

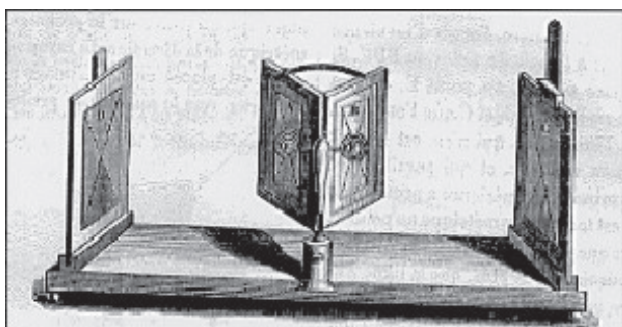
## **ΣΤΕΡΕΟΣΚΟΠΙΑ**

Η στερεοσκοπία είναι μια τεχνική που δημιουργεί την ψευδαίσθηση του βάθους σε μια εικόνα. Στηρίζεται στο ότι η τρισδιάστατη φυσική όραση πραγματοποιείται διότι κάθε μάτι βλέπει το ίδιο αντικείμενο από σχετικά μικρή, αλλά διαφορετική οπτική γωνία, με αποτέλεσμα την ίδια στιγμή ο εγκέφαλος να παραλαμβάνει δύο ελαφρά διαφοροποιημένες εικόνες του ίδιου αντικειμένου. Η διαφοροποίηση αυτή ονομάζεται *παράλλαξη*. Ο εγκέφαλος χρησιμοποιεί αυτές τις οπτικές πληροφορίες από τις διάφορες παραλλάξεις, για να προσδιορίσει τη σχετική θέση των αντικειμένων μεταξύ τους και τις αποστάσεις των αντικειμένων από τον παρατηρητή. Είναι πολύ μικρό το ποσοστό των ανθρώπων -μόνο 8%- που δεν μπορούν να δουν στερεοσκοπικά.

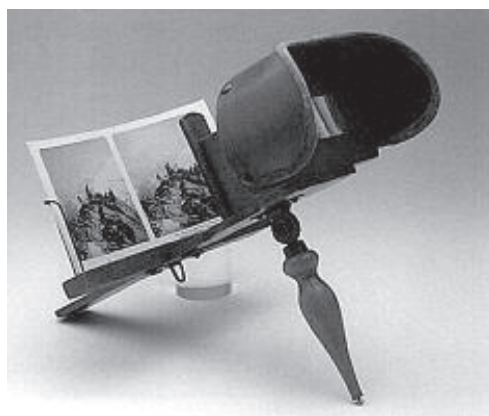
Ο πρώτος που ανέπτυξε τη θεωρία της στερεοσκοπικής όρασης ήταν ο Sir Charles Wheatstone (1802 – 1875), Άγγλος φυσικός, στα 1838. Ο Wheatstone παρουσίασε στη Royal Scottish Academy of Arts μια συσκευή, για την οποία είπε: «Προτείνω να ονομαστεί στερεοσκόπιο, για να δηλώσει την ικανότητά του να παρουσιάζει συμπαγή σχήματα» (εικ. 4). Εντύπωση προκαλεί το γεγονός ότι η ιδέα της στερεοσκοπίας προϋπήρξε της φωτογραφίας.

Στα 1849 ο Sir David Brewster περιγράφει τη μακροσκοπική μηχανή λήψης και παράγονται οι πρώτες στερεοσκοπικές φωτογραφίες (εικ. 5,6).

Στα 1940 παρουσιάστηκε ένα τροποποιημένο και σε σμίκρυνση στερεοσκόπιο, το γνωστό view master (εικ. 8). Οι εικόνες παράλλαξης είναι τυπωμένες σε ημιδιαφανές film και τοποθετούνται σε αντιδιαμετρικές θέσεις στις κάρτες της συσκευής. Το view master και το στερεοσκόπιο δεν



**εικ. 4** Το στερεοσκόπιο του Wheatstone



**εικ. 5** Στερεοσκόπιο με κάρτες



**εικ. 6** Κάρτα στερεοσκοπίου από τα Προπύλαια των Αθηνών, 1896

χρησιμοποιούν οπτικά φίλτρα και πολωμένες εικόνες, αλλά αναπαράγουν τη διαδικασία της φυσικής όρασης, απομονώνοντας κάθε εικόνα. Κάθε μάτι βλέπει και αποτυπώνει αυτό που θα αποτυπωνόταν στον αμφιβληστροειδή αν υπήρχε φυσική όραση και ο εγκέφαλος αφήνεται να κάνει το συνδυασμό των εικόνων και να δημιουργήσει την ψευδαίσθηση του βάθους.

