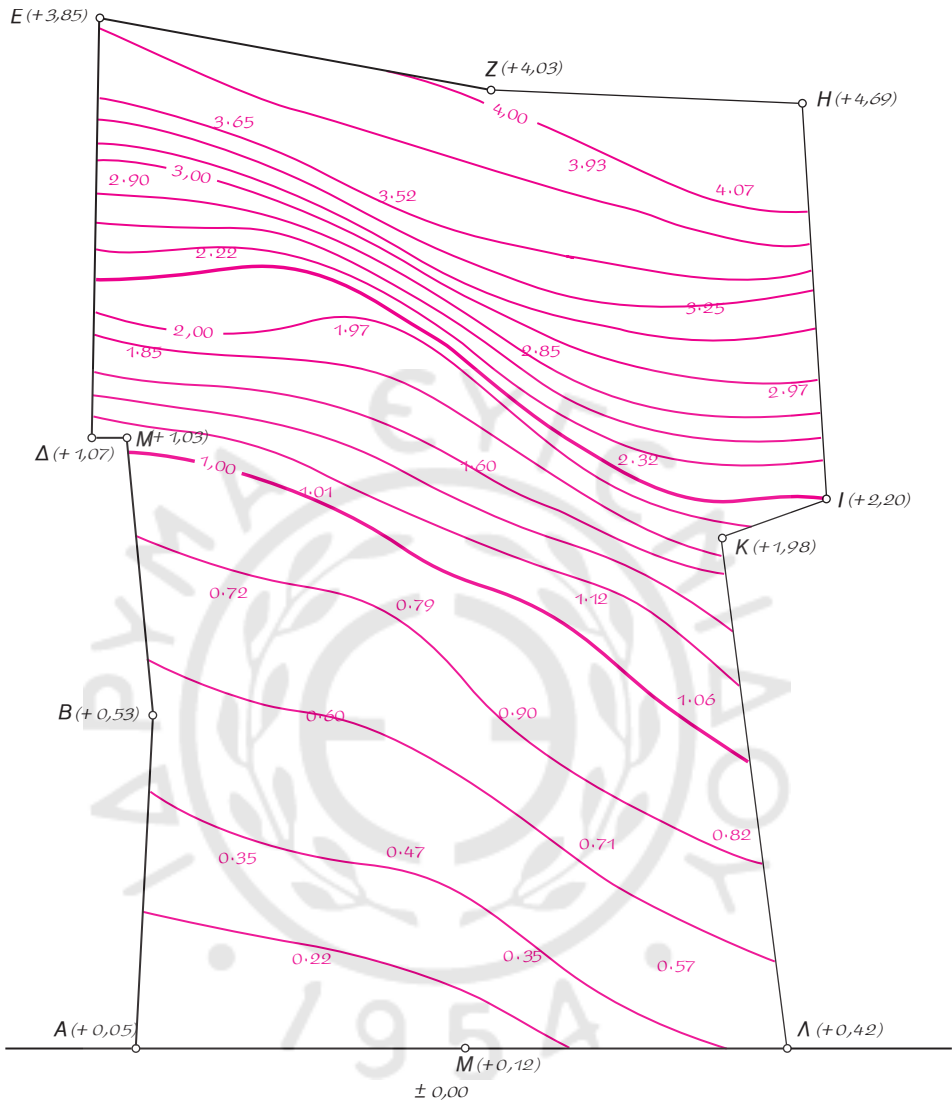
Για να είναι το σχέδιο πιο ευανάγνωστο, έχει καθιερωθεί να σχεδιάζουμε με πιο χοντρή γραμμή μια χωροσταθμική καμπύλη κάθε πέντε ισοδιαστάσεις και να τη διακόπτουμε σε ορισμένα σημεία της, για να αναγράφουμε εκεί το υψόμετρό της, που είναι πάντοτε πολλαπλάσιο πέντε ισοδιαστάσεων (σχ. 6.1ι). Η καμπύλη αυτή ονομάζεται *κύρια* χωροσταθμική καμπύλη, ενώ όλες οι άλλες ονομάζονται *δευτερεύουσες* και σχεδιάζονται με την πιο λεπτή γραμμή του σχεδίου. Αν σε ορισμένες περιοχές το έδαφος είναι σχεδόν οριζόντιο, προσθέτουμε μερικές φορές και *βοηθητικές* χωροσταθμικές καμπύλες, δηλαδή καμπύλες, που το υψόμετρό τους διαφέρει από τις γειτονικές τους κατά μισή ισοδιάσταση. Οι καμπύλες αυτές σχεδιάζονται με λεπτή διακεκομμένη γραμμή.



Σχ. 6.10.  
Χωροσταθμικές καμπύλες.



Σχ. 6.11.  
Κύριες, δευτερεύουσες και βοηθητικές χωροσταθμικές καμπύλες.



Σχ. 6.1α.

Κάτοψη οικοπέδου με χωροσταθμικές καμπύλες.

Τα υψόμετρα των χωροσταθμικών καμπυλών μπορεί να είναι απόλυτα, όπως π.χ. συμβαίνει στους χάρτες, να είναι δηλαδή οι αποστάσεις των σημείων από τη μέση στάθμη της θαλάσσιας επιφάνειας (Μ.Σ.Θ.). Συχνότερα τα υψόμετρα είναι σχετικά, θεωρούμε δηλαδή ότι το οριζόντιο επίπεδο προβολής περνάει από κάποιο σημείο, που του δίνουμε αυθαίρετα υψόμετρο ίσο με το μηδέν ( $\pm 0,00$ ) όπως συμβαίνει στο σχήμα 6.1α.

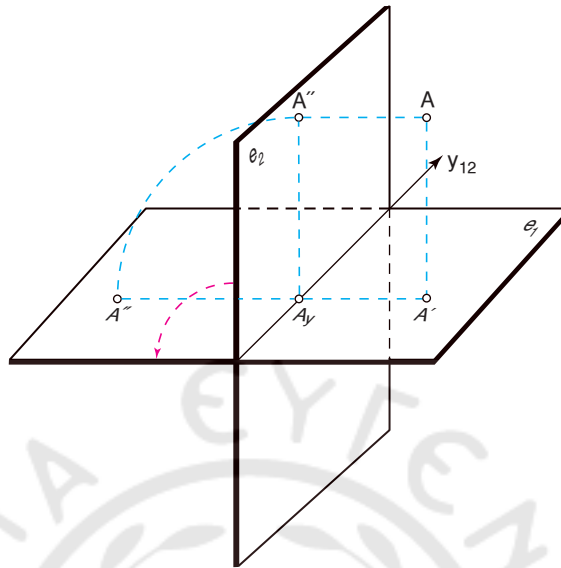
Οι χωροσταθμικές καμπύλες μπορούν να μας δείξουν το ανάγλυφο του εδάφους, αρκεί να αποκτήσουμε κάποια σχετική πείρα στην ανάγνωση του σχεδίου. Γενικά παρατηρούμε ότι τη μορφή του εδάφους την προσδιορίζουν η πυκνότητα και το σχήμα των χωροσταθμικών καμπυλών. Έτσι, όπου οι καμπύλες στο σχέδιο είναι πυκνότερες, δείχνουν ότι στην περιοχή αυτή το έδαφος είναι πιο απότομο, έχει δηλαδή μεγαλύτερη κλίση. Αυτό παρατηρούμε πώς συμβαίνει στο πίσω μέρος του οικοπέδου, που εικονίζεται στο σχήμα 6.1α. Το οικόπεδο αυτό είναι το ίδιο με εκείνο που εικονίζεται στο σχήμα 6.1η, αλλά έχει σχεδιασμένες τις χωροσταθμικές καμπύλες.

Εξετάσαμε ως εδώ τα σχέδια, που παριστάνουν αντικείμενα με την ορθή τους προβολή. Καθένα όμως από αυτά ήταν ανεξάρτητο από τα άλλα σχέδια, που αναφέρονταν στο ίδιο αντικείμενο. Αν τώρα συνδυάσουμε κατάλληλα δύο σχέδια, που δείχνουν δύο όψεις του ίδιου αντικειμένου, είναι δυνατόν το ένα να συμπληρώσει το άλλο με τέτοιο τρόπο, ώστε μόνο οι ορθές προβολές του να καθορίζουν απόλυτα τη θέση κάθε σημείου του και έτσι να μην χρειάζονται πια τα υψόμετρα.

Έχουμε ήδη αναφέρει ότι κάθε σημείο  $A$  του αντικειμένου έχει μόνο μια ορθή προβολή  $A'$  επάνω στον πίνακα του σχεδίου, ενώ κάθε σημείο  $A'$  του σχεδίου μπορεί να είναι η ορθή προβολή οποιουδήποτε σημείου της ευθείας  $AA'$  (σχ. 6.1ε). Ας θεωρήσουμε τώρα δύο επίπεδα προβολής  $e_1$  και  $e_2$  κάθετα μεταξύ τους (σχ. 6.1β), που τέμνονται κατά μία ευθεία  $y_{12}$ , που την ονομάζουμε *άξονα*. Με τη μέθοδο της ορθής προβολής μπορούμε να σχεδιάσουμε μια όψη ενός αντικειμένου στο καθένα από αυτά. Αντί να σχεδιάσουμε τις δύο αυτές όψεις σε δύο χωριστά χαρτιά, τις σχεδιάζουμε σε ένα, θεωρώντας ότι το ένα από τα δύο επίπεδα στρίβει κατά μια ορθή γωνία από τον άξονα  $y_{12}$ .

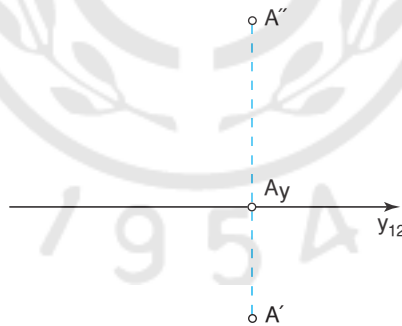
Κάθε σημείο  $A$  του αντικειμένου θα έχει μία ορθή προβολή στο επίπεδο  $e_1$ , που τη λέμε πρώτη και τη συμβολίζουμε με το  $A'$ , και μία ορθή προβολή στο επίπεδο  $e_2$ , που τη λέμε δεύτερη και τη συμβολίζουμε με το  $A''$ . Όταν το ένα από τα δύο επίπεδα στραφεί, ώστε τα δύο σχέδια να βρεθούν στο ίδιο επίπεδο, τα σημεία  $A'$  και  $A''$  ορίζουν μια ευθεία, που είναι κάθετη στον άξονα  $y_{12}$  και τον τέμνει σε ένα σημείο  $A_y$  (σχ. 6.1γ). Το μήκος του τμήματος  $AyA''$  είναι το υψόμετρο του  $A$  για την πρώτη προβολή και το μήκος του τμήματος  $AyA'$  είναι το υψόμετρο του  $A$  για τη δεύτερη. Έτσι τα υψόμετρα, αντί να είναι γραμμένα με αριθμούς, μπορούν να μετρηθούν πάνω στο σχέδιο.

Είναι τώρα εύκολο να διαπιστωθεί, πως κάθε σημείο  $A$  έχει ένα και μόνο ένα ζευγάρι ορθών προβολών  $A'$  και  $A''$  στα επίπεδα προβολής  $e_1$  και  $e_2$ , ενώ κάθε ζευγάρι προβολών  $A'$  και  $A''$  προκύπτει μόνο από ένα σημείο



Σχ. 6.1ιβ.

Σύστημα ορθής προβολής σε δύο επίπεδα.



Σχ. 6.1γ.

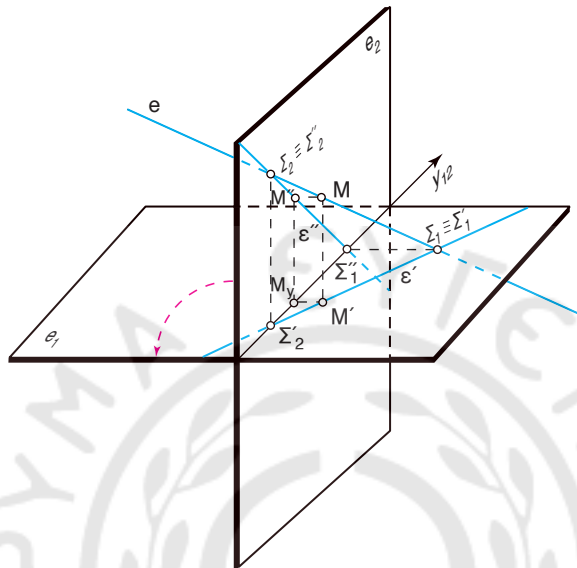
Παράσταση σημείου A με δύο ορθές προβολές.

A, αρκεί η ευθεία  $A'A''$  να είναι κάθετη προς τον άξονα  $y_{12}$ .

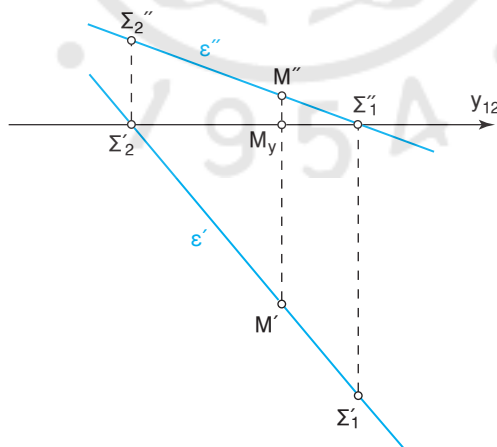
Με την ίδια λογική και κάθε ευθεία  $\varepsilon$  (σχ. 6.1ιδ) έχει δύο ορθές προβολές  $\varepsilon'$  και  $\varepsilon''$ . Αυτές μετά τη στροφή του ενός επιπέδου παίρνουν τις θέσεις, που φαίνονται στο σχήμα 6.1ιε. Κάθε σημείο M της ευθείας  $\varepsilon$  έχει την πρώτη του προβολή  $M'$  επάνω στην  $\varepsilon'$  και τη δεύτερη προβολή του  $M''$  επάνω στην  $\varepsilon''$ , ενώ η ευθεία  $M'M''$  είναι κάθετη προς τον άξονα  $y_{12}$ . Έτσι, αν γνωρίζουμε τις προβολές  $\varepsilon'$  και  $\varepsilon''$  της ευθείας και τη μια προβολή του

σημείου της  $M$ , εύκολα βρίσκουμε την άλλη.

Επειδή κάθε αντικείμενο ορίζεται από ορισμένα σημεία του και ορισμένες γραμμές του, είναι επόμενο ότι, αν βρούμε τις δύο ορθές

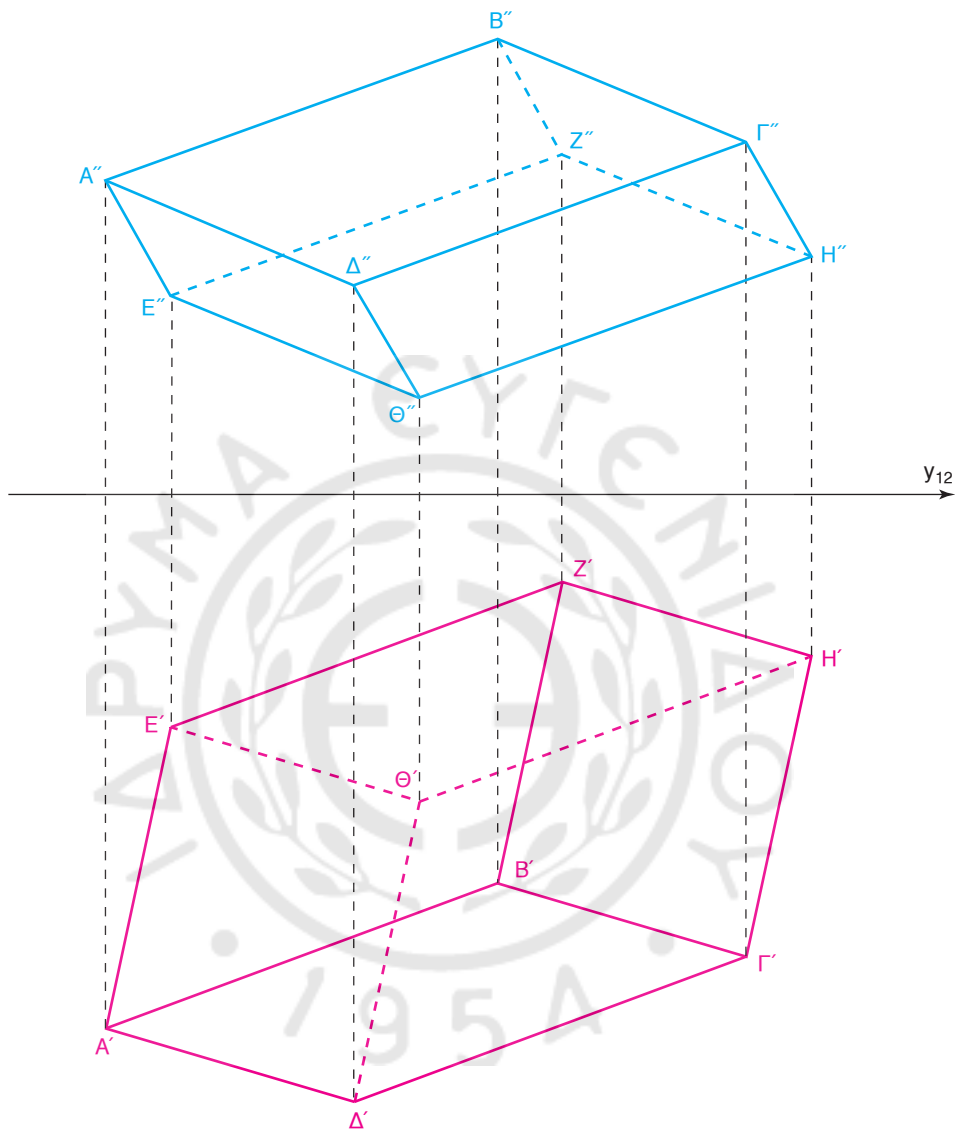


**Σχ. 6.1δ.**  
Δύο προβολές ευθείας  $\epsilon$ .



**Σχ. 6.1ε.**  
Παράσταση ευθείας  $\epsilon$  με δύο ορθές προβολές.



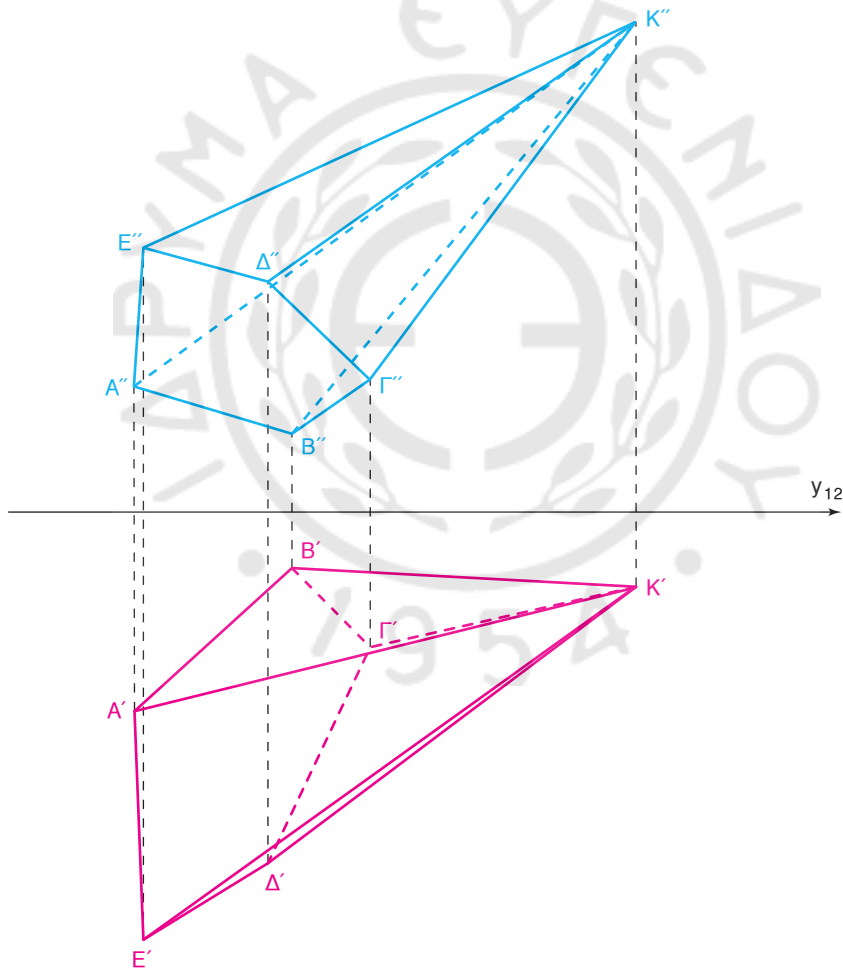


**Σχ. 6.1ιστ.**  
 Παράσταση παραλληλεπιπέδου με δύο ορθές προβολές.

προβολές αυτών των σημείων και των γραμμών, θα έχουμε τις δύο ορθές προβολές, δηλαδή τις δύο όψεις του αντικειμένου. Ιδιαίτερα, αν το αντικείμενο έχει τη μορφή πολυέδρου, όπως συνήθως συμβαίνει σε πολλά τεχνικά έργα, οι όψεις του μπορούν να σχεδιαστούν, αν ορίσουμε τις δύο προβολές όλων των κορυφών του και τις ενώσουμε με τις προβολές των

ακμών του, που ορίζουν ορισμένα ζευγάρια κορυφών. Στο σχήμα 6.1ιστ βλέπουμε τις δύο προβολές ενός παραλληλεπιπέδου και στο σχήμα 6.1ιζ μιας πυραμίδας.

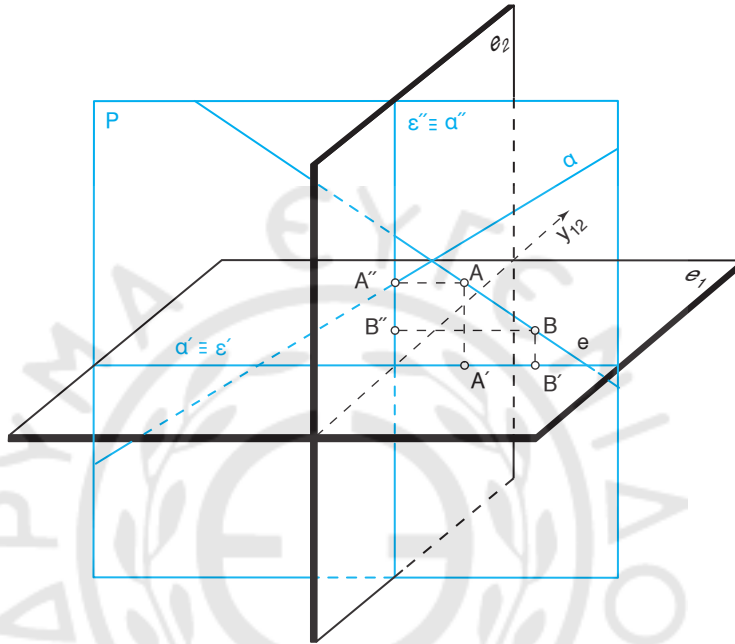
Στα τελευταία αυτά σχέδια παρατηρούμε ότι οι προβολές μερικών ακμών είναι σχεδιασμένες με συνεχή γραμμή και των υπολοίπων με διακεκομμένη. Αν θεωρήσουμε ότι την πρώτη προβολή του αντικείμενου τη βλέπει κανείς από επάνω και τη δεύτερη από μπροστά, θα διαπιστώσουμε ότι μερικές ακμές δεν φαίνονται, επειδή βρίσκονται πίσω από το πολύεδρο, επειδή δηλαδή τις καλύπτει το ίδιο το αντικείμενο που σχεδιάζουμε. Αυτές ακριβώς οι ακμές είναι σχεδιασμένες με διακεκομμένη γραμμή. Πολλές



Σχ. 6.1ιζ.

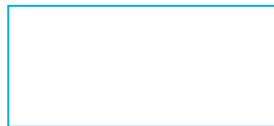
Παράσταση πυραμίδας με δύο ορθές προβολές.

φορές μάλιστα στην πράξη δεν τις σχεδιάζουμε καθόλου, π.χ. στην πρόσοψη ενός σπιτιού δεν σχεδιάζουμε με διακεκομμένη γραμμή τα παράθυρα του πίσω τοίχου.



Σχ. 6.1η.

Εγκάρσιο επίπεδο και εγκάρσιες ευθείες.



Σχ. 6.1θ.

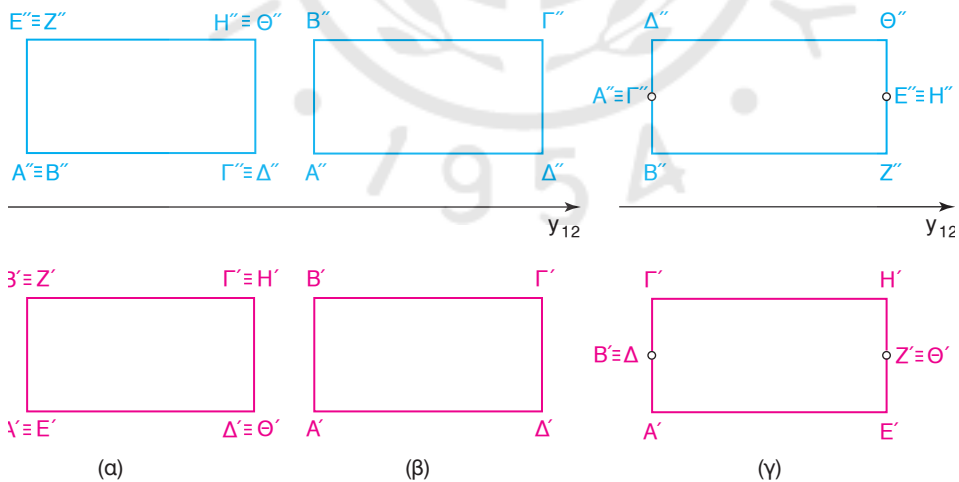
Δύο προβολές, που δεν είναι αρκετές, για να ορίσουν το σχήμα του αντικειμένου που παριστάνουν.

Ας θεωρήσουμε τώρα (σχ. 6.1η) ένα επίπεδο  $p$  κάθετο στον άξονα  $y_{12}$ , κάθετο δηλαδή και στα δύο επίπεδα προβολής  $e_1$  και  $e_2$ . Ένα τέτοιο επίπεδο ονομάζεται *εγκάρσιο*. Κάθε ευθεία  $\varepsilon$  αυτού του επιπέδου, που επίσης ονομάζεται εγκάρσια, έχει δύο προβολές  $\varepsilon'$  και  $\varepsilon''$  κάθετες προς τον άξονα  $y_{12}$ .

Στα τεχνικά σχέδια τα αντικείμενα έχουν συνήθως απλές γεωμετρικές μορφές και μας συμφέρει να τα προσανατολιζόμε με τον πιο απλό τρόπο προς τα επίπεδα προβολής. Έτσι συμβαίνει πολύ συχνά να παρουσιάζονται στα σχέδιά μας εγκάρσια επίπεδα και εγκάρσιες ευθείες. Δημιουργείται τότε ο κίνδυνος το ζευγάρι των σχεδίων, που προκύπτει από τις δύο ορθές προβολές του αντικειμένου, να δέχεται περισσότερες από μία ερμηνείες. Ένα τέτοιο παράδειγμα φαίνεται στο σχήμα 6.1θ, που είναι δυνατό να παριστάνει ένα παραλληλεπίπεδο, ένα παραλληλόγραμμο, έναν κύλινδρο και πολλά άλλα ακόμα γεωμετρικά σχήματα. Για να αποφύγουμε αυτές τις αμφιβολίες, πρέπει ή να δείξουμε τις δύο προβολές αρκετών σημείων του αντικειμένου προσθέτοντας γράμματα στα δύο σχέδια ή να προσθέσουμε μια τρίτη προβολή.

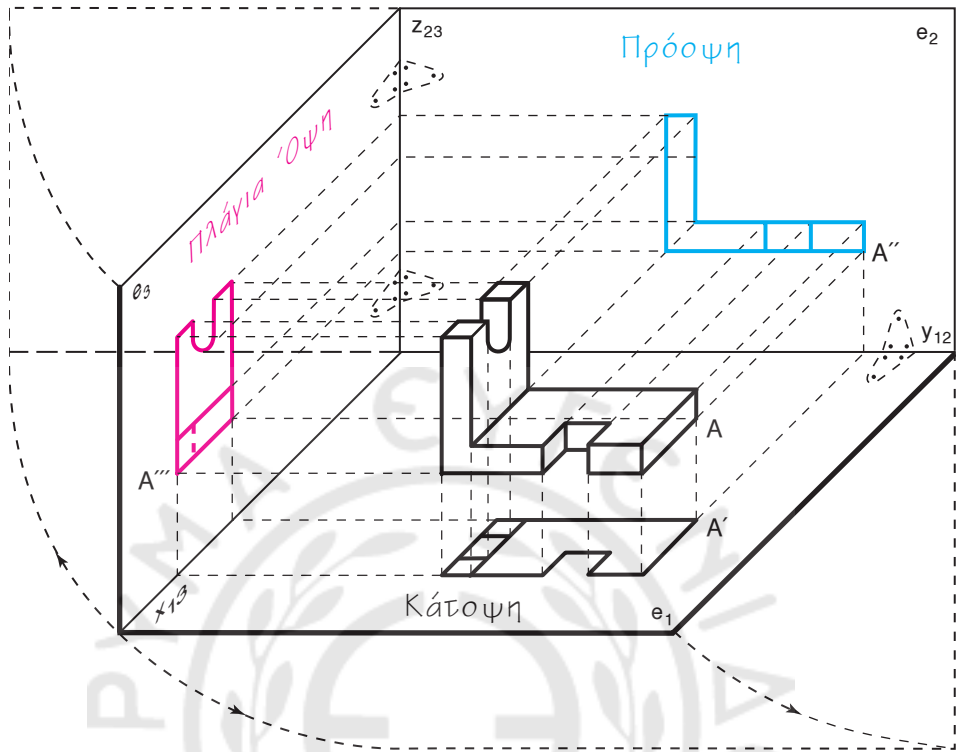
Στο σχήμα 6.1κ εικονίζονται οι δύο προβολές του σχήματος 6.1θ συμπληρωμένες με ορισμένα γράμματα έτσι, ώστε το πρώτο σχέδιο να παριστάνει παραλληλεπίπεδο, το δεύτερο παραλληλόγραμμο και το τρίτο κύλινδρο.

Στο σχήμα 6.1κα φαίνεται πώς προκύπτει η τρίτη προβολή. Εκτός από τα δύο κάθετα επίπεδα προβολής  $e_1$  και  $e_2$ , που τέμνονται στον άξονα  $y_{12}$ ,



Σχ. 6.1κ.

Οι προβολές του σχήματος 6.1θ συμπληρωμένες με προβολές σημείων: α) παραλληλεπίπεδο, β) παραλληλόγραμμο, γ) κύλινδρος.



Σχ. 6.1α.

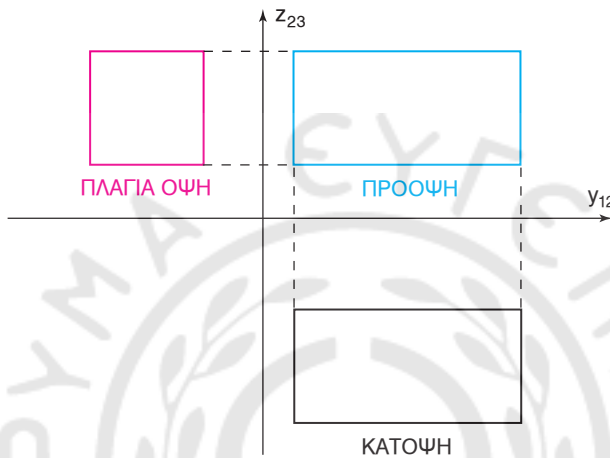
Σύστημα ορθής προβολής σε τρία επίπεδα.

θεωρούμε και ένα τρίτο επίπεδο  $e_3$  κάθετο στον άξονα  $y_{12}$ , που τέμνει το επίπεδο  $e_1$  κατά τον άξονα  $x_{13}$  και το επίπεδο  $e_2$  κατά τον άξονα  $z_{23}$ . Οι τρεις ορθές προβολές κάθε αντικειμένου πάνω στα επίπεδα  $e_1$ ,  $e_2$ , και  $e_3$  μας δίνουν τρεις όψεις του. Μπορούμε να τις σχεδιάσουμε και τις τρεις στο ίδιο χαρτί, θεωρώντας ότι τα επίπεδα  $e_1$  και  $e_2$  στρίβουν κατά μία ορθή γωνία γύρω από τους άξονες  $y_{12}$  και  $z_{23}$  αντίστοιχα, ώστε να συμπίσουν με το επίπεδο  $e_2$ .

Κάθε σημείο  $A$  έχει τώρα τρεις προβολές  $A'$ ,  $A''$  και  $A'''$ . Όταν οι τρεις προβολές σχεδιασθούν στο ίδιο χαρτί, η ευθεία  $A'A''$  είναι κάθετη προς τον άξονα  $y_{12}$  και η ευθεία  $A''A'''$  κάθετη προς τον άξονα  $z_{23}$ . Παρατηρούμε ακόμα ότι η απόσταση του  $A'$  από τον άξονα  $y_{12}$  είναι ίση προς την απόσταση του  $A'''$  από τον άξονα  $z_{23}$ , γιατί και οι δύο αυτές αποστάσεις είναι ίσες προς το υψόμετρο του σημείου  $A$  στη δεύτερη προβολή του (σχ. 6.1α).

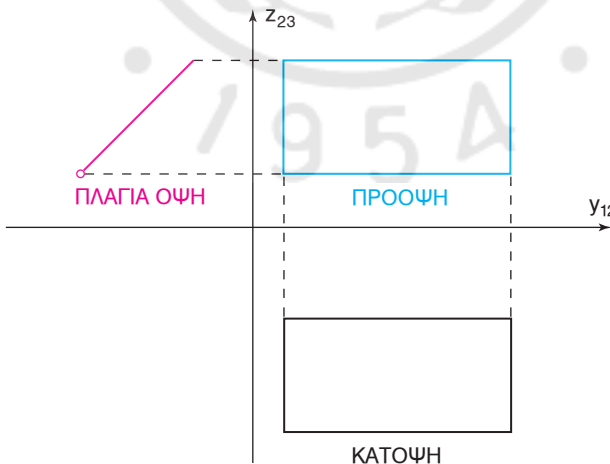
Εφαρμόζοντας αυτή τη μέθοδο βλέπουμε στο σχήμα 6.1β τις τρεις

προβολές του παραλληλεπιπέδου, στο σχήμα 6.1κγ τις τρεις προβολές του παραλληλογράμμου και στο σχήμα 6.1κδ τις τρεις προβολές του κυλίνδρου, που παριστάνονται στο σχήμα 6.1κ με δύο μόνο προβολές και με τη βοήθεια γραμμμάτων. Είναι προφανές ότι η τρίτη προβολή ξεκαθαρίζει πολύ καλύτερα τα πράγματα και το σχήμα του αντικειμένου ορίζεται πια χωρίς καμιά αμφιβολία.



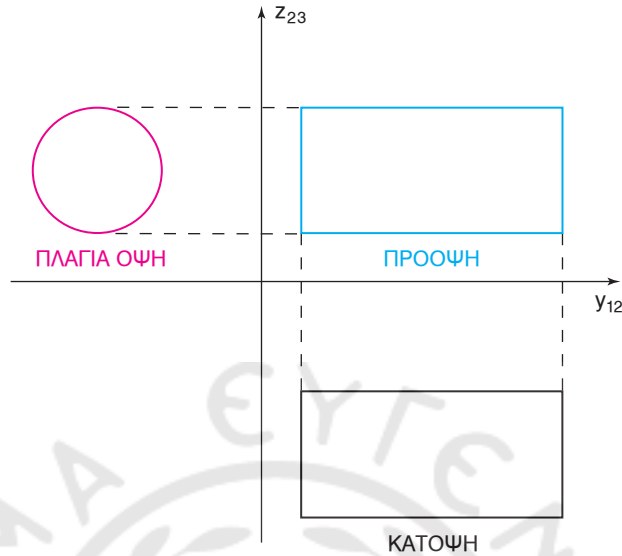
Σχ. 6.1κβ.

Παράσταση του παραλληλεπιπέδου του σχήματος 6.1κ(α) με τρεις προβολές.



Σχ. 6.1κγ.

Παράσταση του παραλληλογράμμου του σχήματος 6.1κ(β) με τρεις προβολές.



Σχ. 6.1κδ.

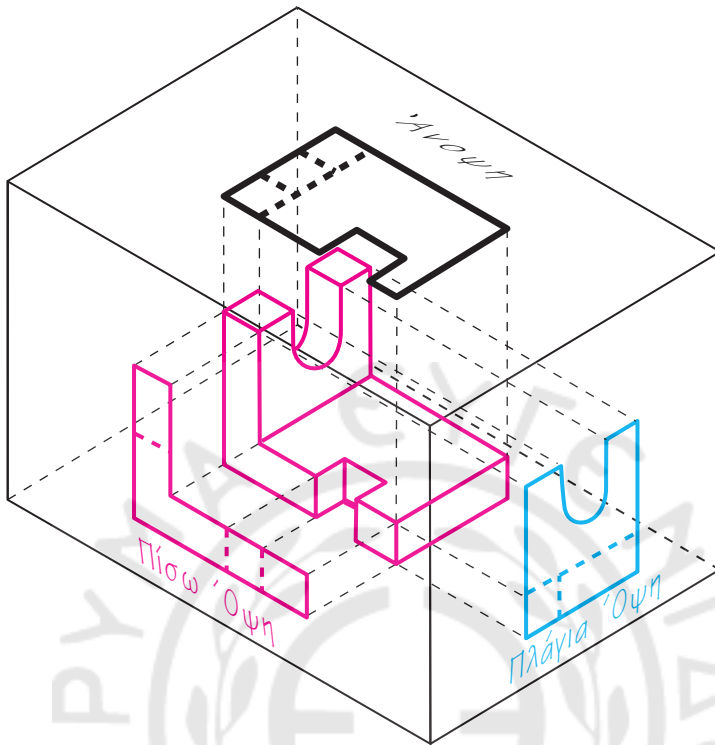
Παράσταση του κυλίνδρου του σχήματος 6.1κ(γ) με τρεις προβολές.

Πολλές φορές μας ενδιαφέρει να δείξουμε με σχέδιο και άλλες όψεις του αντικειμένου εκτός από τις τρεις που αναφέραμε. Πολύ συχνά χρειάζεται η κάτοψη, η άνοψη, η πρόοψη, η πίσω όψη και δύο πλάγιες όψεις, δηλαδή οι προβολές του αντικειμένου πάνω σε έξι επίπεδα, που σχηματίζουν ένα ορθογώνιο παραλληλεπίπεδο (σχ. 6.1κε). Είναι τότε σκόπιμο οι έξι αυτές προβολές να σχεδιάζονται όλες μαζί στο ίδιο χαρτί και μάλιστα με τη διάταξη, που εικονίζεται στο σχήμα 6.1κστ.

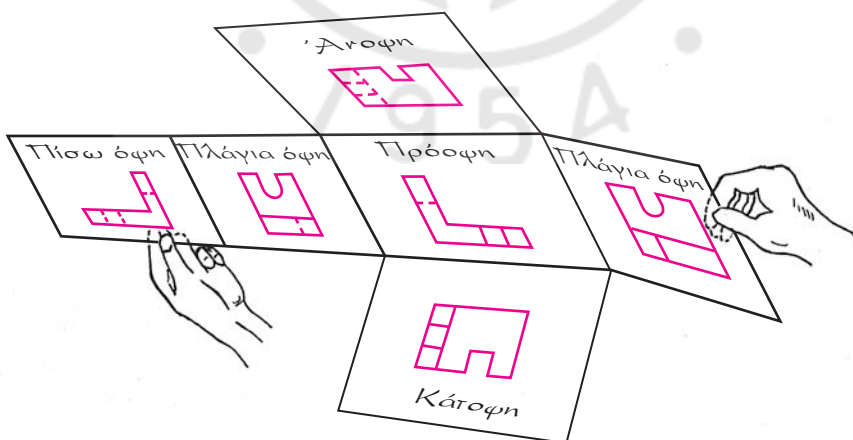
Σημειώνουμε ότι στην πράξη σβήνουμε κατά κανόνα τους άξονες  $y_{12}$ ,  $z_{23}$  κλπ., όταν τελειώσουμε το σχέδιο, για να μην το γεμίζουμε με γραμμές, που δεν είναι απαραίτητες.

Στο παράδειγμα του σχήματος 6.1κστ το αντικείμενο περιβάλλεται σχεδόν αποκλειστικά από έδρες και ακμές κάθετες προς κάποιο επίπεδο προβολής και παράλληλες προς κάποιο άλλο. Επομένως οι έδρες και οι ακμές αυτές σε ορισμένες προβολές παρουσιάζονται με το πραγματικό τους σχήμα και μέγεθος, ενώ σε άλλες εκφυλίζονται αντίστοιχα σε ευθείες και σημεία. Είναι λοιπόν εύκολο για κάθε στοιχείο του αντικειμένου να μετρήσουμε τις πραγματικές του διαστάσεις σε κάποια από τις προβολές του.





Σχ. 6.1κε.  
Σύστημα ορθών προβολών σε έξι επίπεδα.



Σχ. 6.1κστ.  
Διάταξη έξι ορθών προβολών αντιχειμένων.

### 6.1.3 Αξονομετρική προβολή.

Τα περισσότερα τεχνικά έργα, που χρειάζεται να σχεδιάσουμε, έχουν το σχήμα ορθογωνίου παραλληλεπιπέδου ή μάλλον είναι ένας συνδυασμός πολλών ορθογωνίων παραλληλεπιπέδων με τον ίδιο προσανατολισμό. Ένα κτήριο π.χ. εκτός από τον κύριο όγκο του, έχει κουφώματα, σκαλοπάτια, μπαλκόνια, μαρκίζες, γείσα, κολώνες, παραστάδες κλπ. Τα περισσότερα από αυτά είναι ορθογώνια παραλληλεπίπεδα με τις ακμές τους παράλληλες προς τις ακμές του κτηρίου.

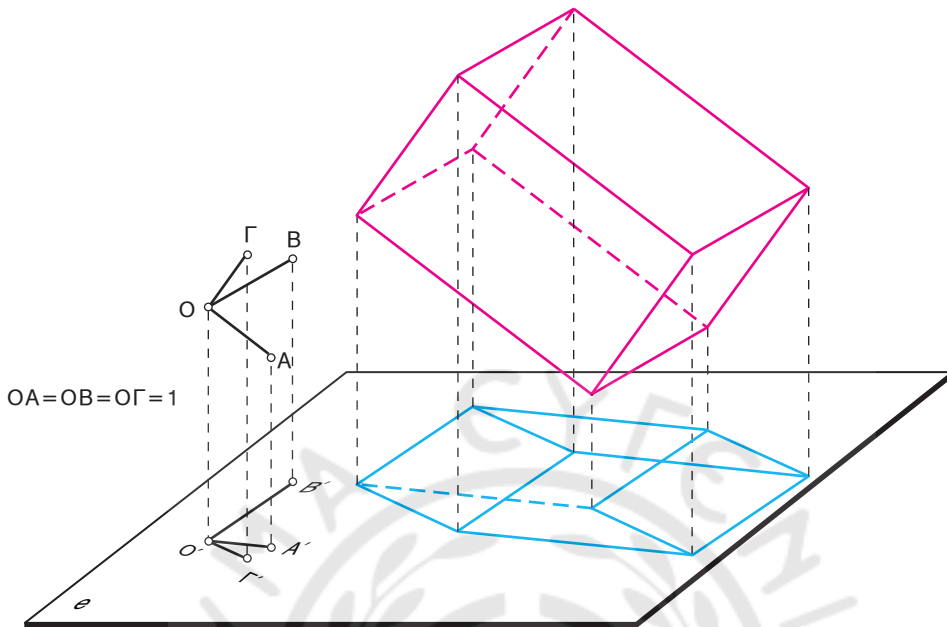
Οι όψεις των αντικειμένων αυτού του είδους, που εξετάσαμε ως εδώ, ήταν ορθές προβολές σε επίπεδα παράλληλα προς ορισμένες έδρες τους και επομένως κάθετα προς τις υπόλοιπες. Οι όψεις αυτές παρουσιάζουν ένα μεγάλο πλεονέκτημα. Οι έδρες του αντικειμένου, που είναι παράλληλες προς το επίπεδο προβολής, παρουσιάζονται στο σχέδιο με το πραγματικό τους σχήμα. Έχουν επίσης το πραγματικό τους μέγεθος ή μάλλον το πραγματικό τους μέγεθος καθορίζεται εύκολα, όταν λάβομε υπόψη μας την κλίμακα σχεδίασεως. Έτσι τα σχέδια αυτά είναι κατάλληλα για σχέδια κατασκευής, επειδή μας επιτρέπουν να μετρήσουμε όλες τις διαστάσεις με το υποδεκάμετρο και τις γωνίες με τον αναγωγέα. Βέβαια για να αποφεύγονται οι μετρήσεις και τα πιθανά λάθη από ανακριβή μέτρηση, είναι προτιμότερο να γράφομε πάνω στο σχέδιο τις κύριες τουλάχιστον διαστάσεις.

