

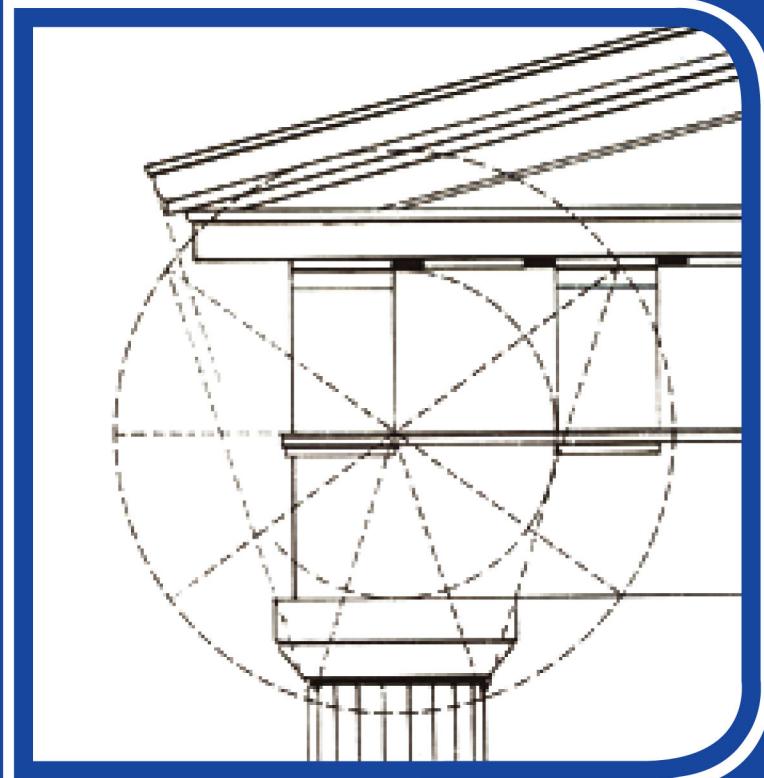


Α' Τεχνικού και Επαγγελματικού Λυκείου

ΣΧΕΔΙΟ

Αριστείδη Δεϊμεζή

ΠΟΛ. ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ - τ. ΕΠΙΜ. Ε.Μ.Π.





1954



ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ
ΧΡΥΣΟΥΝ ΜΕΤΑΛΛΙΟΝ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ



ΠΡΟΛΟΓΟΣ ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΕΚΔΟΣΕΩΝ ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

Μιχαήλ Αγγελόπουλος, ομ. καθηγητής ΕΜΠ, Πρόεδρος.

Αλέξανδρος Σταυρόπουλος, ομ. καθηγητής Πανεπιστημίου Πειραιώς, Αντιπρόεδρος.

Ιωάννης Τεγόπουλος, καθηγητής ΕΜΠ.

Σταμάτης Παλαιοκρασάς, Ηλεκτρολόγος Μηχανικός, Σύμβουλος Παιδαγωγικού Ινστιτούτου.

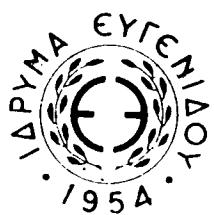
Χρήστος Σιγάλας, Δ/ντής Σπ. Δευτ. Εκπαιδεύσεων ΥΠΕΠΘ.

Σύμβουλος εκδόσεων του Ιδρύματος **Κ. 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 Νιάνιας (1957-1965) Καθηγητής ΕΜΠ, **Μιχαήλ Σπετσιέρης** (1956-1959), **Νικόλαος Βασιώτης** (1960-1967), Θεόδωρος Κουζέλης (1968-1976) Μηχ. Ηλ. ΕΜΠ, **Παναγώτης 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 Παπαδεοδοσίου** (1982-1984) Δ/ντής Σπουδών Δευτεροβάθμιας Εκπαιδεύσεως ΥΠΕΠΘ, **Ιγνάτιος Χατζηευστρατόπουλος** (1985-1988) Μηχανολόγος, Δ/ντής Σπουδών Δευτεροβάθμιας Εκπαιδεύσεως ΥΠΕΠΘ, **Γεώργιος Σταματίου** (1988-1990) Ηλεκτρολόγος ΕΜΠ, Δ/ντής Σπουδών Δευτεροβάθμιας Εκπαιδεύσεως ΥΠΕΠΘ, **Σωτ. Γκλαβάς** (1989-1993) Φιλόλογος, Δ/ντής Σπουδών Δευτεροβάθμιας Εκπαιδεύσεως ΥΠΕΠΘ.



ΣΧΕΔΙΟ

ΑΡΙΣΤΕΙΔΗ ΔΕΪΜΕΖΗ

ΠΟΛ. ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ - τ. ΕΠΙΜ Ε.Μ.Π.

ΑΘΗΝΑ
1997



Α' ΕΚΔΟΣΗ 1977

Β' ΕΚΔΟΣΗ 1985



ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το σχέδιο είναι η γλώσσα του τεχνικού. Ο τεχνικός, σ' όποιο κλάδο και στάθμη κι 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 σχεδὸν 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 ενὸς έργου με τον εκτελεστή του χρησιμοποιούν το σχέδιο, δηλαδή μεταφράζεται η έμπνευση σε σχέδιο, ώστε να μπορέσει να πραγματοποιηθεί το έργο σύμφωνα μ' αυτήν. Έτσι δίνεται και η ευκαιρία να ελέγχεται και να βελτιώνεται η έμπνευση πριν από την κατάσκευή.

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 πάνω στο χαρτί, έχει δύο μόνο 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 μη 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 φτάσουμε στα σχετικά Κεφάλαια, χρειάζεται να γνωρίσουμε τα υλικά και τα μέσα σχεδιάσεως και να ξαναθυμηθούμε από την Επιπεδομετρία μερικές κατασκευές, που χρησιμοποιούνται πολὺ συχνά στα τεχνικά σχέδια.

Στα τελευταία τριάντα χρόνια σημειώθηκε μια νέα επανάσταση στην τεχνολογία με την εφαρμογή των ηλεκτρονικών υπολογιστών. Η επανάσταση αυτή δεν ήταν δυνατό να μην επηρεάσει και το Τεχνικό Σχέδιο. Έτσι μπορούμε σήμερα ήδη να σχηματίσουμε και να βελτιώσουμε ένα σχέδιο πάνω σε μια γυάλινη οθόνη σύμφωνα με τις οδηγίες, που δίνομε σ' έναν υπολογιστή κι έπειτα, αφού δόσουμε την κινάλλη εντολή, να το σχεδιάσουμε αυτόματα στο χαρτί. Θα μπορούσε λοιπόν να υποστηρίξει κανείς, πως σε λίγα χρόνια η σχεδίαση με τις σημερινές μεθόδους θα ανήκει πια στην ιστορία και ένα σημαντικό μέρος απ' όσα περιλαμβάνει αυτό το βιβλίο θα είναι άχρηστα. Άλλα και τότε ακόμα σχέδια θα υπάρχουν, η σύνθεσή τους θα ακολουθεί τους ίδιους μαθηματικούς κανόνες και κάθε τεχνικός θα είναι και τότε ιποχρεωμένος 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 ΔΕΥΤΕΡΟ
ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΣΑ ΣΧΕΔΙΑΣΕΩΣ

2.1 Το χαρτί.

Το σχέδιο γίνεται κατά κανόνα πάνω σε χαρτί με μολύβι ή μελάνι. Το χαρτί είναι συνήθως διαφανές, για να μπορούν να βγουν αντίγραφα με τη μέθοδο της φωτοτυπίας (υγρή φωτοτυπία με αμμωνία). 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 καλλίτερα τον πίνακα αυτόν,

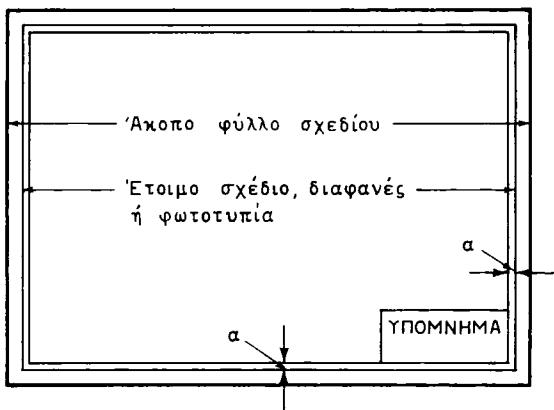
ΠΙΝΑΚΑΣ 1

Οι διαστάσεις των χαρτιών Σχεδίου σύμφωνα με το σύστημα D.I.N. 476.

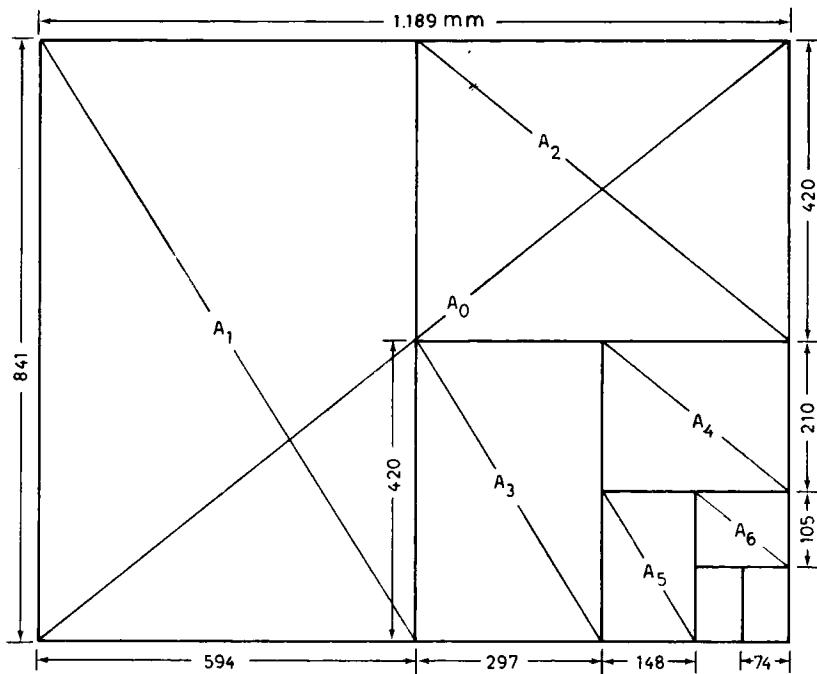
Μέγεθος χαρτιού	Διαστάσεις σε mm σύμφωνα με το D.I.N. 476		
	Φύλλο άκοπου σχεδίου (ελάχιστες)	Έτοιμο σχέδιο διαφανές ή φωτοτυπία	Απόσταση α (βλ. σχ. 2.1α)
4Ao	1720×2420	1682×2378	20
2Ao	1230×1720	1189×1682	15
Ao	880×1230	841×1189	10
A ₁	625× 880	594× 841	10
A ₂	450× 625	420× 594	10
A ₃	330× 450	297× 420	10
A ₄	240× 330	210× 297	5
A ₅	165× 240	148× 210	5
A ₆	120× 165	105× 148	5

υπάρχει το σχήμα 2.1α. Οι διαστάσεις, που αναφέρονται στον πίνακα, έχουν καθοριστεί έτσι, για να προκύπτουν με κατάλληλο κόψιμο από τα φύλλα χαρτιού, που κυκλοφορούν στο εμπόριο, χωρίς να χάνονται άχρηστα κομμάτια. Αυτό φαίνεται στο σχήμα 2.1β.

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



Σχ. 2.1α.
Επεξήγηση διαστάσεων, που αναφέρονται στον Πίνακα 1.



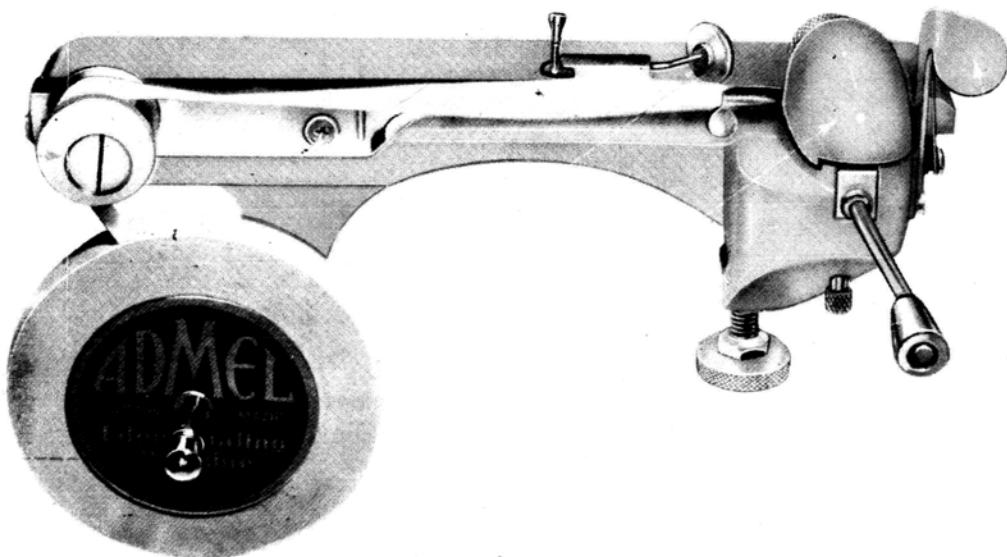
Σχ. 2.1β.
Πώς προκύπτουν τα τυποποιημένα φύλλα από το χαρτί του εμπορίου.

Υπάρχουν σήμερα πολλοί τρόποι να παραχθούν αντίγραφα σχεδίων. Τα **φωτοαντίγραφα** π.χ. με Χεροχ δεν είναι ακόμα απόλυτα ικανοποιητικά με τη σημερινή τεχνολογία, αλλά έχουν το πλεονέκτημα ότι μπορούν να προκύψουν από σχέδια σχεδιασμένα σε χαρτί, που δεν είναι διαφανές. Ο πιο συνηθισμένος τρόπος αναπραγωγής σχεδίων είναι η **φωτοτυπία** (ξερή με αμμωνία ή και υγρή) από σχέδιο

σχεδιασμένο σε χαρτί διαφανές. Η φωτοτυπία μπορεί να τυπωθεί σε χαρτί αδιαφανές, αλλά και σε διαφανές, ώστε απ' αυτήν να μπορούν να προκύψουν κι άλλες φωτοτυπίες.

Πολλές φορές, πριν χρησιμοποιήσουμε μια νέα ποιότητα χαρτιού, χρειάζεται να την 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 πολὺν καιρό, είναι σκόπιμο να το ενισχύσουμε (ρεελιάζουμε) γύρω-γύρω με μια ταινία, που την τοποθετεί μια ειδική χειροκίνητη συσκευή (σχ. 2.1γ), ώστε να μην σχίζεται και τσαλακώνεται στις άκρες του.



Σχ. 2.1γ.
Χειροκίνητη συσκευή ρελιάσματος σχεδίων.

2.2 Το μολύβι.

Ακόμα και όταν σχεδιάζουμε με μελάνι, είναι απαραίτητο στην αρχή να χρησιμοποιούμε μολύβι. Τα μολύβια είναι ξύλινα, (σχ. 2.2α), οπότε ξύνονται με σουγιαδάκι ή μηχανική ξύστρα, και μηχανικά. Τα μηχανικά μολύβια, που είναι πιο πρακτικά, αποτελούνται από ένα στέλεχος, που δέχεται στο εσωτερικό του μύτες από γραφίτη (σχ. 2.2β). Και αυτά χρειάζονται ξύσιμο, που γίνεται όμως ευκολότερα με το σμυριδόχαρτο (ψαράκι) (σχ. 2.2γ), ή με ειδικές ξύστρες (σχ. 2.2δ). Άσχετα με το είδος του, είναι πολὺ 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.

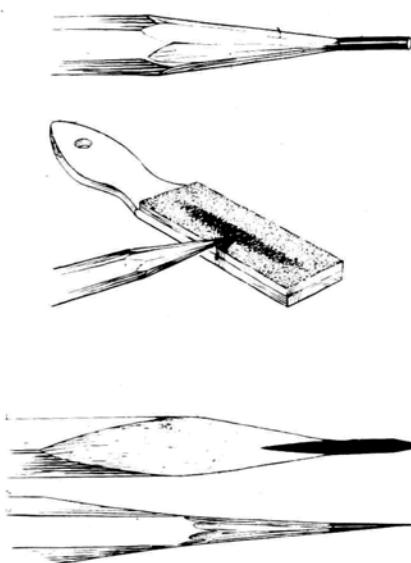


Σχ. 2.2α.
Ξύλινα μολύβια.

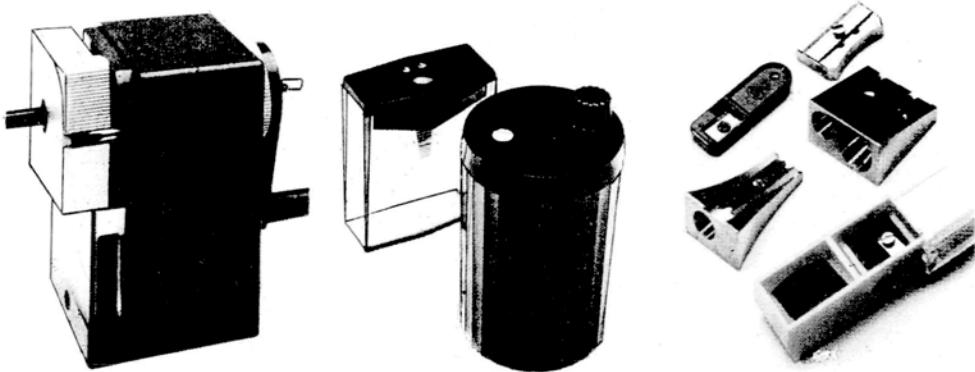
Τόσο τα ξύλινα μολύβια σχεδιάσεως όσο και οι μύτες των μηχανικών μολυβιών κυκλοφορούν στο εμπόριο με τους συμβολισμούς, που φαίνονται στον Πίνακα 2. Υπάρχουν και μολύβια κατώτερης ποιότητας, που χαρακτηρίζονται με τους αριθμούς 1, 2, 3, 4, 5. Η εκλογή του κατάλληλου μολυβιού εξαρτάται πρώτα από τον σκοπό, που πρόκειται να εξυπηρετήσει, και έπειτα από την ποιότητα του χαρτιού. 'Οσο πιο σκληρό είναι το χαρτί, τόσο πιο σκληρό πρέπει να είναι και το μολύβι. Πρέπει ακόμα να έχομε υπ' όψη μας, πως όσο πιο σκληρό είναι το μολύβι, τόσο πιο λεπτή μύτη μπορεί να αποκτήσει και τόσο περισσότερο διατηρείται αυτή η μύτη, χωρίς να σπάει ή να στρογγυλεύει. Έτσι μπορούμε να σχεδιάσουμε με μεγαλύτερη ακρίβεια και σε μικρότερο μέγεθος.'



Σχ. 2.2β.
Μηχανικά μολύβια.



Σχ. 2.2γ.
Σμυριδόχαρτο (ψαράκι) για τη διαμόρφωση
της μύτης των μολυβιών.



Σχ. 2.2δ.
Ξύστρες ξύλινων και μηχανικών μολυβιών.

Πίνακας 2.
Τύποι μολυβιών σχεδίου.

Απλά μολύβια	Σ κ λ η ρ ó τ η τ ε s	Τα πιο κατάλληλα μολυβία σχεδιασμένα για τη σκίτσα	Για γραφή και προχέρα σχέδια	Για λύγισμα γραμμών	Τύπος γραμμών
	Πολύ μαλακά και μαύρα χρησιμοποιούμενα 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	○		

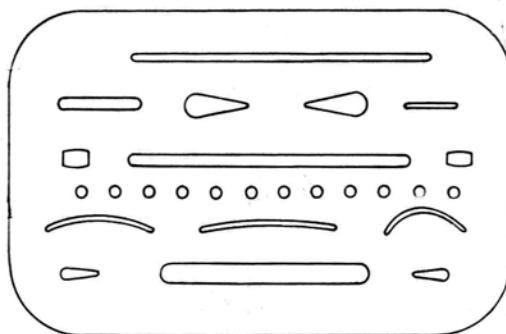
● 1^η σειρά προτιμήσεως

○ 2^η " "

● 3^η " "



(α)



(γ)

Seljak 751 GERMANY

(δ)

Σχ. 2.2ε.
Γομολάστιχες.

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 πολὺ 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 κάταλληλο για τα σχέδια, που πρόκειται να μελανωθούν, δεν πρέπει όμως να το πιέζομε πολύ, για να μη χαρακώνεται το χαρτί. Όταν το σχέδιο έχει πολλές λεπτομέρειες και χρειάζεται μεγάλη ακριβεία, 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. 2.2ε). Υπάρχει σήμερα μεγάλη ποικιλία από γομολάστιχες κι έτσι μπορούμε να διαλέγομε 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 πάνω 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. 2.2ε(γ)].

2.3 Το μελάνι.

Για τα σχέδια χρησιμοποιείται μαύρο μελάνι γνωστό στο εμπόριο ως **σινική**, (δηλαδή μελάνι της Κίνας). Κυκλοφορεί σε γυάλινα ή πλαστικά μπουκαλάκια (σχ. 2.3α). Σπανιότερα χρησιμοποιούνται και χρωματιστά μελάνια ακόμα και άσπρο, όταν το χαρτί σχεδιάσεως είναι σκουρό, για να δώσουν πιο εντυπωσιακό αποτέλεσμα σε σχέδια παρουσιάσεως. Όλα αυτά τα μελάνια έχουν την ιδιότητα να στεγνώνουν

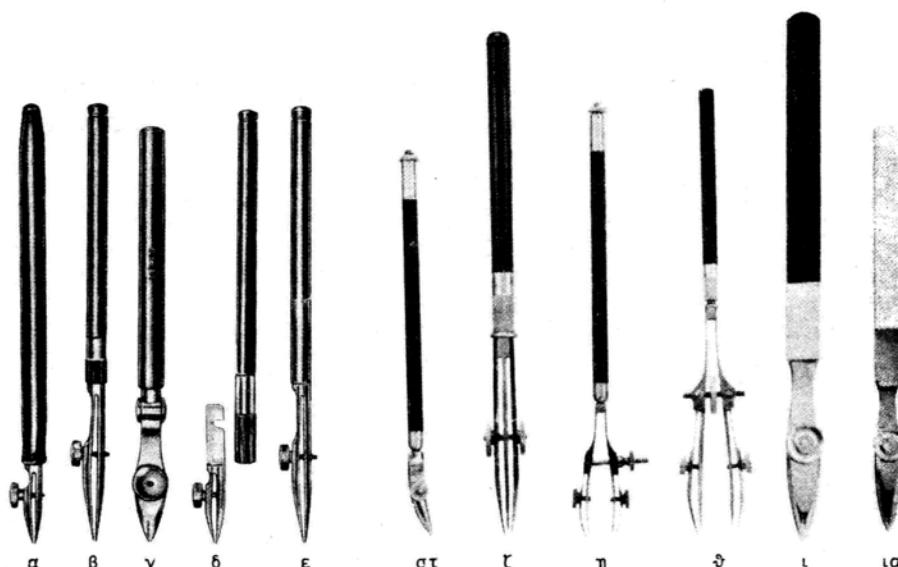


Σχ. 2.3α.
Δοχεία για σινική μελάνη.

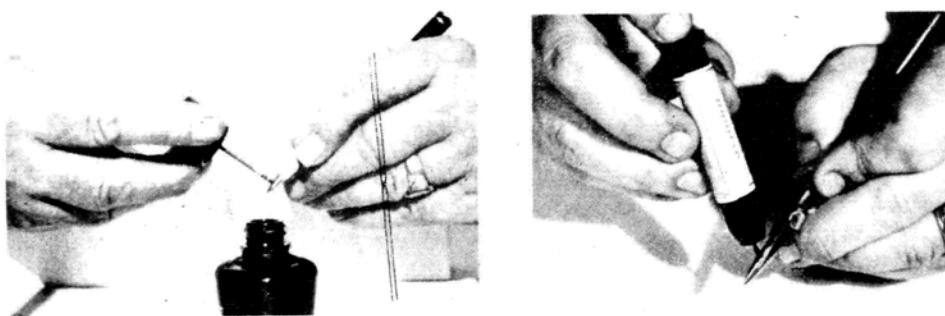
σχεδὸν αμέσως. Με τον τρόπο αυτὸν αποφεύγονται οι μουτζούρες, το χαρτὶ δεν προλαβαίνει να απορροφήσει το μελάνι και ἔτσι, σε περίπτωση λάθους, αυτὸν σβήνεται εύκολα με ξύσιμο, χωρὶς να αδυνατίζει το χαρτί. Επομένως το μελάνι δεν σβήνεται κατὰ κανόνα με γομολάστιχα, αλλὰ με ξυραφάκι.

Το μελάνι εφαρμόζεται στο σχέδιο με τη βοήθεια κάποιου εργαλείου. Άλλοτε χρησιμοποιούσαν γραμμοσύρτες (σχ. 2.3β), δηλαδὴ εργαλεία με δύο ατσάλινες λεπίδες, που έσφιγγαν η μία με την άλλη μεταξύ τους με μια βίδα. Μια σταγόνα μελάνι μπαίνει ανάμεσα στις δύο λεπίδες (σχ. 2.3γ) με το πλαστικό σωληνάκι, που έχουν τα καλύμματα των κλασσικών γυάλινων φιαλιδίων της σινικῆς ἡ κατευθείαν απὸ το στόμιο των πλαστικών φιαλιδίων, που κυκλοφορούν σήμερα. Ο γραμμοσύρτης μπορεῖ να δώσει άριστη ποιότητα σχεδίου, αλλὰ η χρήση του παρουσιάζει δυσκολίες και στα χέρια ἀπειρου σχεδιαστή μπορεῖ να χαράξει το χαρτί, να δημιουργήσει μουτζούρες, γραμμὲς με διακοπές κλπ. Είναι πάντως απαραίτητο να τον κινούμε πάντοτε, αυστηρὰ παράλληλα προς τη διεύθυνση των λεπίδων του και να τον διατηρούμε καθαρὸ απὸ ξερὰ μελάνια.

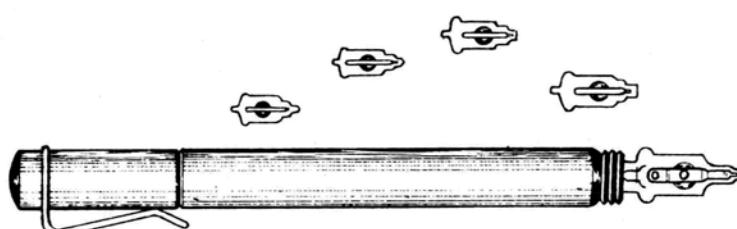
Οι κλασσικοὶ γραμμοσύρτες ἔχουν σχεδόν καταργηθεί σήμερα και ἔχουν αντικατασταθεί από γραμμοσύρτες-στυλογράφους, που είναι εφοδιασμένοι με μια μικρή δεξαμενή μελανιού, ὅπως οι κοινοί στυλογράφοι. Ἐνας τύπος τέτοιων εργαλείων είναι τα λεγόμενα γκραφός (σχ. 2.3δ), που καταλήγουν σε πέννες με διπλές λεπίδες. Η μια λεπίδα περιστρέφεται κι ἔτσι καθαρίζεται καλά από το μελάνι. Ἐνας δεύτερος τύπος, ακόμα πιο διαδομένος είναι τα λεγόμενα ραπιντογκράφ που δεν καταλήγουν σε πέννες, αλλὰ σ' ἔνα λεπτό σωλήνα με μια τρίχα εσωτερικά, απ' ὃπου κατεβαίνει το μελάνι (σχ. 2.3ε). Στο στέλεχος τόσο των «γκραφός» όσο και των «ραπιντογκράφ» μπορούν να προσαρμοσθούν διάφορες πέννες, ἡ ράμφη με



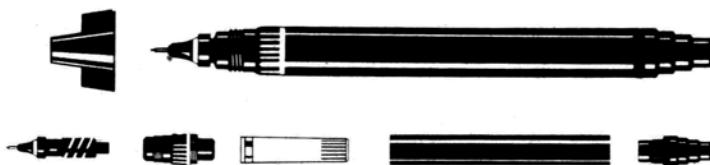
Σχ. 2.3β.
Διάφοροι τύποι γραμμοσυρτών.



Σχ. 2.3γ.
Τοποθέτηση μελανιού στο γραμμοσύρτη.



Σχ. 2.3δ.
Γραμμοσύρτης-στυλογράφος τύπου γκραφός.



Σχ. 2.3ε.
Γραμμοσύρτης-στυλογράφος τύπου ραπιντογκράφ.

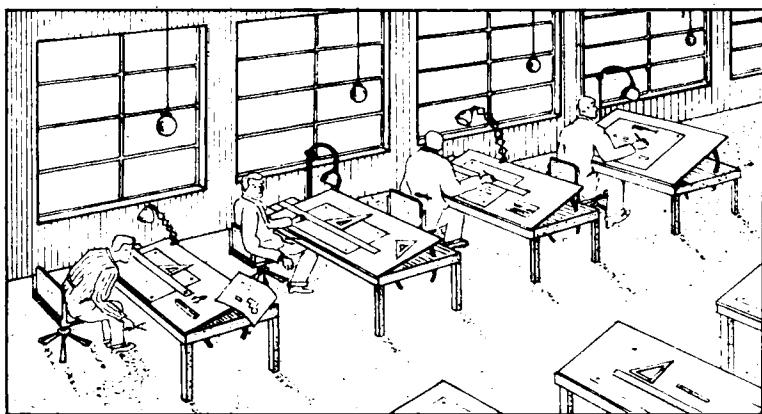


Σχ. 2.3στ.
Σειρά γραμμογράφων.

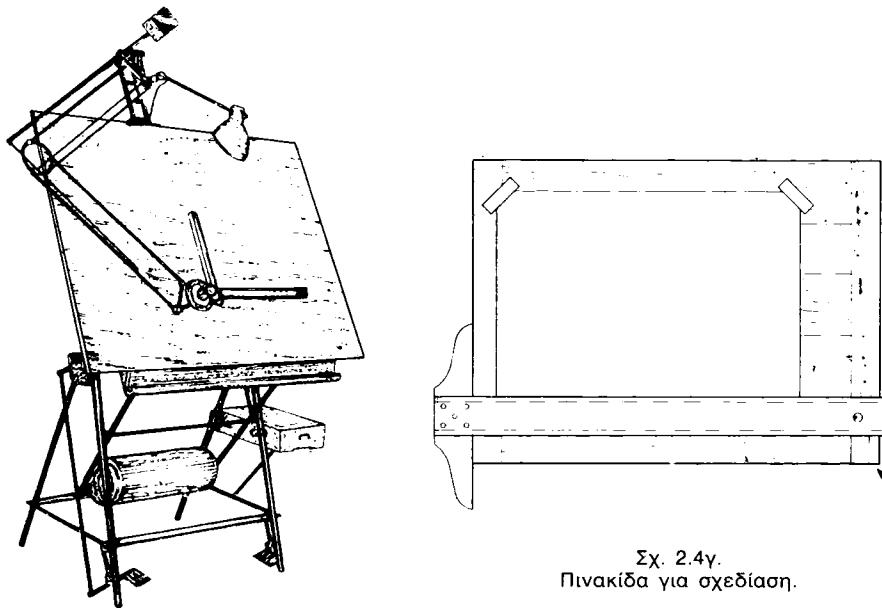
σωληνάκια, ώστε να μπορούν να χαραχθούν γραμμές με αντίστοιχα πάχη. Ο σχεδιαστής πρέπει να είναι εφοδιασμένος με ολόκληρη τη σειρά (σχ. 2.3στ.), ώστε να μπορεί να σχεδιάζει κάθε φορά σύμφωνα με τις ανάγκες του σχεδίου.

2.4 Το σχεδιαστήριο.

Το έπιπλο, πάνω στο οποίο σχεδιάζεται ένα σχέδιο, λέγεται **σχεδιαστήριο**, όπως λέγεται και ο χώρος γενικά, όπου γίνεται η σχεδίαση (σχ. 2.4α). Υπάρχουν ειδικά τέτοια έπιπλα (σχ. 2.4β), 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 σχεδιάσεως. Επίσης έχει προσαρμοσμένο ένα φως και ένα αρθρωτό βραχίονα με δύο κανόνες κάθετους μεταξύ τους, που μπορούν να φτάσουν σε οποιοδήποτε μέρος της πινακίδας. Σα 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 2.4α. Σημειώνομε μάλιστα ότι τα σχεδιαστήρια αυτού του τύπου αποτελούν τον κανόνα και πολύ σπανιότερα χρησιμοποιούνται τα ειδικά έπιπλα του σχήματος 2.4β. Το χαρτί σχεδιάσεως συγκρατείται σταθερά πάνω στο σχεδιαστήριο με **συγκράτηση**.



Σχ. 2.4α.
Αίθουσα-σχεδιαστήριο.



Σχ. 2.4γ.
Πινακίδα για σχεδίαση.

Σχ. 2.4β.
Έπιπλο σχεδιαστήριο.

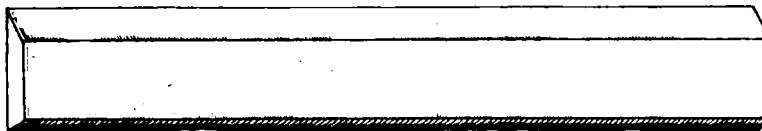
κολλητική ταινία (σελλοτέΐπ), γι' αυτό η επιφάνεια του σχεδιαστηρίου πρέπει να είναι λεία και σκληρή, π.χ. από φορμάϊκα. Παλαιότερα, που το χαρτί καρφωνόταν με πινέζες, έπρεπε το σχεδιαστήριο να είναι από μαλακό ξύλο, συνήθως φλαμούρι. Για να μη καταστρέφονται τα έπιπλα, χρησιμοποιούσαν τότε ξύλινες φορητές πινακίδες, που σήμερα δεν είναι πια απαραίτητες (σχ. 2.4γ), εκτός αν δεν διαθέτομε έπιπλο με λεία επιφάνεια.

2.5 Τα όργανα σχεδιάσεως.

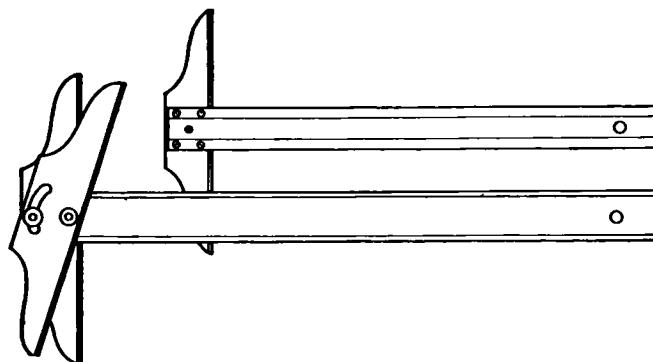
Η κλασσική Γεωμετρία χρησιμοποιεί δύο όργανα μόνο, τον **κανόνα** και το **διαβήτη**.

Κανόνας είναι κάθε όργανο (σχ. 2. 5α) κατάλληλο για να οδηγήσει τη γραφίδα μας να γράψει μιαν ευθεία γραμμή. Στην κατηγορία αυτή μπορούμε να εντάξουμε τα ταυ, τα παράλληλα, τα τρίγωνα, τα υποδεκάμετρα, τις κλίμακες κλπ.

To **ταυ** είναι ένας κανόνας ξύλινος ή πλαστικός με σχετικά μεγάλο μήκος (μισό ως ενάμισι μέτρο), που έχει προσαρμοσμένο στην άκρη ένα μικρότερο στοιχείο κάθετο προς το κύριο μέρος του, ώστε να παίρνει το σχήμα του γράμματος ταυ (σχ. 2. 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.



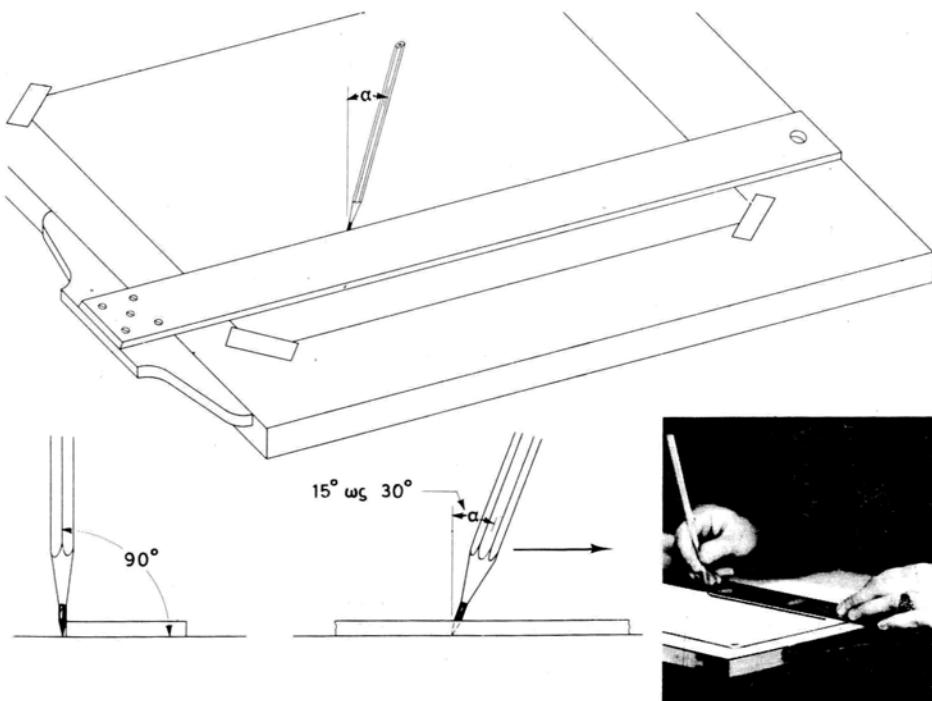
Σχ. 2.5α.
Κανόνας.



Σχ. 2.5β.
Ταυ.

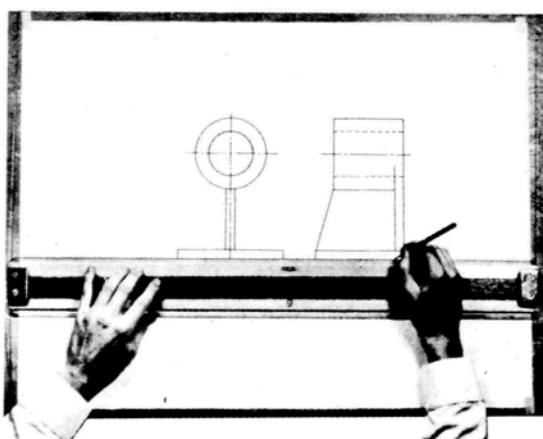
Η κεφαλή του ταυ προσαρμόζεται στην αριστερή πλευρά του σχεδιαστηρίου και γλιστρά σ' αυτή, όπως την οδηγούμε σταθερά με το αριστερό μας χέρι. Έτσι μπορούμε να φέρνουμε ευθείες παράλληλες προς τις μεγάλες πλευρές του σχεδιαστηρίου ή της πινακίδας (σχ. 2. 5γ). Αν η κεφαλή του ταυ είναι κινητή, μπορούμε να φέρνουμε και ευθείες παράλληλες προς οποιαδήποτε διεύθυνση. Οι γραμμές αυτές μπορούν να φτάσουν σε οποιοδήποτε σημείο του σχεδίου μας, αρκεί το ταυ να έχει το κατάλληλο για το σχέδιο μέγεθος.

To **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 σχεδιαστηρίου, και τεσσάρων μικρών τροχαλιών, που βρίσκονται πάνω στον κανόνα (σχ. 2.5δ).



Σχ. 2.5γ.

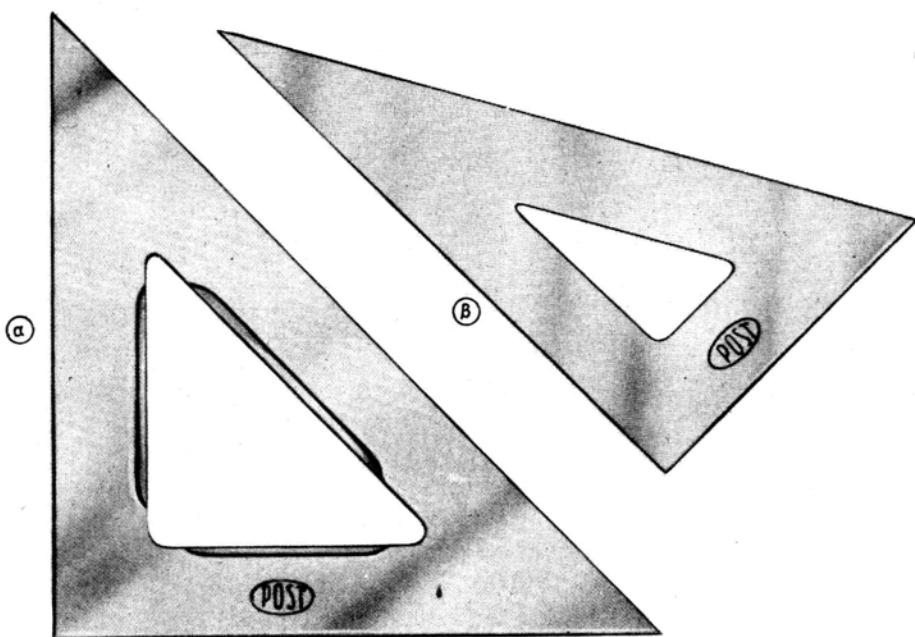
Σχεδίαση με το ταυ ευθειών παράλληλων με τις μεγάλες πλευρές του σχεδίου.



Σχ. 2.5δ.

Παράλληλο.

Τα **τρίγωνα** (σχ. 2.5ε) είναι πλαστικοί και σπανιότερα ξύλινοι κανόνες, που έχουν το σχήμα ορθογωνίου τριγώνου με ένα κενό στο εσωτερικό με το περίγραμμά τους. Υπάρχουν δύο μορφές τριγώνων, τα ισοσκελή με γωνίες 45° και



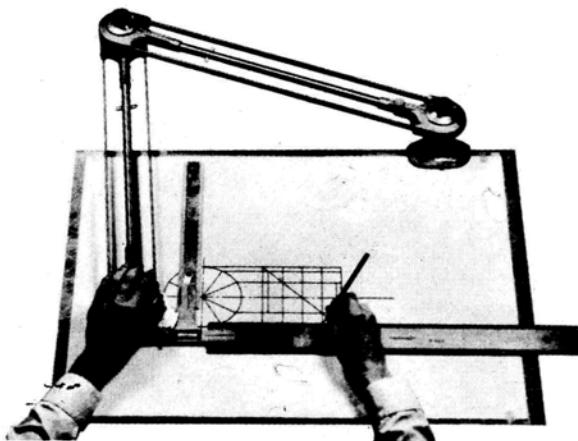
Σχ. 2.5ε.
Τρίγωνα: (a) ισοσκελές, (β) σκαληνό.

τα σκαληνά με γωνίες 30° και 60° . 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 φέρνουμε 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 φέρνουμε ευθείες παράλληλες προς τις πλευρές του σχεδιαστηρίου (σχ. 2.5στ). Το σύστημα μάλιστα μπορεί να στερεωθεί και σε οποιαδήποτε λοξή θέση επιθυμούμε.

Τα **υποδεκάμετρα** (σχ. 2.5ζ) είναι κανόνες με μήκος 20 ή 30 εκατοστά του μέτρου συνήθως, με διαιρέσεις σε εκατοστά και χιλιοστά του μέτρου. Πολλές φορές υπάρχουν και υποδιαιρέσεις μισού χιλιοστού του μέτρου. Δεν συνιστάται να χρησιμοποιούμε τα υποδεκάμετρα για να φέρνουμε ευθείες, αλλά μόνο για να μετράμε μήκη, γιατί καταστρέφεται η ακμή τους. Οι **κλίμακες** (σχ. 2.5η) μοιάζουν με τα υποδεκάμετρα, αλλά έχουν συνήθως μορφή τριγωνικού πρίσματος και διαθέτουν έξι θέσεις, πάνω στις οποίες είναι χαραγμένες διαφορετικές διαιρέσεις. Κάθε μια υποδιαιρέση αντιστοιχεί σε μια ορισμένη κλίμακα σχεδιάσεως. Για τις κλίμακες σχεδιάσεως θα μιλήσουμε στο Κεφάλαιο 5.

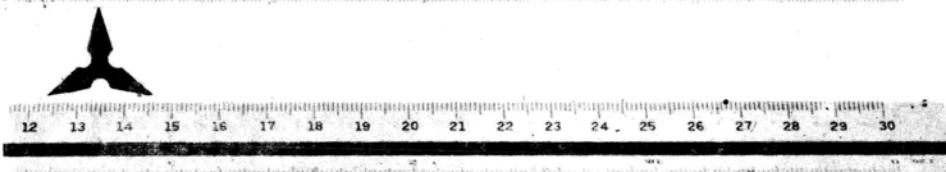
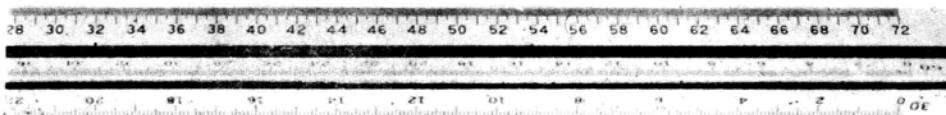
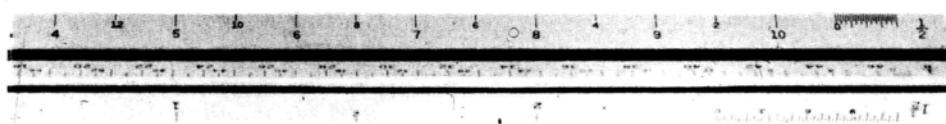
Όργανα συγγενή με τους κανόνες είναι και τα **καμπυλόγραμμα** (σχ. 2.5θ), που χρησιμεύουν για να σχεδιάζομε διάφορες καμπύλες. Είναι και αυτά συνήθως πλαστικά και σπανιότερα ξύλινα, όπως και τα τρίγωνα.



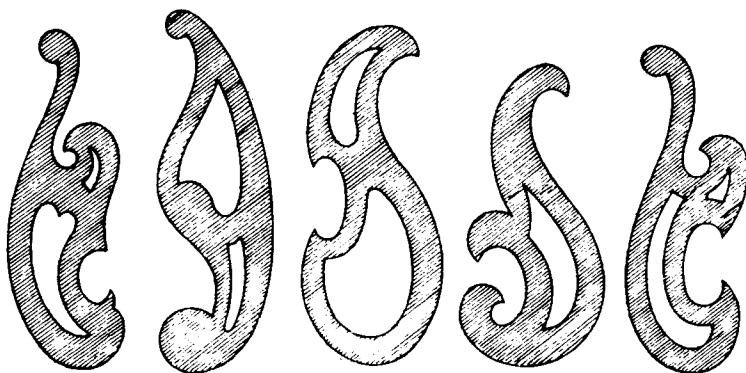
Σχ. 2.5στ.
Σύστημα καθέτων κανόνων σχεδιαστηρίου.



Σχ. 2.5ζ.
Υποδεκάμετρο.



Σχ. 2.5η.
Κλίμακες.



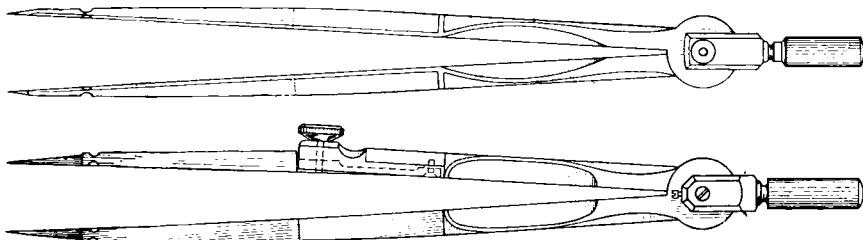
Σχ. 2.5θ.
Καμπυλόγραμμα.

Διαβήτης είναι ένα όργανο με δύο σκέλη, που στο πάνω 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 μετρα 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. 2. 5ι).

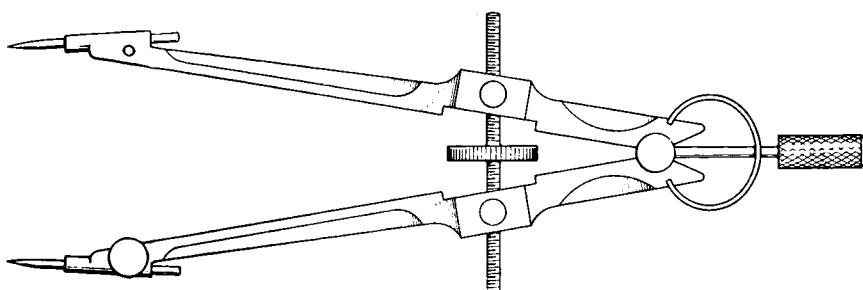
Η σταθεροποίηση των δύο σκελών του διαβήτη στην επιθυμητή θέση εδασφαλίζεται συνήθως με την τριβή, που αναπτύσσεται στην άρθρωση. Για μεγαλύτερη εξασφάλιση και, όταν μας ενδιαφέρει μεγαλύτερη ακρίβεια, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε διαβήτη με συνδεμένα τα σκέλη (σχ. 2.5ια). Η απόσταση των σκελών στους διαβήτες αυτούς αυξομειώνεται με τη βοήθεια ενός κοχλία.

Η μία από τις δύο ακίδες στους περισσότερους διαβήτες μπορεί να αφαιρεθεί και στη θέση της να τοποθετηθεί μια μύτη μολυβιού, ένας γραμμοσύρτης ή ένας γραμμοσύρτης τύπου γκραφός ή ραπιντογκράφ (σχ. 2.5ιβ). 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.

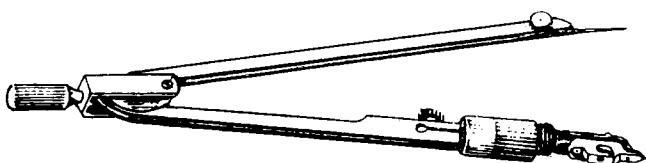
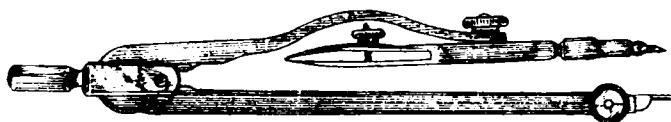
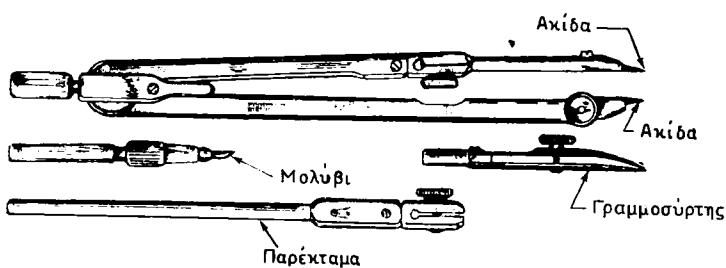
Οι διαβήτες είναι κατά κανόνα ατσαλένιοι και μπορούμε να κάνουμε με αυτούς κύκλους με ακτίνα 5 ως 150 περίπου χιλιοστά του μέτρου, που είναι και αυτοί, που χρησιμοποιούνται πιο συχνά στα συνηθισμένα σχέδια. Για κάπως μεγαλύτερες ακτίνες μπορούμε να προσθέσουμε ένα **παρέκταμα** στο σκέλος του διαβήτη, που έχει τη γραφίδα (σχ. 2. 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 στρεψόμε, όπου επιθυμούμε, ένα παρόμοιο σκέλος με γραφίδα (σχ. 2.5ιδ). Μπορούμε ακόμα να χρησιμοποιήσουμε και ειδικά **κυκλικά καμπυλόγραμμα**, που καθένα γράφει επάνω του το μέγεθος της ακτίνας. Αντίστροφα, για πολὺ μικρούς κύκλους χρησιμοποιείται ένας ειδικός διαβήτης, η **πόμπα** (σχ. 2. 5ιε). Η απόσταση των σκελών του κανονίζεται με ένα κοχλία. Το στέλεχος με την ακίδα κρατιέται κατακόρυφα και το άλλο περιστρέφεται ελεύθερα γύρω του και γράφει τον κύκλο. Οι διαβήτες και οι γραμμοσύρτες υπάρχουν στο εμπόριο και σε ειδικά κουτιά (σχ. 2. 5ιστ) ως **συλλογές εργαλείων σχεδιάσσεως**.



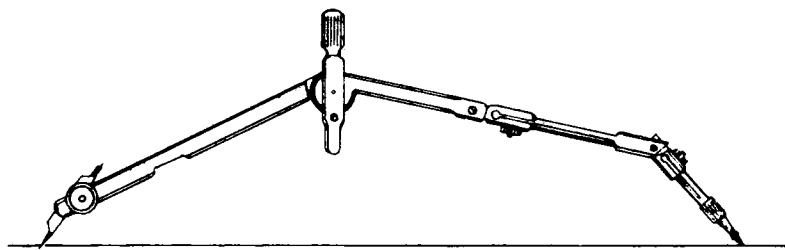
Σχ. 2.5ι.
Διαβήτες-διαστημόμετρα.



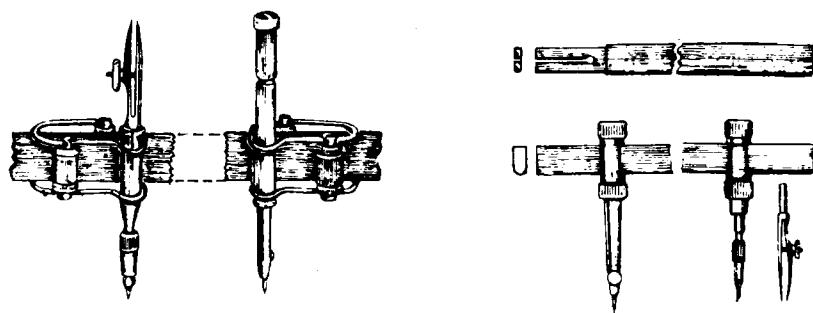
Σχ. 2.5ια
Διαβήτης με τα σκέλη συνδεμένα.



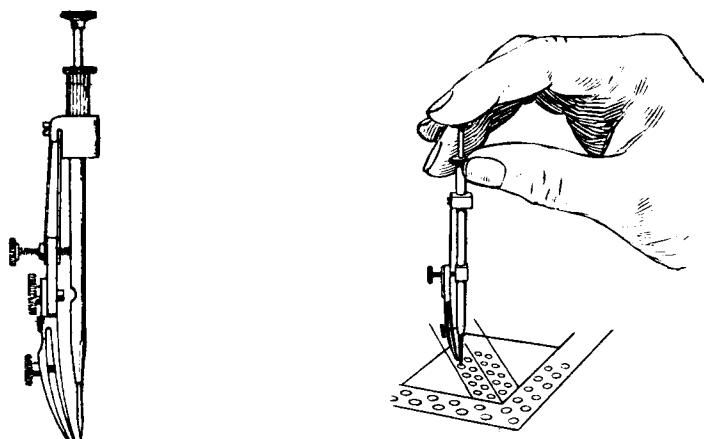
Σχ. 2.5ιβ.
Διαβήτες με μολύβι και γραμμοσύρτη.



Σχ. 2.5ιγ.
Διαβήτης με παρέκταμα.

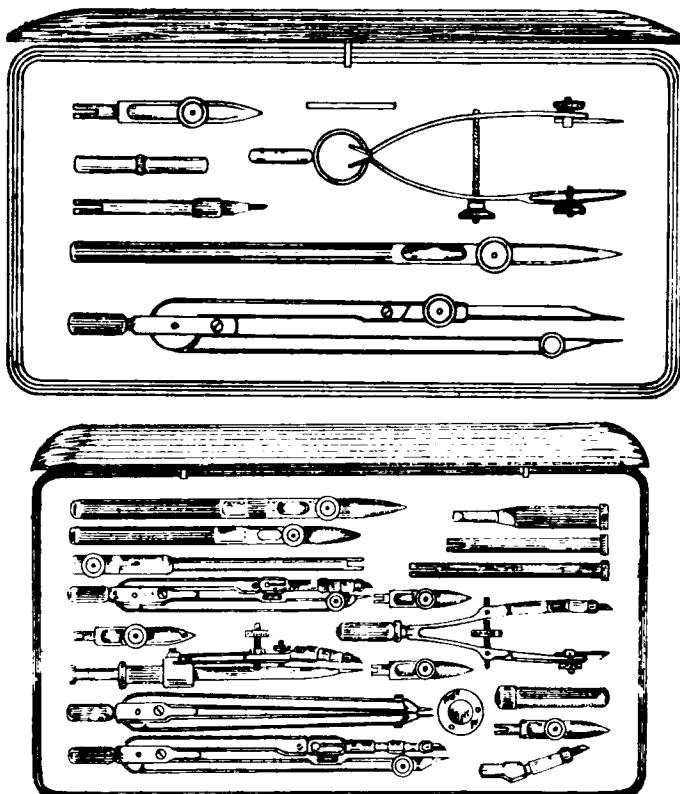


Σχ. 2.5ιδ.
Διαβήτης για πολὺ μεγάλους κύκλους.

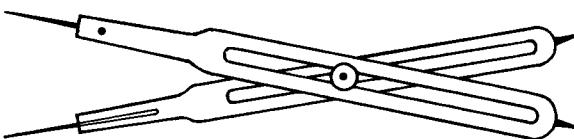


Σχ. 2.5ιε.
Διαβήτης για πολύ μικρούς κύκλους (μπόμπα).

Ένα εργαλείο συγγενικό με το διαβήτη είναι ο αναγωγικός διαβήτης (σχ. 2.5ιζ), 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



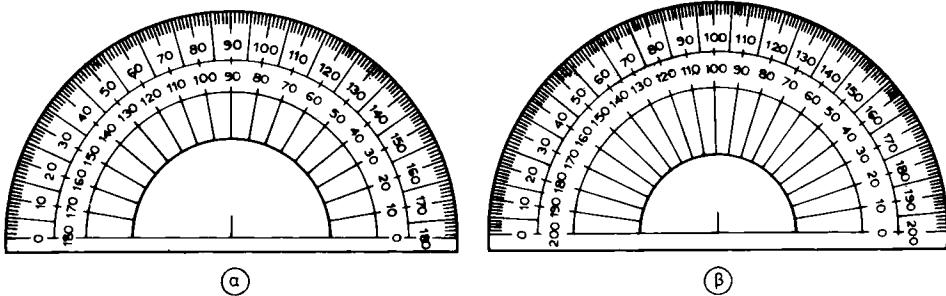
Σχ. 2.5ιστ.
Συλλογές εργαλείων σχεδιάσεως.



Σχ. 2.5ιζ.
Αναγωγικός διαβήτης.

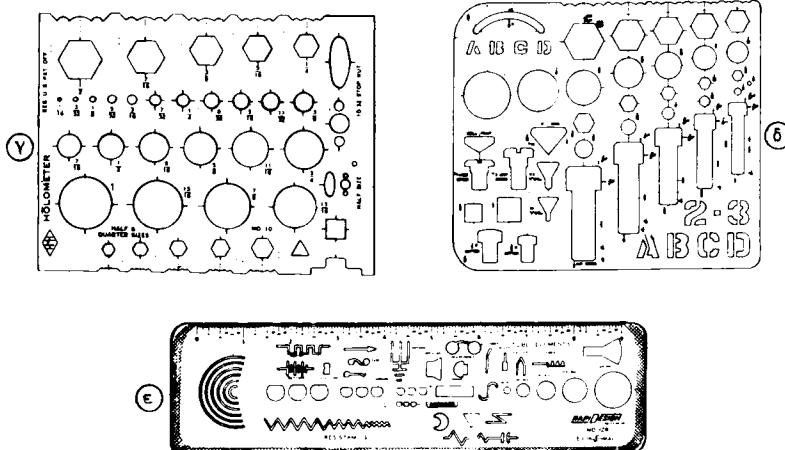
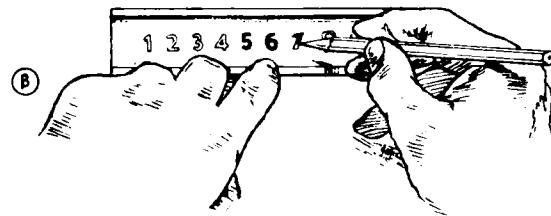
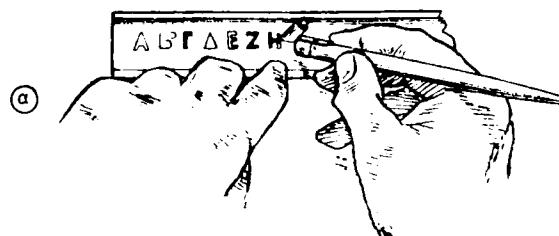
ανοίγματος των δύο ακίδων της μιας άκρης προς το άνοιγμα των ακίδων της άλλης είναι σταθερός. Έτσι μπορούμε, μετρώντας με το ένα άνοιγμα διάφορα μήκη, να τα μεταφέρουμε στο σχέδιο με το άνοιγμα της άλλης άκρης, ώστε να πετύχουμε μια μεγέθυνση ή μια σμίκρυνση.

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° (μοίρες) ή σε 200^β (βαθμούς). (σχ. 2.5ιη). Χρησιμεύει, για να μετράμε γωνίες ή τόξα και για να κατασκευάζομε γωνίες ή τόξα με ορισμένο μέγεθος. Αρκεί για το σκοπό αυτὸν να τοποθετήσουμε το κέντρο του



Σχ. 2.5ιη.

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



Σχ. 2.5ιθ.

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

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 την μια 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 διαιρεση 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. 2.5ιθ).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

ΓΡΑΜΜΕΣ

3.1 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 πολὺ μονότονο και ταυτόχρονα δε θα μας βοηθήσει να κατανοήσουμε τι παριστάνει. Γι' αυτό είναι σκόπιμο να ιεραρχήσουμε τις γραμμές σχεδιάζοντας παχύτερες τις κυριότερες απ' αυτές και να τις διαφοροποιήσουμε ανάλογα με τι τι σημαίνει η κάθε μια.

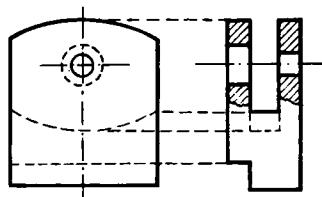
Σε κάθε σχέδιο υπάρχουν γραμμές πραγματικές, που φαίνονται, γραμμές πραγματικές, που δεν φαίνονται, γιατί βρίσκονται στο πίσω μέρος ή στο εσωτερικό του αντικειμένου που σχεδιάζομε, γραμμές νοητές, γραμμές διαστάσεων κ.ο.κ. Για κάθε μια χρησιμοποιούμε ορισμένο είδος γραμμής και ορισμένο πάχος.

Πρώτα αποφασίζομε, ποιο θα είναι το πάχος των κυρίων (βασικών) γραμμών του σχεδίου, δηλαδή των πραγματικών γραμμών, που φαίνονται. Το πάχος αυτὸν 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 μη φαίνεται το σχέδιο άτονο και άδιο.