Η σύγχρονη στερεοσκοπία χρησιμοποιεί μια λίγο διαφορετική τεχνική απομόνωσης των δύο εικόνων της παράλλαξης, μέσω οπτικών φίλτρων που πολώνουν το χρώμα κάθε εικόνας. Οι δύο εικόνες παράλλαξης απεικονίζονται στην ίδια περίπου περιοχή, σχεδόν καλύπτοντας η μία την άλλη, αλλά η χρήση των φίλτρων πόλωσης χρώματος, επιτρέπει σε κάθε μάτι να δει μόνο τη μία από τις δύο, αυτή που του αντιστοιχεί.

## Σύγχρονη ηλεκτρονική στερεοσκοπία

Με την αλματώδη πρόοδο της πληροφορικής, έχουν επιτευχθεί διάφορες μέθοδοι διαχωρισμού των εικόνων που κάθε μάτι πρέπει να προσλαμβάνει, για να δει στερεοσκοπικά.

### Οθόνες κεφαλής

Οι οθόνες κεφαλής (head mounted displays ή virtual reality displays) είναι ο φυσικός διάδοχος του view master. Στην πραγματικότητα είναι ακριβώς ένα view master με κινούμενη εικόνα. Εξακολουθεί όμως και παραμένει το πρόβλημα του απομονωμένου χρήστη, όπως και το πρόβλημα των εικόνων πολύ χαμηλής ανάλυσης (low resolution images). Τέτοια ηλεκτρονικά γυαλιά έχουν χρησιμοποιηθεί για στρατιωτικούς σκοπούς, αλλά με την αντίστοιχη και εξαιρετικά δαπανηρή τεχνική υποστήριξη, ώστε να ξεπεραστεί το πρόβλημα της χαμηλής ανάλυσης εικόνων.

### Οθόνες autostereo

Όπως περιγράφεται από το όνομά τους, οι οθόνες αυτές έχουν τη δυνατότητα να παράγουν ένα είδος στερεοσκοπικών εικόνων αυτόματα, χωρίς να χρειάζονται έγχρωμα γυαλιά ή άλλα βοηθήματα. Ακούγεται εντυπωσιακό, αλλά στην πραγματικότητα δεν είναι. Θεωρητικά έχουν διατυπωθεί διάφορες τεχνικές, που περιλαμβάνουν ολογράμματα, περιστρεφόμενους



εικ. 7 Το στερεοσκόπιο του Holmes



εικ. 8 View master

κυλίνδρους και οθόνες που είναι από μόνες τους τρισδιάστατες, αλλά τελικά καμιά τεχνική δεν έχει φύγει από το επίπεδο της εργαστηριακής μελέτης, για λόγους οικονομικούς. Σε μία μόνο από τις τεχνικές αυτές γίνεται δυνατό ο παρατηρητής να βλέπει με το ένα μάτι τα μισά ρίχνει της οθόνης του και με το άλλο μάτι τα άλλα μισά. Έτσι γίνεται δυνατό να βλέπει στερεοσκοπικά, αλλά απαιτείται απόλυτος συγχρονισμός της θέσης του παρατηρητή σε σχέση με την οθόνη.