Αντίθετα, στις όψεις αυτού του είδους υπάρχει το μειονέκτημα πολλές έδρες και ακμές του αντικειμένου να είναι κάθετες προς το επίπεδο προβολής και να παρουσιάζονται επομένως στο σχέδιο αντίστοιχα σαν ευθείες και σημεία. Χρειάζεται λοιπόν κάποια πείρα στο διάβασμα του σχεδίου και αρκετή φαντασία, για να καταλάβει κανείς το σχήμα του αντικειμένου, αν και, όπως είπαμε στην παράγραφο 6.1.2, αυτό γίνεται πιο εύκολα, όταν συνδυασθούν δύο ή περισσότερες προβολές στο ίδιο σχέδιο.

Για να αποφύγουμε τη δυσκολία αυτή, μπορούμε να σχεδιάσουμε και μια όψη του αντικειμένου με διαφορετικό τρόπο από τις προηγούμενες.

Θεωρούμε ένα επίπεδο προβολής, που να μην είναι παράλληλο με καμιά από τις έδρες του αντικειμένου (σχ. 6.1κζ). Στην περίπτωση αυτή καμιά έδρα δεν παρουσιάζει πια το πραγματικό της σχήμα και μέγεθος, αλλά και καμιά δεν εκφυλίζεται σε ευθεία. Έτσι το σχήμα του αντικειμένου γίνεται αντιληπτό πιο εύκολα. Μια τέτοια παράσταση του αντικειμένου λέγεται **αξονομετρική προβολή**.

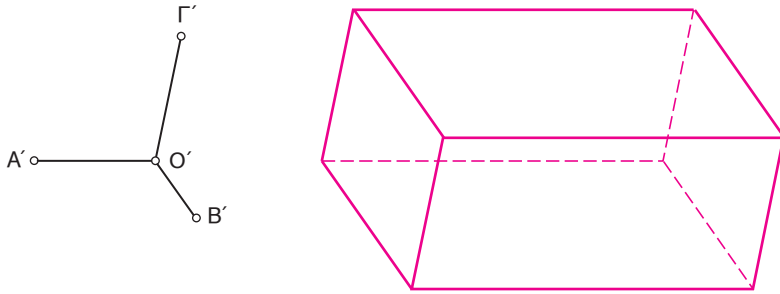
Στην αξονομετρική προβολή, όπως αναφέραμε και στο τέλος της παραγράφου 6.1.1, για κάθε διεύθυνση ευθειών υπάρχει διαφορετική κλίμακα. Έτσι μπορούμε και πάλι να μετρήσουμε τις διαστάσεις του



Σχ. 6.1κζ.  
Αξονομετρική προβολή παραλληλεπιπέδου.

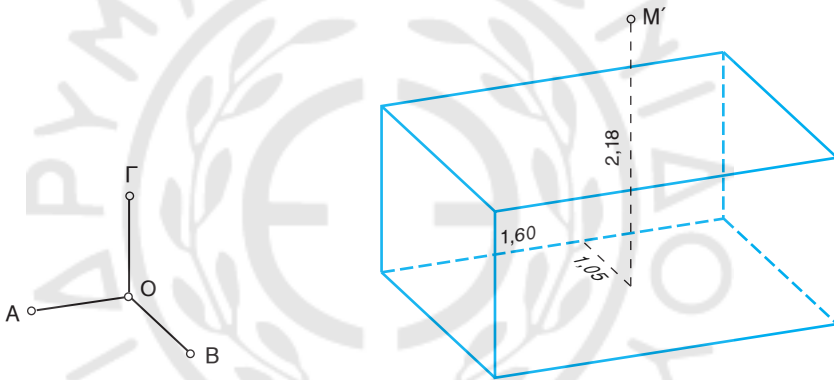
αντικειμένου, μπορούμε δηλαδή να χρησιμοποιήσουμε και την αξονομετρική προβολή ως κατασκευαστικό σχέδιο. Για διευκόλυνση μάλιστα είναι σκόπιμο στην άκρη του σχεδίου να σχεδιάζουμε τρία ευθύγραμμα τμήματα με κοινή αρχή, που να είναι παράλληλα προς τις προβολές των τριών ακμών των παραλληλεπιπέδων και να έχουν μήκη ίσα αντίστοιχα προς τις προβολές μιας μονάδας, π.χ. ενός μέτρου, όταν θεωρήσουμε τη μονάδα αυτή παράλληλη προς την αντίστοιχη ακμή του παραλληλεπιπέδου (σχ. 6.1κη). Με τον τρόπο αυτό το σχέδιο διαθέτει τρεις γραφικές κλίμακες σχεδιάσεως αντί για μία. Βέβαια, η απόσταση ανάμεσα σε δύο σημεία, που δεν ανήκουν σε ευθεία παράλληλη προς κάποια από τις ακμές των παραλληλεπιπέδων, δεν μπορεί να μετρηθεί στο σχέδιο. Επίσης δεν μπορεί να μετρηθεί στο σχέδιο αυτό το πραγματικό μέγεθος των γωνιών.

Θεωρητικά, για να σχεδιάσουμε την αξονομετρική προβολή ενός αντικειμένου, θα έπρεπε να ορίσουμε με κάποιο τρόπο τη θέση του σχετικά προς το επίπεδο προβολής και με κατάλληλους υπολογισμούς και γεωμετρικές κατασκευές να καθορίσουμε, πού θα πέφτει η προβολή κάθε σημείου του. Επειδή αυτό είναι δύσκολο, ακολουθούμε στην πράξη άλλη μέθοδο. Καθορίζουμε πάνω στο σχέδιο αυθαίρετα τις τρεις διευθύνσεις, που



Σχ. 6.1αη.

Αξονομετρική προβολή των τριών μονάδων και ορθογωνίου παραλληλεπιπέδου με διαστάσεις  $2,80 \times 2,50 \times 1,35 \mu$ .

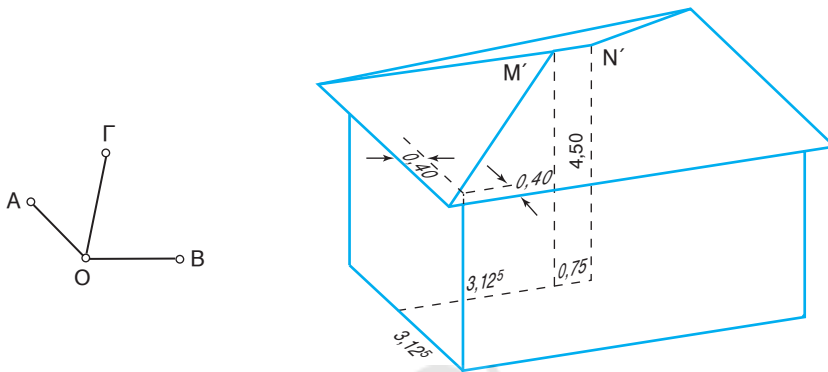


Σχ. 6.1αθ.

Αξονομετρική προβολή σημείου με γνωστή θέση.

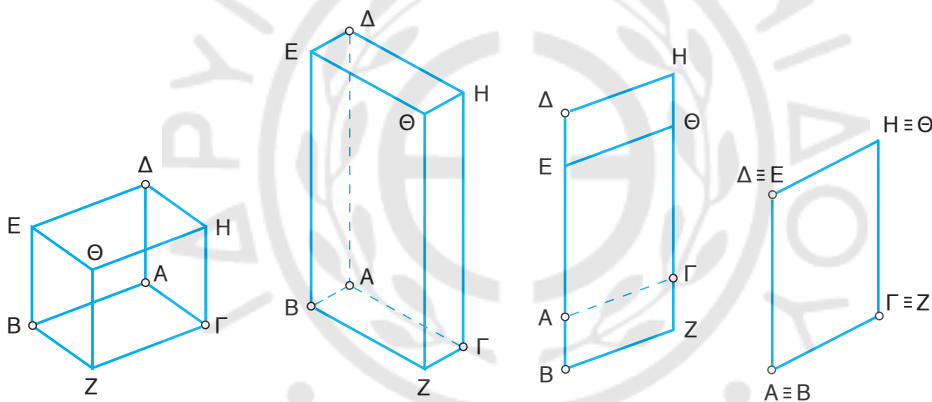
θα έχουν οι προβολές των ακμών των παραλληλεπιπέδων, όπως και τα τρία μήκη, που θα έχουν οι προβολές ευθυγράμμων τμημάτων, που είναι παράλληλα προς τρεις κάθετες ακμές των παραλληλεπιπέδων και έχουν μήκος ίσο προς τη μονάδα. Με βάση τα στοιχεία αυτά μπορούμε να σχεδιάσουμε την αξονομετρική προβολή οποιουδήποτε αντικείμενου, που αποτελείται από ορθογώνια παραλληλεπίπεδα με τον ίδιο προσανατολισμό, αρκεί να γνωρίζουμε το μήκος των ακμών τους.

Είναι πιθανόν το αντικείμενο, που θέλουμε να σχεδιάσουμε, να έχει και γραμμές, που να μην είναι παράλληλες προς τις ακμές των παραλληλεπιπέδων, όπως π.χ. το κτήριο του σχήματος 6.1λ, που έχει μια τετράρριχτη στέγη. Οι γραμμές αυτές μπορούν να σχεδιαστούν, όταν ορίσουμε μερικά σημεία τους. Στο σχήμα 6.1κθ φαίνεται πώς ορίζεται η



Σχ. 6.11.

Αξονομετρική προβολή κτηρίων με διαστάσεις  $7,00 \times 6,25 \times 3,40$  μ. και με τετράροχη στέγη που προεξέχει κατά  $0,40$  μ. και έχει ύψος  $1,10$  μ.



Σχ. 6.11α.

Αξονομετρική προβολή μοναδιαίου κύβου σε διάφορα συστήματα.

αξονομετρική προβολή ενός οποιουδήποτε σημείου  $M$ , όταν γνωρίζουμε πόσο απέχει από τις τρεις έδρες του βασικού παραλληλεπιπέδου. Έτσι ακριβώς ορίστηκαν τα σημεία  $M'$  και  $N'$  στο σχήμα 6.11, που καθορίζουν την προβολή της στέγης.

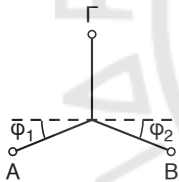
Σύμφωνα με τα παραπάνω η εκλογή των στοιχείων της αξονομετρικής προβολής μπορεί να γίνει αυθαίρετα. Για να έχουμε όμως ένα καλό σχέδιο, είναι σκόπιμο, πριν προχωρήσουμε, να σχεδιάσουμε πρώτα την αξονομετρική προβολή ενός κύβου (σχ. 6.11α). Αν η προβολή αυτή δίνει πράγματι την εντύπωση ότι παριστάνει έναν κύβο, σημαίνει πως η εκλογή μας ήταν καλή.

Όταν όμως η προβολή του κύβου δεν δίνει την εντύπωση του κύβου, οπότε σημαίνει ότι η αξονομετρική προβολή είναι πολύ λοξή, θα πρέπει να αλλάξουμε μια γωνία, ή το μήκος της προβολής μιας μονάδας. Η πείρα έχει δείξει ότι ορισμένοι συνδυασμοί γωνιών και μονάδων δίνουν τα καλύτερα αποτελέσματα. Στον Πίνακα 4 φαίνονται μερικοί τέτοιοι συνδυασμοί.

Όταν τα μήκη των προβολών των τριών μονάδων είναι διαφορετικά, η

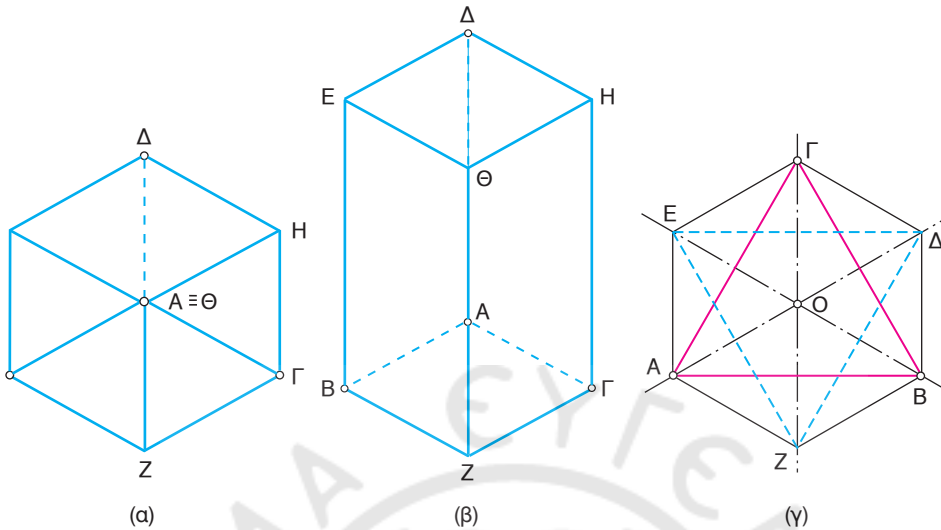
**ΠΙΝΑΚΑΣ 4**  
Συνηθισμένα συστήματα αξονομετρικών προβολών

Α/Α	Γωνίες		Αναλογίες			ΕΙΔΟΣ ΠΡΟΒΟΛΗΣ
	$\varphi_1$	$\varphi_2$	ΟΑ	ΟΒ	ΟΓ	
1	30°	30°	1	1	1	Ισομετρική
2	30°	60°	1	1	1	Μονομετρική
3	0°	30°	2	1	2	Διμετρική
4	0°	45°	2	1	2	Διμετρική
5	0°	60°	2	1	2	Διμετρική
6	0°	45°	1	1	1	Μονομετρική
7	10°	30°	4	3	4	Διμετρική
8	7°50'	45°	2	1	2	Διμετρική
9	41°20'	7°10'	1	2	2	Διμετρική
10	10°	30°	7	6	8	Τριμετρική
11	18°30'	5°10'	5	9	10	Τριμετρική



Σημείωση: Οι προβολές 2 έως 6 είναι προβολές Cavalier.

αξονομετρική προβολή λέγεται **τριμετρική**, όταν δύο από αυτά είναι ίσα, λέγεται **διμετρική** και όταν όλα είναι ίσα **μονομετρική**. Ιδιαίτερα, όταν και οι τρεις γωνίες των προβολών των ακμών των παραλληλεπιπέδων είναι ίσες με 120° και οι τρεις προβολές των μονάδων πάλι ίσες (σχ. 6.11β), η προβολή λέγεται **ισομετρική**. Η ισομετρική προβολή, που είναι μία **ορθή** αξονομετρική προβολή, χρησιμοποιείται πολύ συχνά, γιατί έχει το πλεονέκτημα να έχει σχεδιασμένα στην ίδια κλίμακα όλα τα μήκη, που είναι παράλληλα προς τις ακμές των παραλληλεπιπέδων. Εν τούτοις, και στην περίπτωση αυτή, κάθε μήκος, που δεν είναι παράλληλο προς τις ακμές του παραλληλεπιπέδου, είναι σχεδιασμένο σε άλλη κλίμακα, ενώ οι γωνίες γενικά φαίνονται παραμορφωμένες, δηλαδή μικρότερες ή μεγαλύτερες από τις πραγματικές. Πρέπει ακόμη να σημειωθεί ότι συχνά στην ισομετρική προβολή δύο γραμμές πέφτουν η μια πάνω στην άλλη και



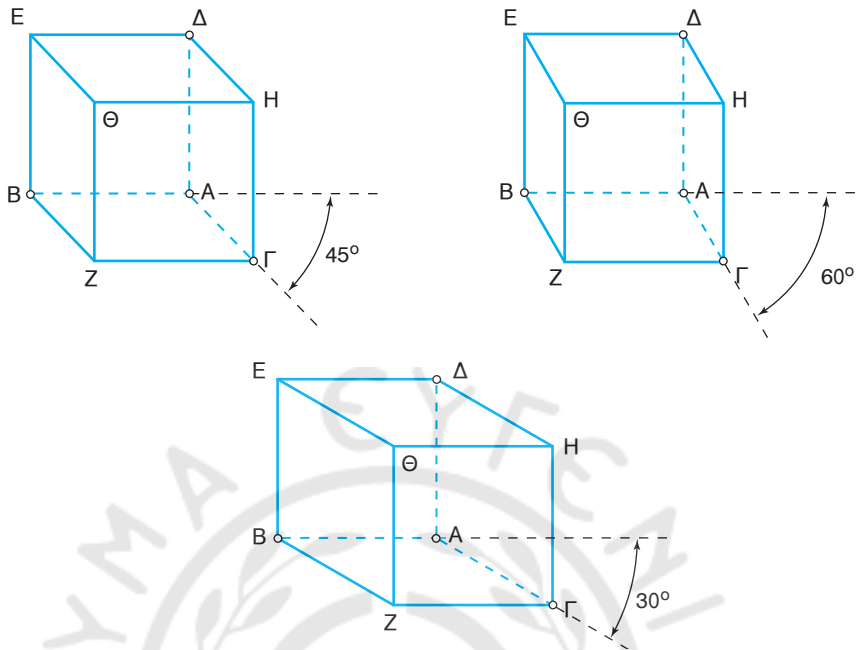
Σχ. 6.11β.

Ισομετρική αξονομετρική προβολή: α) κύβος, β) πρίσμα με τετράγωνη βάση και ύψος διπλάσιο από την ακμή της βάσεως, γ) κανονικό οκτάεδρο.

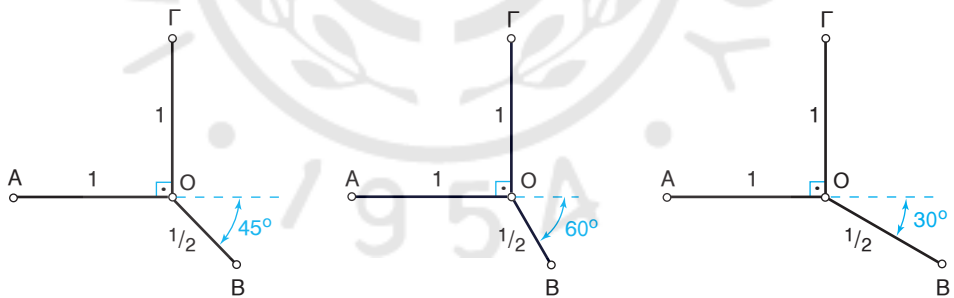
κάνουν το σχέδιο δυσανάγνωστο. Σε τέτοιες περιπτώσεις είναι καλύτερο να την αποφεύγουμε χρησιμοποιώντας κάποια άλλη προβολή.

Μια συνηθισμένη ομάδα διμετρικών αξονομετρικών προβολών είναι οι γνωστές ως προβολές Cavalier. Οι προβολές αυτές δεν είναι ποτέ ορθές (σχ. 6.11γ), αλλά το επίπεδο προβολής είναι παράλληλο προς κάποια έδρα του παραλληλεπιπέδου. Το αποτέλεσμα είναι ότι οι προβολές των δύο από τις τρεις ομάδες ακμών του παραλληλεπιπέδου είναι κάθετες μεταξύ τους και έχουν την ίδια κλίμακα. Την ίδια αυτή κλίμακα έχουν και όλα τα σχήματα, που ανήκουν σε έδρες παραλληλεπιπέδου παράλληλες προς το επίπεδο προβολής, ενώ οι γωνίες των σχημάτων αυτών έχουν στο σχέδιο το πραγματικό τους μέγεθος. Το σχέδιο αυτό λοιπόν έχει όλα τα πλεονεκτήματα των όψεων, που είδαμε στις προηγούμενες παραγράφους. Δεν έχει όμως το μειονέκτημά τους, γιατί οι ακμές, που είναι κάθετες προς το επίπεδο προβολής, δεν προβάλλονται σαν σημεία. Οι ακμές αυτές στο σχέδιο μπορούν να έχουν οποιαδήποτε διεύθυνση και οποιαδήποτε κλίμακα. Συνήθως διαλέγουμε τη μονάδα τους με μήκος μισό από το μήκος των άλλων μονάδων και τη γωνία, που σχηματίζουν με τη μια από τις άλλες προβολές, ίση με  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ , ή  $60^\circ$ , για να εκμεταλλευτούμε τις γωνίες των τριγώνων στη σχεδίαση (σχ. 6.11δ).





Σχ. 6.1λγ.  
Αξονομετρική προβολή κύβου σε σύστημα Cavalier.

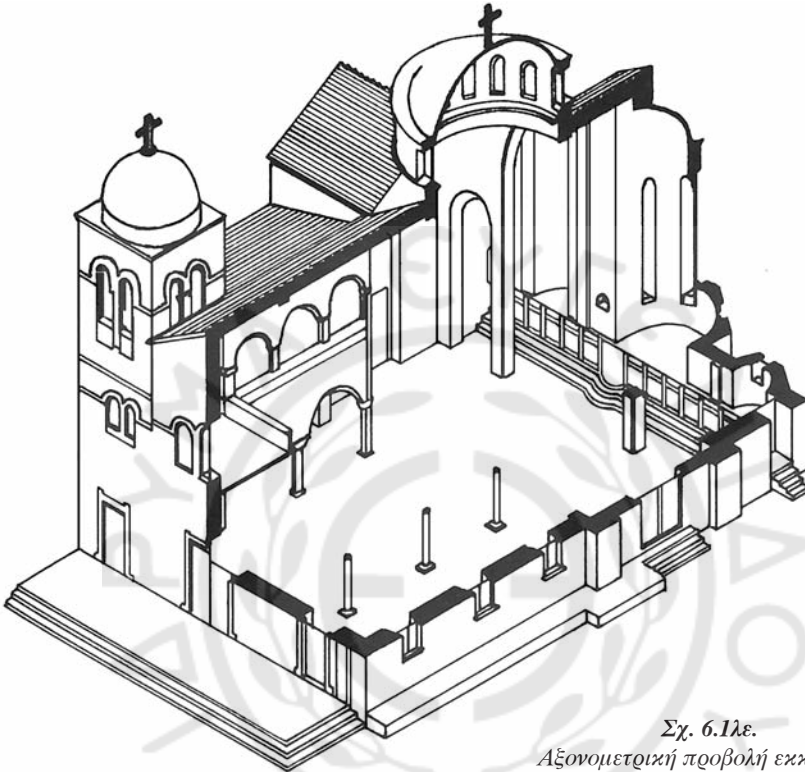


Σχ. 6.1λδ.

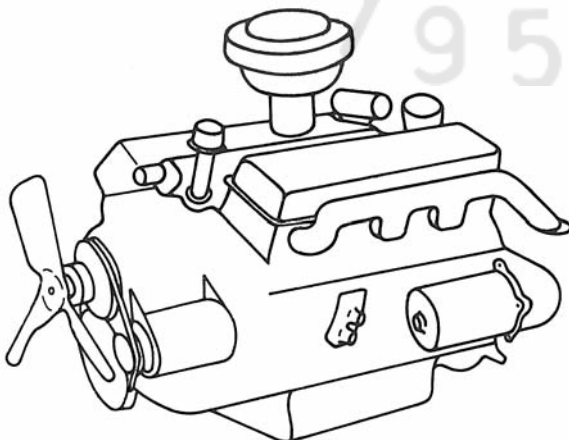
Συστήματα αξονομετρικών προβολών Cavalier αντίστοιχα με τους κύβους του σχήματος 6.1λγ και τις περιπτώσεις 4, 5 και 3 του Πίνακα 4.

Η αξονομετρική προβολή δεν είναι χρήσιμη μόνο για σχήματα, που αποτελούνται από ορθογώνια παραλληλεπίπεδα με τον ίδιο προσανατολισμό. Είναι το ίδιο χρήσιμη και για την παράσταση οποιουδήποτε σχήματος, που παρουσιάζει κάποια στοιχεία συμμετρίας ως προς τρεις κάθετους άξονες, πράγμα που συμβαίνει κατά κανόνα σε όλα τα τεχνικά έργα. Έτσι στα σχήματα 6.1λε και 6.1λστ εικονίζονται τα

αξονομετρικά σχέδια μιας εκκλησίας και ενός κινητήρα. Βέβαια, όταν το αντικείμενο περιέχει καμπύλες γραμμές και επιφάνειες, η σχεδίαση παρουσιάζει ορισμένες δυσκολίες.



Σχ. 6.11ε.  
Αξονομετρική προβολή εκκλησίας.



Σχ. 6.11στ.  
Αξονομετρική προβολή κινητήρα.

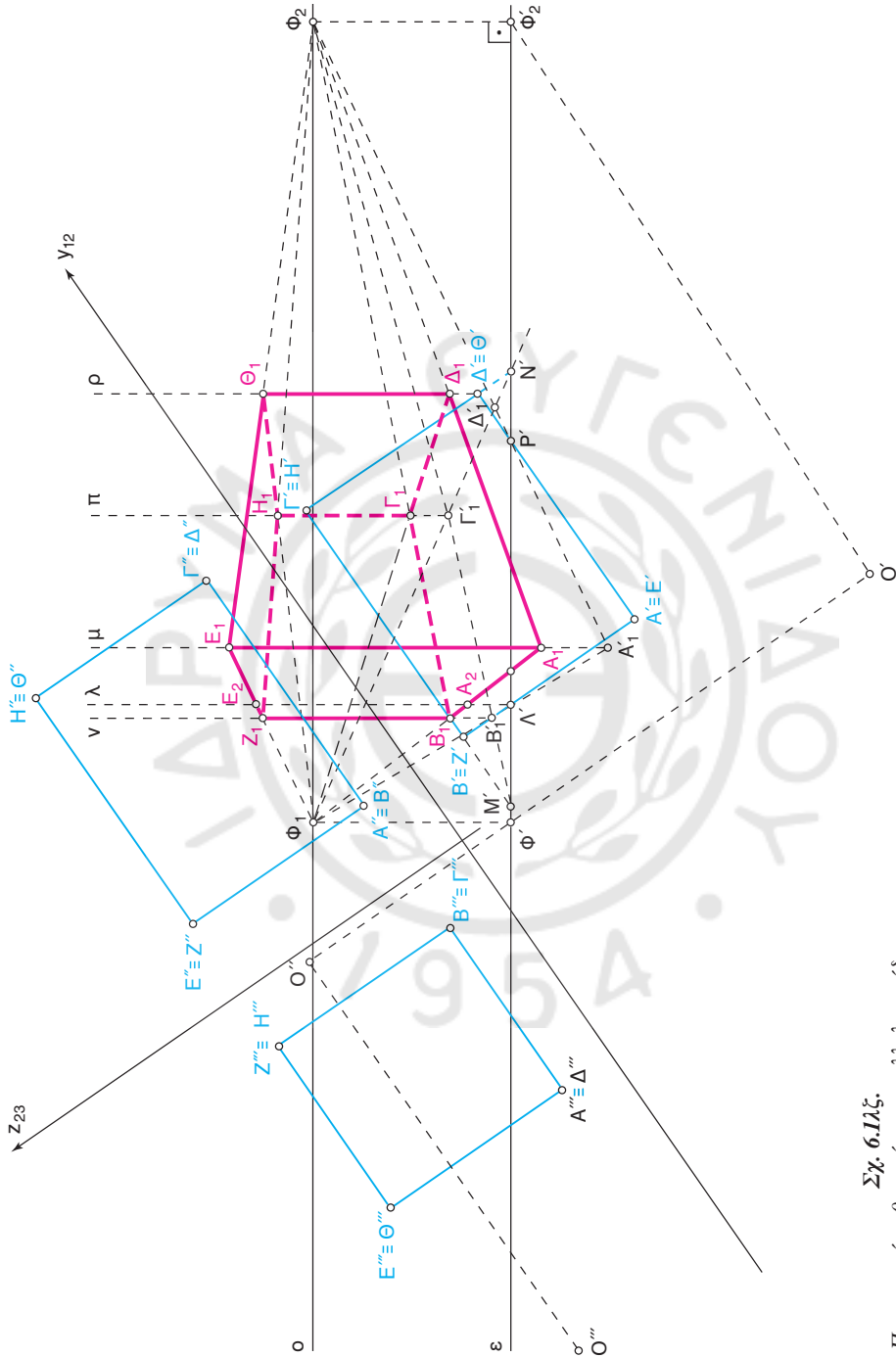
### 6.1.4 Προοπτικό σχέδιο.

Η αξονομετρική προβολή δίνει ικανοποιητική εικόνα των αντικειμένων, ώστε να μπορεί εύκολα να καταλάβει κανείς το σχήμα τους, έστω και αν δεν έχει διδαχτεί τεχνικό σχέδιο. Παρ' όλα αυτά ορισμένα τεχνικά έργα τα σχεδιάζουμε συνήθως και σε **προοπτικό σχέδιο**, που, όπως είπαμε και στην παράγραφο 6.1.1, είναι κάτι ανάλογο με τη φωτογραφία τους. Το προοπτικό είναι εντελώς ακατάλληλο για σχέδιο κατασκευής, επειδή σε ένα τέτοιο σχέδιο τίποτα δεν είναι σχεδιασμένο υπό κλίμακα. Επομένως δεν μπορούμε να μετρήσουμε στο σχέδιο ούτε μήκη ούτε γωνίες, για να διαπιστώσουμε το πραγματικό τους μέγεθος. Το προοπτικό λοιπόν είναι μόνο σχέδιο για παρουσίαση. Το χρησιμοποιούν κυρίως οι αρχιτέκτονες για να επιδείξουν τα έργα τους ή για να τα καταστήσουν κατανοητά στους πελάτες τους.

Στο σχήμα 6.1λξ εικονίζεται ο τρόπος, με τον οποίο σχεδιάζεται το προοπτικό ενός απλού σχήματος και συγκεκριμένα ενός ορθογωνίου παραλληλεπίπεδου, όταν έχουμε την κάτοψή του, την πρόσοψή του και την πλάγια όψη του. Στο παράδειγμα αυτό το προοπτικό είναι σχεδιασμένο στο ίδιο σχέδιο μαζί με τις τρεις όψεις. Στην πράξη σβήνουμε τις όψεις, όταν τελειώσουμε τη σύνταξη του προοπτικού σχεδίου, ή, προτιμότερο, σχεδιάζουμε το προοπτικό σε διαφανές χαρτί, αφού κολλήσουμε κάτω από αυτό προσωρινά το σχέδιο με τις όψεις.

Το προοπτικό σχέδιο είναι η εικόνα του αντικειμένου, όπως ακριβώς τη βλέπουμε από κάποιο όχι πολύ μακρινό σημείο  $O$ . Το σημείο αυτό  $O$  λέγεται **οπτικό κέντρο**. Αφού διαλέξουμε τη θέση του οπτικού κέντρου, σημειώνουμε τις τρεις προβολές του  $O'$ ,  $O''$  και  $O'''$  στο σχέδιο με τις όψεις. Θεωρούμε ακόμα ότι ο πίνακας του σχεδίου μας είναι διαφανής και τοποθετημένος έτσι, ώστε να μπορούμε να σχεδιάσουμε πάνω του ότι ακριβώς βλέπουμε πίσω από αυτόν (σχ. 6.1α). Διαλέγουμε επομένως και τη θέση του πίνακα και τη σημειώνουμε στο σχέδιο με τις τομές. Ο πίνακας μπορεί να έχει οποιαδήποτε θέση και να σχηματίζει οποιοσδήποτε γωνίες με τα επίπεδα προβολής, συνήθως όμως είναι κατακόρυφος, δηλαδή κάθετος στο επίπεδο  $\epsilon$ . Στο βιβλίο αυτό θα περιοριστούμε μόνο σε προοπτικά με κατακόρυφο πίνακα. Επομένως ο πίνακας φαίνεται στην κάτοψη σαν μια ευθεία, που τη συμβολίζουμε με το γράμμα  $\epsilon$ .

Θεωρούμε ένα οριζόντιο επίπεδο, που περνά από το οπτικό κέντρο  $O$  και τέμνει τον πίνακα σε μια οριζόντια ευθεία  $O$ . Υποθέτουμε ότι πάνω στον πίνακα έχει με κάποιο τρόπο αποτυπωθεί το προοπτικό σχέδιο και τον στρέφουμε γύρω από την ευθεία  $\epsilon$  κατά μια ορθή γωνία, ώστε να πέσει και

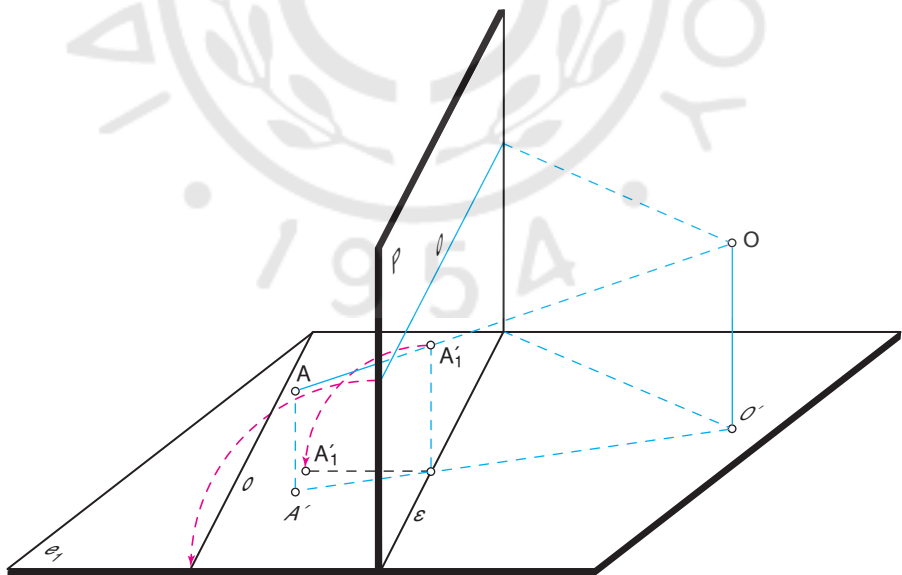


Σχ. 6.115.  
Προοπτικό ορθογωνίων παραλληλεπιπέδου.

αυτός επάνω στο επίπεδο του σχεδίου, δηλαδή στο  $e_1$  (σχ. 6.1λη). Θα παρουσιασθεί τότε, εκτός από την ευθεία  $\varepsilon$ , που ονομάζουμε **γραμμή εδάφους**, και η ευθεία  $O$ , που την ονομάζουμε **γραμμή οριζοντα**. Οι δύο αυτές ευθείες είναι παράλληλες και απέχουν μεταξύ τους, όσο απέχει το  $O'$ , δηλαδή η δεύτερη προβολή του οπτικού κέντρου, από τον άξονα  $y_{12}$ . Σε αυτές τις ευθείες βασιζόμαστε, για να σχεδιάσουμε το προοπτικό σχέδιο με τον τρόπο που περιγράφεται στη συνέχεια.

Από το  $O'$  φέρνουμε δύο ευθείες  $\alpha_1$  και  $\alpha_2$  παράλληλες αντίστοιχα προς τις δύο πλευρές  $A'B'$  και  $A'D'$  του ορθογωνίου παραλληλογράμμου  $A'B'G'D'$ , που αποτελεί την κάτοψη του παραλληλεπίπεδου. Οι δύο αυτές ευθείες τέμνουν αντίστοιχα την ευθεία  $\varepsilon$  στα σημεία  $\Phi_1$  και  $\Phi_2$ , από τα οποία φέρνουμε ευθείες κάθετες προς τη γραμμή εδάφους  $\varepsilon$ . Οι δύο αυτές κάθετες τέμνουν αντίστοιχα τη γραμμή του οριζοντα  $O$  σε δύο σημεία  $\Phi_1$  και  $\Phi_2$  που τα ονομάζουμε **σημεία φυγής**. Αν η μία από τις ευθείες  $\alpha_1$  ή  $\alpha_2$  είναι παράλληλη προς την ευθεία  $\varepsilon$ , τότε έχουμε μόνο ένα σημείο φυγής και το προοπτικό λέγεται **μετωπικό**. Για το μετωπικό προοπτικό θα πούμε λίγα λόγια αργότερα.

Το ορθογώνιο παραλληλεπίπεδο του σχήματος 6.1λζ έχει τέσσερις



Σχ. 6.1λη.

Επίπεδο προβολής  $e_1$  της κατόψεως του αντικειμένου και πίνακας  $P$  του προοπτικού σχεδίου με τις γραμμές εδάφους  $\varepsilon$  και οριζοντα  $O$ .

ακμές παράλληλες προς την ευθεία  $\alpha_1$ , τέσσερις παράλληλες προς την  $\alpha_2$  και τέσσερις κάθετες προς το επίπεδο  $\epsilon_1$ , δηλαδή κατακόρυφες και παράλληλες προς τον πίνακα του προοπτικού σχεδίου. Τα προοπτικά των τεσσάρων πρώτων περνούν και τα τέσσερα από το σημείο φυγής  $\Phi_1$ , των τεσσάρων δευτέρων από το σημείο φυγής  $\Phi_2$ , ενώ τα προοπτικά των τεσσάρων τελευταίων είναι κάθετα στην ευθεία  $\epsilon$  και επομένως παράλληλα μεταξύ τους. Αν το αντικείμενο, που πρόκειται να σχεδιάσουμε, έχει και άλλες ευθείες παράλληλες προς τις ακμές του βασικού παραλληλεπιπέδου, τότε τα προοπτικά των ευθειών αυτών θα περνούν και αυτά από το αντίστοιχο σημείο φυγής ή θα είναι κάθετα προς τη γραμμή του εδάφους  $\epsilon$ . Με τον ίδιο τρόπο και από τη στιγμή, που θα καταλάβουμε καλά, πώς κατασκευάζεται το προοπτικό του ορθογωνίου παραλληλεπιπέδου, μπορούμε να σχεδιάσουμε το προοπτικό και κάθε άλλου σχήματος, που είναι συνδυασμός παραλληλεπιπέδων με τον ίδιο προσανατολισμό.

Το ορθογώνιο παραλληλεπίπεδο έχει τέσσερις ακμές κάθετες στο επίπεδο  $\epsilon_1$ , τις  $AE$ ,  $BZ$ ,  $\Gamma H$  και  $\Delta\Theta$ . Οι πρώτες προβολές των άκρων τους συμπίπτουν, δηλαδή είναι  $A'=E'$ ,  $B'=Z'$ ,  $\Gamma'=H'$  και  $\Delta'=\Theta'$ . Φέρνουμε την ευθεία  $O'A'$ , που τέμνει τη γραμμή του εδάφους  $\epsilon$  σε ένα σημείο της  $M'$ . Από το σημείο  $M'$  φέρνουμε μια ευθεία  $\mu$  κάθετη στην ευθεία  $\epsilon$ . Ένα τμήμα της ευθείας  $\mu$  θα είναι το προοπτικό  $A_1E_1$  της ακμής  $AE$  του παραλληλεπιπέδου.

Θεωρούμε την τομή της ευθείας  $A'B'$  με τη γραμμή του εδάφους  $\epsilon$  προεκτείνοντάς την, αν χρειάζεται, και ονομάζουμε  $\Lambda'$  το σημείο της τομής. Από το  $\Lambda'$  φέρνουμε μια ευθεία  $\lambda$  κάθετη στην ευθεία  $\epsilon$ .

Ορίζουμε δύο σημεία  $A_2$  και  $E_2$  της ευθείας  $\lambda$  με τρόπο, ώστε να απέχουν αντίστοιχα από την ευθεία  $\epsilon$ , όσο απέχουν τα σημεία  $A''$  και  $E''$  από τον άξονα  $y_{12}$ . Οι ευθείες  $A_2\Phi_1$  και  $E_2\Phi_1$  τέμνουν αντίστοιχα την ευθεία  $\mu$  στα σημεία  $A_1$  και  $E_1$ . Το ευθύγραμμο τμήμα  $A_1E_1$  είναι το προοπτικό της ακμής  $AE$  του παραλληλεπιπέδου.

Στη συνέχεια φέρνουμε τις ευθείες  $O'B'$ ,  $O'\Gamma'$ , και  $O'\Delta'$ , που τέμνουν αντίστοιχα τη γραμμή του εδάφους  $\epsilon$  στα σημεία  $N'$ ,  $\Pi'$  και  $P'$ . Από τα σημεία αυτά φέρνουμε τρεις αντίστοιχες ευθείες  $\nu$ ,  $\pi$  και  $\rho$  κάθετες στην ευθεία  $\epsilon$ . Η ευθεία  $\nu$  τέμνει τις ευθείες  $A_2\Phi_1$  και  $E_2\Phi_1$  αντίστοιχα στα σημεία  $B_1$  και  $Z_1$  και το ευθύγραμμο τμήμα  $B_1Z_1$  είναι το προοπτικό της ακμής  $BZ$ . Η ευθεία  $\rho$  τέμνει αντίστοιχα τις ευθείες  $A_1\Phi_2$  και  $E_1\Phi_2$  στα σημεία  $\Delta_1$  και  $\Theta_1$  και το ευθύγραμμο τμήμα  $\Delta_1\Theta_1$  είναι το προοπτικό της ακμής  $\Delta\Theta$ . Τέλος η ευθεία  $\pi$  τέμνει τις ευθείες  $\Delta_1\Phi_1$  και  $\Theta_1\Phi_1$  αντίστοιχα στα σημεία  $\Gamma_1$  και  $H_1$  και το ευθύγραμμο τμήμα  $\Gamma_1$  και  $H_1$  είναι το προοπτικό της ακμής  $\Gamma H$ . Σημειώνουμε ότι από τα σημεία  $\Gamma_1$  και  $H_1$  πρέπει να περνούν αντίστοιχα και οι ευθείες  $B_1\Phi_2$  και  $Z_1\Phi_2$ , μας δίνεται δηλαδή η ευκαιρία να ελέγξουμε, αν η κατασκευή μας έγινε σωστά.