Οι πραγματικές γραμμές, που δε φαίνονται, σχεδιάζονται διακεκομένες (κομματιαστές) και έχουν το μισό πάχος των βασικών γραμμών. Οι γραμμές αυτές αποτελούνται από κομμάτια ίσα μεταξύ τους με μήκος 5 ως 10 φορὲς το πάχος τους και με διάκενα ανάμεσά τους. Τα διάκενα είναι και αυτά ίσα μεταξύ τους και έχουν μήκος 2 ως 3 φορὲς το πάχος της γραμμής (σχ. 3.1α). Σε ορισμένες περιπτώσεις, όπως π.χ. για να δείξουμε μιαν άλλη θέση ενδός κινητού στοιχείου, που υπάρχει στο σχέδιο σχεδιασμένο με συνεχή γραμμή, χρησιμοποιούμε πάλι διακεκομένη γραμμή, αλλά με το πάχος των συνεχών (σχ. 3.1β).

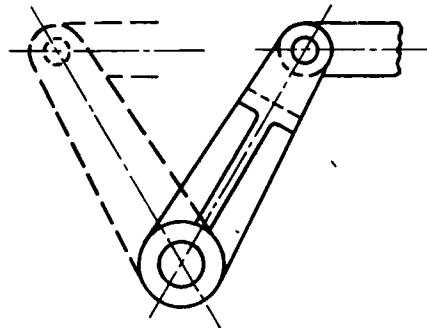
Μια συνηθισμένη νοητή γραμμή είναι ο άξονας συμμετρίας ενδός αντικειμένου. Για τον άξονα χρησιμοποιούμε την **αξονική γραμμή**, που έχει πάχος το $\frac{1}{4}$ περίπου των κύριων γραμμών και αποτελείται από ευθύγραμμα τμήματα ίσα μεταξύ τους, με μήκος 50 ως 60 φορὲς το πάχος τους, που ανάμεσά τους υπάρχουν τελείες ή πολὺ 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. 3.1α, 3.1β και 3.1γ).

Οι **γραμμές διαστάσεων** είναι συνεχείς και τελειώνουν σε δύο βέλη ή σε 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 αφήνομε ένα κενό, για να γράψουμε τη διάσταση, μπορούμε όμως και ν' 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 $\frac{1}{4}$ περίπου του πάχους της βασικής γραμμής του σχεδίου (σχ. 3.1δ).



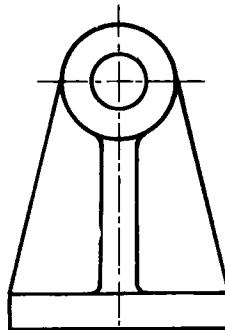
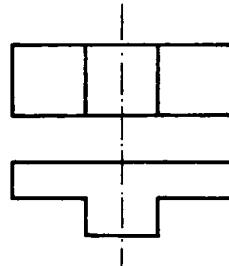
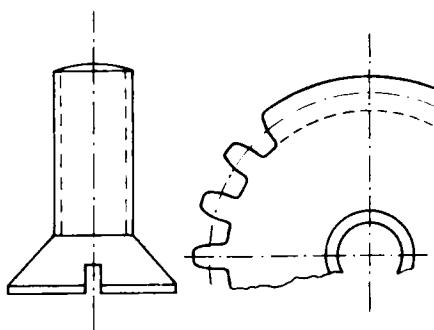
Σχ. 3.1α.

Διακεκομμένες για γραμμές που δεν φαίνονται.



Σχ. 3.1β.

Διακεκομμένη χοντρή γραμμή σε ειδική περίπτωση.



Σχ. 3.1γ.
Αξονικές γραμμές.



0,17

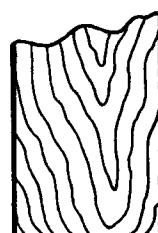
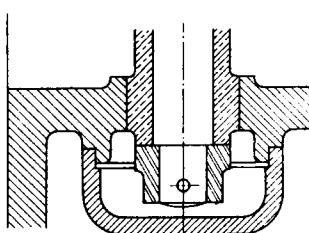
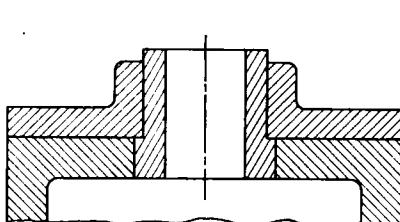


0,17

0,30

0,30

Σχ. 3.1δ.
Γραμμές διαστάσεων.



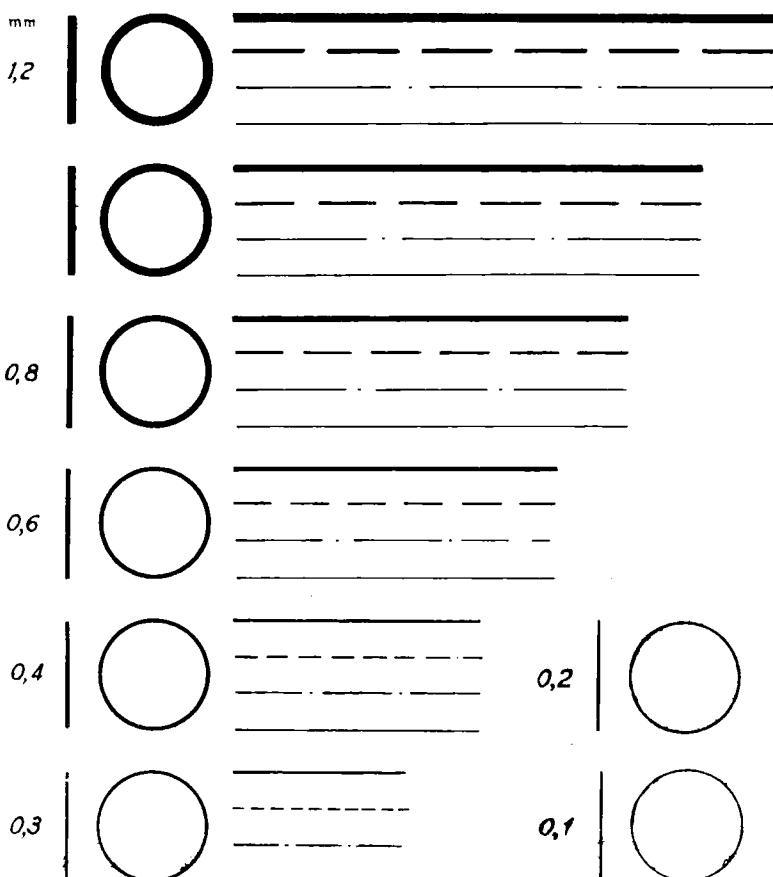
Σχ. 3.1ε.
Διαγράμμιση τομής.

Σχ. 3.1στ.
Διαγράμμιση
με ελεύθερο χέρι.

Τέλος, χρησιμοποιούμε συνεχείς λεπτές γραμμές με πάχος ίσο με το πάχος των γραμμών διαστάσεων, για να διαγραμμίσουμε κομμάτια του σχεδίου, π.χ. για να δείξουμε ότι πρόκειται για μια τομή (σχ. 3.1ε) ή για να δείξουμε το υλικό. Για να δείξουμε π.χ. ότι ένα αντικείμενο είναι ξύλινο, σχεδιάζουμε διαγράμμιση με ελεύθερο χέρι, όπως στο σχήμα 3.1στ. Το ίδιο κάνομε και για άλλα υλικά, π.χ. έδαφος, πέτρες, άμμο, σκυρόδεμα κλπ, δισες φορές χρειάζεται να γίνει διάκριση μεταξύ τους. Εδώ σημειώνουμε, 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 παραμένος 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 καλλίτερα.

Πίνακας 3.
Πάχη γραμμών σχεδίου κατά τους Γερμανικούς κανονισμούς DIN 15



3.2 Χάραξη γραμμών.

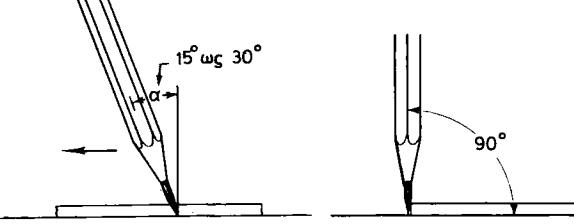
Οι γραμμές στο σχέδιο χαράζονται με τρεις τρόπους:

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

β) Με τη βοήθεια διαβήτη και

γ) με ελεύθερο χέρι.

Στην πρώτη περίπτωση έχει σημασία αν σχεδιάζομε με μολύβι ή με μελάνι. Αν σχεδιάζομε 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 γωνίας, χωρίς να ακουμπά στην κατακόρυφη έδρα της (σχ. 3.2α, 3.2β). 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.



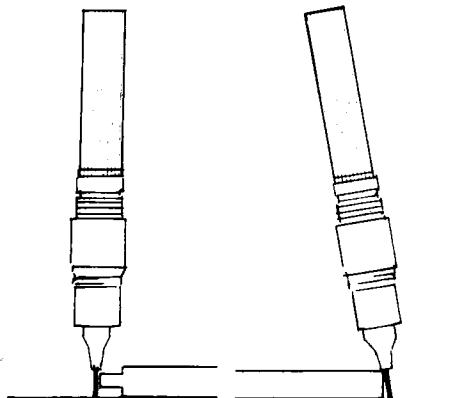
Σχ. 3.2α.
Σχεδίαση γραμμών με μολύβι.



Σχ. 3.2β.
Σχεδίαση γραμμών με μολύβι.

Όταν σχεδιάζομε με μελάνι, δεν πρέπει ο οδηγός (το τρίγωνο, το καμπυλόγραμμο κλπ) να ακουμπά τελείως στο χαρτί (σχ. 3.2γ), για να μη 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. 3.2δ). Αν χρησιμοποιούμε γραμμοσύρτη, το αποτέλεσμα κατά κανόνα θα είναι στην περίπτωση αυτή κακής ποιότητας (σχ. 3.2ε). Αν χρησιμοποιούμε γραμμογράφο, θα έχομε καλό αποτέλεσμα, αν μπορούμε να κρατάμε απόλυτα σταθερή την κλίση του.

Όταν χαράζομε κύκλους με διαβήτη, πρέπει να μοιράζομε 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



Σχ. 3.2γ.
Σχεδίαση
γραμμών με μελάνι.

Σχ. 3.2δ.
Σχεδίαση
γραμμών με μελάνι.

1) Υπερβολική πίεση γραφίδας στον κανόνα.

2) Μεγάλη κλίση γραφίδας προς τα εξω.

3) Γραφίδα πολύ κοντά στον κανόνα.

4) Μελάνη στο εξωτερικό του γραμμοσύρτη.

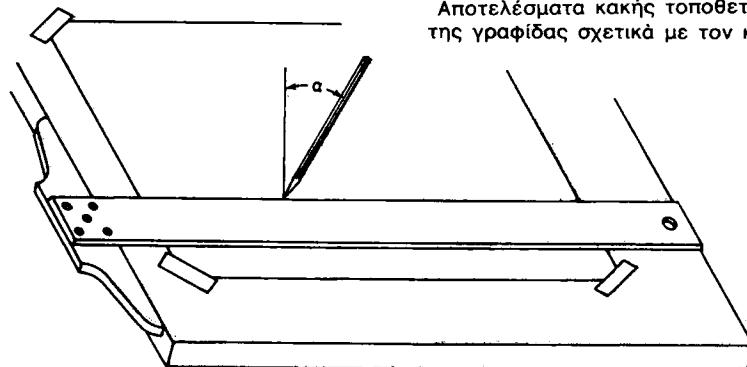
5) Λεπίδες γραμμοσύρτη μη παράλληλες προς κανόνα.

6) Γλύστρημα κανόνα πάνω στο υγρό μελάνι.

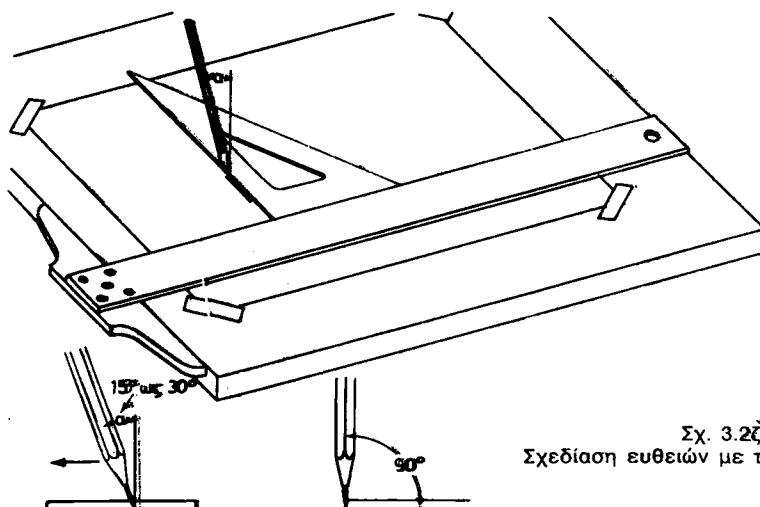
7) Ανεπαρκές μελάνι για το τέλειωμα της γραμμής.

Σχ. 3.2ε.

Αποτελέσματα κακής τοποθετήσεως
της γραφίδας σχετικά με τον κανόνα.



Σχ. 3.2στ.
Σχεδίαση ευθειών με ταυ ή παράλληλο.



Σχ. 3.2ζ.
Σχεδίαση ευθειών με ταυ και τρίγωνο.

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 μη παρουσιάζουν σπασίματα. Αν σχεδιάζομε με μελάνη, θα χρησιμοποιήσουμε γραμμογράφο ή ειδικό γραμμοσύρτη, που περιστρέφεται ελεύθερα γύρω από το στέλεχό του (**τρελλός**) [σχ. 2.3β(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 πεννάκι και ποτέ γραμμοσύρτη.

Οι περισσότερες γραμμές σε κάθε τεχνικό σχέδιο είναι ευθείες και μάλιστα παράλληλες με τις πλευρές του σχεδιαστηρίου. Για όσες είναι παράλληλες με τις μεγάλες πλευρές, χρησιμοποιούμε για οδηγό το ταυ ή το παράλληλο (σχ. 3.2στ). Για όσες είναι παράλληλες με τις μικρές, ακουμπάμε τη μια κάθετη πλευρά ενός τριγώνου στο ταυ ή το παράλληλο και χρησιμοποιούμε την άλλη του κάθετη πλευρά για οδηγό (σχ. 3.2ζ). Με αντίστοιχο τρόπο σχεδιάζομε και τις γραμμές, που σχηματίζουν γωνίες 30°, 45° και 60° 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 ταυ ή παράλληλο.

3.3 Άσκηση στη γραμμογραφία.

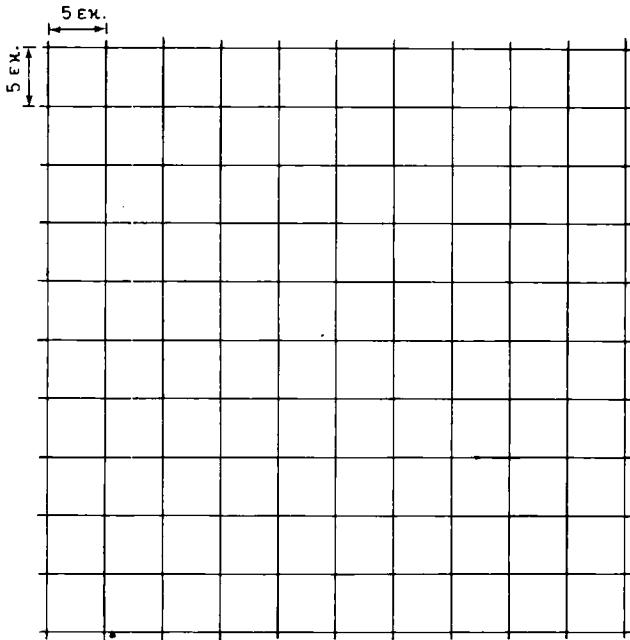
Αφού γνωρίσαμε τα μέσα και τα υλικά σχεδιάσεως, χρειάζεται να μάθομε να τα χρησιμοποιούμε. Μόνο στην πράξη διαπιστώνει κανείς τις δυσκολίες, που παρουσιάζονται, και μαθαίνει τις ιδιομορφίες των οργάνων και των υλικών, ώστε σιγά-σιγά να μπορεί να τις αντιμετωπίσει και να κάνει ένα καλό σχέδιο. Παρακάτω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

1η. Να σχεδιαστεί ένας κάνναβος με διάσταση 5 εκατοστών του μέτρου, δηλαδή μία δέσμη ευθειών παράλληλων προς τις μεγάλες πλευρές του χαρτιού, που να απέχουν η μια από την άλλη 5 εκατοστά και μία δεύτερη δέσμη ευθειών κάθετων προς τις πρώτες, που να απέχουν και αυτές μεταξύ τους 5 εκατοστά (σχ. 3.3α). Το σχέδιο να γίνει πρώτα με μολύβι σε άσπρο χαρτί και έπειτα να αντιγραφεί με μελάνη 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 κανείς μια γραμμή παχύτερη ή λεπτότερη από τις άλλες.

2η. Να σχεδιαστεί ένας κύκλος με ακτίνα 1ση με 5 ως 10 εκατοστά του μέτρου και να χαραχτούν έξι διάμετροι του, που να τον χωρίζουν σε 12 ίσους κυκλικούς τομείς (σχ. 3.3β). Στο ίδιο χαρτί να σχεδιαστεί το σχέδιο αυτό αριστερά με μολύβι και δεξιά με μελάνη με γραμμή συνεχή πάχους 0,4 χιλιοστών του μέτρου. Για τη

χάραξη των διαμέτρων να χρησιμοποιηθεί το ταυ μόνο του για τη μια 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° , 60° και 90° .



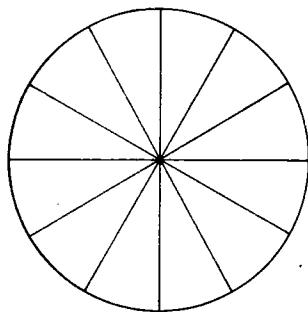
Σχ. 3.3α.
Σχέδιο για την πρώτη άσκηση.

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

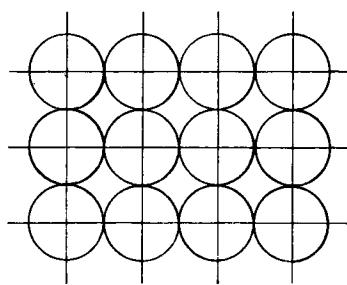
3η. Να σχεδιαστούν δώδεκα ίσοι κύκλοι με ακτίνα ίση με 3 ως 6 εκατοστά του μέτρου, που τα κέντρα τους να αποτελούν τρεις σειρές οριζόντιες από τέσσερα κέντρα σε κάθε σειρά και να απέχουν μεταξύ τους αποστάσεις ίσες με τη διάμετρο των κύκλων έτσι, ώστε όλοι οι κύκλοι να εφάπτονται μεταξύ τους (σχ. 3.3γ). Οι έξι αριστεροί κύκλοι να σχεδιαστούν με μολύβι και οι ιπόλοιποι 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 κανεὶς κάποια από τις 17 επαφές διαφορετική από τις άλλες. Εννοείται ότι και τα πάχη των γραμμών πρέπει να είναι όλα ίδια.

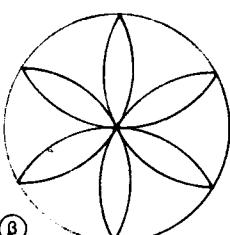
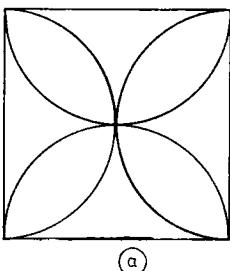
4η. Να σχεδιαστούν τα σχήματα, που φαίνονται στο σχήμα 3.3δ με μολύβι και με μελάνι και με διάφορα πάχη γραμμών. Το σχήμα (a) αποτελείται από ένα τετράγωνο και τέσσερα ημικύκλια, που έχουν τα κέντρα τους στα μέσα των πλευρών του τετραγώνου και διάμετρο ίση με την πλευρά του τετραγώνου.



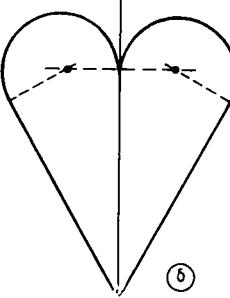
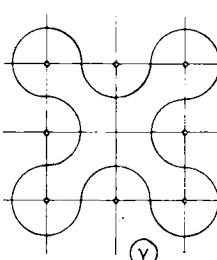
Σχ. 3.3β.
Σχέδιο για τη δεύτερη άσκηση.



Σχ. 3.3γ.
Σχέδιο για την τρίτη άσκηση.



Σχ. 3.3δ.
Σχέδιο για την τέταρτη άσκηση.



Το σχήμα (β) αποτελείται από έναν κύκλο και έχει 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 ταυ 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 μονοκόμματες 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.

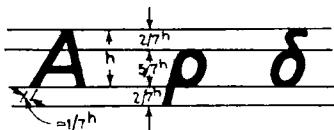
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

ΤΕΧΝΙΚΗ ΓΡΑΦΗ ΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΑΡΙΘΜΩΝ

4.1 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 ποι 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 δυο 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 σ' αυτές προσέχοντας πολὺ να ακουμπούν στις γραμμές, χωρίς να προεξέχουν καθόλου. Πολλές φορές μια τρίτη ή μια τέταρτη γραμμή μπορούν να μας διευκολύνουν περισσότερο (σχ. 4.1α). 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



Σχ. 4.1α.

Οδηγητικές γραμμές για τη σχεδίαση γραμμάτων.

έχουν το κάτω μέρος τους πάντοτε προς τα δεξιά. Μόνο σε εξαιρετικές περιπτώσεις επιτρέπεται οι γραμμές οδηγοί να είναι λοξές, 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. 4.1β, 4.1γ).

A B E N K I I M

Τ Α Y Z H O Σ

1 4 7 2 3 *

α β ε ν ι π ι

Τ Α Ι Υ Ζ Η Ο Σ

1 4 7 2 3 *

Σχ. 4.1β.
Γράμματα σε χαρτί τετραγωνισμένο (μύλιμετρέ).

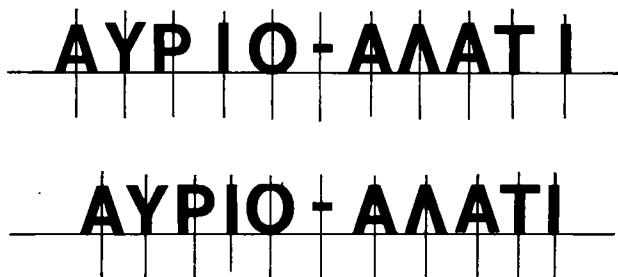
A B E N K I I M

Τ Α Y Z H O Σ

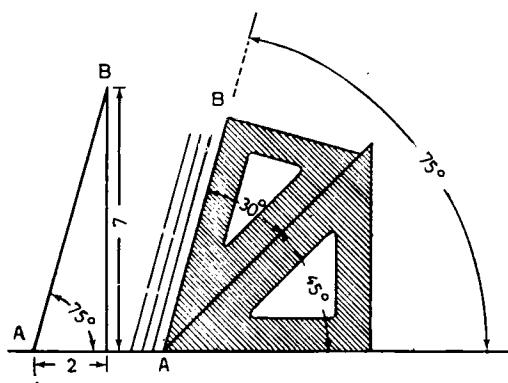
1 4 7 2 $\frac{3}{5}$ $\frac{4}{6}$

Σχ. 4.1γ.
Υποδειγμάτα γραμμάτων.

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



Σχ. 4.1δ.
Γράψιμο λέξεων: (a) με ίσα διαστήματα, (b) με άνισα αλλά κατάλληλα διαστήματα.



Σχ. 4.1ε.
Κατασκευή οδηγητικών γραμμών για λοξά γράμματα.

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 πολὺ άσχημο. Τα διαστήματα πρέπει να είναι μικρότερα ή μεγαλύτερα ανάλογα με το σχήμα των γραμμάτων και αυτό μόνο η πείρα μπορεί να το διδάξει (σχ. 4.1δ). Γενικά στο Ι 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° 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 ταυ και τα δύο τρίγωνα (σχ. 4.1ε). Καλὸν είναι να γίνει εξάσκηση και σ' αυτή τη γραφή με υποδείγματα σε λοξά τετραγωνισμένο χαρτί (σχ. 4.1στ, 4.1ζ).

α β ε ν υ π μ

τ λ υ ζ π ο σ

1 4 7 2 3 4

Σχ. 4.1στ.
Γράμματα σε χαρτί λοξά τετραγωνισμένο.

α β γ ν υ π μ

τ λ υ ζ π ο σ

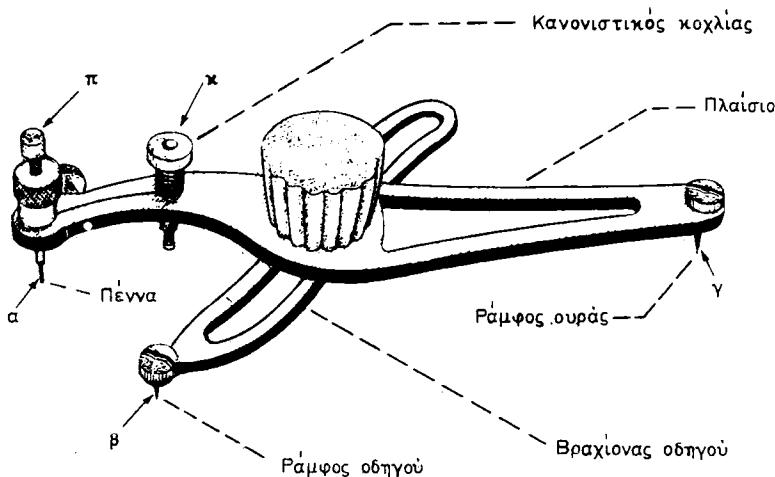
1 4 7 2 $\frac{3}{5}$ $\frac{4}{6}$

Σχ. 4.1ζ.
Υποδείγματα λοξών γραμμάτων.

4.2 Γραφή με οδηγό.

Κυκλοφορούν σήμερα στο εμπόριο ειδικά πλαστικά όργανα με διατρήσεις σε σχήμα γραμμάτων και αριθμών, ώστε να χρησιμοποιούνται σαν οδηγοί, όταν θέλουμε να γράψουμε στο σχέδιο (σχ.2. 5η). Τα όργανα αυτά έχουν τη μορφή κανόνων, ώστε να τα σέρνουμε επάνω στο ταυ ή το τρίγωνο και να εξασφαλίζεται έτσι, ότι τα γράμματα ή τα ψηφία είναι απόλυτα στοιχημένα. Αν διαθέτουμε πλούσια συλλογή τέτοιων οργάνων, μπορούμε να γράφουμε 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 8, 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.



I. Κυρίως γραφέας.

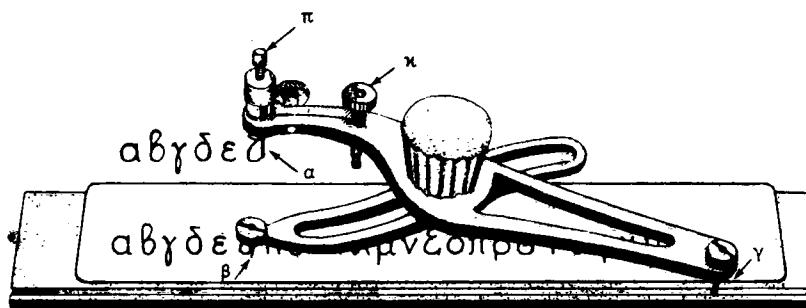
α β γ δ ε ζ η δ ι u λ μ ν ξ ο π ρ σ t u φ x ψ w s ' ' ~ ' ; !

II. Τύπος γραμμάτων.

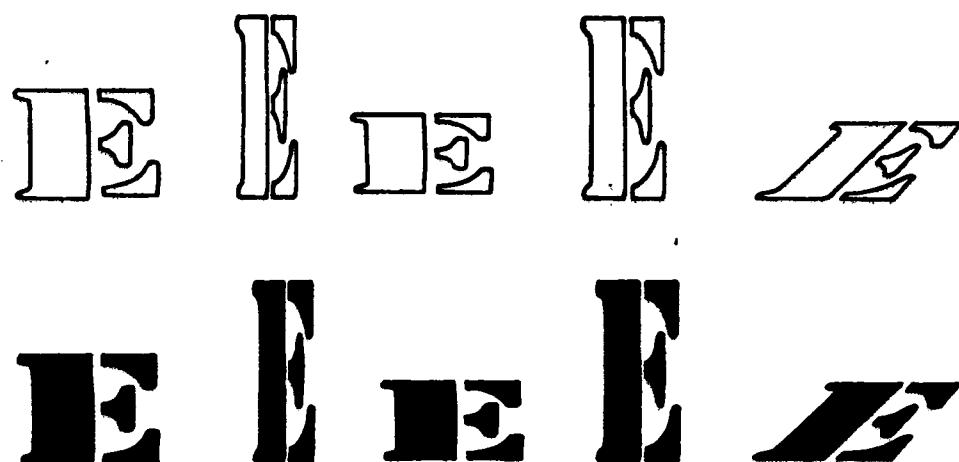
Σχ. 4.2a.
Συσκευή γραφής γραμμάτων συστήματος LEROY.

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 το κατάλληλο.

Εκτὸς απὸ τους απλοὺς αυτοὺς οδηγοὺς υπάρχουν καὶ ἄλλοι με μεγαλύτερες δυνατότητες. Σ' αυτοὺς η γραφὴ γίνεται με μια γραφίδα, που κινεῖται πάνω στο σχέδιο καὶ που συνδέεται με μιαν ἄλλη ακίδα οδηγό. Η ακίδα οδηγὸς κινεῖται μέσα στις σχισμὲς του κανόνα οδηγού. Με τὸν τρόπο αυτὸν μπορούμε να γράψομε, ὅχι μόνο γράμματα ακριβῶς ἵδια με τα γράμματα του οδηγού, αλλὰ καὶ μεγαλύτερα, όμοια με τα αρχικά, αρκεῖ να ρυθμίσουμε κατάλληλα τη σύνδεση του οδηγού με τη γραφίδα (σχ. 4.2α, 4.2β). Υπάρχουν μάλιστα καὶ συστήματα με διπλὴ ρύθμιση, ὡστε να μπορούμε να μεγαλώσουμε τὸ ύψος διαφορετικὰ απὸ τὸ πλάτος των γραμμάτων καὶ ἔτσι να ἔχομε γράμματα φιλόλιγνα ἢ κοντόχοντρα ανάλογα με τὴν επιθυμία μας. Μπορεῖ μάλιστα καὶ να μας δίνουν γράμματα, ὅχι με απλὲς γραμμές, αλλὰ με τὸ περίγραμμά τους, που ἡ το αφήνομε ἀδειο ἢ το μαυρίζομε (σχ. 4.2γ).



Σχ. 4.2β.
Γραφὴ γραμμάτων με τὸ σύστημα LEROY.



Σχ. 4.2γ.

Διάφοροι τύποι γραμμάτων γραμμένοι με τὸ ἴδιο αρχικὸ γράμμα οδηγὸ.

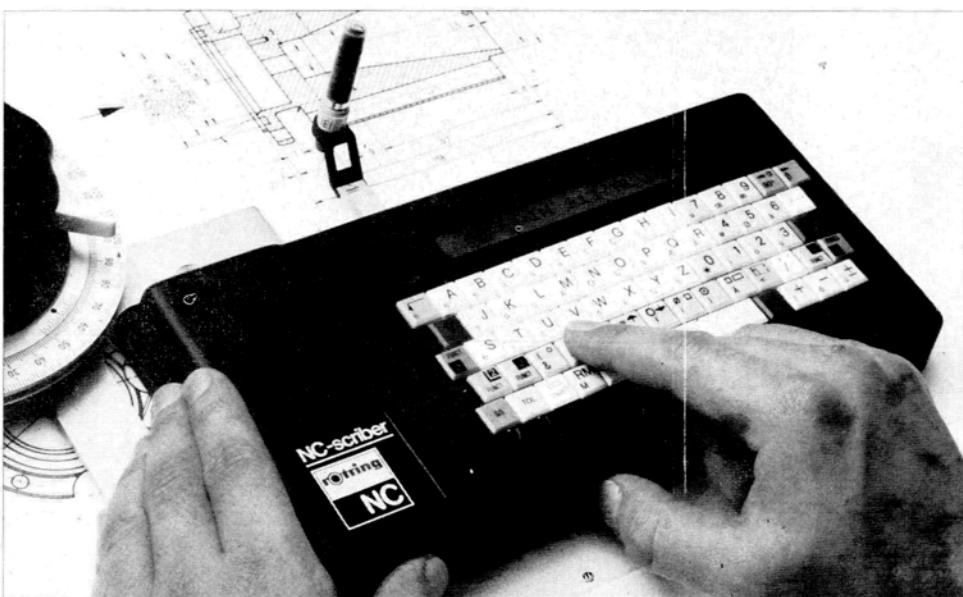
Υπάρχουν καὶ μηχανές διαφόρων τύπων κατάλληλες να γράφουν στα σχέδια. Ένας τύπος μοιάζει με γραφομηχανή, που διαθέτει μεγάλη ποικιλία γραμμάτων, ψηφίων καὶ συμβόλων τόσο απὸ τὴν ἀποψη του μεγέθους ὅσο καὶ απὸ τὴν ἀποψη τῆς μορφῆς καὶ ἔχει κατάλληλο κύλινδρο, ὡστε να μπορεῖ να γράψει σὲ οποιοδή-



Σχ. 4.2δ.
Μηχανή που γράφει γράμματα σε αυτοκόλλητη ταινία.

ποτε σημείο του σχεδίου, χωρίς να τσαλακώνει το χαρτί. Άλλοι τύποι είναι μικρότεροι και τοποθετούνται πάνω στο σχέδιο ή παράγουν αυτοκόλλητες λωρίδες, όπου είναι γραμμένο το κείμενο (σχ. 4.2δ). 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. 4.2ε).

Η τελευταία εξέλιξη είγαι το **αυτόματο σχεδιαστήριο** (plotter, σχ. 4.2στ). Με τον τρόπο αυτό σχεδιάζονται αυτόματα όχι μόνο γράμματα, ψηφία και σύμβολα, αλλά διλειτούργησης του σχεδίου. Η δουλειά αρχίζει σ' ένα **τραπέζι εργασίας** (work station, σχ. 4.2ζ), που η επιφάνειά του είναι ηλεκτρονικά συνδεδεμένη με ένα 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 πάνω στην οθόνη. Μπορεί ακόμα να μεταφερθεί και ολόκληρο έτοιμο σχέδιο στην οθόνη, αν το απλώσουμε πάνω 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 πάνω σε χαρτί, διαφανές ή όχι, στο αυτόματο



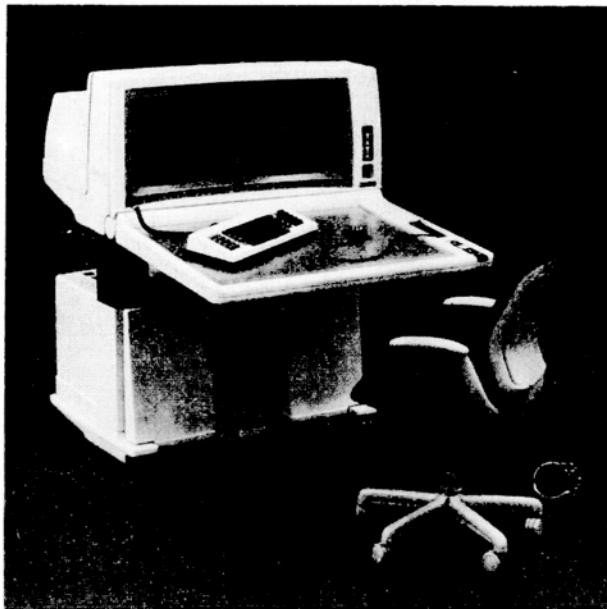
Σχ. 4.2ε.

Ηλεκτρονική μηχανή για γραφή γραμμάτων στο σχέδιο.



Σχ. 4.2στ.

Αυτόματο ηλεκτρονικό σχεδιαστήριο (plotter).

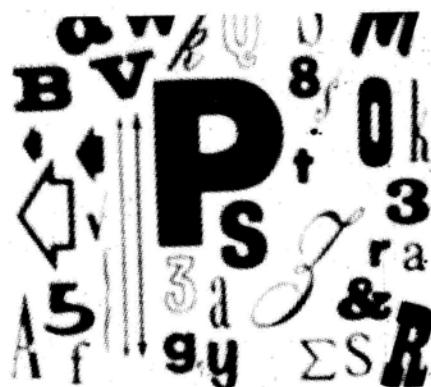


Σχ. 4.2ζ
Ηλεκτρονικό τραπέζι εργασίας (work station).

σχεδιαστήριο. Μπορούμε μάλιστα να σχεδιάσομε σε διαφορετικά χαρτιά, όσα στοιχεία από το σχέδιο επιθυμούμε κι έτσι να έχομε π.χ. την κάτωψη ενός κτιρίου με τα έπιπλά του σ' ένα σχέδιο, την ίδια κάτωψη με τις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις σ' ένα άλλο, σ' ένα σχέδιο να αναγράφονται οι διαστάσεις και σ' άλλο όχι Κ.Ο.Κ.

4.3 Γραφή με επικόλληση.

Μια πρόσφατη εξέλιξη στη γραφή γραμμάτων, ψηφίων και συμβόλων στα σχέδια είναι η επικόλληση στο σχέδιο έτοιμων αυτοκόλλητων γραμμάτων (LETTRASET). Τα γράμματα αυτά, σε πλουσιότατη ποικιλία (σχ. 4.3α) από την άποψη μεγεθών



Σχ. 4.3α.

Ποικιλία γραμμάτων, ψηφίων και συμβόλων για επικόλληση.

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. 4.3β) ή στην ανάγκη με το πίσω μέρος ενδός μολυβιού ή ακόμα και με το δάκτυλό μας πιέζομε το γράμμα, ώσπου να κολλήσει στο σχέδιο. Τότε τραβάμε με προσοχή το φύλλο, από όπου έχει ήδη ξεκολλήσει το γράμμα, για να επαναλάβουμε την ίδια διαδικασία με το επόμενο γράμμα. Όταν τελειώσουμε το κόλλημα, είναι σκόπιμο να το εξασφαλίσουμε (φιξάρομε) με ένα κατάλληλο ψεκασμό (σχ. 4.3γ).

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



Σχ. 4.3β.

Επικόλληση γραμμάτων. α) Με σπάτουλα β) Με το δάκτυλο.



Σχ. 4.3γ.

Στερέωση (φιξάρισμα) αύτοκόλλητων γραμμάτων.

4.4 Ασκήσεις.

Να αντιγράψετε τα παραδείγματα των σχημάτων 4.4α, 4.4β, 4.4γ, 4.4δ και 4.4ε προσπαθώντας να αποφύγετε τις ατέλειες, που παρουσιάζονται στις αριστερές τους στήλες.

Ⓐ	Ⓑ
ΑΒΓΔΕ	ΑΒΓΔΕ
ΖΗΘΙΚ	ΖΗΘΙΚ
ΛΜΝΞΟ	ΛΜΝΞΟ
ΠΡΣΤΥ	ΠΡΣΤΥ
ΦΧΨΩ	ΦΧΨΩ
012345	01234
6789	56789

Σχ. 4.4α.

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

Ⓐ	Ⓑ
αβγδε	αβγδε
ζηδιυ	ζηδιυ
λμνξο	λμνξο
πρστυ	πρστυ
φχψως	φχψως
012345	012345
6789 $\frac{3}{5}$ $\frac{4}{6}$	6789 $\frac{3}{5}$ $\frac{4}{6}$

Σχ. 4.4β.

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

Ⓐ	Ⓑ
ΑΒΓΔΕ	ΑΒΓΔΕ
ΖΗΘΙΚ	ΖΗΘΙΚ
ΛΜΝΞΟ	ΛΜΝΞΟ
ΠΡΣΤΥ	ΠΡΣΤΥ
ΦΧΨΩ	ΦΧΨΩ
01234	01234
56789	56789

Σχ. 4.4γ.

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

Ⓐ	Ⓑ
αβγδε	αβγδε
ζηθιυ	ζηθιυ
λμνξο	λμνξο
πρστυ	πρστυ
φχψως	φχψως
012345	012345
6789 $\frac{3}{5}$ $\frac{4}{6}$	6789 $\frac{3}{5}$ $\frac{4}{6}$

Σχ. 4.4δ.

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

Ⓐ	Ⓑ
ΛΕΓΕΤΕ ΤΗΝ ΑΛΗΘΕΙΑ	ΛΕΓΕΤΕ ΤΗΝ ΑΛΗΘΕΙΑ
ΛΕΓΕΤΕ ΤΗΝ ΑΛΗΘΕΙΑ	ΛΕΓΕΤΕ ΤΗΝ ΑΛΗΘΕΙΑ
ΛΕΓΕΤΕ ΤΗΝ Αλήθεια	ΛΕΓΕΤΕ ΤΗΝ Αλήθεια
ΛΕΓΕΤΕ ΤΗΝ Αλήθεια	ΛΕΓΕΤΕ ΤΗΝ Αλήθεια
ΛΕΓΕΤΕ ΤΗΝ Αλήθεια	ΛΕΓΕΤΕ ΤΗΝ Αλήθεια

Σχ. 4.4ε.

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

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ

ΚΛΙΜΑΚΑ ΣΧΕΔΙΑΣΕΩΣ

5.1 Γενικά.

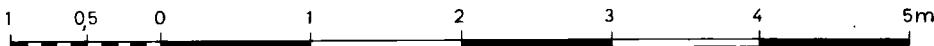
Τα αντικείμενα, που παριστάνουν τα τεχνικά σχέδια, είναι διαφόρων ειδών και διαστάσεων. Μπορεί π.χ να είναι ολόκληρες πόλεις ή έργα που εκτείνονται σε μεγάλες περιοχές, όπως δρόμοι, αρδευτικά δίκτυα ή γραμμές μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας, μπορεί ακόμα να είναι κτίρια, πλοία, μηχανές κλπ. Άλλα και επί μέρους εξαρτήματα κατασκευών, όπως βίδες, χειρολαβές, διακόπτες κλπ. παριστάνονται σε σχέδια. Επειδή το μέγεθος των αντικειμένων αυτών είναι κατά κανόνα αρκετά μεγάλο, η σχεδίασή 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 **υπὸ κλίμακα**.

5.2 Είδη κλιμάκων.

Η κλίμακα σχεδιάσεως 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, απ' αυτές που φαίνονται στο σχέδιό του. Έχει καθιερωθεί ο παρονομαστής αυτὸς να είναι ένας από τους αριθμοὺς 2,5,10,20,50,100,200, 500,1000 κ.ο.κ. Σπανιότερα χρησιμοποιούνται και οι αριθμοὶ 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 κανείς να τη βλέπει αμέσως. Τονίζομε εδώ ότι η κλίμακα αναφέρεται στις **γραμμικές διαστάσεις**, επομένως σε μια κλίμακα π.χ. 1:100 τα **μήκη παρουσιάζονται 100 φορὲς μικρότερα** από τα πραγματικά, αλλά τα **εμβαδά είναι 10.000 φορὲς μικρότερα** από τα πραγματικά. Σημειώνομε ακόμα ότι, αφού η κλίμακα είναι ένα κλάσμα, μεγαλύτερη κλίμακα είναι εκείνη, που έχει το μικρότερο παρογμαστή.

Υπάρχουν όμως και περιπτώσεις, που χρειάζεται να σχεδιάσουμε πολὺ 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 αριθμοὺς 2, 5 ή 10 και

σπανιότερα 1,5, 2,5, 3 ή 4. Η κλίμακα μπορεί να δοθεί και γραφικά (σχ. 5.2a), 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 διαιρέση δείχνει ποιο πραγματικό μήκος παριστάνει στο σχέδιο το μήκος της διαιρέσεως αυτής. Σε μια κλίμακα π.χ. 1:50 κάθε διαιρέση 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.



Σχ. 5.2a.
Γραφική κλίμακα σχεδιάσεως.

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 κι 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 να σβήνουμε την αριθμητική κλίμακα.

Σ σχέδια τοπογραφικά, πολεοδρομικά, οδοποιίας, δικτύων πόλεων κλπ. χρησιμοποιούνται κλίμακες 1:500 και μικρότερες και σε εξαιρετικές περιπτώσεις 1:200. Σε σχέδια κτιρίων και παρόμοιων τεχνικών έφγων, 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, 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, χρήματα κ.ο.κ. Πρέπει πάντοτε σε τέτοιες περιπτώσεις να δίνεται μια κλίμακα σχεδιάσεως. 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 το (μέτρα) ή cm (εκατοστόμετρα), αλλά kg (χιλιόγραμμα), V(βολτ), Iux ή Δρχ. κ.ο.κ.

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

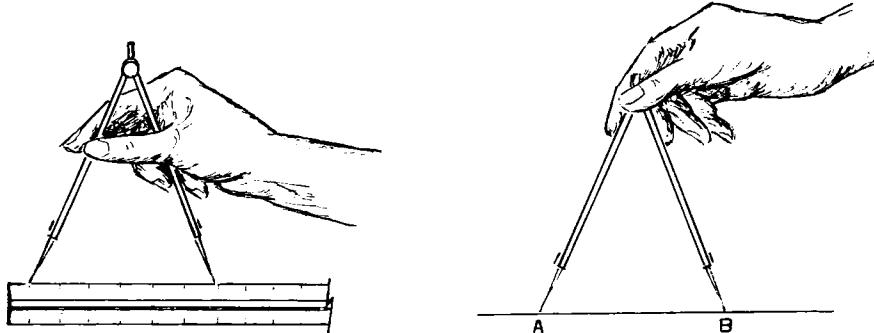
5.3 Χρήση κλίμακας σχεδιάσεως.

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

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

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

Ας τα λύσουμε πρώτα χρησιμοποιώντας την αριθμητική κλίμακα. Για το πρώτο πρόβλημα θα διαιρέσουμε το πραγματικό μέγεθος με τον παρονομαστή της κλίμακας (ή θα το πολλαπλασιάσουμε με τον αριθμητή της, αν ο παρονομαστής είναι η μονάδα) και το αποτέλεσμα θα το μεταφέρουμε στο σχέδιο με τη βοήθεια του υποδεκάμετρου ή του υποδεκάμετρου σε συνδυασμό με το διαστημόμετρο (σχ. 5.3α).



Σχ. 5.3α.

Μεταφορά μήκους με το διαστημόμετρο από το υποδεκάμετρο στο σχέδιο.

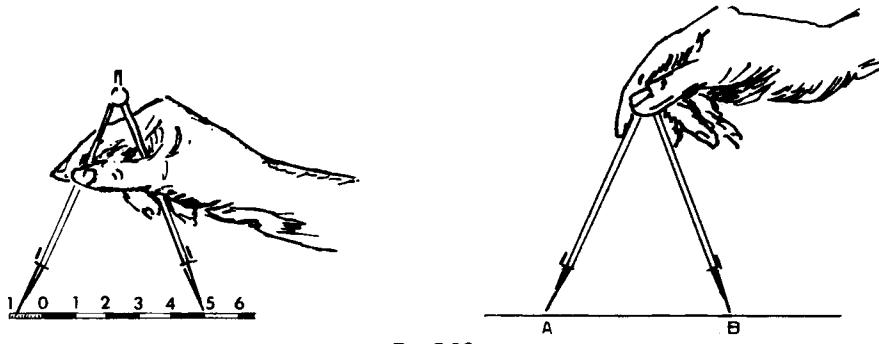
Για να λύσουμε το δεύτερο πρόβλημα, μετράμε πάνω στο σχέδιο με όση μεγαλύτερη ακρίβεια μπορούμε το μήκος με το υποδεκάμετρο και πολλαπλασιάζουμε τον αριθμό που θα βρούμε με τον παρονομαστή της κλίμακας (ή τον διαιρούμε με τον αριθμητή της, αν ο παρονομαστής είναι η μονάδα). Το αποτέλεσμα είναι το πραγματικό 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 διαστημόμετρό και καρφώνομε τη δεξιά του ακίδα στην ακέραιη διαίρεση της κλίμακας, που αναγράφει αριθμὸ αμέσως μικρότερο ή ίσο με το μήκος που μας ενδιαφέρει (σχ. 5.3β). Αν το μήκος είναι ίσο με ακέραιο αριθμὸ διαιρέσεων, καρφώνομε την αριστερή ακίδα του διαστημόμετρου στο μηδέν, αν όχι, πιο αριστερά, ώστε κατὰ προσέγγιση να μας δίνει το κλάσμα της διαιρέσεως στο αριστερὸ κομμάτι της κλίμακας, που έχει δέκα μικρότερες υποδιαιρέσεις. Στο σχήμα π.χ. φαίνεται πώς ορίζουμε το μήκος, για να σχεδιάσουμε μια διάσταση 5,75 μέτρων. Το μήκος, που βρίσκομε, το μεταφέρουμε με το διαστημόμετρο στην κατάλληλη θέση του σχεδίου.

Στη δεύτερη περίπτωση διαιρούμε το μήκος που μας ενδιαφέρει με το μήκος ιτου παριστάνει η γραφικὴ κλίμακα και βρίσκομε ένα πηλίκο και ένα υπόλοιπο. Ανοίγομε το διαστημόμετρο, όσο είναι η γραφικὴ κλίμακα και μεταφέρουμε το μήκος αυτὸ 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 τη δεξιά



Σχ. 5.3B.

Μεταφορὰ μήκους με το διαστημόμετρο απὸ τη γραφικὴ κλίμακα στο σχέδιο.

ακίδα του σε μια ακέραιη διαίρεση της γραφικῆς κλίμακας ἔτσι, ώστε η αριστερὴ ακίδα του να βρίσκεται μέσα στην κλίμακα, αλλὰ αριστερὰ ἢ ακριβώς πάνω στο μηδέν. Αν η αριστερὴ ακίδα βρίσκεται ακριβώς πάνω στο μηδέν, το πραγματικὸ μήκος παριστάνεται απὸ τὸν αριθμό, που αναγράφεται στη διαίρεση, ὅπου είναι καρφωμένη η δεξιὰ ακίδα. Αν η αριστερὴ ακίδα βρίσκεται αριστερὰ απὸ τὸ μηδέν, τότε τὸ πραγματικὸ μήκος είναι ἴσο με τὸν αριθμό, που αναγράφεται στην ακέραιη διαίρεση τῆς δεξιάς ακίδας αυξημένο κατὰ τὶς υποδιαιρέσεις ανάμεσα στο μηδέν καὶ τὴν αριστερὴ ακίδα, που υπολογίζονται κατὰ προσέγγιση.

Στὴ δεύτερη περίπτωση, ὅταν δηλαδὴ τὸ μήκος που μας ενδιαφέρει, είναι μεγαλύτερο απὸ τη γραφικὴ κλίμακα, ανοίγομε τὸ διαστημόμετρο ὃσο είναι η κλίμακα καὶ με μονάδα τὸ ἀνοιγόμενο αὐτὸ μετράμε πάνω στὸ σχέδιο τὸ μήκος που μας ενδιαφέρει. Ἐτσι βλέπομε ὅτι τὸ μήκος αὐτὸ είναι ἴσο με τὸσες φορὲς τὴν κλίμακα καὶ περισσεύει ἔνα κομμάτι πιο μικρὸ απὸ αυτή, που τὸ μετράμε, ὥστε στὴν πρώτη περίπτωση. Τὸ πραγματικὸ μήκος βρίσκεται αν πολλαπλασιάσομε τὸ μήκος, που παριστάνεται η κλίμακα, επὶ τὸν αριθμὸ που δείχνει πόσες φορὲς χώρεσε τὸ μήκος τῆς στὸ μήκος που μετράμε καὶ προσθέσομε στὸ γινόμενο τὸ μήκος τὸν υπολοίπον.

Αντὶ να χρησιμοποιούμε τη γραφικὴ κλίμακα, που είναι σχεδιασμένη στὸ σχέδιο, μπορούμε να χρησιμοποιήσομε ειδικοὺς κανόνες (σχ. 2.5η) που ἔχουν επάνω τους τὴ γραφικὴ αυτὴ κλίμακα. Ἐτσι δε χρειάζεται να μεταφέρουμε μήκη με τὸ διαστημόμετρο καὶ η δουλειὰ γίνεται πιο εύκολα, πιο γρήγορα καὶ πιο σωστά.

5.4 Ασκήσεις σχετικὲς με τὶς κλίμακες σχεδιάσεως.

Για να γίνει αντιληπτὴ η ἐννοια τῆς κλίμακας σχεδιάσεως, πρέπει να δοθούν στους μαθητές προβλήματα αντίστοιχα με αυτά, που περιγράφονται στὴν παράγραφο 5.3, αλλὰ πάνω σε συγκεκριμένα σχέδια.

Πρέπει επίσης οι μαθητὲς να μάθουν να σχεδιάζουν γραφικὲς κλίμακες καὶ να χρησιμοποιούν τους κανόνες-κλίμακες.

Ιδιαίτερα να ζητηθεί να υπολογίσουν τὸ πραγματικὸ εμβαδὸν καὶ τὸν πραγματικὸ ὄγκο ορισμένων σχημάτων, για να γίνει αντιληπτό, ὅτι ο λόγος τους πρὸς τὸ εμβαδὸν ἢ τὸν ὄγκο, που φαίνεται στὸ σχέδιο, είναι τὸ τετράγωνο ἢ ο κύβος τῆς κλίμακας.

Μια απλὴ σχετικὴ ερώτηση π.χ. είναι: Αν μας χρειάζονται 6 πινακίδες, για να σχεδιάσουμε τὸ τοπογραφικὸ σχέδιο ενὸς χωριού σε κλίμακα 1:1000, πόσες πινακίδες με τὶς ἰδιες διαστάσεις μας χρειάζονται, για να τὸ σχεδιάσουμε σε κλίμακα 1:500; Δώδεκα, είκοσι τέσσερις ἢ τριάντα ἔξι;

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΚΤΟ

ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

6.1 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 επαναλάβομε 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.

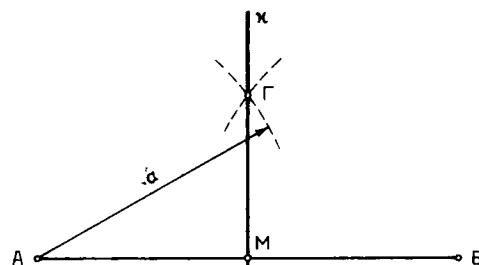
Η λύση δίνεται κατ' αρχήν με αυστηρή γεωμετρική μέθοδο, δηλαδή με τη βοήθεια μόνο του κανόνα και του διαβήτη. Εξηγείται όμως, πώς μπορούν να λυθούν τα ίδια προβλήματα ευκολότερα, όταν χρησιμοποιήσουμε και άλλα βοηθητικά όργανα, όπως το υποδεκάμετρο, τα τρίγωνα και τον αναγωγέα.

6.2 Ευθεία κάθετη σε γνωστή ευθεία και ευθεία παράλληλη σε γνωστή ευθεία.

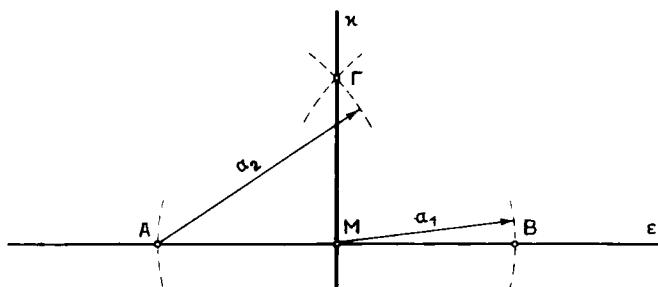
Διακρίνομε στο πρόβλημα αυτό διάφορες περιπτώσεις. Εξετάζομε πρώτα πώς κατασκευάζεται μια ευθεία κάθετη στο μέσο ευθύγραμμου τμήματος, που ορίζουν δύο σημεία A και B (σχ. 6.2α).

Με κέντρο το σημείο A και ακτίνα α τυχαία, αλλά αρκετά μεγαλύτερη από το μισό του τμήματος AB, γράφομε έναν κύκλο. Με κέντρο το σημείο B και την ίδια ακτίνα α γράφομε δεύτερο κύκλο. Οι δύο κύκλοι τέμνονται στα σημεία Γ και Δ. Η ευθεία ΓΔ είναι η κάθετη κ στο μέσο M του ευθύγραμμου τμήματος AB. Πολλές φορές λύνομε το πρόβλημα αυτό, για να βρούμε το μέσο M του τμήματος AB, χωρίς να μας χρειάζεται η κάθετη.

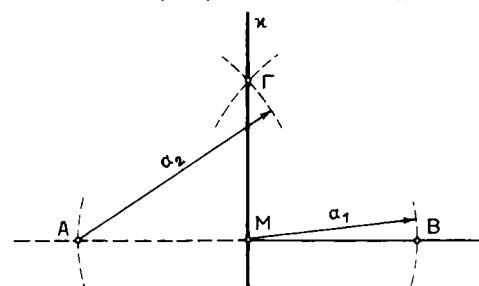
'Εστω τώρα ότι θέλομε να φέρομε ευθεία κάθετη σε μια γνωστή ευθεία ε, που να περνά από ένα ορισμένο της σημείο M. Με κέντρο το σημείο M και με οποιαδήποτε ακτίνα α, γράφομε έναν κύκλο. Ο κύκλος αυτὸς τέμνει την ευθεία ε σε δύο σημεία A και B και το M είναι το μέσο του ευθύγραμμου τμήματος AB (σχ. 6.2β). Έτσι, αν λύσουμε το προηγούμενο πρόβλημα, βρίσκομε μια ευθεία κάθετη στην ευθεία ε, που περνά από το σημείο M. Σημειώνομε πως, αν το M βρίσκεται στην άκρη ενός ευθύγραμμου τμήματος, τότε πρέπει να το προεκτείνουμε, ώστε ο κύκλος να τέμνει το τμήμα αυτὸν και την προέκτασή του στα σημεία A και B (σχ. 6.2γ).



Ευθεία καθετή στο μέσο του τμήματος AB.

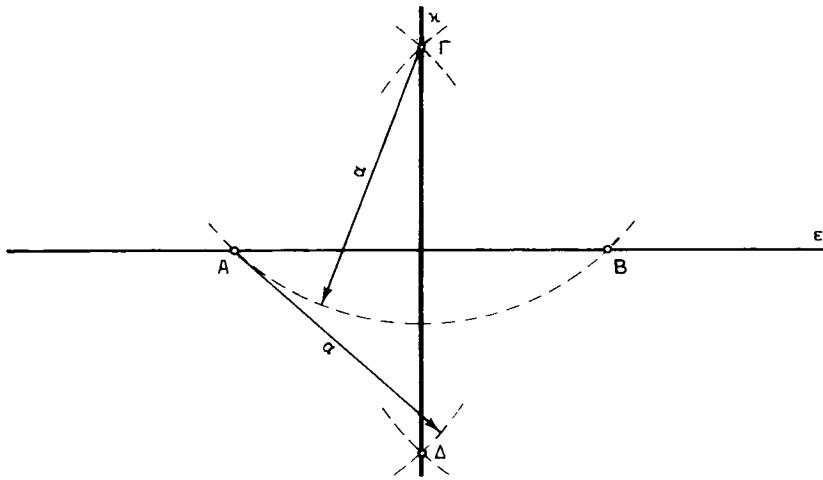


Ευθεία καθετη στην ευθεία στο σημείο της M.



Ευθεία καθετη στο άκρο M ευθυγράμμου τμήματος.

Εξετάζομε και μια ακόμα περίπτωση. Θέλομε να φέρουμε από ένα σημείο Γ μια ευθεία καθετή προς μια γνωστή ευθεία ϵ , που δεν περνά από το Γ . Με κέντρο το Γ και ακτίνα α τυχαία, αλλά αρκετά μεγαλύτερη από την απόσταση του Γ από την ευθεία ϵ , γράφομε έναν κύκλο, που τέμνει την ϵ στα σημεία A και B (σχ. 6.2δ). Επειδή η ευθεία ϵ θα είναι καθετή στο μέσο του τμήματος AB , λύνομε το πρώτο πρόβλημα και βρίσκομε την ευθεία κ που ζητάμε.



Σχ. 6.2δ.

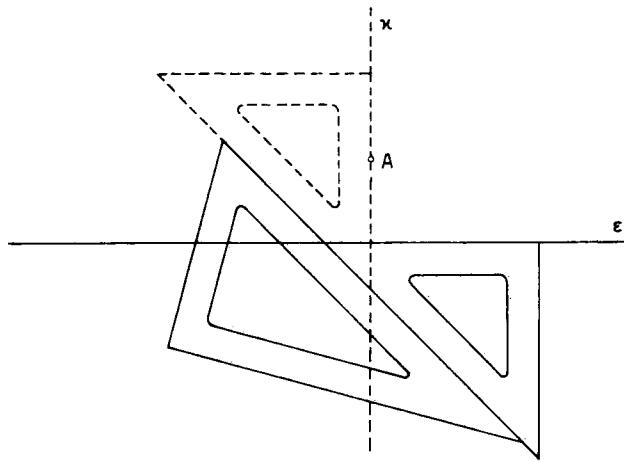
Ευθεία κ καθετή στην ευθεία ϵ από σημείο Γ , που δεν ανήκει στην ϵ .

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. Έτοι, για να μη γεμίζει το σχέδιο άχρηστες γραμμές, δε χρειάζεται να τους γράψουμε ολόκληρους, αλλά μόνο μικρά τους τόξα στην περιοχή των σημείων τομής, που μας ενδιαφέρουν. Η πείρα θα μας διδάξει σιγά-σιγά να προβλέπουμε σωστά, πού περίπου βρίσκονται τα σημεία τομής, ώστε να γράφουμε τα χρήσιμα τόξα αρκετά μικρά με την πρώτη, χωρίς δοκιμές.

Τα προβλήματα που περιγράφαμε, 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 πηλίκο 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.

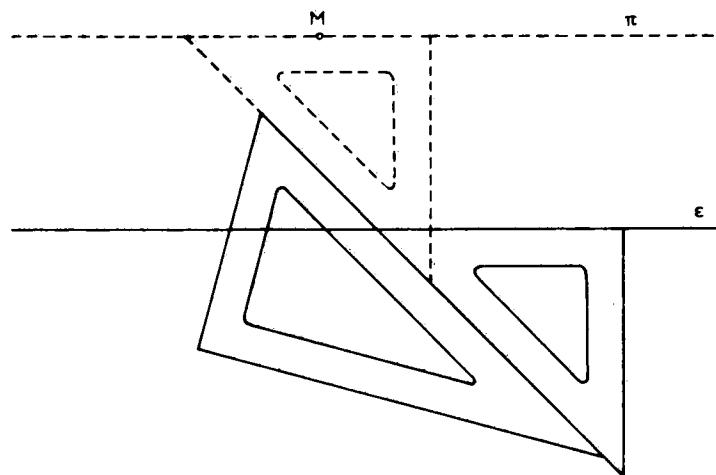
Για να λύσουμε τα υπόλοιπα προβλήματα, που εξετάσαμε με τη βοήθεια δύο τριγώνων, τοποθετούμε το ένα από αυτά έτσι, ώστε η μια καθετή πλευρά του να συμπίπτει με τη γνωστή ευθεία ϵ . Το δεύτερο τρίγωνο τοποθετείται έτσι, ώστε οι υποτείνουσά του να εφάπτεται με την υποτείνουσα του πρώτου, όπως φαίνεται στο σχήμα 6.2ε. Κρατάμε σταθερό το δεύτερο τρίγωνο με το ένα χέρι και με τό αλλο χέρι σπρώχνομε σιγά-σιγά το πρώτο τρίγωνο έτσι, ώστε οι δύο υποτείνουσες να εφάπτονται πάντοτε η μια με την άλλη. Όταν η καθετή πλευρά του πρώτου τριγώνου, εκείνη που ήταν από την αρχή καθετή στην ευθεία ϵ , περάσει από το

σημείο A , από όπου θέλουμε να περνά και η κάθετη κ που ζητάμε, σταματάμε την κίνηση και γράφομε την ευθεία κ . Το σημείο A μπορεί να είναι το μέσο ενός ευθύγραμμου τμήματος, ένα τυχαίο σημείο της ευθείας ϵ ή και ένα σημείο, που δεν ανήκει στην ϵ .