### Διαφραγματικά γυαλιά υγρών κρυστάλλων

Η τεχνική αυτή βασίζεται στην ιδιότητα του υγρού κρυστάλλου να μετατρέπεται από διάφανος σε αδιαφανής, όταν δέχεται συγκεκριμένης συχνότητας ηλεκτρικό σήμα. Κάθε φακός των γυαλιών αυτών είναι κατασκευασμένος από ένα και μοναδικό μεγάλο υγρό κρύσταλλο. Με κατάλληλο συγχρονισμό, η οθόνη παρουσιάζει την εικόνα που πρέπει να δει το αριστερό (για παράδειγμα) μάτι και ταυτόχρονα ο δεξιός φακός γίνεται αδιαφανής. Ο εγκέφαλος παραλαμβάνει την εικόνα και η διαδικασία εναλλάσσεται. Όταν αυτή η εναλλαγή συμβαίνει πολύ γρήγορα (πάνω από 140Hz), τότε ο παρατηρητής βλέπει στερεοσκοπικά. Η οθόνη του υπολογιστή χωρίζεται κατακόρυφα σε δύο τομείς, έναν για κάθε μάτι και διπλασιάζεται η κατακόρυφη ανάλυση της εικόνας. Οι δύο τομείς λειτουργούν ταυτόχρονα (παράλληλο animation), ενώ τα γυαλιά δέχονται διαδοχικά σήματα αδιαφάνειας. Η κινούμενες εικόνες μπορούν να έχουν επομένως πολύ καλή ανάλυση (όμοια με αυτή του DVD). Μια παραλλαγή του συστήματος είναι τα head mounted displays, που -ακριβώς επειδή χρησιμοποιούν δύο μικρές οθόνες υγρών κρυστάλλων (LCD: liquid crystal displays)- έχουν τη δυνατότητα να λειτουργήσουν όπως το view master, αλλά με κινούμενες εικόνες.

Η στερεοσκοπία χρησιμοποιεί τέτοιου είδους ζεύγη δισδιάστατων προοπτικών εικόνων, με απόκλιση των σημείων οράσεως όση και η πραγματική απόσταση των ματιών (6,5-7,0 cm). Κατόπιν οι δύο εικόνες του ίδιου ζεύγους πολώνονται. Με τη χρήση των κατάλληλων φίλτρων μπορούν να δημιουργηθούν στερεογράμματα διασταυρούμενης όρασης.

Στο κεφάλαιο αυτό θα δούμε μια μεθοδολογία δημιουργίας στερεογραμμάτων διασταυρούμενης όρασης, βασισμένη στην πόλωση χρώματος των αλληλοεπικαλυπτόμενων εικόνων.

Ακολουθούμε κάποιες βασικές αρχές για τη δημιουργία της στερεοσκοπικής εικόνας ενός αντικειμένου:

- Η απόσταση των σημείων οράσεως  $O_1O_2$  είναι η πραγματική, ίση με 6,5-7,0 cm και *ανεξάρτητη από την κλίμακα σχεδίασης του αντικειμένου*
- Το υψόμετρο  $H$  των σημείων οράσεως ( $O_1$  και  $O_2$ ) είναι *πάντοτε μεγαλύτερο* από το ύψος του αντικειμένου  $H_a$  (σχ. 9)
- Η ευθεία των σημείων οράσεως  $O_1O_2$  είναι *πάντοτε οριζόντια* και παράλληλη με το επίπεδο προβολής του αντικειμένου, είτε αυτό εδράζεται στο επίπεδο προβολής, είτε όχι
- Η γωνία που σχηματίζεται μεταξύ του οριζοντίου επιπέδου προβολής της στερεοσκοπικής εικόνας και του κέντρου της με έναν από τους δύο οφθαλμούς, καλό είναι να κυμαίνεται στις 30° περίπου