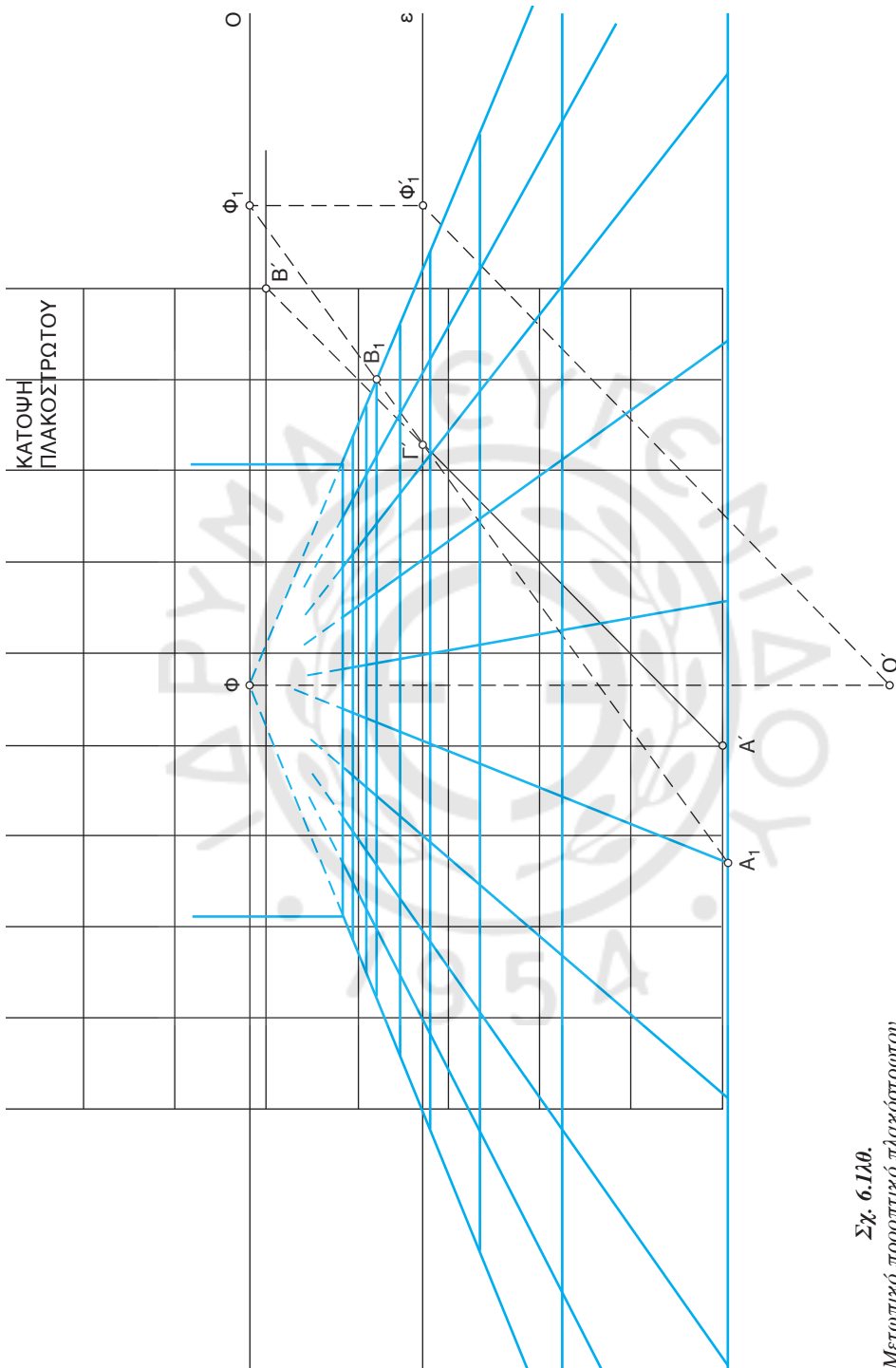
Μπορούμε να συμπληρώσουμε το προοπτικό του ορθογωνίου παραλληλεπιπέδου σχεδιάζοντας τα τετράπλευρα  $A_1B_1\Gamma_1\Delta_1$  και  $E_1Z_1H_1\Theta_1$ , που είναι αντίστοιχα τα προοπτικά των εδρών του  $AB\Gamma\Delta$  και  $EZH\Theta$ . Στο σχήμα 6.8α τα ευθύγραμμα τμήματα  $\Gamma_1H_1$ ,  $B_1\Gamma_1$ ,  $\Gamma_1\Delta_1$ ,  $Z_1H_1$  και  $H_1\Theta_1$  έχουν σχεδιαστεί με διακεκομμένη γραμμή, γιατί βρίσκονται στο πίσω μέρος του παραλληλεπιπέδου και δεν μπορεί κανείς να τα δει, αν βρίσκεται στο σημείο  $O$ . Τις περισσότερες φορές στην πράξη δεν σχεδιάζουμε καθόλου τα προοπτικά γραμμών, που δεν φαίνονται από το οπτικό κέντρο  $O$ .

Το προοπτικό σχέδιο, αν και σχηματίζεται με τρόπο εντελώς ίδιο όπως και η φωτογραφία, είναι δυνατόν σε ορισμένες περιπτώσεις να παραμορφώνει το σχήμα των αντικειμένων που παριστάνει. Αυτό συμβαίνει, όταν δεν έχουμε διαλέξει σωστά τη θέση του οπτικού κέντρου και του πίνακα του σχεδίου. Πρέπει πρώτα, για να έχουμε αποτέλεσμα ικανοποιητικό, η ευθεία η κάθετη προς τον πίνακα του σχεδίου, που περνά από το οπτικό κέντρο  $O$ , να τον συναντά περίπου στο κέντρο του. Επομένως και η γραμμή του ορίζοντα πρέπει να περνά περίπου από το μέσο του ύψους του σχεδίου. Πρέπει ακόμα το οπτικό κέντρο να απέχει από τον πίνακα του σχεδίου, περίπου όσο συνήθως απέχουν τα μάτια μας από το σχέδιο, όταν το βλέπουμε. Για συνηθισμένα σχέδια λοιπόν η απόσταση αυτή πρέπει να είναι περίπου 25 εκατοστά του μέτρου, ενώ, αν πρόκειται να αναρτήσουμε το σχέδιο στον τοίχο ή σε ειδικό πίνακα, η απόσταση αυτή πρέπει να είναι μεγαλύτερη.

Αν η απόσταση του οπτικού κέντρου από τον πίνακα του σχεδίου είναι πολύ μεγάλη, τα αντικείμενα, που παριστάνει το προοπτικό, θα δίνουν την εντύπωση ότι συνωστίζονται το ένα πίσω από το άλλο. Η εντύπωση είναι η ίδια, όπως και σε μια φωτογραφία ή κινηματογραφική ταινία, που την έχουμε πάρει με τηλεσκοπικό φακό. Αντίθετα, αν η απόσταση αυτή είναι πολύ μικρή, το προοπτικό παρουσιάζεται έντονα παραμορφωμένο, όπως ακριβώς συμβαίνει και σε μια φωτογραφία ή κινηματογραφική ταινία, που την έχουμε πάρει με πολύ ευρυγώνιο φακό.

Στο σχήμα 6.11θ εικονίζεται το μετωπικό ενός πλακόστρωτου. Όπως είπαμε και προηγουμένως, στο μετωπικό προοπτικό υπάρχει μόνο ένα σημείο φυγής  $\Phi$  για τα προοπτικά των ευθειών, που είναι κάθετες στον πίνακα του σχεδίου. Οι ευθείες, που είναι παράλληλες προς τη γραμμή του εδάφους  $\epsilon$ , έχουν και τα προοπτικά τους παράλληλα προς την ίδια ευθεία  $\epsilon$ . Στην περίπτωση αυτή διευκολύνεται η κατασκευή, αν θεωρήσουμε και μία διαγώνιο  $A'B'$  των τετραγώνων πλακών του πλακόστρωτου. Ονομάζουμε  $\Phi_1$  το σημείο τομής της ευθείας, που περνά από το  $O$  και είναι παράλληλη προς την  $A'B'$ , με τη γραμμή του εδάφους  $\epsilon$ . Φέρνουμε από το  $\Phi_1$  μια ευθεία κάθετη προς την  $\epsilon$  και ονομάζουμε  $\Phi_1$  το σημείο τομής της με τη γραμμή του ορίζοντα  $o$ .



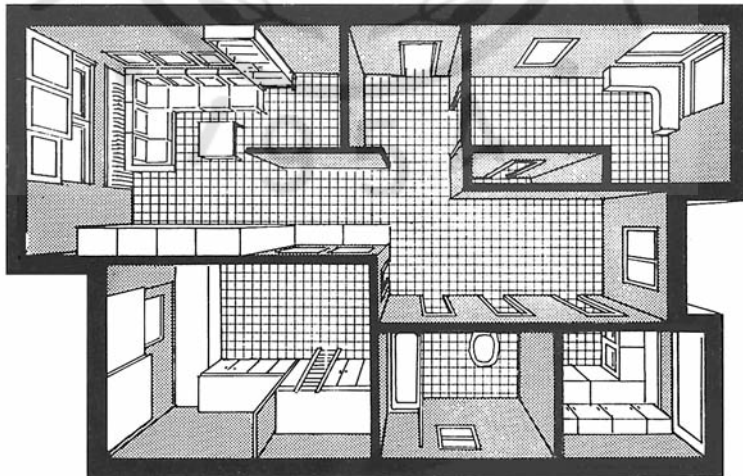


Σχ. 6.11θ.  
Μετωπικό προοπτικό πλαιόστρωτου.

Η κατασκευή του προοπτικού γίνεται ως εξής: Ενώνομε το σημείο  $\Phi$  με τα σημεία, όπου τέμνεται η γραμμή του εδάφους  $\epsilon$  με τις ευθείες του πλακόστρωτου, που είναι κάθετες προς την ευθεία  $\epsilon$ . Έτσι έχουμε τα προοπτικά των ευθειών αυτών. Ενώνομε τώρα το  $\Phi_1$  με το σημείο  $\Gamma$ , στο οποίο η διαγώνιος  $A'B'$  τέμνει τη γραμμή του εδάφους  $\epsilon$ . Η ευθεία  $\Gamma\Phi_1$  τέμνει τα προοπτικά των ευθειών, που είναι κάθετες προς τον πίνακα του σχεδίου, στα σημεία από τα οποία περνούν τα προοπτικά των ευθειών, που είναι παράλληλες προς τη γραμμή του εδάφους  $\epsilon$ . Όπως είπαμε ήδη, τα προοπτικά αυτά είναι πάλι παράλληλα προς την ευθεία  $\epsilon$  και επομένως, αφού γνωρίζουμε ένα σημείο του καθενός από αυτά, μπορούμε να τα σχεδιάσουμε. Γενικά στα μετωπικά προοπτικά ένα βοηθητικό σημείο φυγής μπορεί να μας διευκολύνει, για να ορίσουμε τα προοπτικά των ευθειών, που είναι παράλληλες προς τη γραμμή του εδάφους  $\epsilon$ .

Ένα άλλο είδος μετωπικού προοπτικού είναι εκείνο, όπου ο πίνακας είναι οριζόντιος και το οπτικό κέντρο βρίσκεται ψηλά. Τότε υπάρχει πάλι ένα μόνο σημείο φυγής για τις κατακόρυφες ευθείες. Τέτοια προοπτικά (σχ. 6.1μ) χρησιμοποιούνται, για να κάνουν πιο κατανοητές τις κατόψεις οικοδομικών έργων.

Το προοπτικό σχέδιο δεν χρησιμοποιείται μόνο για σχήματα, που σχεδόν στο σύνολό τους είναι συνδυασμός ορθογωνίων παραλληλεπιπέδων με τον ίδιο προσανατολισμό. Μπορούμε να σχεδιάσουμε το προοπτικό οποιουδήποτε σχήματος, θεωρώντας ότι τα σημεία του ανήκουν σε



Σχ. 6.1μ.

Μετωπικό προοπτικό οικοδομικού έργου με πίνακα οριζόντιο.

κατακόρυφες ευθείες και χρησιμοποιώντας, αν χρειαστεί, περισσότερα σημεία φυγής. Βέβαια, όταν το αντικείμενο περιέχει καμπύλες γραμμές και επιφάνειες, η σχεδίαση παρουσιάζει ορισμένες δυσκολίες.

### 6.1.5 Ελεύθερο σχέδιο.

Ελεύθερο λέγεται κάθε σχέδιο, που γίνεται χωρίς τη βοήθεια οποιουδήποτε οργάνου (κανόνα, διαβήτη κλπ.), σε αντίθεση με τα σχέδια, που εξετάσαμε ως τώρα και που λέγονται όλα μαζί *γραμμικά σχέδια*. Για να σχεδιάσουμε το ελεύθερο σχέδιο μάς αρκεί το χαρτί, το μολύβι, ή σπανιότερα το μελάνι και η γομολάστιχα. Χρήσιμα είναι ακόμα η βελόνα και το ζύγι (νήμα της στάθμης). Το ελεύθερο σχέδιο δεν μπορεί να θεωρηθεί ζωγραφική, γιατί παριστάνει πάντοτε κάποιο συγκεκριμένο αντικείμενο και μάλιστα όσο το δυνατό πιο πιστά.

Το ελεύθερο σχέδιο είναι τις περισσότερες φορές ένα κατά προσέγγιση προοπτικό σχέδιο, δεν αποκλείεται όμως να είναι και αξονομετρική προβολή ή όψη ενός αντικειμένου.

Σε δύο κυρίως περιπτώσεις χρειάζεται ο τεχνικός να χρησιμοποιήσει το ελεύθερο σχέδιο:

α) Όταν χρειαστεί να κάνει το σχέδιο, ενώ δεν έχει κανένα όργανο, π.χ. όταν βρίσκεται στο εργοτάξιο και θέλει να κρατήσει σημειώσεις για κάτι, που έχει ήδη κατασκευαστεί ή να δώσει οδηγίες για κάτι, που πρόκειται να κατασκευαστεί.

β) Όταν θέλει να δώσει σε ένα σχέδιο παρουσιάσεως φυσικότητα και ζωντάνια. Στην τελευταία αυτή περίπτωση μπορεί να γίνει ολόκληρο το σχέδιο ελεύθερο ή να προστεθούν σε ένα γραμμικό σχέδιο ορισμένα στοιχεία σχεδιασμένα ελεύθερα, π.χ. άνθρωποι, δέντρα, φυτά, βουνά, θάλασσα, αυτοκίνητα, βάρκες κλπ. (σχ. 6.1μα). Σημειώνουμε πως σήμερα κυκλοφορούν στο εμπόριο αυτοκόλλητα τέτοια στοιχεία, που προσαρμόζονται στα σχέδια, όπως και τα αυτοκόλλητα γράμματα.

Όταν σχεδιάζουμε ελεύθερα το προοπτικό ενός αντικειμένου, που έχει ήδη κατασκευαστεί και που το βλέπουμε, είναι σκόπιμο να είμαστε καθιστοί και να σταθεροποιούμε, όσο γίνεται, και την πινακίδα μας με το χαρτί του σχεδίου, ώστε κατά κάποιο τρόπο να έχουμε διαλέξει το οπτικό κέντρο. Ο πίνακας του σχεδίου υποτίθεται ότι βρίσκεται ανάμεσα στα μάτια μας και στο αντικείμενο και ακριβώς εκεί, που φτάνει τεντωμένο το χέρι μας. Στη θέση αυτή πρέπει να μέινουμε, χωρίς να μετακινήθουμε, ώσπου να τελειώσουμε το σχέδιο.

Για να αρχίσουμε το σχέδιο, παρατηρούμε πρώτα καλά το αντικείμενο



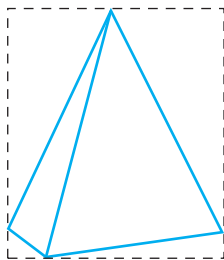
Σχ. 6.1μα.

Γραμμικό σχέδιο με στοιχεία σχεδιασμένα ελεύθερα.

και το τοποθετούμε μέσα σε ένα νοητό ορθογώνιο παραλληλόγραμμο (σχ. 6.1μβ και 6.1μγ). Κρατώντας τη βελόνα ή το μολύβι με τεντωμένο χέρι και κλείνοντας το ένα μάτι μετράμε τις διαστάσεις του νοητού αυτού ορθογωνίου (σχ. 6.1μδ) και το μεταφέρουμε στο σχέδιό μας. Όταν μετράμε, πρέπει να έχουμε πάντοτε την ίδια στάση, με την πλάτη μας κατακόρυφη και όχι άλλοτε να σκύβουμε μπροστά και άλλοτε να γέρνομε προς τα πίσω.

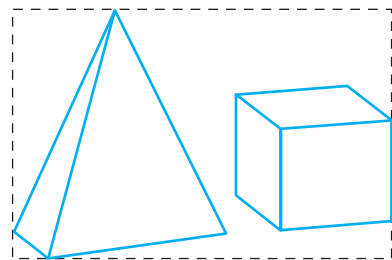
Όσο πιο σωστά σχεδιάσουμε το ορθογώνιο στο χαρτί μας, τόσο ευκολότερα θα σχεδιάσουμε και τόσο καλύτερο αποτέλεσμα θα έχουμε.

Αν το αντικείμενο περιέχει ορθογώνια παραλληλεπίπεδα όλα με τον ίδιο προσανατολισμό, μας διευκολύνει πολύ να σημειώσουμε ελαφρά στο σχέδιο μια γραμμή οριζόντια για γραμμή του οριζοντα και να ορίσουμε επάνω της τα δύο σημεία φυγής.



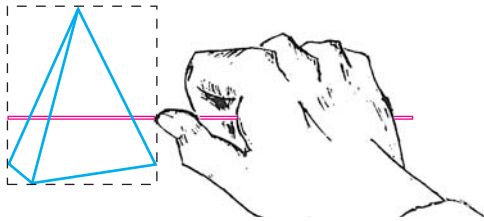
Σχ. 6.1μβ.

Νοητό παραλληλόγραμμο, που περιβάλλει το αντικείμενο του σχεδίου.



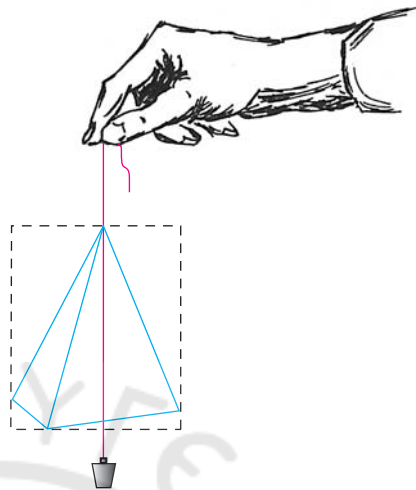
Σχ. 6.1μγ.

Νοητό παραλληλόγραμμο, που περιβάλλει τα αντικείμενα του σχεδίου.



Σχ. 6.1μδ.

Μέτρηση διαστάσεων με τη βελόνα.



Σχ. 6.1με.

Χρήση ζυγίου στο ελεύθερο σχέδιο.

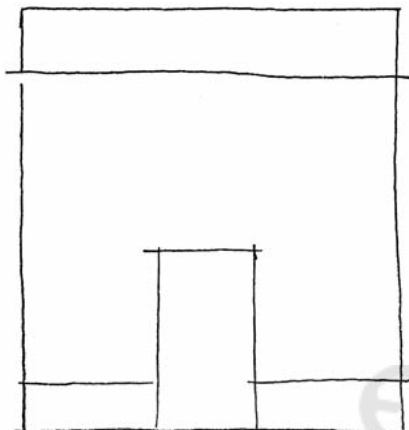
Με το ζύγι διαπιστώνομε, αν κάποιο σημείο του σχεδίου βρίσκεται ακριβώς κάτω από κάποιο άλλο, αριστερότερα ή δεξιότερα (σχ. 6.1με). Έπειτα με τη βελόνα ή το μολύβι μπορούμε να μετρήσομε, πόσο απέχει το ένα σημείο από την κατακόρυφη, που περνά από το άλλο, όπως και πόσο ψηλότερα ή χαμηλότερα βρίσκεται.

Είναι πάντοτε σκόπιμο να σχεδιάζομε πρώτα τους κύριους όγκους, που συνθέτουν το αντικείμενο του σχεδίου μας, και έπειτα να προσθέτομε τις λεπτομέρειες. Στο σχήμα 6.1μζ φαίνεται το ελεύθερο σχέδιο ενός κτηρίου. Πρώτα σχεδιάστηκε το περίγραμμά του (σχ. 6.1μστ) και έπειτα οι πόρτες, τα παράθυρα κλπ.

Όταν σχεδιάσομε το νοητό ορθογώνιο παραλληλόγραμμο, που περιβάλλει το αντικείμενο του σχεδίου μας, είναι πιθανό να διαπιστώσομε ότι το σχέδιό μας θα γίνει είτε πολύ μικρότερο είτε πολύ μεγαλύτερο, από ό,τι επιθυμούμε. Είναι δυνατόν τότε να αλλάξομε το μέγεθος του σχεδίου, να σχεδιάσομε δηλαδή υπό κλίμακα μεγαλώνοντας ή μικραίνοντας τις πλευρές του ορθογωνίου, αλλά με την ίδια αναλογία. Θα πρέπει τότε με την ίδια πάντοτε αναλογία να μεγαλώνομε ή να μικραίνομε και όλες τις αποστάσεις, που θα μετράμε με τη βελόνα ή το μολύβι.

Το ελεύθερο σχέδιο γίνεται πολύ πιο ζωντανό και δείχνει ανάγλυφο, όταν έχει και ορισμένες σκιές. Οι σκιές είναι δύο ειδών:

α) Οι σκιές που ρίχνουν τα διάφορα αντικείμενα στο έδαφος ή το ένα πάνω στο άλλο και



Σχ. 6.1μστ.

Ελεύθερο σχέδιο κτηρίου-Βασικό σχήμα.



Σχ. 6.1μζ.

Ελεύθερο σχέδιο κτηρίου-Συμπλήρωση σχεδίου.

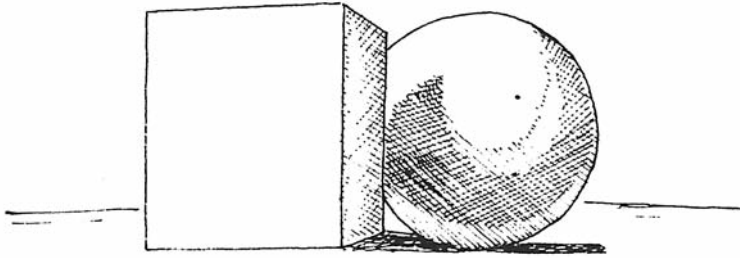
β) οι σκιές, που χαρακτηρίζουν ορισμένα τμήματα της επιφάνειας των αντικειμένων, που φωτίζονται λιγότερο από τα υπόλοιπα. Τις τελευταίες αυτές σκιές για να τις διακρίνομε τις λέμε **αυτοσκιές** και τις σχεδιάζομε λιγότερο έντονες από τις πρώτες.

Οι σκιές πρέπει να διαβαθμίζονται σε πολλούς τόνους για να δώσουν καλό αποτέλεσμα, ιδιαίτερα όταν στο σχέδιο παριστάνονται και καμπύλες επιφάνειες (σχ. 6.1μη). Ο πιο συνηθισμένος τρόπος είναι να διαγραμμίζονται τα σκιερά μέρη του σχεδίου με ελεύθερη βέβαια διαγράμμιση.

Όταν το ελεύθερο σχέδιο πρόκειται να απεικονίσει κάποιο αντικείμενο, που δεν το βλέπομε, γνωρίζομε όμως το σχήμα του και τις διαστάσεις του, πρέπει να ορίσομε μερικά βασικά σημεία του με τις μεθόδους, που θα χρησιμοποιούσαμε, αν επρόκειτο να φτιάξομε το αντίστοιχο γραμμικό σχέδιο. Έπειτα συμπληρώνομε το σχέδιο κατά προσέγγιση, λαμβάνοντας χοντρικά υπ' όψη τις διαστάσεις του αντικειμένου. Πολλές φορές είναι καλύτερα να σχεδιάσομε ολόκληρο το γραμμικό σχέδιο, π.χ. το προοπτικό του αντικειμένου, και ύστερα να το αντιγράφομε σε διαφανές χαρτί με ελεύθερο χέρι. Το ίδιο μπορούμε να πετύχομε αντιγράφοντας μια φωτογραφία.

Εκτός από τις γενικότητες αυτές δεν μπορεί να πει κανείς πολλά πράγματα για το ελεύθερο σχέδιο. Από κει και πέρα χρειάζεται πρακτική εξάσκηση και προφορική επεξήγηση. Είναι ευνόητο πως το ελεύθερο σχέδιο είναι κυρίως ζήτημα ταλέντου και μαθαίνεται πολύ πιο δύσκολα





*Σχ. 6.1μη.  
Ελεύθερο σχέδιο με σκιές.*

από το γραμμικό σχέδιο. Εξ άλλου δεν έχει αυστηρούς κανόνες, όπως το γραμμικό σχέδιο, και ο καθένας μπορεί να του δώσει τον προσωπικό του χαρακτήρα.

#### **6.1.6 Ασκήσεις στα διάφορα είδη προβολών.**

Για να γίνει αντιληπτό ολόκληρο το κεφάλαιο για τα διάφορα είδη των προβολών χρειάζεται σοβαρή άσκηση. Είναι σκόπιμο σε κάθε τάξη να δημιουργηθεί μια συλλογή απλών γεωμετρικών σχημάτων φτιαγμένων από ξύλο ή μέταλλο, για να ασκηθούν οι μαθητές στη σύνταξη των σχεδίων τους: όψεις, αξονομετρικές προβολές, προοπτικά. Τα κομμάτια αυτά μπορούν να είναι άχρηστα υπολείμματα ξυλίνων ή μεταλλικών κατασκευών. Αν δεν υπάρχουν διαθέσιμα τέτοια αντικείμενα, μπορούν να σχεδιαστούν διάφορα μικρά αντικείμενα καθημερινής χρήσεως με απλά γεωμετρικά σχήματα.

Είναι επίσης καλό να συνταχτούν παρόμοια σχέδια, αλλά υπό κλίμακα, διαφόρων μεγαλύτερων αντικειμένων, π.χ. επίπλων, που βρίσκονται μέσα στην τάξη, ή τμημάτων του κτηρίου του σχολείου. Μέρος του αντικειμένου των ασκήσεων αυτών θα είναι και η ακριβής μέτρηση των διαστάσεων, πριν αυτές μεταφερθούν στα σχέδια.

Μια άλλη ομάδα ασκήσεων αναφέρεται στη σύνταξη αξονομετρικών προβολών και προοπτικών σχεδίων διαφόρων έργων με απλά γεωμετρικά σχήματα. Στην περίπτωση αυτή θα μοιραστούν στους μαθητές τα απαραίτητα σχέδια με τις κατόψεις και τις όψεις των έργων.

Τέλος πρέπει να μοιραστούν στους μαθητές τοπογραφικά σχέδια με χωροσταθμικές καμπύλες και να τους ζητηθεί να φτιάξουν προπλάσματα του εδάφους με επάλληλες στρώσεις από χαρτόνι, ώστε να καταλάβουν την έννοια των καμπυλών αυτών και να μπορούν να αντιλαμβάνονται αμέσως το ανάγλυφο του εδάφους βλέποντας το σχέδιο.



Ειδικότερα για το ελεύθερο σχέδιο οι μαθητές πρέπει να ασκηθούν πρώτα στη σχεδίαση μερικών απλών γεωμετρικών σχημάτων, π.χ. κύβων, πολυέδρων, σφαιρών, κώνων, κυλίνδρων κλπ., που θα τοποθετούνται σε κατάλληλες θέσεις, ώστε να μπορούν όλοι να τα βλέπουν. Πρώτα θα μάθουν να σχεδιάζουν σωστά τα περιγράμματά τους και αργότερα να προσθέτουν και τις σκιές.

Στα επόμενα μαθήματα πρέπει να μάθουν να σχεδιάζουν τα έπιπλα της τάξεως και έπειτα να βγαίνουν στο ύπαιθρο και να σχεδιάζουν κτήρια ή κομμάτια κτηρίων μαζί με το φυσικό τους περιβάλλον.

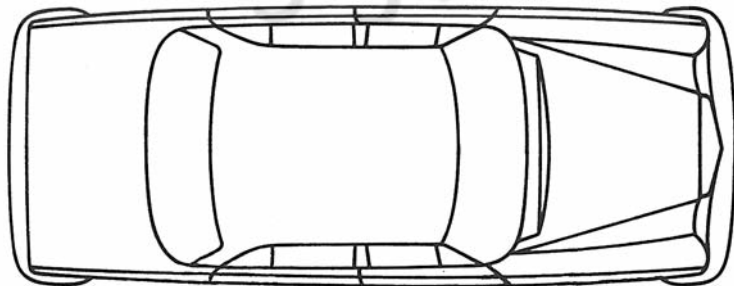
## 6.2 Συστήματα ορθών προβολών.

### 6.2.1 Τι σημαίνει ορθή προβολή και τομή.

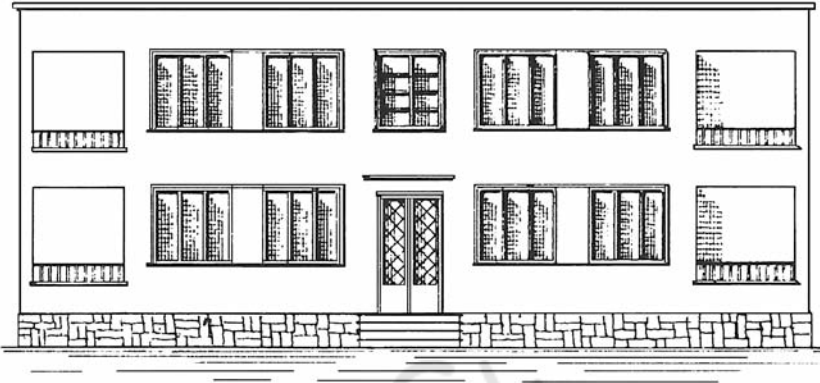
Οι ορθές προβολές των τεχνικών έργων χωρίζονται σε δύο μεγάλες ομάδες: τις *όψεις* και τις *τομές*.

*Όψη* λέμε κάθε ορθή προβολή ολόκληρου του έργου. Ιδιαίτερα ονομάζεται *κάτοψη* η όψη που παρουσιάζει το έργο όπως το βλέπουμε από επάνω (σχ 6.2α) και *άνοψη* αυτή που το παρουσιάζει όπως το βλέπουμε από κάτω. Αν στο έργο κάποια πλευρά του μπορεί να χαρακτηριστεί μπροστινή, τότε η όψη που την παρουσιάζει λέγεται *πρόοψη* ή *πρόσοψη* (σχ. 6.2β), ενώ οι άλλες ονομάζονται *πλάγιες όψεις* και *πίσω όψη*.

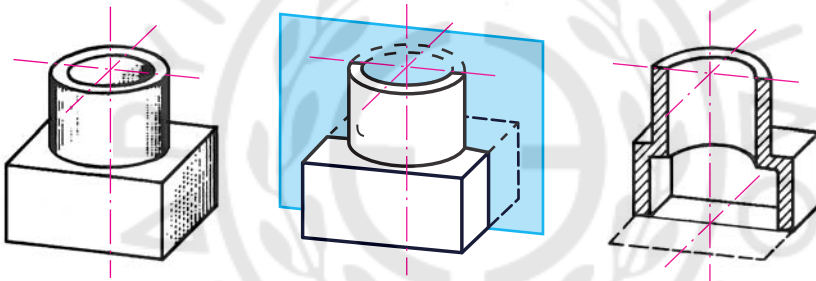
Όταν πρόκειται να σχεδιάσουμε μια τομή, θεωρούμε ότι το αντικείμενο είναι κομμένο σε δύο κομμάτια, συνήθως με ένα επίπεδο (σχ. 6.2γ) και σπανιότερα με μια τεθλασμένη (σχ. 6.2δ) ή καμπύλη επιφάνεια. Η όψη του ενός από τα δύο κομμάτια, στην οποία φαίνεται η κομμένη μεριά του αρχικού αντικειμένου, λέγεται *τομή* (σχ. 6.2ε και 6.2στ).



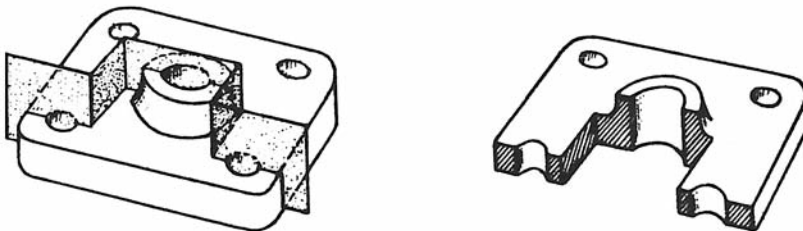
Σχ. 6.2α.  
Κάτοψη.



Σχ. 6.2β.  
Πρόσψη.

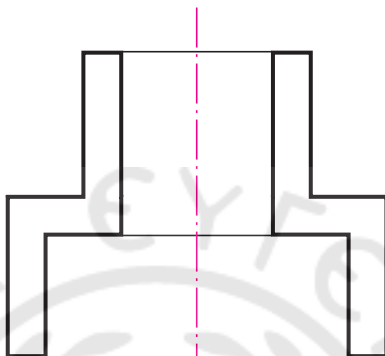


Σχ. 6.2γ.  
Τομή αντικειμένου με ένα επίπεδο.



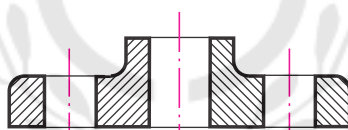
Σχ. 6.2δ.  
Τομή αντικειμένου με τεθλασμένη επιφάνεια.

Όταν το επίπεδο, που κόβει το αντικείμενο, είναι οριζόντιο ή κατακόρυφο, η αντίστοιχη τομή ονομάζεται *οριζόντια* ή *κατακόρυφη* τομή. Αν το αντικείμενο έχει μήκος σημαντικά μεγαλύτερο από τις άλλες διαστάσεις του, η τομή μπορεί να ονομαστεί κατά μήκος, διαμήκης ή

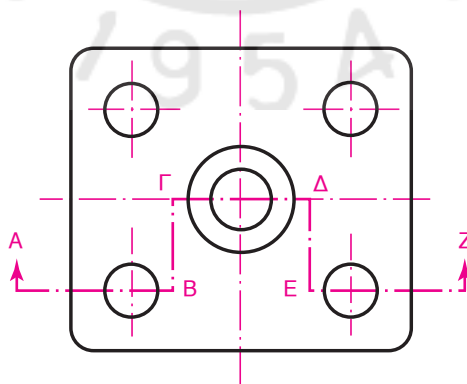


Σχ. 6.2ε.

Σχεδίαση τομής του σχήματος 6.2γ.

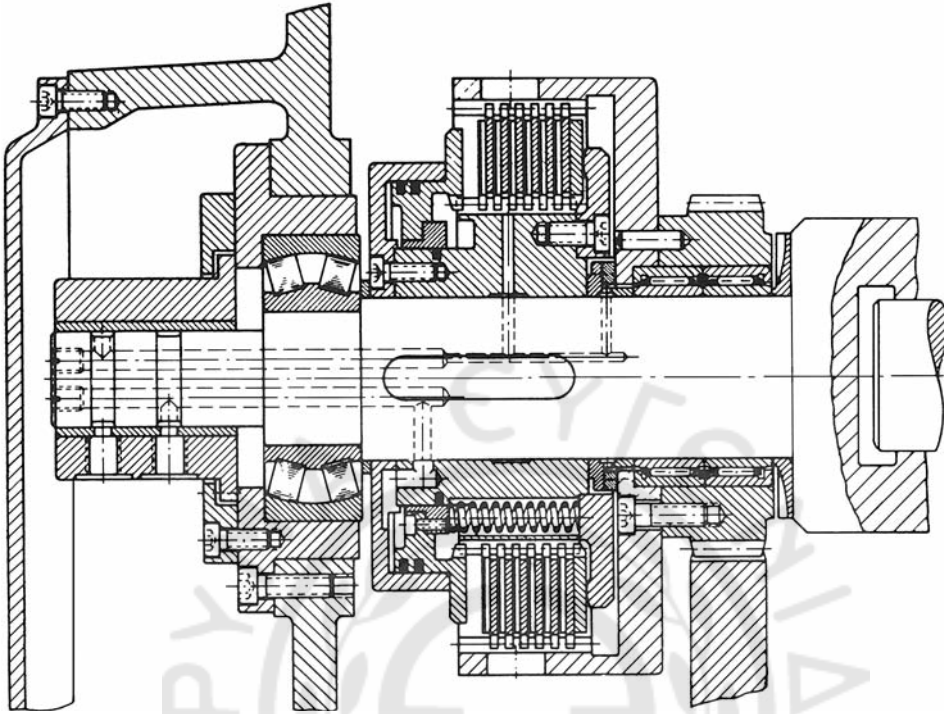


Τομή Α-Β-Γ-Δ-Ε-Ζ



Σχ. 6.2στ.

Σχεδίαση τομής του σχήματος 6.2δ.



Σχ. 6.2ξ.  
Κατά μήκος τομή.

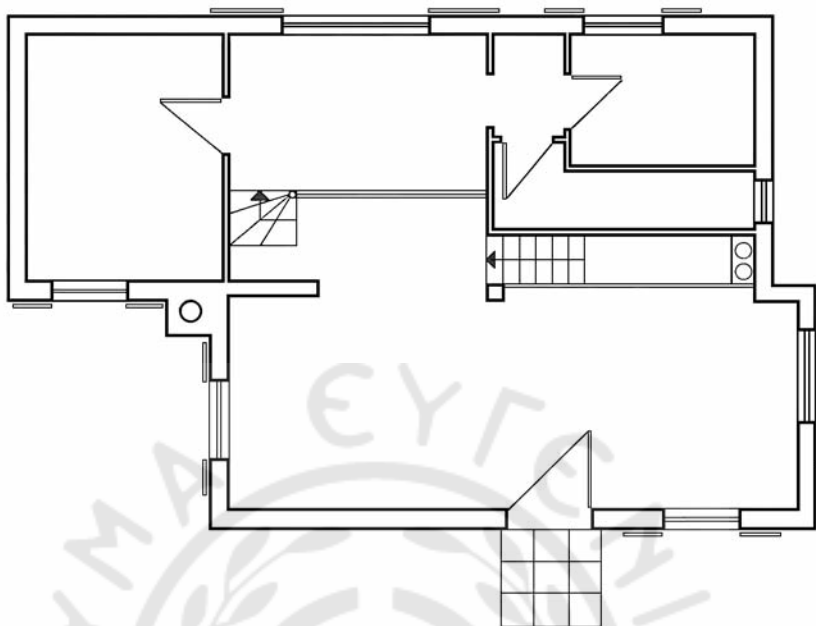
μηκοτομή (σχ. 6.2ξ), όταν το επίπεδο, που τέμνει το αντικείμενο, είναι παράλληλο προς τη μεγάλη του διάσταση, και **κατά πλάτος, εγκάρσια ή διατομή**, όταν το επίπεδο της τομής είναι κάθετο προς τη μεγάλη διάσταση του αντικειμένου.

Ιδιαίτερα για τα κτήρια έχει καθιερωθεί να ονομάζονται κατόψεις οι οριζόντιες τομές τους και να χαρακτηρίζονται με τον αριθμό του ορόφου, από όπου περνά το επίπεδο της τομής (σχ. 6.2η).

### 6.2.2 Πρακτικές οδηγίες για την παρουσίαση αντικειμένου με ορθές προβολές.

Για το σωστό τρόπο, με τον οποίο πρέπει γενικότερα να παρουσιάσουμε στο σχέδιο ένα αντικείμενο, θα δοθούν στην παράγραφο αυτή οδηγίες και κατευθύνσεις, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι εξαντλήθηκε το θέμα, ιδιαίτερα όταν πρόκειται για σύνθετα αντικείμενα.

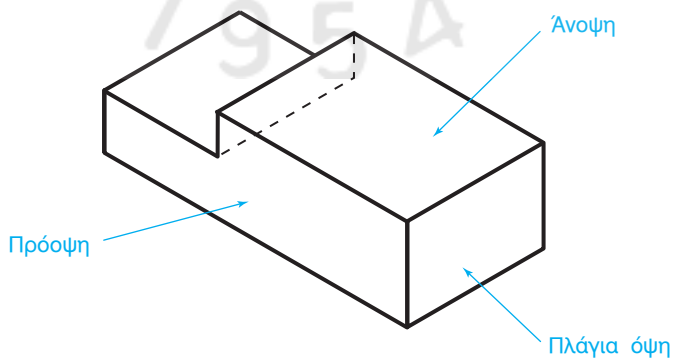
Ας προσπαθήσουμε να παρουσιάσουμε πρώτα ένα απλό αντικείμενο σε



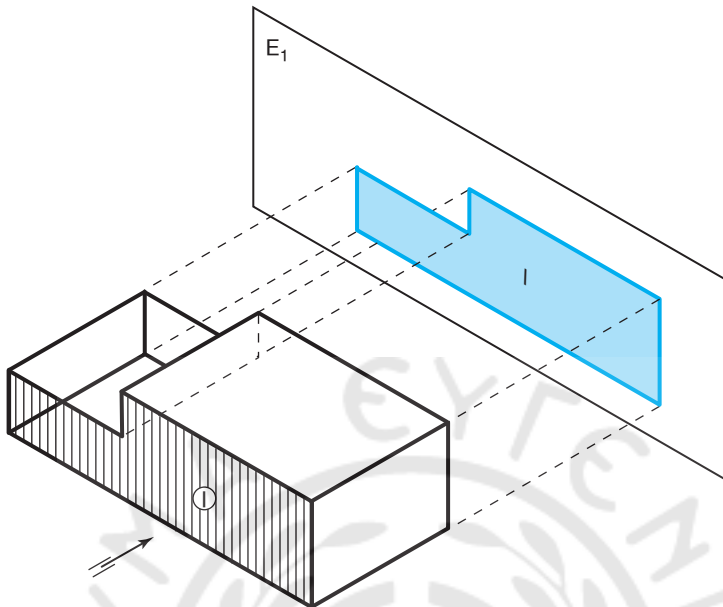
Σχ. 6.2η.  
Κάτοψη οικοδομικού έργου.

ορθές προβολές κατά το ευρωπαϊκό σύστημα προβολών, π.χ. το αντικείμενο που δείχνει το σχήμα 6.2θ.

Διαλέγουμε τα επίπεδα προβολής, ώστε να είναι παράλληλα προς κάθε



Σχ. 6.2θ.  
Τακάκι σε αξονομετρική προβολή.



Σχ. 6.2ι.  
Η πρόοψη.



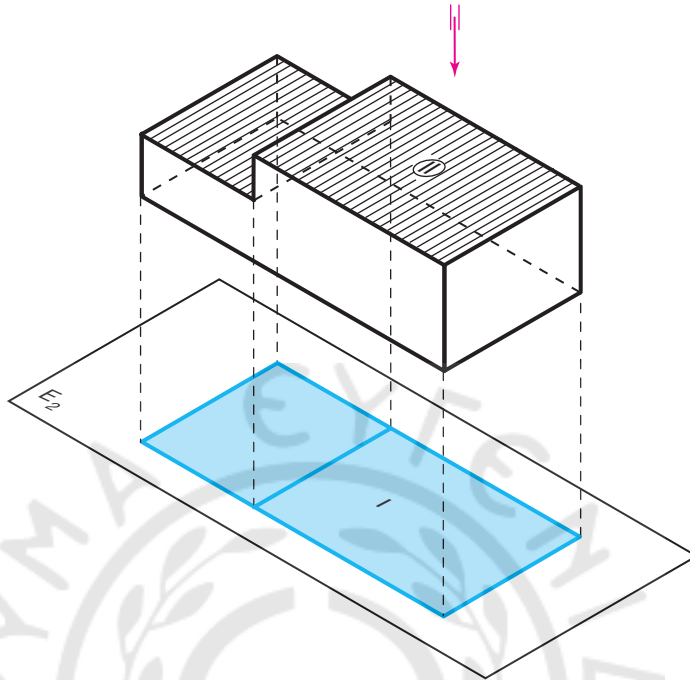
Σχ. 6.2ια.  
Πρόοψη στην ορθή προβολή.

μια από τις 6 εξωτερικές επιφάνειες του αντικειμένου μας, το οποίο έχει ορθογωνική πρισματική μορφή.

Για να σχεδιάσουμε την πρόοψη, προβάλλουμε με ορθή προβολή την όψη που βλέπουμε στο προβολικό επίπεδο, το οποίο φανταζόμαστε τοποθετημένο πίσω από την όψη που μελετάμε, και παράλληλο προς αυτήν, όπως δείχνει το σχήμα 6.2ι.

Στην πραγματικότητα η όψη αυτή σε ορθή προβολή θα φανεί ως εξής, με τις σωστές γωνίες της (ορθές) και τα γνωστά μήκη (σχ.6.2ια).

Για την κάτοψη θα κάνουμε το ίδιο όπως και για την πρόοψη, όπως



Σχ. 6.2ιβ.  
Η κάτοψη.



Σχ. 6.2ιγ.  
Κάτοψη στην ορθή προβολή.

δείχνει το αξονομετρικό του σχήματος 6.2ιβ.