Σχ. 6.2ε.

Κατασκευή ευθείας κάθετης σε ευθεία ϵ με τη βοήθεια δύο τριγώνων.

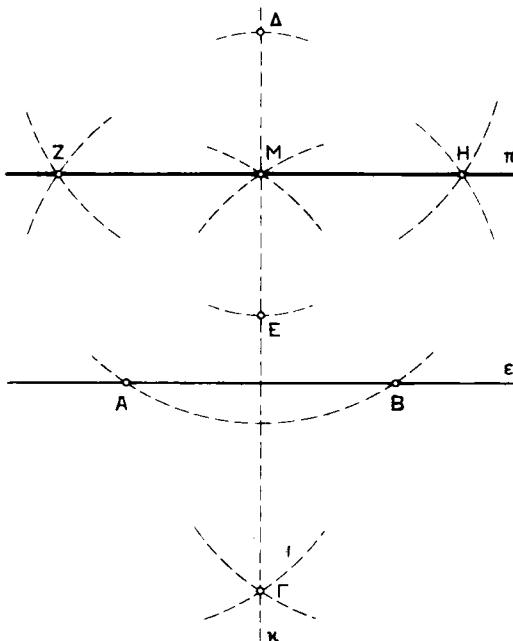


Σχ. 6.2στ.

Κατασκευή ευθείας παράλληλης με ευθεία ϵ με τη βοήθεια δύο τριγώνων.

Για να φέρομε ευθεία 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 ϵ) η κάθετη πλευρά του, που αρχικά ήταν σε σύμπτωση με την ευθεία ϵ , μπορούμε να γράψουμε μιαν ευθεία παράλληλη με την ϵ , που να περνά από το σημείο M (σχ. 6.2στ.).

Το πρόβλημα αυτό μπορεί να λυθεί με κανόνα και διαβήτη. Από το σημείο M (σχ. 6.2ζ) φέρνομε μιάν ευθεία καὶ κάθετη προς την ϵ λύνοντας το τρίτο πρόβλημα (σχ. 6.2δ). Έπειτα από το σημείο M φέρνομε μιάν ευθεία π κάθετη προς την κ λύνοντας το δεύτερο πρόβλημα (σχ. 6.2β). Οι ευθείες π και κ θα είναι παράλληλες.



Σχ. 6.2ζ.

Κατασκευὴ εὐθείας π παράλληλης με ευθεία ε με κανόνα και διαβήτη.

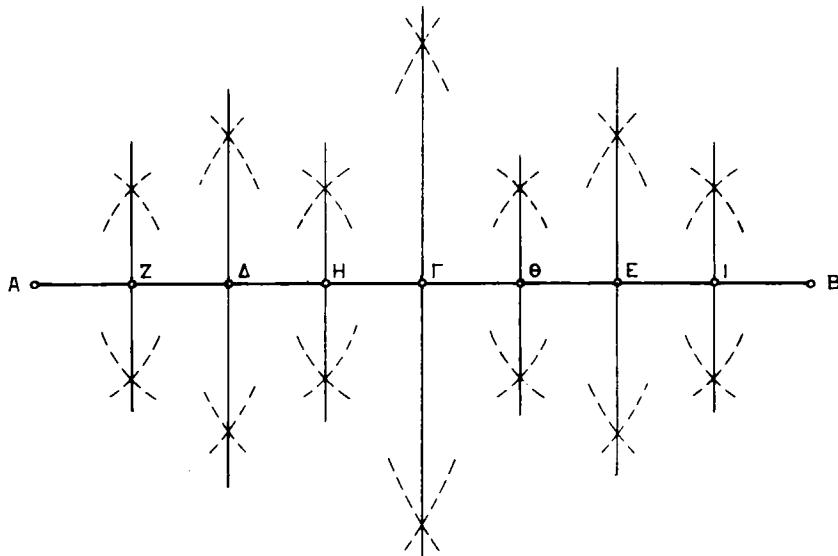
6.3 Διαίρεση ευθύγραμμου τμήματος σε ίσα μέρη.

Στην προηγούμενη παράγραφο είδαμε, πώς ἔνα ευθύγραμμο τμήμα χωρίζεται σε δύο ίσα μέρη. Αν επαναλάβομε την κατασκευὴ, μπορούμε να το χωρίσομε σε 4,8,16 κ.ο.κ. ίσα μέρη (σχ. 6.3α). Δεν είναι όμως δυνατόν με τη μέθοδο αυτή να το χωρίσομε σε τρία π.χ. ίσα μέρη, ενώ εξάλλου η μέθοδος είναι αρκετά κουραστική. Έτσι γενικά εφαρμόζομε μιαν άλλη μέθοδο.

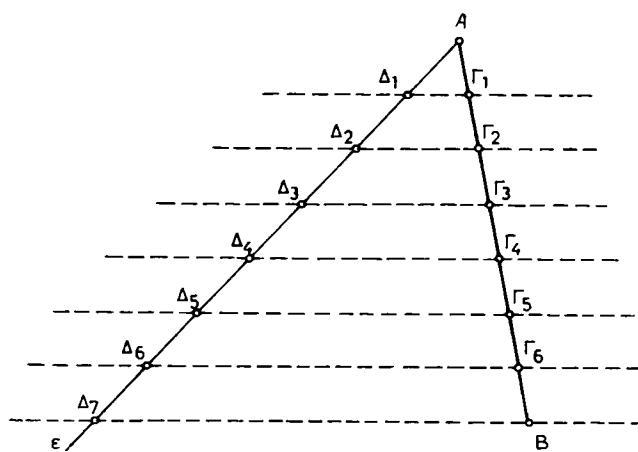
Έστω ότι θέλομε να χωρίσουμε το ευθύγραμμό τμήμα AB σε επτά ίσα μέρη (σχ. 6.3β). Από το A φέρνομε μια τυχαία ευθεία ϵ και επάνω της σημειώνομε επτά σημεία έτσι, ώστε τα τμήματα $A\Delta_1, \Delta_1\Delta_2, \Delta_2\Delta_3, \Delta_3\Delta_4, \Delta_4\Delta_5, \Delta_5\Delta_6$ και $\Delta_6\Delta_7$ να είναι ίσα μεταξύ τους, χωρίς να μας ενδιαφέρει το μέγεθός τους ούτε πού θα βρίσκεται το τελευταίο από τα σημεία αυτά Δ_7 . Φέρνομε την ευθεία Δ_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 $\Delta_6\Gamma_6$ πάραλληλες με τη Δ_7B . Η κατασκευὴ 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 Γ_6 χωρίζουν το ευθύγραμμό τμήμα AB σε επτά ίσα μέρη.

Το πρόβλημα μπορεί νά λυθεί και με άλλο τρόπο. Μετράμε με το υποδεκάμετρο το μήκος AB και διαιρούμε τον αριθμὸ που θα βρούμε με το επτά. Έπειτα πάλι με το υποδεκάμετρο ορίζομε το σημείο Γ , έτσι, ώστε το μήκος του τμήματος AG , να είναι

ίσο με το πηλίκο. Η μέθοδος όμως αυτή πρέπει να αποφευγεται, 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 Γ_1 , ορίζομε δοκιμαστικά με το διαστημόμετρο τα άλλα σημεία διαιρέσεως μεταφέροντας το μήκος $A\Gamma_1$ στις επόμενες θέσεις. Είναι σχεδόν βέβαιο ότι το τελευταίο τμήμα Γ_6B θα είναι εμφανώς μεγαλύτερο (ή μικρότερο) από τα άλλα. Μεγαλώνομε τότε (ή μικραίνομε) λιγάκι το άνοιγμα του διαστημόμετρου και επαναλαμβάνομε τη δοκιμή αρχίζοντας από το A και όχι από το Γ_1 , όσες φορές χρειαστεί, για να πετύχουμε ένα ικανοποιητικό αποτέλεσμα.



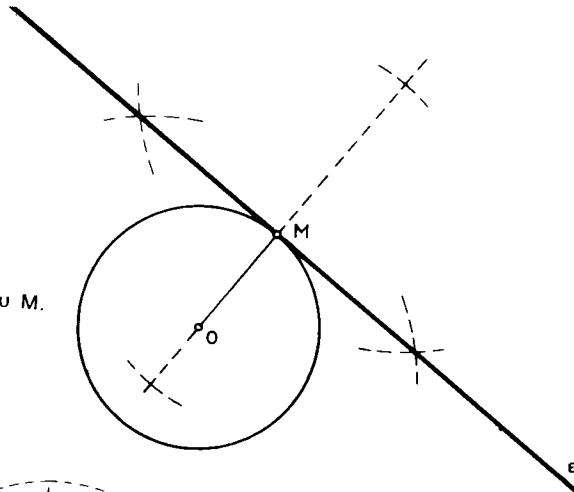
Σχ. 6.3α.
Διαίρεση ευθυγράμμου τμήματος σε οκτώ ίσα μέρη.



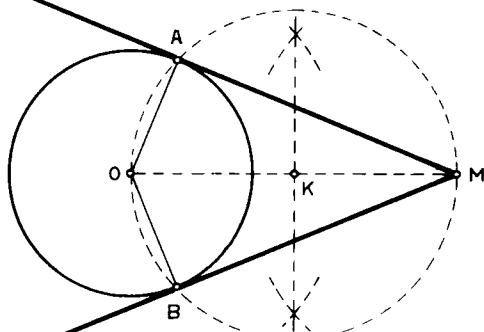
Σχ. 6.3β.
Διαίρεση ευθυγράμμου τμήματος σε επτά ίσα μέρη.

6.4 Εφαπτομένες κύκλου.

Για να φέρομε την εφαπτομένη ϵ σε ένα ορισμένο σημείο M κύκλου, αρκεί να φέρομε μιαν ευθεία κάθετη στην ακτίνα OM , που να περνά από το M (σχ. 6.4α). Για να το πετύχομε, πρέπει να λύσομε το δεύτερο πρόβλημα της παραγράφου 6.2 (σχ. 6.2γ).



Σχ. 6.4α.
Εφαπτομένη κύκλου σε σημείο του M .



Σχ. 6.4β.
Εφαπτομένες κύκλου από σημείο M .

Μεγαλύτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει το πρόβλημα, όταν θέλομε 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.

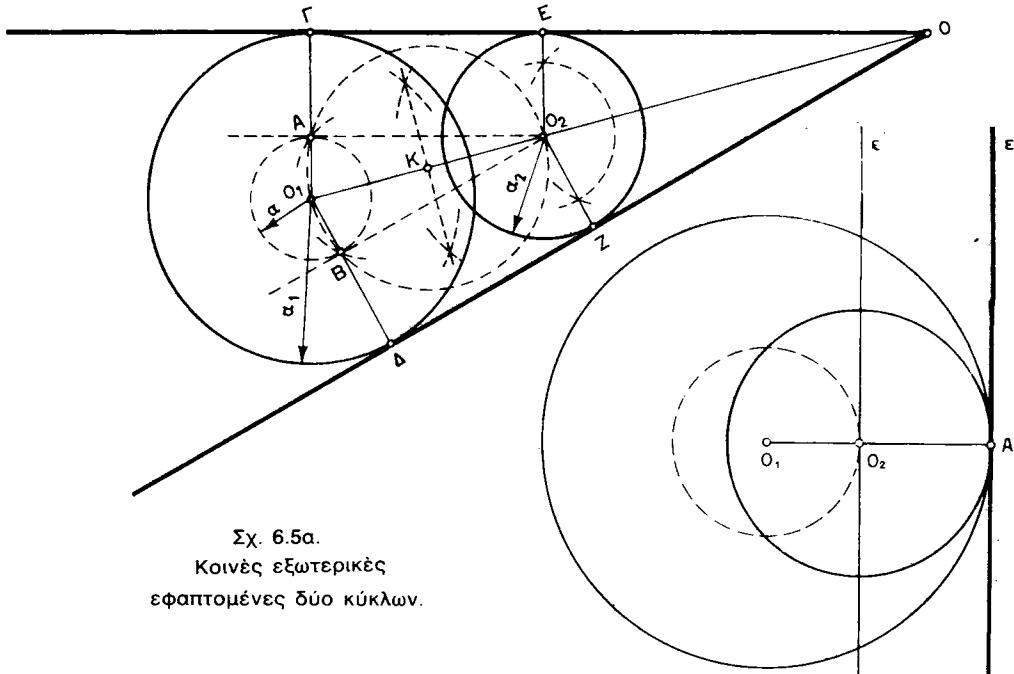
Φέρνομε την κάθετη στο μέσο του ευθύγραμμου τμήματος, που ορίζουν το σημείο M και το κέντρο O του κύκλου λύνοντας το πρώτο πρόβλημα της παραγράφου 6.2 (σχ. 6.2α) και ορίζομε έτσι το μέσο K του τμήματος OM (σχ. 6.4β). Με κέντρο το K και ακτίνα KO γράφομε ένα κύκλο, που περνά και από το M και τέμνει τον αρχικό κύκλο σε δύο σημεία, A και B . Οι ευθείες MA και MB είναι οι δύο εφαπτομένες ϵ_1 και ϵ_2 , που ζητάμε, και τα σημεία A και B είναι τα αντίστοιχα σημεία επαφής.

6.5 Κοινές εφαπτομένες κύκλων.

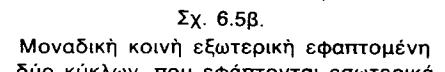
Μας δίνονται δύο κύκλοι με κέντρα O_1 και O_2 και αντίστοιχες ακτίνες a_1 και a_2 και θέλομε να φέρομε τις κοινές τους εφαπτομένες.

Με κέντρο το κέντρο τού μεγαλύτερου κύκλου, έστω το O_1 , και ακτίνα a , ίση με τη διαφορά $a_1 - a_2$ των δύο ακτίνων, γράφομε ένα τρίτο κύκλο. Από το O_2 φέρνομε τις εφαπτομένες του τελευταίου αυτού κύκλου, όπως περιγράφεται στην προηγούμενη παράγραφο (σχ. 6.5α), και ονομάζομε A και B τα δύο σημεία επαφής. Οι ευθείες O_1A και O_2B τέμνουν τον κύκλο O_1 στα σημεία Γ και Δ αντίστοιχα. Από το O_2 φέρνομε ακτίνες O_2E και O_2Z παράλληλες αντίστοιχα με τις ακτίνες $O_1\Gamma$ και $O_1\Delta$. Οι ευθείες GE και ΔZ είναι οι κοινές εφαπτομένες ϵ_1 και ϵ_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 $O_1O_2 > a_1 - a_2$. Αν είναι $O_1O_2 < a_1 - a_2$, οπότε ο μικρός κύκλος θα βρίσκεται ολόκληρος στο εσωτερικό του μεγάλου, οι δύο κύκλοι δεν έχουν κοινές εφαπτομένες. Αν, τέλος, είναι $O_1O_2 = a_1 - a_2$, οπότε οι δύο κύκλοι εφάπτονται εσωτερικά (σχ. 6.5β), το O_2 , θα βρίσκεται επάνω στον τρίτο κύκλο.



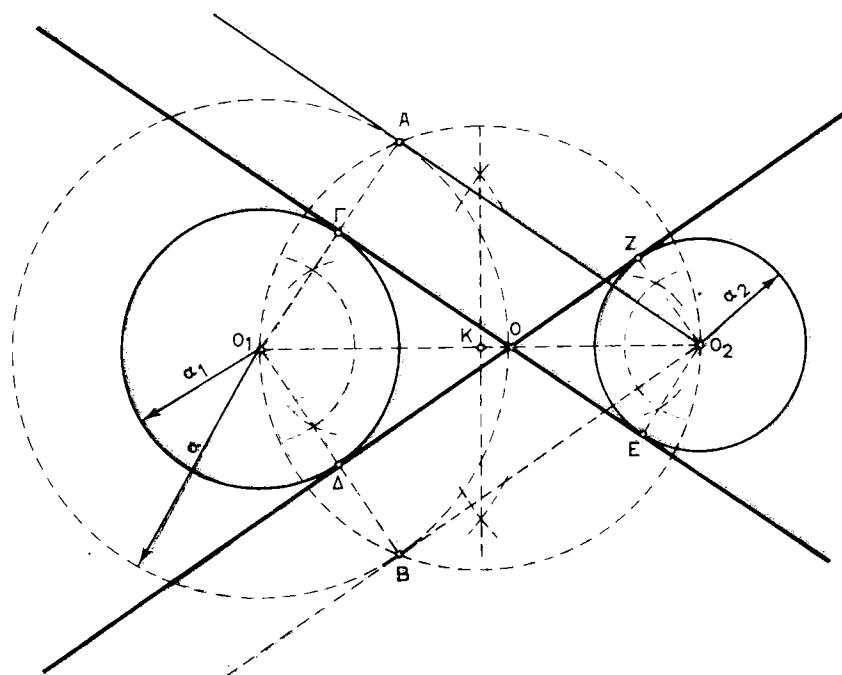
Σχ. 6.5α.
Κοινές εξωτερικές
εφαπτομένες δύο κύκλων.



Σχ. 6.5β.
Μοναδική κοινή εξωτερική εφαπτομένη
δύο κύκλων, που εφάπτονται εσωτερικά.

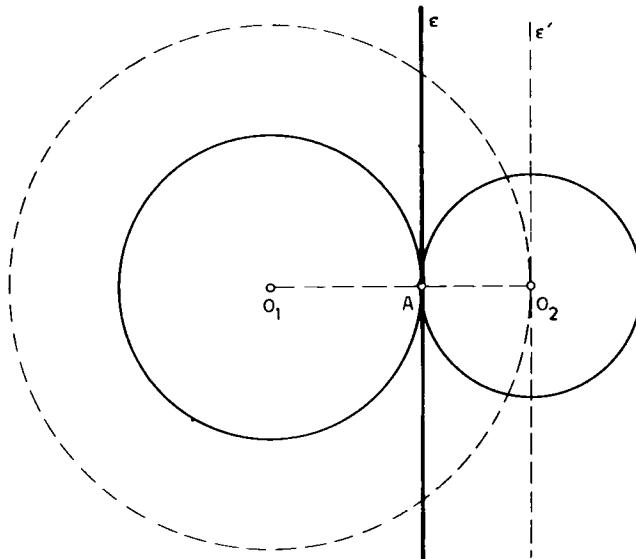
και θα υπάρχει μόνο μια εφαπτομένη ϵ' του κύκλου αυτού. Θα υπάρχει επομένων και μόνο κοινή εφαπτομένη ϵ των δύο αρχικών κύκλων και μάλιστα στο σημείο επαφής τους A . Η ϵ είναι κάθετη με την ευθεία O_1O_2 στο σημείο της A και κατασκευάζεται, όπως φαίνεται στο σχήμα 6.2γ.

Εκτός από τις εφαπτομένες, που αναφέραμε, και που ονομάζονται **εξωτερικές κοινές εφαπτομένες** των δύο κύκλων, είναι δυνατόν να υπάρχουν και άλλες, που ονομάζονται **εσωτερικές κοινές εφαπτομένες** των δύο κύκλων. Για να τις κατασκευάσουμε, γράφομε ένα κύκλο με ακτίνα a_1 ίση με το άθροισμα $a_1 + a_2$ των δύο ακτίνων και κέντρο το ένα από τα δύο κέντρα, έστω το O_1 . Από το άλλο κέντρο O_2 φέρνομε τις εφαπτομένες του τελευταίου αυτού κύκλου, όπως περιγράφεται στην παράγραφο 6.4 (σχ. 6.5γ) και ονομάζομε A και B τα δύο σημεία επαφής. Τα ευθύγραμμα τμήματα O_1A και O_2B τέμνουν τον κύκλο O_1 στα σημεία Γ και Δ αντίστοιχα. Από το O_2 φέρνομε τις ακτίνες O_2E και O_2Z του άλλου κύκλου παράλληλες αντίστοιχα με τις $O_1\Gamma$ και $O_1\Delta$, αλλά αντίρροπες από αυτές. Οι ευθείες GE και ΔZ είναι οι κοινές εφαπτομένες ε_3 και ε_4 των δύο κύκλων και τα σημεία G , Δ , E και Z τα σημεία επαφής.



Σχ. 6.5γ.
Κοινές εσωτερικές εφαπτομένες δύο κύκλων.

Η κατασκευή αυτή μπορεί να γίνει μόνο, αν το σημείο O_2 είναι έξω από τον τρίτο κύκλο, δηλαδή μόνον όταν είναι $O_1O_2 > a_1 + a_2$, οπότε ο ένας κύκλος βρίσκεται ολόκληρος έξω από τον άλλο. 'Όταν είναι $O_1O_2 < a_1 + a_2$, δηλαδή όταν υπάρχουν σημεία του ενός κύκλου μέσα στον άλλο,' οι δύο κύκλοι δεν έχουν εσωτερικές κοινές εφαπτομένες. 'Όταν τέλος είναι $O_1O_2 = a_1 + a_2$, οπότε οι δύο κύκλοι εφάπτονται εξωτερικά, το σημείο O_2 βρίσκεται επάνω στον τρίτο κύκλο (σχ. 6.5δ) και επομένως υπάρχει μόνο μια εφαπτομένη ε' του κύκλου αυτού, που περνά από το O_2 . Θα υπάρχει λοιπόν και μία μόνο εσωτερική κοινή εφαπτομένη ε των αρχικών κύκλων και μάλιστα στο σημείο επαφής τους A . Η είναι κάθετη με την ευθεία O_1O_2 στο σημείο της A και κατασκευάζεται, όπως φαίνεται στο σχήμα 6.2β.'



Σχ. 6.5δ.

Μοναδική κοινή εσωτερική εφαπτομένη δύο κύκλων, που εφάπτονται εξωτερικά.

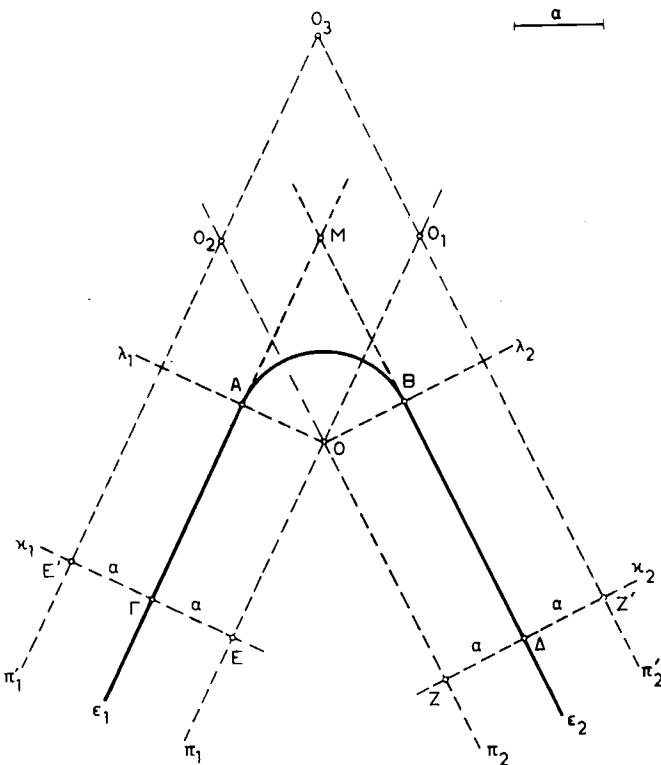
6.6 Συναρμογή ευθειών και κυκλικών τόξων.

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 σ' ένα άλλο κυκλικό τόξο έτσι, ώστε τα τρία αυτά στοιχεία να αποτελούν μια συνεχή γραμμή χωρίς σπασίματα.

Εξετάζομε πρώτα τη συναρμογή ανάμεσα σε δύο ευθείες ϵ_1 και ϵ_2 . Διακρίνομε δύο περιπτώσεις. Στην πρώτη γνωρίζομε την ακτίνα α του κυκλικού τόξου, που ζητάμε και στη δεύτερη το ένα από τα σημεία επαφής, έστω το A .

Αν γνωρίζομε την ακτίνα a (σχ. 6.6α), φέρνομε πρώτα δύο ευθείες κ_1 και κ_2 κάθετες αντίστοιχα με τις ευθείες ϵ_1 και ϵ_2 σε τυχαία σημεία τους Γ και Δ . Επάνω στις κάθετες αυτές και προς το εσωτερικό της γωνίας, που σχηματίζουν οι ευθείες ϵ_1 και ϵ_2 , ορίζομε δύο σημεία E και Z έτσι, ώστε να είναι $\Gamma E = \Delta Z = a$. Από τα σημεία E και Z φέρνομε αντίστοιχα δύο ευθείες π_1 και π_2 κάθετες στις κ_1 και κ_2 που τέμνονται στο σημείο O . Από το O φέρνομε δύο ευθείες λ_1 και λ_2 κάθετες αντίστοιχα στις ϵ_1 και ϵ_2 , που τις τέμνουν στα σημεία A και B . Με κέντρο το O και ακτίνα ίση με το OA γράφομε το κυκλικό τόξο AB , που είναι το ζητούμενο τόξο συναρμογής των ευθειών ϵ_1 και ϵ_2 και σβήνομε τις προεκτάσεις των ευθειών αυτών πέρα από τα σημεία A και B προς το σημείο τομής τους.

Σημειώνομε πώς τις παράλληλες προς τις ευθείες ϵ_1 και ϵ_2 μπορούμε να τις φέρομε και προς το εξωτερικό της γωνίας. Έτσι έχομε τέσσερις ευθείες π_1, π_2, π'_1 και π'_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 δύο ευθείες ϵ_1 και ϵ_2 , αλλά συνήθως στην πράξη γνωρίζομε ποιά απ' αυτές ζητάμε.

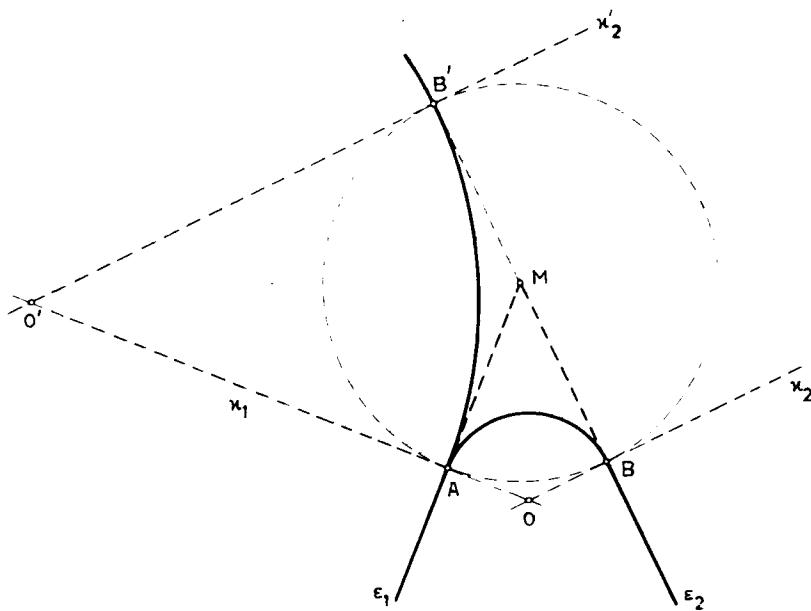


Σχ. 6.6α.

Συναρμογή δύο ευθειών με κυκλικό τόξο με γνωστή ακτίνα a .

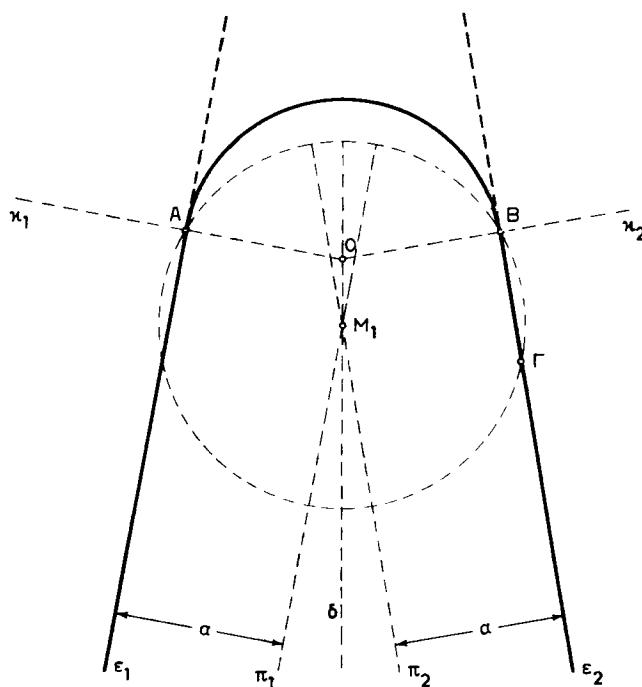
Αν γνωρίζουμε το ένα σημείο επαφής, έστω το A της ευθείας ϵ_1 (σχ. 6.6β), προεκτείνομε τις ευθείες ϵ_1 και ϵ_2 και ορίζουμε το σημείο τομής τους M. Με κέντρο το M και ακτίνα ίση με το MA γράφουμε ένα βοηθητικό κύκλο, που τέμνει την ευθεία ϵ_2 στο σημείο B. Κατασκευάζουμε δύο ευθείες κ_1 και κ_2 , που να είναι αντίστοιχα κάθετες στις ευθείες ϵ_1 και ϵ_2 και να περνούν από τα σημεία A και B. Με κέντρο το σημείο O, όπου τέμνονται οι ευθείες κ_1 και κ_2 και ακτίνα ίση με το OA γράφουμε το κυκλικό τόξο AB, όπως και στην προηγούμενη περίπτωση. Σημειώνομε πως υπάρχουν δύο σημεία B, επομένως και δύο λύσεις του προβλήματος, αλλά στην πράξη συνήθως γνωρίζουμε ποια από τις δύο μας ενδιαφέρει.

Είναι πιθανόν οι ευθείες ϵ_1 και ϵ_2 να τέμνονται έξω από το χαρτί, που σχεδιάζομε. Τότε φέρνουμε στο εσωτερικό της γωνίας των ευθειών ϵ_1 και ϵ_2 , δύο ευθείες π_1 και π_2 παράλληλες αντίστοιχα με αυτές έτσι, ώστε η απόσταση των ευθειών ϵ_1 και π_1 να είναι ίση με την απόσταση των ευθειών ϵ_2 και π_2 . Την απόσταση αυτή τη διαλέγουμε αρκετά μεγάλη, ώστε οι ευθείες π_1 και π_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 ϵ_2 στα σημεία B και Γ. Το σημείο B, που μας ενδιαφέρει, είναι το συμμετρικό του A ως προς τη διχοτόμο δης γωνίας των ευθειών ϵ_1 και ϵ_2 (σχ. 6.6γ). Η κατασκευή συνεχίζεται, όπως περιγράψαμε πιο πάνω.



Σχ. 6.6β.

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



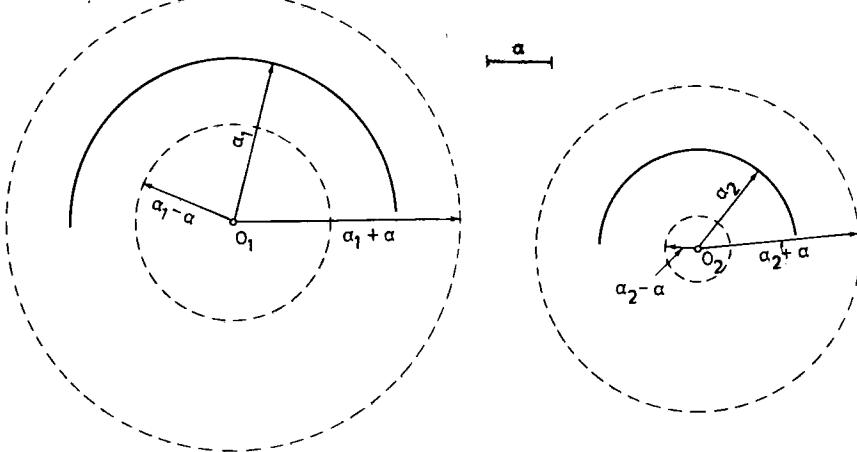
Σχ. 6.6γ.

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

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 6.2.

Εξετάζομε 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 του τόξου συναρμογής, ή το ένα από τα σημεία επαφής.

Όταν γνωρίζουμε την ακτίνα του τόξου συναρμογής, γράφομε δύο βοηθητικούς κύκλους με κέντρο το κέντρο O_1 , του ενός γνωστού κύκλου, τον ένα με ακτίνα $a_1 + a$ και τον άλλο με ακτίνα $a_1 - a$. Επίσης με κέντρο O_2 , το κέντρο δηλ. του άλλου γνωστού κύκλου, γράφομε άλλους δύο βοηθητικούς κύκλους τον ένα με ακτίνα $a_2 + a$ και τον άλλο με ακτίνα $a_2 - a$. Υπάρχουν τότε δύο βασικές περιπτώσεις: α) Οι τέσσερις βοηθητικοί κύκλοι δεν τέμνονται μεταξύ τους (σχ. 6.6δ), οπότε το πρόβλημα δεν έχει λύση, καὶ β) οι τέσσερις βοηθητικοί κύκλοι τέμνονται σε ορισμένα σημεία, οπότε τα σημεία αυτά μπορεί να είναι το πολὺ οκτώ, όπως στο σχήμα 6.6ε, μπορεί όμως να είναι και λιγότερα. Αν με κέντρο οποιοδήποτε από τα κοινά αυτά σημεία K των βοηθητικών κύκλων και με ακτίνα ίση με α γράψουμε κύκλο, αυτὸς 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. 6.6στ). Έτσι το πρόβλημα έχει τόσες λύσεις, όσα είναι και τα κοινά σημεία K των βοηθητικών κύκλων.



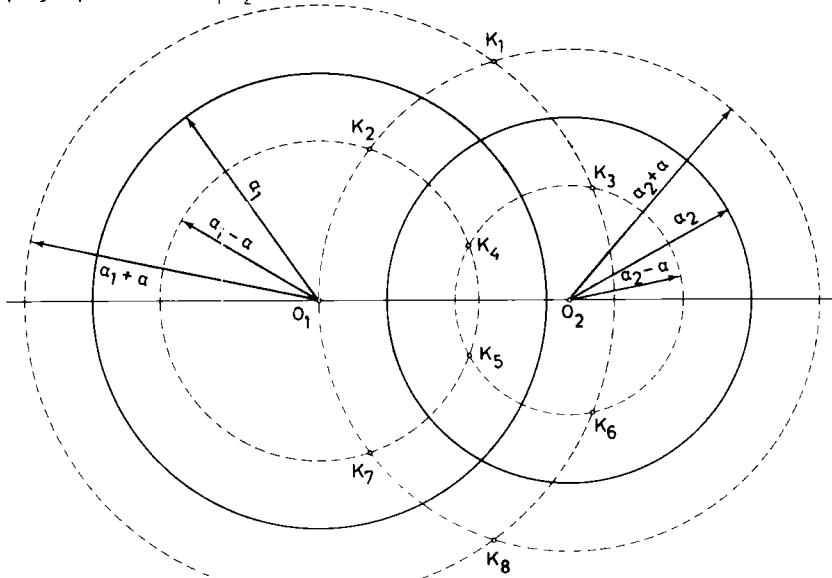
Σχ. 6.6δ.

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

Στο σχήμα 6.6στ εικονίζεται η περίπτωση, όπου υπάρχουν οκτώ λύσεις, δηλαδή ο μεγαλύτερος δυνατός αριθμός. Παρατηρούμε πώς, όταν το K ανήκει σε βόηθητικό κύκλο με ακτίνα ίση με άθροισμα ακτίνων, το τόξο που βρίσκομε στρέφει τα κυρτά του ανάποδα από το τόξο του αντίστοιχου αρχικού κύκλου π.χ. K_1 . Αντίθετα, όταν το K ανήκει σε βόηθητικό κύκλο με ακτίνα ίση με διαφορά ακτίνων, τό τόξο που βρίσκομε στρέφει τα κυρτά του προς την ίδια κατεύθυνση, όπως και το τόξο του αντίστοιχου αρχικού κύκλου, π.χ. K_4 . Όταν το K ανήκει σ' ένα κύκλο με ακτίνα ίση με άθροισμα και σ' ένα κύκλο με ακτίνα ίση με διαφορά δύο ακτίνων, τό τόξο που

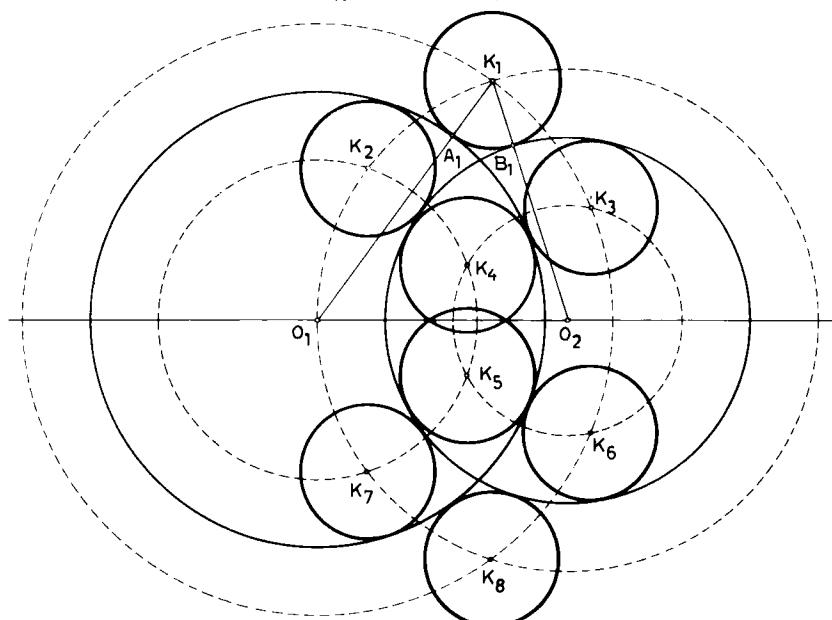
βρίσκομε στρέφει τα κυρτά του ανάποδα από το τόξο του πρώτου αρχικού κύκλου και προς την ίδια κατεύθυνση με το τόξο του δεύτερου αρχικού κύκλου, π.χ. K_3 .

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



Σχ. 6.6ε.

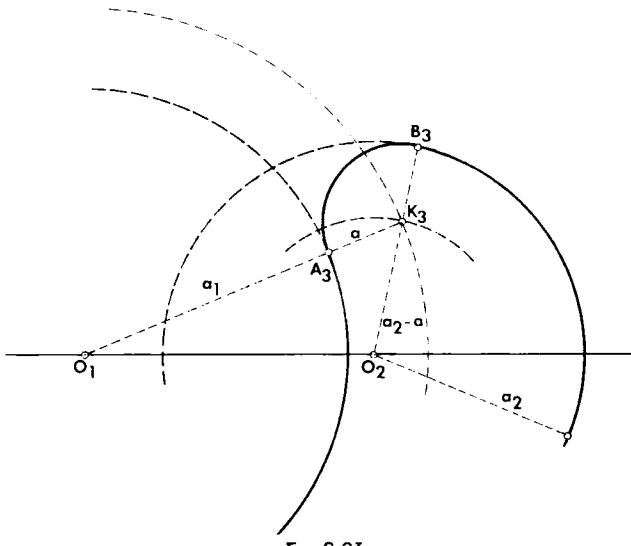
Συναρμογή δύο κυκλικών τόξων με τρίτο με γνωστή ακτίνα a . Περίπτωση, που το πρόβλημα έχει οκτώ λύσεις.



Σχ. 6.6στ.

Κατασκευή των οκτώ κύκλων συναρμογής στην περίπτωση του σχ. 6.6ε.

Στην πράξη συνήθως γνωρίζομε προς τα πού θέλομε να στρέψει τα κυρτά του το τόξο που ζητάμε και από ποια μεριά της O_1O_2 πρέπει να βρίσκεται. Επομένως, γράφομε 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. 6.6ζ). Ορίζομε έπειτα τα σημεία επαφής A_3 και B_3 και γράφομε μόνο το τόξο A_3B_3 του νέου κύκλου, ενώ αντίθετα σβήνομε τα τόξα των αρχικών κύκλων, που βρίσκονται ανάμεσα στο A_3 και στο B_3 .



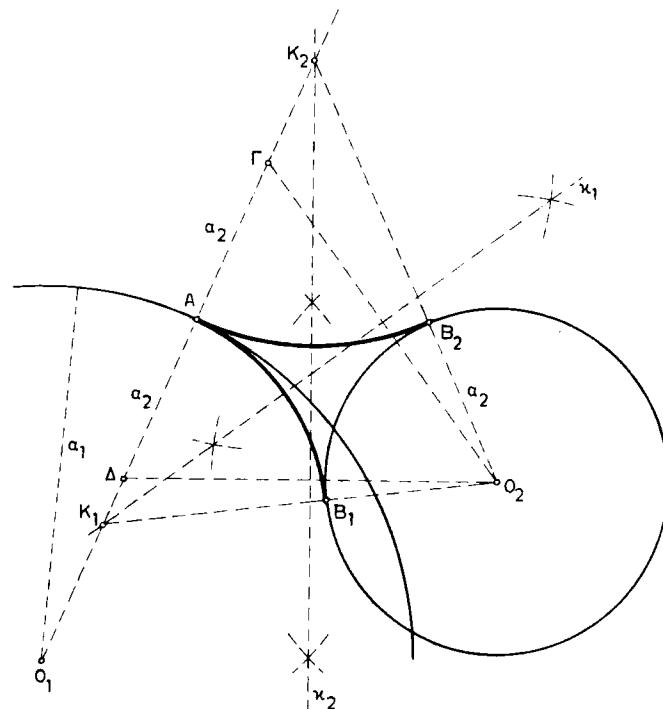
Σχ. 6.6ζ.

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

Εξετάζομε τώρα τη δεύτερη περίπτωση, όταν δηλ. θέλομε να φέρομε 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. Φέρνομε την ευθεία O_1A και πάνω σ' αυτήν ορίζομε δύο σημεία Γ και Δ έτσι, ώστε να είναι $AG = AD = a_2$. Φέρνομε τις ευθείες K_1 και K_2 κάθετες αντίστοιχα στα μέσα των ευθυγράμμων τμημάτων ΓO_2 και ΔO_2 λύνοντας το πρώτο πρόβλημα της παραγράφου 6.2 (σχ. 6.6η). 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 κύκλους που βρήκαμε είναι τα σημεία B_1 και B_2 , όπου τον τέμνουν αντίστοιχα οι ευθείες K_1O_2 και K_2O_2 .

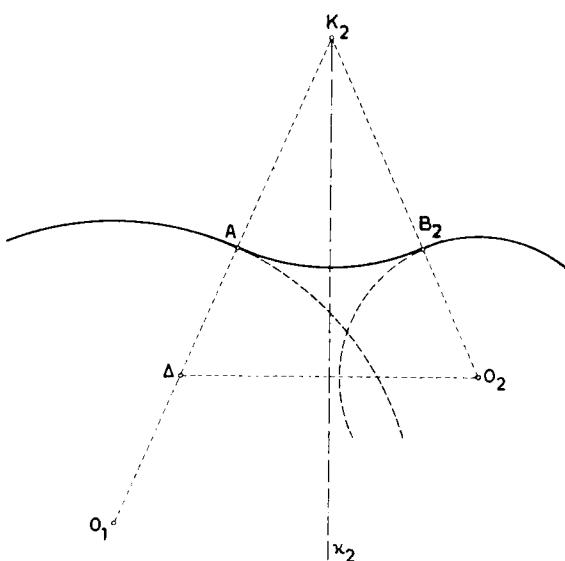
Στην πράξη γνωρίζομε συνήθως ποια από τις δύο λύσεις μας ενδιαφέρει. Και εδώ σχεδιάζομε πάλι μόνο το τόξο AB και σβήνομε από τα αρχικά τόξα τα κομμάτια, που βρίσκονται ανάμεσα στο A και B (σχ. 6.6θ).

Τέλος εξετάζουμε το πρόβλημα της συναρμογής μιας ευθείας ϵ και ενός τόξου με κέντρο O_1 και ακτίνα a_1 . Εδώ διακρίνομε τρεις περιπτώσεις. Μπορεί να γνωρίζομε την ακτίνα ϵ του τόξου συναρμογής, το σημείο επαφής A του τόξου αυτού με την ευθεία ϵ ή το σημείο επαφής B του τόξου συναρμογής με το γνωστό τόξο.



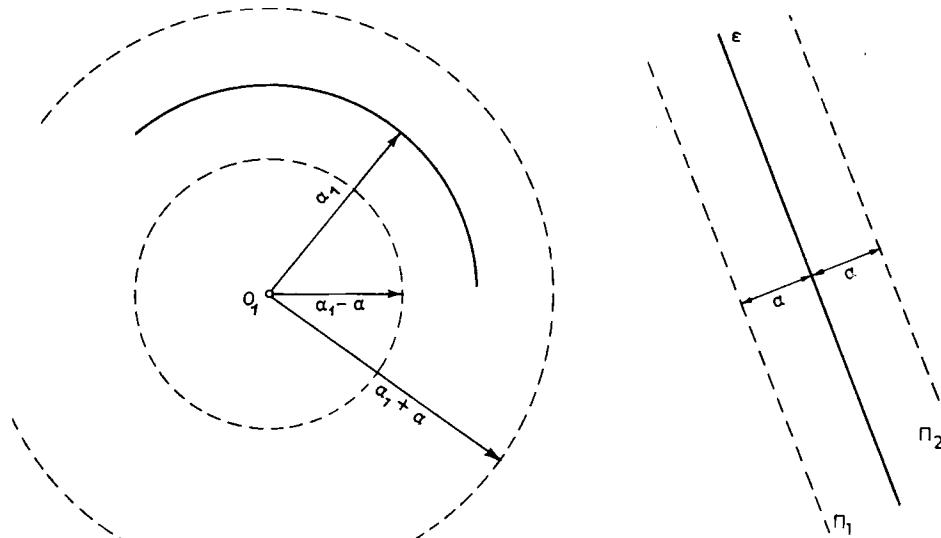
Σχ. 6.6η.

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



Σχ. 6.6θ.

Στην πρώτη περίπτωση, με κέντρο το κέντρο του γνωστού τόξου O_1 γράφομε δύο βοηθητικούς κύκλους, τον ένα με ακτίνα $a_1 + a$ και τον άλλον με ακτίνα $a_1 - a$ — a — a_1 . Φέρνομε επίσης δύο βοηθητικές ευθείες π_1 και π_2 παράλληλες με την ϵ , που να απέχουν απ' αυτήν απόσταση a , λύνοντας το τελευταίο πρόβλημα της παραγράφου 6.2. Υπάρχουν και εδώ δύο βασικές περιπτώσεις: α) Οι δύο βοηθητικοί κύκλοι και οι δύο βοηθητικές ευθείες δεν έχουν κοινά σημεία (σχ. 6.6i), 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 πολὺ οκτώ, όπως φαίνεται στο σχήμα 6.6ia, μπορεί όμως να είναι και λιγότερα. Αν με κέντρο οποιοδήποτε από τα κοινά αυτά σημεία K και ακτίνα ίση με ένα γράφομε κύκλο, αυτός θα εφάπτεται και με την ευθεία ϵ και με τον αρχικό κύκλο O_1 , και μάλιστα στα σημεία A και B , όπου A είναι η τομή της ϵ με την κάθετη προς αυτήν ευθεία K , 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 6.6ia.



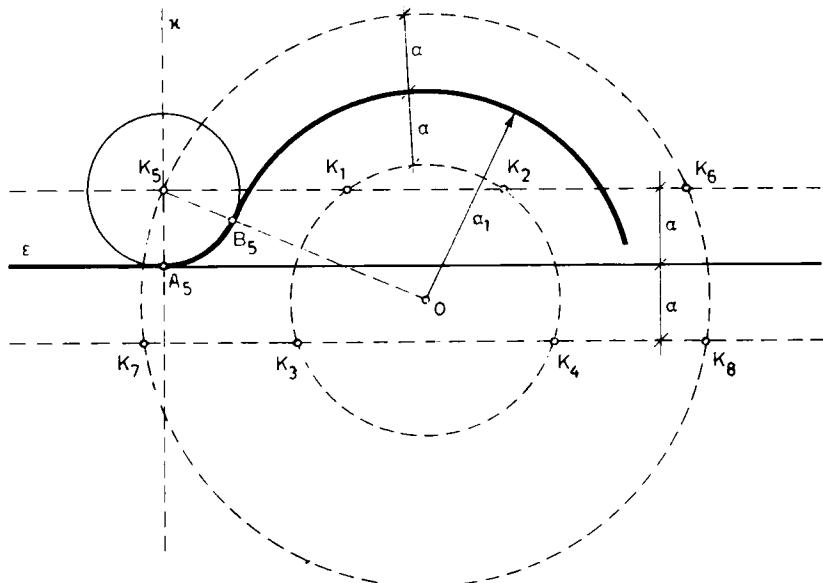
Σχ. 6.6i.

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

Όταν γνωρίζομε το σημείο επαφής A του τόξου συναρμογής με την ευθεία ϵ , φέρνομε από το A μιαν ευθεία Γ κάθετη στην ϵ λύνοντας το δεύτερο πρόβλημα της παραγράφου 6.2 (σχ. 6.2β). Πάνω στην ευθεία Γ ορίζομε δύο σημεία Δ και Γ έτσι, ώστε να είναι $A\Gamma = A\Delta = a_1$ (σχ. 6.6iβ) και, λύνοντας το πρώτο πρόβλημα της παραγράφου 6.2, φέρνομε ευθείες κάθετες στα μέσα των ευθυγράμμων τμημάτων ΓO_1 και ΔO_1 (σχ. 6.2a). Οι κάθετες αυτές τέμνουν την ϵ σε δύο σημεία K_1 και K_2 . Αν με κέντρο το K_1 , ή το K_2 και ακτίνα ίση με K_1A ή K_2A αντίστοιχα γράφομε ένα

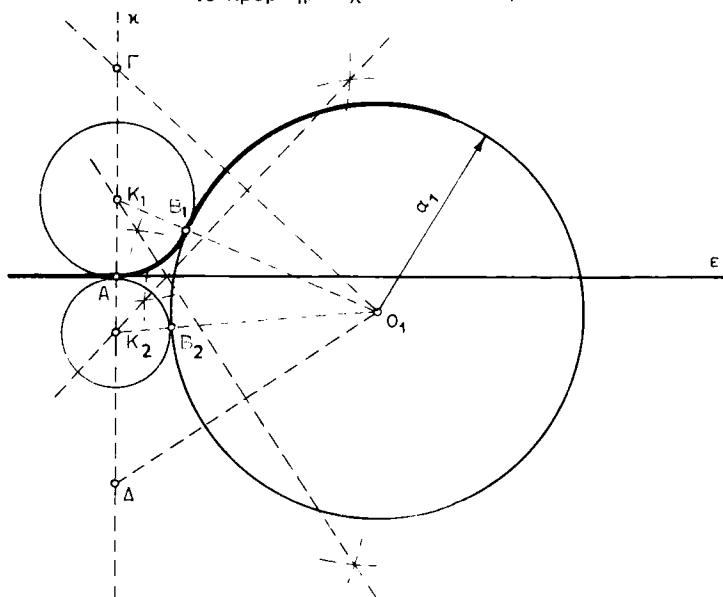
κύκλο, ο κύκλος αυτός θα εφάπτεται στον αρχικό κύκλο O_1 και στην ευθεία ϵ και μάλιστα στο σημείο A . Το σημείο επαφής του με το τόξο θα είναι η τομή του B_1 , ή B_2 με την O_1K_1 , ή την O_1K_2 .

Όταν γνωρίζουμε, το σημείο επαφής B του τόξου συναρμογής με το γνωστό



Σχ. 6.6α.

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

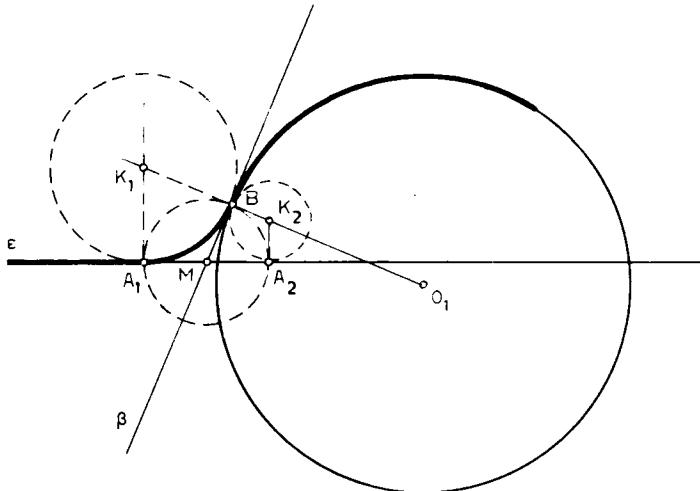


Σχ. 6.6β.

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

τόξο, φέρνομε την ακτίνα του O_1B και την εφαπτομένη του β στο σημείο B λύνοντας το πρώτο πρόβλημα της παραγράφου 6.4 (σχ. 6.6ιγ). Η εφαπτομένη αυτή τέμνει την ευθεία ϵ σε ένα σημείο M . Λύνομε τότε το πρόβλημα του σχήματος 6.6β και βρίσκομε το τόξο, που εφάπτεται στις ευθείες ϵ και β 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 6.6β, έχει δύο λύσεις. Στη μια απ' 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.



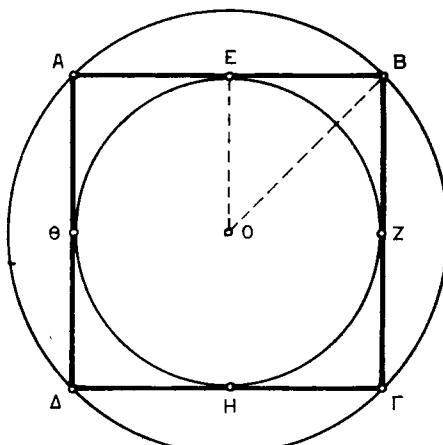
Σχ. 6.6ιγ.

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

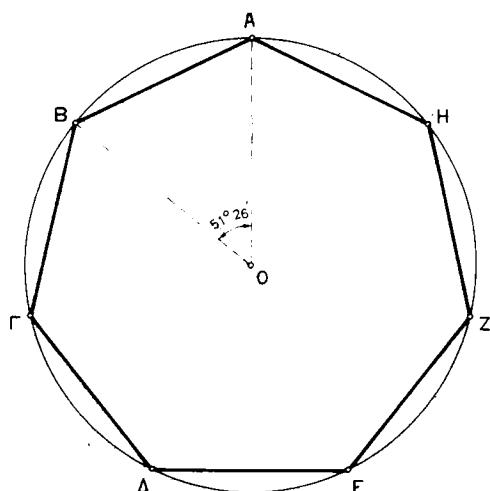
6.7 Κανονικά πολύγωνα.

Κανονικά λέγονται τα πολύγωνα, που έχουν όλες τις γωνίες τους ίσες και όλες τις πλευρές τους ίσες. Έτσι το ισόπλευρο τρίγωνο και το τετράγωνο είναι τα 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 και μάλιστα στα μέσα τους. Οι δύο αυτοί κύκλοι είναι ομόκεντροι (σχ. 6.7α). 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, γνωρίζομε συνήθως τον ένα από τους δύο αυτούς κύκλους και τον αριθμό των πλευρών 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



Σχ. 6.7α.
Κανονικό πολύγωνο. Εγγραμμένος και περιγραμμένος κύκλος. Ακτίνα και απόστημα.



Σχ. 6.7β.
Κανονικό επτάγωνο.

πρόβλημα, αν μοιράσουμε την περιφέρεια του κύκλου σε τόσα ίσα μέρη, όσες είναι οι πλευρές του κανονικού πολυγώνου, που θέλομε να κατασκευάσουμε.

Μια πρακτική λύση είναι να διαιρέσουμε τις 360° (ή τους 400 βαθμούς) με τον αριθμό των πλευρών, π.χ. με το 7 (σχ. 6.7β). Φέρνομε μιαν ακτίνα του κύκλου, την OA, και με τον αναγωγέα ορίζομε 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 ορίζομε 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 κλείνομε) 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.

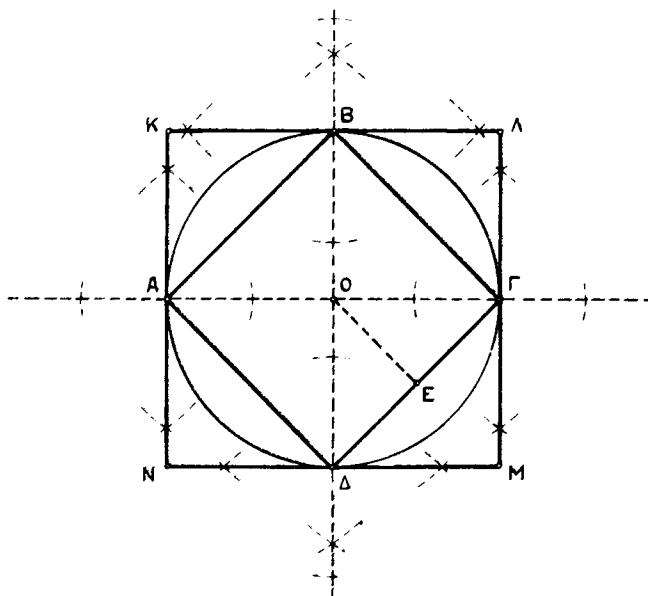
Η μέθοδος αυτή, αν και αρκετά ανακριβής, είναι η μόνη δυνατή στις περισσότερες περιπτώσεις, π.χ. για αριθμό πλευρών $7, 9, 11, 13, 14, 17, 18, 19, 21, 22, 23$, κλπ. Για ορισμένους αριθμούς πλευρών όμως, είναι δυνατόν να γίνει με τον κανόνα και το διαβήτη η διαίρεση του κύκλου και επομένως η κατασκευή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

Στο σχήμα 6.7γ εικονίζεται η κατασκευή του τετραγώνου, δηλαδή η διαίρεση του κύκλου σε τέσσερα ίσα μέρη. Φέρνομε μια τυχαία διάμετρο του κύκλου ΑΓ και την κάθετη στο μέσο της διάμετρο ΒΔ λύνοντας το πρώτο πρόβλημα της παραγράφου 6.2. Το ΑΒΓΔ είναι τετράγωνο, δηλαδή κανονικό τετράπλευρο. Το ίδιο συμβαίνει και για το ΚΛΜΝ, που ορίζουν οι εφαπτόμενες του κύκλου στα σημεία Α, Β, Γ και Δ.

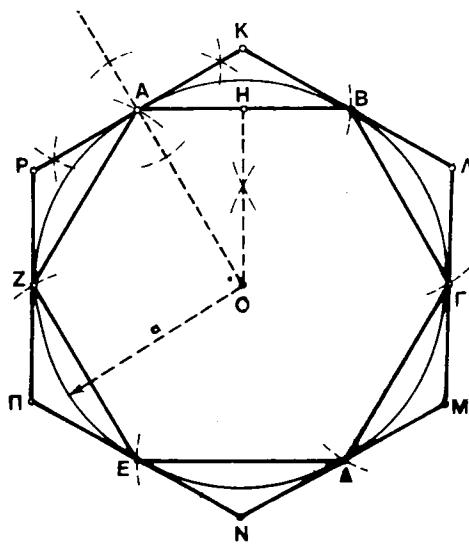
Στο σχήμα 6.7δ εικονίζεται η κατασκευή του κανονικού εξαγώνου, δηλαδή η διαίρεση του κύκλου σε έξι ίσα μέρη. Ορίζομε ένα τυχαίο σημείο Α του κύκλου και με κέντρο το Α και ακτίνα ίση με την ακτίνα του κύκλου γράφομε ένα βοηθητικό κύκλο, που τέμνει τον αρχικό στα σημεία Β και Ζ. Με κέντρα τα σημεία αυτά και την ίδια ακτίνα γράφομε 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 γράφομε κι 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. 6.7ε), είναι ισόπλευρα τρίγωνα.

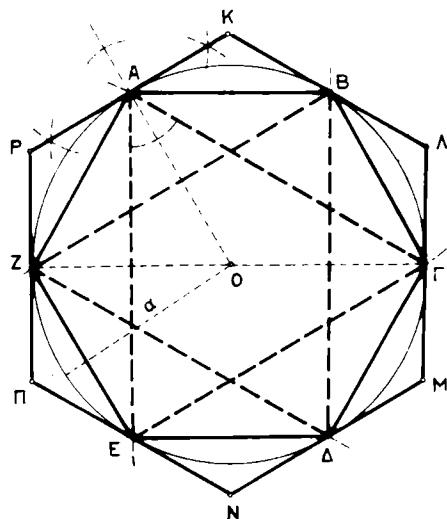
Στο σχήμα 6.7στ εικονίζεται η κατασκευή του κανονικού πενταγώνου, δηλαδή η διαίρεση του κύκλου σε πέντε ίσα μέρη. Φέρνομε μια τυχαία διάμετρο ΑΖ του κύκλου και την κάθετη στο μέσο της ΗΘ λύνοντας το πρώτο πρόβλημα της παραγράφου 6.2. Λύνοντας πάλι το ίδιο πρόβλημα βρίσκομε το μέσο Λ της ακτίνας ΟΑ. Με κέντρο το Λ και ακτίνα ίση με ΛΗ γράφομε έναν κύκλο, που τέμνει την ακτίνα ΟΖ στο σημείο Μ. Το ευθύγραμμο τμήμα ΗΜ είναι ίσο με την πλευρά του κανονικού πενταγώνου. Με κέντρο το Α και ακτίνα ίση με το ΗΜ γράφομε ένα βοηθητικό κύκλο, που τέμνει τον αρχικό στα σημεία Β και Ε. Με κέντρα τα σημεία αυτά και την ίδια ακτίνα γράφομε δύο ακόμα βοηθητικούς κύκλους, που τέμνουν τον αρχικό στο Α και σε δύο ακόμα σημεία Γ και Δ. Το ΑΒΓΔΕ είναι κανονικό πεντάγωνο.



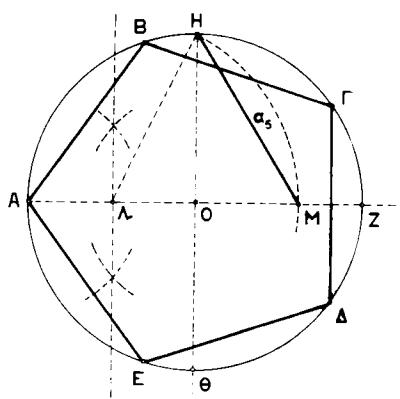
Σχ. 6.7γ.
Κανονικά τετράπλευρα (τετράγωνα).



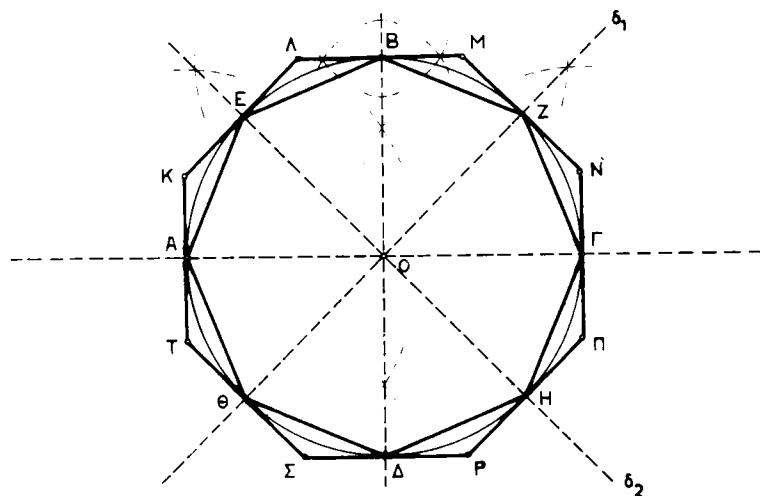
Σχ. 6.7δ.
Κανονικά εξάγωνα.