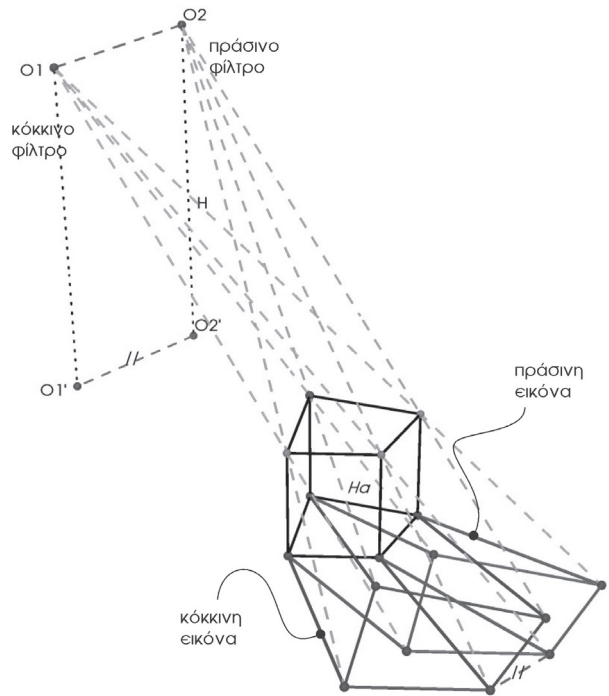
Για το κάθε σημείο οράσεως  $O_1$  και  $O_2$  χρησιμοποιούμε φίλτρο διαφορετικού χρώματος και με τα ανάστροφα χρώματα σχεδιάζουμε τις εικόνες παράλλαξης. Συνήθως χρησιμοποιούνται ζεύγη φίλτρων κόκκινου-μπλε, κόκκινου-γαλάζιου ή κόκκινου-πράσινου. Από τους παραπάνω συνδυασμούς εκείνος που αποδίδει καλύτερα αποτελέσματα είναι το κόκκινο-πράσινο φίλτρο, διότι το κόκκινο και το πράσινο είναι τα μόνα χρώματα που είναι συμπληρωματικά και με την ίδια τονικότητα. Εάν στο σημείο οράσεως  $O_1$  τοποθετηθεί το κόκκινο φίλτρο και στο  $O_2$  το πράσινο



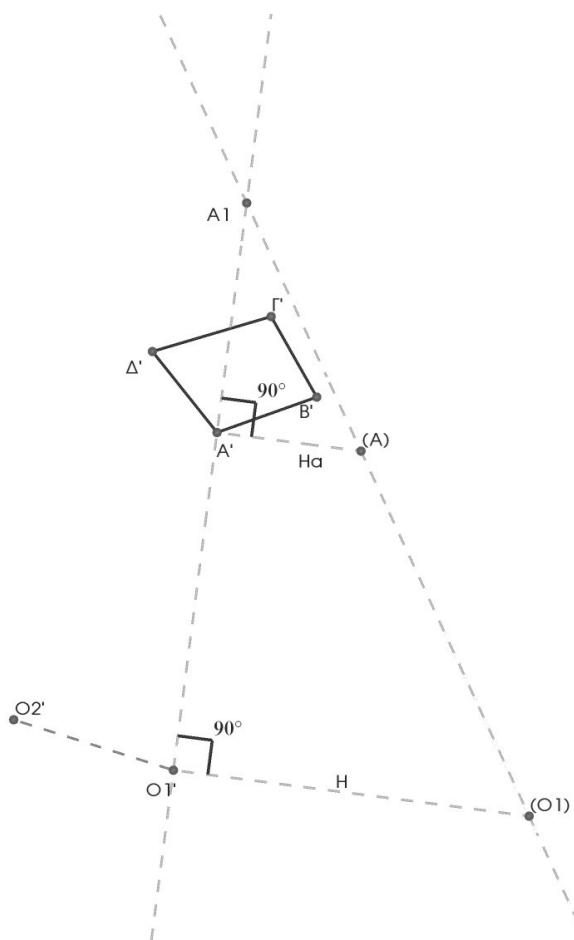
φίλτρο, τότε οι στερεοσκοπικές εικόνες σχεδιάζονται με ανάστροφα χρώματα. Δηλαδή η εικόνα που βλέπει το σημείο οράσεως  $O_1$  πρέπει να είναι σχεδιασμένη με πράσινο χρώμα. Η δεύτερη εικόνα -που είναι σχεδιασμένη με κόκκινο χρώμα- δεν είναι ορατή από το  $O_1$ , διότι το κόκκινο φίλτρο την απορροφά (σχ. 9). Πραγματοποιείται έτσι απομόνωση των δύο εικόνων παράλλαξης.

Για να κατασκευάσουμε τη στερεοσκοπική εικόνα του πρίσματος του σχήματος 9, χρησιμοποιούμε την 1<sup>η</sup> προβολή του (κάτοψη), σχεδιασμένη στην κλίμακα που μας εξυπηρετεί. Στη συνέχεια τοποθετούμε τις προβολές των σημείων οράσεως  $O_1$  και  $O_2$  σε πραγματική κλίμακα, στην πραγματική δηλαδή απόσταση μεταξύ τους.