Και η αληθινή κάτοψη σε ορθή προβολή θα πρέπει να είναι (σχ. 6.2ιγ):

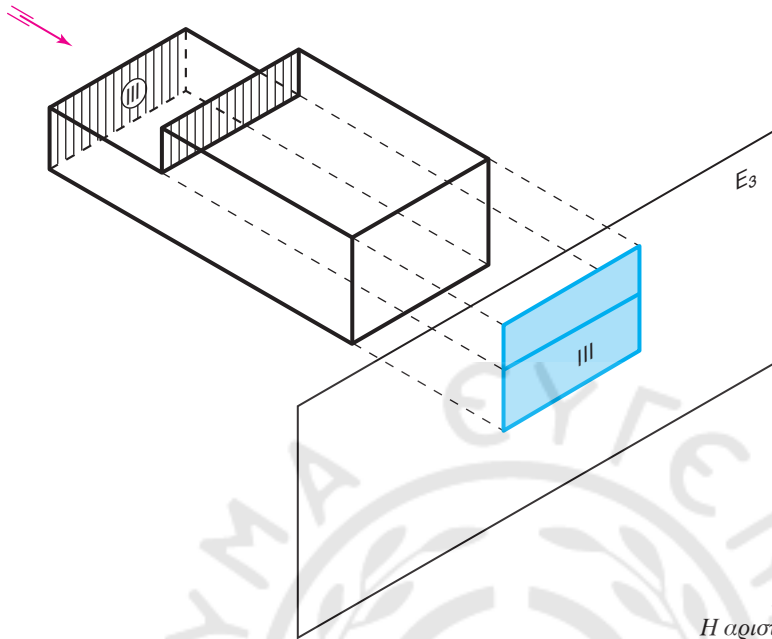
Με ανάλογο τρόπο μπορούμε να έχουμε και τις 6 όψεις του αντικειμένου ως εξής (σχ. 6.2ιδ):

Και η αληθινή προβολή της όψεως αυτής θα είναι όπως την δείχνει το σχήμα 6.2ιε.

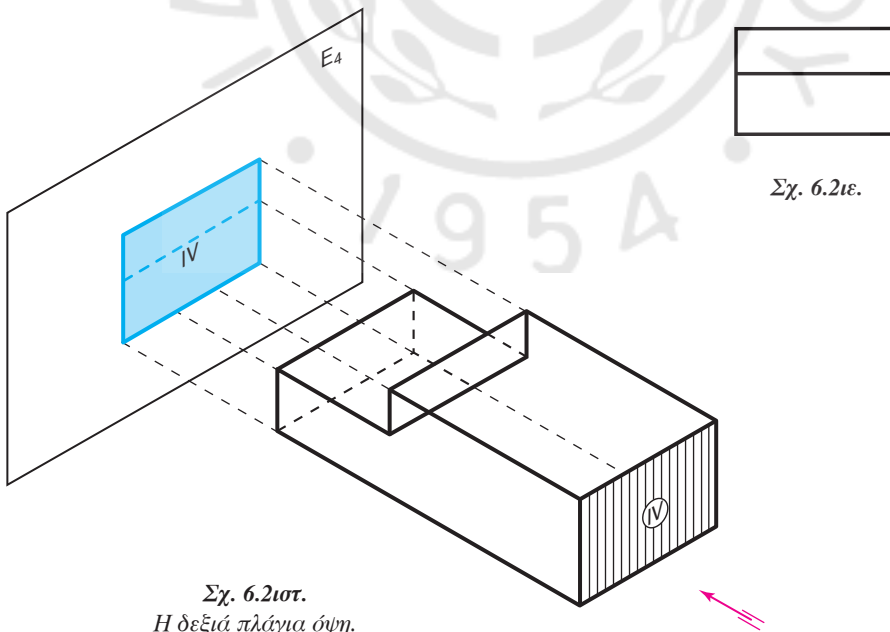
Η δεξιά πλάγια όψη θα είναι (σχ. 6.2ιστ):

Και η αληθινή ορθή προβολή της δεξιάς πλάγιας όψεως θα είναι (σχ.





Σχ. 6.2ιδ.  
Η αριστερή πλάγια όψη.



Σχ. 6.2ιε.

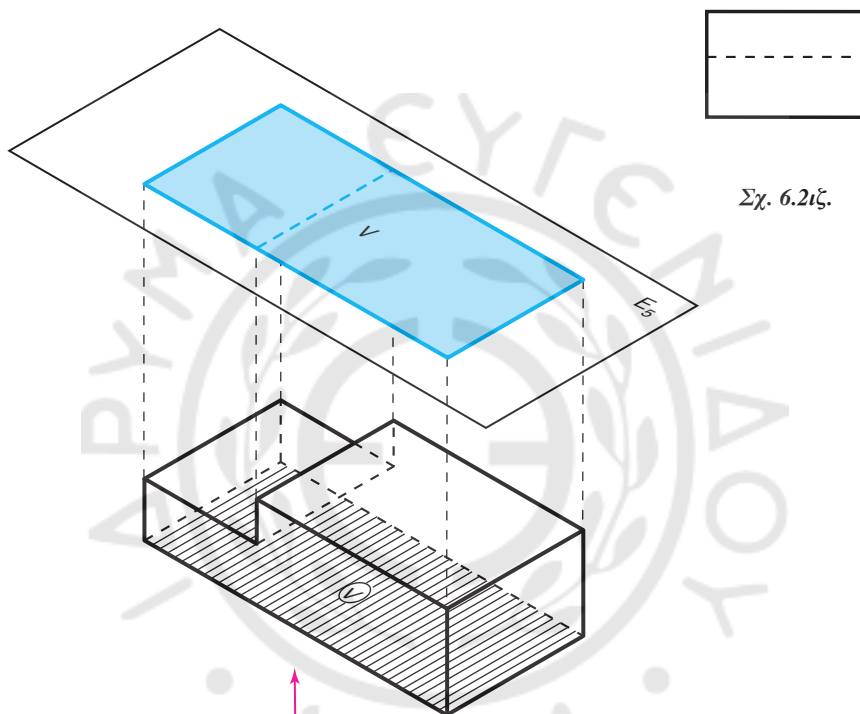
Σχ. 6.2ιστ.  
Η δεξιά πλάγια όψη.

6.2ιζ):

Η άνοψη θα προκύψει από την προβολή που δείχνει το αξονομετρικό σχέδιο του σχήματος 6.2ιη.

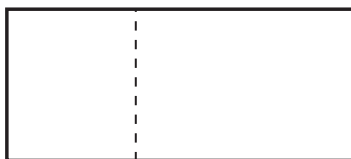
Και η ορθή προβολή της ανόψεως θα είναι όπως δείχνεται στο σχήμα 6.2ιθ.

Και η πίσω όψη προκύπτει από το σχήμα 6.2κ.



Σχ. 6.2ιζ.

Σχ. 6.2ιη.  
Άνοψη.

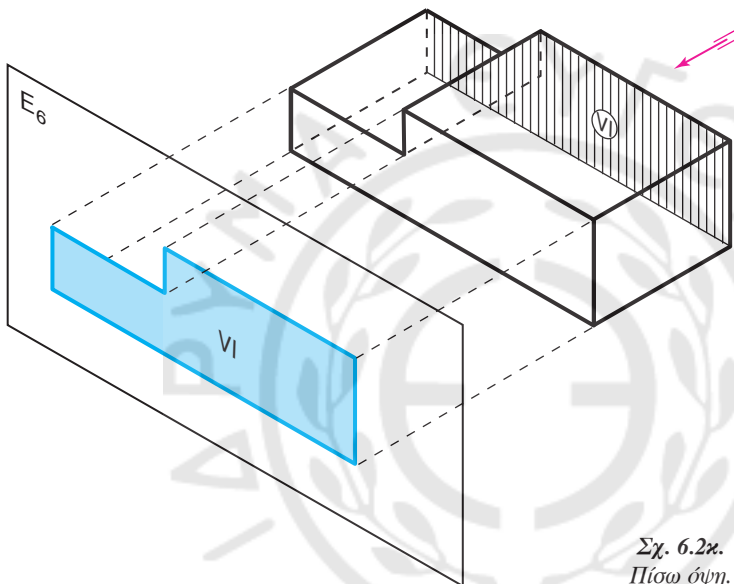


Σχ. 6.2ιθ.  
Ορθή προβολή ανόψεως.

Και η ορθή προβολή της πίσω όψεως θα είναι (σχ. 6.2κα):

Όπως προκύπτει από τη σύγκριση των 6 ορθών προβολών των όψεων, που σχεδιάσαμε παραπάνω, ανά δύο είναι σχεδόν ίδιες, πάντως με πολύ μικρές διαφορές, που δεν μας προσθέτουν πολλά νέα στοιχεία, για να καταλάβουμε πώς πρέπει να είναι το αντικείμενο. Γι' αυτό, από τις 6 όψεις μπορούμε να εγκαταλείψουμε, να αγνοήσουμε, τις 3, και να παραστήσουμε χωρίς αμφιβολία το αντικείμενο μόνο με τις άλλες 3.

Το αντικείμενο αυτό επομένως αρκεί να το παρουσιάσουμε με τις 3 όψεις



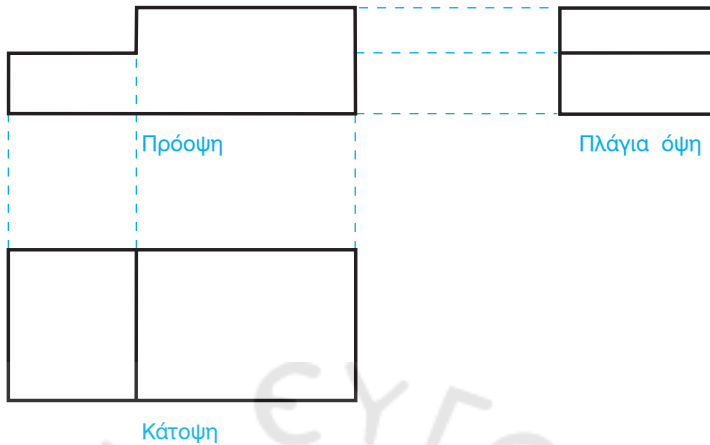
Σχ. 6.2κ.  
Πίσω όψη.



Σχ. 6.2κα.  
Ορθή προβολή πίσω όψεως.

του, πρόοψη, κάτοψη και πλάγια όψη, ως εξής (σχ. 6.2κβ):

Έχουμε περιωτρέψει δηλαδή, το οριζόντιο επίπεδο της κατόψεως περί την ακμή που τέμνεται με το επίπεδο της προόψεως, καθώς και το κατακόρυφο επίπεδο της πλάγιας όψεως περί την ακμή που τέμνεται με το επίπεδο της προόψεως, ώστε να συμπέσουν με το επίπεδο της προόψεως. Την εργασία αυτή την ονομάζουμε κατάκλιση των δύο προβολικών



Σχ. 6.2κβ.

3 προβολές είναι αρκετές αντί για 6.

επιπέδων στο επίπεδο της προόψεως.

Εδώ πρέπει να προσέξουμε, επειδή υπάρχουν δύο συστήματα παρουσιάσεως ενός αντικείμενου με ορθές προβολές: Το **ευρωπαϊκό σύστημα προβολής** και το **αμερικανικό σύστημα**.

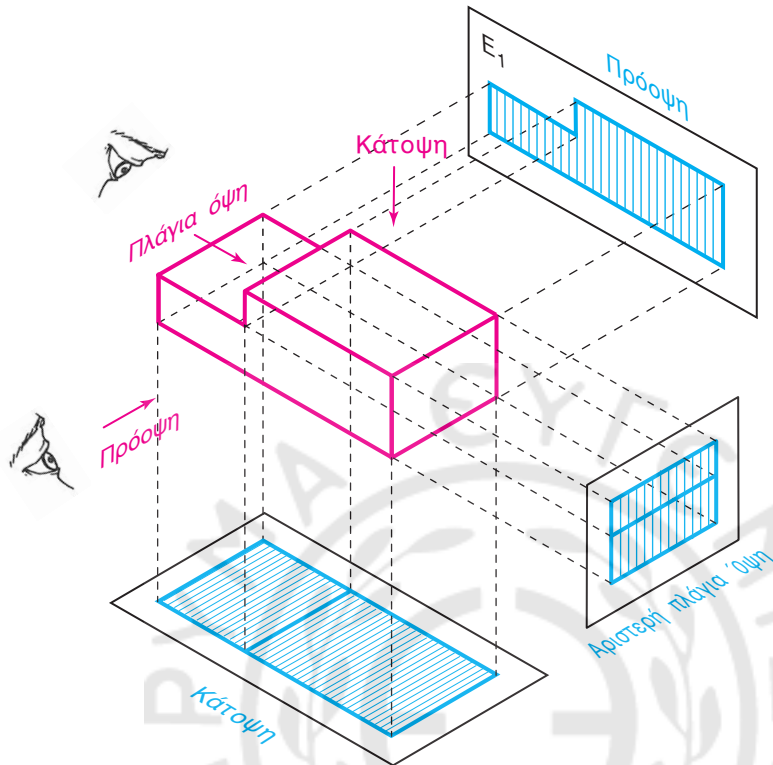
Στην Ελλάδα χρησιμοποιούμε κατά κανόνα το ευρωπαϊκό σύστημα. Για να γίνει κατανοητή η διαφορά ανάμεσα στα δύο συστήματα, παρουσιάζουμε το ίδιο αντικείμενο σε αξονομετρική προβολή (σχ. 6.2κγ) και σε ορθές προβολές (σχ. 6.2κδ), με τις όψεις του (πρόοψη, κάτοψη και πλάγια όψη) πρώτα κατά το ευρωπαϊκό σύστημα ως εξής:

Και έπειτα κατά το αμερικανικό σύστημα ως εξής (σχ. 6.2κε):

Και οι ορθές προβολές κατά το αμερικανικό σύστημα θα είναι σύμφωνα με το σχήμα 6.2κστ.

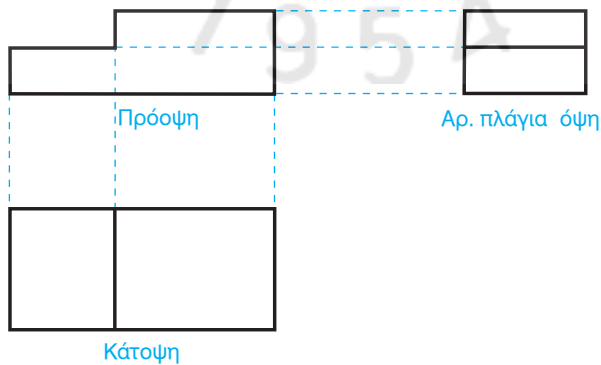
Η διαφορά δηλαδή έγκειται στο ότι στο **ευρωπαϊκό σύστημα** προβάλλουμε την όψη που βλέπουμε κάθε φορά σε προβολικό επίπεδο, **που είναι από πίσω της**, ενώ στο **αμερικανικό σύστημα** η προβολή της κάθε όψεως γίνεται σε προβολικό επίπεδο, που βρίσκεται **ανάμεσά μας και στην όψη**.

Η διαφορά στα δύο συστήματα φαίνεται ακόμα πιο καθαρά, αν θελήσουμε να παραστήσουμε ένα μηχανολογικό κομμάτι και με τα δύο συστήματα δίπλα-δίπλα. Π.χ. το κομμάτι που παρουσιάζεται σε αξονομετρική προβολή, όπως δείχνει το σχήμα 6.2κζ, θα σχεδιασθεί σύμφωνα με το ευρωπαϊκό σύστημα, όπως δείχνει το σχήμα 6.2κη και σύμφωνα με το αμερικανικό όπως φαίνεται στο σχήμα 6.2κθ.



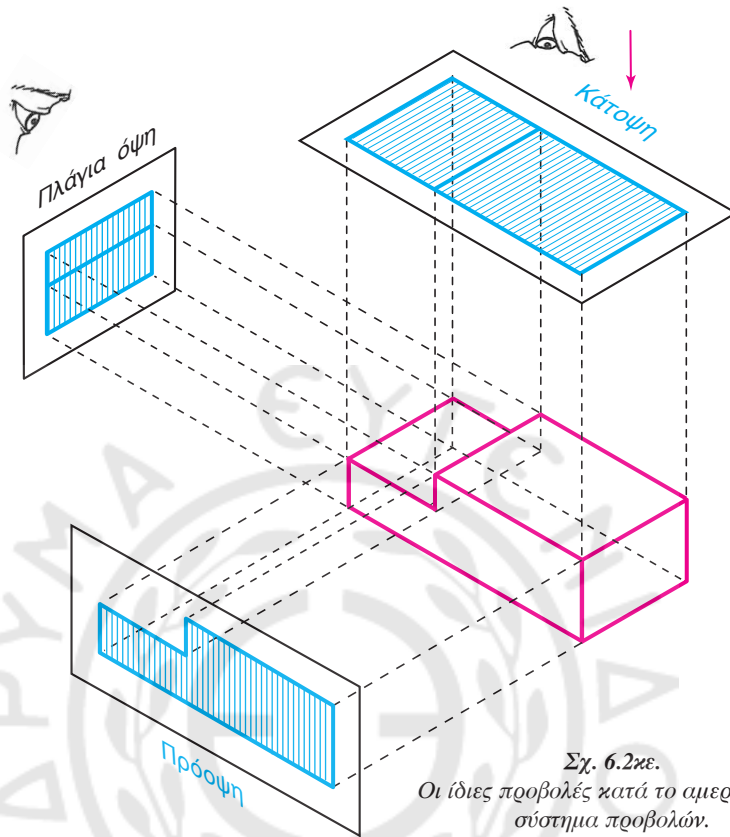
Σχ.6.2κγ.

Οι προβολές του αξονομετρικού αντλού σχεδίου κατά το ευρωπαϊκό σύστημα προβολών παρουσιάζονται όπως δείχνεται στο σχήμα 3.2ιστ.

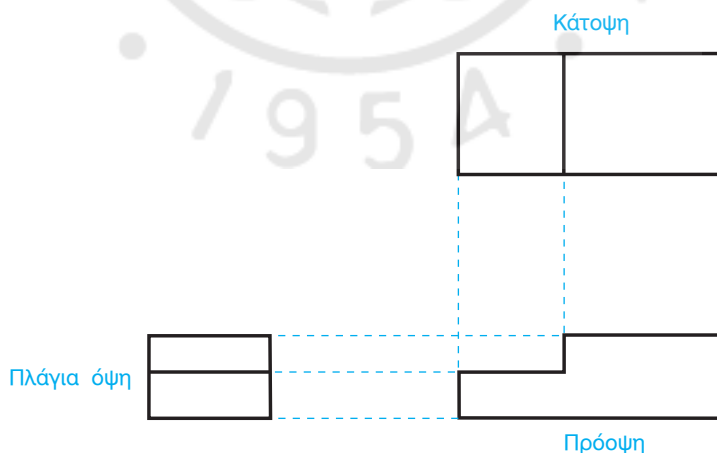


Σχ. 6.2κδ.

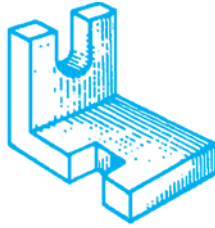
Ο τρόπος που θα απεικονισθούν οι ορθές προβολές στο ευρωπαϊκό σύστημα.



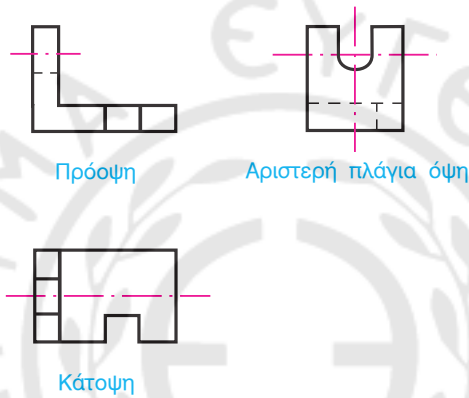
Σχ. 6.2κε.  
Οι ίδιες προβολές κατά το αμερικανικό σύστημα προβολών.



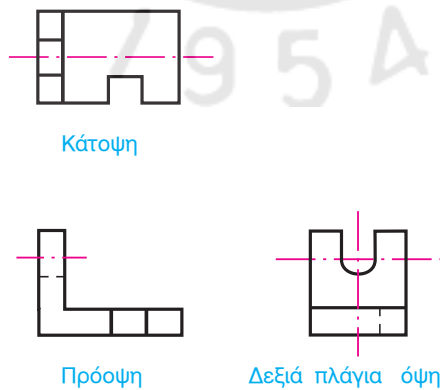
Σχ. 6.2κστ.  
Η πρόοψη, η κάτοψη και η πλάγια όψη σύμφωνα με το αμερικανικό σύστημα.



Σχ. 6.2κζ.  
Εξάφρημα μηχανής σε αξονομετρική προβολή.



Σχ. 6.2κη.  
Το εξάφρημα του σχήματος 6.2κζ σε ευρωπαϊκό σύστημα προβολών.

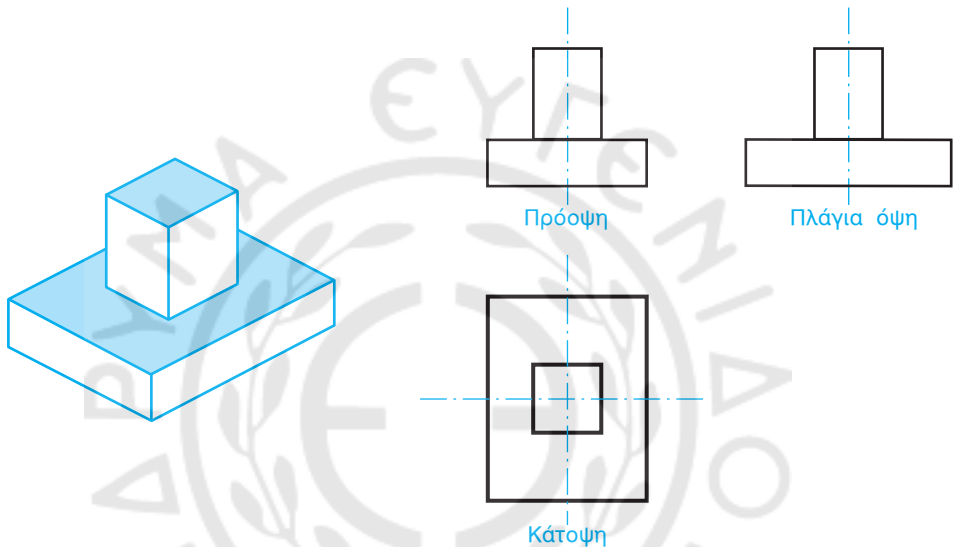


Σχ. 6.2κθ.  
Το εξάφρημα του σχήματος 6.2κζ σε αμερικανικό σύστημα προβολών.

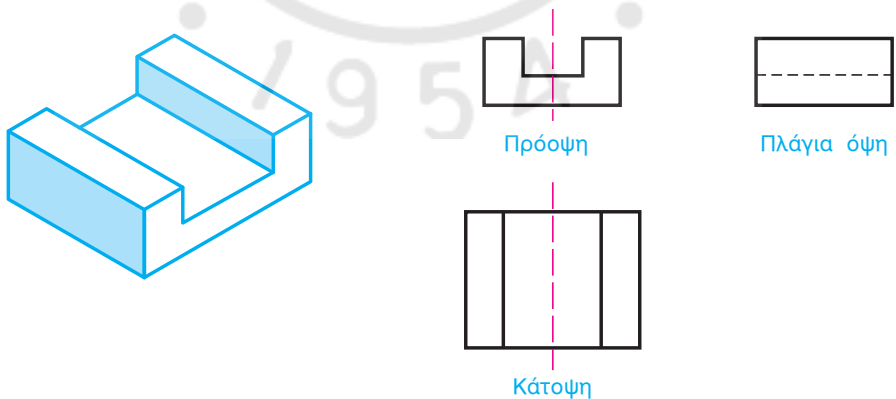


### 6.2.3 Παραδείγματα σχεδιάσεως ορθών προβολών μηχανολογικών αντικειμένων.

Στην παράγραφο αυτή παρουσιάζεται μια σειρά απλών αντικειμένων σε ορθές προβολές επάνω σε τρία επίπεδα προβολής (σχ. 6.2λ, 6.2λα, 6.2λβ, 6.2λγ, 6.2λδ, 6.2λε, 6.2λστ, 6.2λζ, 6.2λη, 6.2λθ, 6.2μ, 6.2μα, 6.2μβ και 6.2μγ), σύμφωνα με το ευρωπαϊκό σύστημα προβολών, που συνηθίζεται στον τόπο μας.

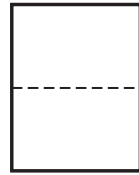
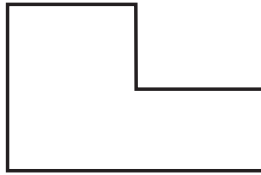
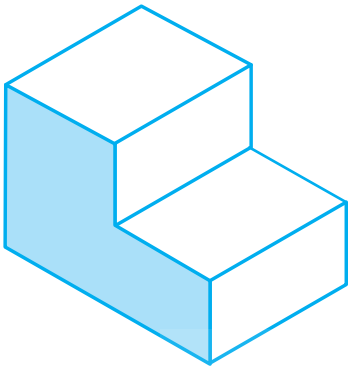


Σχ. 6.2λ.



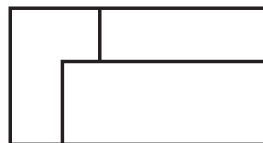
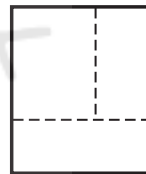
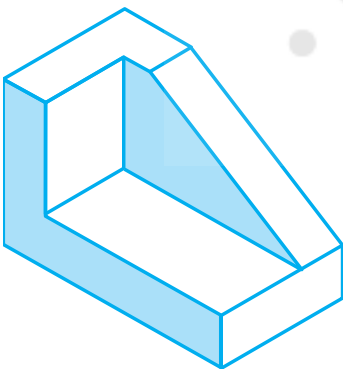
Σχ. 6.2λα.

Χυτοσιδερένιος οδηγός σε αξονομετρική προβολή και στις ορθές προβολές του σε 3 προβολικά επίπεδα.



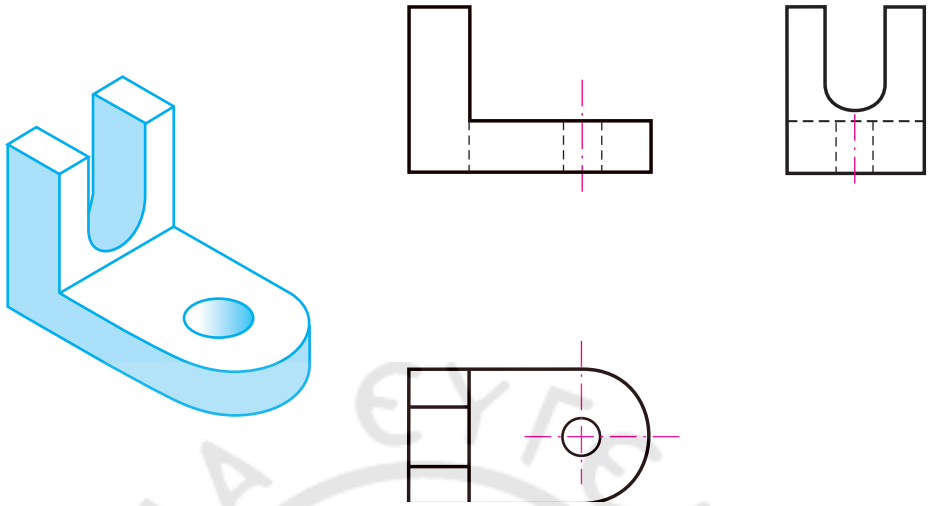
Σχ. 6.2λβ.

Τακάκι σε αξονομετρική προβολή σε 3 ορθές προβολές.

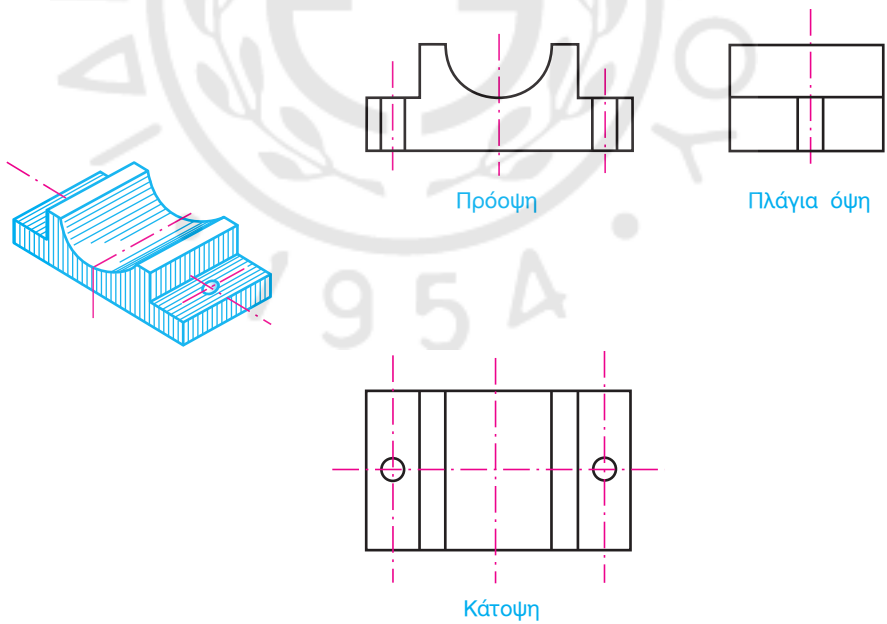


Σχ. 6.2λγ.

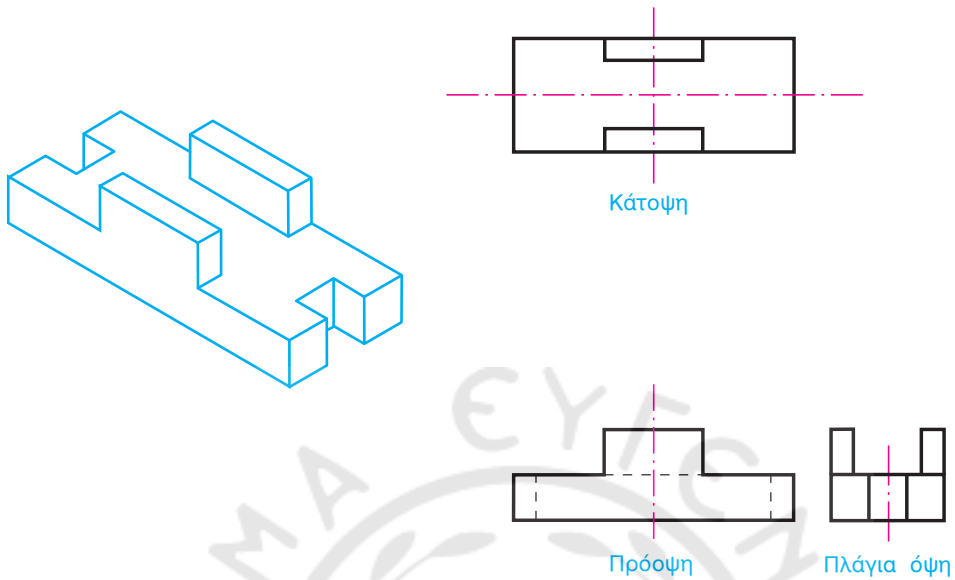
Μεταλλικό εξάρτημα σε αξονομετρική προβολή και σε 3 ορθές προβολές.



Σχ. 6.2λδ.  
Εξάρτημα μηχανής σε αξονομετρική προβολή και σε 3 ορθές προβολές.

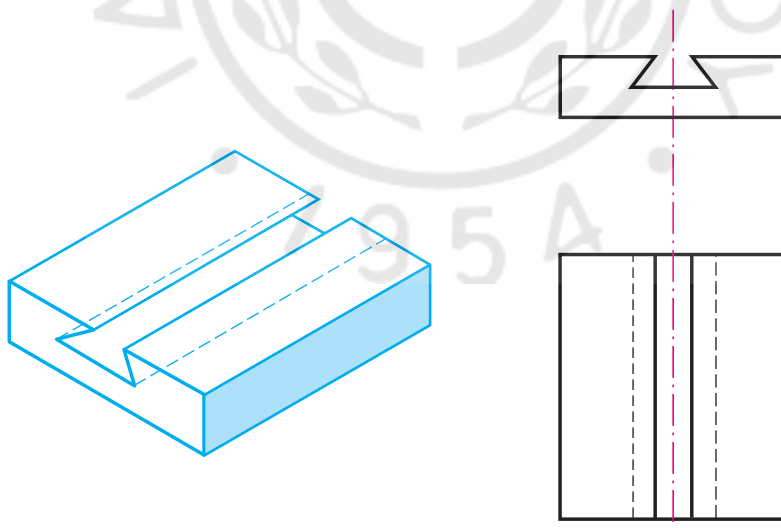


Σχ. 6.2λε.  
Κουξινόττο άξονα σε αξονομετρική προβολή και στις 3 ορθές προβολές του.



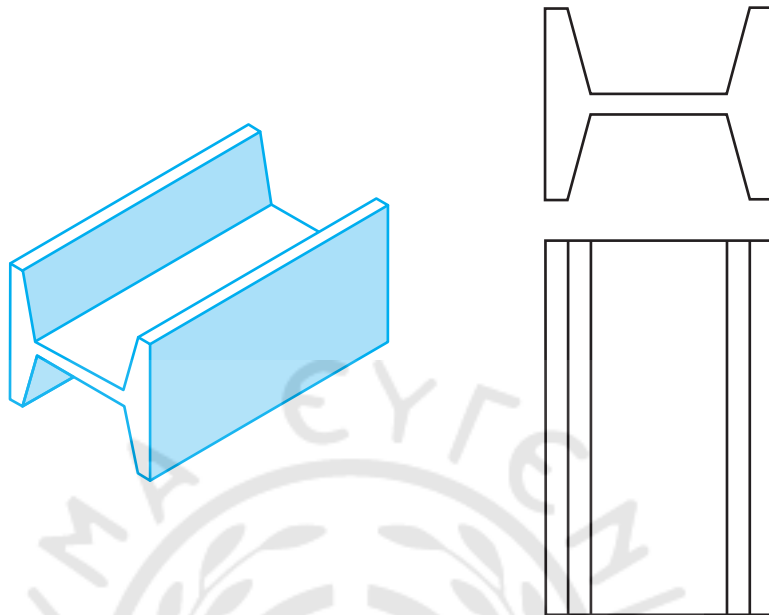
Σχ. 6.2λστ.

Εξάρτημα μηχανής σε αξονομετρική προβολή και στις 3 ορθές προβολές του.



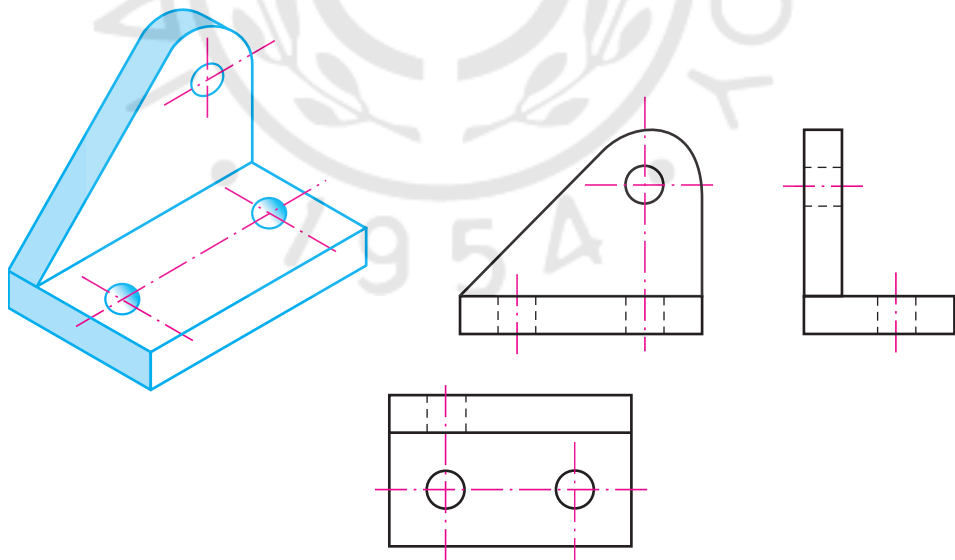
Σχ. 6.2λζ.

Μεταλλική γλίστρα σε αξονομετρική προβολή και σε 2 ορθές προβολές, που είναι αρκετές για την παρουσίαση του αντικειμένου.



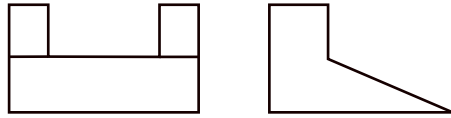
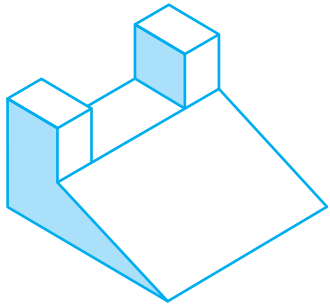
Σχ. 6.2λη.

Διπλό ταν σε αξονομετρική προβολή και σε δύο ορθές προβολές που αρκούν για την απεικόνισή του.



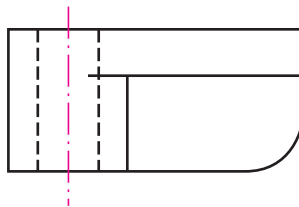
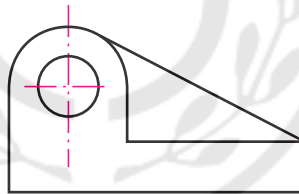
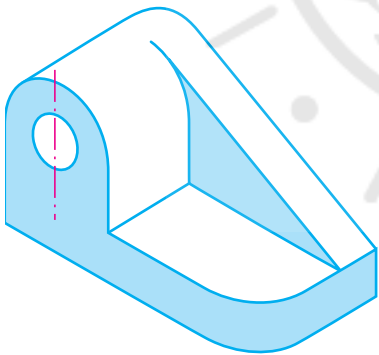
Σχ. 6.2λθ.

Εξάρτημα μηχανής σε αξονομετρική προβολή και στις 3 ορθές προβολές του.



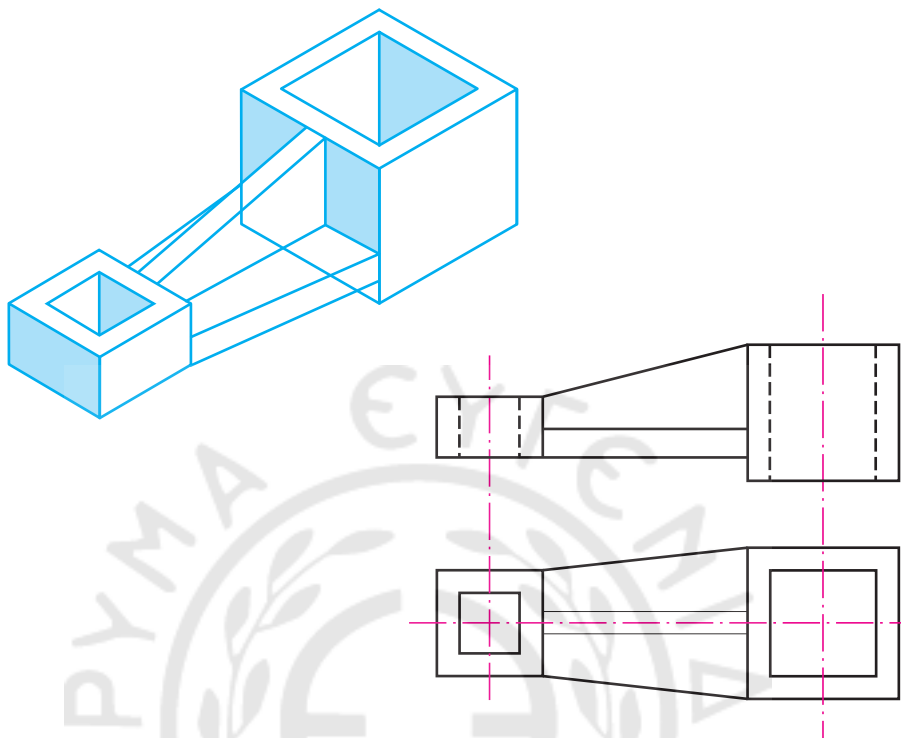
Σχ. 6.2μ.

Εξάστημα σε αξονομετρική προβολή και στις 3 ορθές προβολές του.



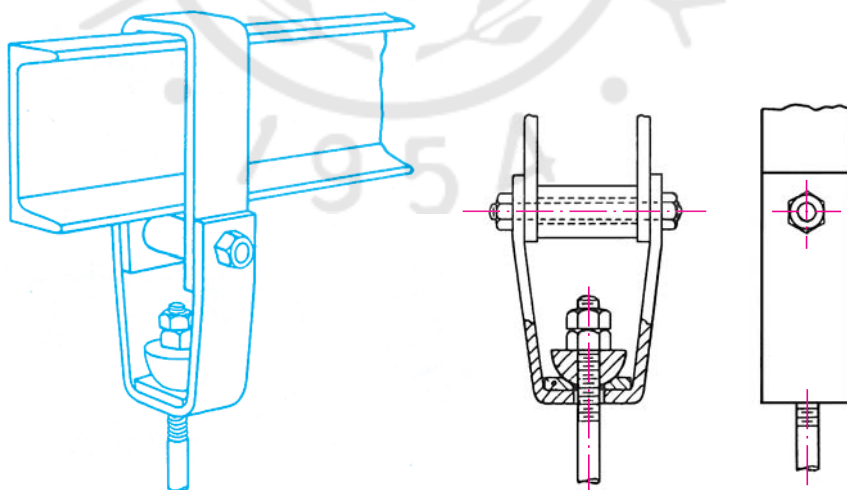
Σχ. 6.2μα.

Κουζινέττο σε αξονομετρική προβολή και στις 3 ορθές προβολές του.



Σχ. 6.2μβ.

Εξάρτημα σε αξονομετρική προβολή και στις 2 μόνο ορθές προβολές, που είναι αρκετές να το απεικονίσουν.



Σχ. 6.2μγ.

Σύστημα αναρτήσεως βαρών.

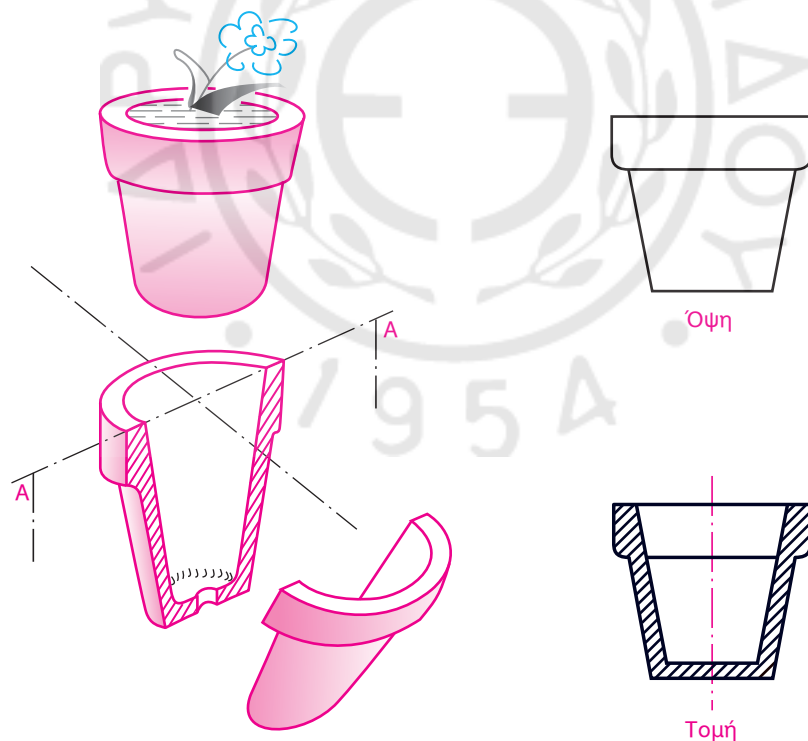


## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΒΔΟΜΟ

### ΤΟΜΕΣ

#### 7.1 Γενικά.

Έχει λεχθεί ήδη στα προηγούμενα, ότι πολλές φορές δεν είναι αρκετές οι όψεις, για να απεικονίσουμε ένα αντικείμενο με κάθε ακρίβεια, ώστε να μπορέσουμε να το αναπαράγουμε χωρίς ερωτηματικά.



Σχ. 7.1α.