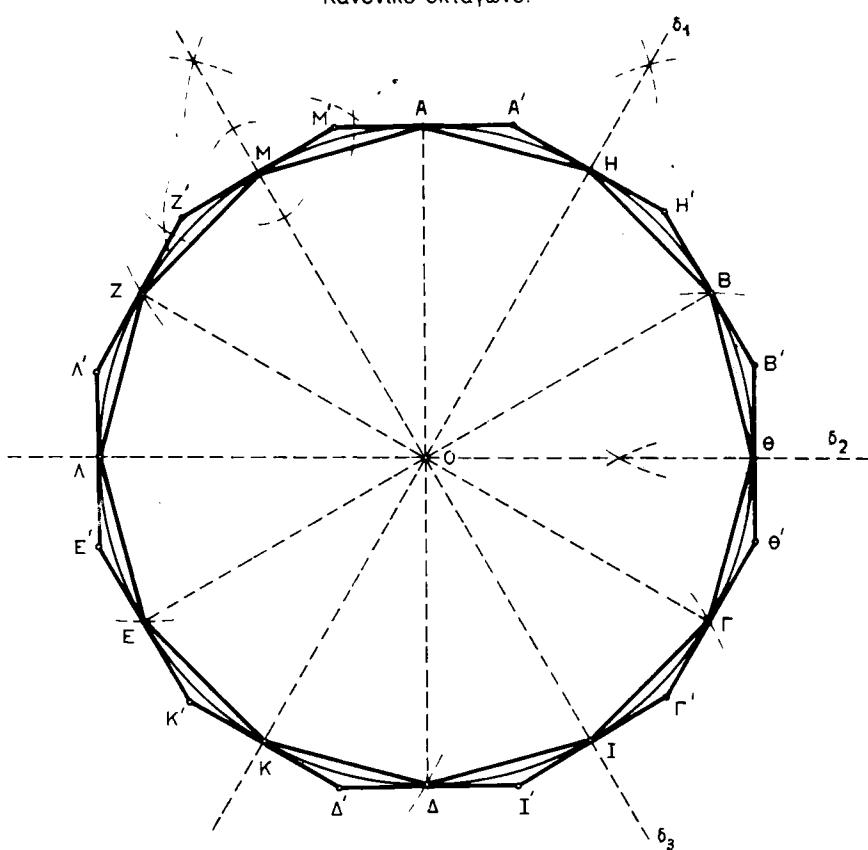
Σχ. 6.7ε.
Κανονικά (ισόπλευρα) τρίγωνα.



Σχ. 6.7στ.
Κανονικό πεντάγωνο.



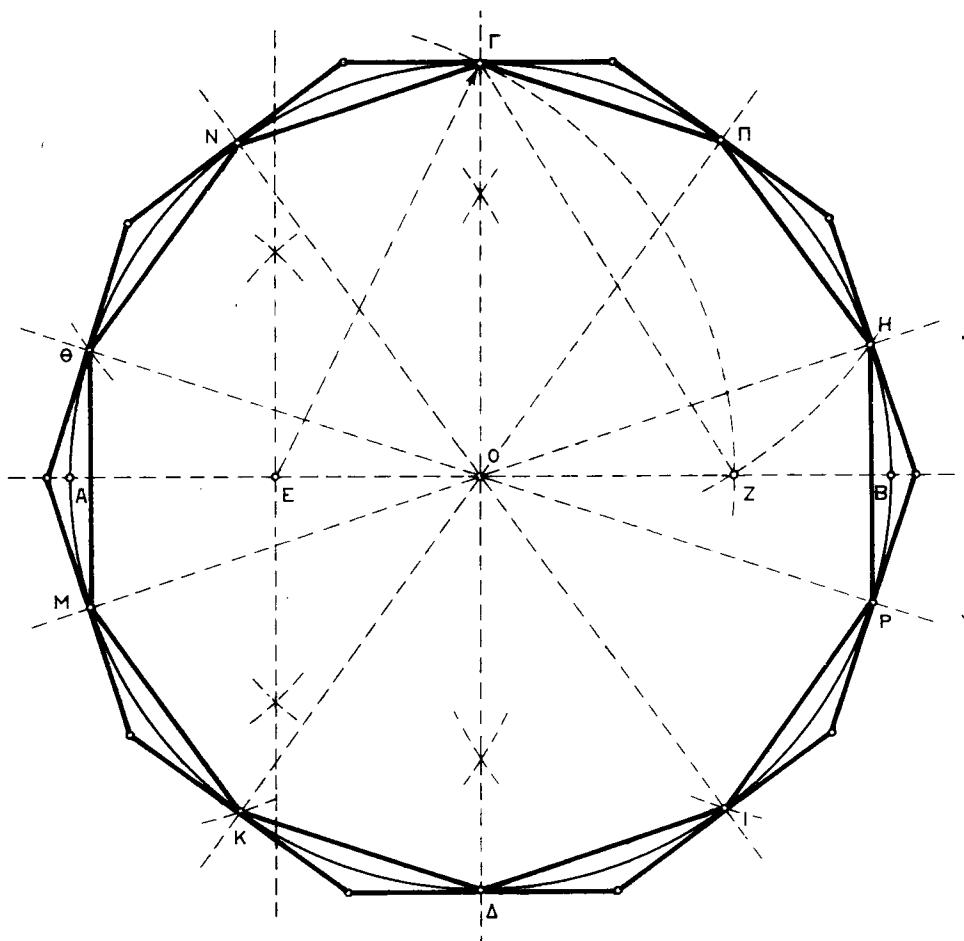
Σχ. 6.7ζ.
Κανονικό οκτάγωνο.



Σχ. 6.7η.
Κανονικό δωδεκάγωνο.

Αν φέρομε ευθεία κάθετη στο μέσο μιας πλευράς κανονικού πολυγώνου, λύνοντας το πρώτο πρόβλημα της παραγράφου 6.2, η ευθεία αυτή θα περνά από το κέντρο του κύκλου και θα διχοτομεί το τόξο του, που αντιστοιχεί στην πλευρά. Έτσι με διαδοχικές διχοτομήσεις μπορούμε να κατασκευάσσουμε, με βάση ένα τετράγωνο, το κανονικό οκτάγωνο (σχ. 6.7ζ), 16-γωνο, 32-γωνο, 64-γωνο κ.ο.κ. Με βάση το εξάγωνο μπορούμε να κατασκευάσσουμε το κανονικό δωδεκάγωνο (σχ. 6.7η), 24-γωνο, 48-γωνο, 96-γωνο κ.ο.κ.

Με βάση το πεντάγωνο μπορούμε να κατασκευάσσουμε το κανονικό δεκάγωνο (σχ. 6.7θ), 20-γωνο, 40-γωνο, 80-γωνο κ.ο.κ. Παρατηρούμε εδώ, ότι το κανονικό δεκάγωνο μπορεί να κατασκευαστεί και κατ' ευθείαν, επειδή η πλευρά του είναι ίση με το ευθύγραμμο τμήμα ΟΜ του σχήματος 6.7στ, δηλαδή το ΟΖ του σχήματος 6.7θ.

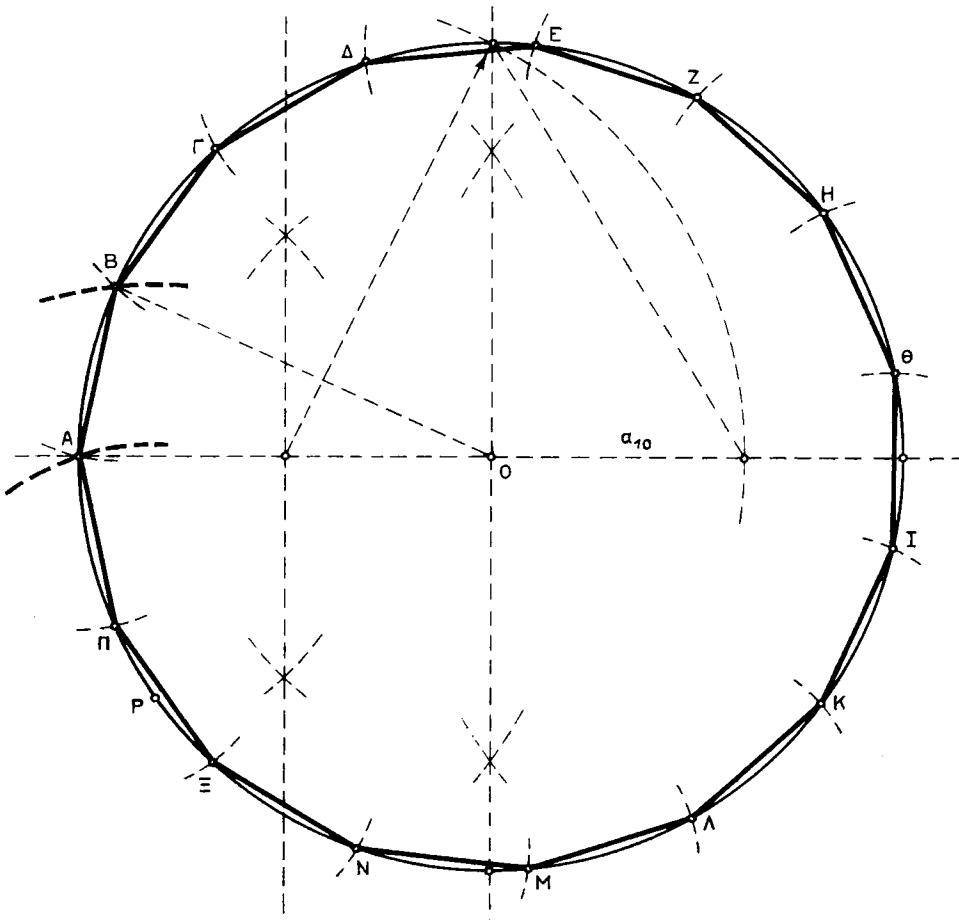


Σχ. 6.7θ.
Κανονικό δεκάγωνο.

Στο σχήμα 6.7ι εικονίζεται η κατασκευή του κανονικού 15-γώνου. Με κέντρο ένα τυχαίο σημείο P του κύκλου γράφομε 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 δεκαγώνου, που κατασκευάζεται όπως το OM στο σχήμα 6.7στ, γράφομε άλλο βοηθητικό κύκλο, που τέμνει τον αρχικό σε δύο σημεία. Ονομάζομε 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 μεταφέρομε, ώστε να βρούμε τις υπόλοιπες κορυφές $\Gamma, \Delta, E, Z, H, \Theta, I, K, \Lambda, M, N, \Xi$ και Π του κανονικού 15-γώνου. Με διαδοχικές διχοτομήσεις κατασκευάζονται και τα κανονικά 30-γωνα, 60-γωνα κ.ο.κ.

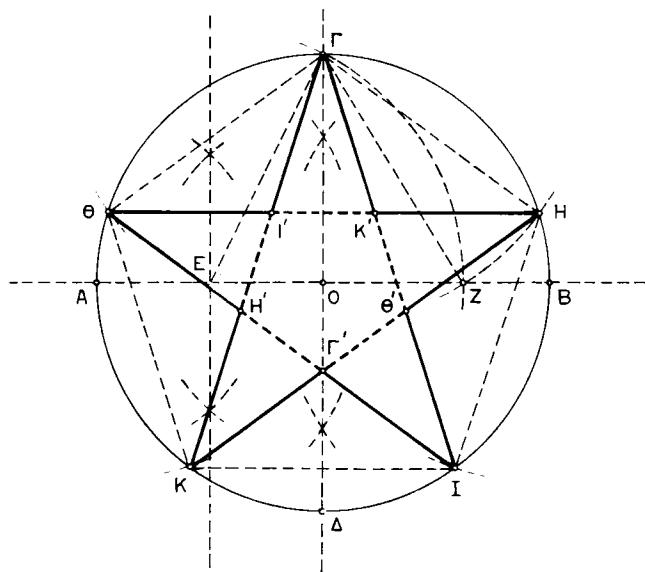
Αν θέλομε τα κανονικά πολύγωνα να είναι περιγραμμένα στο γνωστό κύκλο, τότε, αντί να ενώνομε τα σημεία της διαιρέσεως, φέρνομε τις εφαπτομένες του κύκλου στα σημεία αυτά λύνοντας το πρώτο πρόβλημα της παραγράφου 6.4, όπως φαίνεται στα σχήματα 6.7γ, 6.7δ και 6.7ε.

Εκτός από τα κανονικά πολύγωνα, που εξετάσαμε και που τα ονομάζομε κυρτά,

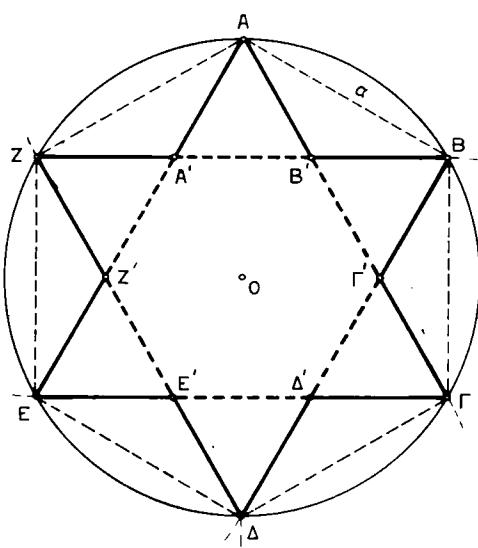


Σχ. 6.7ι.
Κανονικό δεκαπεντάγωνο.

υπάρχουν και άλλα, που τα λέμε **αστεροειδή**. Αυτά τα κατασκευάζομε, αν φέρομε όλες τις ίσες μεταξύ τους διαγώνιες ενός κυρτού κανονικού πολυγώνου. Τα απλούστερα κανονικά αστεροειδή πολύγωνα είναι το πεντάγωνο και το εξάγωνο (σχ. 6.7ια και ιβ). Αυτά είναι ενός μόνο τύπου το καθένα. Αντίθετα υπάρχουν δύο

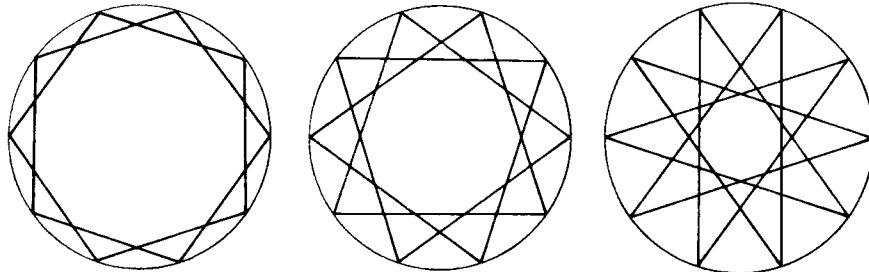


Σχ. 6.7ια.
Κανονικό αστεροειδές πεντάγωνο.

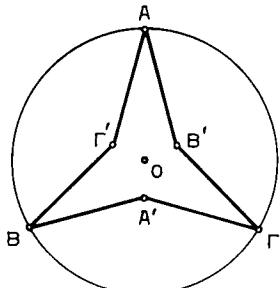


Σχ. 6.7ιβ.
Κανονικό αστεροειδές εξάγωνο.

τύποι κανονικών αστεροειδών επταγώνων και οκταγώνων, τρεις τύποι εννεαγώνων και δεκαγώνων (σχ. 6.7ιγ), τέσσερις τύποι 11-γώνων και 12-γώνων κ.ο.κ. Δεν υπάρχει κανονικό αστεροειδές τρίγωνο ούτε τετράγωνο. Τα σχήματα 6.7ιδ και 6.7ιε, 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.

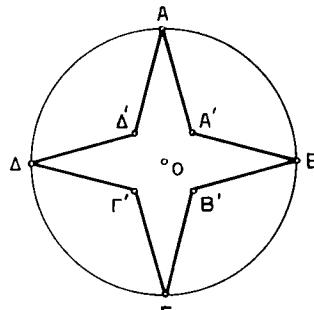


Σχ. 6.7ιγ.
Κανονικά αστεροειδή δεκάγωνα.



Σχ. 6.7ιε.

Σχήμα, που θα μπορούσε να θεωρηθεί
κανονικό αστεροειδές τετράπλευρο.



Σχ. 6.7ιδ.

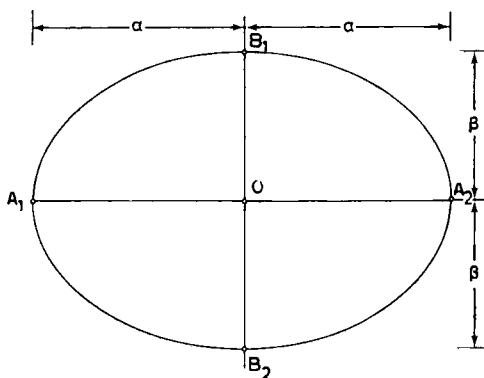
Σχήμα, που θα μπορούσε να
θεωρηθεί κανονικό αστεροειδές τρίγωνο.

6.8 Κατασκευή ελλείψεως από τους άξονές της.

Το τεχνικό σχέδιο αποτελείται συνήθως από κομμάτια ευθειών και κύκλων. Σπανιότερα χρειάζεται να σχεδιαστούν 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.

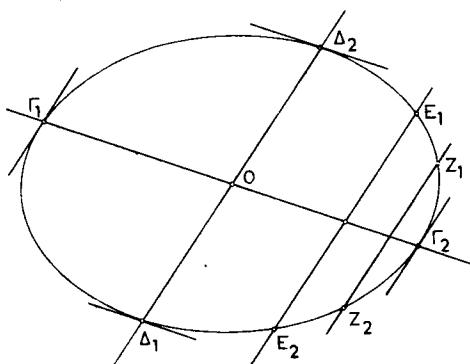
Η έλλειψη είναι μια κλειστή καμπύλη (σχ. 6.8α), που έχει δύο **άξονες συμμετρίας** A_1A_2 και B_1B_2 κάθετους μεταξύ τους και ένα **κέντρο συμμετρίας** O , που βρίσκεται στην τομή των δύο άξονων και λέγεται συνήθως απλά **κέντρο** της ελλείψεως. Ο μεγαλύτερος από τους δύο άξονες συμμετρίας, που κι αυτοί συνήθως λέγονται απλά **άξονες** της ελλείψεως, ονομάζεται **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 συμβολίζομε 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. 6.8β) που έχει τα άκρα του πάνω στην



Σχ. 6.8α.

'Ελλειψη - Κέντρο και άξονες συμμετρίας.



Σχ. 6.8β.

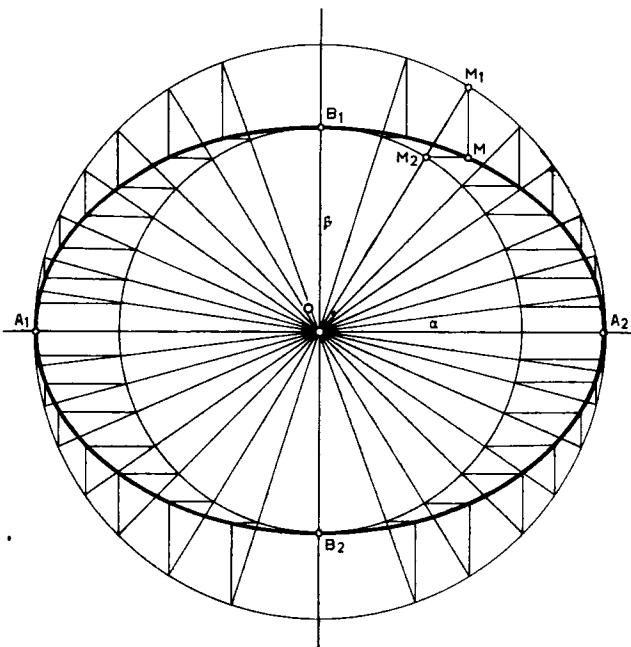
'Ελλειψη - Χορδές διάμετροι, συζυγείς διάμετροι.

έλλειψη, λέγεται **χορδή** της ελλείψεως. Όταν μία χορδή της ελλείψεως περνά από το κέντρο της Ο, 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 περιοριστούμε μόνο στην κατασκευή της, όταν γνωρίζουμε τη θέση και το μέγεθος των αξόνων της, που φαίνεται στο σχήμα 6.8γ. Θεωρούμε ότι είναι γνωστοί οι δύο αξόνες της A_1A_2 και B_1B_2 . Με κέντρο το κέντρο της ελλείψεως Ο και ακτίνες αντίστοιχα ίσες με α και β γράφομε 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 . Φέρνομε ευθείες, που να περνούν από το κέντρο Ο, και από τα σημεία τομής τους με τον πρωτεύοντα κύκλο φέρνομε ευθείες κάθετες προς την ευθεία A_1A_2 , ενώ από τα σημεία τομής τους με το δευτερεύοντα κύκλο φέρνομε 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 έ-

χομεί όσα σημεία μας χρειάζονται και ενώνοντάς τα να σχεδιάσουμε την έλλειψη.

Μπορούμε μάλιστα με μια απλή κατασκευή να έχομε και την εφαπτομένη της ελλείψεως στο σημείο M . Φέρνομε την εφαπτομένη του πρωτεύοντος κύκλου στο σημείο M_1 , και ονομάζομε Σ το σημείο τομής της με την ευθεία A_1A_2 (σχ. 6.8δ). Η ευθεία ΣM είναι εφαπτομένη της ελλείψεως στο σημείο M . Σημειώνομε ότι οι εφα-



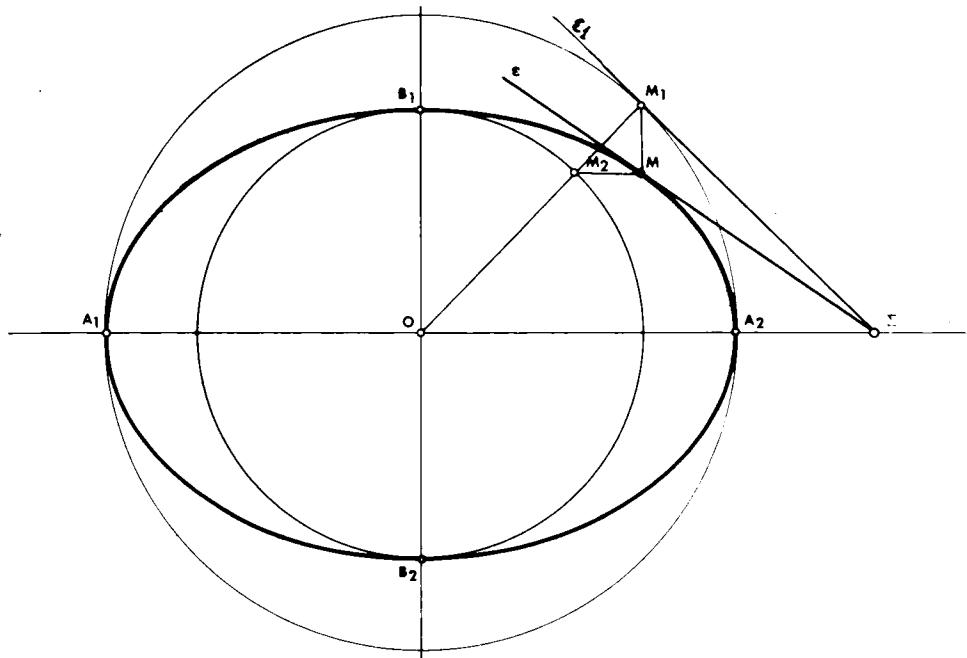
Σχ. 6.8γ.

Κατασκευή σημείων ελλείψεως με γνωστούς τους άξονές της.

πτομένες 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.

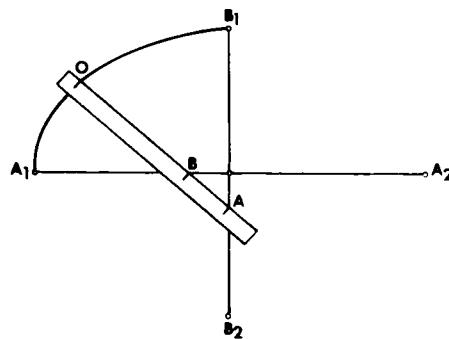
Στο σχήμα 6.8ε δείχνεται μια δεύτερη μέθοδος για την κατασκευή σημείων της ελλείψεως. Πάνω σε ένα κανόνα, που είναι προτιμότερο να τον φτιάξουμε μόνοι μας από λεπτό χαρτόνι, σημειώνομε τρία σημεία O, A και B με τον ακόλουθο τρόπο. Το μήκος του OA είναι ίσο με a , δηλαδή με το μισό του μεγάλου άξονα της ελλείψεως, και το OB ίσο με β , 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 2.5ιδ, αλλά έχει εκτός από το στέλεχος με τη γραφίδα και δύο στελέχη με ακίδα, αντί για ένα.



Σχ. 6.8δ.

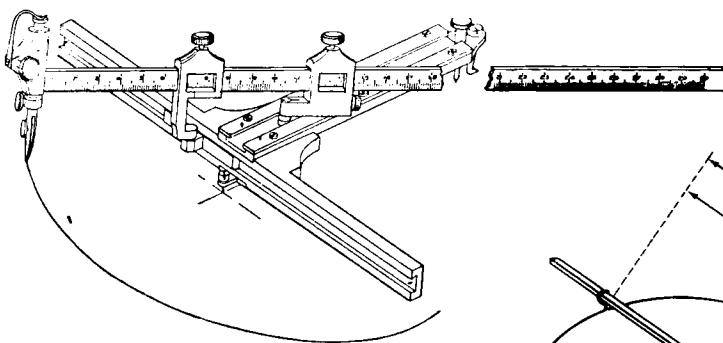
Κατασκευή εφαπτομένης ελλείψεως με γνωστούς τους άξονές της.



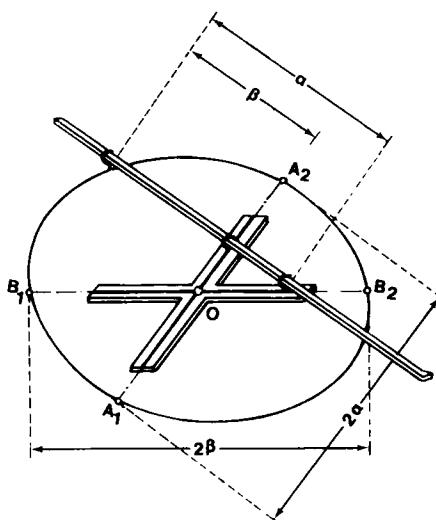
Σχ. 6.8ε.

Μέθοδος κατασκευής ελλείψεως με τρία σημεία, όταν γνωρίζομε τους άξονές της.

Τοποθετούμε το πρώτο στοιχείο του ελλειψογράφου ακίνητο στο χαρτί μας και σε τέτοια θέση, ώστε οι δύο σχισμές να πάρουν τις θέσεις των αξόνων της ελλείψεως (σχ. 6.8στ). 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 μία ακίδα καταργείται και η μοναδική που απομένει πρέπει να ανήκει συγχρόνως και στους



Σχ. 6.8στ.
Ελλειψογράφοι.



δύο άξονες της ελλειψώως, δηλαδή πρέπει να μένει ακίνητη στο κέντρο της ελλειψώως. Ο ελλειψογράφος τότε δε διαφέρει καθόλου από το διαβήτη του σχήματος 2.5ιδ και αντί έλλειψη γράφει κύκλο.

6.9 Ασκήσεις επιπεδομετρίας.

Για νὰ μπορεί κανεὶς να λύνει τα γεωμετρικὰ προβλήματα, που παρουσιάζονται κατά τη σύνταξη των τεχνικών σχεδίων, πρέπει να έχει εξασκηθεί πάνω σ' αυτά. Προτείνομε 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 τους υποδεκαμέτρου, των τρίγωνων, του αναγωγέα κλπ.

1. Να γραφεί κύκλος, που να περνά από τρία τυχαία σημεία Α,Β και Γ. Το κέντρο του κύκλου Κ θα βρεθεί σαν τομή των δύο ευθεών, που είναι αντίστοιχα κάθετες στα μέσα των ευθυγράμμων τμημάτων ΑΒ και ΑΓ. Τι συμβαίνει, όταν το σημείο Γ ανήκει στην ευθεία ΑΒ;

2. Να γραφεί κύκλος με ακτίνα 5 εκατοστά του μέτρου, που να εφάπτεται με ένα ευθύγραμμο τμήμα ΑΒ στο άκρο του Α. Το κέντρο του κύκλου Κ ανήκει στην ευθεία, που είναι κάθετη στο ευθύγραμμό τμήμα ΑΒ και περνά από το Β, ενώ το μήκος του ΚΒ είναι 5 εκατοστά του μέτρου.

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

4. Να διαιρεθεί ένα ευθύγραμμο τμήμα ΑΒ, 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 Β 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 ΑΒΓ, περιγραμμένο στον κύκλο. Τι είδους τρίγωνο είναι το ΑΒΓ;

6. Να κατασκευαστούν όλες οι κοινές εφαπτομένες δύο κύκλων, που τα κέντρα τους Ο₁ και Ο₂ 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 των κύκλων αυτών είναι ενάμισι εκατοστό του μέτρου και πόσες, όταν είναι οκτώ;

7. Μια σιδερένια ράβδος έχει διατομή τετράγωνη με διαστάσεις 4×4 εκατοστά του μέτρου και οι ακρές 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 ΑΒ και ΒΓ, όπου $AB = 200$ μέτρα, $BG = 300$ μέτρα και $AG = 360$ μέτρα. Οι δύο ευθυγραμμίες συναρμόζονται με ένα κυκλικό τόξο, που αρχίζει από ένα σημείο Δ της ευθείας ΑΒ έτσι, ώστε να είναι $AD = 114$ μέτρα. Να σχεδιαστεί σε κλίμακα 1:2000 ο άξονας του δρόμου από το Α ως το Γ.

9. Να λυθεί η προηγούμενη δίσκηση, χωρίς να είναι γνωστά τα μήκη των ευθυγραμμών ΑΒ και ΑΓ, αλλά οι γωνίες $\Gamma AB = 75^\circ$ και $\Delta BG = 90^\circ$. 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 αντίθετα 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 ΑΒ και ένα κυκλικό τόξο με ακτίνα 100 μέτρα, που το κέντρο του Ο απέχει από την ΑΒ 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 περιμετρός 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 βρεθούν και η εφαπτομένη.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΒΔΟΜΟ

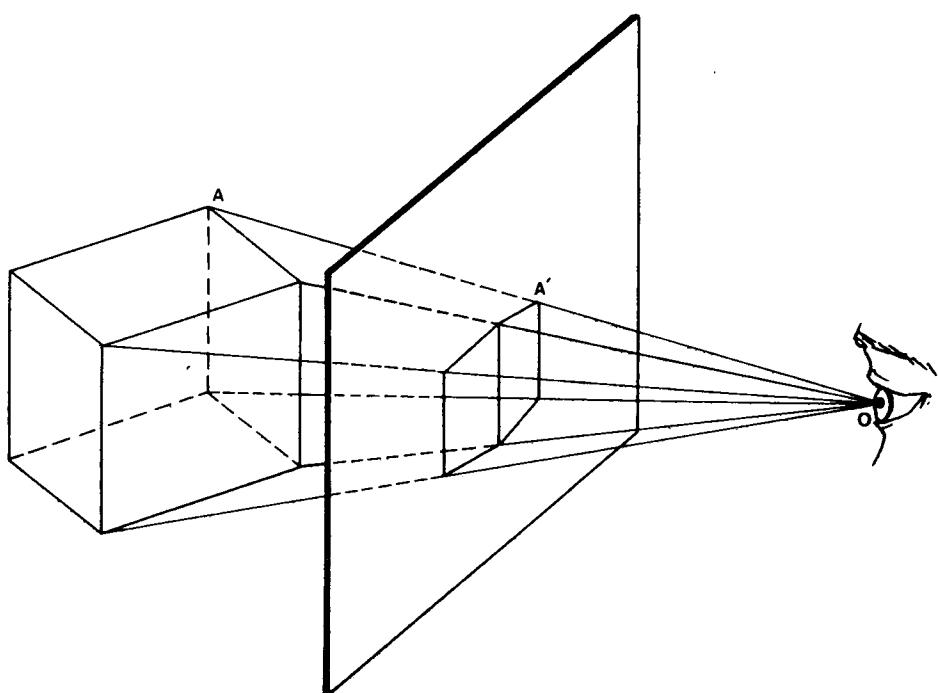
ΠΡΟΒΟΛΕΣ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΩΝ

7.1 Είδη προβολών.

7.1.1 Εισαγωγή.

Όπως είπαμε και στην εισαγωγή του βιβλίου, το τεχνικό σχέδιο είναι η εικόνα των τεχνικών έργων. Αν θέλαμε να έχομε σχέδια, που να μας δείχνουν τα αντικείμενα ακριβώς όπως τα βλέπομε, θα μπορούσαμε να τα σχεδιάζαμε σε ένα διαφανές χαρτί, που θα το τοποθετούσαμε ανάμεσα στο αντικείμενο και στα μάτια μας (σχ. 7.1α), αντιγράφοντας ακριβώς ό,τι βλέπομε. Επειδή το φως ακολουθεί ευθύγραμμη πορεία, κάθε σημείο A' πάνω στο σχέδιο θα παρίστανε ένα σημείο A του αντικειμένου, τέτοιο, που η ευθεία AA' να καταλήγει στο μάτι μας. Αυτό το σχέδιο λέγεται **προοπτικό** (σχ. 7.1β) και θα μιλήσουμε γι' αυτό στην παράγραφο 7.1.4.

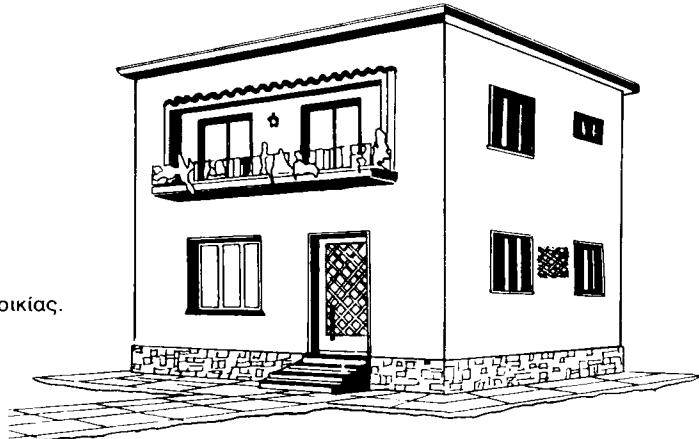
Το (διό αποτέλεσμα έχομε και όταν φωτογραφίζομε το αντικείμενο (σχ. 7.1γ),



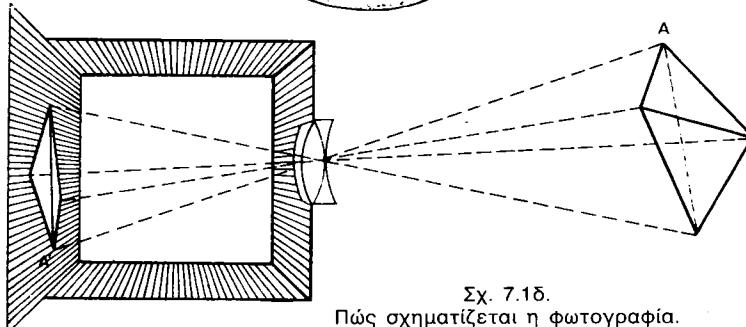
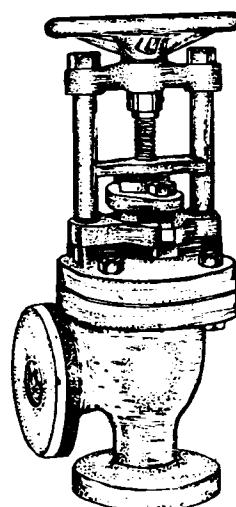
Σχ. 7.1α.
Πώς βλέπουμε ένα αντικείμενο.

επειδή πάλι όλες οι ευθείες AA' (σχ. 7.1δ) περνούν απ' 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, είναι ανάμεσα στο αντικείμενο και τη φωτογραφία. Γι' αυτό η φωτογραφία σχηματίζεται ανάποδη πάνω στη φωτογραφική πλάκα.

Σχ. 7.1β.
Προοπτικό σχέδιο κατοικίας.



Σχ. 7.1γ.
Φωτογραφία αντικειμένου.



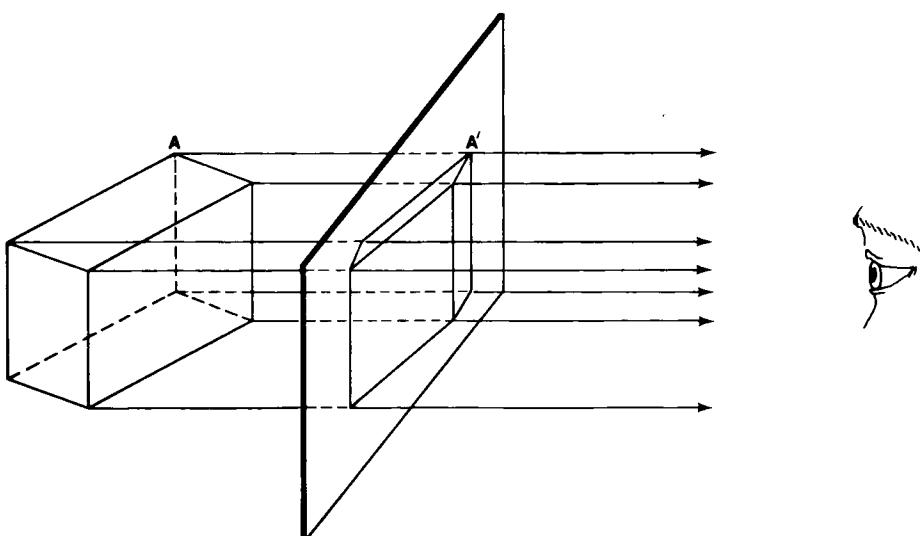
Σχ. 7.1δ.
Πώς σχηματίζεται η φωτογραφία.

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 πολὺ χρήσιμα για τη γενική κατανόηση ενδός 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, ότι 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 ανατρέθει, αν δεχτούμε πως το αντικείμενο το βλέπουμε από πολὺ μακριά, οπότε οι ακτίνες AA' μπορούν να θεωρηθρύν παράλληλες (σχ.7.1ε). Στην περίπτωση αυτή τοποθετούμε συνήθως τον πίνακα του σχεδίου σε τέτοια θέση, ώστε το επίπεδο του να είναι κάθετο με τις ακτίνες AA' και ονομάζομε το σχέδιο αυτὸν **ορθὴ προβολὴ** του αντικειμένου.

Στην ορθὴ προβολή, αντίθετα με όσα συμβαίνουν στο προοπτικό σχέδιο και τη φωτογραφία, οι παράλληλες ευθείες παριστάνονται με παράλληλες ευθείες και για κάθε διεύθυνση ευθεών υπάρχει μια σταθερή κλίμακα σχεδιάσεως, που συντίθεται τα μήκη του σχεδίου με τα πραγματικά μήκη. Η κλίμακα αυτὴ μάλιστα είναι η ίδια για όλες τις ευθείες, που είναι παράλληλες με το επίπεδο του πίνακα του σχεδίου, και η τελευταία αυτὴ κλίμακα θεωρείται κλίμακα σχεδιάσεως του σχεδίου. Έτσι οι ορθὲς προβολές των αντικειμένων, αν και δε γίνονται εύκολα κατανοητές από τον μη ειδικό, χρησιμεύουν ως σχέδια κατασκευής, δηλαδὴ με αυτὲς ο μελετητὴς περιγράφει το έργο, που πρόκειται να κατασκευαστεί, και με τις ίδιες ως οδηγὸς ο κατασκευαστὴς εκτελεί το έργο.



Σχ. 7.1ε.
Πώς βλέπουμε ένα αντικείμενο από πολὺ μακριά.

7.1.2 Ορθή προβολή.

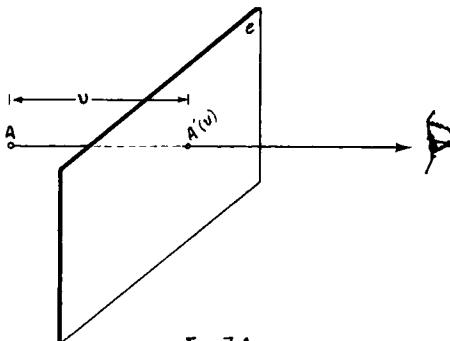
Κατά κανόνα, για να μελετήσουμε ή να κατασκευάσουμε ένα έργο, χρειαζόμαστε περισσότερα από ένα σχέδια, δηλαδή όψεις από διαφορετικές διεύθυνσεις. Τα σχέδια αυτά μπορεί να είναι ανεξάρτητα ή να συνδυάζονται μεταξύ τους ανά δύο, ανά τρία ή και περισσότερα.

Όπως είπαμε και πιο πριν, θεωρούμε πως το αντικείμενο είναι τοποθετημένο πίσω από τον πίνακα του σχεδίου και τα μάτια μας βρίσκονται πολὺ 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. 7.1ε). 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' .

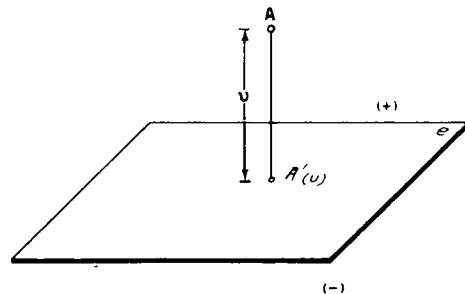
Όταν λοιπόν τα σχέδια ενός έργου είναι ανεξάρτητα το ένα από το άλλο, δεν μπορούν να καθορίσουν το σχήμα του μόνο με την ορθή προβολή των σημείων του. Γι' αυτό πρέπει ή να συνδυάσουμε τα σχέδια μεταξύ τους, όπως θα εξηγήσουμε παρακάτω, ώστε να μας δώσουν πρόσθετες πληροφορίες, ή να προσθέσουμε τις πληροφορίες 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 απ' την άλλη, τότε το A' μαζί με την απόσταση αυτή καθορίζουν απόλυτα τη θέση του A (σχ. 7.1στ).

Η μέθοδος αυτή συνηθίζεται κυρίως σε κατόψεις, όπου οι αποστάσεις AA' είναι κατακόρυφες (σχ. 7.1ζ) και γιαυτό έχει καθιερωθεί να λέγονται **υψόμετρα**.

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



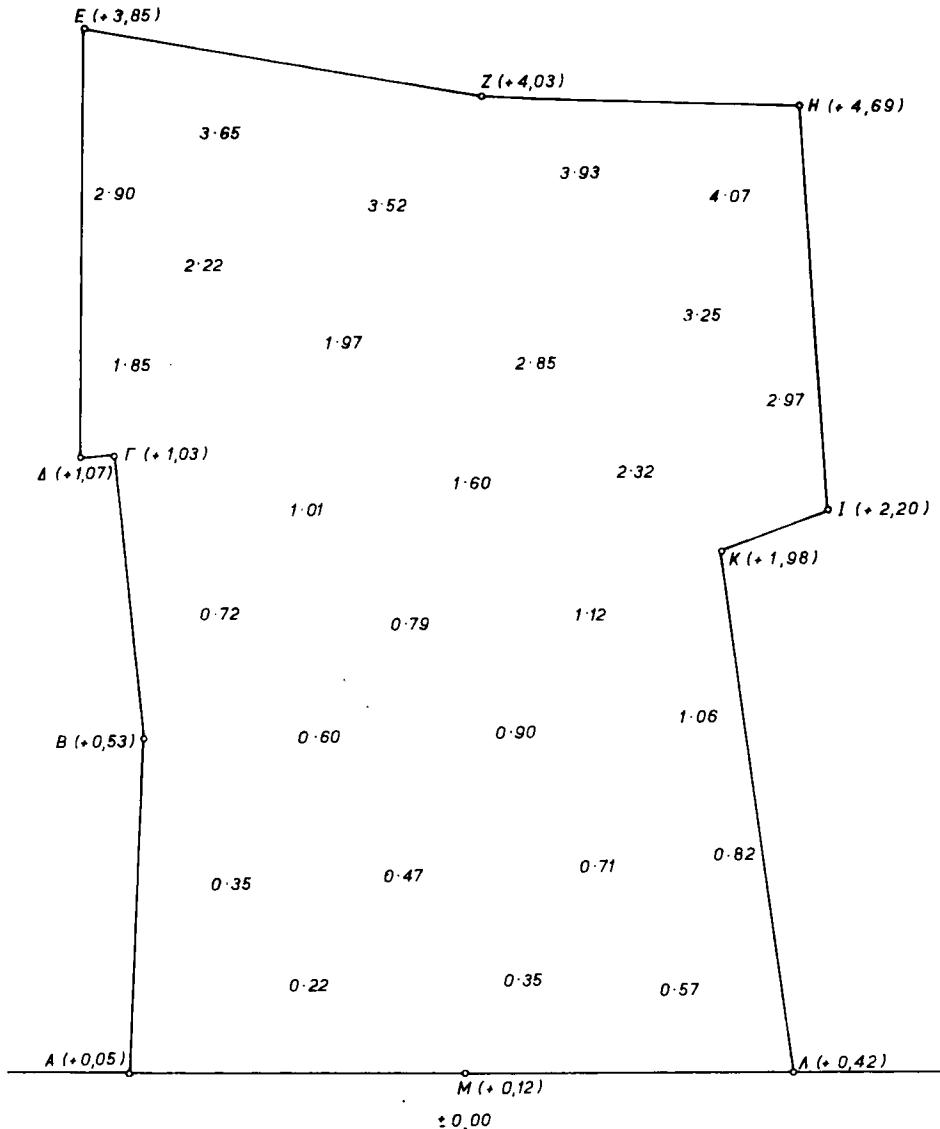
Σχ. 7.1στ.
Ορθή προβολή σημείου A .



Σχ. 7.1ζ.
Ορθή προβολή και υψόμετρο.

Ένα παράδειγμα φαίνεται στο σχήμα 7.1η, 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 σ' αυτά μέσα σε παρένθεση. Τα γράμματα αυτά πρέπει να έχουν τόνους, για

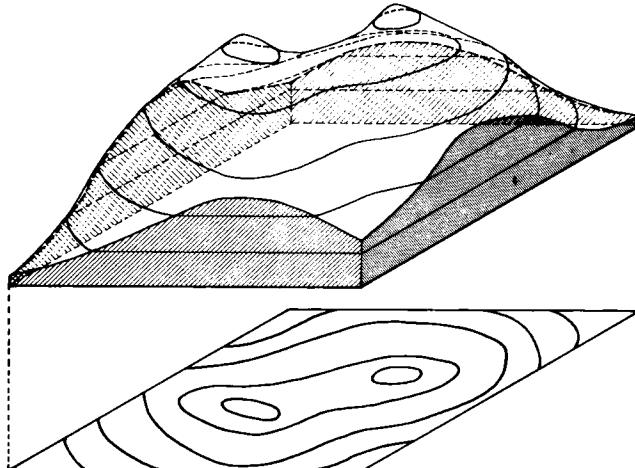
να δείχνουν ότι είναι ορθής προβολές των πραγματικών σημείων, αλλά στην πράξη οι τόνοι παραλείπονται. Παρατηρούμε ακόμη ότι το σχέδιο δεν έχει το πραγματικό μέγεθος της ορθής προβολής του οικοπέδου, αλλά είναι σχεδιασμένο πολὺ μικρότερο, δηλαδή υπό κλίμακα.



Σχ. 7.1η.
Κάτοψη οικοπέδου με υψόμετρα σε διάφορα σημεία του.

Η μέθοδος παραστάσεως με μια ορθή προβολή και με τα υψόμετρα των χαρακτηριστικών σημείων εφαρμόζεται γενικά για την παράσταση του εδάφους, όπως φαίνεται και στο σχήμα 7.1η. Το έδαφος δεν είναι βέβαια τεχνικό έργο, επειδή όμως πάρα πολλά τεχνικά έργα, π.χ. κτίρια, δρόμοι, γέφυρες, διώρυγες, φράγματα, ολόκληρες πόλεις κλπ., κατασκευάζονται πάνω σ' 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 7.1η, 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.

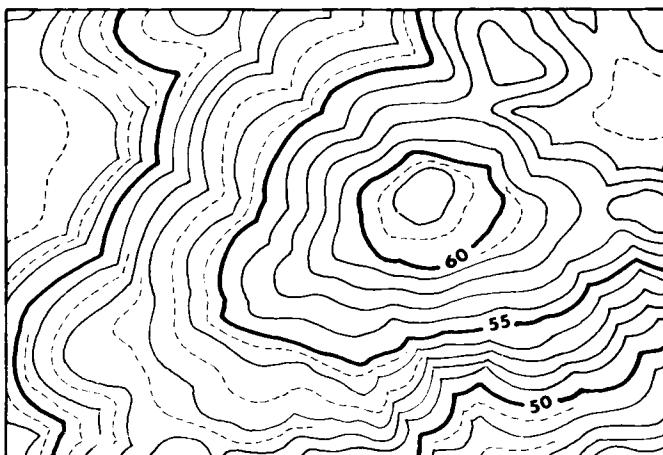


Σχ. 7.1θ.
Χωροσταθμικές καμπύλες.

Στο σχήμα 7.1θ 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 περίπτωσή μας οριζόντια. Τα επίπεδα αυτά έχουν πάντοτε την ίδια απόσταση από τα γειτονικά τους, που ονομάζομε **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 ορίζομε πάντα (ση με στρογγυλό αριθμό. Το μέγεθός της εξαρτάται κυρίως από την κλίμακα σχεδιάσεως και κατά δεύτερο λόγο από την ανωμαλία του εδάφους.

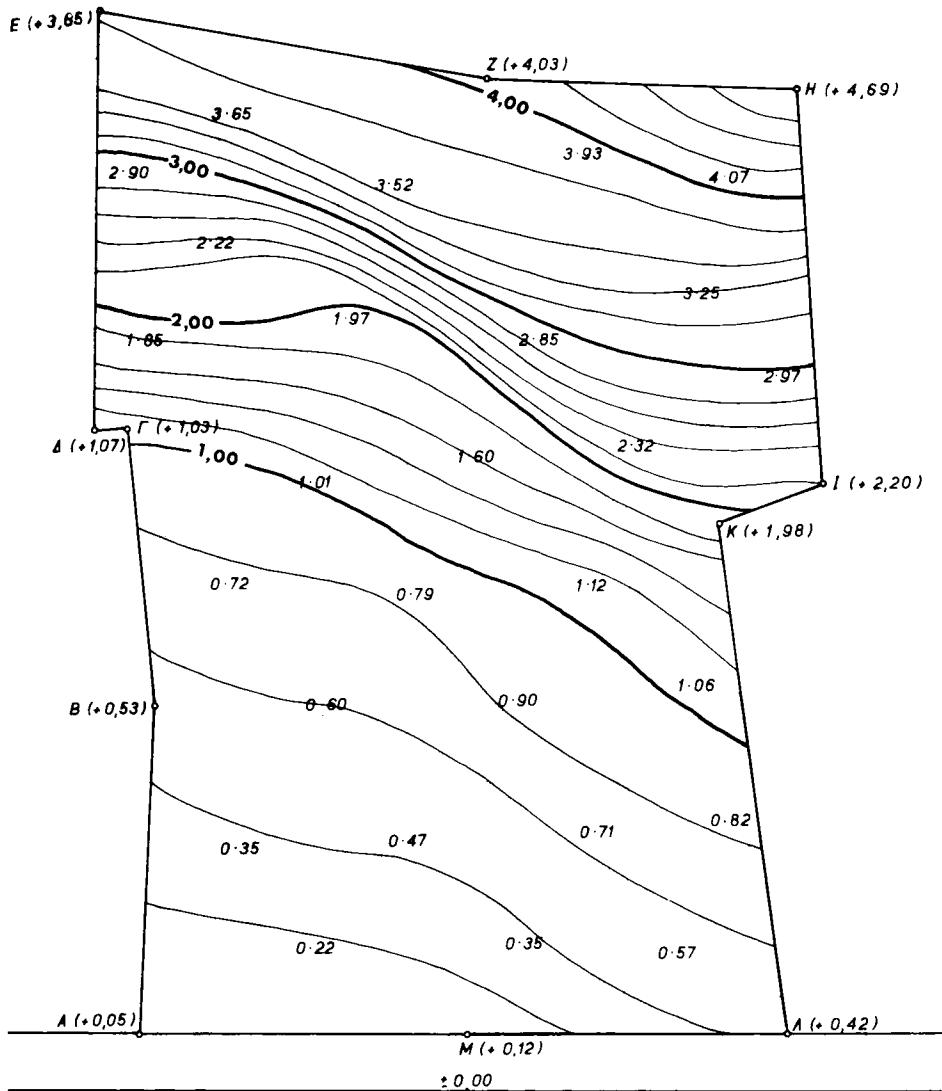
Για να είναι το σχέδιο πιο ευανάγνωστο, έχει καθιερωθεί να σχεδιάζομε με πιο χοντρή γραμμή μία χωροσταθμική καμπύλη κάθε πέντε ισοδιαστάσεις και να τη διακόπτουμε σε ορισμένα σημεία της, για να αναγράφουμε εκεί το υψόμετρό της, που είναι πάντοτε πολλαπλάσιο πέντε ισοδιαστάσεων (σχ. 7.1ι). Η καμπύλη αυτή 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 διακεκομένη γραμμή.



Σχ. 7.1ι.
Κύριες, ευτερεύουσες και βοηθητικές 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 δίνομε αυθαίρετα υψόμετρο ίσο με το μηδέν ($\pm 0,00$) όπως συμβαίνει στο σχήμα 7.1ια .

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 πως συμβαίνει στο πίσω μέρος του οικόπεδου, που εικονίζεται στο σχήμα 7.1ια. Το οικόπεδο αυτό είναι το ίδιο με εκείνο που εικονίζεται στο σχήμα 7.1η, αλλά έχει σχεδιασμένες τις χωροσταθμικές καμπύλες.



Σχ. 7.1α.
Κάτοψη οικοπέδου με χωροσταθμικές καμπύλες.

Εξετάσαμε ως εδώ 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 κι έτσι να μην χρειάζονται πια τα υψόμετρα.

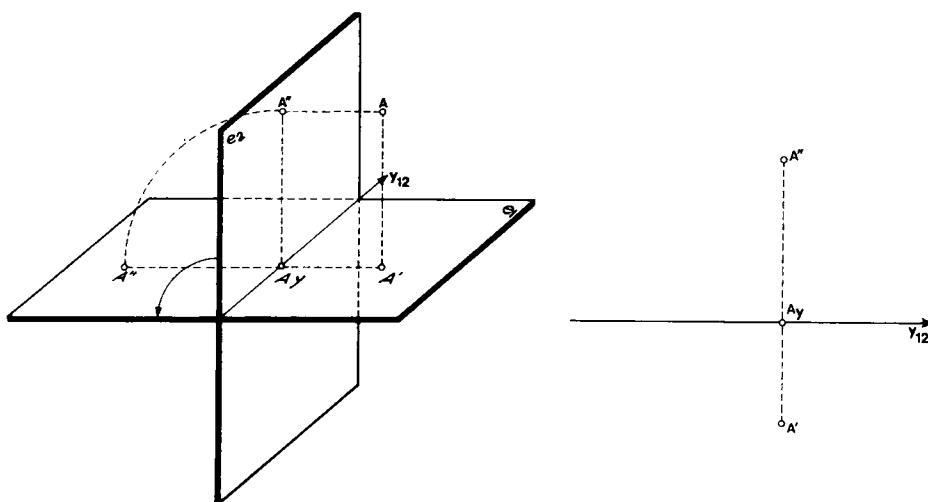
Έχουμε ήδη αναφέρει ότι κάθε σημείο Α του αντικειμένου έχει μόνο μια ορθή

προβολή Α' πάνω στον πίνακα του σχεδίου, ενώ κάθε σημείο Α' του σχεδίου μπορεί να είναι η ορθή προβολή οποιουδήποτε σημείου της ευθείας ΑΑ' (σχ. 7.1ε). Ας θεωρήσουμε τώρα δύο επίπεδα προβολής e_1 και e_2 κάθετα μεταξύ τους (σχ. 7.1ιβ), 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 γύρω απ' τον **άξονα** y_{12} .

Κάθε σημείο Α του αντικειμένου θα έχει μία ορθή προβολή στο επίπεδο e_1 , που τη λέμε πρώτη και τη συμβολίζουμε με το A' , και μια ορθή προβολή στο επίπεδο e_2 , που τη λέμε δεύτερη και τη συμβολίζουμε με το A'' . Όταν το ένα απ' τα δύο επίπεδα στραφεί, ώστε τα δυὸ σχέδια να βρεθούν στο ίδιο επίπεδο, τα σημεία A' και A'' ορίζουν μία ευθεία, που είναι κάθετη στον άξονα y_{12} και τον τέμνει σε ένα σημείο A_y (σχ. 7.1ιγ). Το μήκος του τμήματος $A_y A''$ είναι το υψόμετρο του Α για την πρώτη προβολή και το μήκος του τμήματος $A_y A'$ είναι το υψόμετρο του Α 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 Α 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 Α, αρκεί η ευθεία $A'A''$ να είναι κάθετη προς τον άξονα y_{12} .

Με την ίδια λογική και κάθε ευθεία ϵ (σχ. 7.1ιδ) έχει δύο ορθές προβολές ϵ' και ϵ'' . Αυτές μετά τη στροφή του ενός επιπέδου παίρνουν τις θέσεις, που φαίνονται στο σχήμα 7.1ιε. Κάθε σημείο M της ευθείας ϵ έχει την πρώτη του προβολή M'



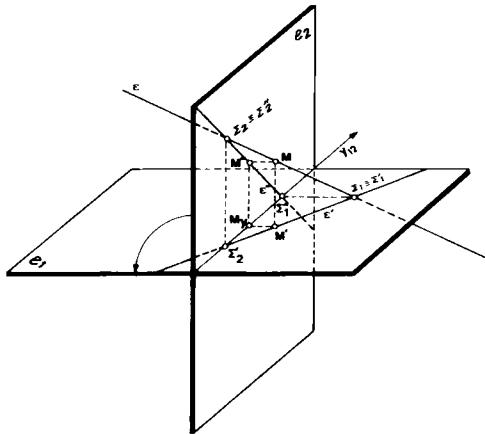
Σχ. 7.1ιβ.

Σύστημα ορθής προβολής σε δύο επίπεδα.

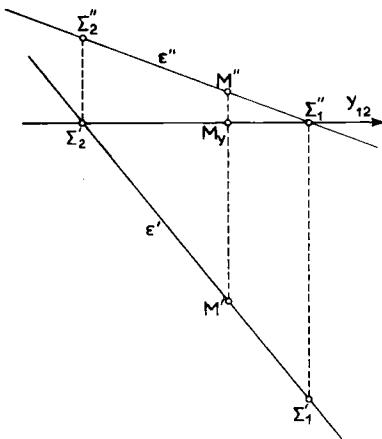
Σχ. 7.1ιγ.

Παράσταση σημείου A
με δύο ορθές προβολές.

πάνω στην ϵ' και τη δεύτερη προβολή του M'' πάνω στην ϵ'' , ενώ η ευθεία $M'M''$ είναι κάθετη προς τον άξονα y_{12} . Έτσι, αν γνωρίζομε τις προβολές ϵ' και ϵ'' της ευθείας και τη μια προβολή του σημείου της M , εύκολα βρίσκομε την άλλη.



Σχ. 7.1ιδ.
Δύο προβολές ευθείας ϵ .

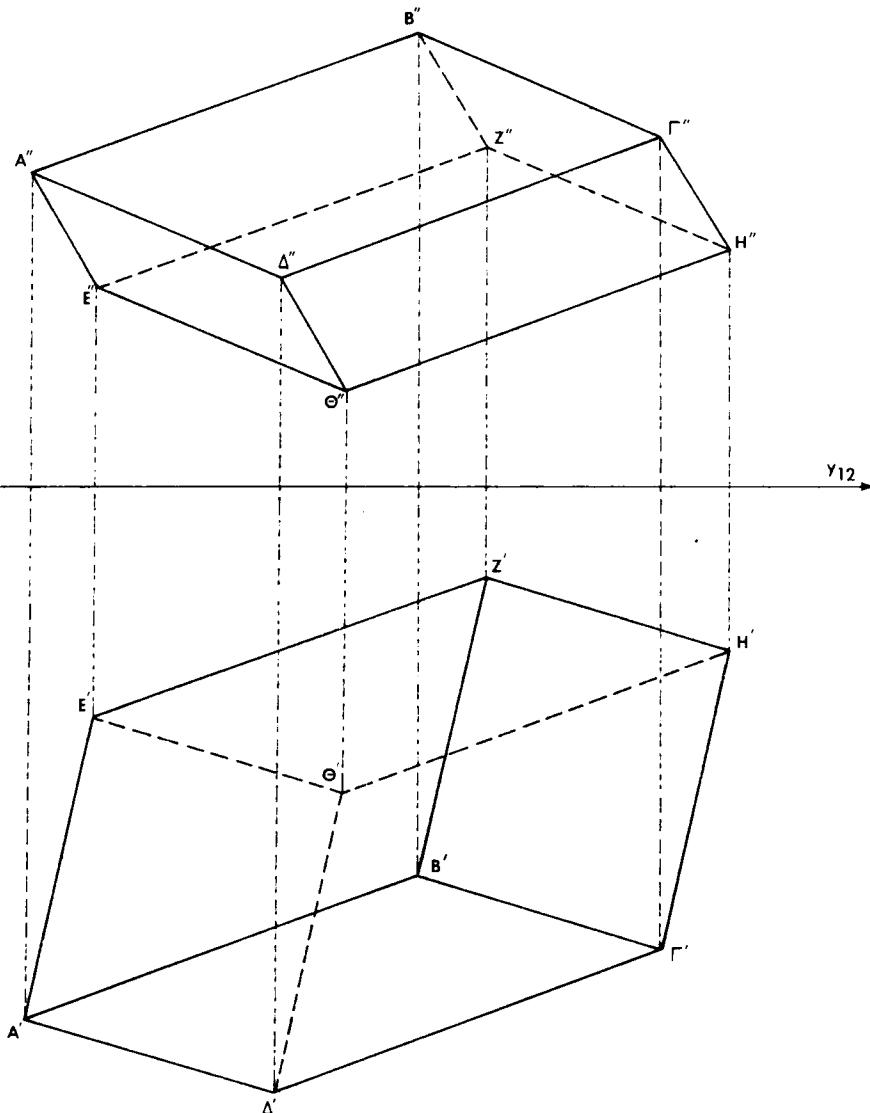


Σχ. 7.1ιε.
Παράσταση ευθείας ϵ με δύο ορθές προβολές.

Επειδή κάθε αντικείμενο ορίζεται από ορισμένα σημεία του και ορισμένες γραμμές του, είναι επόμενο ότι, αν βρούμε τις δύο ορθές 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 7.1ιστ βλέπομε τις δύο προβολές ενός παραλληλεπιπέδου και στο σχήμα 7.1ιζ μιας πυραμίδας.