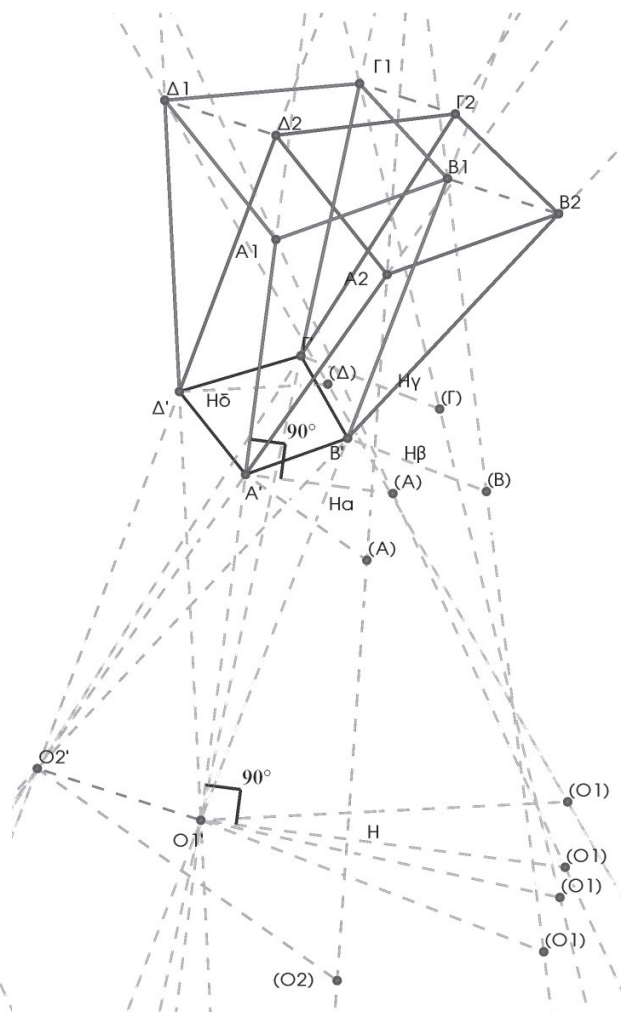
Σχηματίζουμε την ευθεία  $O_1A'$ . Από το σημείο  $O_1$  φέρνουμε ευθεία κάθετη στην  $O_1A'$  και ορίζουμε το *πραγματικό* ύψος των ματιών  $H$  από το επίπεδο προβολής της στερεοσκοπικής εικόνας, και το σημείο ( $O_1$ )