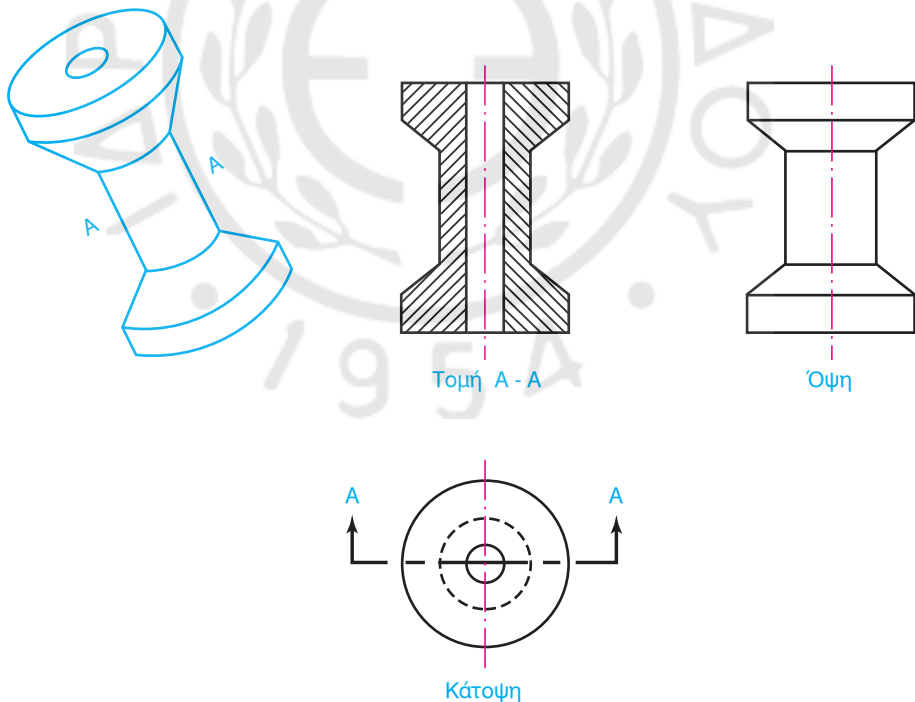
Γλάστρα σε αξονική προβολή ολόκληρη και κομμένη, σε όψη και τομή.

Τέτοιες περιπτώσεις γενικά, είναι οι περιπτώσεις αντικειμένων, που δεν είναι συμπαγή από ένα οποιοδήποτε υλικό, αλλά που μπορεί να παρουσιάζουν κοιλότητες ή άλλες εσωτερικές ιδιορρυθμίες.

Γνωρίζουμε ήδη ότι κατά τη σχεδίαση των κανονικών όψεων οι γραμμές, που δεν φαίνονται στο μάτι του μελετητή, προβάλλονται με διακεκομμένες γραμμές. Θα μπορούσαμε να κάνουμε το ίδιο και για τις εσωτερικές γραμμές, ευθείες ή καμπύλες. Αλλά το σχέδιο θα κινδύνευε τότε να φανεί πολύ περίπλοκο και ίσως να μην ήταν εύκολα κατανοητό.

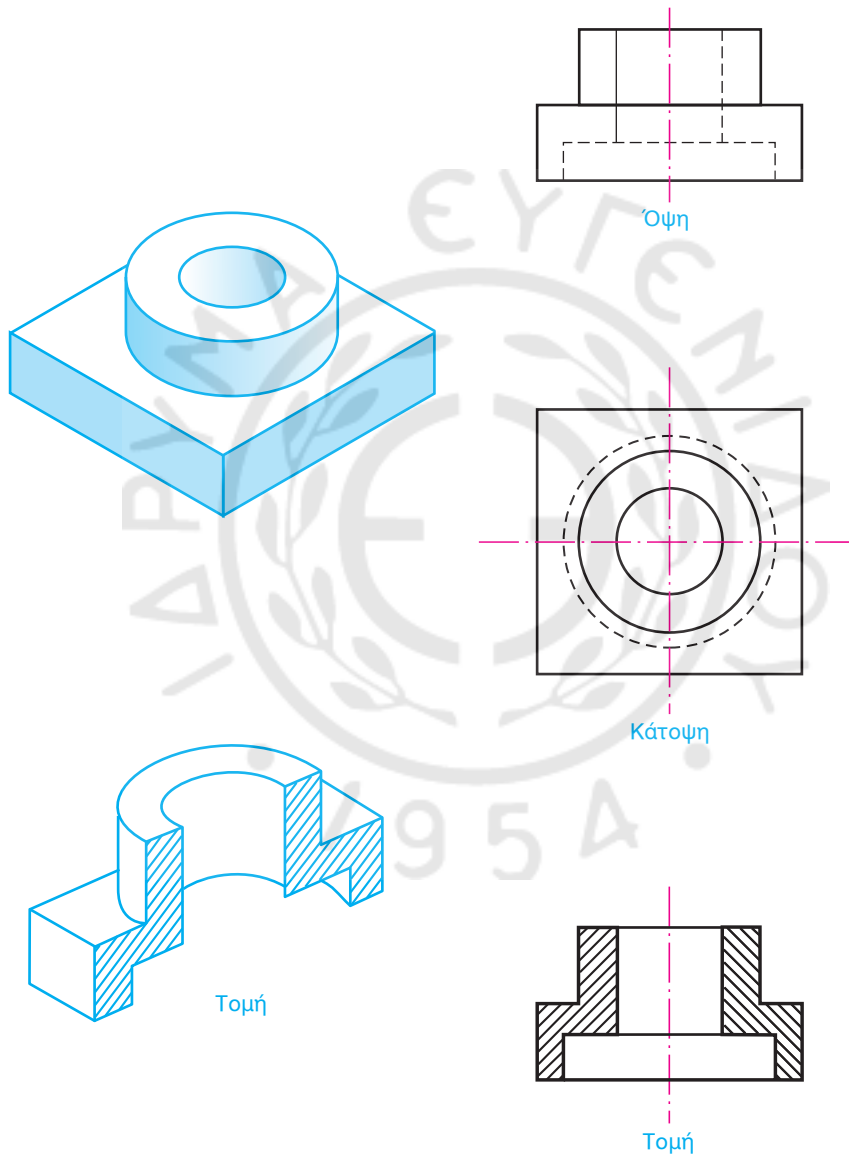
Για καλύτερη παρουσίαση του αντικειμένου εφαρμόσαμε τη μέθοδο των τομών. Δηλαδή φανταζόμαστε ότι κόβουμε το αντικείμενο με κάποιο κατάλληλο επίπεδο AA, που περνά από τη θέση, της οποίας θέλουμε να παραστήσουμε το εσωτερικό. Την επιφάνεια που προκύπτει από το κόψιμο την ονομάζουμε τομή στο ιδεατό (φανταστικό) επίπεδο A-A. Τις επιφάνειες των τομών τις δείχνουμε στο σχέδιο διαγραμμισμένες (σχ. 7.1α).

Άλλη περίπτωση τομής δείχνουν τα παρακάτω σχήματα, που απεικονίζουν μια κουβαρίστρα (σχ. 7.1β), εξαρτήματα (σχ. 7.1γ και 7.1δ) και μια τροχαλία (σχ.7.1ε).



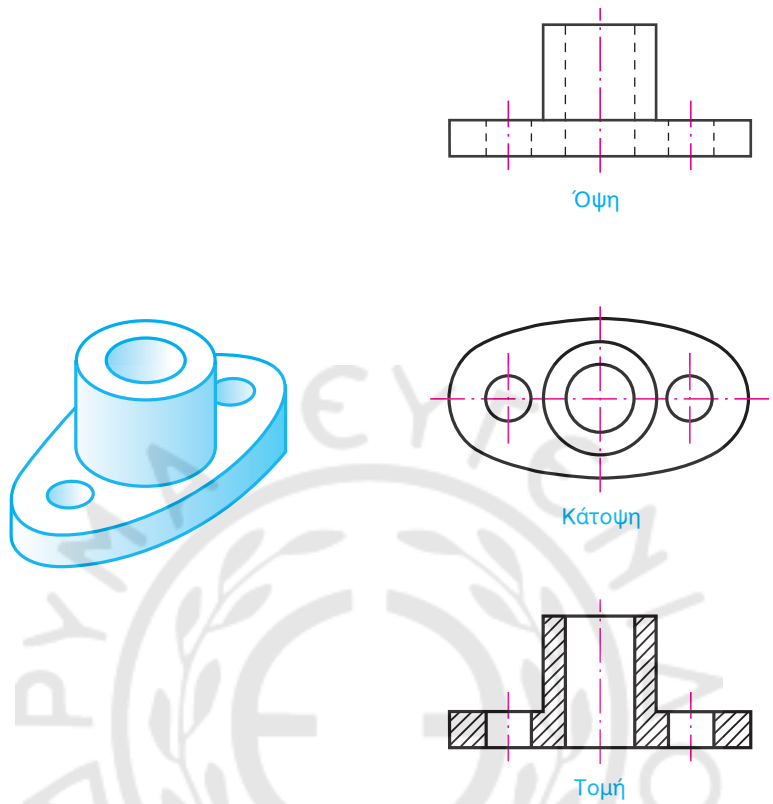
Σχ. 7.1β.

Κουβαρίστρα σε αξονική προβολή, όψη, κάτοψη και τομή.



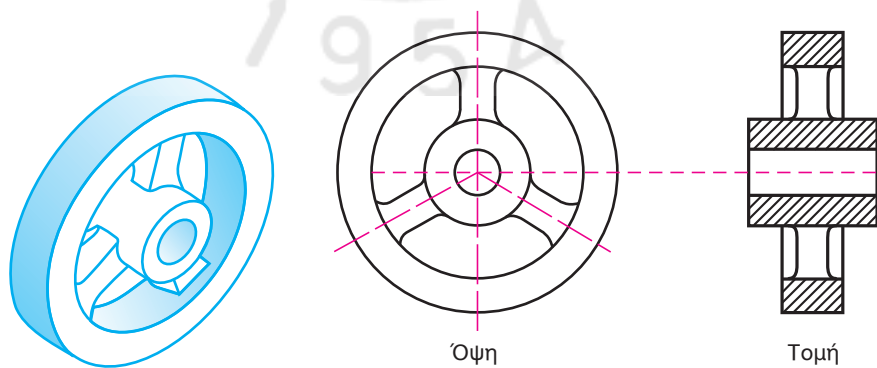
Σχ. 7.1γ.

Εξάρτημα μηχανής σε αξονομετρική προβολή και τομή και σε ορθές προβολές και τομή.



Σχ. 7.1δ.

Εξάρτημα μηχανής σε αξονομετρική προβολή, όψεις και τομή.

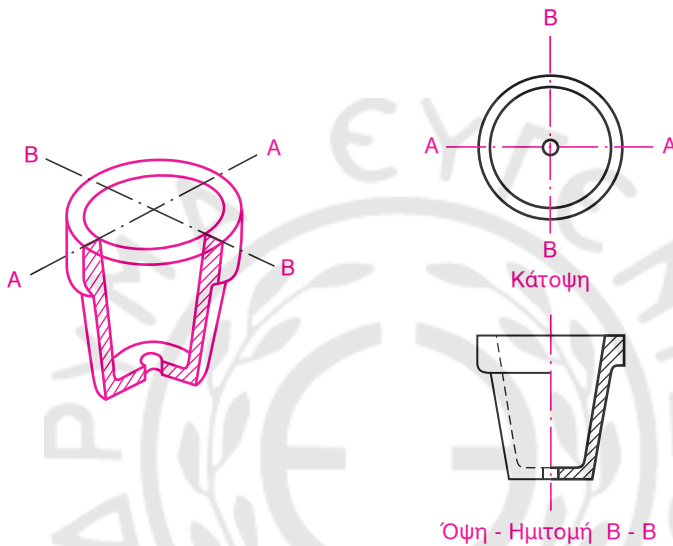


Σχ. 7.1ε.

Τροχαλία σε αξονομετρική προβολή, μία όψη και τομή.

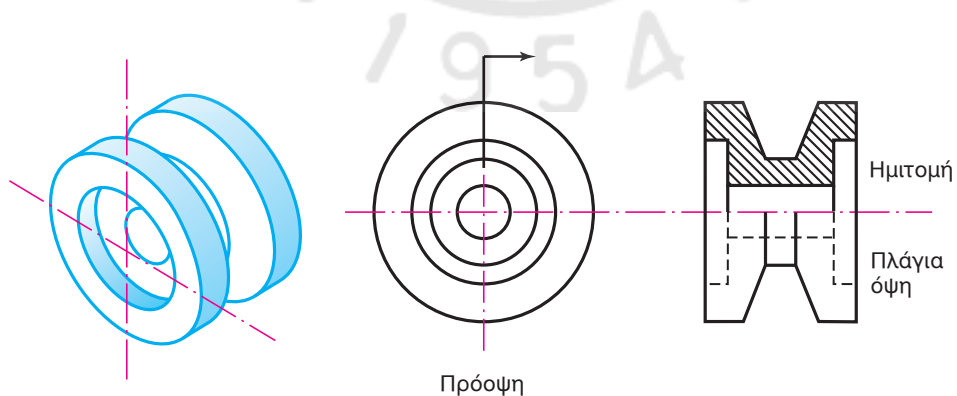
## 7.2 Ημιτομές.

Είναι φανερό ότι όταν το αντικείμενο, που παρουσιάζομε, είναι συμμετρικό, δεν χρειάζεται να κοπεί πέρα ως πέρα. Σταματάμε την τομή ως τον άξονα δημιουργώντας έτσι μια **ημιτομή**. Ακολουθως στο υπόλοιπο μέρος του σχεδίου σχεδιάζομε την όψη, επιτυγχάνοντας έτσι ένα συνδυασμένο σχήμα όψεως και τομής (σχ. 7.2α και 7.2β).



Σχ. 7.2α.

Γλάστρα σε αξονική προβολή, από την οποία έχει κοπεί και αφαιρεθεί το ένα τέταρτο. Επίσης σε κάτοψη - μισή όψη και ημιτομή.



Σχ. 7.2β.

Κουβαρίστρα σε αξονική προβολή, κάτοψη, και μισή όψη και ημιτομή.

### 7.3 Μερικές τομές – Τοπικές τομές.

Καμιά φορά για να δείξουμε το εσωτερικό ενός αντικειμένου, δεν χρειάζεται καν να έχουμε πλήρη τομή ή έστω και ημιτομή. Αρκεί να κόψουμε ένα μόνο κομμάτι του αντικειμένου.

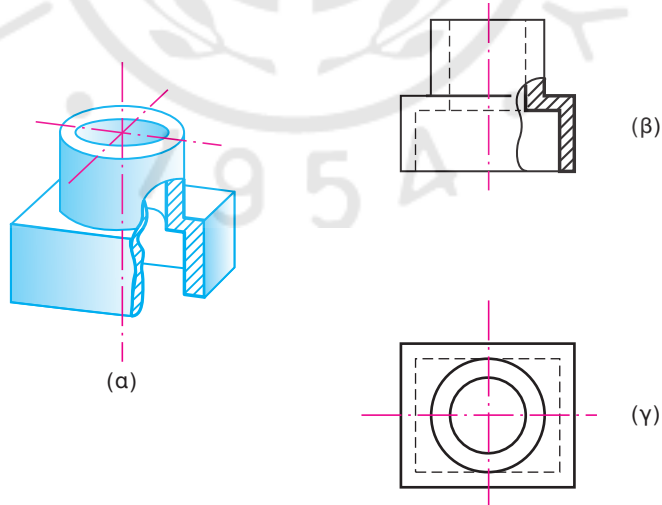
Τα παρακάτω παραδείγματα είναι αρκετά για να παρουσιάσουν μόνα τους την περίπτωση (σχ. 7.3α και 7.3β).

Το ίδιο κάνουμε όταν θέλουμε να δείξουμε τοπικές τομές κομματιών, όπως αυτές στα σχήματα 7.3γ και 7.3δ.



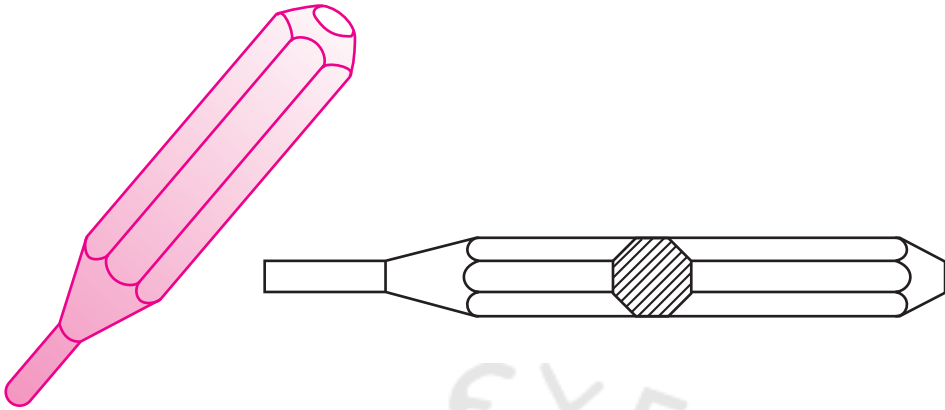
Σχ. 7.3α.

α) Γλάστρα σε αξονική προβολή με κομμένη μια γωνία της. β) Η ίδια γλάστρα σε όψη και μερική τομή.



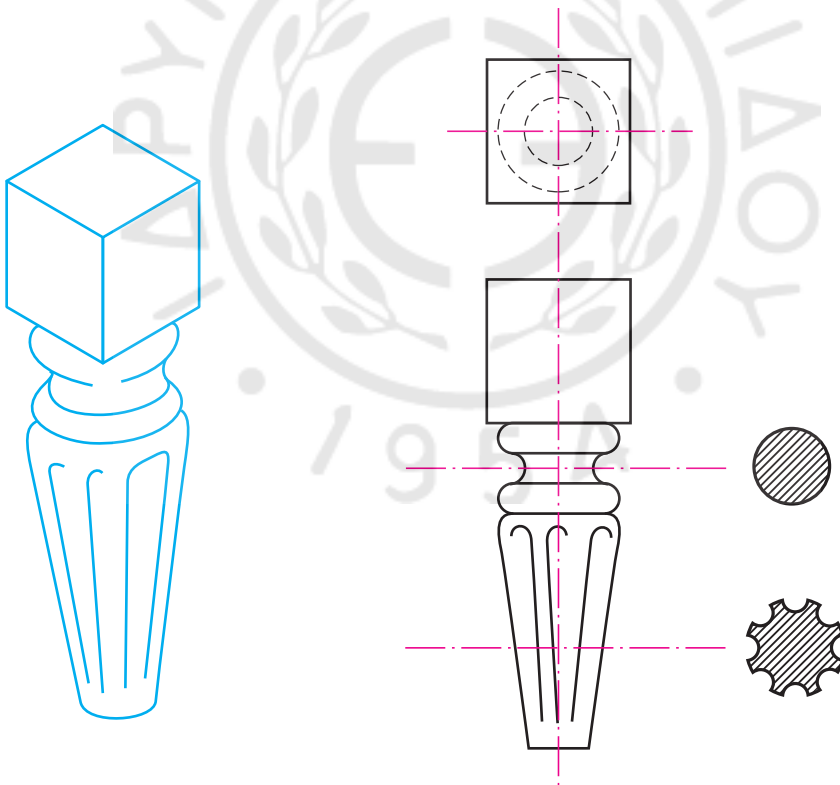
Σχ. 7.3β.

α) Εξάστημα σε αξονική προβολή, τοπικά κομμένο. β) Το ίδιο σε όψη και τοπική τομή. γ) Κάτοψη.



Σχ. 7.3γ.

Ζουμπάς σε αξονική προβολή και σε ορθή όψη με τοπική τομή.



Σχ. 7.3δ.

Πόδι τραπέζιου σε αξονική προβολή σε όψη και τοπικές τομές.



## 7.4 Τομές με τεθλασμένες επιφάνειες.

Όπως αναφέραμε στα προηγούμενα, οι τομές ή ημιτομές λαμβάνονται συνήθως σε επίπεδα που περνούν από έναν άξονα συμμετρίας. Αυτό όμως δεν είναι απαραίτητο. Όπως είδαμε, ήδη, μπορούμε να κάνουμε **μερικές τομές** ή και **τοπικές τομές**, που δεν περνούν πάντοτε από άξονα συμμετρίας.

Είναι όμως ακόμα δυνατόν να κάνουμε τομή σε μια τεθλασμένη επιφάνεια, που αποτελείται δηλαδή από περισσότερα επίπεδα, για να δείξουμε ταυτόχρονα περισσότερες λεπτομέρειες του αντικειμένου. Το αντικείμενο π.χ. που παρουσιάζεται στο σχήμα 6.2δ μπορούμε να το κόψουμε με την τεθλασμένη επιφάνεια ΑΒΓΔΕΖ, που φαίνεται στο σχήμα 6.2στ, και να σχεδιάσουμε την τομή που φαίνεται στο πάνω μέρος του σχήματος 6.2στ.

## 7.5 Πρακτικές οδηγίες για τις τομές.

Τα όσα αναφέρθηκαν για τις τομές μπορούμε να τα ανακεφαλαιώσουμε στα ακόλουθα:

1) Με τομές παρουσιάζουμε αθέατα μέρη αντικειμένων και διευκολύνουμε έτσι τον κατασκευαστή στην κατανόησή τους και την ακριβή και πιστή κατασκευή τους.

2) Όπου το αντικείμενο είναι συμμετρικό είναι δυνατόν να το παραστήσουμε όχι με ολόκληρη τομή, αλλά με ημιτομή ή και με μερικές ή τοπικές τομές.

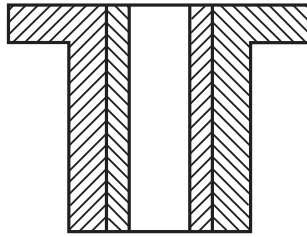
3) Πολλές φορές συνδυάζουμε στο σχέδιο για λόγους απλότητας είτε περισσότερες τομές σε διάφορα επίπεδα, για να δείξουμε λεπτομέρειες σε διάφορες θέσεις του αντικειμένου, είτε τομές με όψεις.

4) Στην τεχνική εφαρμογή των τομών ακολουθούμε διάφορους κανόνες, οι σπουδαιότεροι από τους οποίους είναι οι εξής:

### α) Διαγράμμιση.

Η διαγράμμιση των τομών γίνεται με λεπτές παράλληλες ισαπέχουσες γραμμές που έχουν κλίση  $45^\circ$ . Σε πολύ σπάνιες περιπτώσεις χρησιμοποιούνται συνθηματικά διακεκομμένες γραμμές, όπως φαίνεται από τον Πίνακα 5, για να υποδηλωθεί το υλικό, από το οποίο είναι κατασκευασμένο το αντικείμενο. Άλλοτε χρησιμοποιούσαν και χρώματα για τον ίδιο σκοπό. Τώρα το υλικό σημειώνεται σε ειδικό πινάκιο.

Οι γραμμές που χρησιμοποιούμε για τη διαγράμμιση είναι αραιότερες, όσο η επιφάνεια που διαγραμμίζεται είναι μεγαλύτερη.



Σχ. 7.5α.

Παρουσίαση τομής στην οποία έχουμε σε επαφή διαφορετικά κομμάτια.



Σχ. 7.5β.

Παραδείγματα τομών μεταλλικών προφίλ ή λεπτών ελασμάτων.



Σχ. 7.5γ.

Ταυ κατασκευασμένο από περισσότερα κομμάτια, π.χ. λάμες, γωνίες κλπ.

Αν δύο συνεχόμενες ξεχωριστές επιφάνειες, παρουσιάζονται σε τομή, τότε η διαγράμμιση τους γίνεται με γραμμές διαγραμμίσεως κάθετες μεταξύ τους, όπως φαίνεται στο σχήμα 7.5α. Αυτό γίνεται, για να υποδηλώνεται με σαφήνεια ότι πρόκειται για διαφορετικά κομμάτια.











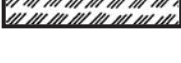
### β) Ειδικές περιπτώσεις

Όταν πρόκειται να δειχθεί σε τομή μια λεπτή ή στενή κομμένη μεταλλική επιφάνεια, δεν τη διαγραμμίζουμε, αλλά τη σχεδιάζουμε με χονδρή μαύρη γραμμή (σχ. 7.5β).




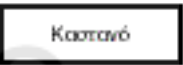











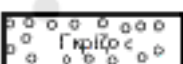

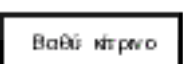



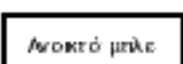
Το ίδιο κάνουμε, όταν θέλουμε να παρουσιάσουμε προφίλ διαφόρων δοκών, π.χ. γωνιακά, πι, ταυ, διπλά ταυ και άλλα λεπτά ελάσματα (σχ. 7.5γ).

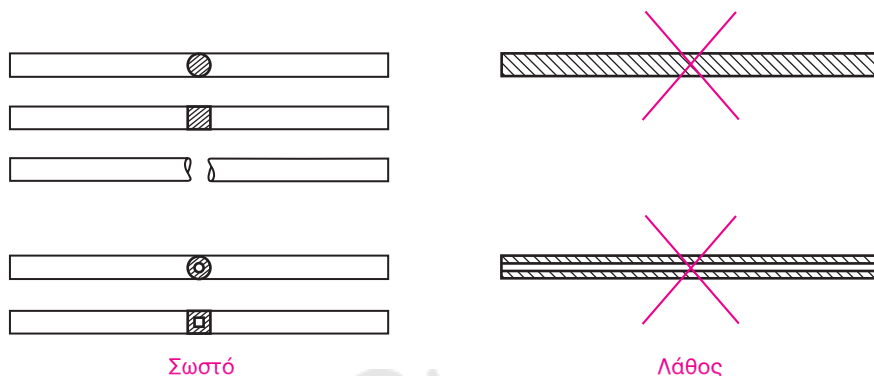
Στην περίπτωση αυτή σημειώνεται δίπλα τους το χαρακτηριστικό, με το οποίο το υλικό αυτό φέρεται στο εμπόριο.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 5**  
**Συνθηματική παράσταση διαφόρων υλικών στις τομές των σχεδίων**

Υλικό	Συνθηματική παράσταση τομής	Χρώμα
Ατσάλι		Μωβ
Χυτοσίδηρος		Γκρίζο
Χαλυβώδης χυτοσίδηρος		Μπλε
Κασίτερος μολύβδος, ψευδάργυρος, λευκό		Ανοικτό κίτρινο
Αλουμίνιο και κράμα του		Πράσινο
Χαλκός		Κόκκινο
Ορείχαλκος		Κίτρινο
Μπρούντζος		Πορτοκαλί
Νικέλιο και τα κράματά του		Ανοικτό μωβ
Μάρμαρο, πορσελάνη		Καστανό
Γυαλί		Ανοικτό πράσινο

(ΠΙΝΑΚΑΣ 5, συνέχεια)

Υλικό	Συνθηματική παράσταση τομής	Χρώμα
Δέρματα		
Υλικά στεγανότητας και μονώσεως		
Σκληρό ελαστικό		
Μαλακό ελαστικό		
Ξύλο (εγγύρσια και κατά μήκος τομή)		
Τοίχος με πέτρες		
Τοίχος με τούβλα		
Μπετόν		
Πυρίμαχος γη και τούβλα		
Έδαφος		
Υγρά		



Σχ. 7.5δ.

Όταν έχουμε συνδυασμένες τέτοιες διατομές, τότε αφήνουμε ανάμεσά τους ένα πολύ μικρό κενό διάστημα, ώστε να ξεχωρίζουν (σχ. 7.5δ).

### γ) Επίπεδα τομής.

Στο σχέδιο πρέπει να φαίνεται καθαρά ποια είναι τα επίπεδα τομής. Αυτό το επιτυγχάνουμε εύκολα, αν σε μια κατάλληλη όψη (συνήθως άκτοψη) δείξουμε το ίχνος του τέμνοντος επιπέδου. Το ίχνος αυτό το χαρακτηρίζουμε με γράμματα και σημειώνουμε στα άκρα του βέλη, που δείχνουν την κατεύθυνση προς την οποία βλέπουμε την τομή, όταν τη σχεδιάζουμε (σχ. 7.1β). Στην τομή σημειώνουμε τα χαρακτηριστικά γράμματα, με τα οποία σημάδεψαμε το ίχνος του επιπέδου τομής.

Είναι προφανές ότι, όταν έχουμε τομή με τεθλασμένη επιφάνεια, το ίχνος δεν θα είναι ευθεία, αλλά τεθλασμένη γραμμή (σχ. 6.2στ).

Τα ίχνη των επιπέδων τομής σημειώνονται μόνον στα άκρα και στις θέσεις αλλαγής κατευθύνσεώς τους, και μάλιστα με παχιά αξονική γραμμή και παχιά ενδεικτικά γράμματα (σχ. 6.2στ).

### δ) Αντικείμενα που δεν επιτρέπεται να τα παρουσιάσουμε σε τομή.

Πολλά αντικείμενα και εξαρτήματα δεν επιτρέπεται να τα παρουσιάσουμε σε τομή στα σχέδιά μας. Γιατί δεν έχει π.χ. κανένα νόημα να κόψουμε κατά μήκος μια άτρακτο κατά τον άξονά της, δηλαδή έναν απλό κύλινδρο ή ένα σωλήνα.

Επιτρέπεται, και μάλιστα πολλές φορές επιβάλλεται, να σχεδιάσουμε την εγκάρσια τομή του για να δείξουμε τη διατομή του (σχ. 7.5δ).

Είναι λάθος να κόψουμε κατά μήκος έναν άξονα στρογγυλό ή τετράγωνο. Τουναντίον είναι σωστό να τον σχεδιάσουμε, όπως φαίνεται στο σχήμα 7.5δ.

Για τον ίδιο λόγο δεν παρουσιάζονται ποτέ σε τομές βίδες, λεβητόκαρφα, σφήνες, νεύρα, βραχίονες τροχών και τροχαλιών.

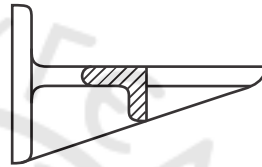
Συνήθως τα εξαρτήματα, που βρίσκονται στο εμπόριο, π.χ. βίδες, καρφιά, τα χαρακτηρίζουμε με την εμπορική ονομασία τους (όπως δηλαδή θα ζητηθούν στα καταστήματα).

Τα νεύρα δεν τέμνονται ποτέ από επίπεδα που συμπίπτουν με το επίπεδό τους.

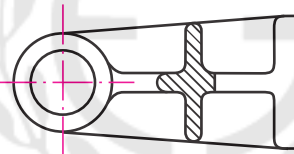
Αν πάλι πρόκειται για νεύρα ή βραχίονες τροχών, μια εγκάρσια τομή θα μπορούσε να μας δώσει πολύτιμες πληροφορίες για τη μορφή της διατομής.



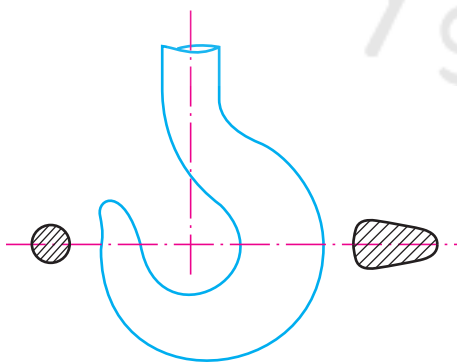
Σχ. 7.5ε.  
Βάκτρο.



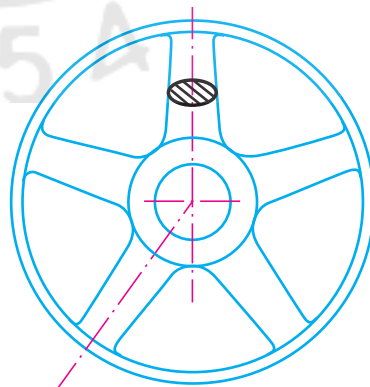
Σχ. 7.5στ.  
Μπρακέτο.



Σχ. 7.5ζ.  
Μπρακέτο με έδρανο στηρίξεως.



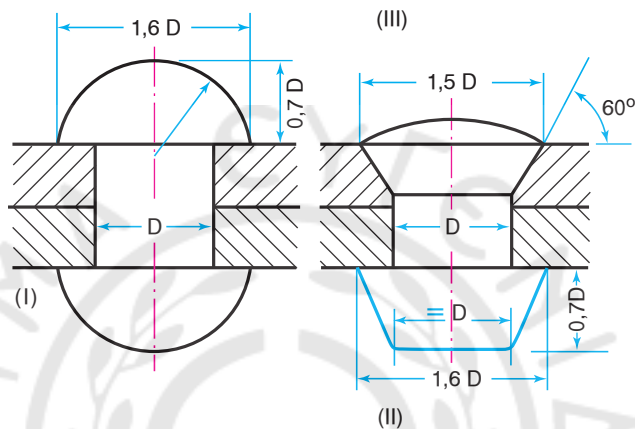
Σχ. 7.5η.  
Αγκιστρο.



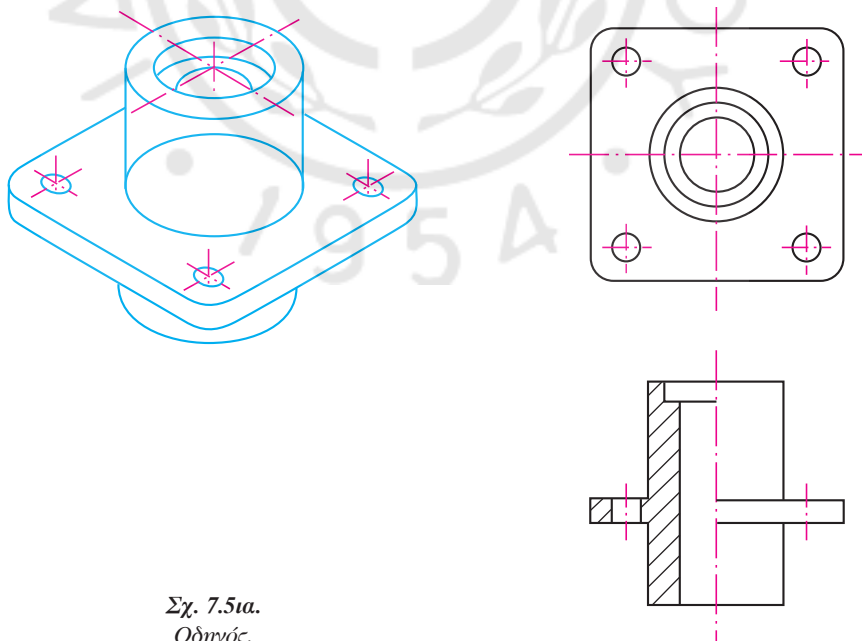
Σχ. 7.5θ.  
Τροχαλία.

Τα παρακάτω σχήματα δείχνουν τη σωστή σχεδίαση (σχ. 7.5ε, 7.5στ, 7.5ζ, 7.5η και 7.5θ).

Σημειώνουμε επίσης πως όταν σχεδιάζουμε τροχαλίες με περιττό αριθμό βραχιόνων (ακτίνων), η τομή σχεδιάζεται σαν να είναι άρτιος ο αριθμός τους. Το πραγματικό πλήθος και η διάταξη των βραχιόνων φαίνεται από την πρόοψη.

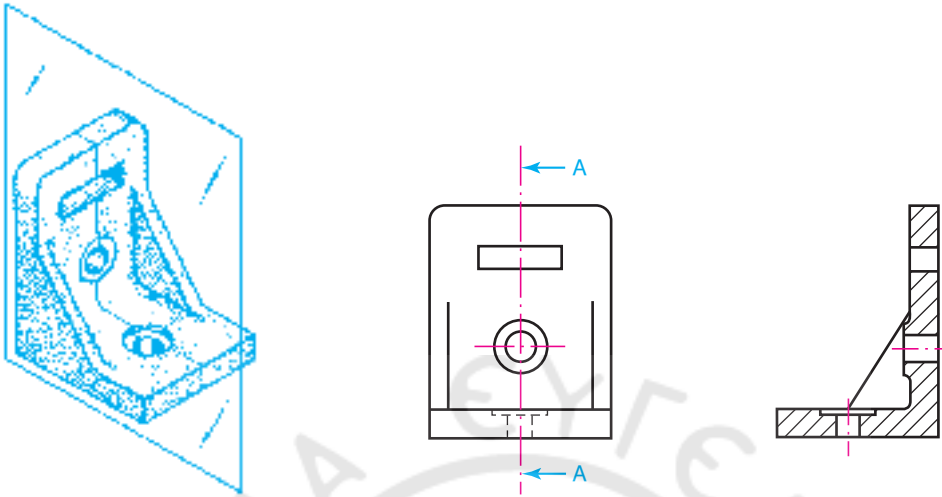


Σχ. 7.5ι.  
Καρφωτά ελάσματα.

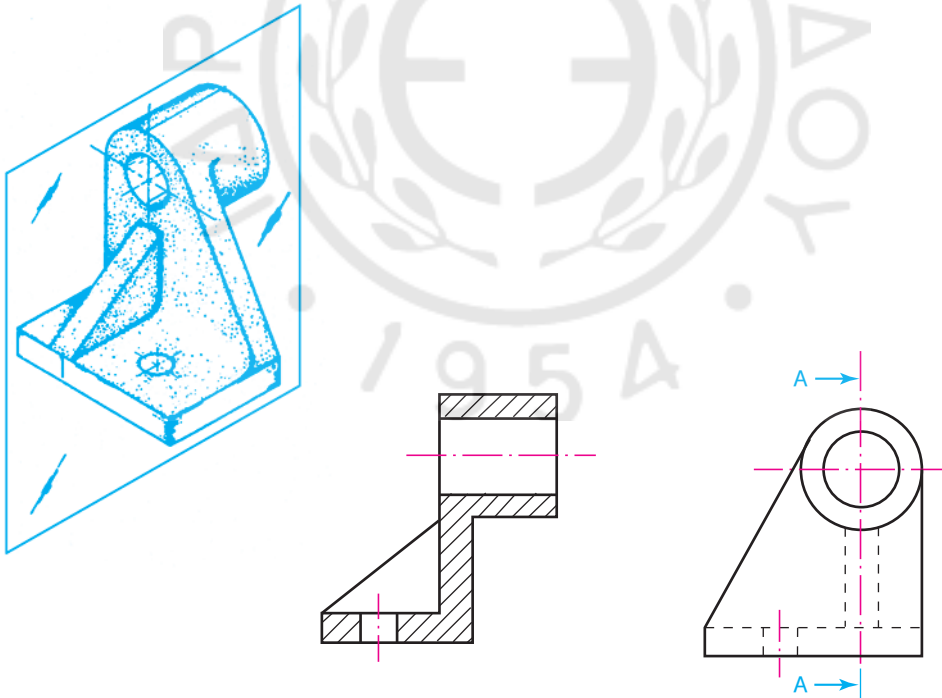


Σχ. 7.5ια.  
Οδηγός.

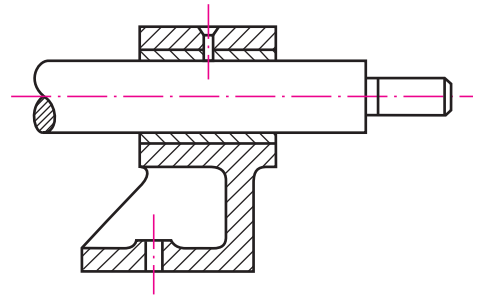
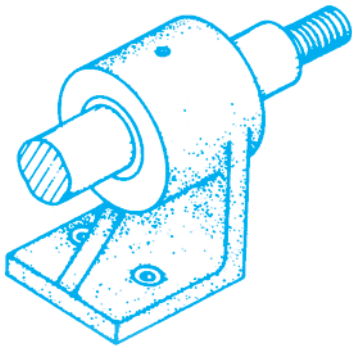




Σχ. 7.5ιβ.  
Γωνία στηρίξεως.

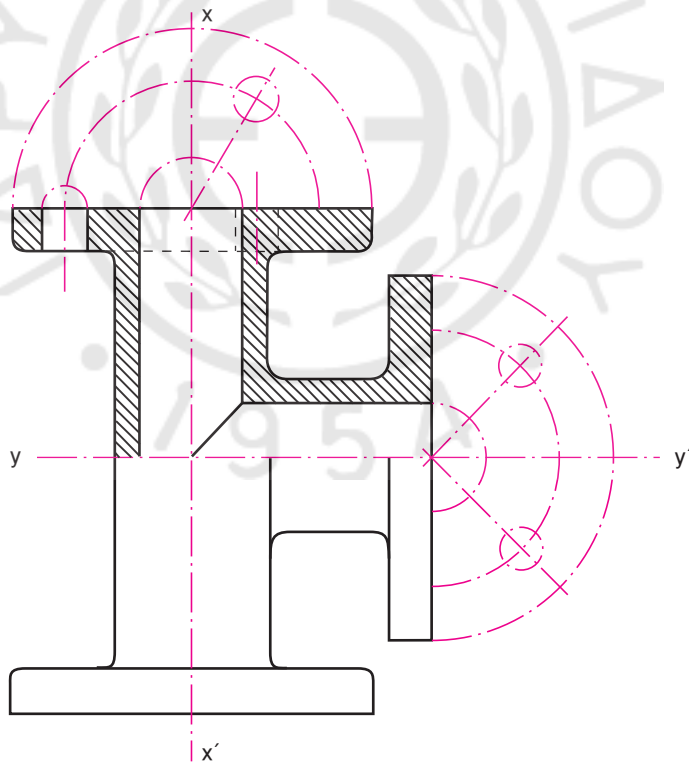


Σχ. 7.5ιγ.  
Μπρακέτο-κουζινέττο.

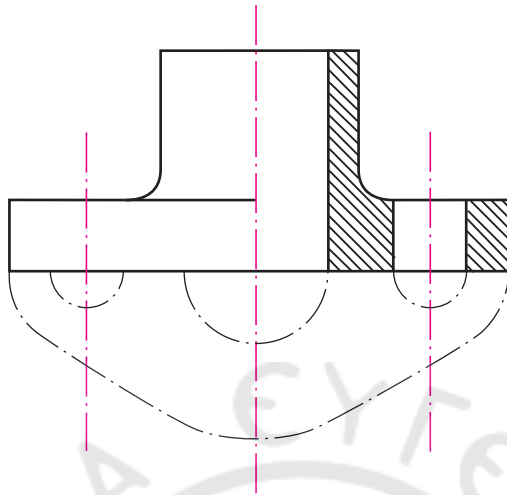


Σχ. 7.5ιδ.  
Μπρακέτο-κουζινέττο.

ε) Παραδείγματα σχεδιάσεως τομών (σχ. 7.5ι έως 7.5ιστ).



Σχ. 7.5ιε.  
Σύνδεσμος σωληνώσεως σχήματος T.



Σχ. 7.5ιστ.  
Χυτοσιδερένια φλάντζα.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΟΓΔΩΟ

### ΟΙ ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΚΑΙ Η ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΤΟΥΣ

#### 8.1 Γενικά.

Στην παράγραφο 2.1 του βιβλίου, όπως είδαμε, γράφηκαν λίγα λόγια για τις διαστάσεις του σχεδίου.

Εδώ θα εξηγήσουμε κάπως με περισσότερες λεπτομέρειες, γιατί οι διαστάσεις είναι απαραίτητες σε κάθε τεχνικό σχέδιο με μόνες εξαιρέσεις το προοπτικό και το ελεύθερο σχέδιο.

Το τεχνικό σχέδιο γενικά σχεδιάζεται υπό κάποια κλίμακα, που τη σημειώνουμε πάντοτε επάνω στο σχέδιο. Οι κλίμακες είναι για τα μικρά εξαρτήματα 1:1 (δηλαδή το αληθινό μέγεθος) ή 1:2,5 ή 1:5 ή 1:10, 1:20, 1:100 κλπ. Σπανιότερα χρησιμοποιείται και η κλίμακα 1:2. Όσο το αντικείμενο είναι μεγαλύτερο, τόσο η κλίμακα μικρότερη. Τουναντίον, πολύ μικρά κομμάτια τα σχεδιάζουμε σε μεγέθυνση, δηλαδή υπό κλίμακα π.χ. 2:1 ή 10:1.

Επομένως από το σχήμα του αντικειμένου που παριστάνεται και από την κλίμακα που σημειώνεται στο σχέδιο, μπορούμε να αποκτήσουμε με την πρώτη κιόλας ματιά μια σαφή εικόνα για το μέγεθος του αντικειμένου. Θα μπορούσε μάλιστα κανείς να μετρήσει τις διάφορες γραμμές του σχεδίου και σύμφωνα με την κλίμακά τους να βρει τα μεγέθη τους.

Θα είναι όμως αυτό που θα βρει το πραγματικό μέγεθος με την ακρίβεια που το θέλουμε; Ασφαλώς όχι. Γιατί είναι γνωστό πως σε κάθε μέτρηση κάνουμε πάντοτε ένα σφάλμα, άλλοτε μικρότερο και άλλοτε μεγαλύτερο.

Όσο μάλιστα η κλίμακα του σχεδίου είναι μικρότερη, δηλαδή ο παρονομαστής του κλάσματος ( $1 : x$  ή  $1/x$ ) που δείχνει την κλίμακα είναι μεγαλύτερος, και επομένως το αντικείμενο παρουσιάζεται στο σχέδιο μικρότερο, τόσο το σφάλμα αναγνώσεως ενός μήκους είναι μεγαλύτερο.