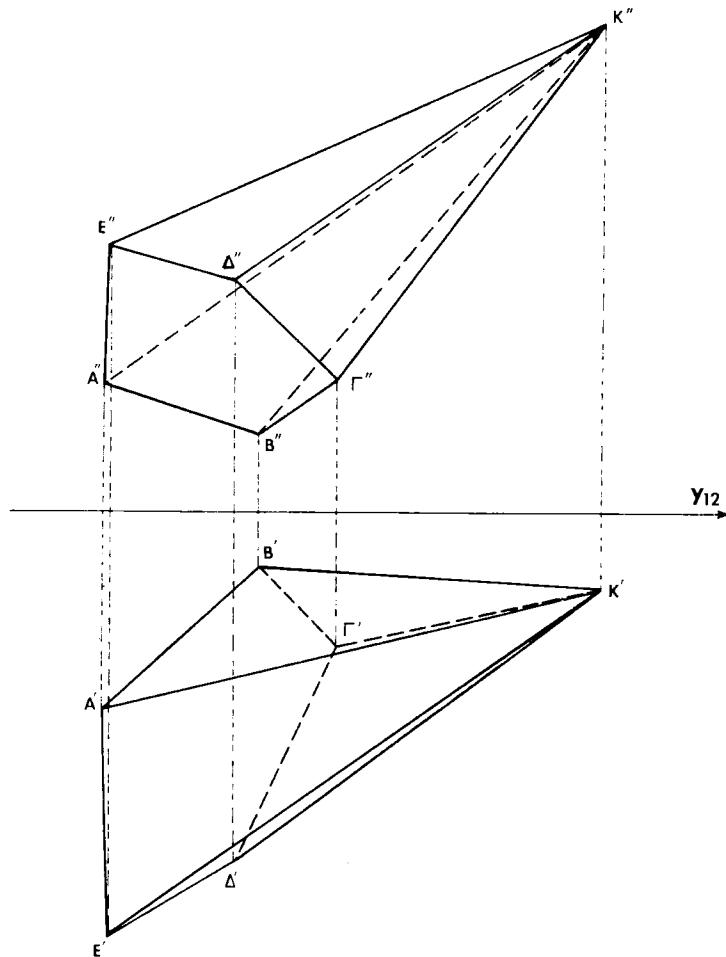
Στα τελευταία αυτά σχέδια παρατηρούμε ότι οι προβολές μερικών ακμών είναι σχεδιασμένες με συνεχή γραμμή και των υπολοίπων με διακεκομμένη. Αν θεωρήσουμε ότι την πρώτη προβολή του αντικειμένου τη βλέπει κανείς από πάνω και τη δεύτερη από μπρός, θα διαπιστώσουμε ότι μερικές ακμές δε φαίνονται, επειδή βρίσκονται πίσω από το πολύέδρο, επειδή δηλαδή τις καλύπτει το ίδιο το αντικείμενο, που σχεδιάζομε. Αυτές ακριβώς οι ακμές είναι σχεδιασμένες με διακεκομμένη γραμμή. Πολλές φορές μάλιστα στην πράξη δεν τις σχεδιάζομε καθόλου, π.χ. στην πρόσωφη ενός σπιτιού δε σχεδιάζομε με διακεκομμένη γραμμή τα παράθυρα του πίσω τοίχου.

Ας θεωρήσουμε τώρα (σχ. 7.1ιη) ένα επίπεδο ρ κάθετο στον άξονα y_{12} , κάθετο δηλαδή και στα δύο επίπεδα προβολής e_1 και e_2 . Ένα τέτοιο επίπεδο ονομάζεται **εγκάρσιο**. Κάθε ευθεία ϵ αυτού του επιπέδου, που επίσης ονομάζεται **εγκάρσια**, έχει δύο προβολές ϵ' και ϵ'' κάθετες προς τον άξονα y_{12} .

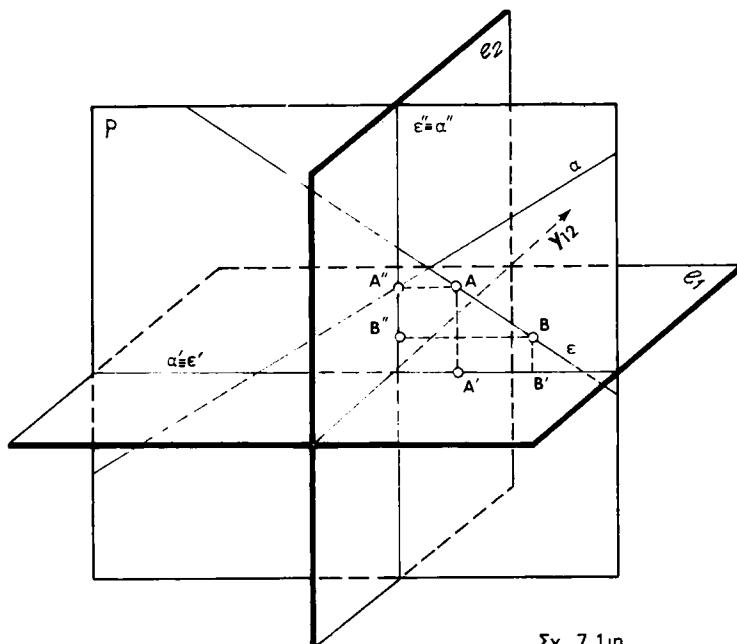


Σχ. 7.1ιστ.

Παράσταση παραλληλεπίπεδου με δύο ορθές προβολές.

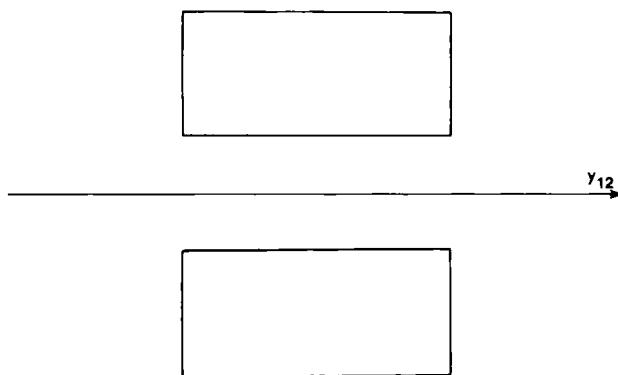


Σχ. 7.1ιζ.
Παράσταση πυραμίδας με δύο ορθές προβολές.



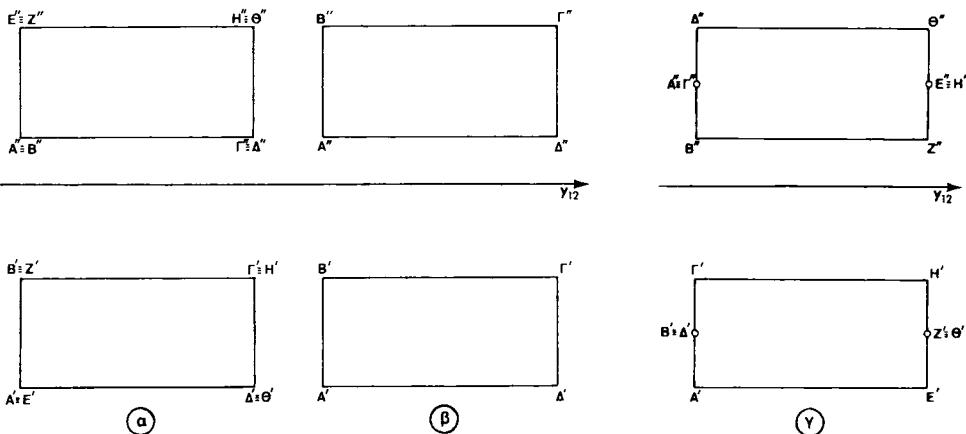
Σχ. 7.1η.
Εγκάρσιο επίπεδο και εγκάρσιες ευθείες.

Στα τεχνικά σχέδια τα αντικείμενα έχουν συνήθως απλέστερη μορφής και μας συμφέρει να τα προσανατολίζουμε με τον πιο απλό τρόπο προς τα επίπεδα προβολής. Έτσι συμβαίνει πολὺ 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 7.1ιθ, που είναι δυνατό να παριστάνει ένα παραλληλεπίπεδο, ένα παραλληλόγραμμο, έναν κύλινδρο και πολλά άλλα ακόμα γεωμετρικά σχήματα. Για να αποφύγομε 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.



Σχ. 7.1ιθ.

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



Σχ. 7.1κ.

Οι προβολές του σχήματος 7.1θ συμπληρωμένες με προβολές σημείων: (α) παραλληλεπίπεδο, (β) παραλληλόγραμμο, (γ) κύλινδρος.

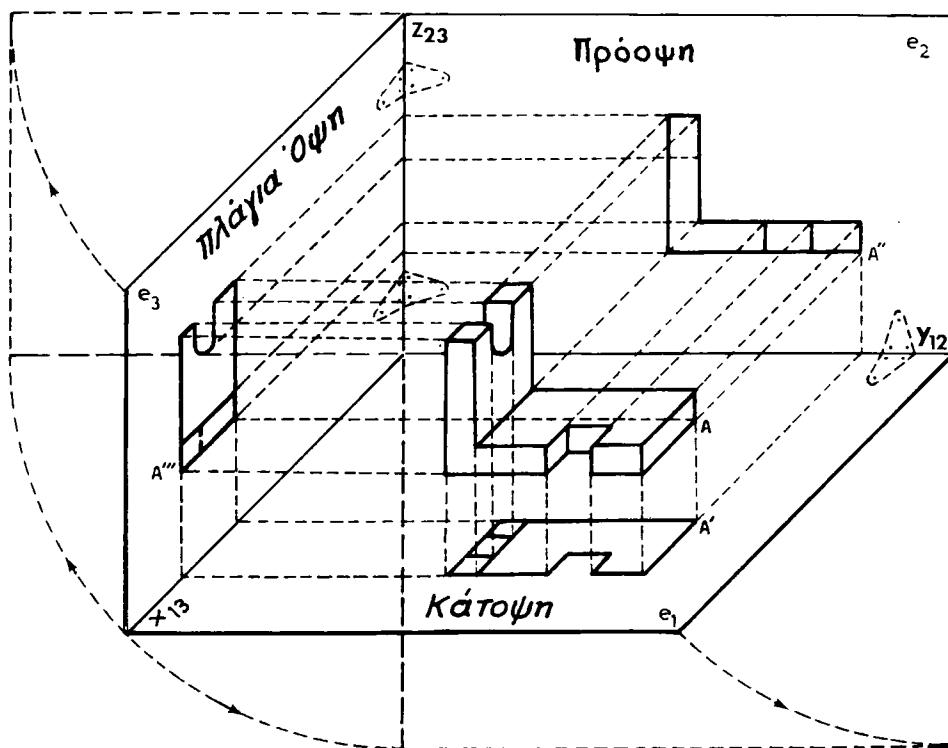
Στο σχήμα 7.1κ εικονίζονται οι δύο προβολές του σχήματος 7.1θ συμπληρωμένες με ορισμένα γράμματα έτσι, ώστε το πρώτο σχέδιο να παριστάνει παραλληλεπίπεδο, το δεύτερο παραλληλόγραμμο και το τρίτο κύλινδρο.

Στο σχήμα 7.1κα φαίνεται πώς προκύπτει η τρίτη προβολή. Εκτός από τα δύο κάθετα επίπεδα προβολής e_1 και e_2 , που τέμνονται στον άξονα y_{12} , θεωρούμε κι 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_3 στρίβουν κατά μία ορθή γωνία γύρω από τους άξονες y_{12} και z_{23} αντίστοιχα, ώστε να συμπέσουν με το επίπεδο e_2 .

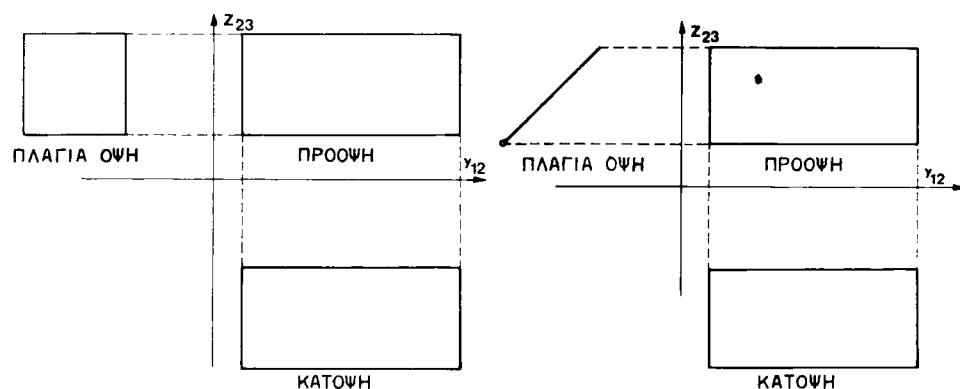
Κάθε σημείο Α έχει τώρα τρεις προβολές A' , A'' και A''' . Όταν οι τρεις προβολές σχεδιαστούν στο ίδιο χαρτί, η ευθεία $A'A''$ είναι κάθετη προς τον άξονα y_{12} και η ευθεία $A''A'''$ κάθετη προς τον άξονα z_{23} . Παρατηρούμε ακόμα ότι η απόσταση του A' από τον άξονα y_{12} είναι ίση προς την απόσταση του A'' από τον άξονα z_{23} , γιατί και οι δύο αυτές αποστάσεις είναι ίσες προς το υψόμετρο του σημείου Α στη δεύτερη προβολή του (σχ. 7.1κα).

Εφαρμόζοντας αυτή τη μέθοδο βλέπομε στο σχήμα 7.1κβ τις τρεις προβολές του παραλληλεπιπέδου, στο σχήμα 7.1κγ τις τρεις προβολές του παραλληλογράμμου και στο σχήμα 7.1κδ τις τρεις προβολές του κυλίνδρου, που παριστάνονται στο σχήμα 7.1κ με δύο μόνο προβολές και με τη βοήθεια γραμμάτων. Είναι προφανές ότι η τρίτη προβολή ξεκαθαρίζει πολύ καλύτερα τα πράγματα και το σχήμα του αντικειμένου ορίζεται πια χωρίς καμιά αμφιβολία.

Πολλές φορές μας ενδιαφέρει να δειξομε με σχέδιο κι άλλες όψεις του αντικειμένου εκτός από τις τρεις που αναφέραμε. Πολὺ συχνά χρειάζεται η κάτωψη, η άνωψη, η πρόσωψη, η πίσω όψη και δύο πλάγιες όψεις, δηλαδή οι προβολές του



Σχ. 7.1κα.
Σύστημα ορθής προβολής σε τρία επίπεδα.

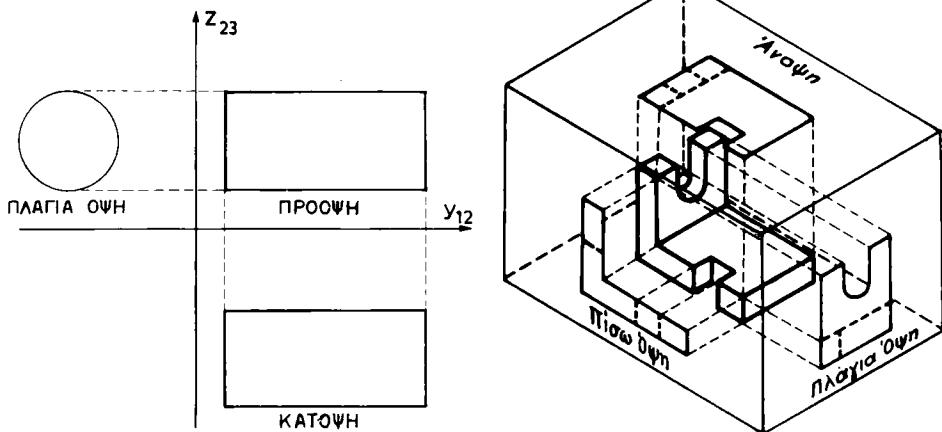


Σχ. 7.1κβ.
Παράσταση του παραλληλεπιπέδου του σχήματος 7.1κ(α) με τρεις προβολές.

Σχ. 7.1κγ.
Παράσταση του παραλληλογράμμου του σχήματος 7.1κ(β) με τρεις προβολές.

αντικειμένου πάνω σε έξι επίπεδα, που σχηματίζουν ένα ορθογώνιο παραλληλεπίπεδο (σχ. 7.1κε). Είναι τότε σκόπιμο οι έξι αυτές προβολές να σχεδιάζονται όλες μαζί στο ίδιο χαρτί και μάλιστα με τη διάταξη, που εικονίζεται στο σχήμα 7.1κστ.

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



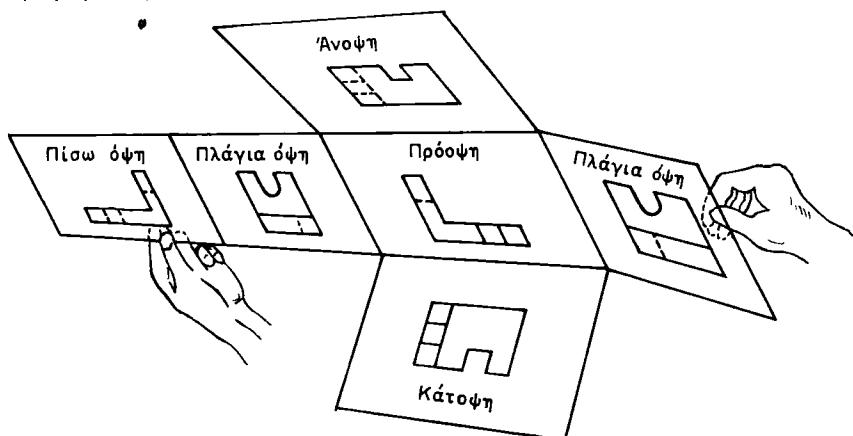
Σχ. 7.1κδ.

Παράσταση του κυλίνδρου του σχήματος 7.6ε(γ) με τρεις προβολές.

Σχ. 7.1κε.

Σύστημα ορθών προβολών σε έξι επίπεδα.

Στο παράδειγμα του σχήματος 7.1κστ το αντικείμενο περιβάλλεται σχεδόν αποκλειστικά από έδρες και ακμές κάθετες προς κάποιο επίπεδο προβολής και παράλληλες προς κάποιο άλλο. Επομένων 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. 7.1κστ.

Διάταξη έξι ορθών προβολών αντικειμένου.

7.1.3 Αξονομετρική προβολή.

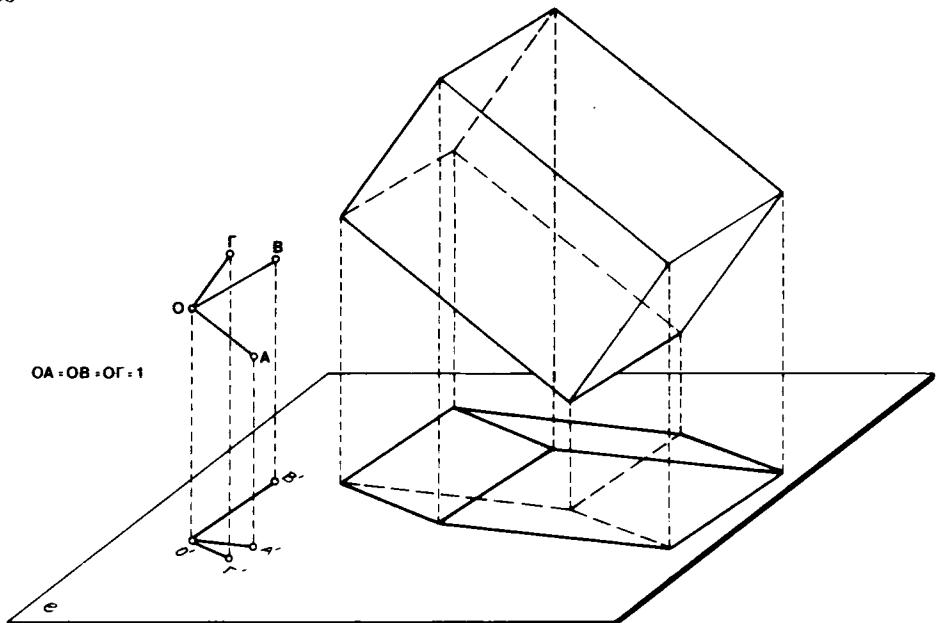
Τα περισσότερα τεχνικά έργα, που χρειάζεται να σχεδιάσουμε, έχουν το σχήμα ορθογωνίου παραλληλεπιπέδου ή μάλλον είναι ένας συνδυασμός πολλών ορθογωνίων παραλληλεπιπέδων με τον ίδιο προσανατολισμό. Ένα κτίριο π.χ. εκτός απ' τον κύριο όγκο του, έχει κουφώματα, σκαλοπάτια, μπαλκόνια, μαρκίζες, γείσα, κολώνες,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

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 υπ' όψη μας την κλίμακα σχεδιάσεως. 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 γράφουμε 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 7.1.2, αυτό γίνεται πιο εύκολα, όταν συνδυαστούν δύο ή περισσότερες προβολές στο ίδιο σχέδιο.

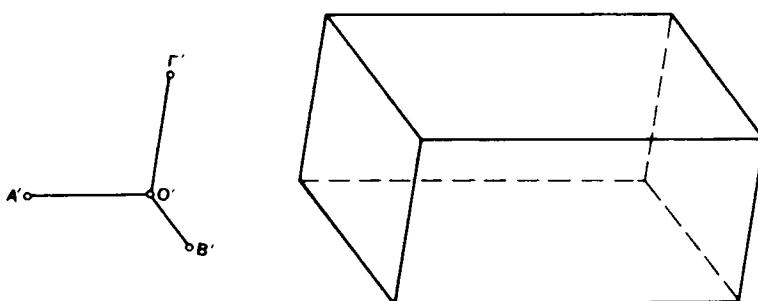
Για να αποφύγουμε τη δυσκολία αυτή, μπορούμε να σχεδιάσουμε και μια όψη του αντικειμένου με διαφορετικό τρόπο από τις προηγούμενες. Θεωρούμε ένα επίπεδο προβολής, που να μην είναι παράλληλο με καμιά από τις έδρες του αντικειμένου (σχ. 7.1κζ). Στην περίπτωση αυτή καμιά έδρα δεν παρουσιάζει πια το πραγματικό 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 7.1.1, για κάθε διεύθυνση ευθειών υπάρχει διαφορετική κλίμακα. Έτσι μπορούμε και πάλι να μετρήσουμε τις διαστάσεις του αντικειμένου, μπορούμε δηλαδή να χρησιμοποιήσουμε και την αξονομετρική προβολή ως κατασκευαστικό σχέδιο. Για διευκόλυνση μάλιστα είναι σκόπιμο στην άκρη του σχεδίου να σχεδιάζομε 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. 7.1κη). 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 απ' τις ακμές των παραλληλεπιπέδων, δεν μπορεί να μετρηθεί στο σχέδιο. Επίσης δεν μπορεί να μετρηθεί στο σχέδιο αυτό το πραγματικό μέγεθος των γωνιών.



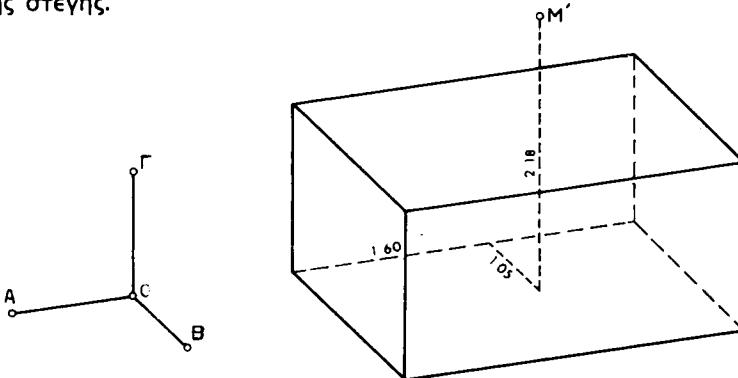
Σχ. 7.1κζ.
Αξονομετρική προβολή παραλληλεπιπέδου.

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 στην πράξη άλλη μέθοδο. Καθορίζουμε πάνω στο σχέδιο αυθαίρετα τις τρεις διευθύνσεις, πού 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 αντικειμένου, που αποτελείται από ορθογώνια παραλληλεπίπεδα με τον ίδιο προσανατολισμό, αρκεί να γνωρίζουμε το μήκος των ακμών τους.

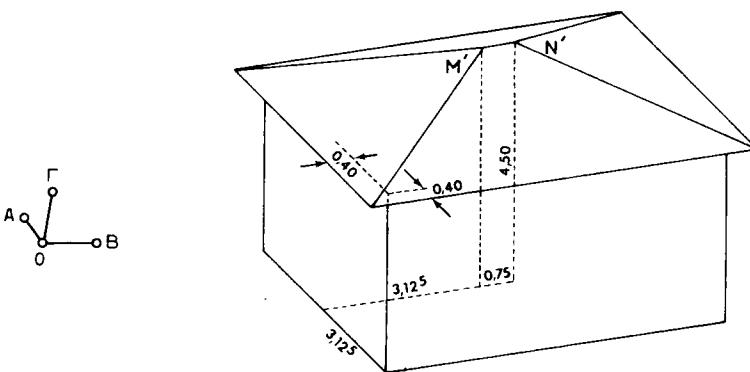


Σχ. 7.1κη.
Αξονομετρική προβολή των τριών μονάδων και ορθογώνιου παραλληλεπιπέδου με διαστάσεις $2,80 \times 2,50 \times 1,35$ μ.

Είναι πιθανόν το αντικείμενο, που θέλομε να σχεδιάσουμε, να έχει και γραμμές, που να μην είναι παράλληλες προς τις ακμές των παραλληλεπιπέδων, όπως π.χ. το κτίριο του σχήματος 7.1λ, που έχει μια τετράρριχτη στέγη. Οι γραμμές αυτές μπορούν να σχεδιαστούν, όταν ορίσουμε μερικά σημεία τους. Στο σχήμα 7.1κθ φαίνεται πώς ορίζεται η αξονομετρική προβολή ενός οποιουδήποτε σημείου M , όταν γνωρίζουμε πόσο απέχει από τρεις έδρες του βασικού παραλληλεπιπέδου. Ήταν ακριβώς ορίστηκαν τα σημεία M' και N' στο σχήμα 7.1λ, που καθορίζουν την προβολή της στέγης.



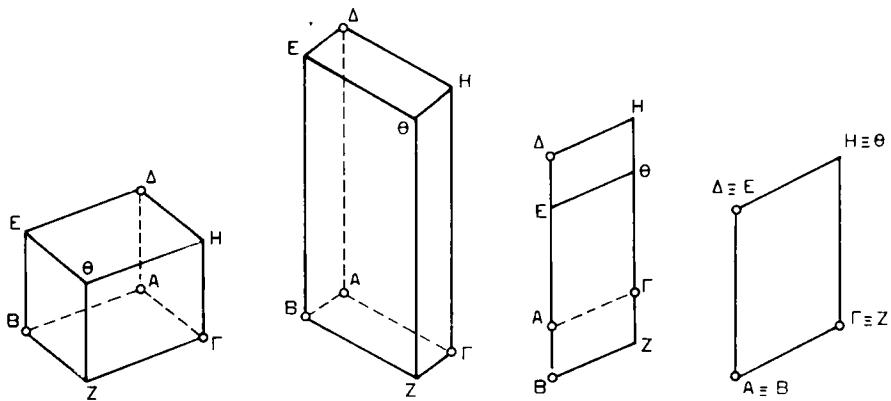
Σχ. 7.1κθ.
Αξονομετρική προβολή σημείου με γνωστή θέση.



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

Σύμφωνα με τα παραπάνω η εκλογή των στοιχείων της αξονομετρικής προβολής μπορεί να γίνει αυθαίρετα. Για να έχομε όμως ένα καλό σχέδιο, είναι σκόπιμο, πριν προχωρήσουμε, να σχεδιάσουμε πρώτα την αξονομετρική προβολή ενός κύβου (σχ. 7.1λα). Αν η προβολή αυτή δίνει πράγματι την εντύπωση ότι παριστάνει ένα 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 δίδουν τα καλλίτερα αποτελέσματα. Στον Πίνακα 4 φαίνονται μερικοί τέτοιοι συνδυασμοί.



Σχ. 7.1λα.

Αξονομετρική προβολή μοναδιάσιου κύβου σε διάφορα συστήματα.

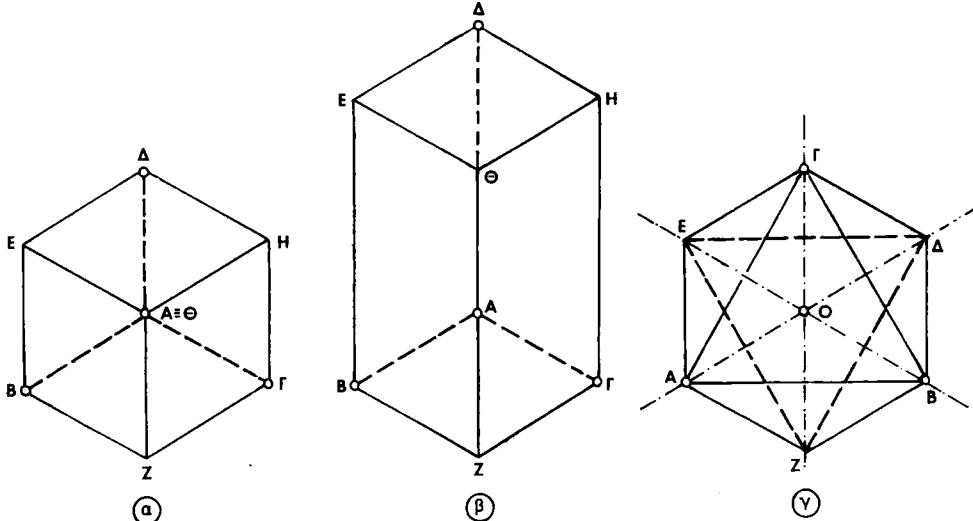
ΠΙΝΑΚΑΣ 4

Συνηθισμένα συστήματα αξονομετρικών προβολών.

Α/Α	Γωνίες		Αναλογίες			ΕΙΔΟΣ ΠΡΟΒΟΛΗΣ
	Φ ₁	Φ 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°	20°	7	6	8	Τριμετρική
11	18°30'	5°10'	5	9	10	Τριμετρική

Σημείωση: Οι προβολές 2 ως 6 είναι προβολές Cavalier.

Όταν τα μήκη των προβολών των τριών μονάδων είναι διαφορετικά, η αξονομετρική προβολή λέγεται **τριμετρική**, όταν δύο απ' 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. 7.1λβ), 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 πα-



Σχ. 7.1λβ.

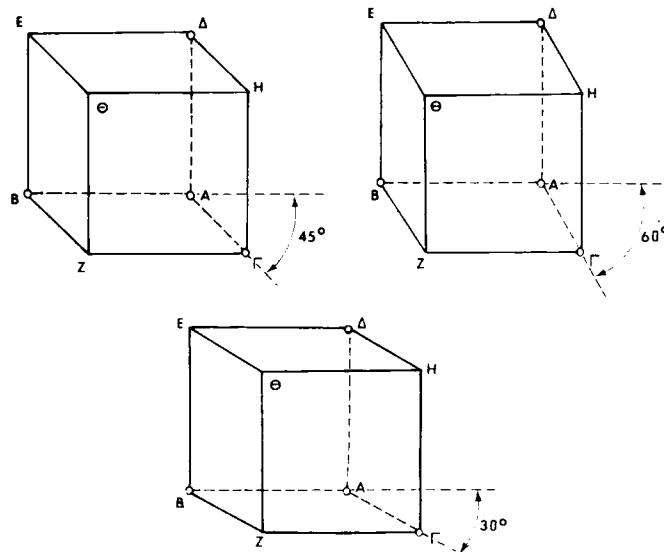
'σομετρική αξονομετρική προβολή: (α) κύβος, (β) πρίσμα με τετράγωνη βάση και ύψος διπλάσιο απ' την ακμή της βάσεως, (γ) κανονικό οκτάεδρο.

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

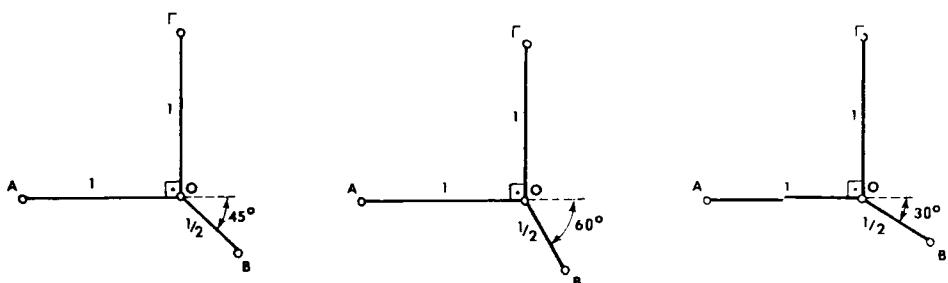
Μια σινηθισμένη ομάδα διμετρικών αξονομετρικών προβολών είναι οι γνωστές ως προβολές Cavalier. Οι προβολές αυτές δεν είναι ποτέ ορθές (σχ. 7.1λγ), αλλά το επίπεδο προβολής είναι παράλληλο προς κάποια έδρα του παραλληλεπιπέδου. Το αποτέλεσμα είναι ότι οι προβολές των δύο από τις τρεις ομάδες ακμών του παραλληλεπιπέδων 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 όψειν, 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 έ-

χουν οποιαδήποτε διεύθυνση και οποιαδήποτε κλίμακα. Συνήθως διαλέγομε 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° , 45° ή 60° , για να εκμεταλλευτούμε τις γωνίες των τριγώνων στη σχεδίαση (σχ. 7.1λδ).

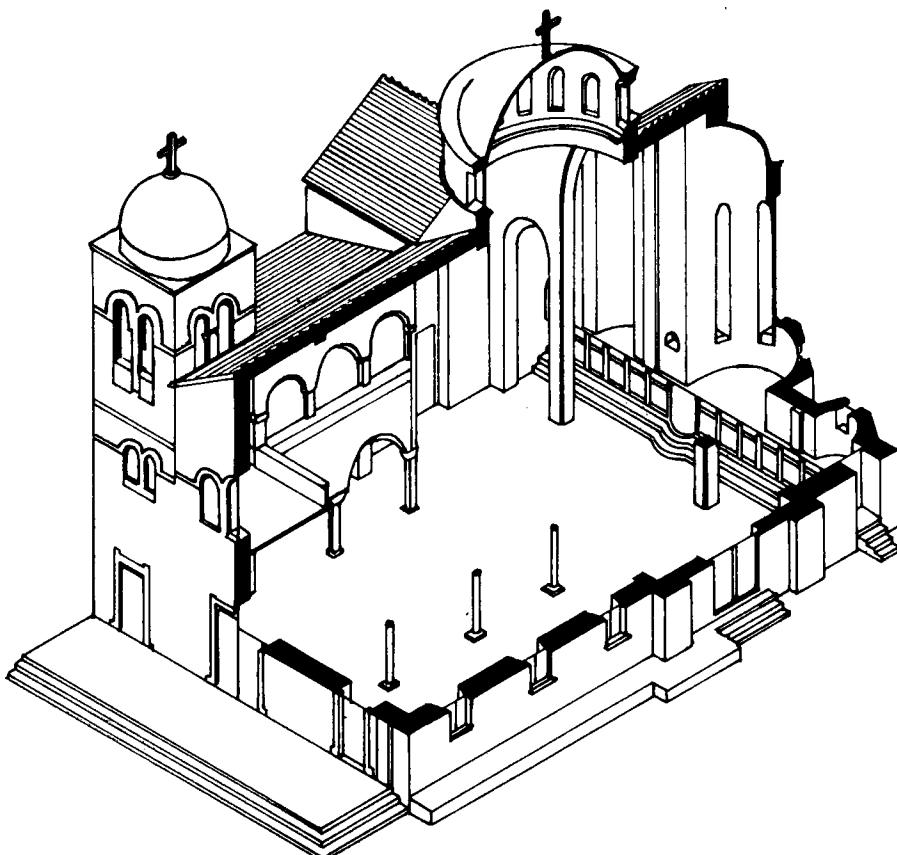
Η αξονομετρική προβολή δεν είναι χρήσιμη μόνο για σχήματα, που αποτελούνται από ορθογώνια παραλληλεπίπεδα με τον ίδιο προσανατολισμό. Είναι το ίδιο χρήσιμη και για την παράσταση οποιουδήποτε σχήματος, που παρουσιάζει κάποια στοιχεία συμμετρίας ως προς τρεις κάθετους άξονες, πράγμα που συμβαίνει κατά κανόνα σε όλα τα τεχνικά έργα. Έτσι στα σχήματα 7.1λε και 7.1λστ εικονίζονται τα αξονομετρικά σχέδια μιας εκκλησίας και ενός κινητήρα. Βέβαια, όταν το αντικείμενο περιέχει καμπύλες γραμμές και επιφάνειες, η σχεδίαση παρουσιάζει ορισμένες δυσκολίες.



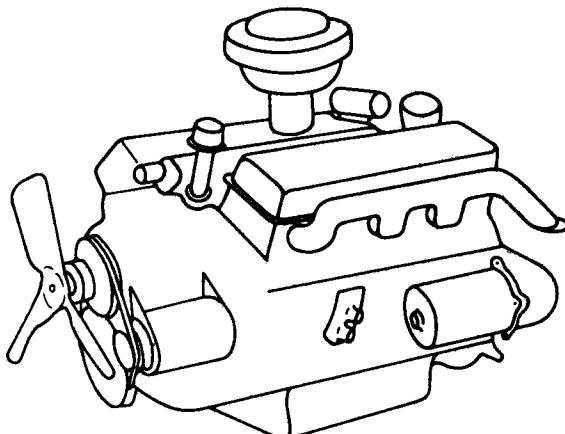
Σχ. 7.1λγ.
Αξονομετρική προβολή κύβου σε σύστημα Cavalier.



Συστήματα αξονομετρικών προβολών Cavalier αντίστοιχα με τους κύβους ου σχήματος 7.1λγ και τις περιπτώσεις 4, 5 και 3 του Πίνακα 4.



Σχ. 7.1λε.
Αξονομετρική προβολή εκκλησίας.



Σχ. 7.1λστ.
Αξονομετρική προβολή κινητήρα.

7.1.4 Προοπτικό σχέδιο.

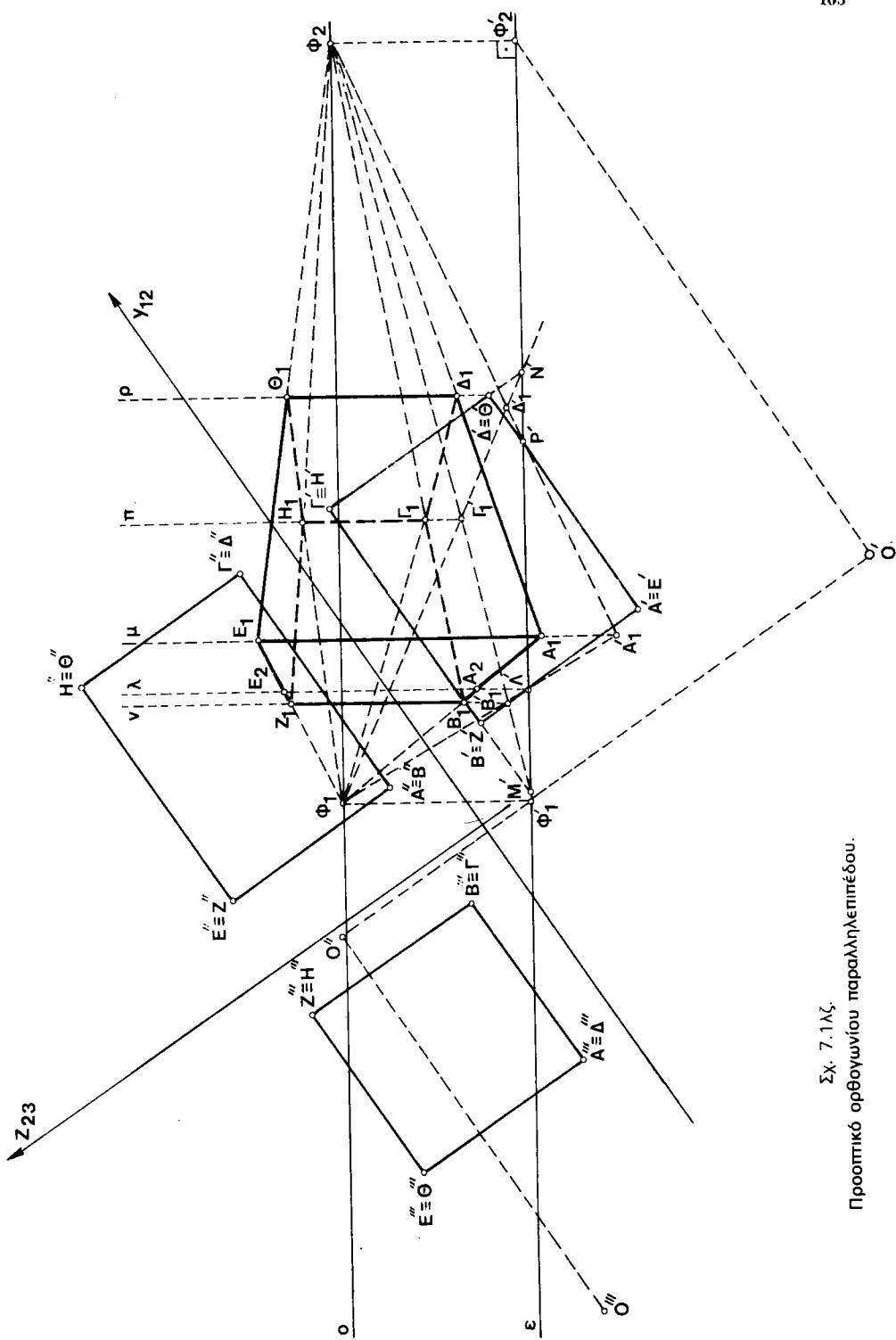
Η αξονομετρική προβολή δίνει ικανοποιητική εικόνα των αντικειμένων, ώστε να μπορεί εύκολα να καταλάβει κανείς το σχήμα τους, έστω κι αν δεν έχει διδαχτεί τεχνικό σχέδιο. Παρ' όλα αυτά ορισμένα τεχνικά έργα τα σχεδιάζομε συνήθως και σε **προοπτικό σχέδιο**, που, όπως είπαμε και στην παράγραφο 7.1.1, είναι κάπι 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 7.1λζ εικονίζεται ο τρόπος, με τον οποίο σχεδιάζεται το προοπτικό ενός απλού σχήματος και συγκεκριμένα ενός ορθογωνίου παραλληλεπιπέδου, όταν έχομε την κάτοψή του, την πρόσωψή του και την πλάγια όψη του. Στο παράδειγμα αυτό το προοπτικό είναι σχεδιασμένο στο ίδιο σχέδιο μαζί με τις τρεις όψεις. Στην πράξη σβήνομε τις όψεις, όταν τελειώσουμε τη σύνταξη του προοπτικού σχεδίου, ή, προτιμότερο, σχεδιάζομε το προοπτικό σε διαφανές χαρτί, αφού κολλήσουμε κάτω απ' αυτό προσωρινά το σχέδιο με τις όψεις.

Το προοπτικό σχέδιο είναι η εικόνα του αντικειμένου, όπως ακριβώς τη βλέπομε από κάποιο όχι πολύ μακρινό σημείο Ο. Το σημείο αυτό Ο λέγεται **οπτικό κέντρο**. Αφού διαλέξουμε τη θέση του οπτικού κέντρου, σημειώνομε τις τρεις προβολές του Ο', Ο'' και Ο''' 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 ό,τι ακριβώς βλέπομε πίσω απ' αυτὸν (σχ. 7.1α). Διαλέγομε επομένως και τη θέση του πίνακα και τη σημειώνομε στο σχέδιο με τις τομές. Ο πίνακας μπορεί να έχει οποιαδήποτε θέση και να σχηματίζει οποιεσδήποτε γωνίες με τα επίπεδα προβολής, συνήθως όμως είναι κατακόρυφος, δηλαδή κάθετος στο επίπεδο ε₁. Στο βιβλίο αυτὸν θα περιοριστούμε μόνο σε προοπτικά με κατακόρυφο πίνακα. Επομένως ο πίνακας φαίνεται στην κάτοψη σαν μια ευθεία, που τη συμβολίζουμε με το γράμμα ε.

Θεωρούμε ένα οριζόντιο επίπεδο, που περνάει από το οπτικό κέντρο Ο και τέμνει τον πίνακα σε μια οριζόντια ευθεία Ο. Υποθέτομε ότι πάνω στον πίνακα έχει με κάποιο τρόπο αποτυπωθεί το προοπτικό σχέδιο και τον στρέφομε γύρω από την ευθεία ε κατά μια ορθή γωνία, ώστε να πέσει κι αυτός πάνω στο επίπεδο του σχεδίου, δηλαδή στο ε₁ (σχ. 7.1λη). Θα παρουσιαστεί τότε, εκτός από την ευθεία ε, που ονομάζουμε **γραμμή εδάφους**, και η ευθεία Ο, που την ονομάζουμε **γραμμή ορίζοντα**. Οι δύο αυτές ευθείες είναι παράλληλες και απέχουν μεταξύ τους, όσο απέχει το Ο'', δηλαδή η δεύτερη προβολή του οπτικού κέντρου, από τον άξονα γ₁₂. Σ' αυτές τις ευθείες βασιζόμαστε, για να σχεδιάσουμε το προοπτικό σχέδιο με τον τρόπο που περιγράφεται στη συνέχεια.

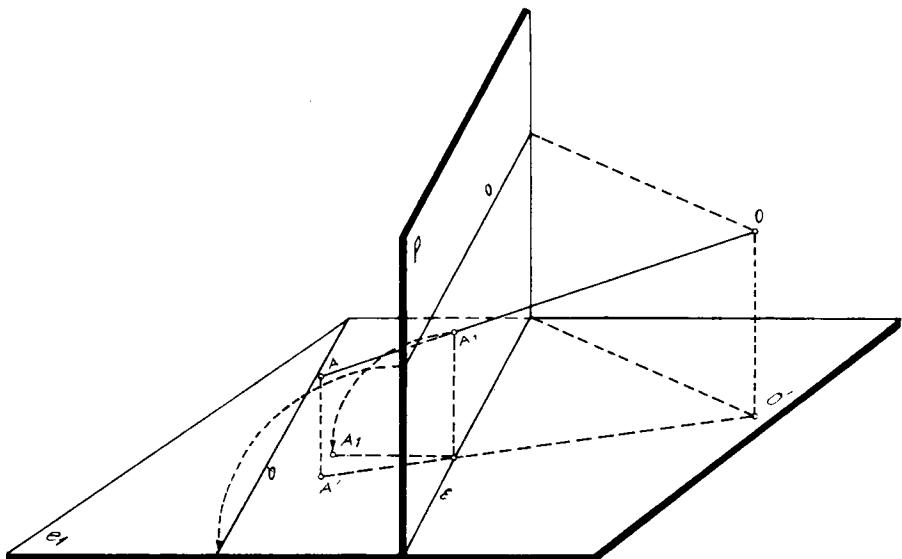
Από το Ο' φέρνουμε δύο ευθείες α₁ και α₂ παράλληλες αντίστοιχα προς τις δύο πλευρές Α'Β' και Α'Δ' του ορθογωνίου παραλληλογράμμου Α'Β'Γ'Δ', που αποτελεί την κάτοψη του παραλληλεπιπέδου. Οι δύο αυτές ευθείες τέμνουν αντίστοιχα την ευθεία ε στα σημεία Φ'₁ και Φ'₂, από τα οποία φέρνουμε ευθείες κάθετες προς τη γραμμή εδάφους ε. Οι δύο αυτές κάθετες τέμνουν αντίστοιχα τη γραμμή του



Σχ. 7.1λς.
Προσπικό ορθογωνίου παραλληλεπιπέδου.

ορίζοντα ο σε δύο σημεία Φ_1 , και Φ_2 που τα ονομάζομε **σημεία φυγής**. Αν η μία από τις ευθείες α, ή a_2 είναι παράλληλη προς την ευθεία ε, τότε έχομε μόνο ένα σημείο φυγής και το προοπτικό λέγεται **μετωπικό**. Για το μετωπικό προοπτικό θα πούμε λίγα λόγια αργότερα.

Το ορθογώνιο παραλληλεπίπεδο του σχήματος 7.1λζ έχει τέσσερις ακμές παράλληλες προς την ευθεία a_1 , τέσσερις παράλληλες προς την a_2 και τέσσερις κάθετες προς το επίπεδο e_1 , δηλαδή κατακόρυφες και παράλληλες προς τον πίνακα του προοπτικού σχεδίου. Τα προοπτικά των τεσσάρων πρώτων περνούν και τα τέσσερα απ' το σημείο φυγής Φ_1 , των τεσσάρων δευτέρων απ' το σημείο φυγής Φ_2 , ενώ τα προοπτικά των τεσσάρων τελευταίων είναι κάθετα στην ευθεία ε και επομένως παράλληλα μεταξύ τους. Αν το αντικείμενο, που πρόκειται να σχεδιάσουμε, έχει κι άλλες ευθείες παράλληλες προς τις ακμές του βασικού παραλληλεπιπέδου, τότε τα προοπτικά των ευθειών αυτών θα περνούν κι αυτά από το αντίστοιχο σημείο φυγής ή θα είναι κάθετα προς τη γραμμή του εδάφους ε. Με τον ίδιο τρόπο και από τη στιγμή, που θα καταλάβομε καλά, πώς κατασκευάζεται το προοπτικό του ορθογωνίου παραλληλεπιπέδου, μπορούμε να σχεδιάσουμε το προοπτικό και κάθε άλλου σχήματος, που είναι συνδυασμός ορθογωνίων παραλληλεπιπέδων με τον ίδιο προσανατολισμό.



Σχ. 7.1λη.

Επίπεδο προβολής ε, της κατόψεως του αντικειμένου και πίνακας ρ του προοπτικού σχεδίου με τις γραμμές εδάφους ε και ορίζοντα Ο

Το ορθογώνιο παραλληλεπίπεδο έχει τέσσερις ακμές κάθετες στο επίπεδο ε,, τις AE , BZ , GH και $\Delta\Theta$. Οι πρώτες προβολές των άκρων τους συμπίπτουν, δηλαδή είναι $A' \equiv E'$, $B' \equiv Z'$, $G' \equiv H'$ και $\Delta' \equiv \Theta'$. Φέρνομε την ευθεία $O'A'$, που τέμνει τη γραμμή του εδάφους ε σ' ένα σημείο της M' . Από το σημείο M' φέρνομε μια ευθεία

μ κάθετη στην ευθεία ε. Ένα τμήμα της ευθείας μ θα είναι το προοπτικό A_1E_1 της ακμής AE του παραλληλεπιπέδου.

Θεωρούμε την τομή της ευθείας $A'B'$ με τη γραμμή του εδάφους ε προεκτείνοντάς την, αν χρειάζεται, και ονομάζομε Λ' το σημείο της τομής. Από το Λ' φέρνομε μια ευθεία λ κάθετη στην ευθεία ε.

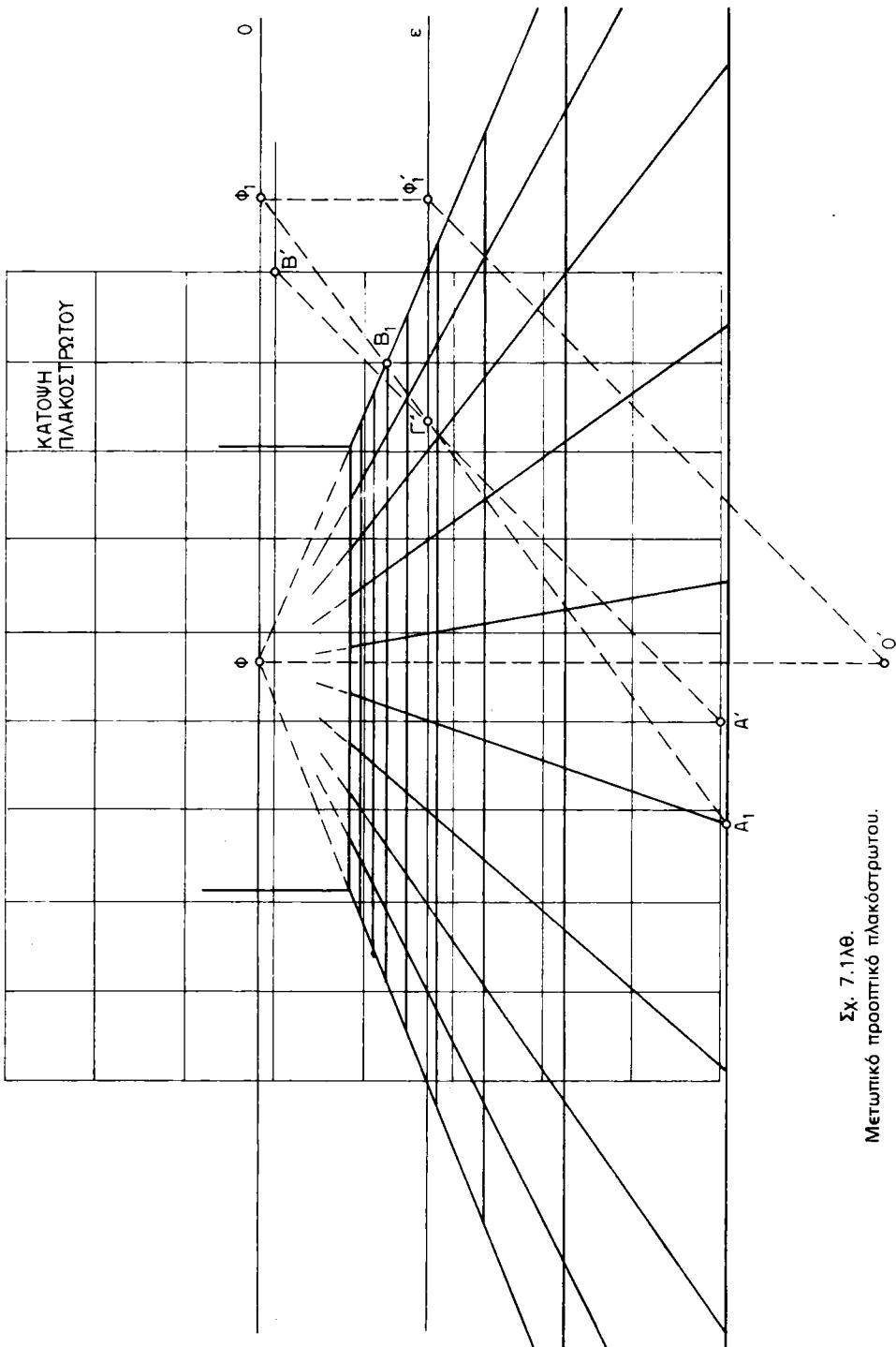
Ορίζομε δύο σημεία A_2 και E_2 της ευθείας λ με τρόπο, ώστε να απέχουν αντίστοιχα από την ευθεία ε, όσο απέχουν τα σημεία A'' και E'' από τον άξονα y_{12} . Οι ευθείες $A_2\Phi_1$ και $E_2\Phi_1$, τέμνουν αντίστοιχα την ευθεία μ στα σημεία A_1 και E_1 . Το ευθύγραμμο τμήμα A_1E_1 είναι το προοπτικό της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

Στη συνέχεια φέρνομε τις ευθείες $O'B'$, $O'\Gamma'$ και $O'\Delta'$, που τέμνουν αντίστοιχα τη γραμμή του εδάφους ε στα σημεία N' , P' και R' . Από τα σημεία αυτά φέρνομε τρεις αντίστοιχες ευθείες ν, π και ρ κάθετες στην ευθεία ε. Η ευθεία ν 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 π τέμνει αντίστοιχα τις ευθείες $A_1\Phi_2$ και $E_1\Phi_2$ στα σημεία Δ_1 και Θ_1 , και το ευθύγραμμο τμήμα $\Delta_1\Theta_1$ είναι το προοπτικό της ακμής $\Delta\Theta$. Τέλος η ευθεία ρ τέμνει τις ευθείες $\Delta_1\Phi_1$ και $\Theta_1\Phi_1$ αντίστοιχα στα σημεία Γ_1 και H_1 και το ευθύγραμμο τμήμα Γ_1H_1 είναι το προοπτικό της ακμής ΓH . Σημειώνομε ότι από τα σημεία Γ_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 σώστα.

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 7.8α τα ευθύγραμμα τμήματα Γ_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 δε σχεδιάζομε 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 λ 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.

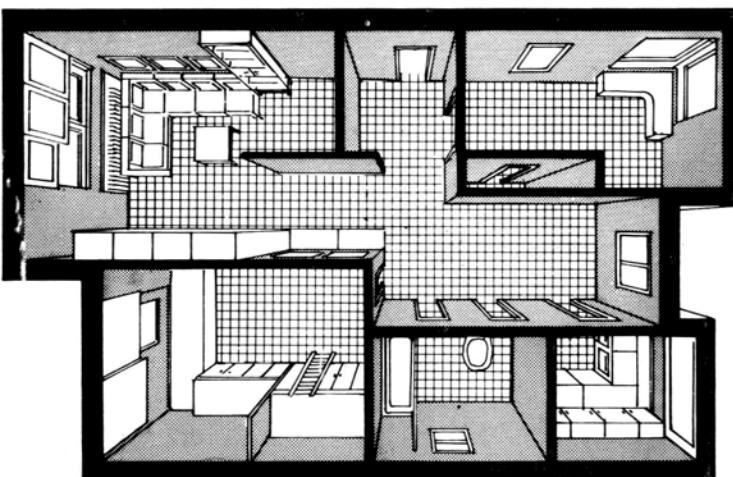
Αν η απόσταση του οπτικού κέντρου από τον πίνακα του σχεδίου είναι πολὺ μεγάλη, τα αντικείμενα, που παριστάνει το προοπτικό, θα δίνουν την εντύπωση ότι συνωστίζονται το ένα πίσω από το άλλο. Η εντύπωση είναι η ίδια, όπως και σε μια φωτογραφία ή κινηματογραφική ταινία, που την έχουμε πάρει με τηλεσκοπικό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



Σχ. 7.1λθ
Μετωπικό προσπτικό πλακόστρωτου.

Στο σχήμα 7.1λθ εικονίζεται το μετωπικό προοπτικό ενός πλακόστρωτου. Όπως είπαμε και προηγουμένως, στο μετωπικό προοπτικό υπάρχει μόνο ένα σημείο φυγής Φ για τα προοπτικά των ευθειών, που είναι κάθετες στον πίνακα του σχεδίου. Οι ευθείες, που είναι παράλληλες προς τη γραμμή του εδάφους ε, έχουν και τα προοπτικά τους παράλληλα προς την ίδια ευθεία ε. Στην περίπτωση αυτή διευκολύνεται η κατασκευή, αν θεωρήσουμε και μία διαγώνιο Α'Β' των τετραγώνων πλακών του πλακόστρωτου. Ονομάζουμε Φ', το σημείο τομής της ευθείας, που περνά από το Ο' και είναι παράλληλη προς την Α'Β', με τη γραμμή του εδάφους ε. Φέρνομε από το Φ' μια ευθεία κάθετη προς την ε και ονομάζομε Φ, το σημείο τομής της με τη γραμμή του ορίζοντα ο.

Η κατασκευή του προοπτικού γίνεται ως εξής: Ενώνομε το σημείο Φ με τα σημεία, όπου τέμνεται η γραμμή του εδάφους ε με τις ευθείες του πλακόστρωτου, που είναι κάθετες προς την ευθεία ε. 'Ετσι έχουμε τα προοπτικά των ευθειών αυτών. Ενώνομε τώρα το Φ₁ με το σημείο Γ', στο οποίο η διαγώνιος Α'Β' τέμνει τη γραμμή του εδάφους ε. Η ευθεία Γ'Φ₁ 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 ε. 'Οπως είπαμε ήδη, τα προοπτικά αυτά είναι πάλι παράλληλα προς την ευθεία ε και επομένως, αφού γνωρίζουμε ένα σημείο του καθενός απ' 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 ε.



Σχ. 7.1μ.

Μετωπικό προοπτικό οικοδομικού έργου με πίνακα οριζόντιο.

'Ενα 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. 7.1μ) χρησιμοποιούνται, για να κάνουν πιο κατανοητές τις κατώφεις οικοδομικών έργων.

Το προοπτικό σχέδιο δεν χρησιμοποιείται μόνο για σχήματα, που σχεδόν στο σύνολό τους είναι συνδυασμός ορθογωνίων παραλληλεπιπέδων με τον ίδιο προσα-

νατολισμό. Μπορούμε να σχεδιάσουμε το προοπτικό οποιουδήποτε σχήματος, θεωρώντας ότι τα σημεία του ανήκουν σε κατακόρυφες ευθείες και χρησιμοποιώντας, αν χρειαστεί, περισσότερα σημεία φυγής. Βέβαια, όταν το αντικείμενο περιέχει καμπύλες γραμμές και επιφάνειες, η σχεδίαση παρουσιάζει ορισμένες δυσκολίες.

7.1.5 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 μας αρκει 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.

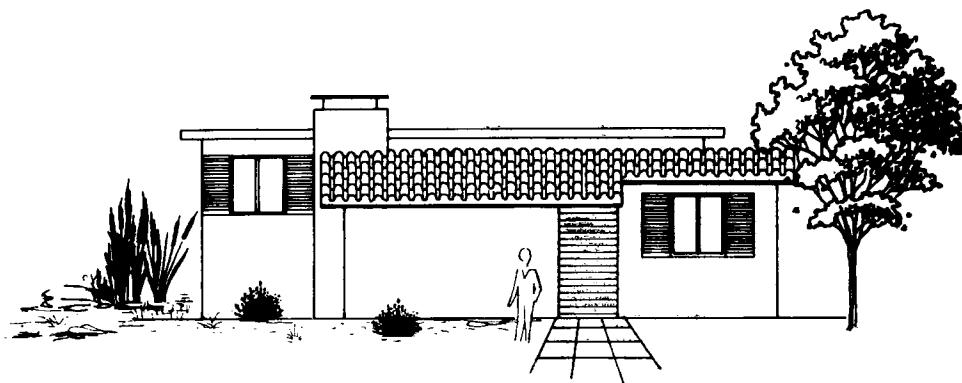
Το ελεύθερο σχέδιο είναι τις περισσότερες φορές ένα κατά προσέγγιση προοπτικό σχέδιο, δεν αποκλείεται όμως να είναι και αξονομετρική προβολή ή όψη ενός αντικειμένου.

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 σ'ένα σχέδιο παρουσιάσεως φυσικότητα και ζωντάνια. Στην τελευταία αυτή περίπτωση μπορεί να γίνει ολόκληρο το σχέδιο ελεύθερο ή να προστεθούν σ'ένα γραμμικό σχέδιο ορισμένα στοιχεία σχεδιασμένα ελεύθερα, π.χ. άνθρωποι, δέντρα, φυτά, βουνά, θάλασσα, αυτοκίνητα, βάρκες κλπ (σχ. 7.1μα).

Σημειώνομε πως σήμερα κυκλοφορούν στο εμπόριο αυτοκόλλητα τέτοια στοιχεία, που προσαρμόζονται στα σχέδια, όπως και τα αυτοκόλλητα γράμματα.



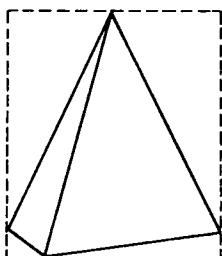
Σχ. 7.1μα.

Γραμμικό σχέδιο με στοιχεία σχεδιασμένα ελεύθερα.