σχ. 9



σχ.10



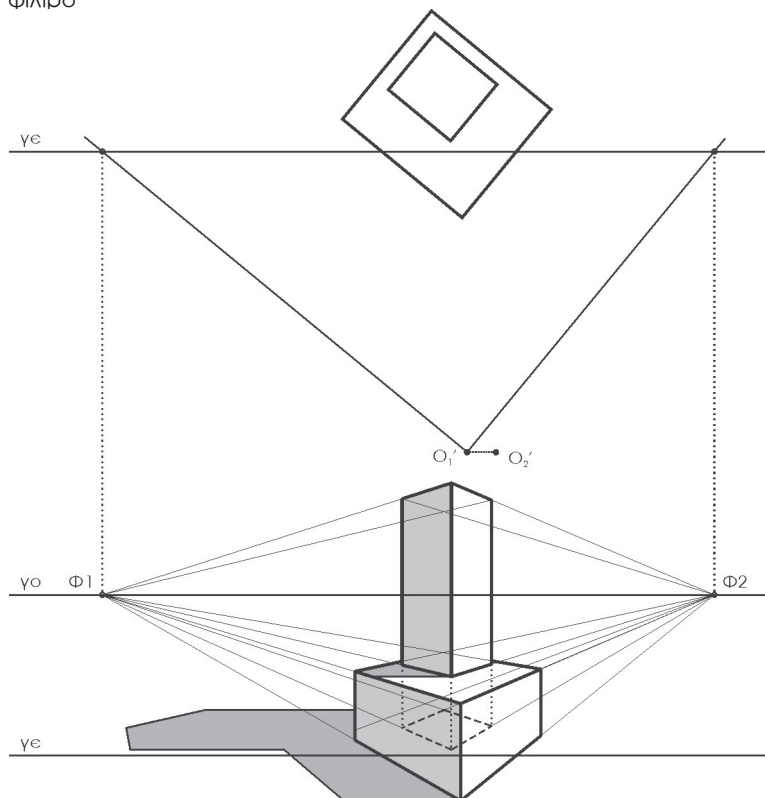
σχ. 11

(σχ. 10). Από το σημείο  $A'$  φέρνουμε άλλη μία ευθεία κάθετη στην  $O_1'A'$  και ορίζουμε το ύψος  $H_a$  του πρίσματος στην κλίμακα σχεδίασης και το σημείο  $(A)$ . Ενώνουμε τα σημεία  $(O_1)$  και  $(A)$ , που είναι στην ουσία οι κατακλίσεις των σημείων  $O_1$  και  $A$  στο επίπεδο προβολής. Στην τομή των  $O_1'A'$  και  $(O_1)(A)$  βρίσκεται το σημείο  $A_1'$ , η προοπτική εικόνα του σημείου  $A$  της άνω βάσης του πρίσματος, από τον οφθαλμό  $O_1$ . Με τον ίδιο τρόπο εργαζόμαστε για να ορίσουμε και τα υπόλοιπα σημεία της προοπτικής εικόνας του πρίσματος από τον οφθαλμό  $O_1$ . Στο παράδειγμα η κάτω βάση του πρίσματος εδράζεται στο επίπεδο προβολής της στερεοσκοπικής εικόνας, επομένως η προοπτική της εικόνας ταυτίζεται με την κάτοψη του πρίσματος.

Για να ορίσουμε την προοπτική εικόνα του πρίσματος από τον οφθαλμό  $O_2$ , μπορούμε να εργαστούμε με τον ίδιο τρόπο, αλλά μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε και την ιδιότητα που έχουν τα ευθύγραμμα τμήματα  $A_1A_2, B_1B_2$  κ.ο.κ., να είναι παράλληλα με το ευθύγραμμο τμήμα  $O_1'O_2'$  (σχ. 11). Έτσι λοιπόν, για να ορίσουμε το σημείο  $B_2$ , αρκεί να σχηματίσουμε την  $O_2'B'$  και από το σημείο  $B_1$  να φέρουμε ευθεία παράλληλη στην  $O_1'O_2'$ . Στην τομή των παραπάνω ευθειών βρίσκεται το σημείο  $B_2$ . Για να ολοκληρωθεί η στερεοσκοπική εικόνα του πρίσματος, σχεδιάζουμε κάθε προοπτική εικόνα με διαφορετικό χρώμα, αντίστοιχο με τα φίλτρα που έχουμε επιλέξει να χρησιμοποιήσουμε.