Είναι εύκολο να καταλάβουμε ότι το σφάλμα μετρήσεως είναι δυνατόν να οφείλεται σε διάφορα αίτια όπως π.χ.:

- Σε υποκειμενικό λάθος εκείνου που κάνει τη μέτρηση.

- Σε σφάλμα του υποδεκαμέτρου, που χρησιμοποιούμε για τη μέτρηση.
- Στο πάχος των γραμμών του σχεδίου, που μπορούν να μας δείξουν μεγαλύτερη ή μικρότερη τη διάσταση.
- Στο ζάρωμα του χαρτιού του σχεδίου.

Αλλά και μια άλλη βασική αιτία είναι δυνατόν να μας οδηγήσει σε σφάλμα κατά τη μέτρηση ενός μήκους από το σχέδιο. Πρόκειται για την πιθανότατη περίπτωση, το σχέδιο να μην είναι εξ αρχής σχεδιασμένο με απόλυτη ακρίβεια. Τότε υφίσταται κανείς αναγκαστικά τις συνέπειες της ανακρίβειας του σχεδίου.

Από όλα αυτά προκύπτει ως αναγκαίο συμπέρασμα, ότι είναι πιο ασφαλές να σημειώνομε δίπλα σε κάθε γραμμή το αληθινό της μήκος. Έτσι δεν κινδυνεύομε να σφάλλομε.

Ο αριθμός αυτός, που δείχνει το πραγματικό μέγεθος, λέγεται *διάσταση*.

Είναι φανερό ότι, αν τοποθετήσομε στο σχέδιό μας όλες τις απαραίτητες για τον κατασκευαστή διαστάσεις, δεν υπάρχει κανένας φόβος να αμφιβάλει αυτός ή να κάνει λάθος στην κατασκευή του.

Χρειάζεται όμως μεγάλη προσοχή για το πώς θα τοποθετηθούν οι διαστάσεις στο σχέδιο, ώστε να μας διευκολύνουν και να μην περιπλέκουν το σχέδιο. Περισσότερες διαστάσεις από όσες χρειάζονται φέρνουν σύγχυση. Λιγότερες δημιουργούν ερωτηματικά.

## 8.2 Βασικοί κανόνες για την τοποθέτηση των διαστάσεων.

- Οι διαστάσεις στα τεχνικά σχέδια γράφονται σε μέτρα και με δύο δεκαδικά ψηφία, ώστε να μας δίνουν ακρίβεια εκατοστομέτρου. Ειδικά στα μηχανολογικά σχέδια και στα σχέδια, που δείχνουν μεταλλικές (και σπανιότερα ξύλινες) κατασκευές, οι διαστάσεις γράφονται σε χιλιοστά του μέτρου (mm). Ποτέ δίπλα στον αριθμό, που εκφράζει τη διάσταση, δεν αναγράφεται η μονάδα, δηλαδή m ή mm.

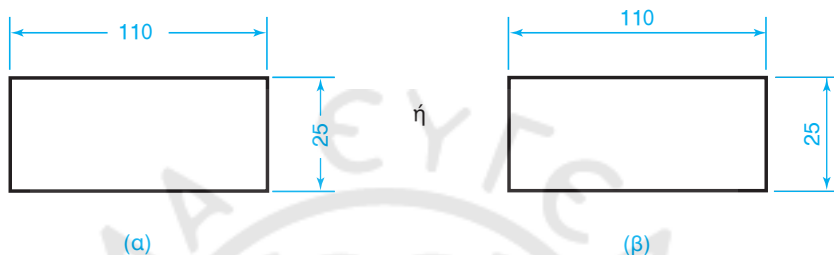
Κατά εξαίρεση, αν σε σχέδια που οι διαστάσεις τους εκφράζονται σε mm, υπάρχουν και μήκη πολύ μεγάλα (π.χ. ο βραχίονας ενός γερανού), ώστε η γραφή τους σε χιλιοστά να δίνει πολύ μεγάλους αριθμούς, είναι δυνατόν, αλλά όχι και συνηθισμένο, να εκφραστούν και σε άλλη μεγαλύτερη μονάδα, π.χ. σε μέτρα (m). Τότε όμως πρέπει δίπλα στον αριθμό να γραφεί και η μονάδα m.

- Στις Ηνωμένες Πολιτείες οι διαστάσεις εκφράζονται σε ίντσες (") ή πόδια (ft) ή σε κλάσματα της ίντσας, π.χ. βίδα 3/8".

- Οι αγγλοσαξονικές μονάδες χρησιμοποιούνται επίσης πολύ συχνά και από μας, όταν πρόκειται να εκφράσομε διαστάσεις σπειρωμάτων σε βίδες ή σωλήνες, π.χ. γράφομε βίδα 3/4".

– Ο αριθμός που εκφράζει μια διάσταση γράφεται στο μέσο περίπου μιας γραμμής, που με βέλος στις άκρες της σημειώνει την αρχή και το τέλος του μήκους που χαρακτηρίζουμε και που είναι παράλληλη προς την ακμή, της οποίας το μήκος μετρούμε [σχ. 8.2(α)].

– Το πάχος της γραμμής της διαστάσεως είναι κατά κανόνα μικρότερο από το πάχος των γραμμών που εικονίζουν το αντικείμενο.



Σχ. 8.2α.

– Οι γραμμές των διαστάσεων φροντίζουμε πάντοτε να είναι απομακρυσμένες αρκετά χιλιοστά από τις γραμμές του σχεδίου, ώστε να μην συγχέονται μαζί τους. Πρέπει να αποφεύγουμε, όσο το δυνατόν, το να κόβουν οι γραμμές των διαστάσεων το σχέδιο.

– Οι αρχές και τα πέρατα των γραμμών διαστάσεων καθορίζονται από βοηθητικές γραμμές, που είναι λεπτές γραμμούλες κάθετες στην αρχή και το τέλος της ευθείας, της οποίας δηλώνουν το μήκος. Σε αυτές τελιώνουν τα βέλη που τοποθετούμε στα άκρα των γραμμών διαστάσεων.

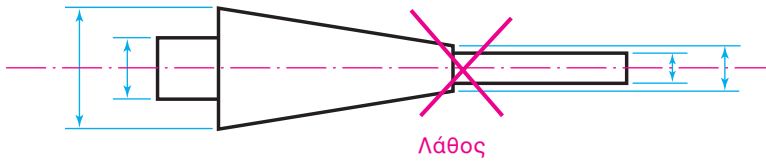
– Δεν είναι λάθος αν ο αριθμός-διάσταση δεν διακόπτει τη γραμμή της διαστάσεως, αλλά τοποθετείται στο μέσο της, λίγο ψηλότερα [σχ. 8.2α(β)].

Είναι όμως προτιμότερο να ακολουθούμε τον προηγούμενο τρόπο.

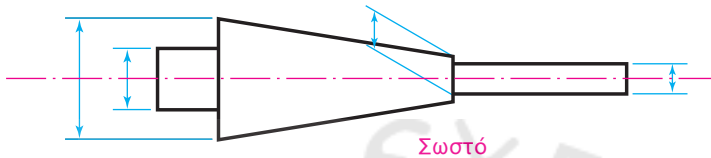
– Αποφεύγουμε να χρησιμοποιούμε γραμμές του σχεδίου μας σαν βοηθητικές γραμμές διαστάσεων.

– Δεν επιτρέπεται να χρησιμοποιούμε κύριες γραμμές του σχεδίου μας σαν γραμμές διαστάσεων.

– Αν είναι δύσκολο να ξεχωρίσουμε τη γραμμή μιας διαστάσεως από το σχέδιο και υποχρεωθούμε να κόψουμε γραμμές του σχεδίου ή αν οι βοηθητικές γραμμές θα ήταν πολύ μεγάλες, επιτρέπεται, για να μην δημιουργηθεί σύγχυση, να χρησιμοποιήσουμε βοηθητικές γραμμές όχι κάθετες προς τη γραμμή της οποίας δηλώνουμε το μήκος, αλλά λοξές (σχ. 8.2β).



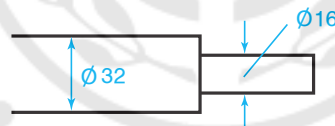
Είναι καλύτερα να σχεδιάσουμε:



Σχ. 8.2β.



Σχ. 8.2γ.



Σχ. 8.2δ.

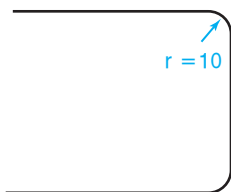
Αντί να σχεδιάσουμε:

– Αν τα μήκη που θέλουμε να δείξουμε είναι πολύ μικρά, οπότε δεν είναι εύκολο και ευκρινές να γράψουμε τη γραμμή της διαστάσεως, τα βέλη και τον αριθμό κανονικά, τότε πρέπει να τοποθετήσουμε βέλη, όπως δείχνει το σχήμα 8.2γ.

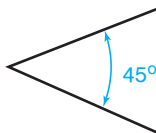
– Οι βοηθητικές γραμμές ξεπερνούν κατά 1 mm ως 1,5 mm τα άκρα των γραμμών διαστάσεων.

– Αν έχουμε να χαρακτηρίσουμε με μια διάσταση μια διάμετρο κύκλου, πρέπει δίπλα στον αριθμό, που εκφράζει το μήκος της διαμέτρου, να σημειώσουμε το σύμβολο  $\emptyset$  που σημαίνει διάμετρος (σχ. 8.2δ).

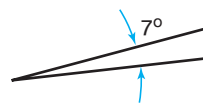




Σχ. 8.2ε.



Σχ. 8.2στ.



Σχ. 8.2ζ.

Το  $\emptyset$  δεν αναγράφεται όταν η διάσταση γράφεται σε όψη που φαίνεται ότι είναι διάμετρος κύκλου, π.χ. στο σχήμα 8.2θ.

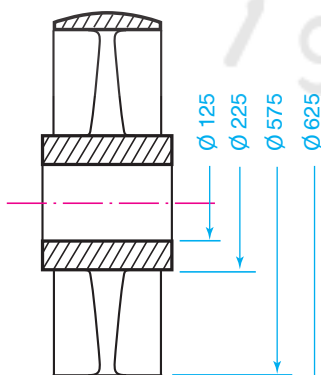
Στις περιπτώσεις που το εξάρτημα τελειώνει κάπου στρογγυλεμένο, τότε πρέπει στο σχέδιο να σημειώσουμε την ακτίνα καμπυλότητας, όπως δείχνεται στο σχήμα 8.2ε.

– Αν θέλουμε να σημειώσουμε το μέγεθος μιας γωνίας, τότε χαράζουμε ανάμεσα στα σκέλη της γωνίας ένα τόξο, στου οποίου τα άκρα τοποθετούμε τα γνωστά βέλη των διαστάσεων και στο μέσο του τόξου σημειώνουμε το μέγεθος της γωνίας σε μοίρες ή βαθμούς (σχ. 8.2στ).

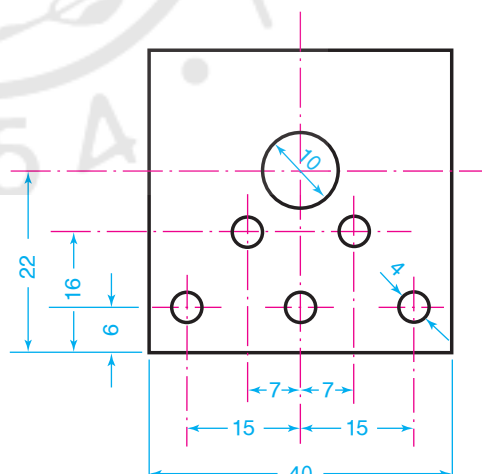
– Αν όμως η γωνία είναι μικρή, εφαρμόζουμε την ίδια μέθοδο, όπως στις πολύ μικρές διαστάσεις μηκών, όπως φαίνεται στο σχήμα 8.2ζ.

Στα κυλινδρικά σχήματα επιτρέπεται να σημειώνουμε τις διαστάσεις με το ένα βέλος τους μόνο και η γραμμή της διαστάσεως να ξεπερνά κάπως τον άξονα συμμετρίας, όπως φαίνεται στο σχήμα 8.2η.

– Ενώ δεν επιτρέπεται να χρησιμοποιήσουμε ως βοηθητικές γραμμές τις



Σχ. 8.2η.



Σχ. 8.2θ.

γραμμές, που παριστάνουν το αντικείμενο, επιτρέπεται εν τούτοις να χρησιμοποιήσουμε ως βοηθητικές γραμμές φανταστικούς άξονες του σχεδίου (σχ. 8.2θ).

Οι αριθμοί των διαστάσεων πρέπει να γράφονται ευκρινώς στο μέσο περίπου της γραμμής της διαστάσεως.

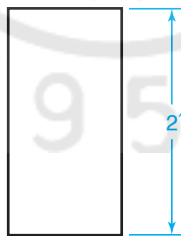
– Αν η διάσταση έχει διεύθυνση κατακόρυφη, πρέπει να γραφεί όπως δείχνει το σχήμα 8.2ι και όχι όπως δείχνει το σχήμα 8.2ια.

Σε ορισμένα αγγλοσαξονικά σχέδια θα βρούμε τις διαστάσεις στην κατακόρυφη γραμμένες όπως φαίνεται στο σχήμα 8.2ιβ.



Σχ. 8.2ι.

Σχ. 8.2ια.



Σχ. 8.2ιβ.

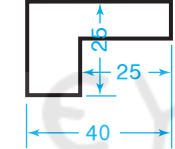
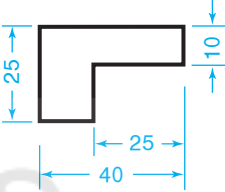


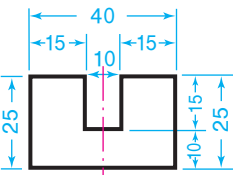
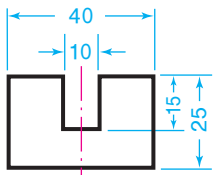
### 8.3 Οδηγίες για την αποφυγή σφαλμάτων στην αναγραφή των διαστάσεων.

Ανακεφαλαιώνοντας τους παραπάνω κανόνες, παρέχουμε στον Πίνακα 6 συγκεκριμένες οδηγίες.

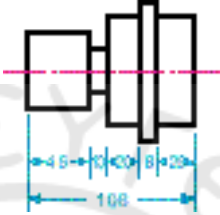
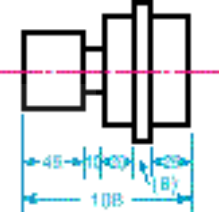
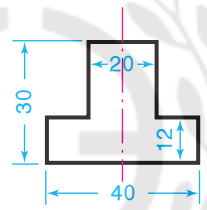
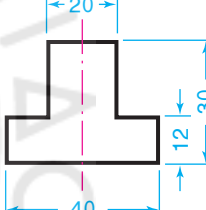
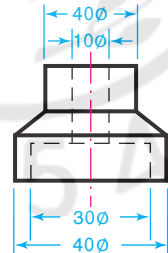
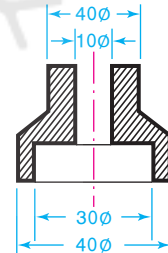
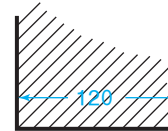
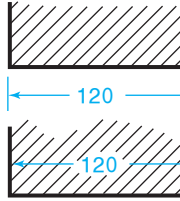
**ΠΙΝΑΚΑΣ 6**  
**Κυριότεροι κανόνες για αναγραφή διαστάσεων στα σχέδια**

α/α	Κανόνες	Δάθος σχεδίαση	Σωστή σχεδίαση
1	Οι γραμμές των διαστάσεων να είναι λεπτές, τα βέλη ζωηρά με ανάλογο μέγεθος και οι αριθμοί στη σωστή θέση.		
2	Όταν δεν επαρκεί ο χώρος, πρέπει να γράφομε τα βέλη και στην ανάγκη και τους αριθμούς απ' έξω.		
3	Καμιά γραμμή του σχεδίου να μη χρησιμοποιείται σαν γραμμή διαστάσεων.		
4	Να μην χρησιμοποιούμε αξονικές γραμμές του σχεδίου σαν κύριες γραμμές διαστάσεων.		
5	Οι γραμμές διαστάσεων να μην κόβουν γραμμές του σχεδίου.		

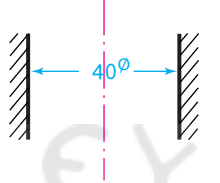
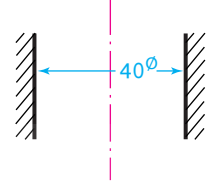
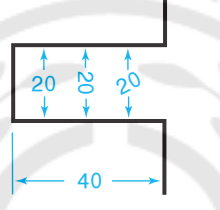
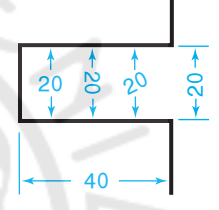
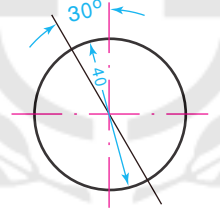
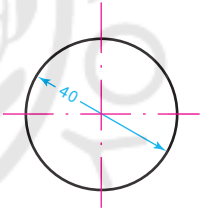
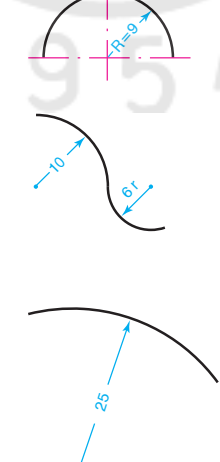
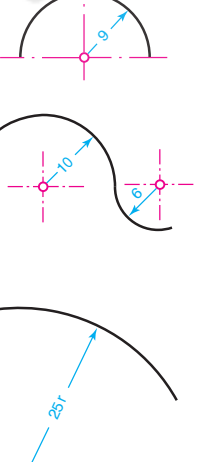
(ΠΙΝΑΚΑΣ 6, συνέχεια)

α/α	Κανόνες	Δάθος σχεδίαση	Σωστή σχεδίαση
6	<p>Οι κύριες γραμμές διαστάσεων δεν πρέπει να διασταυρώνονται μεταξύ τους ή με τις βοηθητικές. Οι μεγαλύτερες να σκεπάζουν τις άλλες.</p>		
7	<p>Οι βοηθητικές γραμμές διαστάσεων μήκους να είναι πάντα παράλληλες μεταξύ τους και κάθετες με τις γραμμές του σχεδίου που καθορίζουν τη διάστασή τους.</p>		
8	<p>Κάθε διάσταση να γράφεται μόνον μια φορά και στην πιο κατάλληλη θέση.</p>		

(ΠΙΝΑΚΑΣ 6, συνέχεια)

α/α	Κανόνες	Λάθος σχεδίαση	Σωστή σχεδίαση
8α	Σε αλυσωτές διαστάσεις πρέπει να γράφεται η συνολική διάσταση και ή να λείπει μία από τις επί μέρους διαστάσεις ή η πλέον ασήμαντη να μπαίνει σε παρένθεση.		
9	Αποφεύγετε το γραμμικό διαστάσεων στο εσωτερικό του σχεδίου.		
10	Οι διαστάσεις να μπαίνουν κατά το δυνατόν σε γραμμές που φαίνονται. Αν δεν υπάρχει δεύτερη κατάλληλη όψη, σχεδιάσετε μια τομή.		
11	Σε διαγραμμισμένες επιφάνειες οι διαστάσεις μπαίνουν απ' έξω. Στην ανάγκη διακόπεται η διαγράμμιση.		

(ΠΙΝΑΚΑΣ 6, συνέχεια)

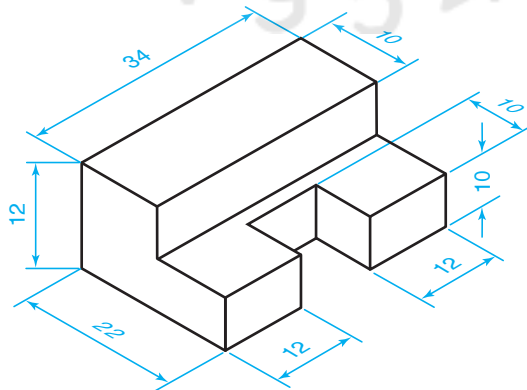
α/α	Κανόνες	Δάθος σχεδίαση	Σωστή σχεδίαση
12	Οι αριθμοί των διαστάσεων δεν πρέπει να συναντώνται με αξονικές γραμμές.		
13	Σε οριζόντιες διαστάσεις οι αριθμοί γράφονται όρθιοι και σε κατακόρυφες διαστάσεις γράφονται πλαγιοστοί, ώστε να διαβάζονται από κάτω προς τα πάνω.		
14	Αποφεύγετε να γράφετε λοξές διαστάσεις μήκους σε γωνία μικρότερη από $30^\circ$ από την κατακόρυφο.		
15	<p>Πώς γράφομε τη διάσταση μιας ακτίνας:</p> <p>α) Όταν δίνεται το κέντρο από τους άξονες του, δεν χρειάζεται το σύμβολο R.</p> <p>β) Όταν το κέντρο καθορίζεται από τομή δύο αξόνων, σημειώνεται με ένα κύκλο μικρό.</p> <p>γ) Το σύμβολο r ή R γράφεται, όταν δεν υπάρχει στο σχέδιο κέντρο.</p>		

(ΠΙΝΑΚΑΣ 6, συνέχεια)

α/α	Κανόνες	Λάθος σχεδίαση	Σωστή σχεδίαση
16	Σε έναν κύκλο ή τμήμα κύκλου εφ' όσον η διάσταση σημειώνεται με δύο βέλη δεν χρειάζεται το σύμβολο $\Phi$ της διαμέτρου.		
17	Οι διαστάσεις να δίνονται πάντα όπως τις χρειάζεται ο κατασκευαστής, ώστε να μην αναγκασθεί ποτέ να κάνει λογαριασμούς (προσθέσεις ή αφαιρέσεις μηκών), για να βρει αυτό που θέλει.		

#### 8.4 Παραδείγματα σωστής αναγραφής διαστάσεων.

Για να εμπεδωθούν οι γνώσεις των μαθητών στο πώς πρέπει να τοποθετούνται οι διαστάσεις στο τεχνικό σχέδιο, παραθέτομε όλα σχεδόν

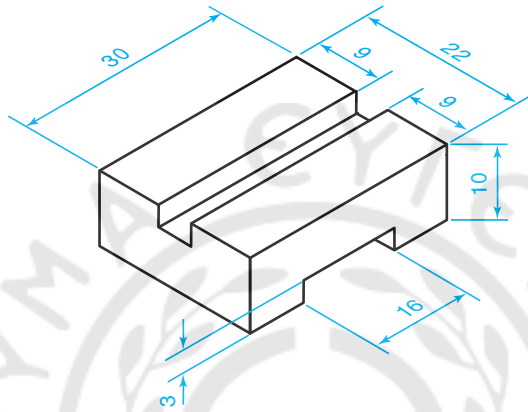


Σχ. 8.4α.

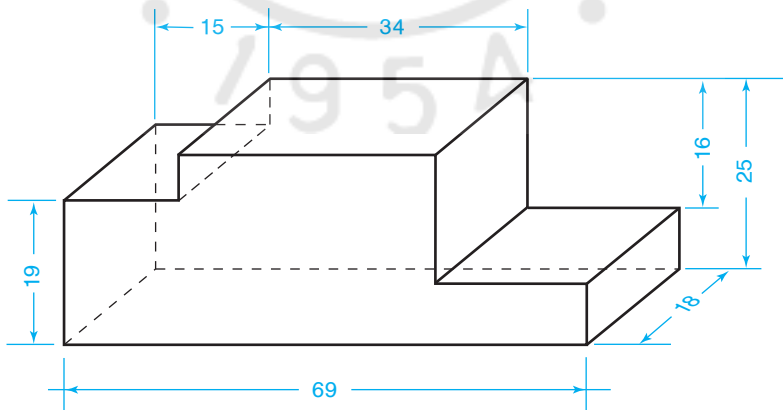


τα σχέδια που απεικονίζουν διάφορα εξαρτήματα και έχουν σχεδιασθεί στα προηγούμενα κεφάλαια, συμπληρωμένα με διαστάσεις κατά το σωστό τρόπο (σχ. 8.4α ως 8.4η).

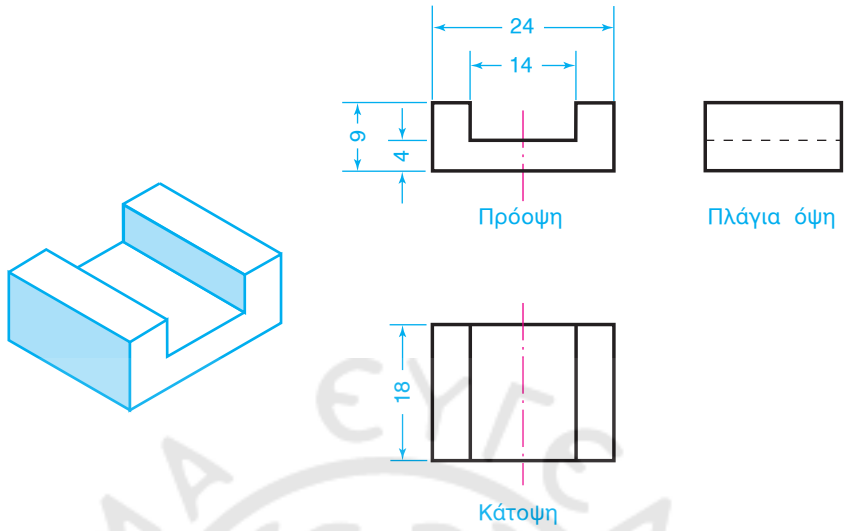
Επειδή τα αντικείμενα είναι κυρίως στοιχεία μηχανών, οι διαστάσεις είναι σε χιλιοστά.



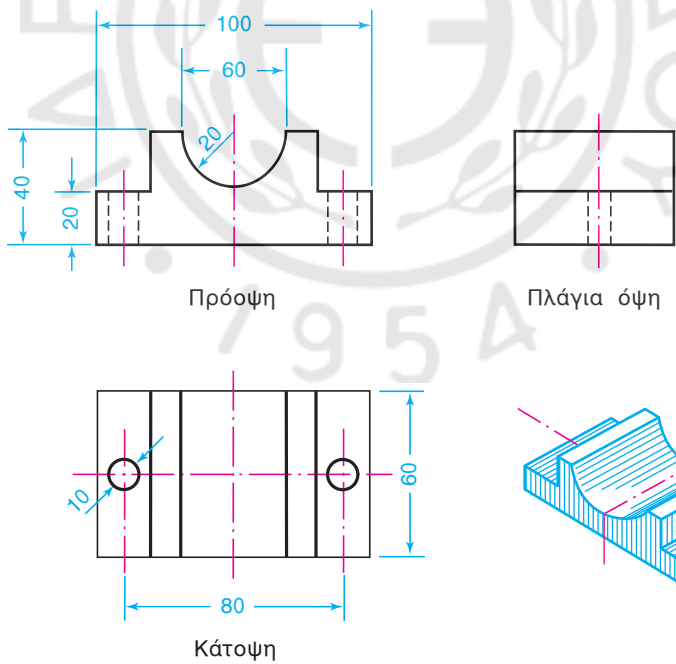
Σχ. 8.4β.



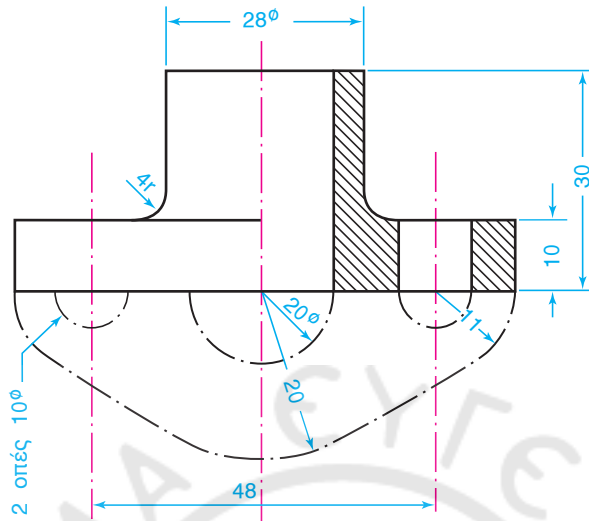
Σχ. 8.4γ.



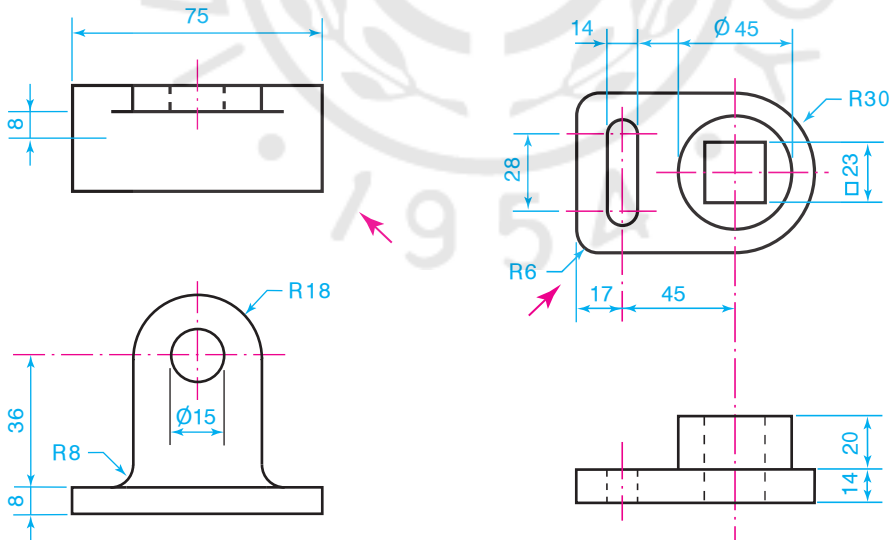
Σχ. 8.4δ.

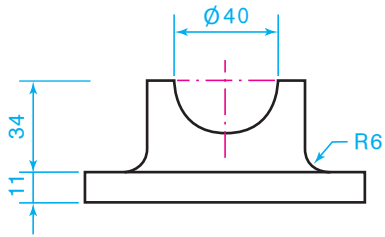


Σχ. 8.4ε.

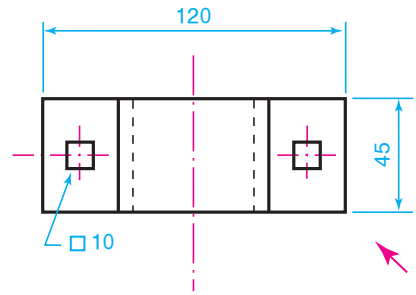


Σχ. 8.4στ.

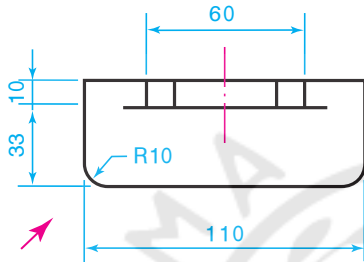
Σχ. 8.4ζ.  
Έδρανο.Σχ. 8.4η.  
Πλακίδιο ρυθμίσεως.



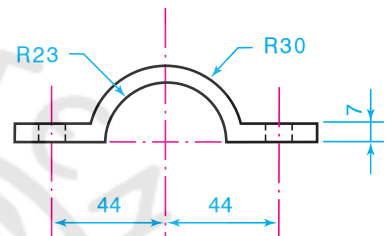
Σχ. 8.40.  
Οδηγός ατράκτου.



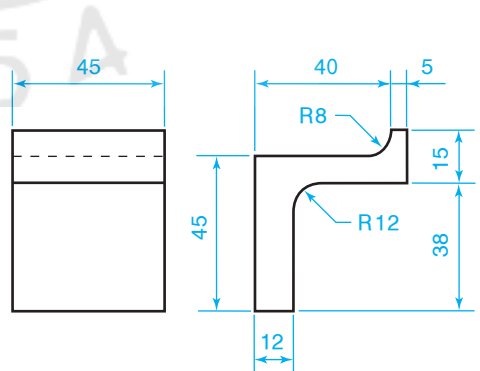
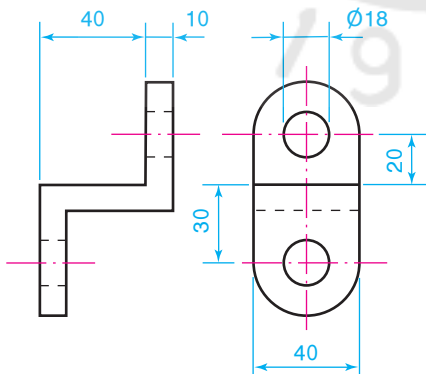
Σχ. 8.41.  
Κάλυμμα εδράνου.

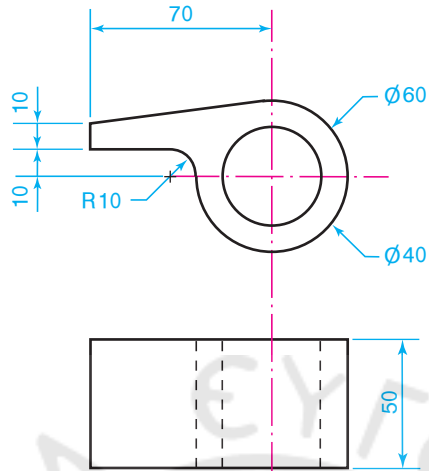


Σχ. 8.41α.  
Διπλό στήριγμα.

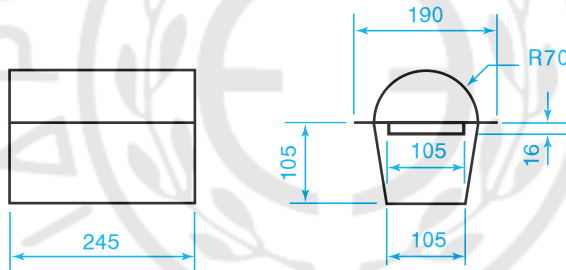


Σχ. 8.41β.  
Εξάσπλιγμα.

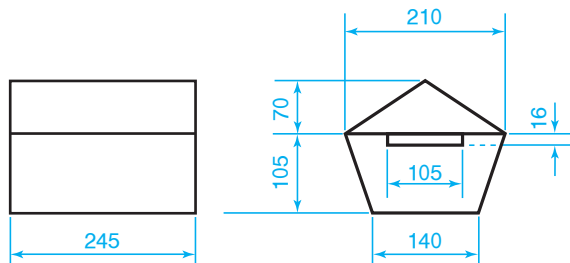




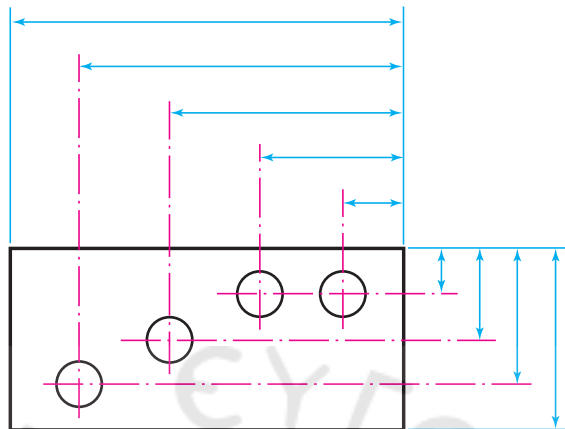
Σχ. 8.4γ.  
Κνόδακας.



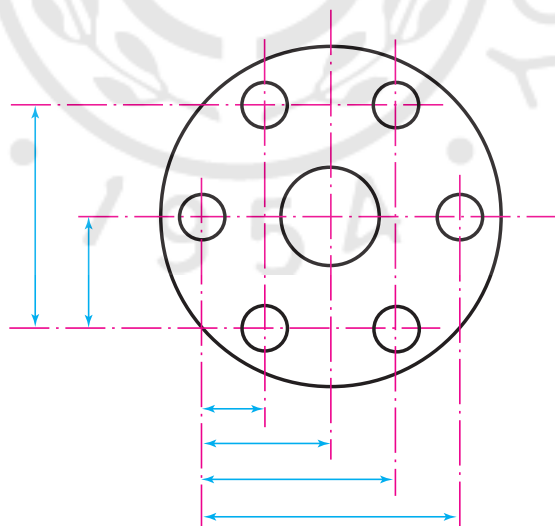
Σχ. 8.4δ.  
Γραμματοκιβώτιο.



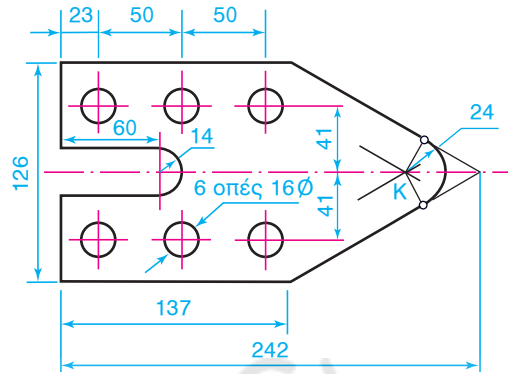
Σχ. 8.4ε.  
Γραμματοκιβώτιο.



Σχ. 8.4ιστ.  
Λάμα με τρύπες.



Σχ. 8.4ιζ.  
λάντζα με τρύπες.



Σχ. 8.4η.  
Πέδλο.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΝΑΤΟ

### ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΕΩ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΕΩ ΣΧΕΔΙΑΣΕΙΩ

#### 9.1 Γενικά.

Για κάθε κατασκευή γενικά απαιτείται μια απεικόνισή της, η οποία με τη δική της γλώσσα πρέπει να δίνει όλες τις πληροφορίες, που χρειάζεται ο κατασκευαστής, ή γενικότερα όποιος θέλει να πληροφορηθεί ακριβώς, πώς είναι το κατασκεύασμα ή το έργο για το οποίο ενδιαφέρεται.

Επομένως και κάθε δομική κατασκευή χρειάζεται το σχέδιό της. Και γενικότερα κάθε τεχνικό έργο, όπως π.χ. μια οικοδομή, ένα γεφύρι, ένας δρόμος, μια προβλήτα, μια σήραγγα κλπ. Ακόμα και ένα οικοπέδο, μικρό ή μεγάλο, πρέπει να είναι δυνατόν να απεικονισθεί με ένα σχέδιο, το τοπογραφικό.

Για να έχουμε μια πλήρη εικόνα της οικοδομής που θέλουμε να κτίσουμε, χρειάζονται διάφορα σχέδια και μελέτες, που τα χωρίζουμε στις εξής κατηγορίες:

- α) Τοπογραφικό του οικοπέδου.
- β) Οικοδομικά και αρχιτεκτονικά.
- γ) Κατασκευαστικά, λεπτομερειακά.
- δ) Στατικά.
- ε) Εγκαταστάσεων.

Μερικές πληροφορίες για τις παραπάνω κατηγορίες των σχεδίων αυτών δίνονται στις επόμενες γραμμές:

Στο **τοπογραφικό σχέδιο** απεικονίζεται το οικόπεδο που πάνω του θα κατασκευασθεί η οικοδομή. Το σχεδιάζουμε συνήθως σε κλίμακα 1:100 ή 1:200 ή και 1:500, ανάλογα με την έκτασή του και την ανάγκη που έχουμε να το αποτυπώσουμε με μεγαλύτερη ή μικρότερη ακρίβεια.

Στα **οικοδομικά και αρχιτεκτονικά σχέδια** απεικονίζεται η οικοδομή σε κλίμακα 1:50 ή 1:100. Αυτά αποτελούν τα βασικά σχέδια της οικοδομής και είναι τα εξής:

- α) Κάτοψη θεμελίων.
- β) Κάτοψη ορόφων.



γ) Κάτοψη δώματος.

δ) Προσόψεις.

γ) Τομές.

στ) Προοπτικά (γενικά και ειδικά αρχιτεκτονικά).

Στα *κατασκευαστικά σχέδια* που είναι και αυτά οικοδομικά λεπτομερειακά σχεδιάσματα, απεικονίζεται με πληρέστερο τρόπο, με περισσότερες λεπτομέρειες, διαστάσεις και σημειώσεις κάθε μέρος της οικοδομής. Χάρη σε αυτά ο κατασκευαστής είναι σε θέση να κατασκευάσει την οικοδομή με τις λεπτομέρειες όπως τις φαντάστηκε και τις θέλησε ο μελετητής της.

Τα κατασκευαστικά σχέδια μπορούν να καλύψουν μόνο ορισμένα μέρη της οικοδομής, τα κυριότερα, π.χ. κουφώματα (πόρτες - παράθυρα), κλίσεις δωματίων, μονώσεις κλπ. Είναι όμως δυνατόν, αν η οικοδομή είναι σημαντική και ο μελετητής της δίνει σημασία στις λεπτομέρειες, να σχεδιάσει πολλά σχέδια λεπτομερειών για να καλύψει κάθε απορία του κατασκευαστή. Στα σχέδια λεπτομερειών χρησιμοποιούμε κλίμακες σχεδιάσεως 1:50 και 1:20 ή 1:25.

Στα *στατικά σχέδια* αποτυπώνονται τα αποτελέσματα των υπολογισμών της αντοχής των *φερόντων στοιχείων* του κτηρίου. Φέροντα στοιχεία της οικοδομής λέγονται όσα μέρη της οικοδομής χρησιμοποιούνται για να κρατούν όρθια την οικοδομή (κολώνες, δοκάρια, πλάκες κλπ.).

Η κλίμακα που χρησιμοποιούμε για τα σχέδια αυτά είναι συνήθως 1:50.

Στα *σχέδια εγκαταστάσεων* τέλος απεικονίζονται οι διάφορες μηχανολογικές και ηλεκτρολογικές εγκαταστάσεις, που αποτελούν το απαραίτητο συμπλήρωμα κάθε οικοδομής.

Τα σχέδια εγκαταστάσεων εκπονούν ειδικευμένοι μηχανικοί υπό κλίμακα συνήθως 1:50 και είναι τα εξής:

α) Αποχετεύσεων.

β) Υδρούσεως.

γ) Ηλεκτρικών εγκαταστάσεων.

δ) Θερμάνσεως ή και κλιματισμού.

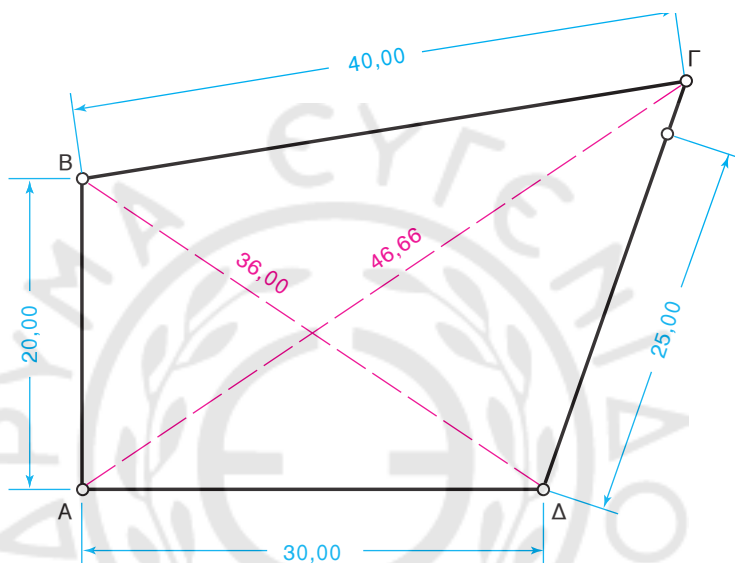
ε) Αναβατήρων και

στ) τηλεφωνικών εγκαταστάσεων ή κεραιών και πριζών τηλεοράσεως κλπ.

## 9.2 Τοπογραφικό σχέδιο οικοπέδου με οικοδομή.

Όταν χρειάζεται να απεικονίσουμε ένα οικοπέδο, πρέπει να μετρήσουμε ακριβώς τις πλευρές του και τις γωνίες του και αν είναι εύκολο και τις διαγώνιές του, ώστε να είναι δυνατόν να ελεγχθεί η ακρίβεια της αποτυπώσεώς του.