'Όταν σχεδιάζομε ελεύθερα το προοπτικό ενός αντικειμένου, που έχει ήδη

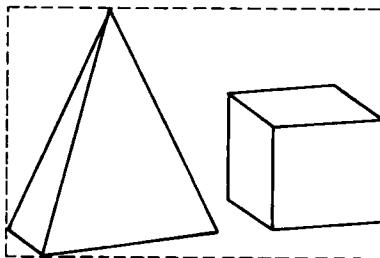
κατασκευαστεί και πού το βλέπομε, είναι σκόπιμο να είμαστε καθιστοί και να σταθεροποιούμε, όσο γίνεται, και την πινακίδα μας με το χαρτί του σχεδίου, ώστε κατά κάποιο τρόπο να έχουμε διαλέξει το οπτικό κέντρο. Ο πίνακας του σχεδίου υποτίθεται ότι βρίσκεται ανάμεσα στα μάτια μας και στο αντικείμενο και ακριβώς εκεί, που φτάνει τεντωμένο το χέρι μας. Στη θέση αυτή πρέπει να μείνομε, χωρίς να μετακινηθούμε, ώσπου να τελειώσουμε το σχέδιο.

Για να αρχίσουμε το σχέδιο, παρατηρούμε πρώτα καλά το αντικείμενο και το τοποθετούμε μέσα σε ένα νοητό ορθογώνιο παραλληλόγραμμο (σχ. 7.1μβ, 7.1μγ). Κρατώντας τη βελόνα ή το μολύβι με τεντωμένο χέρι και κλείνοντας το ένα μάτι μετράμε τις διαστάσεις του νοητού αυτού ορθογωνίου (σχ. 7.1μδ) και το μεταφέρουμε στο σχέδιό μας. Όταν μετράμε, πρέπει να έχουμε πάντοτε την ίδια στάση, με την πλάτη μας κατακόρυφη κι όχι άλλοτε να σκύβομε μπρος κι' άλλοτε να γέρνομε προς τα πίσω.



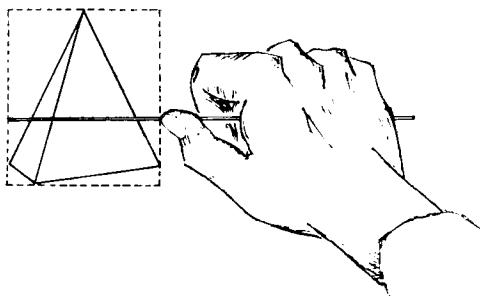
Σχ. 7.1μβ.

Νοητό παραλληλόγραμμο, που περιβάλλει το αντικείμενο του σχεδίου.



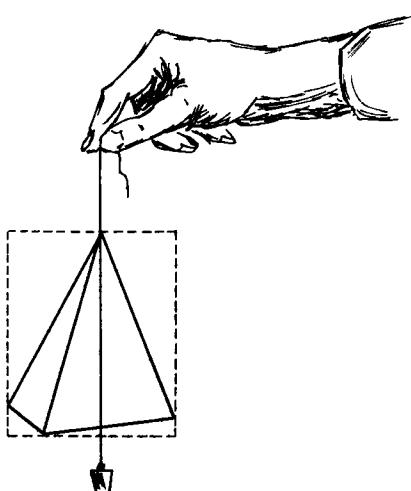
Σχ. 7.1μγ.

Νοητό παραλληλόγραμμο, που περιβάλλει τα αντικείμενα του σχεδίου.



Σχ. 7.1μδ.

Μέτρηση διαστάσεων με τη βελόνα.



Σχ. 7.1με.

Χρήση ζυγιού στο ελεύθερο σχέδιο.

Όσο πιο σωστά σχεδιάσομε το ορθογώνιο στο χαρτί μας, τόσο ευκολότερα θα σχεδιάσομε και τόσο καλλίτερο αποτέλεσμα θα έχομε.

Αν το αντικείμενο περιέχει ορθογώνια παραλληλεπίπεδα όλα με τον ίδιο προσανατολισμό, μας διευκολύνει πολὺ να σημειώσουμε ελαφρά στο σχέδιο μια

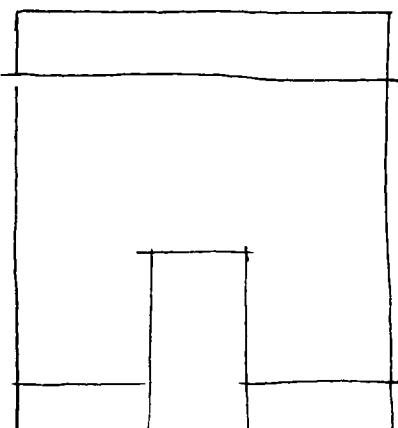
γραμμὴ οριζόντια για γραμμὴ του ορίζοντα και να ορίσομε πάνω της τα δύο σημεία φυγῆς.

Με το ζύγι διαπιστώνομε, αν κάποιο σημείο του σχεδίου βρίσκεται ακριβώς κάτω από κάποιο άλλο, αριστερότερα ή δεξιότερα (σχ. 7.1με). Έπειτα με τη βελόνα ή το μολύβι μπορούμε να μετρήσομε, πόσο απέχει το ένα σημείο απ' την κατακόρυφη, που περνά από το άλλο, όπως και πόσο ψηλότερα ή χαμηλότερα βρίσκεται.

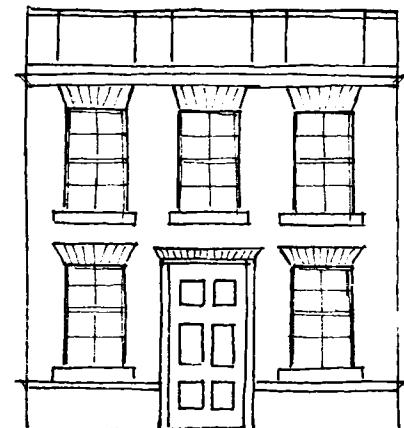
Είναι πάντοτε σκόπιμο να σχεδιάζομε πρώτα τους κύριους όγκους, που συνθέτουν το αντικείμενο του σχεδίου μας, και έπειτα να προσθέτουμε τις λεπτομέρεις. Στο σχήμα 7.1μζ φαίνεται το ελεύθερο σχέδιο ενός κτιρίου. Πρώτα σχεδιάστηκε το περίγραμμά του (σχ. 7.1μστ) και έπειτα οι πόρτες, τα παράθυρα κλπ.

Όταν σχεδιάσομε το νοητὸ ορθογώνιο παραλληλόγραμμο, που περιβάλλει το αντικείμενο του σχεδίου μας, είναι πιθανὸ να διαπιστώσομε ότι το σχέδιό μας θα γίνει είτε πολὺ μικρότερο είτε πολὺ μεγαλύτερο, από ό,τι επιθυμούμε. Είναι δυνατὸν τότε να αλλάξουμε το μέγεθος του σχεδίου, να σχεδιάσομε δηλαδή υπό κλίμακα μεγαλώνοντας ή μικραίνοντας τις πλευρές του ορθογωνίου, αλλὰ 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 πολὺ πιο ζωντανὸ και δείχνει ανάγλυφο, όταν έχει και ορισμένες σκιές. Οι σκιές είναι δύο ειδών:



Σχ. 7.1μστ.



Σχ. 7.1μζ.

Ελεύθερο σχέδιο κτιρίου-Βασικὸ σχήμα. Ελεύθερο σχέδιο κτιρίου-Συμπλήρωση σχεδίου.

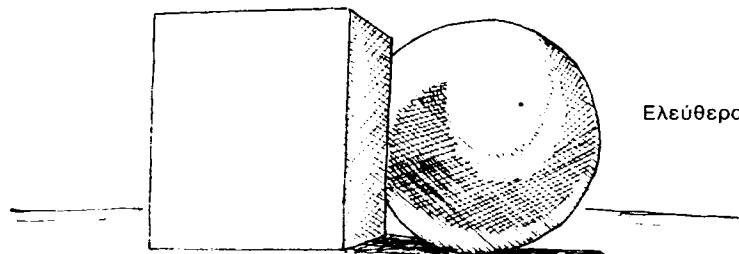
α) Οι σκιές που ρίχνουν τα διάφορα αντικείμενα στο έδαφος ή το ένα πάνω στο άλλο και

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 πολλοὺς τόνους για να δώσουν καλὸ αποτέλεσμα, ιδιαίτερα όταν στο σχέδιο παριστάνονται και καμπύλες επιφάνειες (σχ. 7.1μη). 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 βλέπουμε, γνωρίζομε όμως το σχήμα του και τις διαστάσεις του, πρέπει να ορίσουμε μερικά βασικά σημεία του με τις μεθόδους, που θα χρησιμοποιούσαμε, αν επρόκειτο να φτιάξουμε το αντίστοιχο γραμμικό σχέδιο. Έπειτα συμπληρώνομε το σχέδιο κατά προσέγγιση, λαμβάνοντας χοντρικά υπ' όψη τις διαστάσεις του αντικειμένου. Πολλές φορές είναι καλύτερα να σχεδιάσουμε ολόκληρο το γραμμικό σχέδιο, π.χ. το προοπτικό του αντικειμένου, και ύστερα να το αντιγράψουμε σε διαφανές χαρτί με ελεύθερο χέρι. Το ίδιο μπορούμε να πετύχουμε αντιγράφοντας και μια φωτογραφία.

Εκτός από τις γενικότητες αυτές δεν μπορεί να πει κανεὶς πολλὰ 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 πολὺ πιο δύσκολα από το γραμμικό σχέδιο. Εξ αλλου δεν έχει αυστηρούς κανόνες, όπως το γραμμικό σχέδιο, και ο καθένας μπορεί να του δώσει τον προσωπικό του χαρακτήρα.



Σχ. 7.1μη.
Ελεύθερο σχέδιο με σκιές.

7.1.6 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 μαθητὲς στη σύνταξη των σχεδίων τους: όψεις, αξονομετρικὲς προβολές, προοπτικά. Τα κομμάτια αυτὰ μπορούν να είναι άχρηστα υπολείμματα ξύλινων ή μεταλλικών κατασκευών. Αν δεν υπάρχουν διαθέσιμα τέτοια αντικείμενα, μπορούν να σχεδιασθούν διάφορα μικρὰ αντικείμενα καθημερινής χρήσεως με απλά γεωμετρικὰ σχήματα.

Είναι επίσης καλὸν να συνταχτούν παρόμοια σχέδια, αλλὰ υπὸ κλίμακα, διαφόρων μεγαλυτέρων αντικειμένων, π.χ. επίπλων, που βρίσκονται μέσα στην τάξη, ή τμημάτων του κτιρίου του σχολείου. Μέρος του αντικειμένου των ασκήσεων αυτών θα είναι και η ακριβὴς μέτρηση των διαστάσεων, πριν αυτὲς μεταφερθούν στα σχέδια.

Μια άλλη ομάδα ασκήσεων αναφέρεται στη σύνταξη αξονομετρικών προβολών και προοπτικών σχεδίων διαφόρων έργων με απλὰ γεωμετρικὰ σχήματα. Στην περίπτωση αυτὴ θα μοιραστούν στους μαθητὲς τα απαραίτητα σχέδια με τις κατόψεις και τις όψεις των έργων.

Τέλος πρέπει να μοιραστούν στους μαθητὲς τοπογραφικὰ σχέδια με χωροστα-

θμικές 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 αιμέσως 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, πολυεδρων, 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 σκιες.

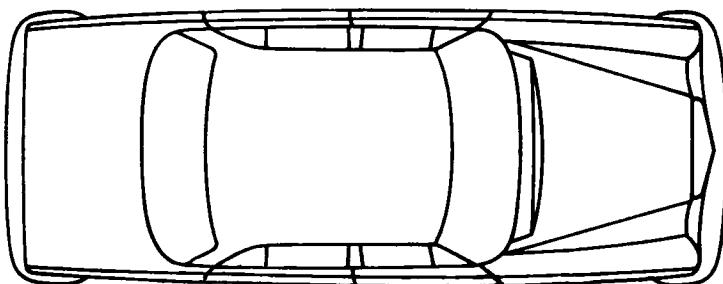
Στα επόμενα μαθήματα πρέπει να μάθουν να σχεδιάζουν τα έπιπλα της τάξεως και έπειτα να βγαίνουν στο ύπαιθρο και να σχεδιάζουν κτίρια ή κομμάτια κτιρίων μαζί με το φυσικό τους περιβάλλον.

7.2 Συστήματα ορθών προβολών.

7.2.1 Τι σημαίνει ορθή προβολή και τομή.

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

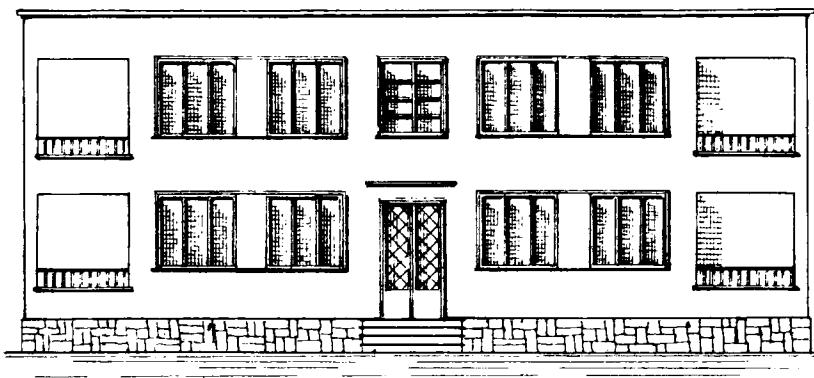
Όψη λέμε κάθε ορθή προβολή ολόκληρου του έργου. Ιδιαίτερα ονομάζεται **κάτοψη** η όψη που παρουσιάζει το έργο όπως το βλέπομε από πάνω (σχ.7.2α) και **άνοψη** αυτή που το παρουσιάζει όπως το βλέπομε από κάτω. Αν στο έργο κάποια πλευρά του μπορεί να χαρακτηριστεί μπροστινή, τότε η όψη που την παρουσιάζει λέγεται **πρόσοψη** ή **πρόσσοψη** (σχ.7.2β), ενώ οι άλλες ονομάζονται **πλάγιες όψεις** και **πίσω όψη**.



Σχ. 7.2α.
Κάτοψη.

Όταν πρόκειται να σχεδιάσουμε μια τομή, θεωρούμε ότι το αντικείμενο είναι κομμένο σε δύο κομμάτια, συνήθως με ένα επίπεδο (σχ.7.2γ) και σπανιότερα με μια τεθλασμένη (σχ.7.2δ) ή καμπύλη επιφάνεια. Η όψη του ενὸς απ' τα δύο κομμάτια, στην οποία φαίνεται η κομμένη μεριά του αρχικού αντικειμένου, λέγεται **τομή** (σχ.7.2ε και σχ.7.2στ).

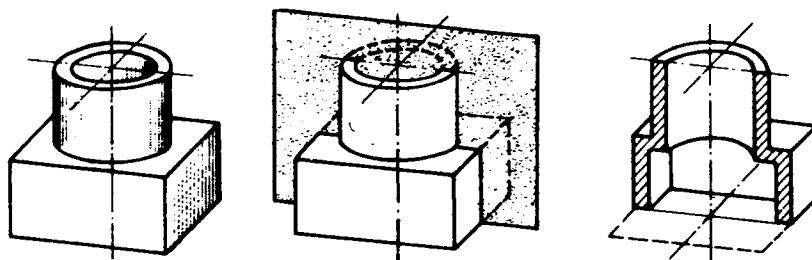
Όταν το επίπεδο, που κόβει το αντικείμενο, είναι οριζόντιο ή κατακόρυφο, η αντίστοιχη τομή ονομάζεται **οριζόντια ή κατακόρυφη τομή**. Αν το αντικείμενο έχει μήκος σημαντικά μεγαλύτερο από τις άλλες διαστάσεις του, η τομή μπορεί να ονομαστεί **κατά μήκος, διαμήκης ή μηκοτομή** (σχ.7.2ζ), όταν το επίπεδο, που τέμνει



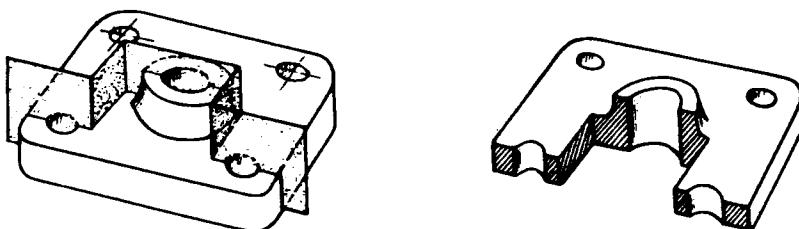
Σχ. 7.2β.
Πρόσωφη.

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.

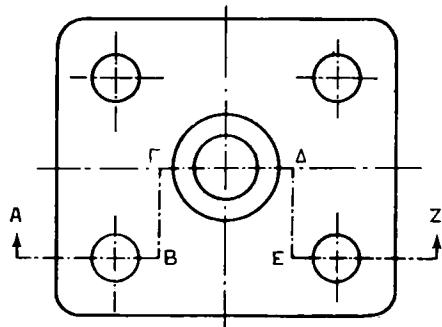
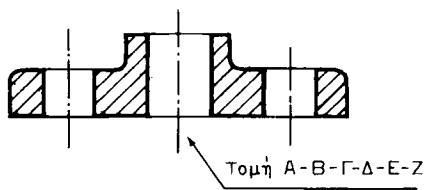
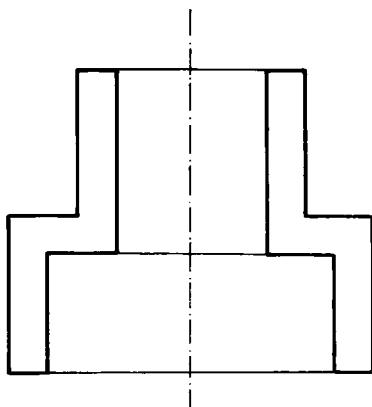
Ιδιαίτερα για τα κτίρια έχει καθιερωθεί να ονομάζονται **κατόψεις** οι οριζόντιες τομὲς τους και να χαρακτηρίζονται με τον αριθμὸ του ορόφου, απ' όπου περνά το επίπεδο της τομής (σχ.7.2η).



Σχ. 7.2γ.
Τομὴ αντικειμένου με ένα επίπεδο.

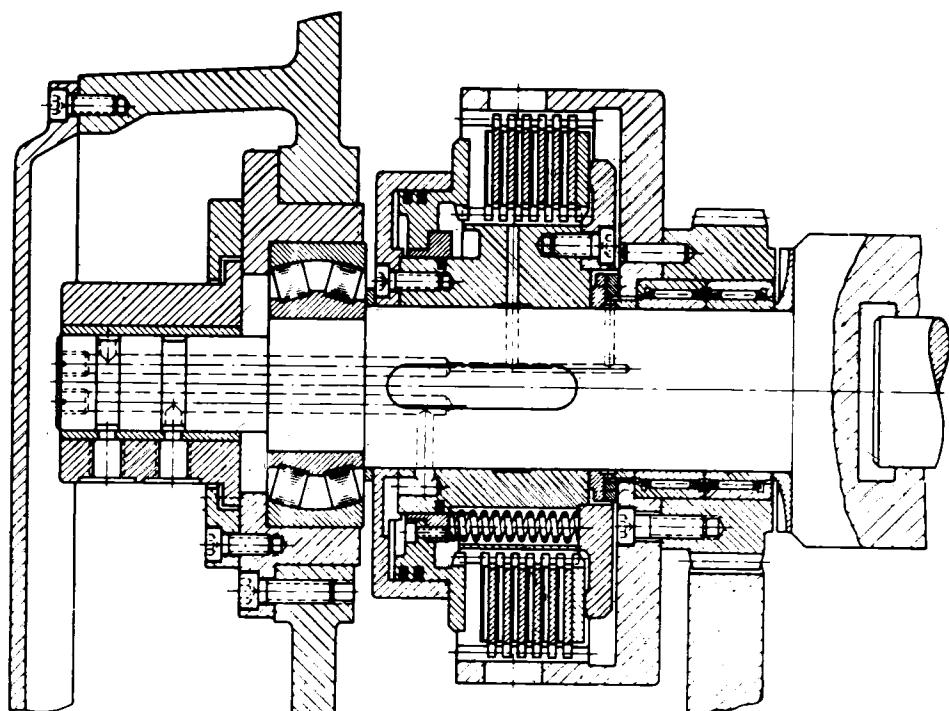


Σχ. 7.2δ.
Τομὴ αντικειμένου με τεθλασμένη επιφάνεια.

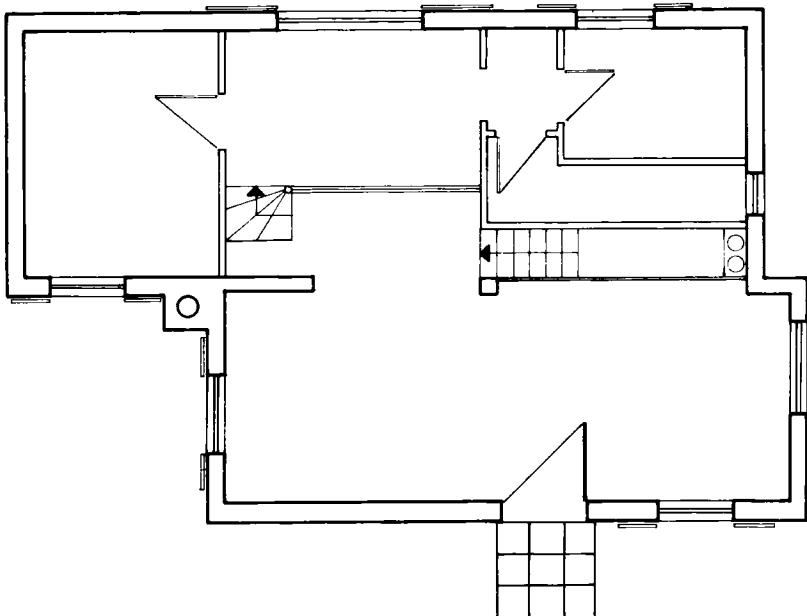


Σχ. 7.2ε.
Σχεδίαση τομής του σχ. 7.2γ.

Σχ. 7.2στ.
Σχεδίαση τομής του σχ. 7.2δ.



Σχ. 7.2κ.
Κατά μήκος τομή.



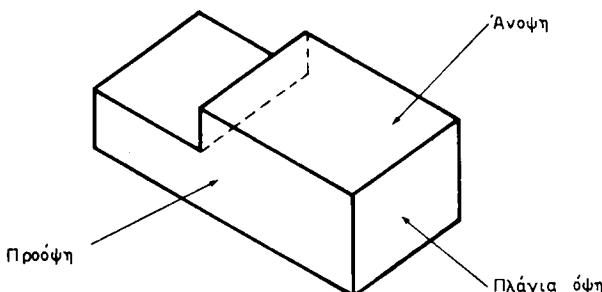
Σχ. 7.2η.
Κάτοψη οικοδομικού έργου.

7.2.2 Πρακτικές οδηγίες για την παρουσίαση αντικειμένου με ορθές προβολές.

Για το σωστό τρόπο, με τον οποίο πρέπει γενικότερα να παρουσιάσομε 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 προσπαθήσομε να παρουσιάσομε πρώτα ένα απλό αντικείμενο σε ορθές προβολές κατά το Ευρωπαϊκό σύστημα προβολών, π.χ. το αντικείμενο που δείχνει το σχήμα 7.2θ.

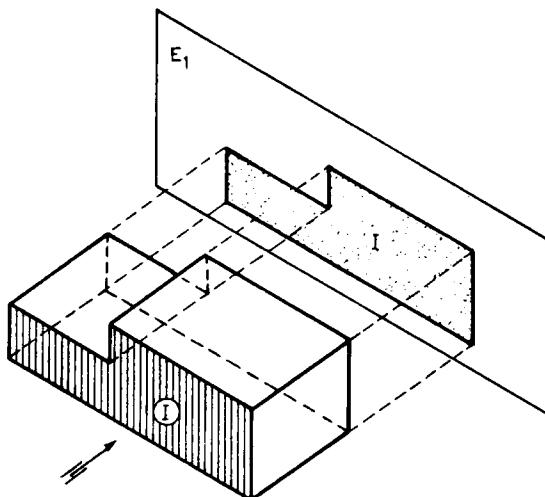
Διαλέγομε τα επίπεδα προβολής, ώστε να είναι παράλληλα προς κάθε



Σχ. 7.2θ.
Τακάκι σε αξονομετρική προβολή.

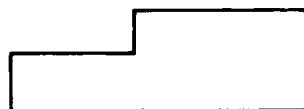
μια από τις 6 εξωτερικές επιφάνειες του αντικειμένου μας, το οποίο έχει ορθογωνική πρισματική μορφή.

Για να σχεδιάσουμε την πρόσοψη, προβάλλομε με ορθή προβολή την όψη που βλέπομε στο προβολικό επίπεδο, το οποίο φανταζόμαστε τοποθετημένο πίσω από την όψη που μελετάμε, και παράλληλο προς αυτήν, όπως δείχνει το σχήμα 7.2ι.



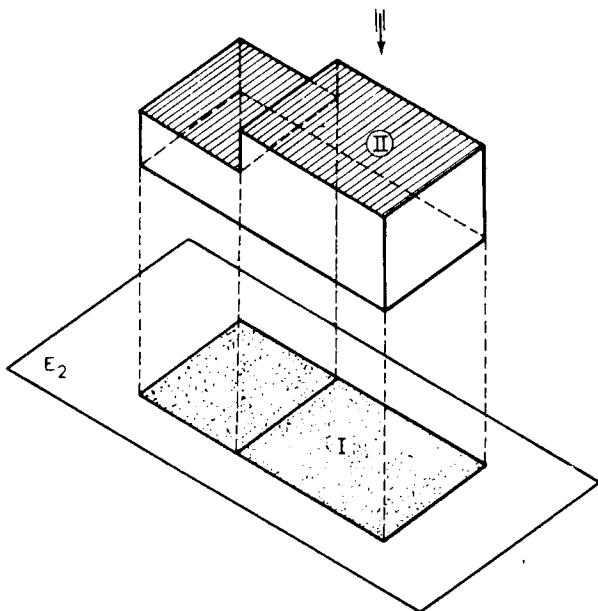
Σχ. 7.2ι.
Η πρόσωψη.

Στην πραγματικότητα η όψη αυτή σε ορθή προβολή θα φανεί ως εξής, με τις σωστές γωνίες της (ορθές) και τα γνωστά μήκη (σχ. 7.2ια).



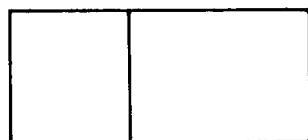
Σχ. 7.2ια.
Πρόσωψη στην ορθή προβολή.

Για την κάτοψη θα κάνομε το ίδιο όπως και για την πρόσοψη, όπως δείχνει το α-ξονομετρικό σχέδιο του σχήματος 7.2ιβ.



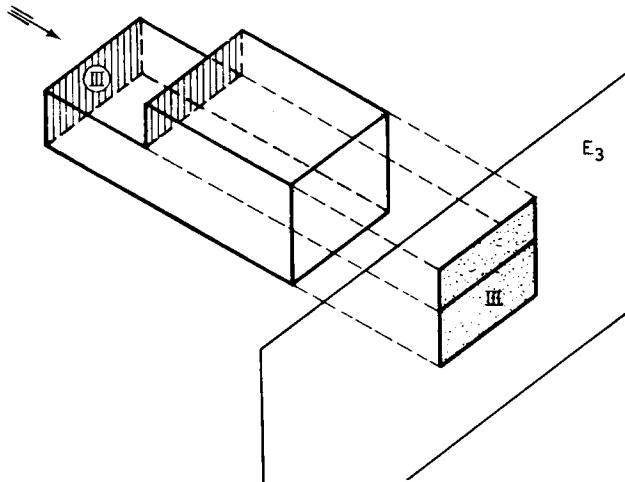
Σχ. 7.2ιβ.
Η κάτοψη.

Και η αληθινή κάτοψη σε ορθή προβολή θα πρέπει να είναι: (σχ. 7.2ιγ).



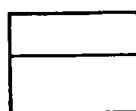
Σχ. 7.2ιγ.
Κάτοψη στην ορθή προβολή.

Με ανάλογο τρόπο μπορούμε να έχομε και τις 6 όψεις του αντικειμένου ως εξής: (σχ. 7.2ιδ).



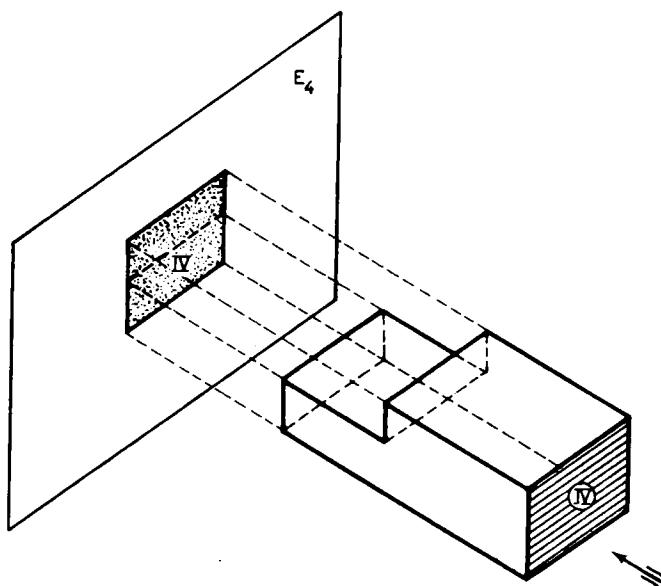
Σχ. 7.2ιδ.
Η αριστερή πλαγιά όψη.

Και η αληθινή προβολή της όψεως αυτής θα είναι όπως την δείχνει το σχήμα 7.2ιε.



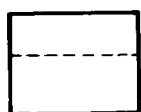
Σχ. 7.2ιε.

Η δεξιά πλάγια όψη θα είναι: (σχ. 7.2ιστ).



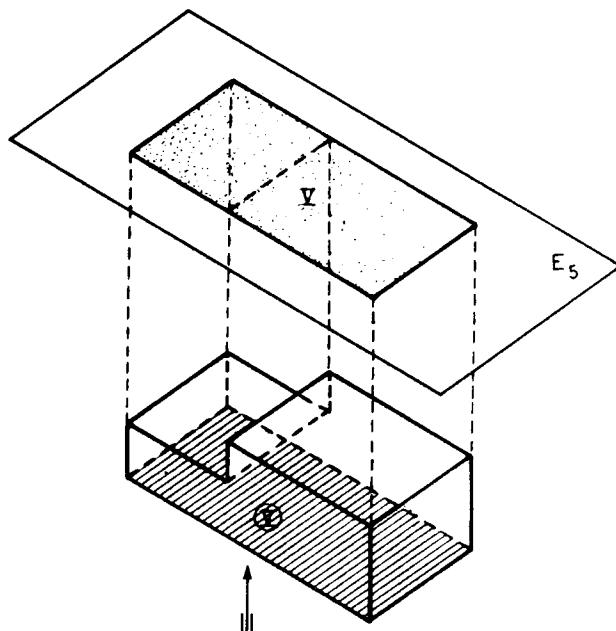
Σχ. 7.2ιστ.
Η δεξιά πλάγια όψη.

Και η αληθινή ορθή προβολή της δεξιάς πλάγιας όψεως θα είναι: (σχ. 7.2ιζ).



Σχ. 7.2ιζ.

Η άνοψη θα προκύψει από την προβολή που δείχνει το αξονομετρικό σχέδιο του σχήματος 7.2ιη.



Σχ. 7.2ιη.

Άνοψη.

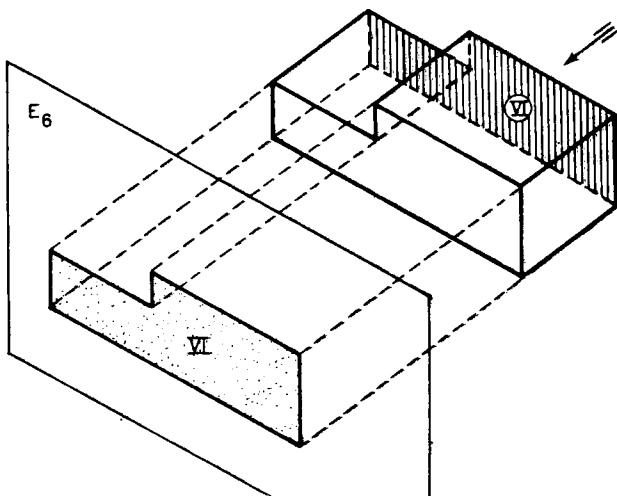
Και η ορθή προβολή της ανόψεως θα είναι όπως δείχνεται στο σχήμα 7.2ιθ.



Σχ. 7.2ιθ.

Ορθή προβολή ανόψεως.

Και η πίσω όψη προκύπτει από το επόμενο σχήμα 7.2κ.



Σχ. 7.2κ.
Πίσω όψη.

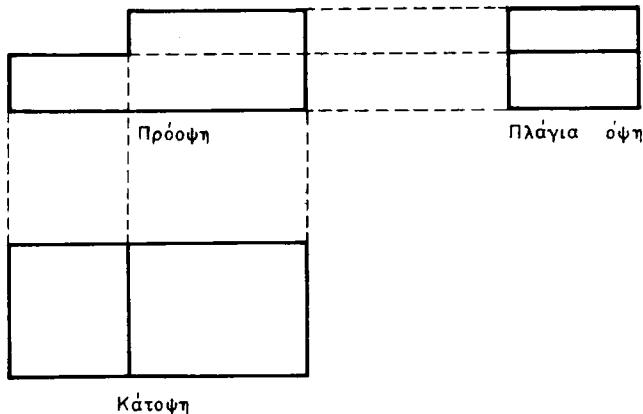
Και η ορθή προβολή της πίσω όψεως θα είναι: (σχ. 7.2κα).



Σχ. 7.2κα.
Ορθή προβολή πίσω όψεως.

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 καταλάβομε πώς πρέπει να είναι το αντικείμενο. Γι' αυτό, από τις 6 όψεις μπορούμε άνετα 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 του, πρόσωψη, κάτωψη και πλάγια όψη, ως εξής: (σχ. 7.2κβ).



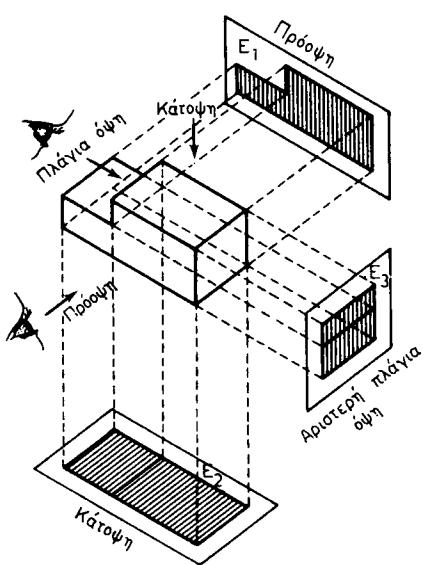
Σχ. 7.2κβ.
3 προβολές είναι αρκετές αντί για 6.

Έχομε περιστρέψει 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 επιπέδων στο επίπεδο της προόψεως.

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

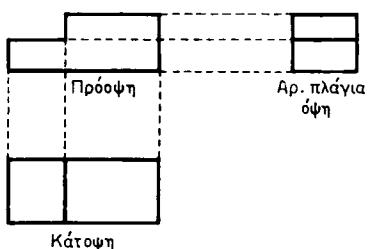
Στην Ελλάδα χρησιμοποιούμε κατά κανόνα το ευρωπαϊκό σύστημα. Για να γίνει κατανοητή η διαφορά ανάμεσα στα δύο συστήματα, παρουσιάζουμε το ίδιο αντικεί-

μενο σε αξονομετρική προβολή (σχ. 7.2κγ) και σε ορθές προβολές (σχ. 7.2κδ), με τις όψεις του, (πρόσωψη, κάτωψη και πλάγια όψη) πρώτα κατά το ευρωπαϊκό σύστημα ως εξής:



Σχ. 7.2κγ.

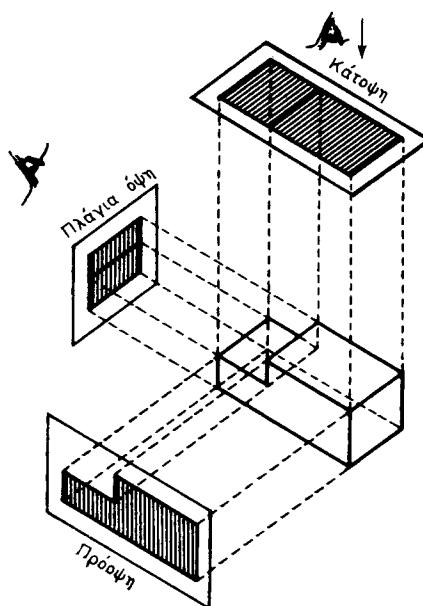
Οι προβολές του αξονομετρικού αυτού σχεδίου κατά το ευρωπαϊκό σύστημα προβολών παρουσιάζονται όπως δείχνεται στο σχ. 3.2ιστ.



Σχ. 7.2κδ.

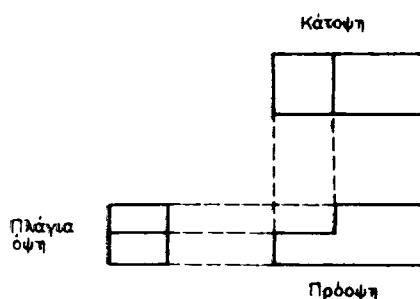
Ο τρόπος που θα απεικονισθούν οι ορθές προβολές στο ευρωπαϊκό σύστημα.

Και έπειτα κατά το αμερικανικό σύστημα ως εξής: (σχ. 7.2κε).



Σχ. 7.2κε.
Οι ίδιες προβολές κατά το αμερικανικό σύστημα προβολών.

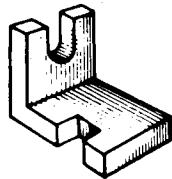
Και οι ορθές προβολές κατά το αμερικανικό σύστημα θα είναι σύμφωνα με το σχήμα 7.2κστ.



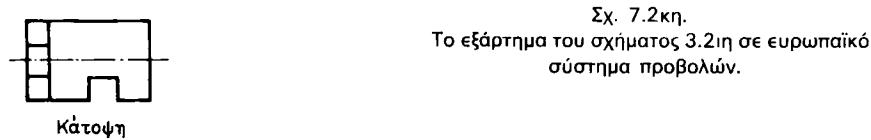
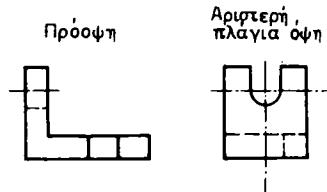
Σχ. 7.2κστ.
Η πρόσωψη, η κάτοψη και η πλάγια όψη σύμφωνα με το αμερικανικό σύστημα.

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

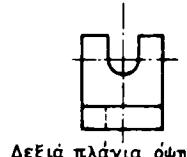
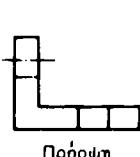
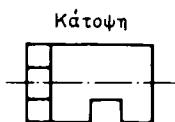
Η διαφορά στα δύο συστήματα φαίνεται ακόμα πιο καθαρά, αν θελήσουμε να παραστήσουμε ένα μηχανολογικό κομμάτι και με τα δύο συστήματα δίπλα-δίπλα. Π.χ. το κομμάτι που παρουσιάζεται σε αξονομετρική προβολή, όπως δείχνει το σχήμα 7.2κζ, θα σχεδιασθεί σύμφωνα με το ευρωπαϊκό σύστημα, όπως δείχνει το σχήμα 7.2κη και σύμφωνα με το αμερικανικό όπως φαίνεται στο σχήμα 7.2κθ.



Σχ. 7.2κζ.
Εξάρτημα μηχανής σε αξονομετρική προβολή.



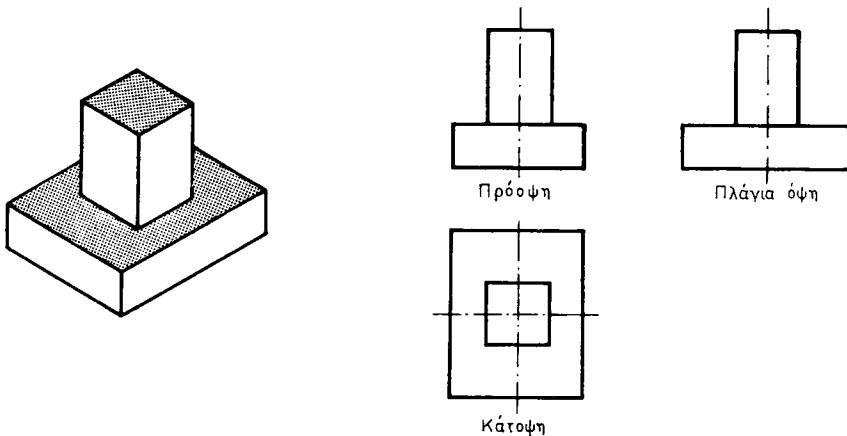
Σχ. 7.2κη.
Το εξάρτημα του σχήματος 3.2ιη σε ευρωπαϊκό σύστημα προβολών.



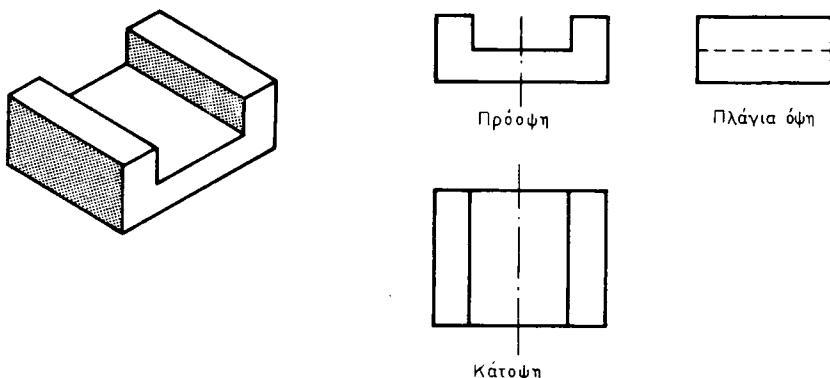
Σχ. 7.2κθ.
Το εξάρτημα του σχήματος 3.2ιη σε αμερικανικό σύστημα προβολών.

7.2.3 Παραδείγματα σχεδιάσεως ορθών προβολών μηχανολογικών αντικειμένων.

Στην παράγραφο αυτή παρουσιάζεται μια σειρά⁷ απλών αντικειμένων σε ορθές προβολές επάνω σε τρία επίπεδα προβολής (σχ. 7.2λ, 7.2λα, 7.2λβ, 7.2λγ, 7.2λδ, 7.2λε, 7.2λστ, 7.2λζ, 7.2λη, 7.2λθ, 7.2μ, 7.2μα, 7.2μβ και 7.2μγ), σύμφωνα με το ευρωπαϊκό σύστημα προβολών, που συνηθίζεται στον τόπο μας.

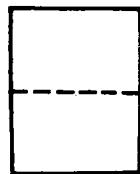
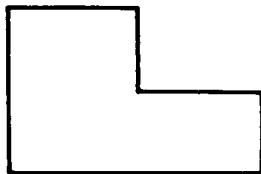
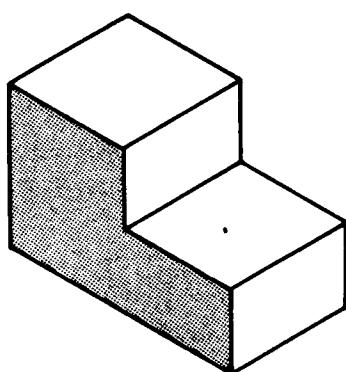


Σχ. 7.2λ.



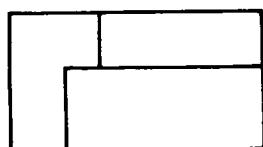
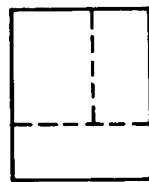
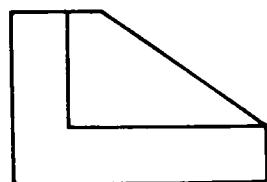
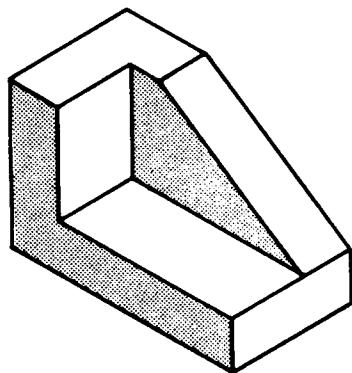
Σχ. 7.2λα.

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



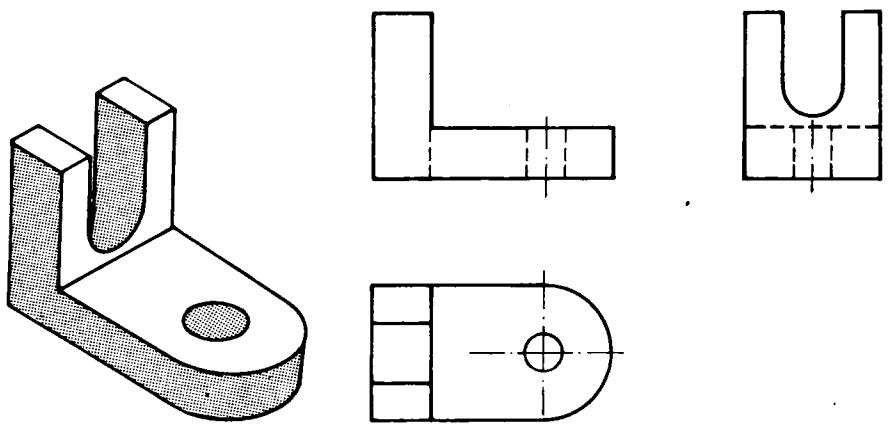
Σχ. 7.2λβ.

Τακάκι σε αξονομετρική προβολή σε 3 ορθές προβολές.



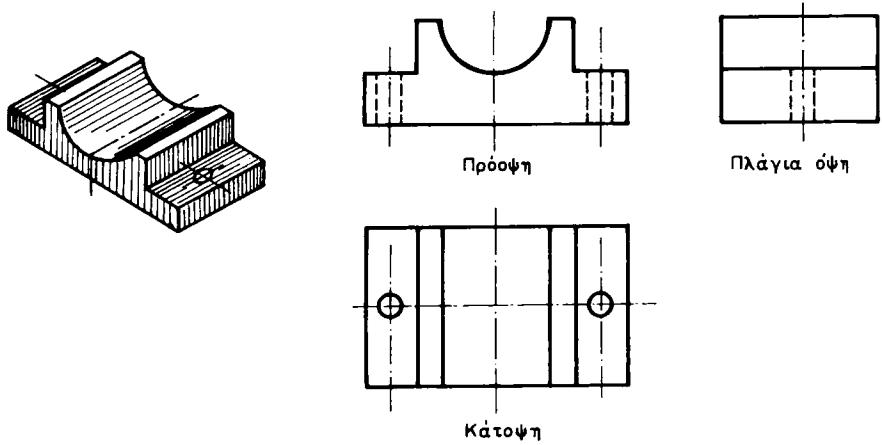
Σχ. 7.2λγ.

Μεταλλικό εξάρτημα σε αξονομετρική προβολή και σε 3 ορθές προβολές.



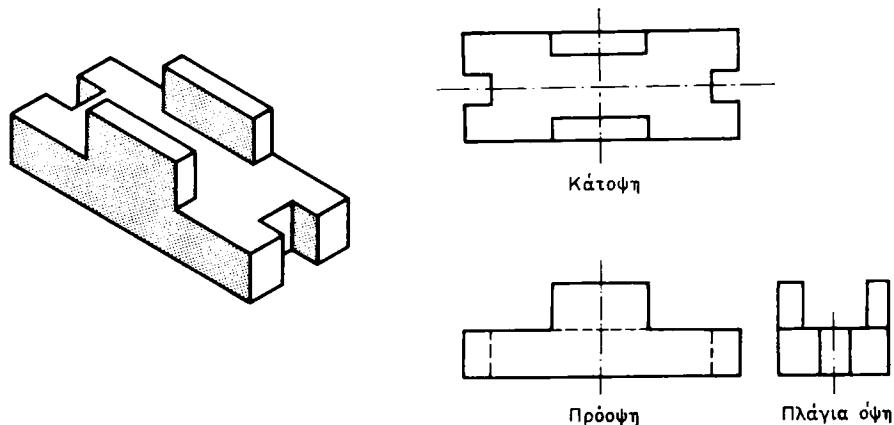
Σχ. 7.2λδ.

Εξάρτημα μηχανής σε αξονομετρική προβολή και σε 3 ορθές προβολές.



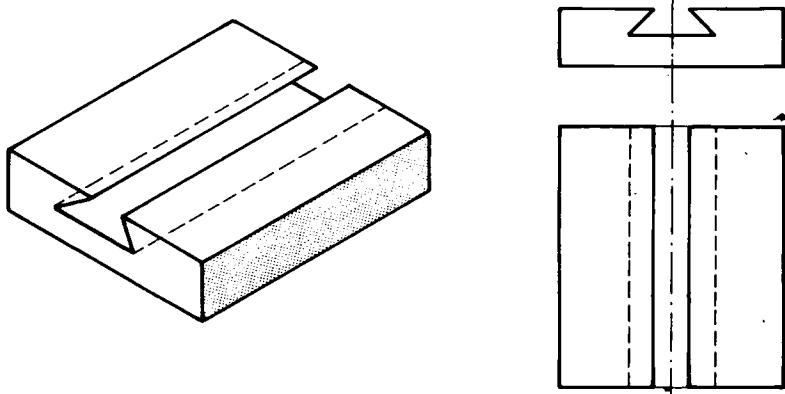
Σχ. 7.2λε.

Κουζινέττο δίσονα σε αξονομετρική προβολή και στις 3 ορθές προβολές του.



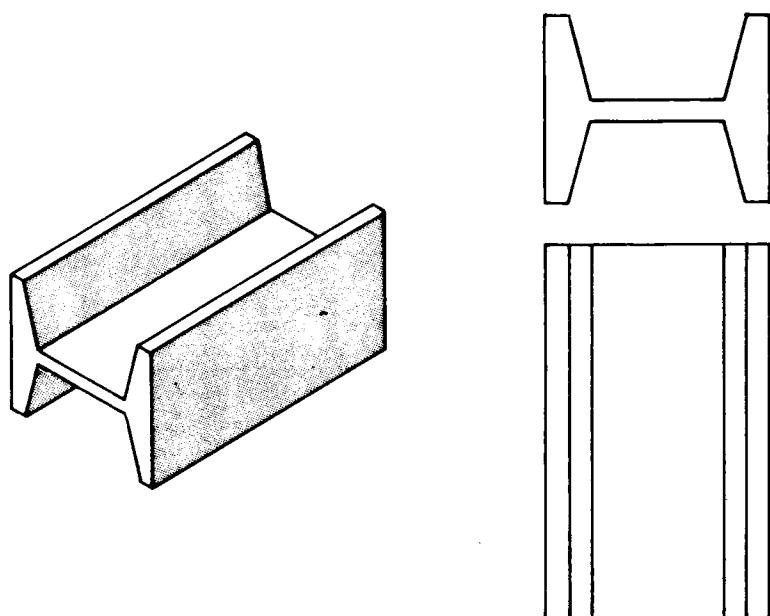
Σχ. 7.2λστ.

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



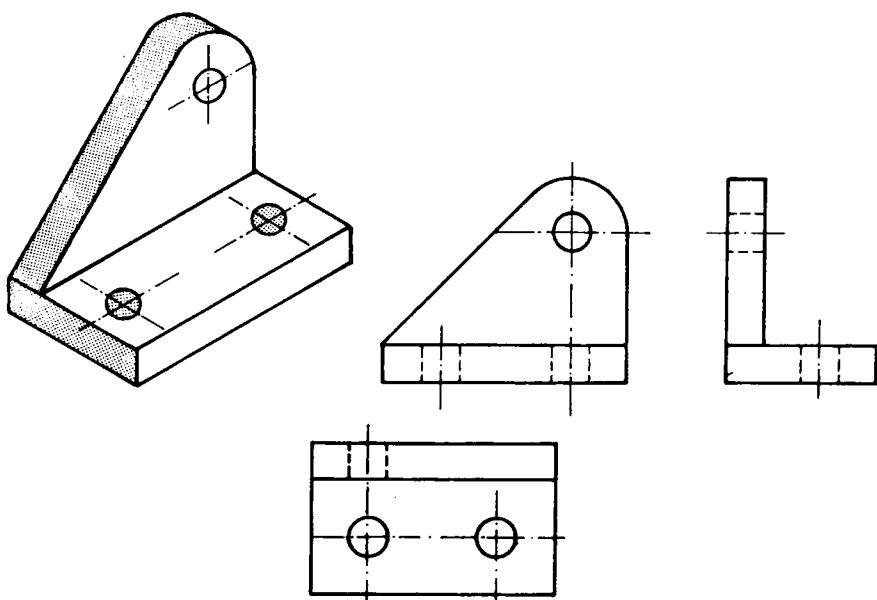
Σχ. 7.2λζ.

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



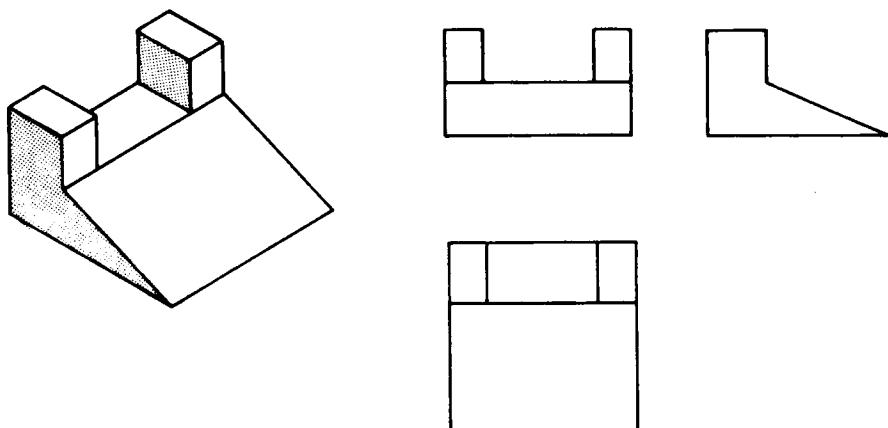
Σχ. 7.2λη.

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



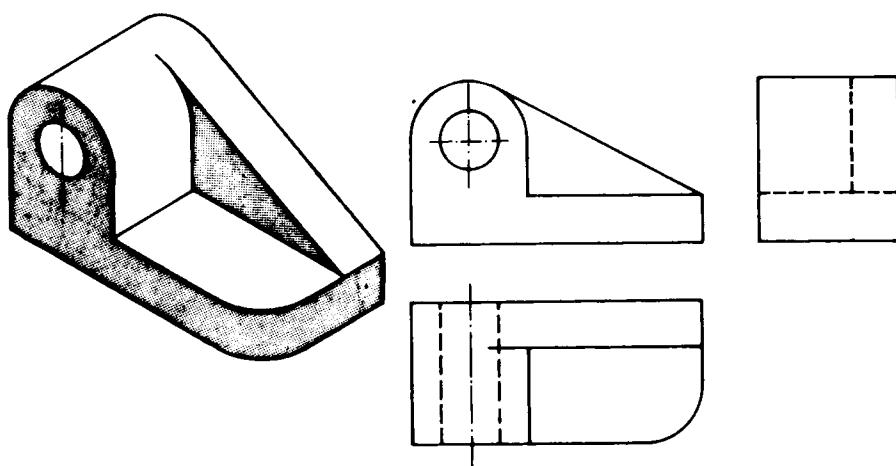
Σχ. 7.2λθ.

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



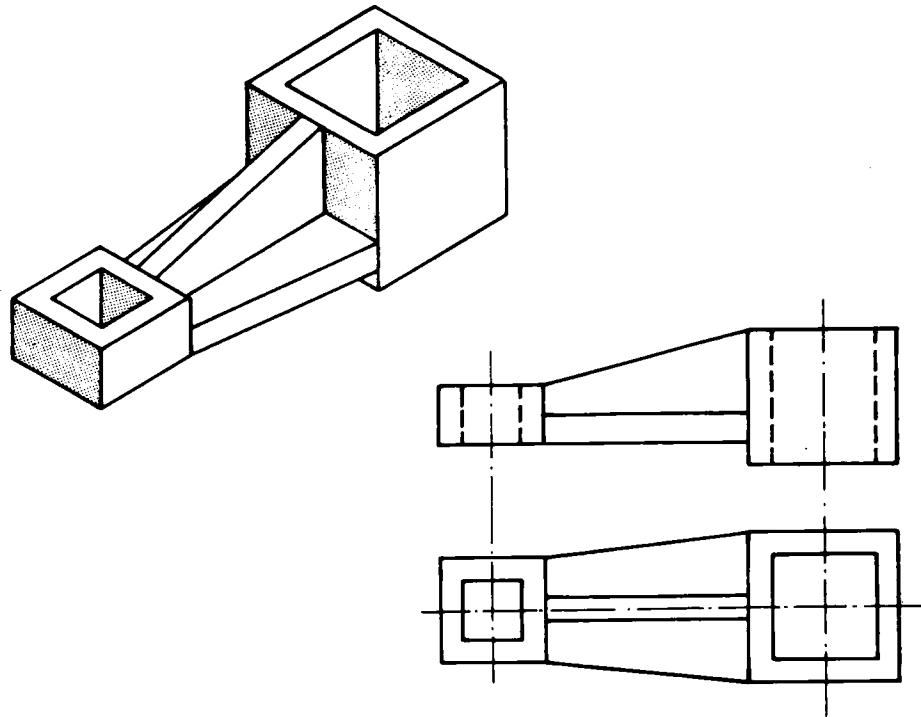
Σχ. 7.2μ.

Εξάρτημα σε αξονομετρική προβολή και στις 3 ορθές προβολές του.



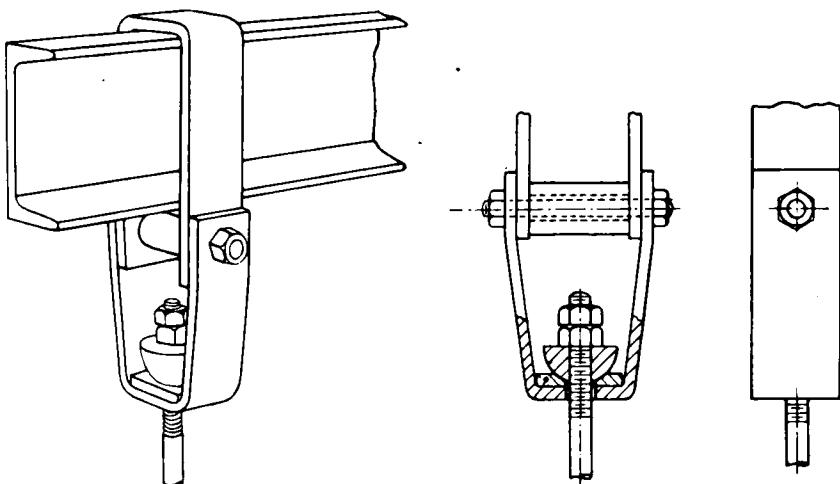
Σχ. 7.2μα.

Κουζινέττο σε αξονομετρική προβολή και στις 3 ορθές προβολές του.



Σχ. 7.2μβ.

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



Σχ. 7.2μγ.

Σύστημα αναρτήσεως βαρών.

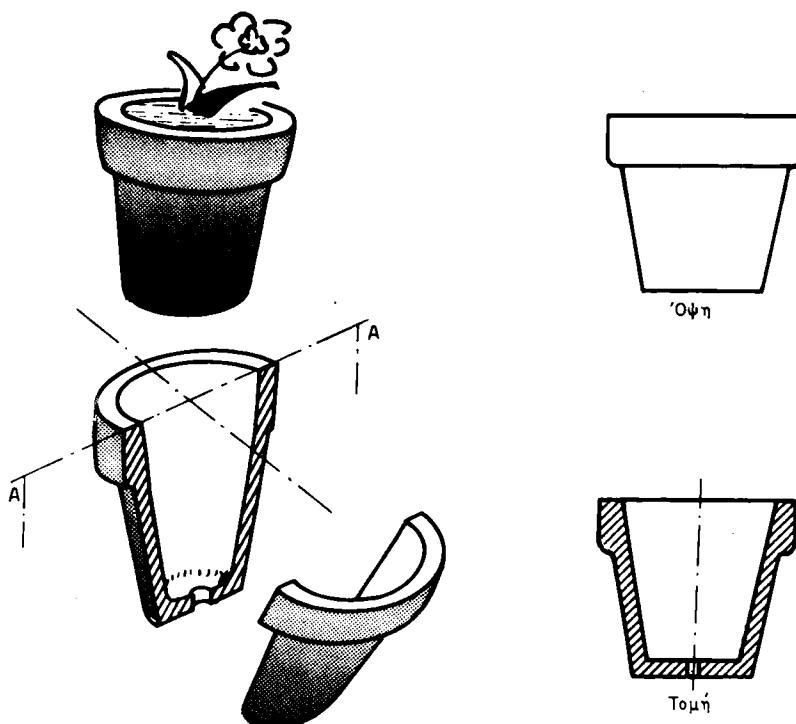
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΟΓΔΟΟ

ΤΟΜΕΣ

8.1 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 αναπαραγάγομε χωρίς ερωτηματικά.

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..



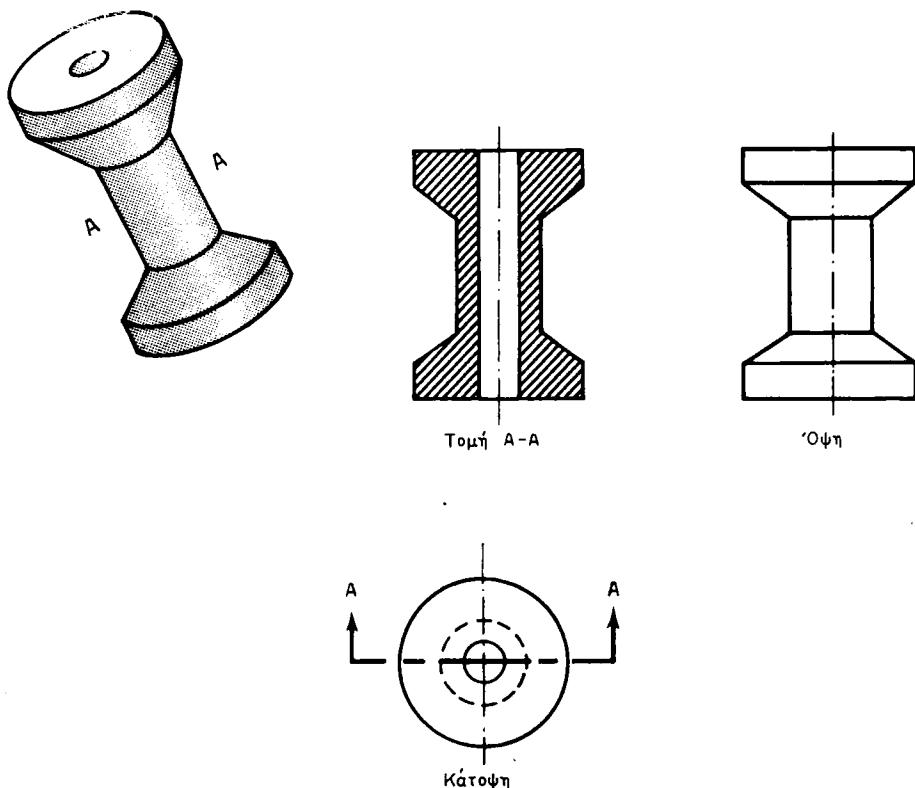
Σχ. 8.1α.