**εικ. 12** Παράδειγμα στερεοσκοπικής απεικόνισης, με κόκκινο και πράσινο φίλτρο



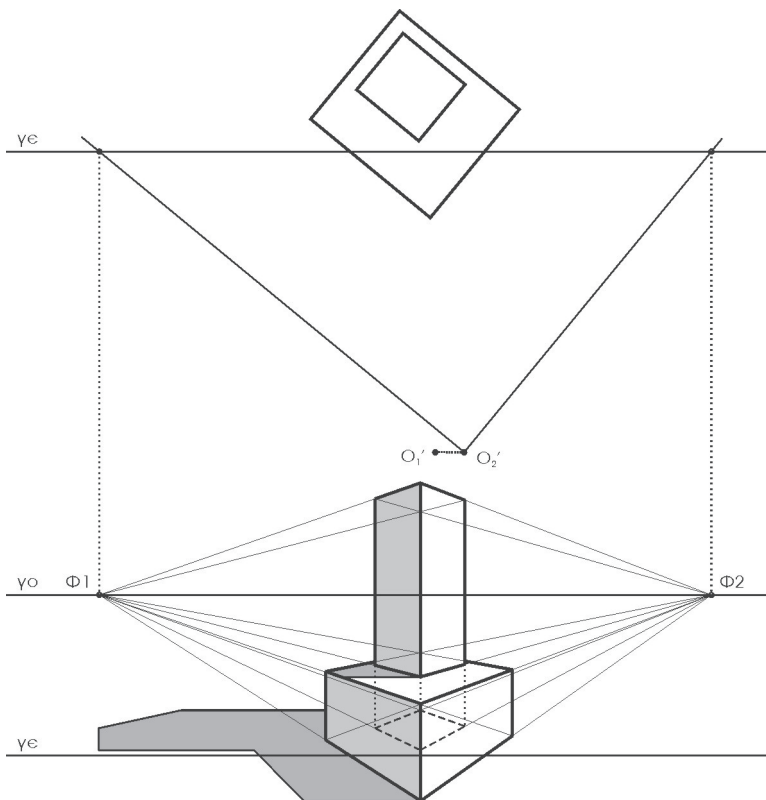
**σχ. 13**

Ένα στερεόγραμμα μπορεί να δημιουργηθεί επίσης αν σχεδιαστούν οι προοπτικές εικόνες του ίδιου αντικειμένου, τοποθετημένου στην ίδια θέση και φωτισμένου με τον ίδιο τρόπο, αλλά από δύο σημεία οράσεως  $O_1$  και  $O_2$  σε απόσταση μεταξύ τους 6,5-7,0 cm στην κλίμακα σχεδίασης του αρχικού αντικειμένου (σχ. 13, 14). Πιο απλά, αποτυπώνουμε ό,τι θα έβλεπε ένας παρατηρητής από κάθε μάτι.

Σ' αυτή την περίπτωση οι προοπτικές εικόνες δεν επικαλύπτονται, σχεδιάζονται ξεχωριστά κι ανεξάρτητα κι έπειτα τοποθετούνται η μία δίπλα στην άλλη. Η απομόνωση των εικόνων (πόλωση) επιτυγχάνεται αν τοποθετηθεί ανάμεσά τους ένα απλό κατακόρυφο διάφραγμα, ή ένα απλό στερεοσκόπιο, όπως αυτό της εικόνας 15.

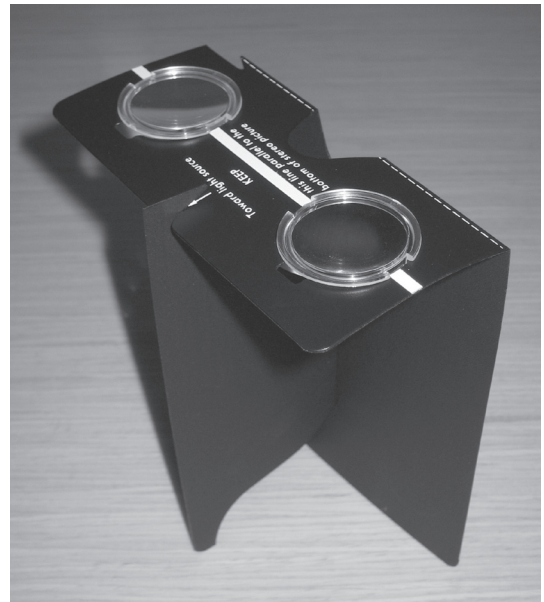
Η μέθοδος αυτή είναι πολύ χρήσιμη και στην τρισδιάστατη απόδοση αντικειμένων από φωτογραφία. Το αντικείμενο φωτογραφίζεται δύο φορές με πραγματική απόσταση λήψης 6,5-7,0 cm. Αν οι φωτογραφίες έχουν μικρή χρονική διαφορά, τότε οι συνθήκες φωτισμού του αντικειμένου

μπορούμε να θεωρήσουμε ότι δεν έχουν μεταβληθεί. Οι φωτογραφίες τοποθετούνται η μία δίπλα στην άλλη και σε σωστή απόσταση, που καθορίζεται στα 6,5-7,0 cm στο σημείο εστίασης του φακού λήψης. Με ένα απλό στερεοσκόπιο (εικ. 15) το αντικείμενο αποδίδεται στερεοσκοπικά (εικ. 16).



σχ. 14

εικ. 15



εικ. 16 Γιάννης Μπρούζος, *Form*, 2005