Αν π.χ. έχουμε ένα οικόπεδο σαν και αυτό που φαίνεται στο σχήμα 9.2α, μπορούμε να το αποτυπώσουμε χωρίς λάθος, αν γνωρίζουμε τις πλευρές και τις διαγωνίες του. Γιατί ανά δύο πλευρές με μια διαγώνιο σχηματίζουν τρίγωνα, που κατασκευάζονται εύκολα, όταν για κάθε τρίγωνο έχουμε τα μήκη των 3 πλευρών του (ΑΒ - ΒΓ - ΓΑ - και ΑΔ - ΔΓ - ΓΑ ή ΑΒ - ΒΔ - ΔΑ και ΒΓ - ΓΔ - ΔΒ).



Σχ. 9.2α.

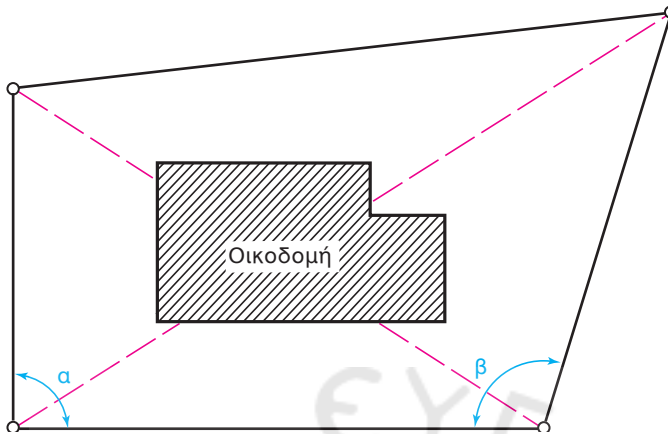
Αν έχουμε μάλιστα και τις δύο διαγωνίους θα ελέγξουμε ευκολότατα την ακρίβεια του σχεδίου μας, εφόσον το μήκος της διαγωνίου που μετράμε από το σχέδιο με την κλίμακα της σχεδιάσεως, αντιστοιχεί στο γνωστό ήδη μήκος της διαγωνίου.

Τα μήκη των πλευρών και των διαγωνίων γράφονται σε μέτρα επάνω στις βοηθητικές γραμμές των διαστάσεων, κόβοντάς τις στη μέση.

Υπάρχουν όμως περιπτώσεις, που δεν είναι εύκολο να μετρήσουμε τη διαγώνιο, γιατί κάποιο εμπόδιο που παρεμβάλλεται μας εμποδίζει. Π.χ. ένα κτισμένο ήδη σπίτι, μια λίμνη ή κάτι ανάλογο (σχ. 9.2β).

Στο σχήμα αυτό η οικοδομή παρεμβάλλεται και δεν μας είναι δυνατόν να μετρήσουμε παρά μόνο τις πλευρές, αλλά όχι και τις διαγωνίες, που χρειαζόμαστε για την αποτύπωση.

Δεν είναι όμως δυνατόν – όπως γνωρίζουμε από την επιπεδομετρία – να κατασκευάσουμε το τετράπλευρο και ακόμη δυσκολότερα ένα σχήμα με 5 ή

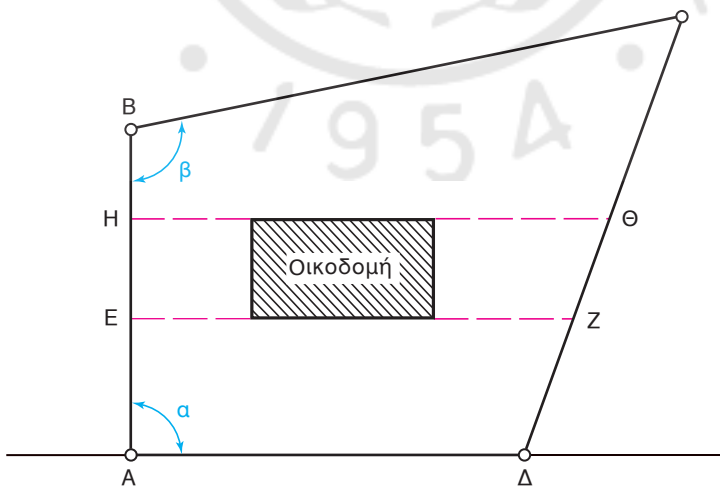


Σχ. 9.2β.

περισσότερες πλευρές, έχοντας μόνο τα μήκη των πλευρών του πολυγώνου.

Χρειάζεται να μετρήσουμε και τη γωνία  $\alpha$  ή τη  $\beta$  ή και τις δύο (για περισσότερη ασφάλεια, σχ. 9.2β).

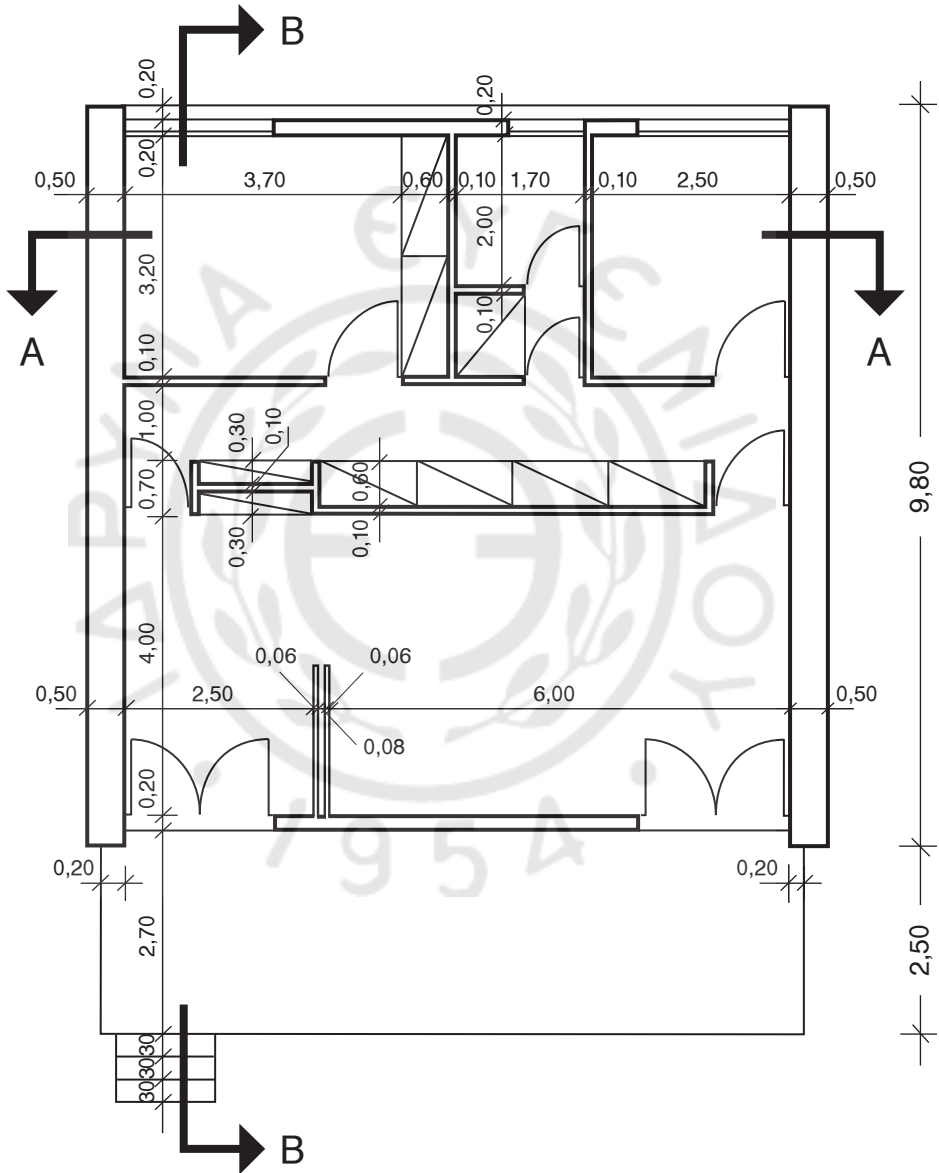
Αν δεν έχουμε τα κατάλληλα μέσα να μετρήσουμε τις γωνίες αυτές τότε πρέπει για να αποτυπώσουμε το οικόπεδο να το χωρίσουμε σε κομμάτια, που μπορούμε να τα σχεδιάσουμε χωρίς λάθος, με βάση όσα γράφονται στα προηγούμενα (με τα μήκη των τεσσάρων πλευρών, και της μιας, ή και των δύο διαγωνίων κάθε τετραπλεύρου) (σχ. 9.2γ).



Σχ. 9.2γ.

### 9.3 Σχεδίαση κατόψεως μιας απλής κατοικίας.

Η κάτοψη μιας κατοικίας σχεδιάζεται με τη μέθοδο της ορθής προβολής στο οριζόντιο προβολικό επίπεδο. Στο σχήμα 9.3α απεικονίζεται η κάτοψη

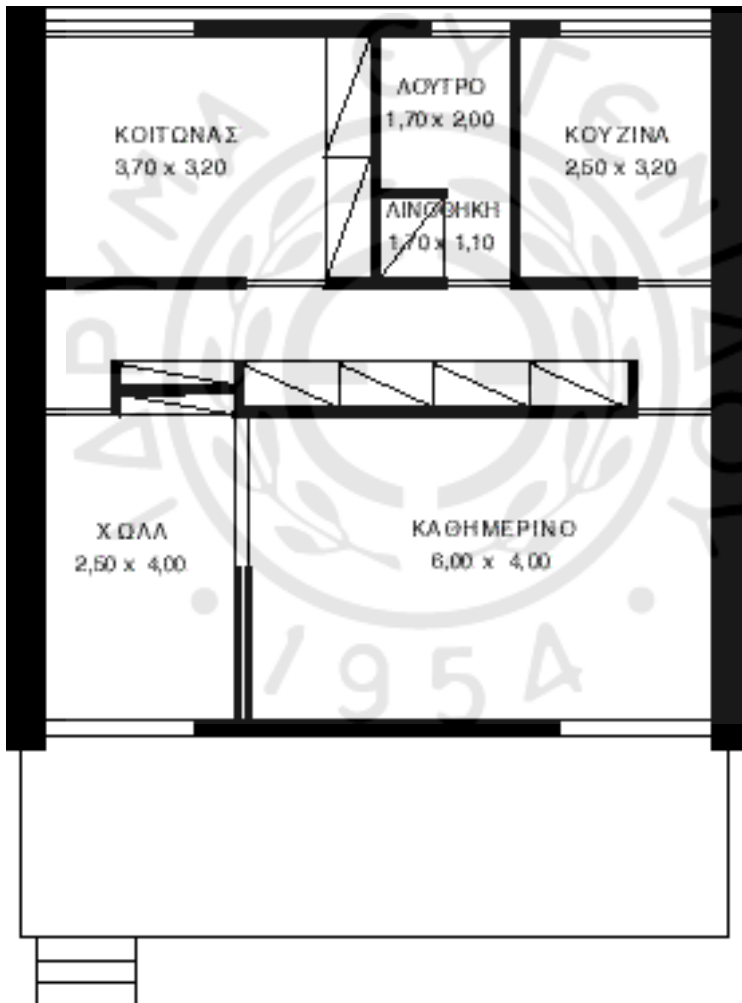


Σχ. 9.3α.

μιας απλής κατοικίας με το χωλλ, το καθημερινό, το υπνοδωμάτιο, την κουζίνα, το λουτρό και τη λινοθήκη. Σημειώνομε ότι η κάτοψη είναι μια τομή της οικοδομής με ένα οριζόντιο επίπεδο σε κατάλληλο ύψος ώστε να κόβει τις πόρτες και τα παράθυρα του ορόφου, που πρόκειται να απεικονίσουμε, όπως αναφέρθηκε και στην παράγραφο 6.2.1.

Επάνω στο σχέδιο αυτό έχουν σημειωθεί με το σωστό τρόπο όλες οι διαστάσεις που χρειάζονται για να το κατασκευάσουμε.

Η ίδια οικοδομή θα ήταν δυνατόν να σχεδιασθεί όπως δείχνει το σχήμα 9.3β.



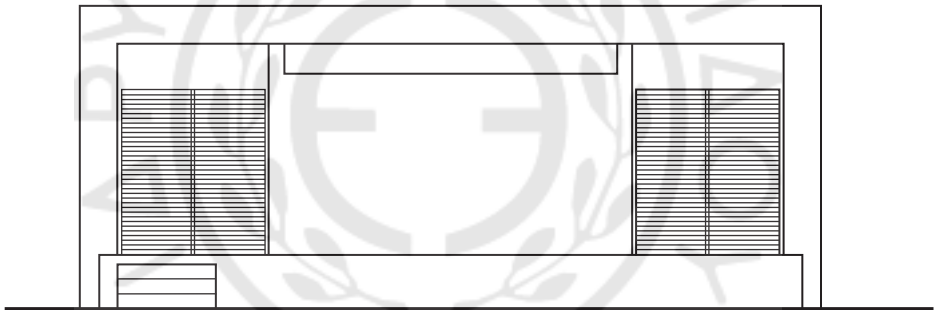
Σχ. 9.3β.

Εδώ η παράσταση της κατόψεως της οικοδομής είναι ίσως πιο εντυπωσιακή, αλλά δεν είναι τόσο πλήρης σαν κατασκευαστικό σχέδιο, γιατί λείπουν λεπτομέρειες και οι διαστάσεις δεν είναι εύκολο να τοποθετηθούν όπως στο προηγούμενο.

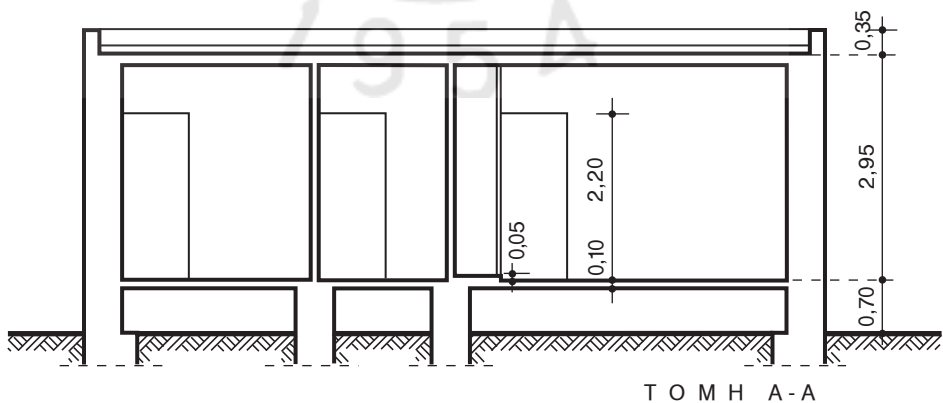
#### 9.4 Σχεδίαση όψεων και τομών απλής κατοικίας.

Για να απεικονισθεί κατά τρόπο ολοκληρωμένο η οικοδομή, χρειαζόμαστε τις όψεις της και καμιά φορά και ορισμένες τομές της.

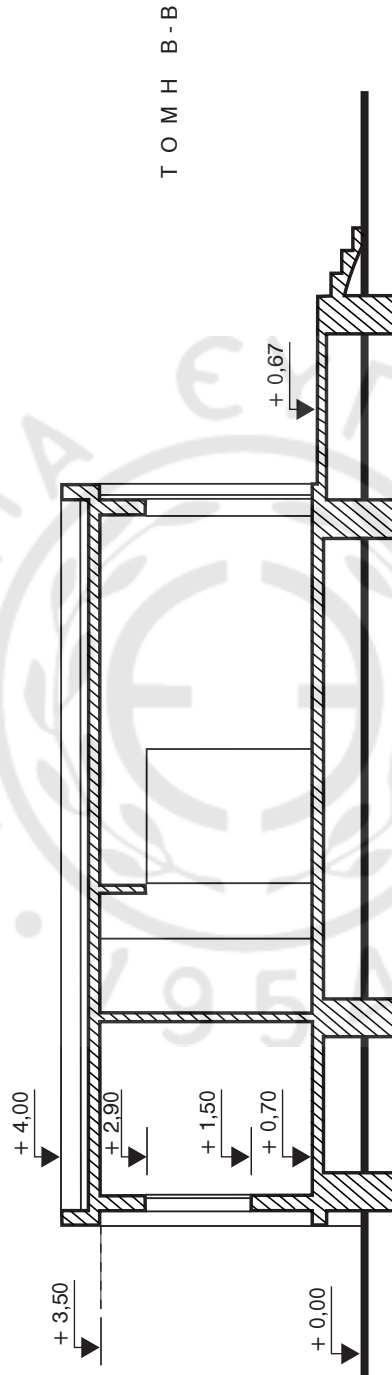
Π.χ. η πρόσοψη της οικοδομής, της οποίας σχεδιάσαμε στα προηγούμενα την κάτοψή της, θα ήταν δυνατόν να είναι αυτή που δείχνει το σχήμα 9.4α και οι τομές με τα επίπεδα ΑΑ και ΒΒ της κατόψεως του σχήματος 9.3α παρουσιάζονται στα επόμενα σχέδια (σχ. 9.4β και 9.4γ) με τις διαστάσεις των κουφωμάτων και διάφορα ύψη που βοηθούν τον κατασκευαστή στο έργο του.



Σχ. 9.4α.



Σχ. 9.4β.



Σχ. 9.4γ.

### 9.5 Χρήσιμες οδηγίες για τη σχεδίαση οικοδομικών έργων.

α) Οι γραμμές των τοίχων της οικοδομής σχεδιάζονται παχύτερες, ενώ οι γραμμές που υποδεικνύουν ίχνη από πόρτες, παράθυρα, ντουλάπια, πεζούλια κλπ. σχεδιάζονται πιο λεπτές - ή και καθόλου.

β) Οι θέσεις παραθύρων σχεδιάζονται με διακοπή της γραμμής του τοίχου. Στη θέση τους χαράζουμε μια ψιλή γραμμή. Αν το παράθυρο είναι δίφυλλο ή τρίφυλλο υποδεικνύεται στο σχέδιο με κατάλληλο τρόπο. Από τα σχέδια των σχημάτων 9.5α έως 9.5ε φαίνεται ο σωστός τρόπος για τη σχεδίαση των παραθύρων στην κάτοψη της οικοδομής.



Σχ. 9.5α.



Σχ. 9.5β.



Σχ. 9.5γ.



Σχ. 9.5δ.



Σχ. 9.5ε.

γ) Οι πόρτες σχεδιάζονται στην κάτοψη με πλήρη διακοπή της γραμμής του τοίχου.

δ) Στα σχήματα 9.5στ, 9.5ζ και 9.5η απεικονίζεται ο σωστός τρόπος σχεδίασεως των κατωφλίων των θυρών και των θυροφύλλων μαζί με την ένδειξη του τρόπου που ανοίγουν.

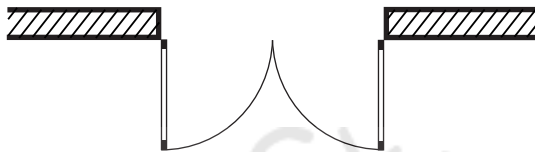
ε) Τα κουφώματα στην τομή τους σχεδιάζονται όπως δείχνεται στα σχήματα 9.5θ και 9.5ι.





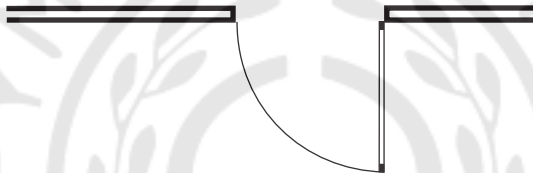
Σχ. 9.5στ.

Κάτοψη ανοίγματος πόρτας 1,50 x 2,40 m.



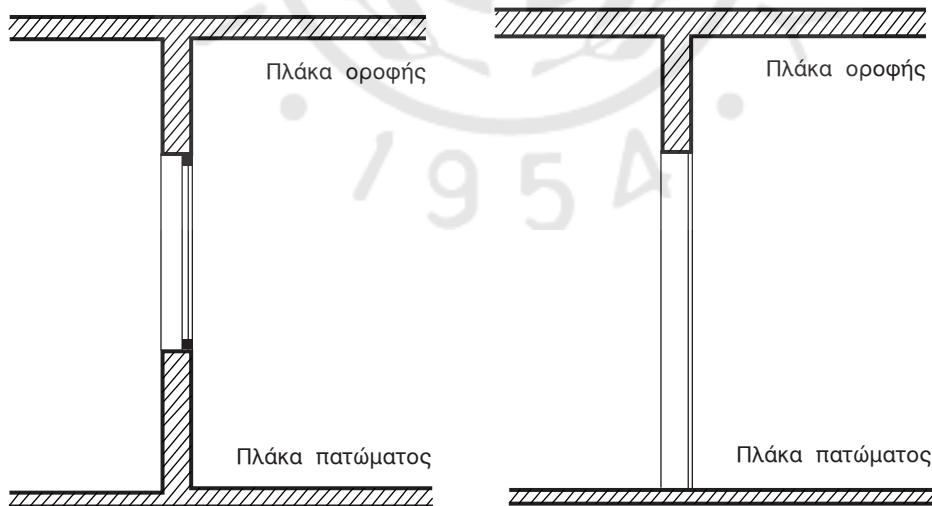
Σχ. 9.5ζ.

Κάτοψη δίφυλλης πόρτας.



Σχ. 9.5η.

Κάτοψη μονόφυλλης πόρτας.



Σχ. 9.5θ.

Τομή σε θέση παραθύρου.

Σχ. 9.5ι.

Τομή σε θέση πόρτας.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ

### ΣΧΕΔΙΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΣΕ ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΑ ΕΡΓΑ

#### 10.1 Γενικά.

Όπως έχουμε πει ήδη στα προηγούμενα, σήμερα δεν είναι δυνατόν να βοηθεί οικοδομή, χωρίς να έχει σωστή ηλεκτρική εγκατάσταση, όπως και υδραυλική και αποχετευτική. Πολλές φορές μάλιστα έχει και εγκατάσταση κεντρικής θέρμανσεως ή κλιματισμού.

Για να είναι σωστές οι εγκαταστάσεις αυτές πρέπει να μελετηθούν μαζί με την κατασκευή του κτιρίου και να σχεδιασθούν πριν ακόμη αρχίσει η κατασκευή. Και ο κατασκευαστής των εγκαταστάσεων αυτών θα πρέπει να συμμορφωθεί με τις οδηγίες του σχεδίου, για να κατασκευάσει την εγκατάσταση, όπως τη θέλησε ο μελετητής της.

Γι' αυτό συμπλήρωμα κάθε οικοδομικής μελέτης είναι οι μελέτες των εγκαταστάσεων υγιεινής, θέρμανσεως και ηλεκτρισμού, και επομένως και τα σχέδιά τους.

Ηλεκτρικές σχεδιάσεις δεν έχουμε μόνον για τις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις των οικοδομών, αλλά και για ηλεκτρικά μηχανήματα ή γενικότερα ηλεκτρικές εγκαταστάσεις, όπως είναι π.χ. εγκαταστάσεις παραγωγής και διανομής ηλεκτρικού ρεύματος, τηλεφωνικές εγκαταστάσεις, ραδιοφωνικές, τηλεοπτικές, ηλεκτρονικές και λοιπές.

Για τη σχεδίαση των ηλεκτρικών αυτών εγκαταστάσεων υπάρχουν κανόνες και συμβολισμοί, που δυστυχώς δεν εφαρμόζονται σε όλο τον κόσμο μονοσήμαντα, δηλαδή πάντα κατά τον ίδιο τρόπο.

Για τους κυριότερους από αυτούς θα γίνει λόγος στις επόμενες παραγράφους και θα δοθούν οι συνηθέστεροι συμβολισμοί στον τόπο μας, που είναι σχεδόν οι ίδιοι με αυτούς που ισχύουν στη Γερμανία (Γερμανικοί Κανονισμοί).

Στο βιβλίο αυτό θα περιορισθούμε σε οδηγίες για πολύ απλές σχεδιάσεις. Πολυπλοκότερες σχεδιάσεις καθώς και περισσότεροι συμβολισμοί που ενδιαφέρουν τους ειδικούς στα ηλεκτρολογικά

περιέχονται στο βιβλίο «Ηλεκτρολογικό Σχέδιο».

## 10.2 Σχεδίαση των ηλεκτρικών κυκλωμάτων.

Όπως είναι γνωστό από τον ηλεκτρισμό, για να υπάρξει ηλεκτρικό ρεύμα, πρέπει να υπάρχει και ένα ηλεκτρικό κύκλωμα.

Απειρία ηλεκτρικών κυκλωμάτων, από τα απλούστερα έως τα πιο πολύπλοκα, συνθέτουν τις διάφορες ηλεκτρικές εγκαταστάσεις. Για να έχουμε τη δυνατότητα να μελετήσουμε ή να κατασκευάσουμε τα κυκλώματα αυτά, πρέπει πρώτα να τα αποτυπώσουμε σε ένα σχέδιο.

Οι βασικοί τρόποι με τους οποίους μπορούμε να αποτυπώσουμε τα ηλεκτρικά κυκλώματα είναι τρεις:

- α) Με το **θεωρητικό** ή **κυκλωματικό σχέδιο** (ή **σχέδιο λειτουργίας**).
- β) Με το **κατασκευαστικό** ή **συνδεσμολογικό σχέδιο** (ή **σχέδιο εγκαταστάσεως**) και
- γ) με το **εποπτικό σχέδιο**.

Με το πρώτο, το **θεωρητικό**, καταβάλλομε κάθε προσπάθεια να παρουσιάσουμε τις ηλεκτρικές γραμμές (συρματώσεις) και τα ηλεκτρικά εξαρτήματα και συσκευές (διακόπτες, φώτα, αντιστάσεις, πηνία, πυκνωτές, λυχνίες, τρανζίστορς, κινητήρες κλπ.) όσο πιο απλά και εποπτικά είναι δυνατόν, ώστε να μας είναι εύκολο να παρακολουθήσουμε το δρόμο που ακολουθεί το ηλεκτρικό ρεύμα στα σύρματα, τις συσκευές, δηλαδή στα κυκλώματα.

Αυτό έχει σαν συνέπεια να παρουσιάζομε στο σχέδιο γραμμές, εξαρτήματα, συσκευές κλπ. όχι στις πραγματικές θέσεις που έχουν στην εγκατάσταση, αλλά σε θέσεις που μας διευκολύνουν στο να απλοποιήσουμε το σχέδιο για την εύκολη μελέτη του.

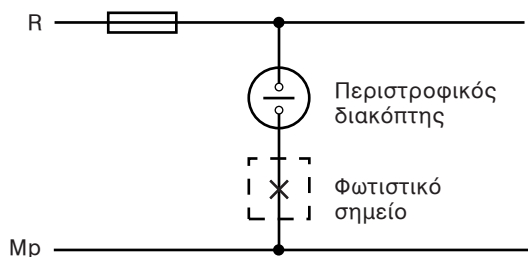
**Αντίθετα** στο κατασκευαστικό σχέδιο τα εξαρτήματα, οι γραμμές, οι συσκευές και γενικά, ότι συγκροτεί την εγκατάσταση, αποτυπώνονται στο σχέδιο στις πραγματικές τους θέσεις, ώστε ο κατασκευαστής ή ο αναζητητής μιας βλάβης να υποβοηθείται στην εργασία του, βρίσκοντας εύκολα τη θέση του κάθε εξαρτήματος.

Σαν παράδειγμα παρουσιάζομε τα σχήματα 10.2α και 10.2β, που απεικονίζουν την ίδια ηλεκτρική εγκατάσταση, που αποτελείται από ένα φωτιστικό σημείο το οποίο ελέγχεται από ένα μονοπολικό περιπροσφικό διακόπτη.

Στο κυκλωματικό σχέδιο η εγκατάσταση αυτή απεικονίζεται όπως δείχνει το σχήμα 10.2α.

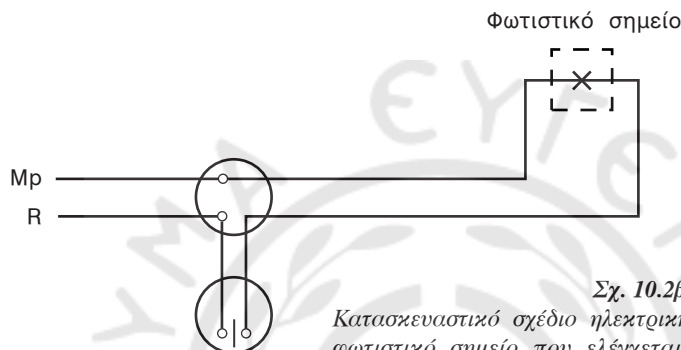
Στο συνδεσμολογικό ή κατασκευαστικό σχέδιο η ίδια εγκατάσταση απεικονίζεται όπως φαίνεται στο σχήμα 10.2β.

Επειδή πολλές φορές στα κατασκευαστικά σχέδια τοποθετούνται με την



Σχ. 10.2α.

Κυκλωματικό σχέδιο ηλεκτρικής εγκαταστάσεως με ένα φωτιστικό σημείο που ελέγχεται από ένα



Σχ. 10.2β.

Κατασκευαστικό σχέδιο ηλεκτρικής εγκαταστάσεως με ένα φωτιστικό σημείο που ελέγχεται από έναν περιστροφικό

ίδια πορεία πολλά σύρματα μαζί, για να τα ξεχωρίζουμε εύκολα, αριθμίζουμε με τους ίδιους αριθμούς τις αρχές και τα πέρατά τους, ή χρησιμοποιούμε διάφορους συνθηματικούς χρωματισμούς, που μας βοηθούν στο ξεχώρισμα αυτό.

Τέτοια πολύπλοκα κατασκευαστικά σχέδια τα ετοιμάζουμε συνήθως στα γραφεία ειδικών τεχνικών μελετών.

Στις απλές ηλεκτρολογικές κατασκευές αποφεύγεται η χρήση τέτοιων σχεδίων, γιατί σε αυτές οι γραμμές είναι μάλλον περιορισμένες. Οποσδήποτε όμως ο κατασκευαστής εφαρμόζοντας τον κανονισμό κατασκευής τεχνικών εγκαταστάσεων χρησιμοποιεί στην εργασία του χρωματιστά σύρματα, που χαρακτηρίζουν τους αγωγούς, όπως π.χ. τη γείωση, τον ουδέτερο αγωγό, τον αγωγό φάσεως κλπ.

Στα εποπτικά σχέδια παρουσιάζουμε την εγκατάσταση με τον απλούστερο συμβολικό τρόπο, αποφεύγοντας λεπτομέρειες που δεν είναι απαραίτητες να δειχθούν με το εποπτικό σχέδιο.

Στο βιβλίο αυτό θα ασχοληθούμε μόνο με απλά σχέδια θεωρητικά, κατασκευαστικά και εποπτικά γιατί τα πιο προχωρημένα αποτελούν, όπως είπαμε ήδη, το αντικείμενο της εργασίας των ειδικευμένων μηχανικών, σχεδιαστών και τεχνιτών.

### 10.3 Συμβολισμοί.

Για να διευκολυνθεί και η αποτύπωση και η κατανόηση των ηλεκτρικών κυκλωμάτων, χρησιμοποιούμε σε πλατιά κλίμακα συμβολισμούς. Χάρη σε αυτούς είναι δυνατόν χωρίς δυσκολία αλλά και χωρίς αμφισβητήσεις και ερωτηματικά, να παρουσιάζουμε απλά τα διάφορα εξαρτήματα, συσκευές κλπ.

Είναι δυνατόν χάρη στους συμβολισμούς να παρουσιάσουμε ένα κύκλωμα με μια μόνο γραμμή, ενώ έχει περισσότερες, π.χ. 2 ή 3, επισημαίνοντάς την με όλες τις αναγκαίες πληροφορίες, σχετικά με το πόσα και τι είδους σύρματα χρησιμοποιούμε. Τα σχέδια αυτά τα ονομάζουμε **μονογραμμικά** ή **απλοποιημένα**, σε αντίθεση με τα σχέδια στα οποία σχεδιάζουμε όλους τους αγωγούς και τα εξαρτήματα με όλους τους πόλους τους, που τα ονομάζουμε **πολυγραμμικά**.

Π.χ. η ηλεκτρική εγκατάσταση με το φωτιστικό σημείο, που ελέγχεται από έναν περιστροφικό διακόπτη, η οποία απεικονίζεται στα σχήματα 10.2α και 10.2β, είναι δυνατόν να σχεδιασθεί μονογραμμικά, όπως φαίνεται στο σχήμα 10.3.



Σχ. 10.3.

*Ηλεκτρική εγκατάσταση με ένα φωτιστικό σημείο που ελέγχεται από έναν περιστροφικό διακόπτη σε μονογραμμικό εποπτικό σχέδιο.*

Η σχεδίαση αυτή είναι απλούστερη, εποπτικότερη και δίνει σε έναν τεχνικό που γνωρίζει να διαβάζει ηλεκτρικό σχέδιο, όλα τα στοιχεία που περιλαμβάνουν τα σχήματα 10.2α και 10.2β.

Στους παρακάτω πίνακες περιλαμβάνονται τα πιο συνηθισμένα σύμβολα, που συναντά κανείς κυρίως στα σχέδια ηλεκτρικών εγκαταστάσεων φωτισμού.

Πιο πλήρης πίνακας συμβόλων, που ενδιαφέρει πλέον όσους ασχολούνται ειδικά με τον ηλεκτρισμό, έχει περιληφθεί στο βιβλίο «Ηλεκτρολογικό Σχέδιο».

Τα σύμβολα τα χωρίζουμε κατά κατηγορίες ως εξής:








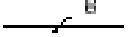

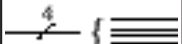
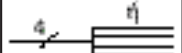
**ΠΙΝΑΚΑΣ 7**  
**ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΣΥΜΒΟΛΑ**

**Κατηγορία Α΄ Συμβολισμοί των διαφόρων ηλεκτρικών ρευμάτων και του τρόπου διανομής τους**

A/A	Περιγραφή	Σύμβολο
1	Συνεχές ρεύμα ή σπανιότερα.	
2	Εναλλασσόμενο ρεύμα. Γενικό σύμβολο.	
3	Εναλλασσόμενο ρεύμα με βιομηχανική συχνότητα. Με ακουστική συχνότητα. Με υπερηχητική συχνότητα (ραδιοφωνική, φέρουσα κλπ.).	
4	Σύμβολο για μηχανές ή συσκευές που λειτουργούν και με συνεχές και με εναλλασσόμενο ρεύμα.	
5	Κυματοειδές και ανορθωμένο ρεύμα.	
6	Τριφασικό εναλλασσόμενο ρεύμα 50 περιόδων 220 V.	
7	Σύμβολο του ουδέτερου.	<b>N</b>
8	Τριφασικό εναλλασσόμενο ρεύμα με ουδέτερο.	
9	Όταν σε ένα σύμβολο 3φασικού ρεύματος σημειώνεται η τάση, τότε αυτή θα είναι η πολική τάση. Π.χ. ο απέναντι συμβολισμός σημαίνει 3φασικό με ουδέτερο, 50 περιόδων και πολική τάση 380V (η τάση ανάμεσα σε κάθε φάση και στον ουδέτερο θα είναι 220 V).	
10	Στο συνεχές ρεύμα με 2 αγωγούς η τάση γράφεται μετά το σύμβολο.	
11	Στο συνεχές ρεύμα με 3 αγωγούς από τους οποίους ο ένας είναι ουδέτερος, συμβολίζεται όπως απέναντι (μεταξύ ακραίων αγωγών και ουδέτερου η τάση	
12	Πολικότητα θετική. Αρνητική.	

(ΠΙΝΑΚΑΣ 7, συνέχεια)

**Κατηγορία Β΄ Συμβολισμοί ηλεκτρικών κυκλωμάτων**

Α/Α	Περιγραφή	Σύμβολο Παράσταση	
		Μονογραμμική	Πολυγραμμική
1	Ένας αγωγός ή μια ομάδα αγωγών.		
2	Εύκαμπτος αγωγός.		
3	Δύο αγωγοί.		
4	Τρεις αγωγοί.		
5	n-αγωγοί.		
6	<p><b>Παρατήρηση.</b> Αν το πολυγραμμικό σύμβολο αποτελείται από περισσότερες γραμμές από 4, είναι σκόπιμο να τις χωρίσουμε σε ομάδες από 3 γραμμές την καθεμιά. Αρχίζοντας ανά 3 γραμμές από πάνω προς τα κάτω, με μικρές αποστάσεις μεταξύ τους, θα ξεχωρίζουμε τη μια ομάδα 3 γραμμών από την επόμενη με μια κάπως μεγαλύτερη απόσταση. Η τελευταία ομάδα γραμμών είναι δυνατόν να αποτελείται από 1 γραμμή, 2 ή 3 γραμμές.</p> <p><b>Παράδειγμα.</b> 8 αγωγοί.</p>		
7	<p>Ο τρόπος με τον οποίο γίνεται η μεταπήδηση από μονογραμμική σε πολυγραμμική παράσταση είναι ο</p> <p><b>Παράδειγμα.</b> 4 αγωγοί.</p>	 	



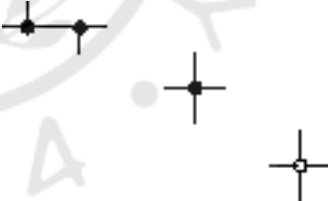

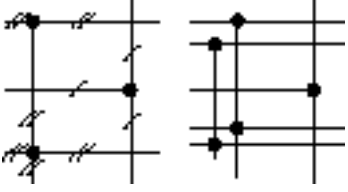
(ΠΙΝΑΚΑΣ 7, συνέχεια)

Α/Α	Περιγραφή	Σύμβολο Παράσταση	
		Μονογραμμική	Πολυγραμμική
6	<p>Αν θέλομε να δώσομε τα χαρακτηριστικά των αγωγών και το σύστημα της διανομής, γράφομε στο σχέδιο:</p> <p>α) Επάνω από τη γραμμή κατά σειρά: Το είδος του ρεύματος το σύστημα διανομής η συχνότητα η τάση.</p> <p>β) Κάτω από τη γραμμή κατά σειρά: Ο αριθμός των αγωγών του κυκλώματος. Η διατομή σε mm<sup>2</sup> κάθε αγωγού. Οι δύο αυτοί αριθμοί χωρίζονται με ένα X. Αν οι αγωγοί του κυκλώματος έχουν διαφορετικές διατομές, σημειώνονται οι αριθμοί που τις χαρακτηρίζουν, ο ένας ύστερα από τον άλλο, αλλά χωρίζονται με το +. Το υλικό του αγωγού καθορίζεται με το χημικό σύμβολό του, που</p>		
	<p><b>Παράδειγμα.</b></p> <p>1) Κύκλωμα συνεχούς ρεύματος, 110 V, με δύο αγωγούς αλουμινίου (Al) των 125 mm<sup>2</sup>.</p>		
	<p>2) Κύκλωμα τριφασικό, 50 Hz, 6000 V με τρεις αγωγούς χάλκινους των 50</p>		



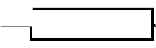

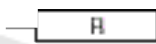




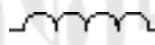


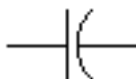


(ΠΙΝΑΚΑΣ 7, συνέχεια)

**Κατηγορία Γ' Συμβολισμοί ακροδεκτών και τρόπου συνδέσεως των αγωγών**






Α/Α	Περιγραφή	Σύμβολο
1	<p>Σε όργανα που έχουν αρθρωτούς επαφείς (π.χ. μαχαιρωτούς διακόπτες) είναι δυνατόν να γίνει η εξής διάκριση:            Για τον ακροδέκτη που συνδέεται με τον αρθρωτό επαφέα το σύμβολο.            Για τον ακροδέκτη που συνδέεται με τον ακίνητο επαφέα το σύμβολο.</p>	
2	<p>Συνδέσεις αγωγών (μόνιμες).            Συνδέσεις αγωγών (λυόμενες) με κλέμμα.  <b>Σημείωση.</b>            Το σύμβολο για τη σύνδεση αγωγών μεταξύ τους επιτρέπεται να το παραλείψουμε, μόνο όταν έχουμε μια απλή διακλάδωση. Σε όλες τις άλλες περιπτώσεις πρέπει να το σημειώνουμε.</p>	
3	<p>Διπλή διακλάδωση (με μόνιμη σύνδεση).            Διπλή διακλάδωση (με λυόμενη σύνδεση).</p>	
4	<p>Διασταύρωση χωρίς ηλεκτρ. σύνδεση.</p>	
	<p><b>Παράδειγμα.</b>            Διασταυρούμενοι και διακλαδιζόμενοι αγωγοί.</p>	

(ΠΙΝΑΚΑΣ 7, συνέχεια)

**Κατηγορία Δ' Αντιστάσεις, πηνία πυκνωτές κλπ.**




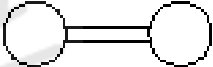
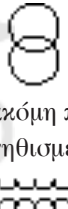
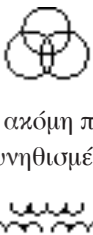

Α/Α	Περιγραφή	Σύμβολο	
		Προτιμώμενο	Άλλη μορφή του
1	Αντίσταση. Αντίσταση (όταν δεν είναι ανάγκη να καθορισθεί αν είναι άνεργος ή όχι).		
2	Ωμική αντίσταση. Ωμική αντίσταση.		
3	Σύνθετη αντίσταση.		
4	Αυτεπαγωγή. Αυτεπαγωγή.		
5	Αυτεπαγωγή. Πηνίο ή τύλιγμα.		
6	Πυκνωτής - Χωρητικότητα. <b>Σημείωση.</b> Η απόσταση ανάμεσα στις δύο γραμμές πρέπει να είναι μικρότερη από το ένα πέμπτο του μήκους τους.		
7	Γείωση.		
8	Σύνδεση επάνω σε πλαίσιο ή σώμα. <b>Σημείωση.</b> Η διαγράμμιση είναι δυνατόν να παραλειφθεί ολότελα, αν και εφ' όσον δεν δημιουργούνται αμφιβολίες. Αν παραλείψουμε τη διαγράμμιση, τότε πρέπει να σχεδιάσουμε τη γραμμή που παριστάνει το πλαίσιο ή το σώμα <b>παχύτερη</b> .		

(Πίνακας 7, συνέχεια)

Α/Α	Περιγραφή	Σύμβολο
	<i>Παράδειγμα.</i> Γείωση πλαισίου.	
9	<i>Σφάλμα (διαρροή).</i>  Το σύμβολο αυτό χρησιμοποιείται και για την ένδειξη κινδύνου λόγω υψηλής τάσεως.	 
10	<i>Παράδειγμα.</i> Θέση σφάλματος προς σώμα.	
11	Μεταβλητότητα, γενικό σύμβολο. <i>Η κλίση του βέλους πρέπει να είναι 45° ως προς το σύμβολο.</i> <i>Μεταβλητότητα συνεχής.</i>  Μεταβλητότητα κατά βήματα.	



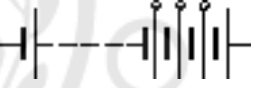


(ΠΙΝΑΚΑΣ 7, συνέχεια)

**Κατηγορία Ε' Γενικά σύμβολα ηλεκτρικών μηχανών και μετασχηματιστών**

Α/Α	Περιγραφή	Σύμβολο
1	Γεννήτρια.	
2	Κινητήρας.	
3	Μηχανή που έχει τη δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί είτε σαν γεννήτρια είτε σαν	
4	Μηχανές που είναι κοπλαρισμένες με μηχανικό τρόπο.	
5	Μετασχηματιστής με δύο ανεξάρτητα τυλίγματα.	 ή ακόμη πιο συνηθισμένα
6	Μετασχηματιστής με τρία ανεξάρτητα τυλίγματα.	 ή ακόμη πιο συνηθισμένα
7	Αυτομετασχηματιστής.	 ή ακόμη πιο συνηθισμένα

(ΠΙΝΑΚΑΣ 7, συνέχεια)

**Κατηγορία ΣΤ Σύμβολα για πρωτογενή στοιχεία και συστοιχίες**

A/A	Περιγραφή	Σύμβολο
1	Πρωτογενές στοιχείο ή συσσωρευτής. Η γραμμή με το μεγαλύτερο μήκος παριστάνει το θετικό πόλο. Η πιο κοντή τον αρνητικό πόλο.	
2	Συστοιχία συσσωρευτών ή πρωτογενή στοιχεία. Το υπ. αρ. 1 παραπάνω σύμβολο είναι επίσης δυνατόν να παριστάνει μια συστοιχία, αν δεν υπάρχει κίνδυνος συγχύσεως. Αν υπάρχει τέτοιος κίνδυνος πρέπει να σημειώσουμε την τάση, τον αριθμό και το είδος των στοιχείων.	
3	Συστοιχία με λήψεις.	
4	Συστοιχία με ρυθμιζόμενη τάση.	
5	Συστοιχία με μονοπολικό διακόπτη του τελικού στοιχείου.	