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

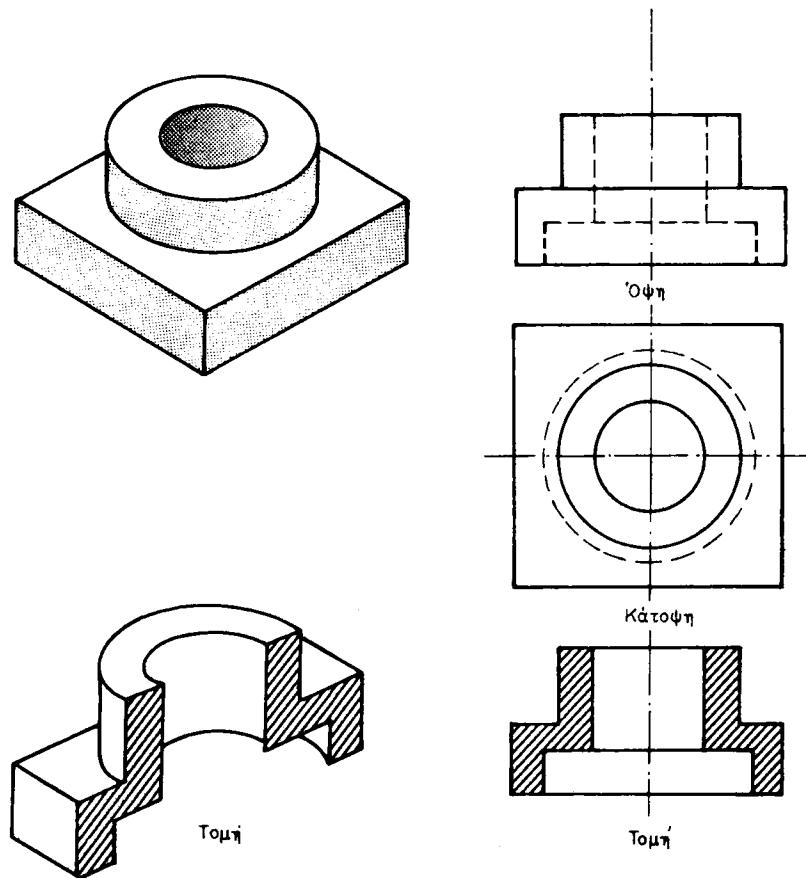
Γνωρίζομε ήδη ότι κατά τη σχεδίαση των κανονικών όψεων οι γραμμές, που δεν φαίνονται στο μάτι του μελετητή, προβάλλονται με διακεκομμένες γραμμές. Θα μπορούσαμε να κάνομε το ίδιο και για τις εσωτερικές γραμμές, ευθείες ή καμπύλες. Αλλά το σχέδιο θα κινδύνευε τότε να φανεί πολύ περίπλοκο και ίσως να μην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

Για καλύτερη παρουσίαση του αντικειμένου εφαρμόσαμε τη μέθοδο των τομών. Δηλαδή φανταζόμαστε ότι κόβομε το αντικείμενο με κάποιο κατάλληλο επίπεδο AA, που περνά από τη θέση, της οποίας θέλομε 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. 8.1α).

Άλλη περίπτωση τομής δείχνουν τα παρακάτω σχήματα, που απεικονίζουν μια κουβαρίστρα (σχ. 8.1β), εξαρτήματα (σχ. 8.1γ και 8.1δ) και μια τροχαλία (σχ. 8.1ε).

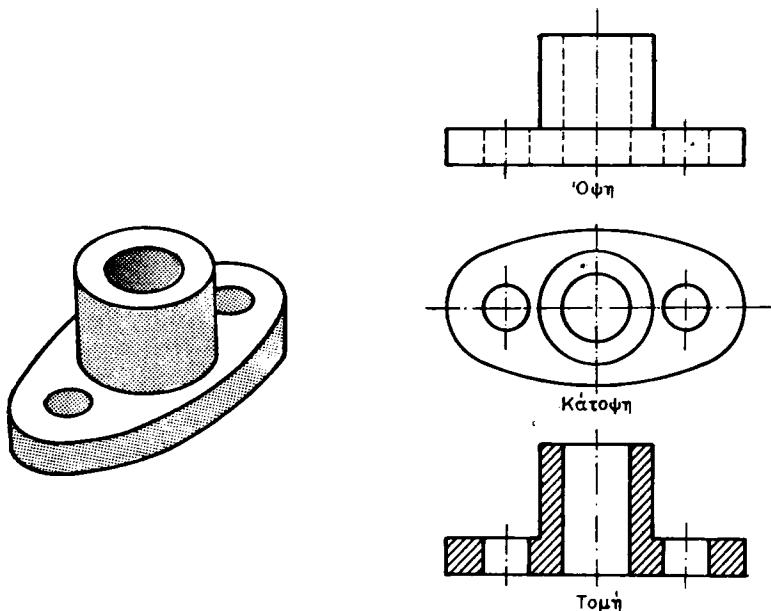


Σχ. 8.1β.
Κουβαρίστρα σε αξονική προβολή, όψη, κάτοψη και τομή.

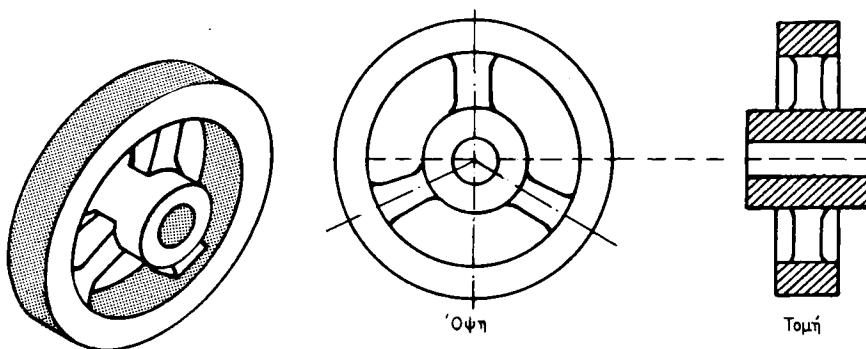


Σχ. 8.1γ.

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



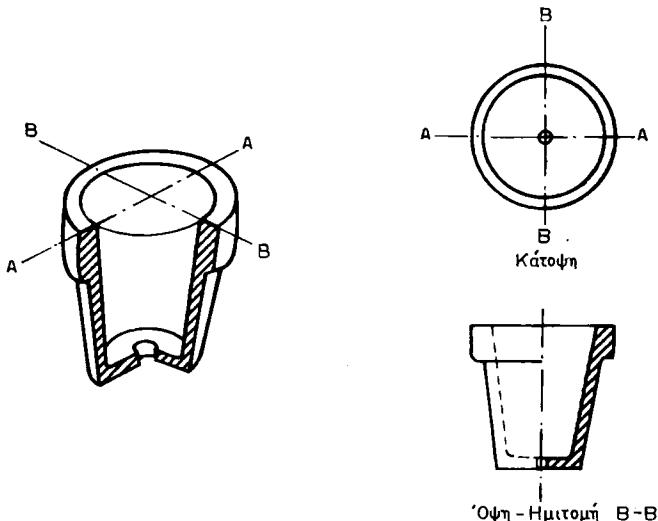
Σχ. 8.1δ.
Εξάρτημα σε αξονομετρική προβολή, άψεις και τομή.



Σχ. 8.1ε.
Τροχαλία σε αξονομετρική προβολή μία άψη και τομή.

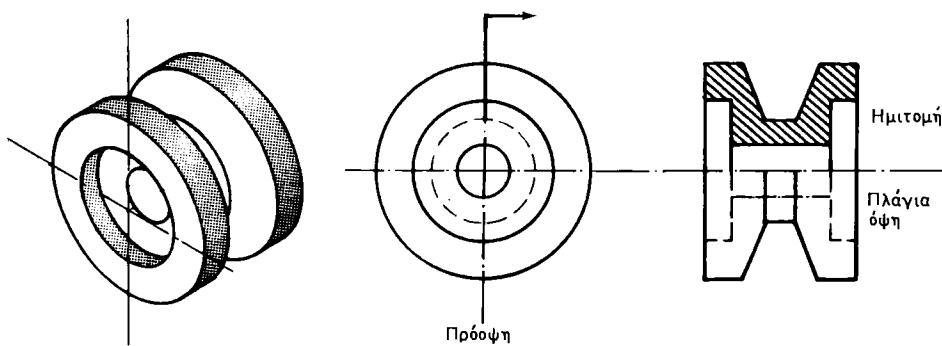
8.2 Ημιτομές.

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**. Ακολούθως στο υπόλοιπο μέρος του σχεδίου σχεδιάζομε την όψη, επιτυγχάνοντας έτσι ένα συνδυασμένο σχήμα όψεως και τομής (σχ. 8.2α και 8.2β).



Σχ. 8.2α.

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



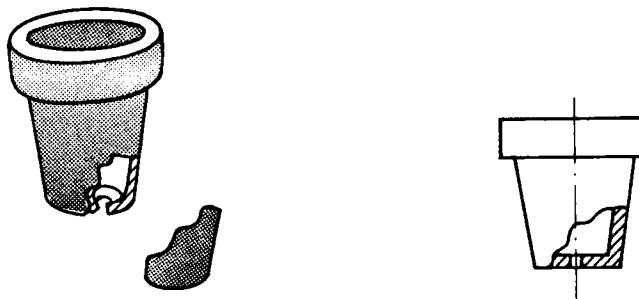
Σχ. 8.2β.

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

8.3 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.

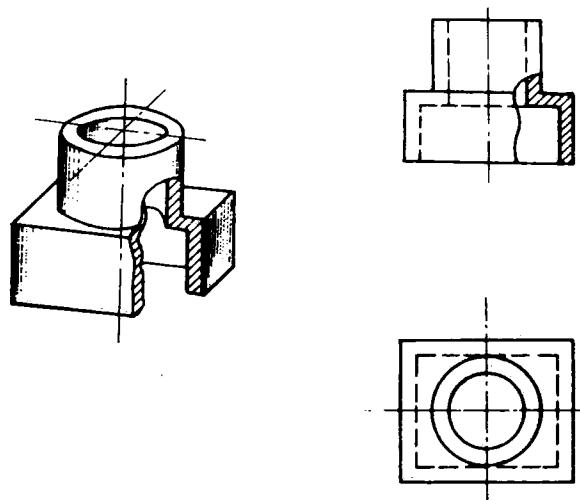
Τα παρακάτω παραδείγματα είναι αρκετά για να παρουσιάσουν μόνα τους την περίπτωση (σχ. 8.3α και 8.3β).



Σχ. 8.3α.

Γλάστρα σε αξονική προβολή με κομμένη μία γωνία της.

Η ίδια γλάστρα σε όψη και μερική τομή.

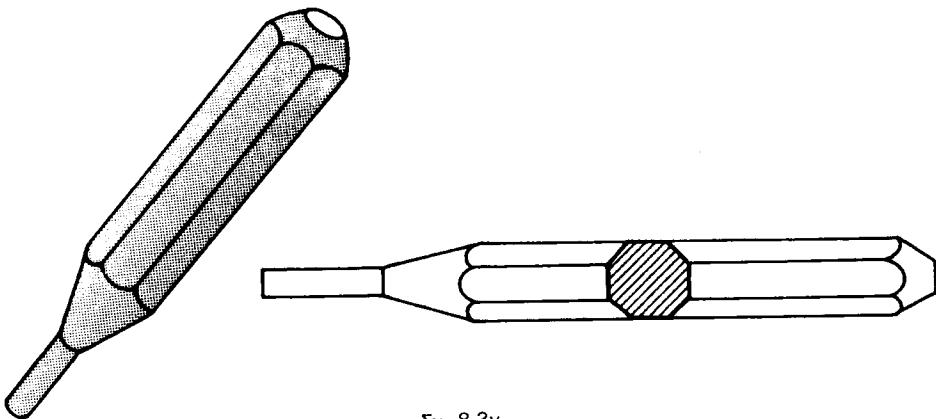


Σχ. 8.3β.

Εξάρτημα σε αξονική προβολή, τοπικά κομμένο

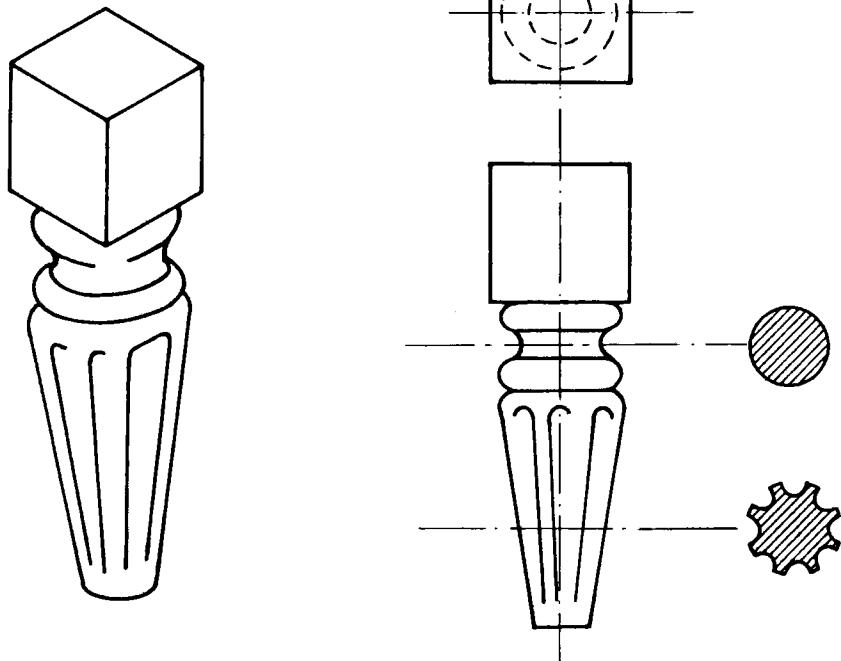
Το ίδιο σε όψη και τοπική τομή

Το ίδιο κάνομε όταν θέλομε να δείξουμε τοπικές τομές κομματιών, όπως στα παρακάτω σχήματα 8.3γ και 8.3δ.



Σχ. 8.3γ.

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



Σχ. 8.5δ.

Πόδι τραπεζιού σε αξονική προβολή σε όψη και τοπικές τομές.

8.4 Τομές με τεθλασμένες επιφάνειες.

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

Είναι όμως ακόμα δυνατόν να κάνομε τομή σε μια τεθλασμένη επιφάνεια, που αποτελείται δηλαδή από περισσότερα επίπεδα, για να δείχσομε ταυτόχρονα περισσότερες λεπτομέρειες του αντικειμένου. Το αντικείμενο π.χ. που παρουσιάζεται στο σχήμα 7.2δ μπορούμε να το κόψουμε με την τεθλασμένη επιφάνεια ΑΒΓΔΕΖ, που φαίνεται στο σχήμα 7.2στ., και να σχεδιάσουμε την τομή του που φαίνεται στο πάνω μέρος του σχήματος 7.2στ.

8.5 Πρακτικές οδηγίες για τις τομές.

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

- 1) Με τομές παρουσιάζομε 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 συνδυάζομε στο σχέδιο για λόγους απλότητας είτε περισσότερες τομές σε διάφορα επίπεδα, για να δείχσομε λεπτομέρειες σε διάφορες θέσεις του αντικειμένου, είτε τομές με όψεις.
- 4) Στην τεχνική εφαρμογής των τομών ακολουθούμε διάφορους κανόνες, οι οποίους από τους οποίους είναι οι εξής:

α) Διαγράμμιση.

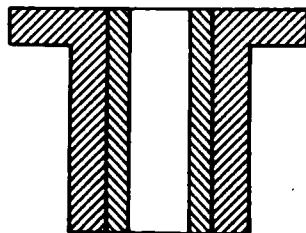
Η διαγράμμιση των τομών γίνεται με λεπτές παράλληλες ισαπέχουσες γραμμές που έχουν κλίση 45° . Σε πολύ σπάνιες περιπτώσεις χρησιμοποιούνται συνθηματικά διακεκομένες γραμμές, όπως φαίνεται από τον πίνακα 5, για να υποδηλωθεί το υλικό, από το οποίο είναι κατασκευασμένο το αντικείμενο. Άλλοτε χρησιμοποιούσαν 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.

Αν δύο συνεχόμενες ξεχωριστές επιφάνειες, παρουσιάζονται σε τομή, τότε η διαγράμμισή τους γίνεται με γραμμές διαγραμμίσεως κάθετες μεταξύ τους, όπως φαίνεται στο σχήμα 8.5α. 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 διαγραμμίζομε, αλλά τη σχεδιάζομε με χονδρή μαύρη γραμμή (σχ. 8.5β).



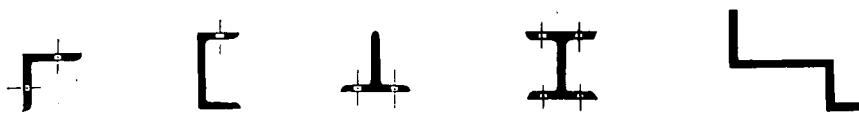
Σχ. 8.5α.

Παρουσίαση τομής στην οποία έχομε σε επαφή διαφορετικά κομμάτια.

Το ίδιο κάνομε, όταν θέλομε να παρουσιάσουμε προφίλ διαφόρων δοκών, π.χ. γωνιακά, πι, ταυ, διπλά ταυ και άλλα λεπτά ελάσματα (σχ. 8.5γ).

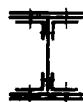
Στην περίπτωση αυτή σημειώνεται δίπλα τους το χαρακτηριστικό, με το οποίο το υλικό αυτό φέρεται στο εμπόριο.

Όταν έχομε συνδυασμένες τέτοιες διατομές, τότε αφήνουμε ανάμεσά τους ένα πολύ μικρό κενό διάστημα, ώστε να ξεχωρίζουν (σχ. 8.5δ).



Σχ. 8.5β.

Παραδείγματα τομών μεταλλικών προφίλ ή λεπτών ελασμάτων.



Σχ. 8.5γ.

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

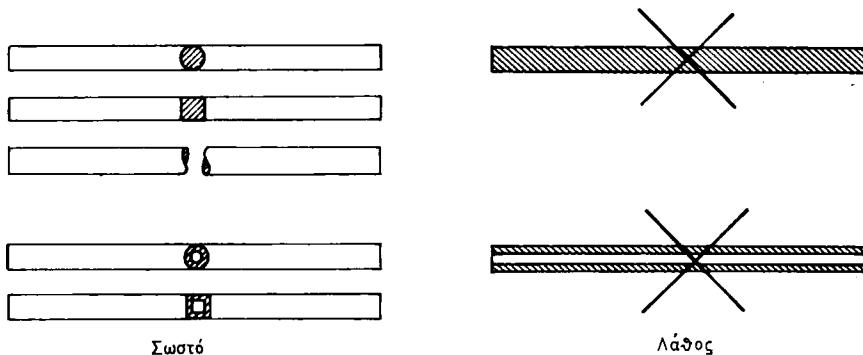
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.

Συνθηματική παράσταση διαφόρων υλικών στις τομές των σχεδίων.

Υλικό	Συνθηματική παράσταση τομής.	Χρώμα
Ατσάλι		Μωβ
Χυτοσίδηρος		Γκρίζο
Χαλυβώδης χυτοσίδηρος		Μπλε
Κασσίτερος μόλυβδος, ψευδάργυρος, λευκό μέταλλο		Ανοικτό κίτρινο
Αλουμίνιο και κράμα- τά του		Πράσινο
Χαλκός		Κόκκινο
Ορείχαλκος		Κίτρινο
Μπρούντζος		Πορτοκαλί
Νικέλιο και τα κράμα- τά του		Ανοικτό μωβ
Μάρμαρο, πορσελάνη		Καστανό
Γιαλί		Ανοικτό πράσινο

ΠΙΝΑΚΑΣ 5 (συνέχεια)

Υλικό	Συνθηματική παράσταση τομής.	Χρώμα
Δέρματα		 Καστανό
Υλικά στεγανότητας και μονώσεως		 Καστανό
Σκληρό ελαστικό		 Καστανό
Μαλακό ελαστικό		 Καστανό
Ξύλο (εγκάρσια και κατά μήκος τομή)		 Πορτοκαλί
Τοίχος με πέτρες		 Γκρίζο
Τοίχος με τούβλα		 Κόκκινο
Μπετόν		 Γκρίζο
Πυρίμαχος γη και τούβλα		 Βαθύ κίτρινο
Έδαφος		 Καστανό
Υγρά		 Ανοικτό μπλε



Σχ. 8.5δ.

γ) Επίπεδα τομής.

Στο σχέδιο πρέπει να φαίνεται καθαρά ποια είναι τα επίπεδα τομής. Αυτό το επιτυγχάνουμε εύκολα, αν σε μια κατάλληλη όψη (συνήθως κάτοψη) δείξομε το ίχνος του τέμνοντος επιπέδου. Το ίχνος αυτό το χαρακτηρίζομε με γράμματα και σημειώνουμε στα άκρα του βέλη, που δείχνουν την κατεύθυνση προς την οποία βλέπομε την τομή, όταν τη σχεδιάζομε (σχ. 8.1β). Στην τομή σημειώνουμε τα χαρακτηριστικά γράμματα, με τα οποία σημαδέψαμε το ίχνος του επιπέδου τομής.

Είναι προφανές ότι, όταν έχομε τομή με τεθλασμένη επιφάνεια, το ίχνος δεν θα είναι ευθεία, αλλά τεθλασμένη γραμμή (σχ. 7.2στ).

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. 7.2στ).

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

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

Επιτρέπεται και μάλιστα πολλές φορές επιβάλλεται να σχεδιάσουμε την εγκάρσια τομή του για να δείξομε τη διατομή του (σχ. 8.5δ).

Είναι λάθος να κόψωμε κατά μήκος ένα άξονα στρογγυλό ή τετράγωνο:

Τουναντίον είναι σωστό να τον σχεδιάσουμε, όπως φαίνεται στο σχ. 8.5δ.

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

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

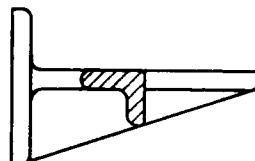
Τα νεύρα δεν τέμνονται ποτέ από επίπεδα που συμπίπτουν με το επίπεδό τους.

Αν πάλι πρόκειται για νεύρα ή βραχίονες τροχών, μια εγκάρσια τομή θα μπορούσε να μας δώσει πολύτιμες πληροφορίες για τη μορφή της διατομής. Τα παρακάτω σχήματα δείχνουν τη σωστή σχεδίαση (σχ. 8.5ε, 8.5στ, 8.5ζ, 8.5η και 8.5θ).

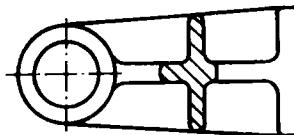
Σημειώνομε επίσης πως όταν σχεδιάζομε τροχαλίες με περιπτώ αριθμό βραχιόνων (ακτίνων), η τομή σχεδιάζεται σαν να είναι άρτιος ο αριθμός τους. Το πραγματικό πλήθος και η διάταξη των βραχιόνων φαίνεται από την πρόσωψη.



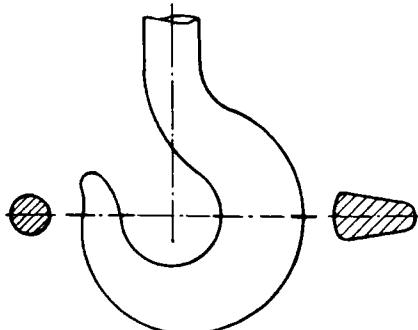
Σχ. 8.5ε.
Βάκτρο.



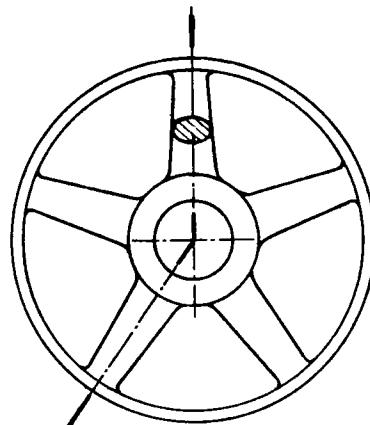
Σχ. 8.5στ.
Μπρακέτο.



Σχ. 8.5ζ.
Μπρακέτο με έδρανο στηρίζεως.

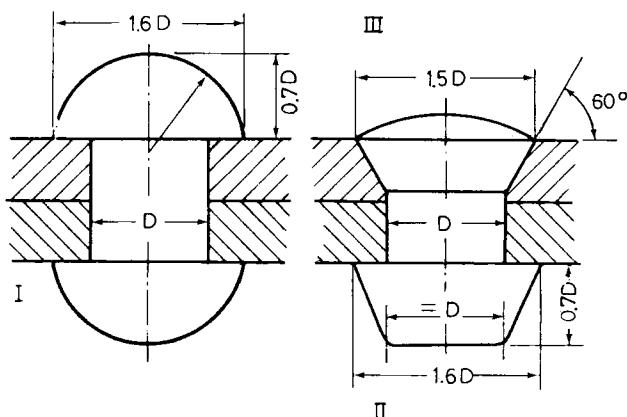


Σχ. 8.5η.
Άγκιστρο.

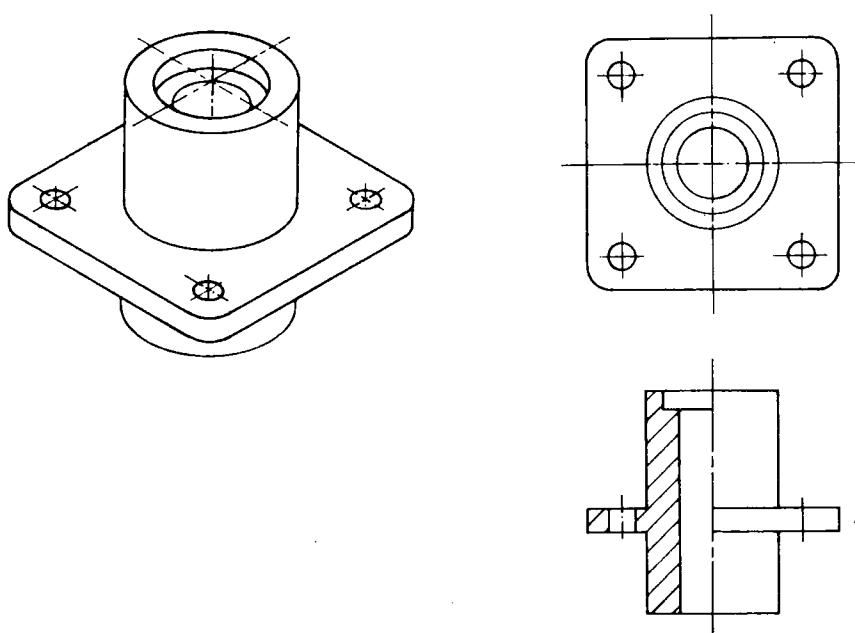


Σχ. 8.5θ.
Τροχαλία.

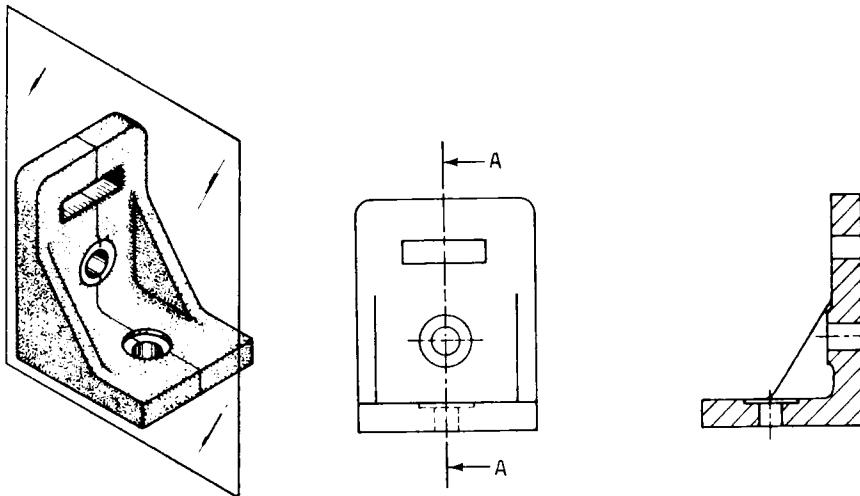
ε) Παραδείγματα σχεδιάσεως τομών (σχ. 8.5ι έως 8.5ιστ).



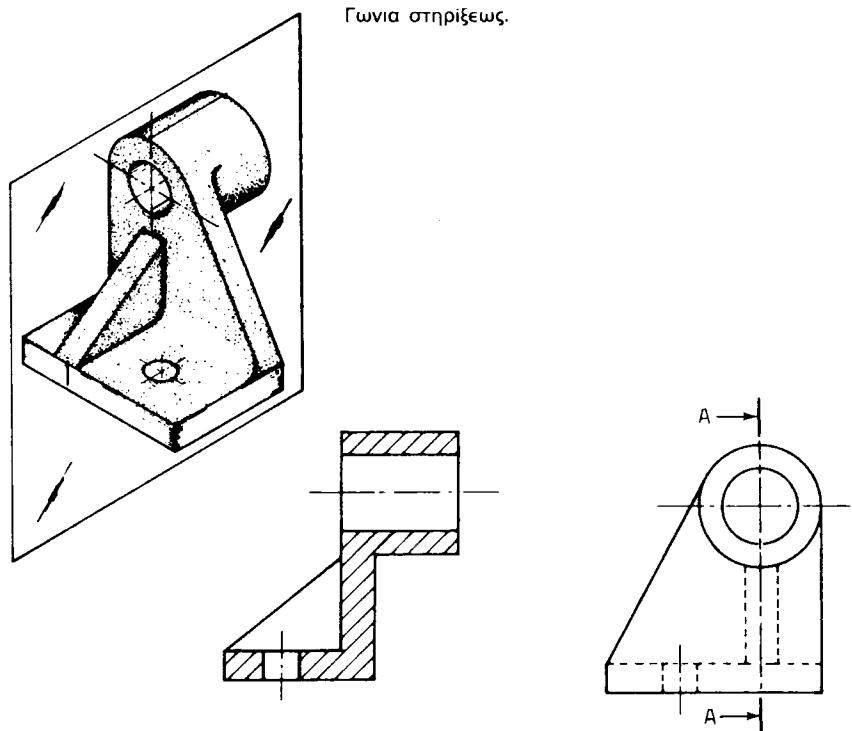
Σχ. 8.5ι.
Καρφωτά ελάσματα.



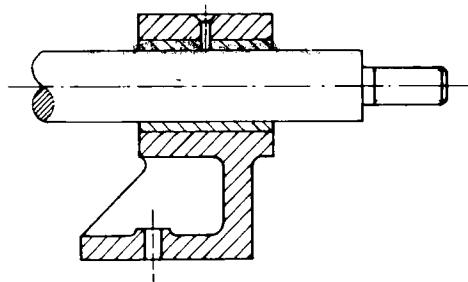
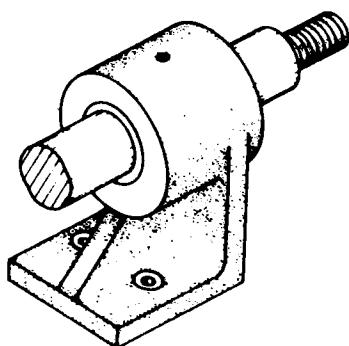
Σχ. 8.5ια.
Οδηγός.



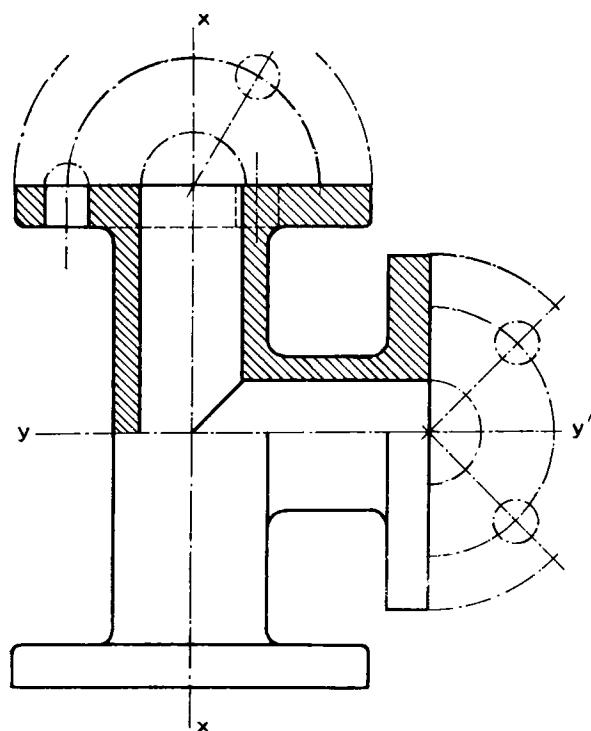
Σχ. 8.5ιβ.
Γωνία στηρίξεως.



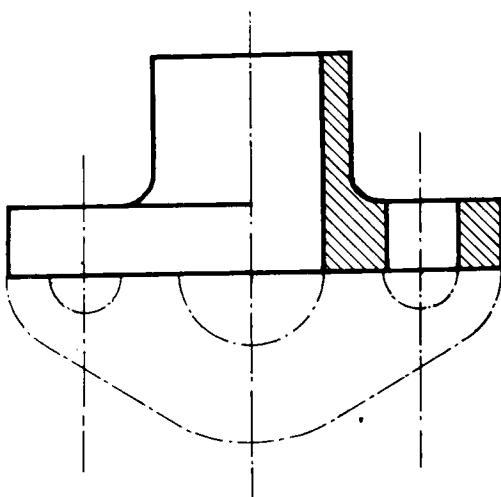
Σχ. 8.5ιγ.
Μπρακέτο-κουζινέττο.



Σχ. 8.5ιδ.
Μπρακέτο-κουζινέττο.



Σχ. 8.5ιε.
Σύνδεσμος σωληνωσεως σχήματος Τ.



Σχ. 8.5ιστ.
Χύτοσιδερένια φλάντζα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΝΑΤΟ

ΟΙ ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΚΑΙ Η ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΤΟΥΣ

9.1 Γενικά.

Στην παράγραφο 3.1 του βιβλίου, όπως είδαμε, γράφηκαν λίγα λόγια για τις διαστάσεις του σχεδίου.

Εδώ θα εξηγήσομε 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 σημειώνομε 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 σχεδιάζομε 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 αποκτήσομε 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 κλίμακα τους να βρει τα μεγέθη τους.

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

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

Είναι εύκολο να καταλάβομε 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, πού μπορούν να μας δείξουν μεγαλύτερη ή μικρότερη τη διάσταση.

— Στο ζάρωμα του χαρτιού του σχεδίου.

Άλλα 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 κινδυνεύουμε να σφάλλομε.

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

Είναι φανερό ότι, αν τοποθετήσουμε στο σχέδιο μας όλες τις απαραίτητες για τον κατασκευαστή διαστάσεις, δεν υπάρχει κανένας φόβος να αμφιβάλλει 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 μη περιπλέκουν το σχέδιο. Περισσότερες διαστάσεις από όσες χρειάζονται φέρνουν σύγχυση. Λιγότερες δημιουργούν ερωτηματικά.

9.2 Βασικοί κανόνες για την τοποθέτηση των διαστάσεων.

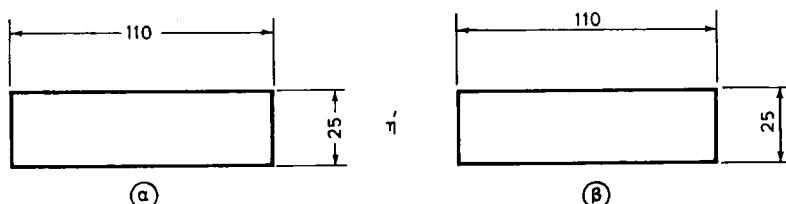
— Οι διαστάσεις στα τεχνικά σχέδια γράφονται σε μέτρα και με δυο δεκαδικά ψηφία, ώστε να μας δίνουν ακρίβεια εκατοστομέτρου. Ειδικά στα μηχανολογικά σχέδια και στα σχέδια, που δείχνουν μεταλλικές (και σπανιότερα ξύλινες) κατασκευές, οι διαστάσεις γράφονται σε χιλιοστά του μέτρου (mm). Ποτέ δίπλα στον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

— Κατ' 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 εκφρασθούν και σε άλλη μεγαλύτερη μονάδα π.χ. σε μέτρα (m). Τότε όμως πρέπει δίπλα στον αριθμό να γραφεί και η μονάδα τη.

— 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 εκφράσουμε 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 χαρακτηρίζομε και που είναι παράλληλη προς την ακμή, της οποίας το μήκος μετρούμε [σχ. 9.2(a)].

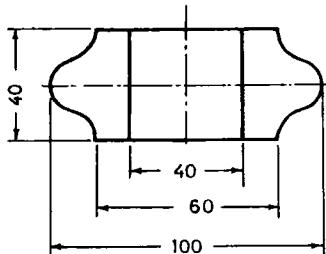


Σχ. 9.2a.

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

— Οι γραμμές των διαστάσεων φροντίζουμε πάντοτε να είναι απομακρυσμένες αρκετά χιλιοστά από τις γραμμές του σχεδίου, ώστε να μη συγχέονται μαζί τους. Πρέπει να αποφεύγομε, 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 τελειώνουν τα βέλη που τοποθετούμε στά άκρα των γραμμών διαστάσεων.



Σχ. 9.2β.
Μεταλλικό στήριγμα άξονα.

— Δεν είναι λάθος αν ο αριθμός-διάσταση δεν διακόπτει τη γραμμή της διαστάσεως, αλλά τοποθετείται στο μέσο της, λίγο ψηλότερα [σχ. 9.2α(β)].

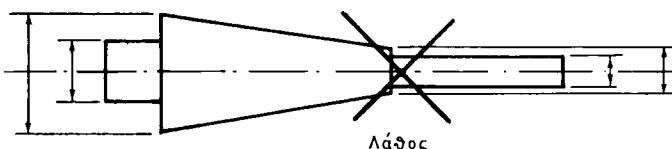
· Είναι όμως προτιμότερο να ακολουθούμε τον προηγούμενο τρόπο.

— Αποφεύγομε να χρησιμοποιούμε γραμμές του σχεδίου μας σαν βοηθητικές γραμμές διαστάσεων.

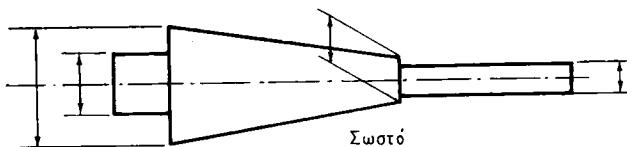
— Δεν επιτρέπεται να χρησιμοποιούμε κύριες γραμμές του σχεδίου σαν γραμμές διαστάσεων.

— 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 μη δημιουργηθεί σύγχυση, να χρησιμοποιήσουμε βοηθητικές γραμμές όχι κάθετες προς τη γραμμή της οποίας δηλώνομε το μήκος, αλλά λοξές (σχ. 9.2γ).

Αντί να σχεδιάσομε:



Είναι καλύτερα να σχεδιάσομε:



Σχ. 9.2γ.

— 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 9.2δ.

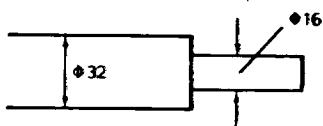


Σχ. 9.2δ.

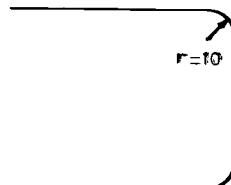
— Οι βιοηθητικές γραμμές ξεπερνούν κατά 1 mm ως 1,5 mm τα áκρα των γραμμών διαστάσεων.

— Αν έχουμε να χαρακτηρίσουμε με μια διάσταση μια διάμετρο κύκλου, πρέπει δίπλα στον αριθμό, που εκφράζει το μήκος της διαμέτρου, να σημειώσουμε το σύμβολο Ø που σημαίνει διάμετρος (σχ. 9.2ε).

Το Ø δεν αναγράφεται όταν η διάσταση γράφεται σε όψη που φαίνεται ότι είναι διάμετρος κύκλου, π.χ. στο σχήμα 9.2ι.



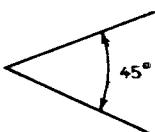
Σχ. 9.2ε.



Σχ. 9.2στ.

— Στις περιπτώσεις που το εξάρτημα τελειώνει κάπου στρογγυλεμένο, τότε πρέπει στο σχέδιο να σημειώσουμε την ακτίνα καμπυλότητας, όπως δείχνεται στο σχήμα 9.2στ.

— Αν θέλουμε να σημειώσουμε το μέγεθος μιας γωνίας, τότε χαράζομε ανάμεσα στα σκέλη της γωνίας ένα τόξο, στου οποίου τα áκρα τοποθετούμε τα γνωστά βέλη των διαστάσεων και στο μέσο του τόξου σημειώνομε το μέγεθος της γωνίας σε μοιρές ή βαθμούς (σχ. 9.2ζ).



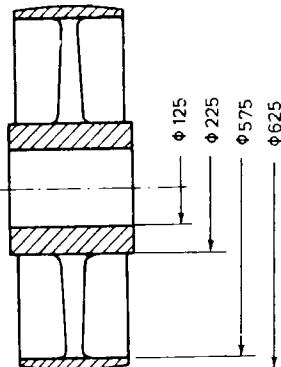
Σχ. 9.2ζ.



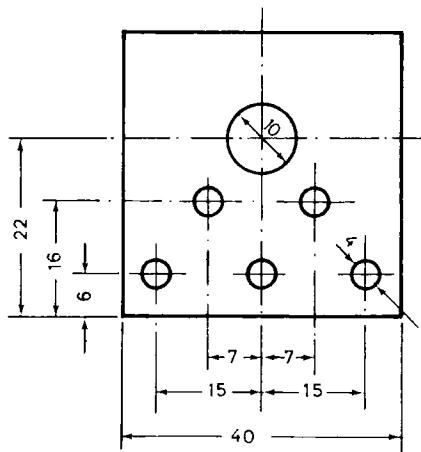
Σχ. 9.2η.

— Αν óμως η γωνία είναι μικρή, εφαρμόζομε την ίδια μέθοδο, όπως στις παλύ μικρές διαστάσεις μηκών, όπως φαίνεται στο σχήμα 9.2η.

— Στα κυλινδρικά σχήματα επιτρέπεται να σημειώνομε τις διαστάσεις με το ένα βέλος τους μόνο και η γραμμή της διαστάσεως να ξεπερνά κάπως τον άξονα συμμετρίας, όπως φαίνεται στο σχήμα 9.2θ.



Σχ. 9.2θ.

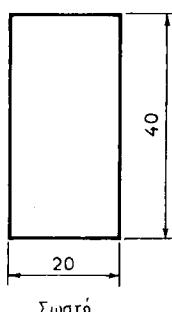
Σχ. 9.2ι.
Λάμα διάτρητη.

— Ενώ δεν επιτρέπεται να χρησιμοποιήσουμε ως βοηθητικές γραμμές τις γραμμές, που παριστάνουν το αντικείμενο, επιτρέπεται εν τούτοις να χρησιμοποιήσουμε ως βοηθητικές γραμμές φανταστικούς άξονες του σχεδίου (σχ. 9.2ι).

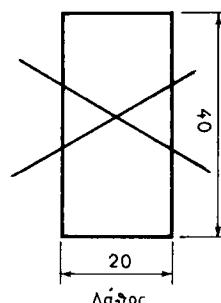
— Οι αριθμοί των διαστάσεων πρέπει να γράφονται ευκρινώς στο μέσο περίπου της γραμμής της διαστάσεως.

— Αν η διάσταση έχει διεύθυνση κατακόρυφη, πρέπει να γραφεί όπως δείχνει το σχήμα 9.2ια και όχι όπως δείχνει το σχήμα 9.2ιβ.

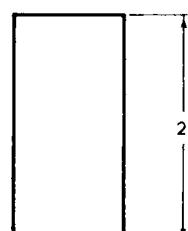
Σε ορισμένα αγγλοσαξονικά σχέδια θα βρούμε τις διαστάσεις στην κατακόρυφη γραμμένες όπως φαίνεται στο σχήμα 9.2ιγ.



Σωστό



Λαθανός



Σχ. 9.2ιγ.

Σχ. 9.2ια.

Σχ. 9.2ιβ.

9.3 Οδηγίες για την αποφυγή σφαλμάτων στην αναγραφή των διαστάσεων.

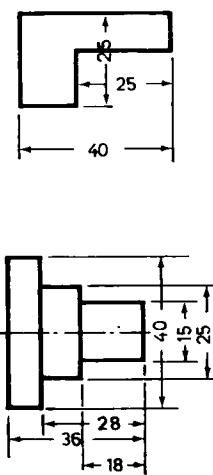
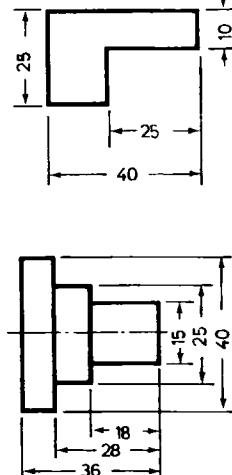
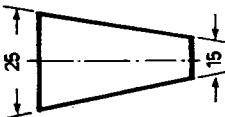
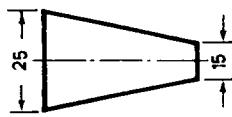
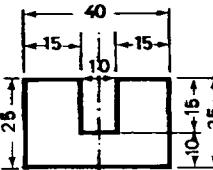
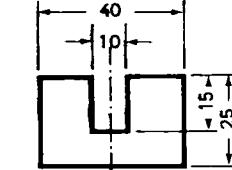
Ανακεφαλαιώνοντας τους παραπάνω κανόνες, παρέχομε στους παρακάτω πίνακες συγκεκριμένες οδηγίες.

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.

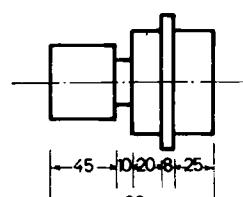
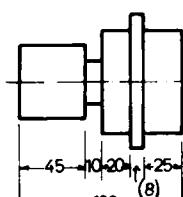
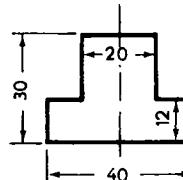
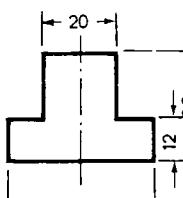
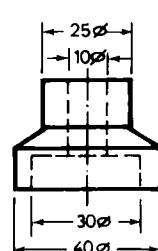
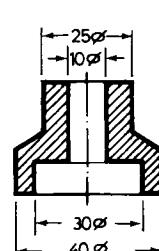
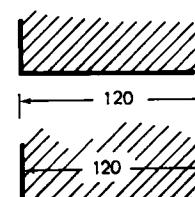
Κυριότεροι κανόνες για αναγραφή διαστάσεων στα σχέδια.

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

(Πίνακας 6, συνέχεια)

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

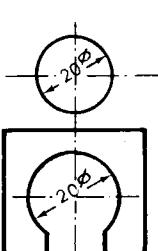
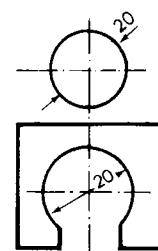
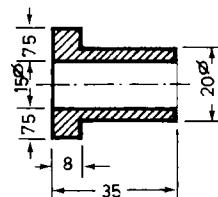
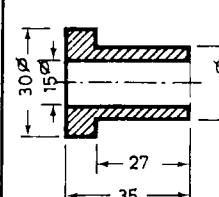
(Πίνακας 6, συνέχεια)

a/a	Κανόνες	<u>Λάθος</u> σχεδίαση	<u>Σωστή</u> σχεδίαση
8a	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 γράψιμο διαστάσεων στο εσωτερικό του σχεδίου.		
10	Οι διαστάσεις να μπαίνουν κατά το δυνατόν σε γραμμές που φαίνονται. Αν δεν υπάρχει δεύτερη κατάλληλη όψη, σχεδιάστε μια τομή.		
11	Σε διαγραμμισμένες επιφάνειες οι διαστάσεις μπαίνουν απ' έξω. Στην ανάγκη διακόπτεται η διαγράμμιση.		

(Πίνακας 6, συνέχεια)

a/a	Κανόνες	<u>Λάθος σχεδίαση</u>	<u>Σωστή σχεδίαση</u>
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 πλαγιαστοί, ώστε να διαβάζονται από κάτω προς τα άνω.		
14	Αποφεύγετε να γράφετε λοξές διαστάσεις μήκους σε γωνία μικρότερη από 30° από την κατακόρυφο		
15	Πώς γράφομε τη διάσταση μιας ακτίνας: α) Όταν δίνεται το κέντρο από τους άξονές του, δεν χρειάζεται το σύμβολο R. β) Όταν το κέντρο καθορίζεται από τομή δύο αξόνων, σημειώνεται με ένα κύκλο μικρό. γ) Το σύμβολο r ή R γράφεται, όταν δεν υπάρχει στο σχέδιο κέντρο.		

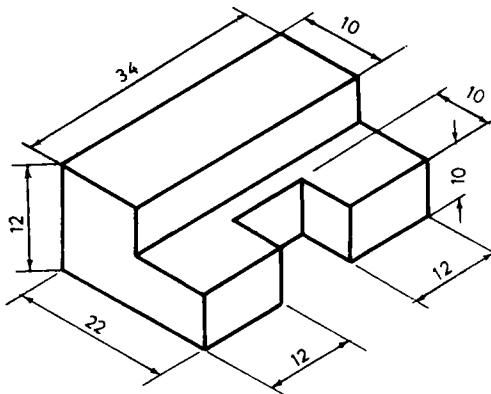
(Πίνακας 6, συνέχεια)

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

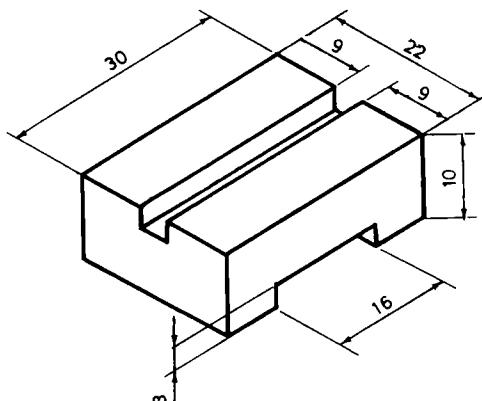
9.4 Παραδείγματα σωστής αναγραφής διαστάσεων.

Για να εμπεδοθούν οι γνώσεις των μαθητών στο πώς πρέπει να τοποθετούνται οι διαστάσεις στο τεχνικό σχέδιο, παραθέτουμε όλα σχεδόν τα σχέδια που απεικονίζουν διάφορα εξαρτήματα και έχουν σχεδιασθεί στα προηγούμενα κεφάλαια, συμπληρωμένα με διαστάσεις κατά το σωστό τρόπο (σχ. 9.4α ως 9.4η).

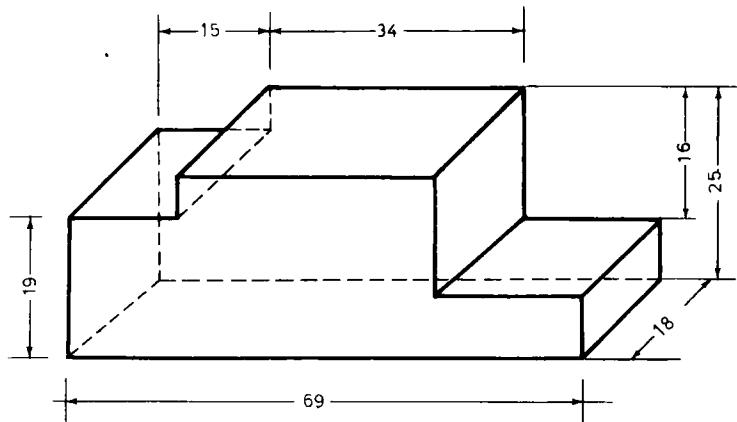
Επειδή τα αντικείμενα είναι κυρίως στοιχεία μηχανών, οι διαστάσεις είναι σε χιλιοστά.



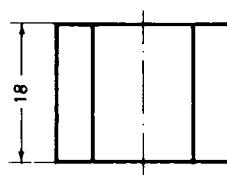
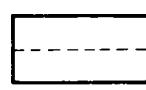
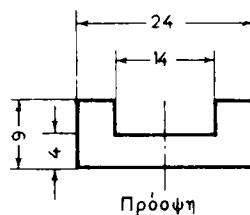
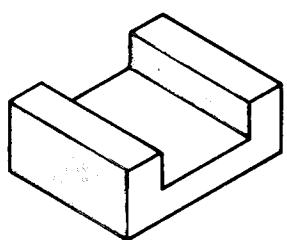
Σχ. 9.4α.



Σχ. 9.4β.

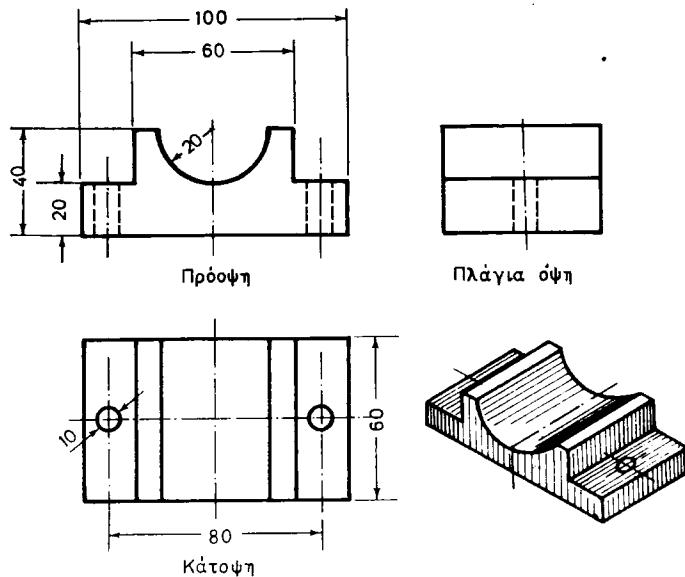


Σχ. 9.4γ.

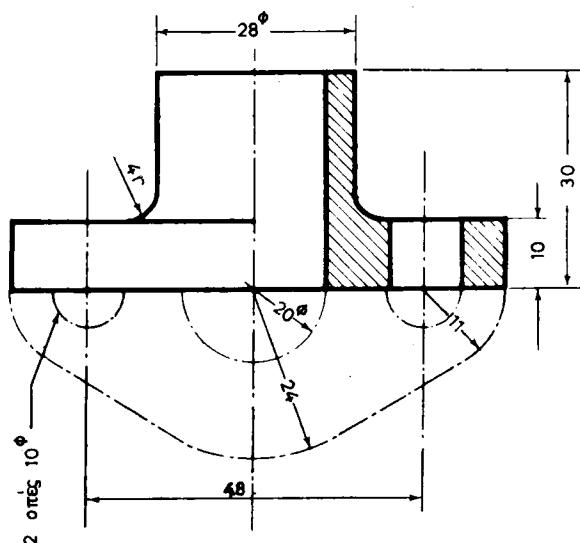


Κατοψη

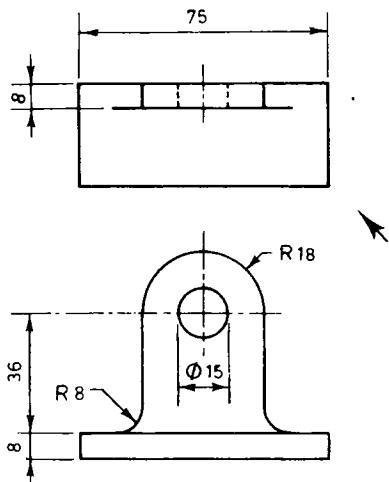
Σχ. 9.4δ.



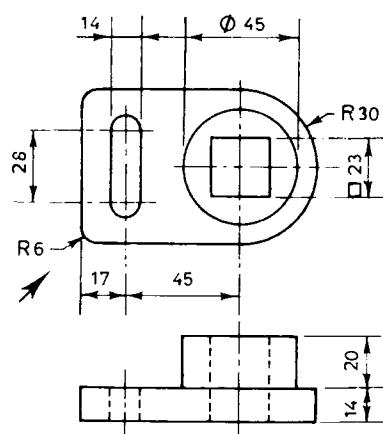
$\Sigma\chi. 9.4\epsilon.$



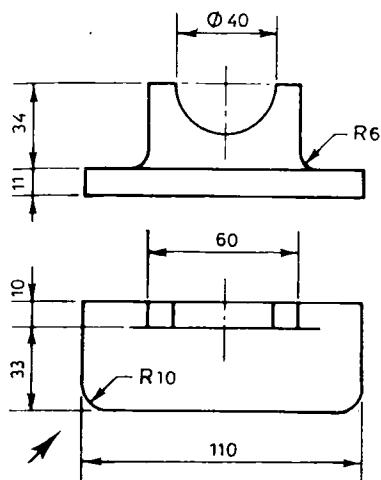
$\Sigma\chi. 9.4\sigma\tau.$



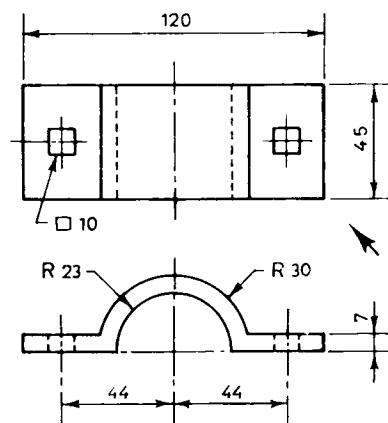
Σχ. 9.4ζ.
Έδρανο.



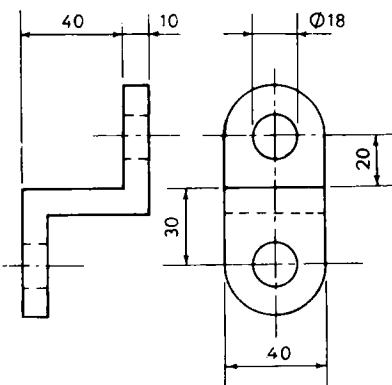
Σχ. 9.4η.
Πλακίδιο ρυθμίσεως.



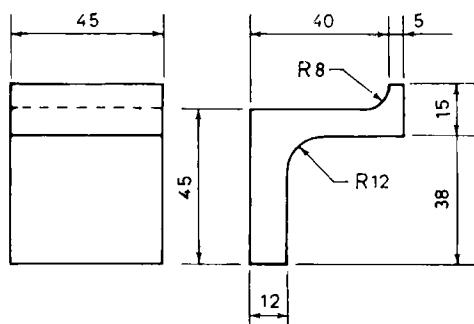
Σχ. 9.4θ.
Οδηγός ατράκτου.



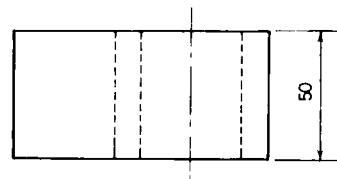
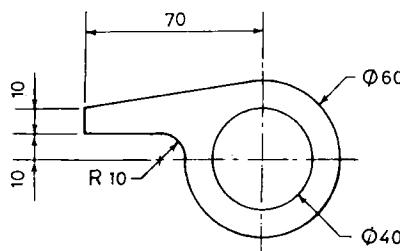
Σχ. 9.4ι.
Κάλυμμα εδράνου.



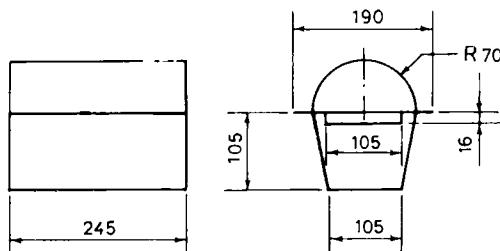
Σχ. 9.4ια.
Διπλό στήριγμα.



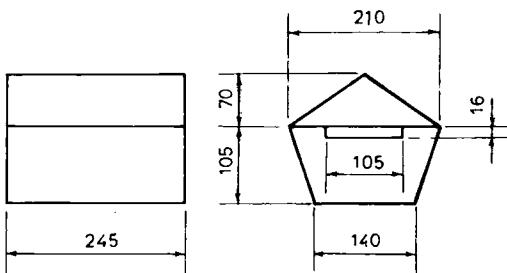
Σχ. 9.4ιβ.
Εξάρτημα.



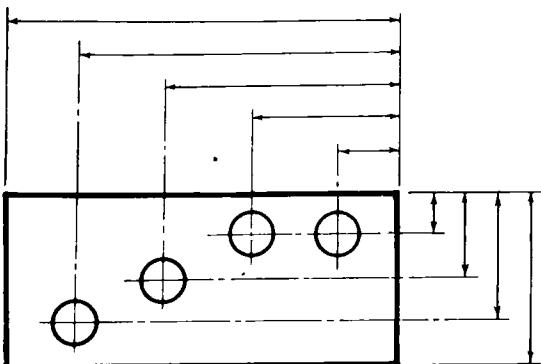
Σχ. 9.4ιγ.
Κνώδακας.



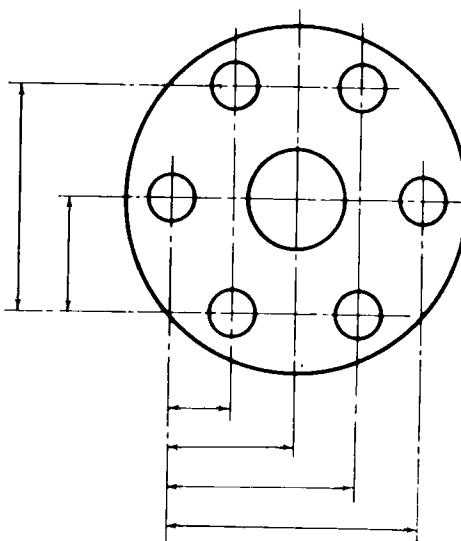
Σχ. 9.4ιδ.
Γραμματοκιβώτιο.



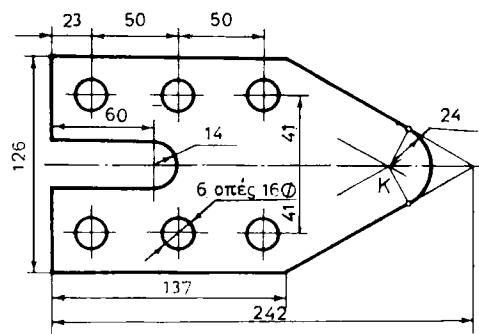
Σχ. 9.4ιε.
Γραμματοκίβωτο.



Σχ. 9.4ιστ.
Λάμα με τρύπες.



Σχ. 9.4ιζ.
Φλαντζα με τρύπες.



Σχ. 9.4ιη.

Πέδιλο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ

ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΕΣ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΕΙΣ

10.1 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 γενικά 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. Ακόμη και ένα οικόπεδο, μικρό ή μεγάλο, πρέπει να είναι δυνατόν να απεικονισθεί με ένα σχέδιο - το τοπογραφικό.

Για να έχουμε μια πλήρη εικόνα της οικοδομής που θέλομε να κτίσομε, χρειάζονται διάφορα σχέδια και μελέτες, που τα χωρίζομε 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 σχεδιάζομε συνήθως σε κλίμακα 1:100 ή 1:200 ή και 1:500, ανάλογα με την έκτασή του και την ανάγκη που έχομε να το αποτυπώσουμε με μεγαλύτερη ή μικρότερη ακρίβεια.