(ΠΙΝΑΚΑΣ 7, συνέχεια)

**Κατηγορία Ζ' Σύμβολα για τις γραμμές των εσωτερικών ηλεκτρικών εγκαταστάσεων**


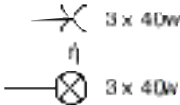








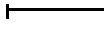
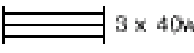
A/A	Περιγραφή	Σύμβολο
1	Γραμμή που οδεύει προς τα άνω.	
2	Γραμμή που οδεύει προς τα κάτω.	
3	Γραμμή που μεταφέρει ενέργεια προς τα άνω.	
4	Γραμμή που μεταφέρει ενέργεια από επάνω.	
5	Γραμμή που μεταφέρει ενέργεια προς τα κάτω.	
6	Γραμμή που μεταφέρει ενέργεια από κάτω.	
7	Γραμμή που μεταφέρει ενέργεια από κάτω προς τα άνω.	
8	Γραμμή που μεταφέρει ενέργεια από επάνω προς τα κάτω.	
9	Γραμμή που μεταφέρει ενέργεια και προς τα επάνω και προς τα κάτω.	
10	Γραμμή κινητή.	
11	Γραμμή μέσα σε προστατευτικό σωλήνα χωρίς ένδειξη του είδους του.	
12	Γραμμή μέσα σε προστατευτικό μονωτικό σωλήνα (τύπου Μπέργκιμαν).	
13	Γραμμή μέσα σε πλαστικό σωλήνα.	

(Πίνακας 7, συνέχεια)

A/A	Περιγραφή	Σύμβολο
14	Γραμμή μέσα σε μονωτικό σωλήνα με χαλύβδινη προστασία (χαλυβδосωλήνα).	κ
15	Γραμμή μέσα σε χαλύβδινο σωλήνα χωρίς εσωτερική μόνωση.	κ
16	Γραμμή από γυμνούς αγωγούς.	Γ
17	Γραμμή καλωδίου, π.χ. NYM	κ NYM
18	Γραμμή ορατή.	///
19	Γραμμή εντοιχισμένη (χωνευτή) κάτω από το επίχρισμα.	///
20	Γραμμή εντοιχισμένη (χωνευτή) μέσα στο επίχρισμα.	///



(Πίνακας 7, συνέχεια)

**Κατηγορία Η' Συμβολισμοί φωτιστικών σωμάτων**

A/A	Περιγραφή	Σύμβολο
1	Φωτιστικό σημείο (τροφοδοτική έξοδος) ή φωτιστικό σώμα. Η ισχύς της λυχνίας είναι δυνατόν να σημειωθεί διπλά. Γενικό σύμβολο.	
2	Πολλαπλό φωτιστικό σώμα με ένδειξη του αριθμού των λυχνιών και της ισχύος τους, π.χ. 3 λυχνίες των 40 W.	
3	Φωτιστικό σώμα με διακόπτη.	
4	Φωτιστικό σώμα στεγανό. Γενικό σύμβολο.	
5	Φωτιστικό σώμα με δύο ανεξάρτητα κυκλώματα.	
6	Φωτιστικό σώμα με δύο ανεξάρτητα κυκλώματα από τα οποία το ένα ανάγκης.	
7	Φωτιστικό σώμα μεταβλητής εντάσεως.	
8	Φωτιστικό σώμα ανάγκης (ασφαλείας).	
9	Φωτιστικό σώμα πανικού.	
10	Προβολέας. Γενικό σύμβολο.	
11	Φωτιστικό σώμα λυχνίας φθορισμού.	
12	Φωτιστικό σώμα με περισσότερες λυχνίες φθορισμού, π.χ. με 3 λυχνίες των 40 W η καθεμία.	



(Πίνακας 7, συνέχεια)

Α/Α	Περιγραφή	Σύμβολο
14	Φωτιστικό σώμα για λυχνία εκκενώσεως (αερίου). Γενικό σύμβολο.	
15	Πολλαπλό φωτιστικό σώμα για λυχνίες εκκενώσεως (αερίου), π.χ. με 3 λυχνίες.	





(ΠίΝΑΚΑώ 7, συνέχεια)

**Κατηγορία Θ' Διακόπτες εσωτερικών εγκαταστάσεων, κουμβία**

A/A	Περιγραφή	Σύμβολο
1	Διακόπτης μονοπολικός (απλός).	
2	Διακόπτης διπολικός.	
3	Διακόπτης τριπολικός.	
4	Διακόπτης επιλογής ομάδων.	
5	Διακόπτης διαδοχής (κομμιτατέρ).	
6	Διακόπτης εναλλαγής (αλλε-ρετούρ).	
7	Διακόπτης εναλλαγής (αλλε-ρετούρ) ενδιάμεσος.	
8	Διακόπτης τραβηκτός. <i>Παραδείγματα.</i> Διακόπτης μονοπολικός. Διακόπτης εναλλαγής (αλλε-ρετούρ).  <i>Παρατηρήσεις.</i> Με τα παραπάνω σύμβολα παριστάνομε τους διακόπτες τοίχου κάθε τύπου (περιστροφικούς, τράμπλερ κλπ.).	
9	α) Κουμπί (μπουτόν). β) Κουμπί με ενδεικτική λυχνία.	(α) (β)
10	α) Διακόπτης (γενικό σύμβολο). β) Τριπολικός διακόπτης (π.χ. μαχαιρωτός διακόπτης πίνακα).	(α) (β)
11	Αυτόματος διακόπτης με στοιχείο υπερωφρτίσεως (θερμικό).	













(Πίνακας 7, συνέχεια)

Α/Α	Περιγραφή	Σύμβολο
12	Χρονοδιακόπτης.	
13	Ωρολογιακός διακόπτης.	









(ΠίΝΑΚΑώ 7, συνέχεια)

**Κατηγορία Γ Ρευματοδότες (πρίζες)**

A/A	Περιγραφή	Σύμβολο
1	Ρευματοδότης απλός (δύο αγωγών).	
2	Ρευματοδότης διπλός.	
3	Ρευματοδότης πολλαπλός, π.χ. τριπλός.	
4	Ρευματοδότης με επαφή προστασίας.	
5	Ρευματοδότης τριφασικός χωρίς ουδέτερο, με γείωση.	
6	Ρευματοδότης τριφασικός με ουδέτερο και γείωση.	
7	Ρευματοδότης με διακόπτη.	
	Ρευματοδότης με διακόπτη που έχει τη δυνατότητα να μανδαλώνεται.	
8	Δότης (πρίζα) κεραίας.	
9	Δότης (πρίζα) τηλεφώνου.	
10	Ρευματολήπτης (φίς). Γενικό σύμβολο.	
11	Ρευματολήπτης με γείωση.	











(Πίνακας 7, συνέχεια)

**Κατηγορία ΙΑ΄ Πίνακες και ασφάλειες**





Α/Α	Περιγραφή	Σύμβολο
1	Πίνακας διανομής, π.χ. μιας γραμμής τροφοδοτήσεως και πέντε γραμμών αναχωρήσεως.	
2	Περίγραμμα που περιβάλλει τα όργανα και τις συσκευές που αποτελούν ένα συγκρότημα, π.χ. περίβλημα συσκευής, ερμάριο, πίνακας ηλεκτρικός κλπ.	
3	Κιβώτιο ηλεκτρικής παροχτεύσεως.	
4	Ασφάλεια. Γενικό σύμβολο.	
5	Ασφάλεια τριπολική.	
6	Ασφάλεια ονομαστικής εντάσεως 10 Α.	

(Πίνακας 7, συνέχεια)

**Κατηγορία IB' Συσκευές καταναλώσεως**



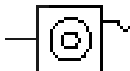
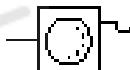






A/A	Περιγραφή	Σύμβολο
1	Ηλεκτρική συσκευή. Γενικό σύμβολο.	
2	Ηλεκτρική συσκευή με διακόπτη.	
3	Ηλεκτρικό μαγειρείο. Γενικό σύμβολο.	
4	Γκριλ (συσκευή ψήσιματος με υπέρυθη ακτινοβολία).	
5	Ηλεκτρικός θερμοσίφωνας, π.χ. 3 kW = 3000 Watt.	
6	Ηλεκτρικό πλυντήριο ρούχων.	
7	Ηλεκτρικό στεγνωτήριο.	
8	Ηλεκτρικό πλυντήριο πιάτων.	
9	Συσκευή ηλεκτρ. θερμάνσεως (θερμάστρα).	
10	Θερμοπομπός συσσωρεύσεως.	

(ΠίΝΑΚΑώ 7, συνέχεια)

Α/Α	Περιγραφή	Σύμβολο
11	Αερόθερμο συσσωρεύσεως.	
12	Ηλεκτρικός εξαεριστήρας.	
13	Συσκευή κλιματισμού.	
14	Ηλεκτρικό ψυγείο.	



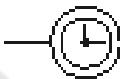

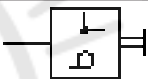








(Πίνακας 7, συνέχεια)

**Κατηγορία ΙΓ' Συμβολισμοί τηλεπικοινωνιακών συσκευών και μηχανημάτων**

A/A	Περιγραφή	Σύμβολο
1	Τηλεφωνική συσκευή. Γενικό σύμβολο.	
2	Τηλεφωνική συσκευή τοπικής συστοιχίας.	
3	Τηλεφωνική συσκευή κεντρικής συστοιχίας.	
4	Τηλεφωνική συσκευή αυτόματου κέντρου.	
5	Τηλεφωνική συσκευή ημιαυτόματου κέντρου.	
6	Τηλεφωνικός μεταλλάκτης (πίνακας).	
7	Αυτόματο τηλεφωνικό κέντρο.	
8	Κώδικας (κουδούνι).	
9	Βομβητής.	
10	Κλάξον.	



(Πίνακας 7, συνέχεια)

A/A	Περιγραφή	Σύμβολο
11	Σειρήνα.	
12	Ωρολόγιο (γενικό γύμβολο).	
13	Ωρολόγιο κύριο (μάνα).	
14	Κλειδαριά ηλεκτριστή.	
15	Ωρολόγιο χρονοσημάνσεως κατελών προσωπικού.	
16	Θυρομεγάφωνο.	
17	Ενίσχυση (γενικό σύμβολο).	
18	Μεγάφωνο.	
19	Ραδιοφωνικός δέκτης.	
20	Τηλεοπτικός δέκτης.	
21	Μίκτης κεραιών.	
22	Κεραία ραδιοφωνίας.	
23	Κεραία τηλεοράσεως.	

## 10.4 Οδηγίες για τη σχεδίαση απλών ηλεκτρικών εγκαταστάσεων οικοδομών.

Ανάλογα με το σκοπό που θέλουμε να χρησιμοποιήσουμε το σχέδιο, η ηλεκτρική εγκατάσταση θα απεικονισθεί είτε σε σχέδιο εγκαταστάσεως, είτε σε σχέδιο κυκλωματικό (θεωρητικό), είτε σε εποπτικό σχέδιο.

Ακόμη είναι δυνατόν να σχεδιασθεί είτε με την πολυγραμμική μέθοδο, είτε με τη μονογραμμική.

Σε όλες τις περιπτώσεις χρησιμοποιούμε τους καθιερωμένους στην Ελλάδα συμβολισμούς, για την απεικόνιση των εξαρτημάτων, συσκευών και των άλλων στοιχείων της εγκαταστάσεως. Ανάλογα με την περίπτωση είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν για το ίδιο εξάρτημα και δύο ή περισσότερα σύμβολα.

Π.χ. ο κοινός περιστροφικός διακόπτης είναι δυνατόν να συμβολισθεί με ένα από τα επόμενα σύμβολα (σχ. 10.4):



Σχ. 10.4.

Διάφοροι συμβολισμοί κοινού περιστροφικού διακόπτη.

Σε όλα τα ηλεκτρικά σχέδια οι γραμμές που φέρνουν το ρεύμα σχεδιάζονται παχύτερες από τις βοηθητικές γραμμές που παριστάνουν τους άλλους αγωγούς της συνδεσμολογίας των διαφόρων κυκλωμάτων.

Τα σχέδια που ακολουθούν είναι από τα απλούστερα. Σε αυτά παραλείπονται πολλές πληροφορίες, που συνθηματικά ή όχι συνήθως συμπληρώνουν τα σχέδια.

Πληρέστερα σχέδια περιέχονται στο βιβλίο του «Ηλεκτρολογικού Σχεδίου».

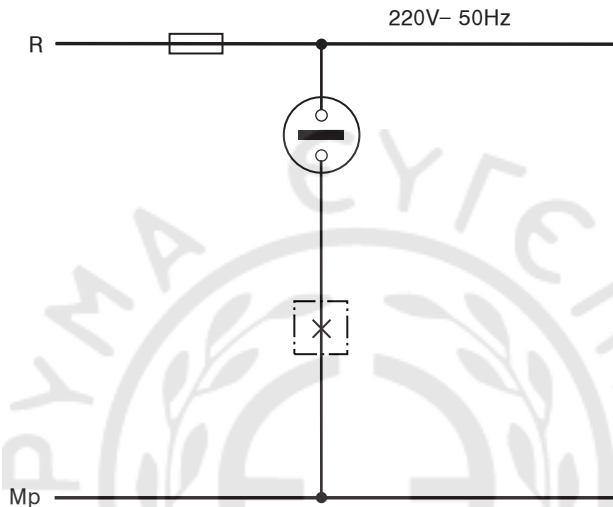
## 10.5 Παραδείγματα σχεδίασεως εσωτερικών ηλεκτρικών εγκαταστάσεων.

Στα παρακάτω παραδείγματα παρουσιάζουμε μερικά σχέδια απλών ηλεκτρικών κυκλωμάτων ή πολύ απλών ηλεκτρικών εγκαταστάσεων, με σκοπό να συνειδητοποιήσει ο αναγνώστης τον τρόπο με τον οποίο χρησιμοποιούνται τα σύμβολα.

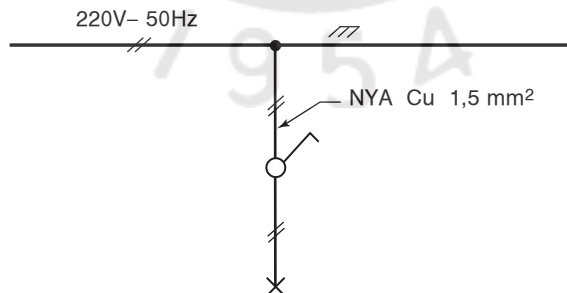
Στο βιβλίο του «Ηλεκτρολογικού Σχεδίου», δίδονται περισσότερα στοιχεία, πληροφορίες, λεπτομέρειες και εφαρμογές σχετικές με τις ηλεκτρολογικές σχεδιάσεις.

Για τώρα είναι αρκετό να μάθουμε να σχεδιάζουμε και να διαβάζουμε απλά ηλεκτρικά κυκλώματα.

Στο σχήμα 10.5α απεικονίζεται η ηλεκτρική εγκατάσταση ενός φωτιστικού σημείου, που ελέγχεται από έναν περιστροφικό διακόπτη με δύο τρόπους:



Σχέδιο πολυγραμμικό θεωρητικό



Σχέδιο μονογραμμικό εποπτικό

**Σχ. 10.5α.**

Σχεδίαση του ηλεκτρικού κυκλώματος ενός απλού φωτιστικού σημείου, που ελέγχεται από έναν περιστροφικό διακόπτη.

α) Κατά τον πολυγραμμικό θεωρητικό τρόπο και

β) κατά τον μονογραμμικό εποπτικό.

Στο σχήμα αυτό χρησιμοποιήθηκαν οι συμβολισμοί του Πίνακα 7.


Στο σχήμα 10.5β απεικονίζεται μια ομάδα φωτιστικών σημείων, που ελέγχονται από έναν περιστροφικό διακόπτη και μια πρίζα με γείωση.

R ————— Αγωγός φάσεως

SL - · - · - Αγωγός γείωσης



Mp ————— Ουδέτερος αγωγός

 Ασφάλεια

 Σημεία μόνιμης (μη λυόμενης) συνδέσεως

 Κουτί συνδέσεως

 Φωτιστικό σημείο

 ή  Μονοπολικός περιστροφικός διακόπτης

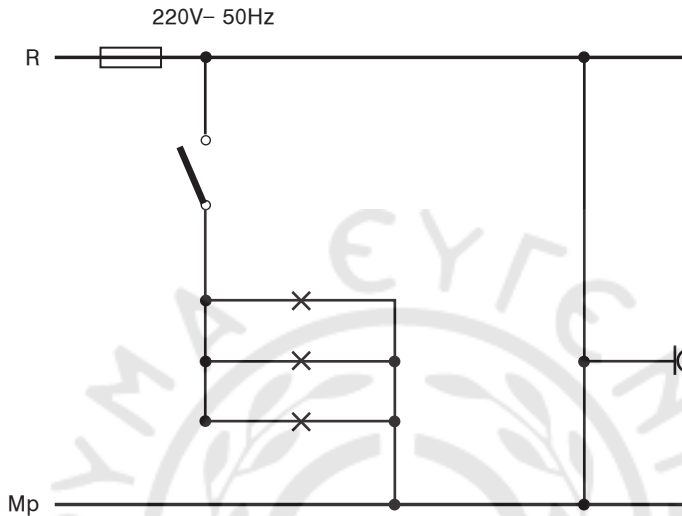
 (ο) Ηλεκτρική γραμμή μέσα σε προστατευτικό σωλήνα

 Ηλεκτρική γραμμή κάτω από το επίχρισμα

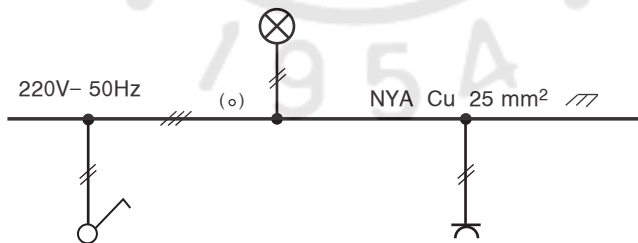
NYA Cu 1,5 mm<sup>2</sup> Ηλεκτρική γραμμή με τα χαρακτηριστικά της (τύπος μόνωσης NYA, υλικό αγωγού Cu, διάμετρος του 1,5 mm<sup>2</sup>)

Τα νέα σύμβολα που χρησιμοποιήθηκαν εδώ είναι:

Στο σχήμα 10.5γ απεικονίζονται δύο φωτιστικά σημεία, που ελέγχονται από ένα διακόπτη εναλλαγής (κομμιτατέρ), ώστε να μπορούμε να τα ανάψουμε και τα δύο ή πότε το ένα και πότε το άλλο.



Σχέδιο πολυγραμμικό θεωρητικό ή κυκλωματικό

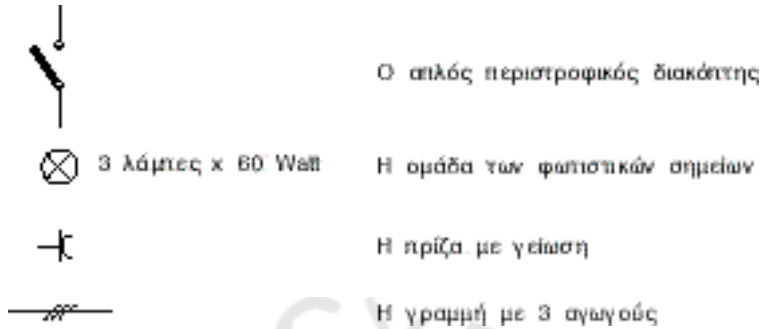


Σχέδιο μονογραμμικό ή εποπτικό

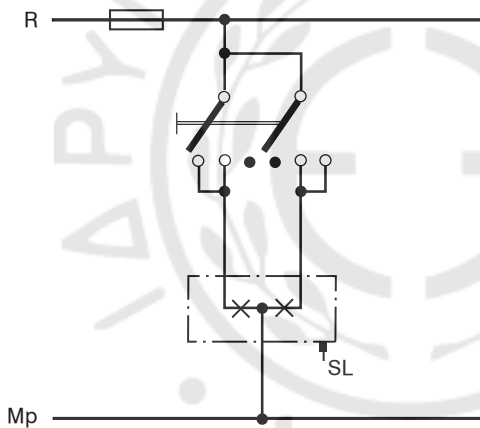
**Σχ. 10.5β.**

Σχεδίαση ομάδας φωτιστικών σημείων, που ελέγχονται από έναν περιστροφικό διακόπτη, και μιας πρίζας με γείωση.

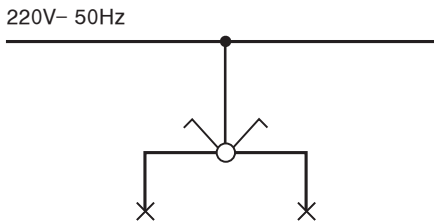
Νέα σύμβολα που χρησιμοποιήσαμε είναι τα:



Στο σχήμα 10.5δ απεικονίζεται ένα φωτιστικό σημείο, που ελέγχεται από δύο θέσεις με δύο διακόπτες αλλέ-ρετούρ, που μπορεί δηλαδή να ανάβει και να σβήνει με οποιονδήποτε από τους δύο διακόπτες.



Σχέδιο πολυγραμμικό θεωρητικό ή κυκλωματικό

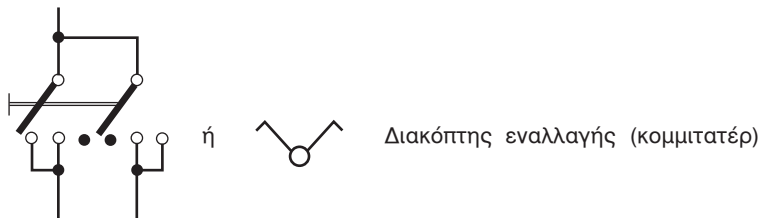


Σχέδιο μονογραμμικό εμποτικό

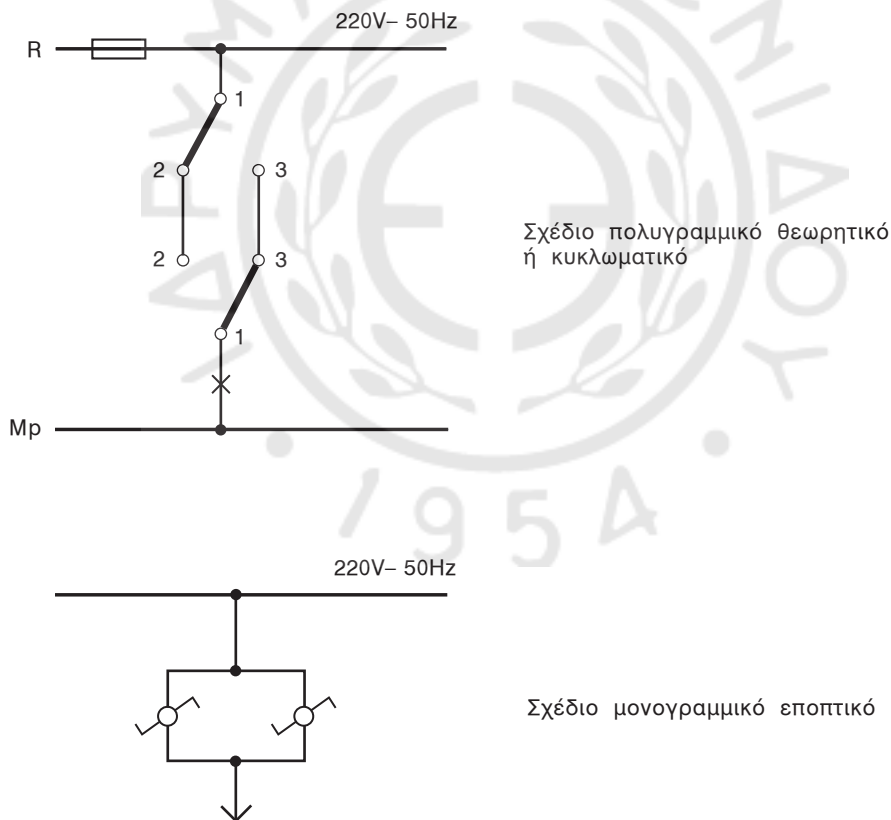
Σχ. 10.5γ.

Σχεδίαση ηλεκτρικής εγκαταστάσεως με δύο φωτιστικά σημεία, που ελέγχονται από ένα διακόπτη εναλλαγής (κομμιτατέρ).

Τα νέα σύμβολα που χρησιμοποιήθηκαν εδώ είναι:



Στο σχήμα 10.5ε απεικονίζονται δύο φωτιστικά σημεία, που το καθένα ελέγχεται από έναν απλό διακόπτη, μια γειωμένη προίζα και ένα πολύφωτο, που ελέγχεται από ένα διακόπτη εναλλαγής ομάδας (κομμιτατέρ), που



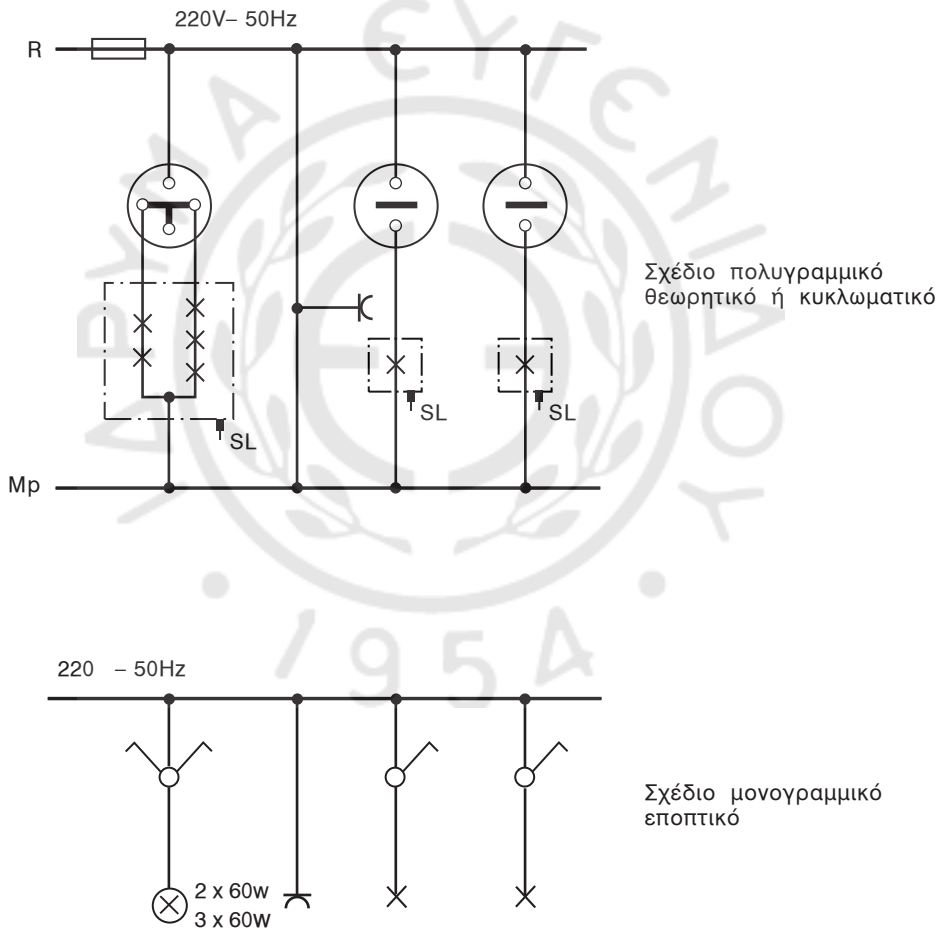
Σχ. 10.5δ.

Σχεδίαση ηλεκτρικής εγκαταστάσεως με ένα φωτιστικό σημείο που ελέγχεται από δύο θέσεις με 2 διακόπτες αλλέ-ρετούρ.

επιτρέπει δηλαδή να ανάβομε όλα του τα φώτα ή πότε τα μισά και πότε τα άλλα μισά.



Στο σχήμα 10.5στ φαίνεται η ηλεκτρική εγκατάσταση σε ένα λουτρό κατοικίας. Το σχέδιο έχει γίνει πάνω στο αρχιτεκτονικό σχέδιο της

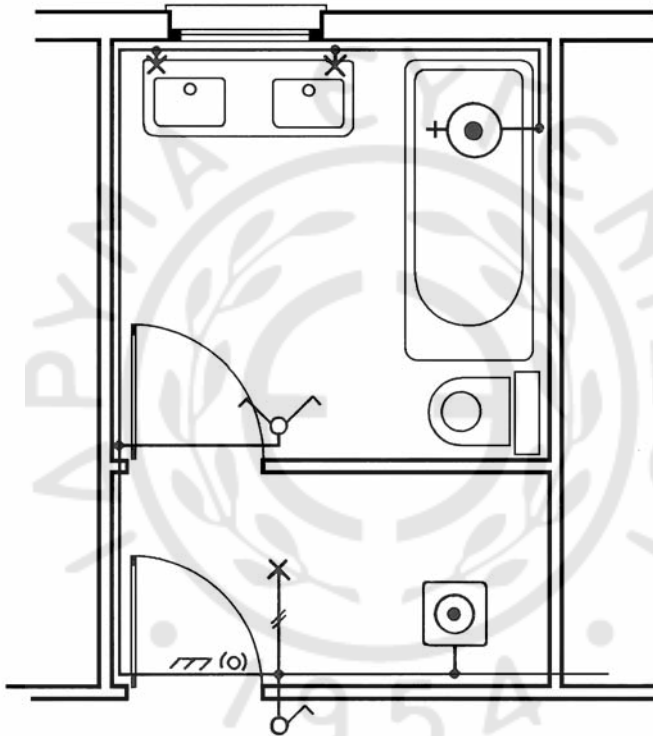


Σχ. 10.5ε.

Σχεδίαση ηλεκτρικής εγκαταστάσεως που έχει δύο φωτιστικά σημεία, που ελέγχονται το καθένα από έναν απλό διακόπτη, ενός πολύφωτου που ελέγχεται από ένα διακόπτη εναλλαγής ομάδων και τέλος μιας γειωμένης προζας.



κατόψεως και μας δείχνει και ορισμένους συμβολισμούς των υδραυλικών υποδοχέων, δηλαδή του νιπτήρα, του λουτήρα, της λεκάνης και του καζανακιού. Από την άποψη των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων απεικονίζονται τα καλώδια, τα φωτιστικά σημεία, οι διακόπτες, ο θερμοσίφοντας και το πλυντήριο με τους συμβολισμούς του Πίνακα 7.

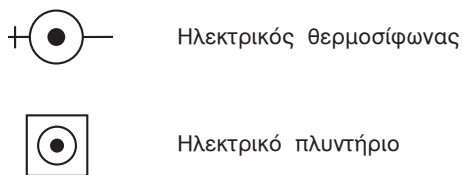


Σχ. 10.5στ.

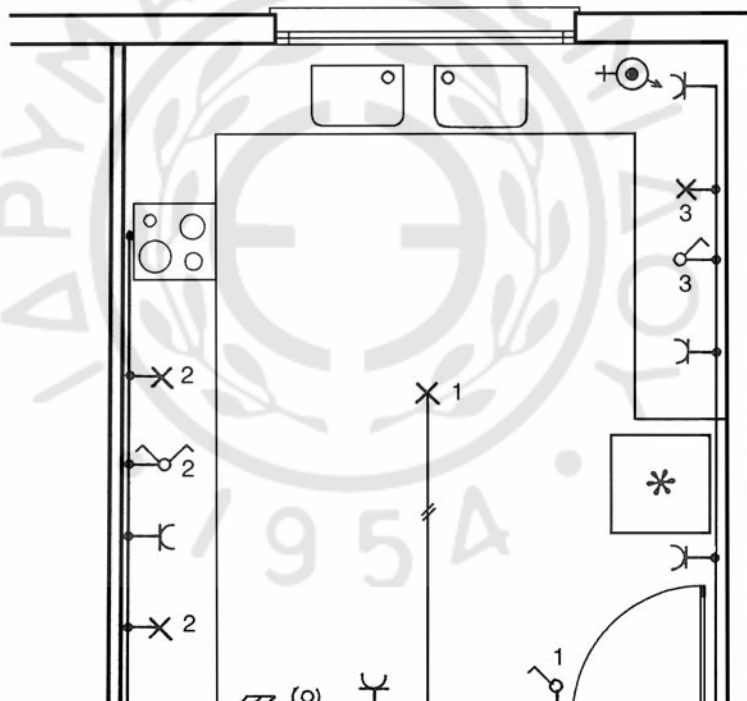
Σχεδίαση ηλεκτρικής εγκατάστασης λουτρού κατοικίας.

Τα νέα σύμβολα που χρησιμοποιήθηκαν είναι των οικιακών συσκευών:

Στο σχήμα 10.5ζ φαίνεται η ηλεκτρική εγκατάσταση σε μια κουζίνα κατοικίας. Πάλι υπόβαθρο είναι η κάτοψη, όπου φαίνονται και ο νεροχύτης με τους πάγκους και τα ντουλάπια, όπως και τα καλώδια, τα φωτιστικά σημεία, οι διακόπτες, οι πρίζες, η ηλεκτρική κουζίνα και το ψυγείο.



Τα νέα σύμβολα που χρησιμοποιήσαμε είναι των οικιακών συσκευών:  
 Στο σχήμα 10.5η φαίνεται ολόκληρη η ηλεκτρική εγκατάσταση μιας μικρής κατοικίας σχεδιασμένη πάνω στην κάτοψή της. Η όλη εγκατάσταση



Σχ. 10.5ξ.

Σχεδίαση ηλεκτρικής εγκαταστάσεως μαγειρείου απλής κατοικίας.

ελέγχεται από έναν πίνακα διανομής, που βρίσκεται στον αριστερό τοίχο μόλις μπαίνουμε στην κατοικία. Το σχήμα 10.5θ μας δίνει περισσότερες πληροφορίες για τον πίνακα αυτόν.



Ηλεκτρικό μαγειρείο

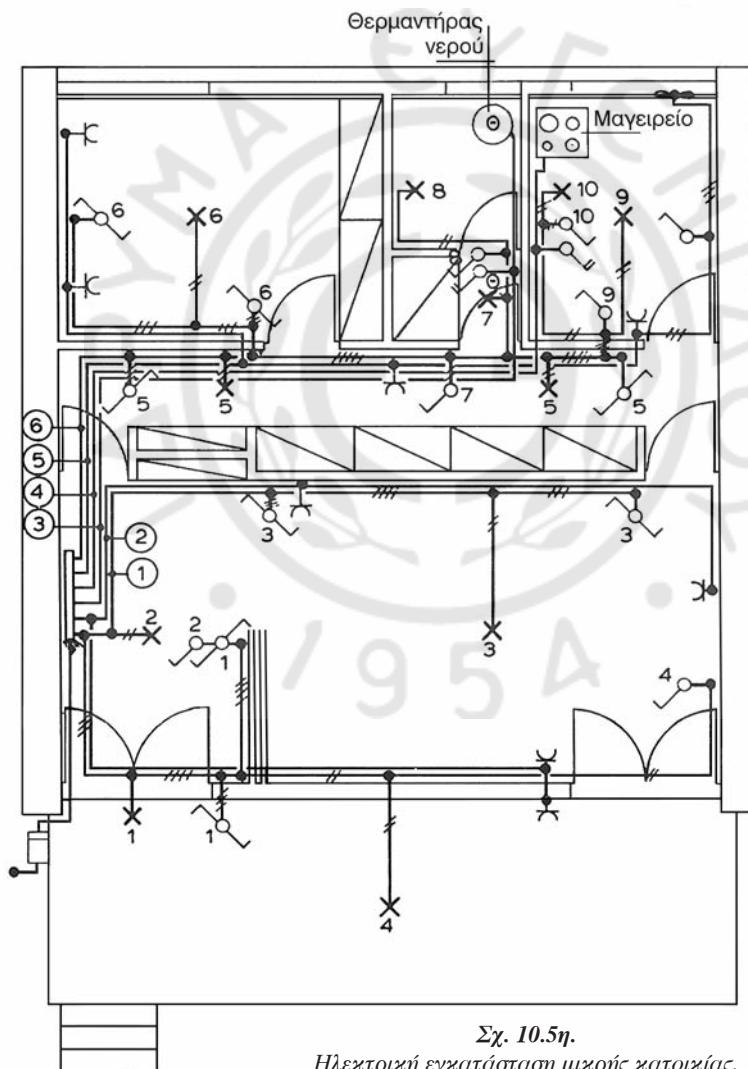


Ηλεκτρικό ψυγείο



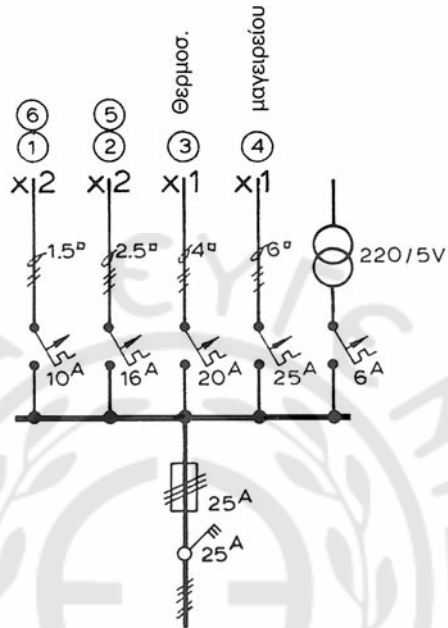
Ηλεκτρικό θερμοσίφωνα που τροφοδοτείται από πρίζα

Τα μόνα καινούργια σύμβολα εδώ είναι:



Σχ. 10.5η.

Ηλεκτρική εγκατάσταση μικρής κατοικίας.



Σχ. 10.50.  
Γραμμές πίνακα διανομής.



Πίνακας διανομής



Μετρητής ηλεκτρικής ενέργειας



Τρεις ασφάλειες



Τριπολικός διακόπτης



Αυτόματος διακόπτης



Μετασχηματιστής από 220 V στα 15 V 220 / 15 V

220/15V

## 10.6 Σχεδίαση άλλων εγκαταστάσεων σε οικοδομικά έργα.

Στις προηγούμενες παραγράφους περιγράφηκαν με λεπτομέρεια τα σχέδια των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων. Παρόμοια είναι και τα σχέδια και των άλλων εγκαταστάσεων, επειδή όλες έχουν σαν κύριο στοιχείο κάποιο δίκτυο, που μπορεί να αποτελείται από σωλήνες, σύρματα ή καλώδια ή τέλος και από σωλήνες, που περιέχουν σύρματα ή καλώδια.

Τέτοιες εγκαταστάσεις, όπως έχουμε ήδη αναφέρει, είναι κυρίως το δίκτυο υδρεύσεως, το δίκτυο αποχετεύσεως των ακαθάρτων νερών, αλλά και των νερών της βροχής, το σύστημα θερμάνσεως, αερισμού, ψύξεως ή κλιματισμού, τα δίκτυα τηλεφώνων, κουδουνιών, ρολογιών, κεραιών ραδιοφώνου ή τηλεοράσεως, το δίκτυο των αλεξιθερμών και διάφορες άλλες λιγότερο συνηθισμένες. Για κάθε μια υπάρχουν συμβολισμοί αντίστοιχοι με τους συμβολισμούς του Πίνακα 7, που είναι εύκολο να τους μάθει κανείς με την πράξη.

Και για τις εγκαταστάσεις αυτές γενικά ισχύουν τα τρία είδη σχεδίων, που αναφέρονται στην παράγραφο 10.2, δηλαδή σχέδια *λειτουργίας*, σχέδια *κατασκευαστικά*, που συνήθως σχεδιάζονται με υπόβαθρο τα αρχιτεκτονικά σχέδια ή είναι σχέδια λεπτομερειών με διαστάσεις και *εποπτικά* σχέδια, που συνήθως δείχνουν ολόκληρη την εγκατάσταση απομονωμένη σε αξονομετρικό σχέδιο.

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

### ΕΙΣΑΓΩΓΗ

#### ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

##### Υλικά και μέσα σχεδίασεως

1.1 Το χαρτί .....	3
1.2 Το μολύβι .....	6
1.3 Το μελάνι .....	10
1.4 Το σχεδιαστήριο .....	13
1.5 Τα όργανα σχεδίασεως .....	15

#### ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

##### Γραμμές

2.1 Είδος και πάχος γραμμών .....	26
2.2 Χάραξη γραμμών .....	30
2.3 Άσκηση στη γραμμογραφία .....	33

#### ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

##### Τεχνική γραφή γραμμάτων και αριθμών

3.1 Ελεύθερη γραφή .....	38
3.2 Γραφή με οδηγό .....	42
3.3 Γραφή με επικόλληση .....	47
3.4 Ασκήσεις .....	48

#### ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

##### Κλίμακα σχεδίασεως

4.1 Γενικά .....	52
4.2 Είδη κλιμάκων .....	52

4.3 Χρήση κλιμάκων σχεδίασεως .....	54
4.4 Ασκήσεις σχετικές με τις κλίμακες σχεδίασεως .....	56

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ**

### **Γεωμετρικές κατασκευές**

5.1 Γενικά .....	57
5.2 Ευθεία κάθετη σε γνωστή ευθεία και ευθεία παράλληλη σε γνωστή ευθεία .....	57
5.3 Διαίρεση ευθύγραμμου τμήματος σε ίσα μέρη .....	62
5.4 Εφαπτομένες κύκλου .....	64
5.5 Κοινές εφαπτομένες κύκλων .....	65
5.6 Συναρμογή ευθειών και κυκλικών τόξων .....	68
5.7 Κανονικά πολύγωνα .....	80
5.8 Κατασκευή ελλείψεως από τους άξονές της .....	90
5.9 Ασκήσεις επιπεδομετρίας .....	95

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΚΤΟ**

### **Προβολές αντικειμένων**

6.1 Εισαγωγή .....	98
6.1.1 Εισαγωγή .....	98
6.1.2 Ορθή προβολή .....	101
6.1.3 Αξονομετρική προβολή .....	118
6.1.4 Προοπτικό σχέδιο .....	126
6.1.5 Ελεύθερο σχέδιο .....	133
6.1.6 Ασκήσεις στα διάφορα είδη προβολών .....	137
6.2 Συστήματα ορθών προβολών .....	138
6.2.1 Τι σημαίνει ορθή προβολή και τομή .....	138
6.2.2 Πρακτικές οδηγίες για την παρουσίαση αντικειμένου με ορθές προβολές .....	141
6.2.3 Παραδείγματα σχεδίασεως ορθών προβολών μηχανολογικών αντικειμένων .....	152

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΒΔΟΜΟ**

### **Τομές**

7.1 Γενικά .....	159
7.2 Ημιτομές .....	163
7.3 Μερικές τομές – Τοπικές τομές .....	164

7.4 Τομές με λανθασμένες επιφάνειες .....	166
7.5 Πραγματικές οδηγίες για τις τομές .....	166

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΟΓΔΩΟ

### Οι διαστάσεις και η τοποθέτησή τους

8.1 Γενικά .....	176
8.2 Βασικοί κανόνες για την τοποθέτηση των διαστάσεων .....	177
8.3 Οδηγίες για την αποφυγή σφαλμάτων στην απογραφή των διαστάσεων .....	181
8.4 Παραδείγματα σωστής αναγραφής διαστάσεων .....	186

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΝΑΤΟ

### Οικοδομικές και τοπογραφικές σχεδιάσεις

9.1 Γενικά .....	194
9.2 Τοπογραφικό σχέδιο οικοπέδου με οικοδομή .....	195
9.3 Σχεδίαση κατόψεως μιας απλής κατοικίας .....	198
9.4 Σχεδίαση όψεων και τομών απλής κατοικίας .....	200
9.5 Χρήσιμες οδηγίες για τη σχεδίαση οικοδομικών έργων .....	202

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ

### Σχέδια εγκαταστάσεων σε οικοδομικά έργα

10.1 Γενικά .....	204
10.2 Σχεδίαση των ηλεκτρικών κυκλωμάτων .....	205
10.3 Συμβολισμοί .....	207
10.4 Οδηγίες για τη σχεδίαση απλών ηλεκτρικών εγκαταστάσεων οικοδομών .....	228
10.5 Παραδείγματα σχεδίασεως εσωτερικών ηλεκτρικών εγκαταστάσεων .....	228
10.6 Σχεδίαση άλλων εγκαταστάσεων σε οικοδομικά έργα .....	239