Στά **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 υρόφων.
- γ) Κάτοψη δώματος.
- δ) Προσόψεις.
- ε) Τομές.
- στ) Προοπτικά (γενικά και ειδικά αρχιτεκτονικά).

Στα κατασκευαστικά σχέδια που είναι και αυτά οικοδομικά λεπτομεριακά σχεδιάσματα, απεικονίζεται με πληρέστερο τρόπο, με περισσότερες λεπτομέρειες, διαστάσεις και σημειώσεις κάθε μέρος της οικοδομής. Χάρη σ' 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 δωμάτων, 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 κτιρίου. 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) Υδρεύσεως.
- γ) Ηλεκτρικών εγκαταστάσεων.
- δ) Θερμάνσεως ή και κλιματισμού.
- ε) Αναβατήρων και
- στ) Τηλεφωνικών εγκαταστάσεων ή κεραιών και πριζών τηλεοράσεως κλπ.

10.2 Τοπογραφικό σχέδιο οικοπέδου με οικοδομή.

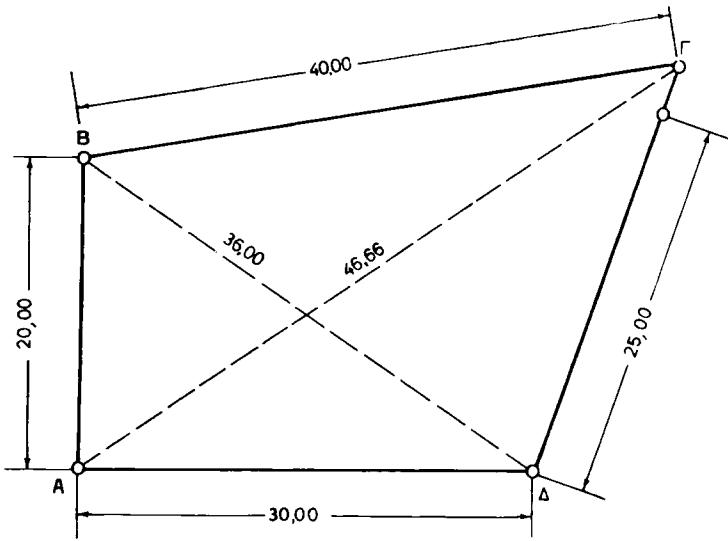
Όταν χρειάζεται να απεικονίσουμε ένα οικόπεδο, πρέπει να μετρήσουμε ακριβώς τις πλευρές του και τις γωνίες του και αν είναι εύκολο και τις διαγώνιες του, ώστε να είναι δυνατόν να ελεγχθεί η ακρίβεια της αποτυπώσεώς του.

Αν π.χ. έχομε ένα οικόπεδο σαν κι αυτό που φαίνεται στο σχήμα 10.2α, μπορούμε να το αποτυπώσουμε χωρίς λάθος, αν γνωρίζουμε τις πλευρές και τις διαγώνιες 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).

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

Τα μήκη των πλευρών και των διαγώνιων 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 χτισμένο ήδη σπίτι, μια λίμνη ή κάτι ανάλογο (σχ. 10.2β).

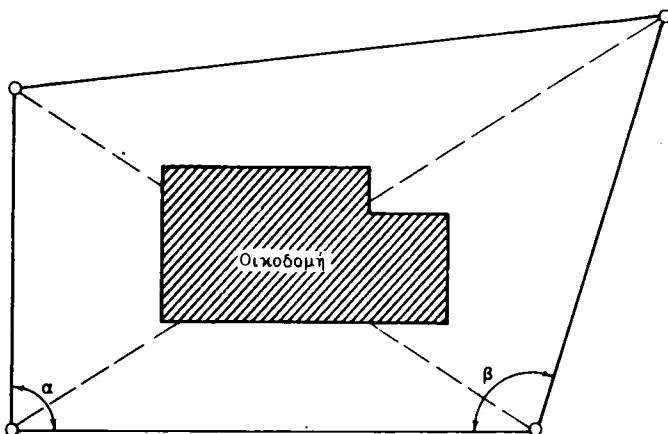


Σχ. 10.2α.

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

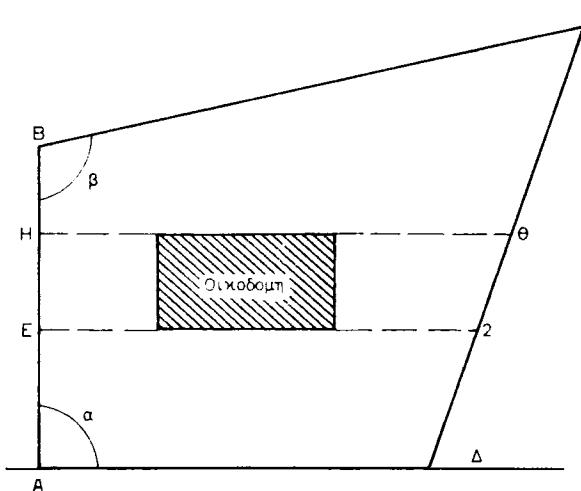
Δεν είναι όμως δυνατόν — όπως γνωρίζουμε από την επιπεδομετρία — να κατασκευάσουμε το τετράπλευρο και ακόμη δυσκολότερα ένα σχήμα με 5 ή περισσότερες πλευρές, έχοντας μόνο τα μήκη των πλευρών του πολυγώνου.

Χρειάζεται να μετρήσουμε και τη γωνία α ή τη β ή και τις δύο (για περισσότερη ασφάλεια, σχ. 10.2β).



Σχ. 10.2β.

Αν δεν έχομε τα κατάλληλα μέσα να μετρήσουμε τις γωνίες αυτές τότε πρέπει για να αποτύπωσουμε το οικόπεδο να το χωρίσουμε σε κομμάτια, πού μπορούμε να τα σχεδιάσουμε χωρίς λάθος, με βάσει όσα γράφονται στα προηγούμενα (με τα μήκη των τεσσάρων πλευρών, και της μιας, ή και των δύο διαγωνίων κάθε τετραπλεύρου) (σχ. 10.2γ).



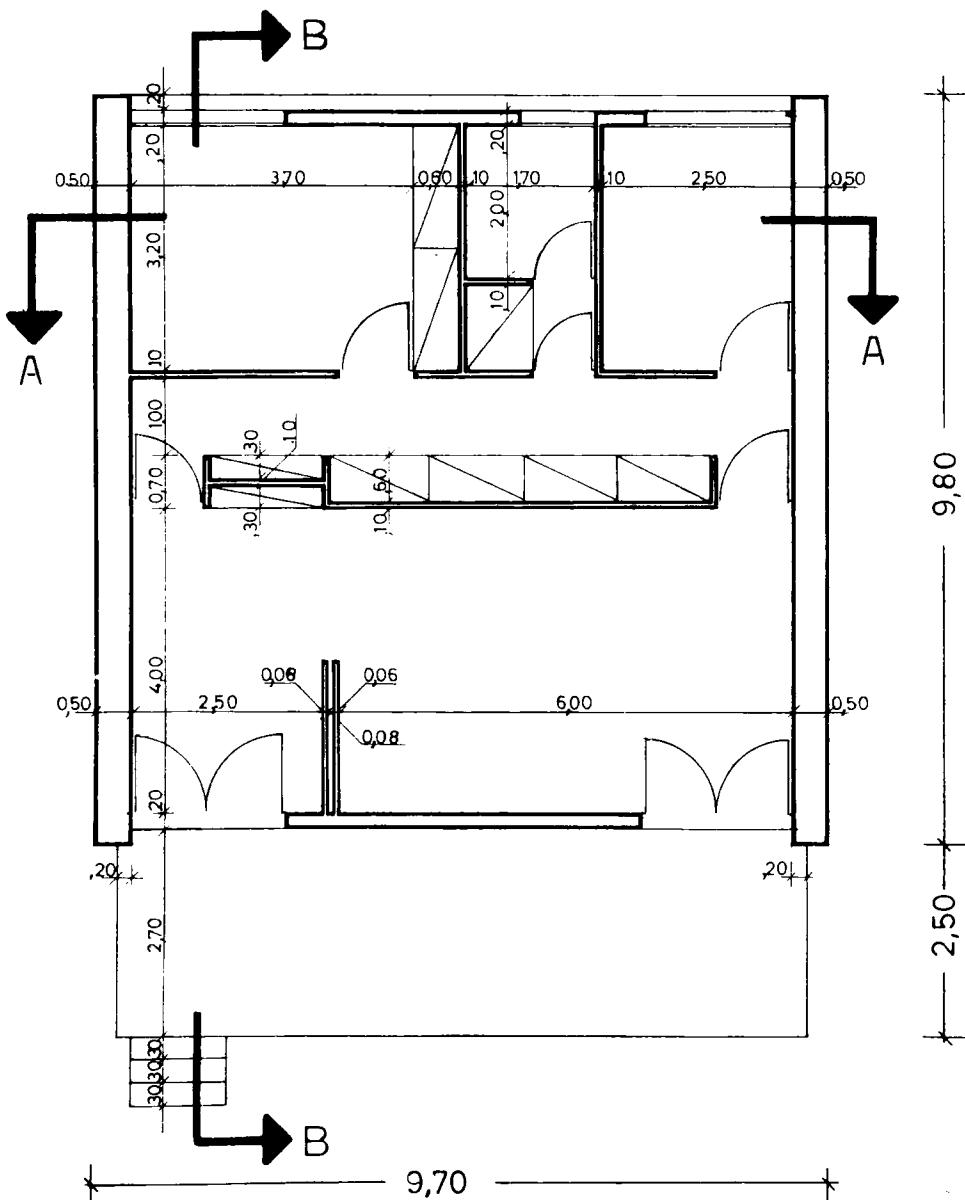
Σχ. 10.2γ.

10.3 Σχεδίαση κατόψεως μιας απλής κατοικίας.

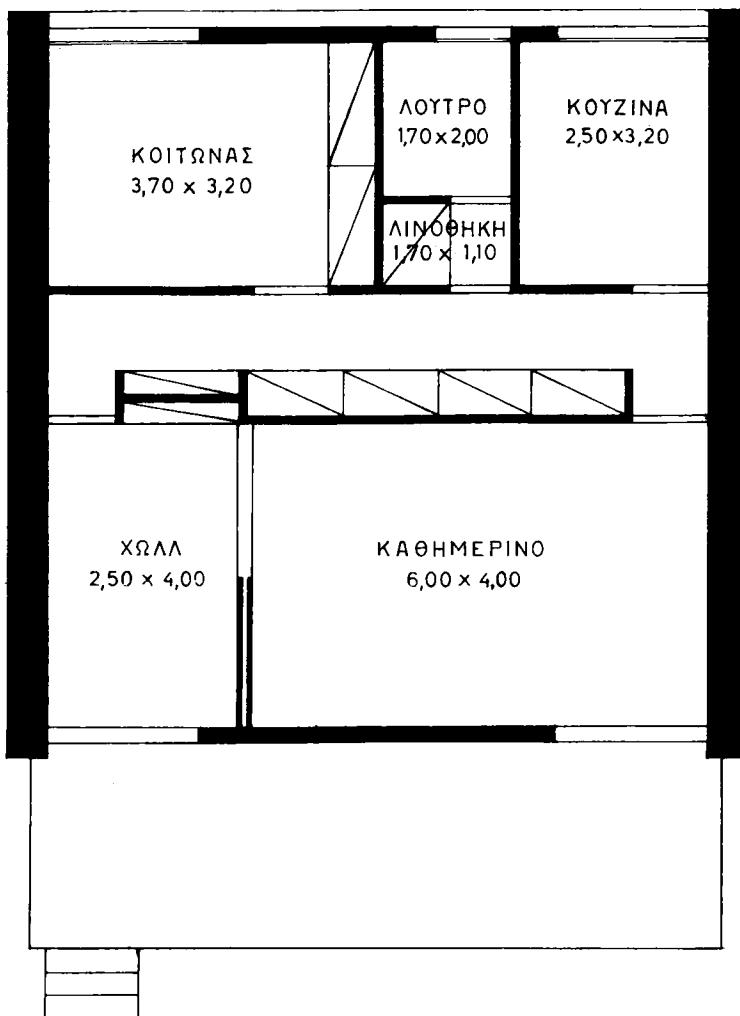
Η κάτοψη μιας κατοικίας σχεδιάζεται με τη μέθοδο της ορθής προβολής στο οριζόντιο προβολικό επίπεδο. Στο παρακάτω σχήμα απεικονίζεται η κάτοψη μιας απλής κατοικίας με το χωλλ, το καθημερινό, το υπνοδωμάτιο, την κουζίνα, το λουτρό και τη λινοθήκη (σχ. 10.3α). Σημειώνομε ότι η κάτοψη είναι μια τομή της 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 7.2.1.

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 επόμενο σχήμα (σχ. 10.3β).



Σχ. 10.3α.



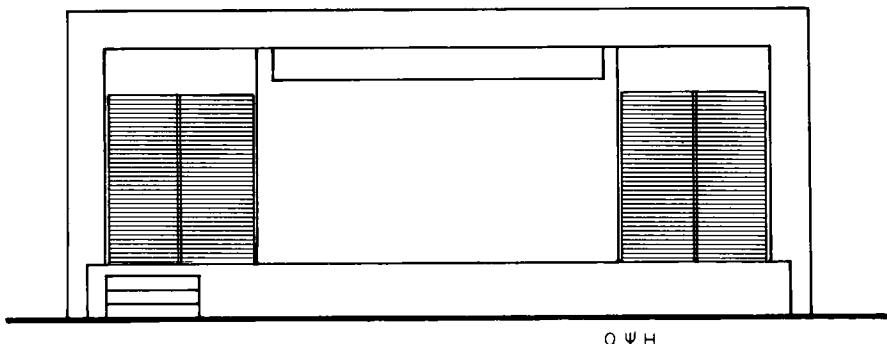
Σχ. 10.3β.

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.

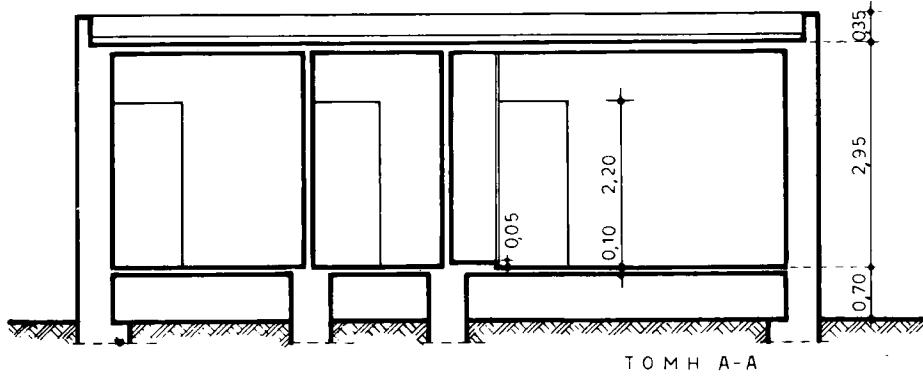
10.4 Σχεδίαση όψεων και τομών απλής κατοικίας.

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 κάτωφή της, θα ήταν δυνατόν να είναι αυτή που δείχνει το επόμενο σχέδιο (σχ. 10.4α) και οι τομές με τα επίπεδα AA και BB της κατόψεως του σχήματος 10.3α παρουσιάζονται στα επόμενα σχέδια (σχ. 10.4β και 10.4γ) με τις διαστάσεις των κουφωμάτων και διάφορα ύψη που βοηθούν τον κατασκευαστή στο έργο του.

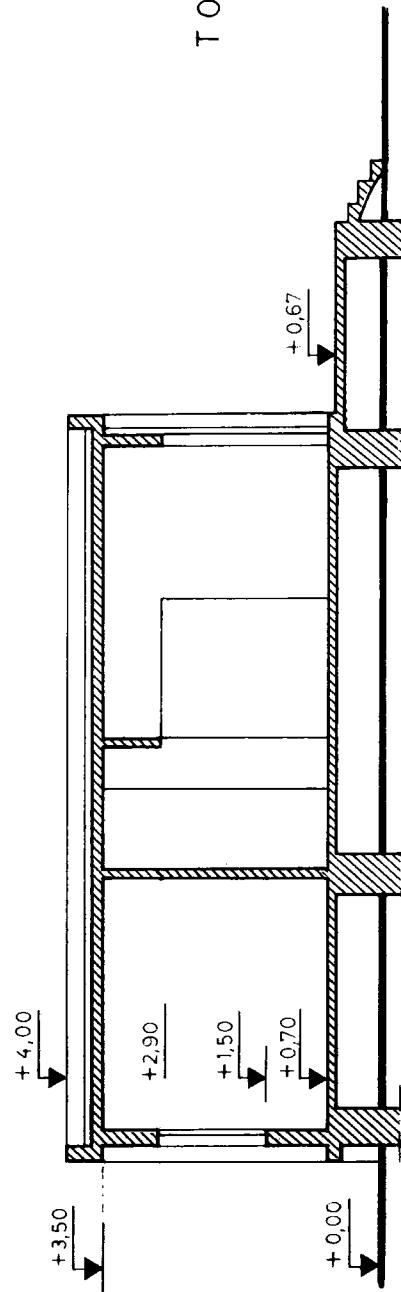


Σχ. 10.4α.



Σχ. 10.4β.

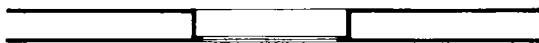
T O M H B - B

 $\Sigma x = 10.4 \text{ m}$

10.5 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.

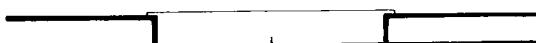
β) Οι θέσεις παραθύρων σχεδιάζονται με διακοπή της γραμμής του τοίχου. Στη θέση τους χαράζομε μια ψηλή γραμμή. Αν το παράθυρο είναι δίφυλλο ή τρίφυλλο υποδεικνύεται στο σχέδιο με κατάλληλο τρόπο. Από τα παρακάτω σχέδια 10.5α έως 10.5ε φαίνεται ο σωστός τρόπος για τη σχεδίαση των παραθύρων στην κάτωψη της οικοδομής.



Σχ. 10.5α.



Σχ. 10.5β.



Σχ. 10.5γ.



Σχ. 10.5δ.

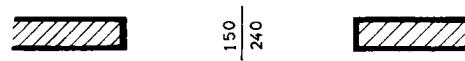


Σχ. 10.5ε.

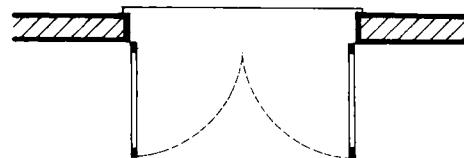
γ) Οι πόρτες σχεδιάζονται στην κάτωψη με πλήρη διακοπή της γραμμής του τοίχου.

δ) Στα παρακάτω σχήματα 10.5στ, 10.5ζ και 10.5η απεικονίζεται ο σωστός τρόπος σχεδιάσεως των κατωφλίων των θυρών και των θυρόφυλλων μαζί με την ένδειξη του τρόπου που ανοίγουν.

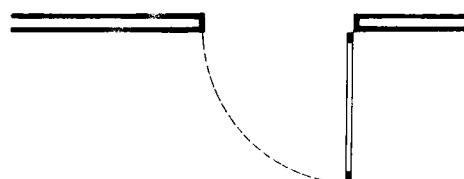
ε) Τα κουφώματα στην τομή τους σχεδιάζονται όπως δείχνεται στα σχέδια 10.5θ και 10.5ι.



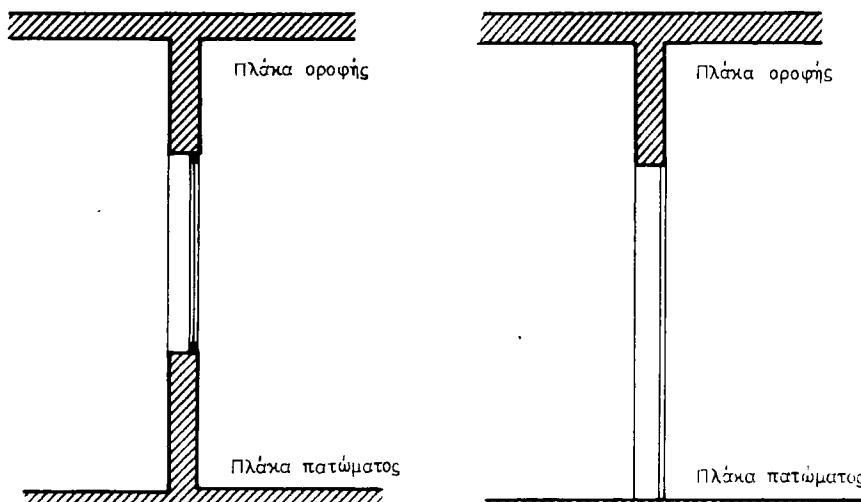
Σχ. 10.5στ.
Κάτοψη ανοίγματος πόρτας $1,50 \times 2,40$ m.



Σχ. 10.5ζ.
Κάτοψη δίφυλλης πόρτας.



Σχ. 10.5η.
Κάτοψη μονόφυλλης πόρτας.



Σχ. 10.5θ.
Τομή σε θέση παραθύρου.

Σχ. 10.5ι.
Τομή σε θέση πόρτας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΝΔΕΚΑΤΟ

ΣΧΕΔΙΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΣΕ ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΑ ΕΡΓΑ

11.1 Γενικά.

Όπως έχομε πει ήδη στά προηγούμενα, σήμερα δεν είναι δυνατόν να νοηθεί οικοδομή, χωρίς να έχει σωστή ηλεκτρική εγκατάσταση, όπως και υδραυλική και αποχετευτική. Πολλές φορές μάλιστα έχει και εγκατάσταση κεντρικής θερμάνσεως ή κλιματισμού.

Για να είναι σωστές οι εγκαταστάσεις αυτές πρέπει να μελετηθούν μαζί με τις 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, θερμάνσεως και ηλεκτρισμού, και επομένως και τα σχέδιά τους.

Ηλεκτρικές σχεδιάσεις δεν έχομε 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 σ' όλο τον κόσμο μονοσήμαντα δηλαδή, πάντα κατά τον ίδιο τρόπο.

Για τους κυριότερους απ' 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 τούς ειδικούς στα ηλεκτρολογικά θα αποτελέσουν το θέμα άλλου βιβλίου (Ηλεκτρικές Σχεδιάσεις).

11.2 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 έχομε 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:

- με το **θεωρητικό σχέδιο** ή **κυκλωματικό σχέδιο** (ή **σχέδιο λειτουργίας**),
- με το **κατασκευαστικό σχέδιο** ή **συνδεσμολογικό σχέδιο** (ή **σχέδιο εγκαταστάσεως**),

- με το **εποπτικό σχέδιο**.

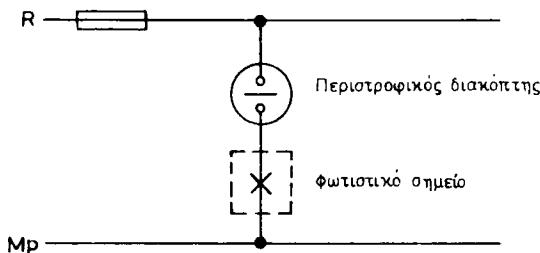
Με το πρώτο, το **θεωρητικό**, καταβάλλομε κάθε προσπάθεια να παρουσιάσουμε τις ηλεκτρικές γραμμές (συρματώσεις) και τα ηλεκτρικά εξαρτήματα και συσκευές (διακόπτες, φώτα, αντιστάσεις, πηνία, πυκνωτές, λυχνίες, τρανζίστορς, κινητήρες κλπ.) όσο πιο απλά και εποπτικά είναι δυνατόν, ώστε να μας είναι εύκολο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

Αυτό έχει σαν συνέπεια να παρουσιάζουμε 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 παρουσιάζουμε ευθύς παρακάτω δύο σχήματα, τα 11.2α και 11.2β, που απεικονίζουν την ίδια Ηλεκτρική Εγκατάσταση, που αποτελείται από ένα φωτιστικό σημείο το οποίο ελέγχεται από ένα μονοπολικό περιστροφικό διακόπτη.

Στο κυκλωματικό σχέδιο η εγκατάσταση αυτή απεικονίζεται όπως δείχνει το σχήμα 11.2α.



Σχ. 11.2α.

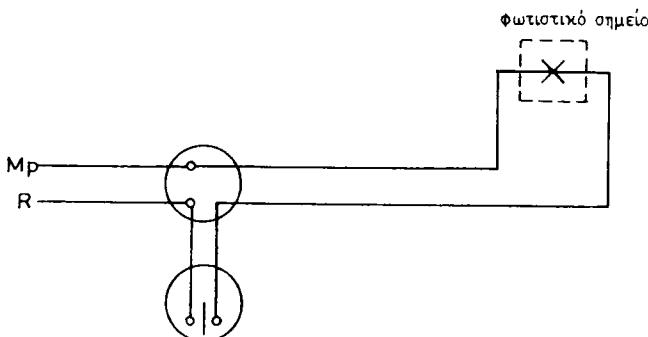
Κυκλωματικό σχέδιο ηλεκτρικής εγκαταστάσεως με ένα φωτιστικό σημείο που ελέγχεται από ένα διακόπτη.

Στο συνδεσμολογικό ή κατασκευαστικό σχέδιο η ίδια εγκατάσταση απεικονίζεται όπως φαίνεται στο σχήμα 11.2β.

Επειδή πολλές φορές τα κατασκευαστικά σχέδια τοποθετούνται με την ίδια πο-

ρεία πολλά σύρματα μαζύ, για να 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 ονομάζουμε συνήθως στα γραφεία ειδικών τεχνικών μελετών.



Σχ. 11.2β.

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

Στις απλές ηλεκτρολογικές κατασκευές αποφεύγεται η χρήση τέτοιων σχεδίων, γιατί σ' αυτές οι γραμμές είναι μάλλον περιορισμένες. Οπωσδήποτε όμως ο κατασκευαστής εφαρμόζοντας τον κανονισμό κατασκευής τεχ/κών 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 απλότερο συμβολικό τρόπο, αποφεύγοντας λεπτομέρειες που δεν είναι απαραίτητες να δειχθούν με το εποπτικό σχέδιο.

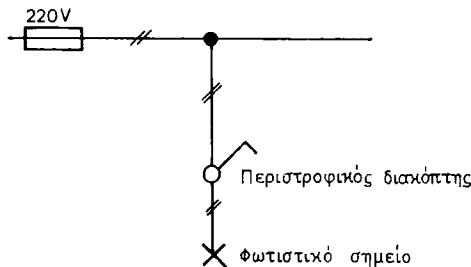
Στο βιβλίο αυτό θα ασχοληθούμε μόνο με απλά σχέδια θεωρητικά, κατασκευαστικά και εποπτικά γιατί τα πιο προχωρημένα αποτελούν, όπως είπαμε ήδη, το αντικείμενο της εργασίας των ειδικευμένων μηχανικών, σχεδιαστών και τεχνιτών.

11.3 Συμβολισμοί.

Για να διευκολυνθεί και η αποτύπωση και η κατανόηση των ηλεκτρικών κυκλωμάτων, χρησιμοποιούμε σε πλατειά κλίμακα συμβολισμούς. Χάρη σ' αυτούς είναι δυνατόν χωρίς δυσκολία αλλά και χωρίς αρφισβητήσεις 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 αντίθετη 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 ένα περιστροφικό διακόπτη, η οποία απεικονίζεται στα σχήματα 11.2α και 11.2β, είναι δυνατόν να σχεδιασθεί μονογραμμικά, όπως φαίνεται στο σχήμα 11.3.



Σχ. 11.3.

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

Η σχεδίαση αυτή είναι απλούστερη, εποπτικότερη, και δίνει σε ένα τεχνικό που γνωρίζει να διαβάζει ηλεκτρικό σχέδιο, όλα τα στοιχεία που περιλαμβάνουν τα σχήματα 11.2α και 11.2β.

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, θα περιληφθεί στο βιβλίο « Ηλεκτρικές Σχεδιάσεις », που θα διδαχθεί στις επόμενες τάξεις.

Τα σύμβολα τα χωρίζομε κατά κατηγορίες ως εξής:

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 βιομηχ. 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 Βολτ	3 50 Hz 220V
7	Σύμβολο του ουδέτερου	N
8	Τριφασικό εναλλασσόμενό ρεύμα με ουδέτερο	3N
9	Όταν σε ένα σύμβολο 3φασικού ρεύματος σημειώνονται η τάση, τότε αυτή θα είναι η πολική τάση. Π.χ. ο απέναντι συμβολισμός σημαίνει 3φασικό με ουδέτερο, 50 περιόδων και πολική τάση 380° (η τάση ανάμεσα σε κάθε φάση και στον ουδέτερο θα είναι 220V)	3N 50 Hz 380V
10	Στο συνεχές ρεύμα με 2 αγωγούς η τάση γράφεται μετά το σύμβολο	2 110 V
11	Στο συνεχές ρεύμα με 3 αγωγούς από τους οποίους ο ένας είναι ουδέτερος, συμβολίζεται όπως απέναντι (μεταξύ ακραίων αγωγών και ουδέτερου η τάση είναι 110 V)	2N 220V
12	Πολικότητα θετική αρνητική	+
		-

Πίνακας 7 (συνέχεια)

Κατηγορία Β' Συμβολισμοί ηλεκτρικών κυκλωμάτων

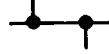
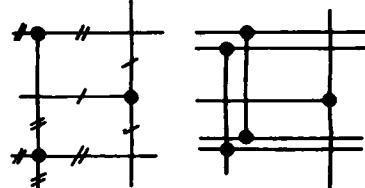
Α/Α	Περιγραφή	Σύμβολο Παράσταση	
		Μονογραμμική	Πολυγραμμική
1	Ένας άγωγός ή μια ομάδα αγωγών	—	
2	Εύκαμπτος αγωγός	—~~~~~—	
3	Δύο αγωγοί	—//—	==
4	Τρεις αγωγοί	—///—	====
5	n-αγωγοί	—n—	
6	<p>Παρατήρηση. Αν το πολυγραμμικό σύμβολο αποτελείται από περισσότερες γραμμές από 4, είναι σκόπιμο να τις χωρίζουμε 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>Παράδειγμα. 8 αγωγοί</p>	8	=====
7	Ο τρόπος με τον οποίο γίνεται η μεταπήδηση από μονογραμμική σε πολυγραμμική παράσταση είναι ο απέναντι.	4 { ===== 4 —n—	
	Παράδειγμα. 4 αγωγοί		

Πίνακας 7 (συνέχεια)

Α/Α	Περιγραφή	Σύμβολο Παράσταση	
		Μονογραμμική	Πολυγραμμική
8	<p>Αν θέλουμε να δώσομε τα χαρακτηριστικά των αγωγών και το σύστημα της διανομής, γράφομε στο σχέδιο:</p> <p>α) Επάνω από τη γραμμή κατά σειρά</p> <p>Το είδος του ρεύματος το σύστημα διανομής η συχνότητα η τάση</p> <p>β) Κάτω από τη γραμμή κατά σειρά</p> <p>Ο αριθμός των αγωγών του κυκλώματος η διατομή σε mm^2 κάθε αγωγού οι δύο αυτοί αριθμοί χωρίζονται με ένα X.</p> <p>Αν οι αγωγοί του κυκλώματος έχουν διαφορετικές διατομές, σημειώνονται οι αριθμοί που τις χαρακτηρίζουν, ο ένας ύστερα από τον άλλο, αλλά χωρίζονται με το +</p> <p>Το υλικό του αγωγού καθορίζεται με το χημικό σύμβολό του, που σημειώνεται δεξιά από τη διατομή του.</p>		
	<p>Παράδειγμα.</p> <p>1) Κύκλωμα συνεχούς ρεύματος 110 V, με δύο αγωγούς αλουμινίου (Al) των 125 mm^2</p>	 110 v $2 \times 125 \text{ mm}^2 \text{ Al}$	 110 v $2 \times 125 \text{ mm}^2 \text{ Al}$
	<p>2) Κύκλωμα τριφασικό, 50 Hz 6000 V με τρεις αγωγούς χάλκινους των 50 mm^2</p>	 $3~ 50\text{Hz} 6000\text{v}$ $3 \times 50 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$	 $3~ 50\text{Hz} 6000\text{v}$ $3 \times 50 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$

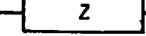
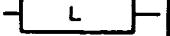
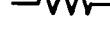
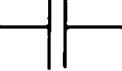
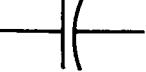
Πίνακας 7 (συνέχεια)

Κατηγορία Γ' Συμβολισμοί ακροδέκτων και τρόπου συνδέσεως των αγωγών

A/A	Περιγραφή	Σύμβολο
1	<p>Σε όργανα που έχουν αρθρωτούς επαφές (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</p> <p>Σημείωση. Το σύμβολο για τη σύνδεση αγωγών μεταξύ τους επιτρέπεται να το παραλείψουμε, μόνο όταν έχομε μια απλή διακλάδωση. Σε όλες τις άλλες περιπτώσεις πρέπει να το σημειώνουμε</p>	  
3	<p>Διπλή διακλάδωση (με μόνιμη σύνδεση)</p> <p>Διπλή διακλάδωση (με λυόμενη σύνδεση)</p>	  
4	Διασταύρωση χωρίς ηλεκτρ. σύνδεση	
.	<p>Παράδειγμα. Διασταυρούμενοι και διακλαδιζόμενοι αγωγοί</p>	

Πίνακας 7 (συνέχεια)

Κατηγορία Δ' Αντιστάσεις, Πηγά, πυκνωτές κλπ.

Α/Α	Περιγραφή	Σύμβολο	
		Προτιμόμενο	Άλλη μορφή του
1	Αντίσταση Αντίσταση (όταν δεν είναι ανάγκη να καθορισθεί αν είναι άεργος ή όχι)		
2	Ωμική αντίσταση Ωμική αντίσταση		
3	Σύνθετη αντίσταση		
4	Αυτεπαγωγή Αυτεπαγωγή		
5	Αυτεπαγωγή Πηνίο ή τύλιγμα		 
6	Πυκνωτής – Χωρητικότητα. Σημείωση. 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. Σημείωση. Η διαγράμμιση είναι δυνατόν να παραλειφθεί ολότελα, αν και εφ' όσον δεν δημιουργούνται αμφιβολίες. Αν παραλείψουμε τη διαγράμμιση, τότε πρέπει να σχεδιάσομε τη γραμμή που παριστάνει το πλαίσιο ή το σώμα παχύτερη .		

Πίνακας 7 (συνέχεια)

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

Πίνακας 7 (συνέχεια)

Κατηγ. Ε' Γενικά Σύμβολα Ηλεκτρικών Μηχανών και Μετασχηματιστών

A/A	Περιγραφή	Σύμβολο
1	Γεννήτρια	
2	Κινητήρας	
3	Μηχανή που έχει τη δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί είτε σαν γεννήτρια είτε σαν κινητήρας	
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

Πίνακας 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	

Πίνακας 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 ορισμένο μονωτικό σωλήνα (τύπου Μπέργκμαν)	(μ)
13	Γραμμή μέσα σε πλαστικό σωλήνα	(Π)

Πίνακας 7 (συνέχεια)

A/A	Περιγραφή	Σύμβολο
14	Γραμμή μέσα σε μονωτικό σωλήνα με χαλύβδινη προστασία (χαλυβδοσωλήνα)	(X)
15	Γραμμή μέσα σε χαλύβδινο σωλήνα χωρίς εσωτερική μόνωση	(λ)
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 δίπλα. Γενικό Σύμβολο.	→X
2	Πολλαπλό φωτιστικό σώμα με ένδειξη του αριθμού των λυχνιών και της ισχύος τους, π.χ. 3 λυχνίες των 40 W.	→X n —⊗ 3X40W
3	Φωτιστικό σώμα με διακόπτη.	→X
4	Φωτιστικό σώμα στεγανό. Γενικό σύμβολο.	—□X
5	Φωτιστικό σώμα με δύο ανεξάρτητα κυκλώματα.	—○X X
6	Φωτιστικό σώμα με δύο ανεξάρτητα κυκλώματα από τα οποία το ένα ανάγκης.	—○X X
7	Φωτιστικό σώμα μεταβλητής εντάσεως.	→X
8	Φωτιστικό σώμα ανάγκης (ασφαλείας).	→X
9	Φωτιστικό σώμα πανικού.	→X
10	Προβολέας. Γενικό σύμβολο.	→○X
11	Φωτιστικό σώμα λυχνίας φθορισμού.	— —
12	Φωτιστικό σώμα με περισσότερες λυχνίες φθορισμού π.χ. μέ 3 λυχνίες των 40 W η καθεμία.	— — 3X40W

A/A	Περιγραφή	Σύμβολο
13	Φωτιστικό σώμα για λυχνία εκκενώσεως (αερίου). Γενικό σύμβολο.	—(X)
14	Πολλαπλό φωτιστικό σώμα για λυχνίες εκκενώσεως (αερίου), π.χ. με 3 λυχνίες.	—(X 3)

Πίνακας 7 (συνέχεια)

Κατηγορία Θ' Διακόπτες Εσωτερικών εγκαταστάσεων, Κομβία

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 τραβηγκτός. Παραδείγματα. Διακόπτης μονοπολικός Διακόπτης εναλλαγής (αλλε-ρετούρ). Παρατηρήσεις. Με τα παραπάνω σύμβολα παριστάνομε τους διακόπτες τοίχου κάθε τύπου (περιστροφικούς, τράμπλερ κλπ.).	
9	α) Κουμπί (μπουτόν). β) Κουμπί με ενδεικτική λυχνία.	(a) (b)
10	α) Διακόπτης (Γενικό Σύμβολο). β) Τριπολικός διακόπτης (π.χ. μαχαιρωτός διακόπτης πίνακα).	
11	Αυτόματος διακόπτης με στοιχείο υπερφορτίσεως (θερμικό).	

Πίνακας 7 (συνέχεια)

A/A	Περιγραφή	Σύμβολο
12	Χρονοδιακόπτης	
13	Ωρολογιακός διακόπτης	

Πίνακας 7 (συνέχεια)

Κατηγορία Ι' Ρευματοδότες (πρίζες)

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

Πίνακας 7 (συνέχεια)

Κατηγορία ΙΑ' Πίνακες και Ασφάλειες

A/A	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 παροχετεύσεως.	
4	Ασφάλεια. Γενικό Σύμβολο.	
5	Ασφάλεια τριπολική.	
6	Ασφάλεια ονομαστικής εντάσεως 10 A.	 10 A

Πίνακας 7 (συνέχεια)

Κατηγορία ΙΒ' Συσκευές καταναλώσεως

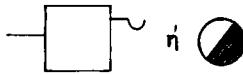
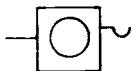
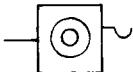
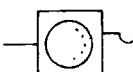
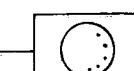
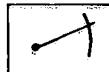
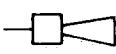
A/A	Περιγραφή	Σύμβολο
1	Ηλεκτρική Συσκευή Γενικό σύμβολο	
2	Ηλεκτρική συσκευή με διακόπτη	
3	Ηλεκτρικό Μαγειρείο Γενικό Σύμβολο	
4	Γκριλ (συσκευή ψησίματος με υπέρυθρη ακτινοβολία)	
5	Ηλεκτρικός Θερμοσίφωνας π.χ. 3kW = 3000 Watt	
6	Ηλεκτρικό πλυντήριο ρούχων	
7	Ηλεκτρικό στεγνωτήριο	
8	Ηλεκτρικό πλυντήριο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

Πίνακας 7 (συνέχεια)

A/A	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 αυτομάτου κέντρου	
5	Τηλεφωνική συσκευή ημιαυτομάτου κέντρου	
6	Τηλεφωνικός μεταλλάκτης (πίνακας)	
7	Αυτόματο τηλεφωνικό Κέντρο	
8	Κώδωνας (κουδούνι)	
9	Βομβητής	
10	Κλάξον	

Πίνακας 7 (συνέχεια)

A/A	Περιγραφή	Σύμβολο
11	Σειρήνα	
12	Ωρολόγιο (Γενικό Σύμβολο)	
13	Ωρολόγιο Κύριο (Μάνα)	
14	Κλειδαριά ηλεκτρική	
15	Ωρολόγιο χρονοσημάνσεως καρτελών προσωπικού	
16	Θυρομεγάφωνο	
17	Ενίσχυση (Γενικό Σύμβολο)	
18	Μεγάφωνο	
19	Ραδιοφωνικός δέκτης	
20	Τηλεοπτικός δέκτης	
21	Μίκτης Κεραιών	
22	Κεραία ραδιοφωνίας	
23	Κεραία τηλεοράσεως	

11.4 Οδηγίες για τη σχεδίαση απλών ηλεκτρικών εγκαταστάσεων οικοδομών.

Ανάλογα με το σκοπό που θέλουμε να χρησιμοποιήσουμε το σχέδιο, η ηλεκτρική εγκατάσταση θα απεικονίζεται 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 την 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. 11.4.

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. Σ' αυτά παραλείπονται πολλές πληροφορίες, που συνθηματικά ή όχι συνήθως συμπληρώνουν τα σχέδια.

Πληρέστερα σχέδια θα δοθούν στο ειδικό βιβλίο των ηλεκτρικών σχεδιάσεων, που διδάσκονται στη β' τάξη των λυκείων.

11.5 Παραδείγματα σχεδιάσεως εσωτερικών ηλεκτρικών εγκαταστάσεων.

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

Στο βιβλίο των Ηλεκτρικών Σχεδιάσεων που θα διδαχθούν τον επόμενο χρόνο, δίδονται περισσότερα στοιχεία, πληροφορίες, λεπτομέρειες και εφαρμογές σχετικές με τις ηλεκτρολογικές σχεδιάσεις.

Για τώρα είναι αρκετό να μάθομε να σχεδιάζομε και να διαβάζομε απλά ηλεκτρικά κυκλώματα.

Στο σχήμα 11.5α απεικονίζεται η ηλεκτρική εγκατάσταση ενός φωτιστικού σπιτού, που ελέγχεται από ένα περιστροφικό διακόπτη με δύο τρόπους:

- κατά τον πολυγραμμικό θεωρητικό τρόπο
- κατά τον μονογραμμικό εποπτικό

Στο σχήμα αυτό χρησιμοποιήθηκαν οι συμβολισμοί του Πίνακα 7:

R ————— Αγωγός φάσεως ● Σημεία μόνιμης (μη λυόμενης) συνδέσεως

SL—·—·— Αγωγός γειώσεως  Κουτί συνδέσεως

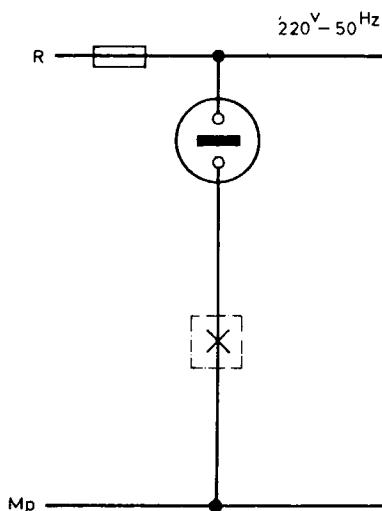
Mp———— Ουδέτερος αγωγός X Φωτιστικό σημείο

 Ασφάλεια  ή  Μονοπολικός περιστροφικός διακόπτης

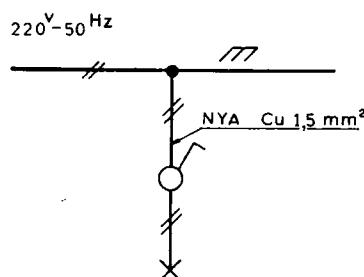
(o) Ηλεκτρική γραμμή μέσα σε προστατευτικό σωλήνα

/77 Ηλεκτρική γραμμή κάτω από το επίχρισμα

NYA Cu 1,5 mm² Ηλεκτρική γραμμή με τα χαρακτηριστικά της (τύπος μονώσεως NYA, υλικό αγωγού Cu, διάμετρος του 1,5 mm²)



Σχέδιο πολυγραμμικό θεωρητικό



Σχέδιο μονογραμμικό εποπτικό

Σχ. 11.5a.

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

Στο σχήμα 11.5β απεικονίζεται μια ομάδα φωτιστικών σημείων, που ελέγχονται από ένα περιστροφικό διακόπτη και μια πρίζα με γείωση.

Τα νέα σύμβολα που χρησιμοποιήθηκαν εδώ είναι:



Ο απλός περιστροφικός διακόπτης

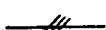


3 λάμπες × 60 Watt

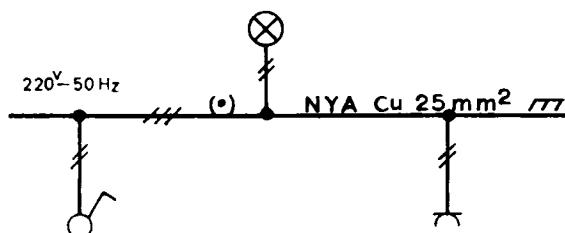
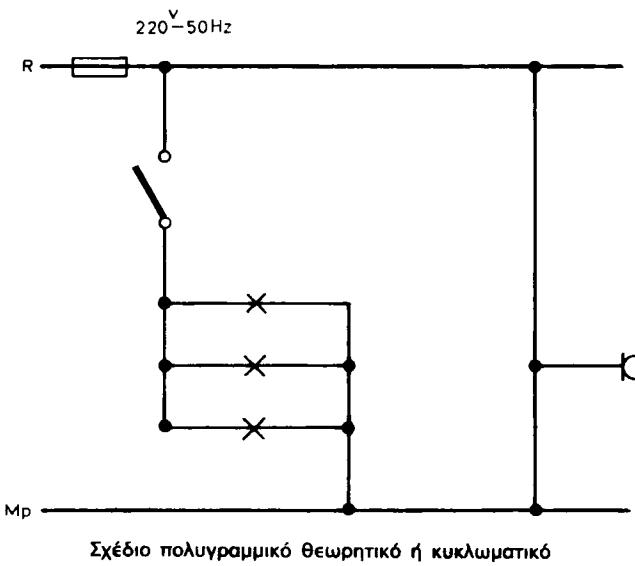
Η ομάδα των φωτιστικών σημείων



Η πρίζα με γείωση



Η γραμμή με 3 αγωγούς

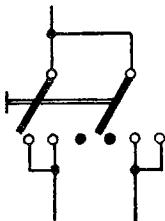


Σχ. 11.5β.

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

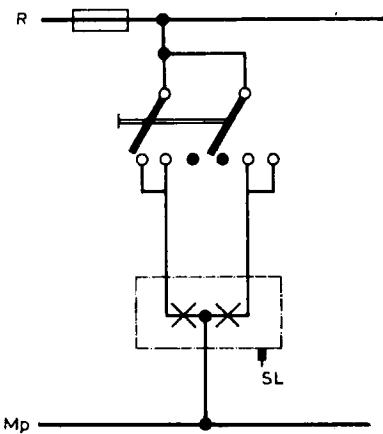
Στο σχήμα 11.5γ απεικονίζονται δύο φωτιστικά σημεία, που ελέγχονται από ένα διακόπτη εναλλαγής (κομμιτατέρ), ώστε να μπορούμε να τα ανάψουμε και τα δύο ή πότε το ένα και πότε το άλλο.

Νέα σύμβολα που χρησιμοποιήσαμε είναι τα:

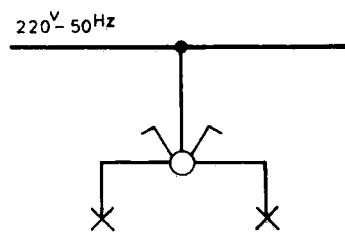


ή

Διακόπτης εναλλαγής (κομμιτατέρ)



Σχέδιο πολυγραμμικό θεωρητικό ή κυκλωματικό



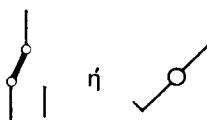
Σχέδιο μονογραμμικό εποπτικό

Σχ. 11.5γ.

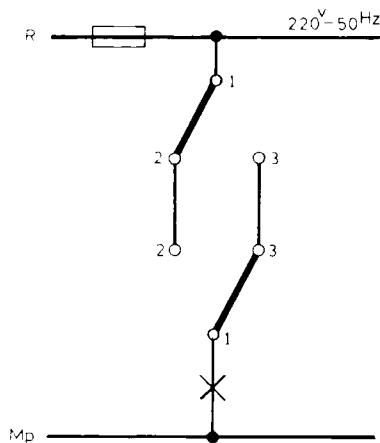
Σχεδίαση ηλεκτρικής εγκαταστάσεως με δύο φωτιστικά σημεία, που ελέγχονται από ένα διακόπτη εναλλαγής (κομμιτατέρ).

Στο σχήμα 11.5δ 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.

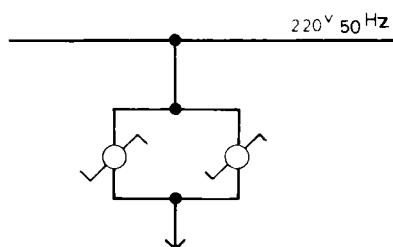
Τα νέα σύμβολα που χρησιμοποιήθηκαν εδώ είναι:



Διακόπτης αλλε-ρετούρ



Σχέδιο πολυγραμμικό θεωρητικό ή κυκλωματικό

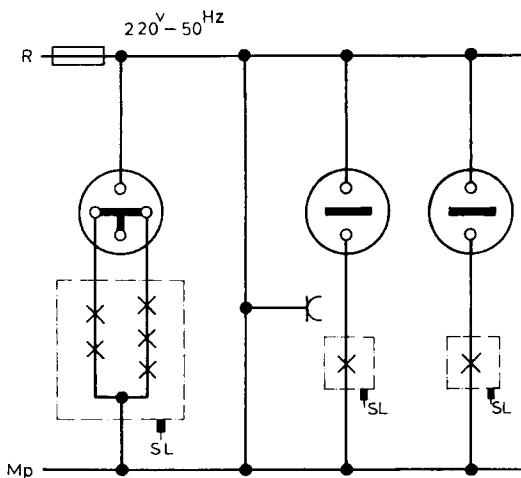


Σχέδιο μονογραμμικό εποπτικό

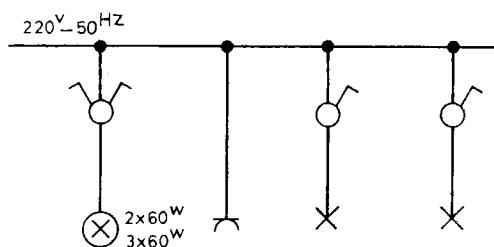
Σχ. 11.5δ.

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

Στο σχήμα 11.5ε απεικονίζονται δύο φωτιστικά σημεία, που το καθένα ελέγχεται από έναν απλό διακόπτη, μια γειωμένη πρίζα και ένα πολύφωτο, που ελέγχεται από ένα διακόπτη εναλλαγής ομάδας (κομμιτατέρ), που επιτρέπει δηλαδή να ανάβομε όλα του τα φώτα ή πότε τα μισά και πότε τα άλλα μισά.



Σχέδιο πολυγραμμικό θεωρητικό ή κυκλωματικό



Σχέδιο μονογραμμικό εποπτικό

Σχ. 11.5ε.

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

Στο σχήμα 11.5στ φαίνεται η ηλεκτρική εγκατάσταση σ' ένα λουτρό κατοικίας. Το σχέδιο έχει γίνει πάνω στο αρχιτεκτονικό σχέδιο της 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 θερμοσίφωνας και το πλυντήριο με τους συμβολισμούς του Πίνακα 7.

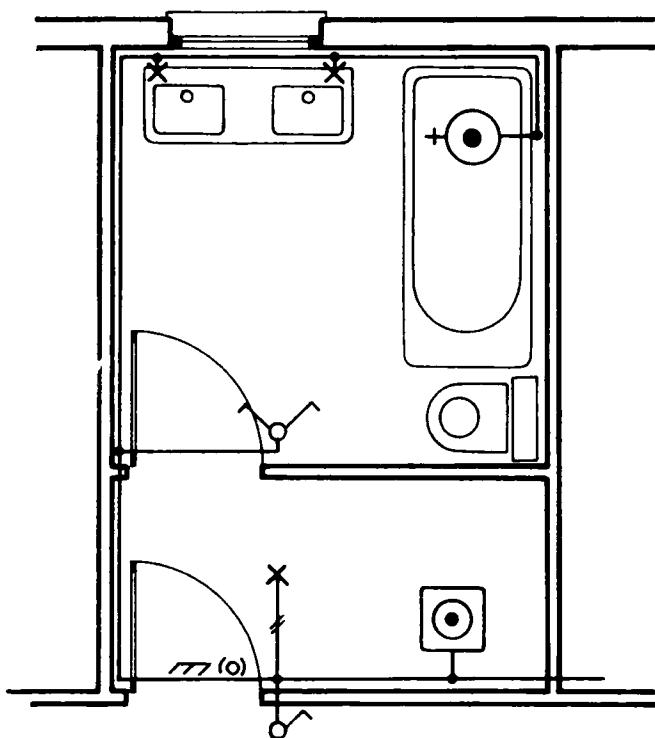
Τα νέα σύμβολα που χρησιμοποιήθηκαν είναι των οικιακών συσκευών:



Ηλεκτρικός θερμοσίφωνας



Ηλεκτρικό πλυντήριο



Σχ. 11.5στ.

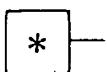
Σχεδίαση ηλεκτρικής εγκαταστάσεως λουτρού κατοικίας.

Στο σχήμα 11.5ζ 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:



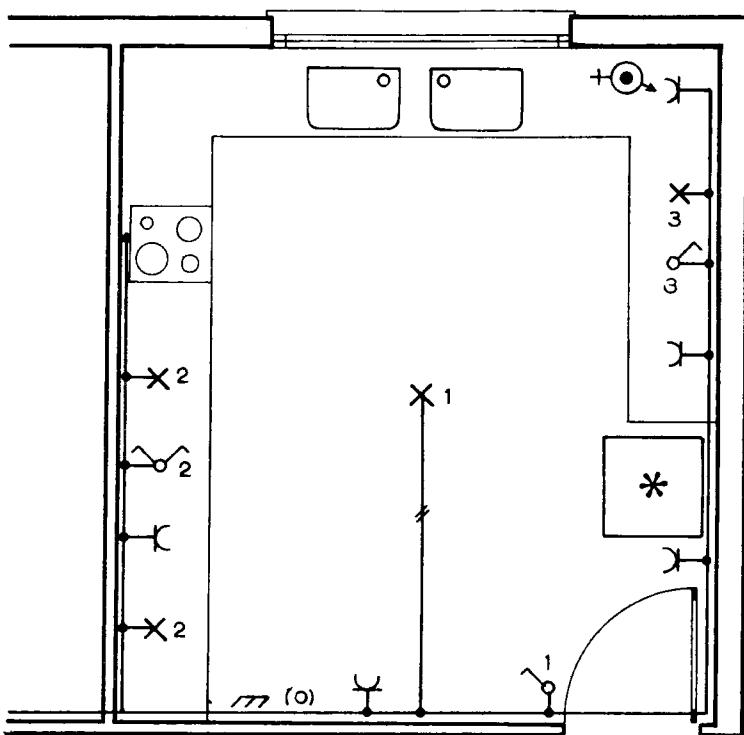
Ηλεκτρικό μαγειρείο



Ηλεκτρικό ψυγείο



Ηλεκτρικό θερμοσίφωνα που τροφοδοτείται από πρίζα

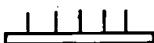


Σχ. 11.5ζ.

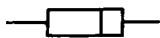
Σχεδίαση ηλεκτρικής εγκαταστάσεως μαγειρείου απλής κατοικίας.

Στο σχήμα 11.5η φαίνεται ολόκληρη η ηλεκτρική εγκατάσταση μιας μικρής κατοικίας σχεδιασμένη πάνω στην κάτοψή της. Η όλη εγκατάσταση ελέγχεται από ένα πίνακα διανομής, που βρίσκεται στον αριστερό τοίχο μόλις μπαίνομε στην κατοικία. Το σχήμα 11.5θ μας δίνει περισσότερες πληροφορίες για τον πίνακα αυτόν.

Τα μόνα καινούργια σύμβολα εδώ είναι:



Πίνακας διανομής



Μετρητής Ηλεκτρικής ενέργειας



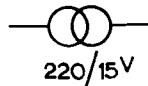
Τρεις ασφάλειες



Τριπολικός διακόπτης

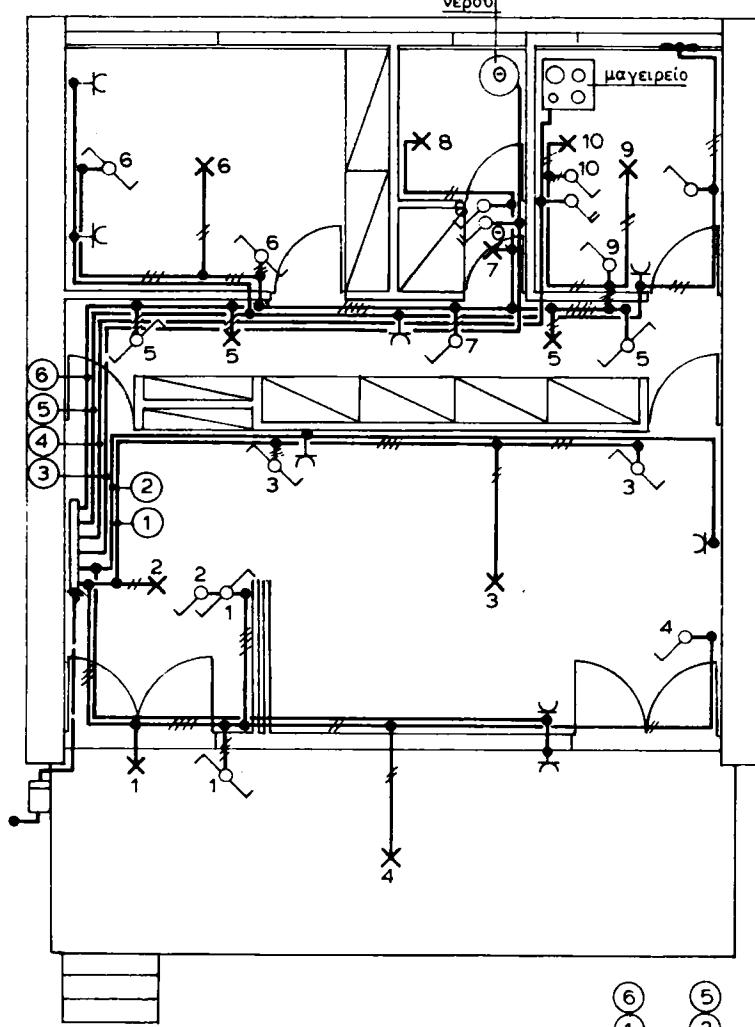


Αυτόματος διακόπτης

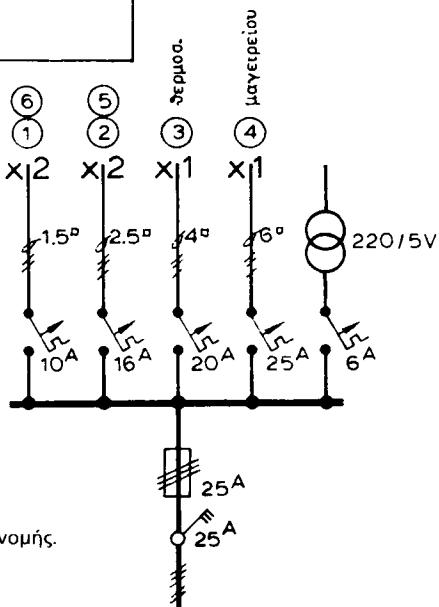


220/15 V

Μετασχηματιστής από
220 V στά 15 V 220/15 V



Σχ. 11.5η.
Ηλεκτρική εγκατάσταση μικρής κατοικίας.



11.6 Σχεδίαση άλλων εγκαταστάσεων σε οικοδομικά έργα.

Στις προηγούμενες παραγράφους περιγράφτηκαν 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 αλεξικεραύνων 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 11.2, 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

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

Εισαγωγή	1.
----------------	----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

Υλικά και μέσα σχεδιάσεως

2.1 Το χαρτί	2
2.2 Το μολύβι	4
2.3 Το μελάνι	7
2.4 Το σχεδιαστήριο	10
2.5 Τα όργανα σχεδιάσεως	12

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

Γραμμές

3.1 Είδος και πάχος γραμμών	22
3.2 Χάραξη γραμμών	25
3.3 Άσκηση στη γραμμογραφία	27

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

Τεχνική γραφή γραμμάτων και αριθμών

4.1 Ελεύθερη γραφή	30
4.2 Γραφή με οδηγό	34
4.3 Γραφή με επικόλληση	38
4.4 Ασκήσεις	40

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ

Κλίμακα σχεδιάσεως

5.1 Γενικά	43
5.2 Είδη κλίμακων	43
5.3 Χρήση κλίμακας σχεδιάσεως	44
5.4 Ασκήσεις σχετικές με τις κλίμακες σχεδιάσεως	46

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΚΤΟ

Γεωμετρικές κατασκευές

6.1 Γενικά	47
6.2 Ευθεία κάθετη σε γνωστή ευθεία και ευθεία παράλληλη σε γνωστή ευθεία	47
6.3 Διαίρεση ευθυγράμμου τμήματος σε ίσα μέρη	51
6.4 Εφαπτομένες κύκλου	53
6.5 Κοινές εφαπτομένες κύκλων	54
6.6 Συναρμογή ευθειών και κυκλικών τόξων	56
6.7 Κανονικά πολύγωνα	65

6.8 Κιτισκευή ελλείψεως από τους άξονές της	73
6.9 Ασκήσεις επιπεδομετρίας	77

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΒΔΟΜΟ

Προβολές αντικειμένων

7.1 Εισαγωγή	79
7.2 Συστήματα ορθών προβολών	112

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΟΓΔΟΟ

Τομές

8.1 Γενικά	133
8.2 Ημιτομές	137
8.3 Μερικές τομές - Τοπικές τομές	138
8.4 Τομές με λανθασμένες επιφάνειες	140
8.5 Πραγματικές οδηγίες για τις τομές	140

Οι διαστάσεις και η τοποθέτησή τους

9.1 Γενικά	150
9.2 Βασικοί κανόνες για την τοποθέτηση των διαστάσεων	151
9.3 Οδηγίες για την αποφυγή σφαλμάτων στην απογραφή των διαστάσεων	155
9.4 Παραδείγματα σωστής αναγραφής διαστάσεων	160

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ

Οικοδομικές και τοπογραφικές σχεδιάσεις

10.1 Γενικά	167
10.2 Τοπογραφικό σχέδιο οικοπέδου με οικοδομή	168
10.3 Σχεδίαση κατόψεως μιας απλής κατοικίας	170
10.4 Σχεδίαση όψεων και τομών απλής κατοικίας	173
10.5 Χρήσμες οδηγίες για τη σχεδίαση οικοδομικών έργων	175

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΝΔΕΚΑΤΟ

Σχέδια εγκαταστάσεων σε οικοδομικά έργα

11.1 Γενικά	177
11.2 Σχεδίαση των ηλεκτρικών κυκλωμάτων	177
11.3 Συμβολισμοί	179
11.4 Οδηγίες για τη σχεδίαση απλών ηλεκτρικών εγκαταστάσεων οικοδομών	201
11.5 Παραδείγματα σχεδιάσεως εσωτερικών ηλεκτρικών εγκατάστασεων	201
11.6 Σχεδίαση άλλων εγκαταστάσεων σε οικοδομικά έργα	218

