

## ο μια μικρή ιστορία

Τον Αύγουστο του 1606 ο Γαλιλαίος προσπάθησε να πείσει τον Δόγη και το συμβούλιο της Βενετίας για την ανεκτίμητη αξία του *Perspicillum*, όπως ονόμαζε το τηλεσκόπιο που ο ίδιος είχε κατασκευάσει. Ο Γαλιλαίος και ο βοηθός του είχαν ξοδέψει πολλές ώρες στο εργαστήριο του στην Πάδοβα της Ιταλίας λαιαίνοντας και ελέγχοντας φακούς τους οποίους χρησιμοποίησαν στην κατασκευή του τηλεσκοπίου. Οι προσπάθειές τους όμως ανταμείφθηκαν. Ο Δόγης και το Συμβούλιο αναγνώρισαν την αξία του οργάνου στη διεξαγωγή των πολεμικών επιχειρήσεων και ως ανταμοιβή τριπλασίασαν το μισθό του ως καθηγητή στο Πανεπιστήμιο της Πάδοβας. Η μεγαλύτερη και ανεκτίμητη ανταμοιβή για τον Γαλιλαίο ήρθε όταν έστραψε το τηλεσκόπιο στον Ουρανό και παρατήρησε ουράνια σώματα και φαινόμενα αόρατα μέχρι τότε. Έγραψε ενθουσιασμένος: Είμαι απείρως ευγνώμων προς το Θεό που καταδέχτηκε να με καταστήσει τον πρώτο παρατηρητή σε τόσο θαυμαστά αλλά μέχρι τώρα αόρατα στο ανθρώπινο μάτι.

**Πώς λειτουργούσε το τηλεσκόπιο του Γαλιλαίου;**



Στο κεφάλαιο αυτό:

- Θα μάθεις πώς λειτουργούν οι φακοί και ποια είναι τα πιο γνωστά είδη τους (συγκλίνοντες - αποκλίνοντες).
- Θα γνωρίσεις πώς σχηματίζονται τα είδωλα φωτεινών αντικειμένων σε ένα συγκλίνοντα και ένα αποκλίνοντα φακό, καθώς και τις έννοιες «πραγματικό» και «φανταστικό» είδωλο.
- Θα διαπιστώσεις ότι το μάτι μας λειτουργεί όπως ένας φακός και θα γνωρίσεις τις εφαρμογές των φακών στην καθημερινή μας ζωή και τη σημασία τους για την διεύρυνση των αισθήσεων μας (τηλεσκόπιο-μικροσκόπιο).

# ΦΑΚΟΙ ΚΑΙ ΟΠΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ

## ΦΑΚΟΙ: Η ΟΡΑΣΗ ΜΑΣ ΣΤΟ ΜΙΚΡΟΚΟΣΜΟ ΚΑΙ ΤΟ ΜΕΓΑΛΟΚΟΣΜΟ

Οπτικός **φακός** ονομάζεται ένα διαφανές σώμα, συνήθως από γυαλί, το οποίο έχει καμπύλες επιφάνειες (σφαιρικές ή κυλινδρικές). Οι αρχαίοι Έλληνες γνώριζαν ότι ένα διαφανές σφαιρικό δοχείο γεμάτο νερό μπορούσε να συγκεντρώσει σε μια πολύ μικρή επιφάνεια το ηλιακό φως που έπεφτε πάνω του (εικόνα 9.1).

Πρώτοι οι Κινέζοι χρησιμοποίησαν τους φακούς για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της όρασης. Γυαλιά όρασης κατασκευάστηκαν για πρώτη φορά στη Βόρεια Ιταλία γύρω στα 1825.

Στις αρχές του 17ου αιώνα ο Κέπλερ και ο Γαλιλαίος συνδύασαν δύο φακούς και κατασκεύασαν τα πρώτα τηλεσκόπια (εικόνα 9.2). Με τα τηλεσκόπια οι δύο επιστήμονες διεύρυναν τα όρια του ορατού σύμπαντος και έτσι μπόρεσαν να παρατηρήσουν τις κινήσεις των πλανητών και των δορυφόρων τους. Οι φακοί αποτελούν τα βασικά εξαρτήματα όλων σχεδόν των οπτικών οργάνων: των μικροσκοπίων, των τηλεσκοπίων, των φωτογραφικών μηχανών, των μηχανημάτων προβολής εικόνων κ.ά.



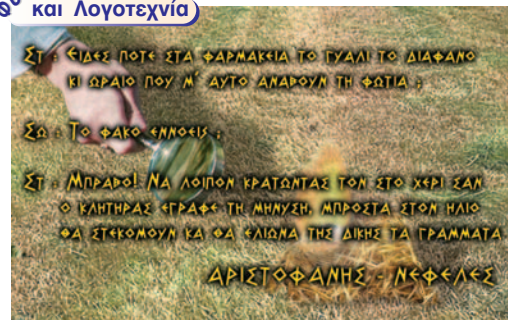
### 9.1 Συγκλίνοντες και αποκλίνοντες φακοί

Αν αναρωτήθηκες ποτέ για τα χαρακτηριστικά ενός πολύ μικρού αντικειμένου και θέλησες να τα παρατηρήσεις, ασφαλώς θα χρησιμοποίησες ένα μεγεθυντικό φακό. Αν παρατηρήσεις ένα αντικείμενο μέσα από ένα φακό, το μέγεθός του φαίνεται διαφορετικό από αυτό που είναι στην πραγματικότητα.

Σε ποιο φαινόμενο βασίζεται η λειτουργία των φακών;

Όταν μια φωτεινή δέσμη περάσει μέσα από ένα φακό, λόγω

Φυσική  
και Λογοτεχνία



Εικόνα 9.1

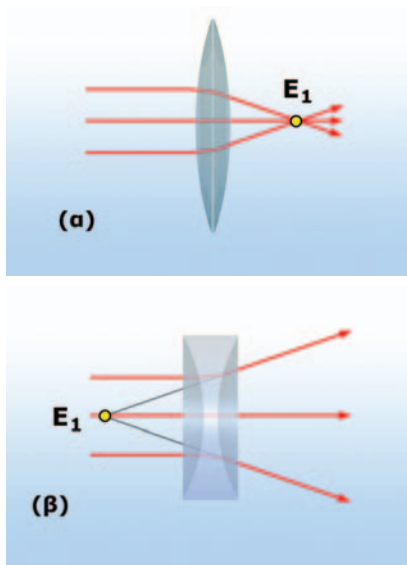
Το φλογοβόλο γυαλί Αριστοφάνη; Νεφέλες (423 π.Χ.).



Εικόνα 9.2

(α) Το τηλεσκόπιο που χρησιμοποίησε ο Γαλιλαίος με το οποίο παρατήρησε προσεκτικά την επιφάνεια της Σελήνης και ανακάλυψε κάποιους από τους δορυφόρους του Δία.

◀ (β) Ένα σύγχρονο τηλεσκόπιο



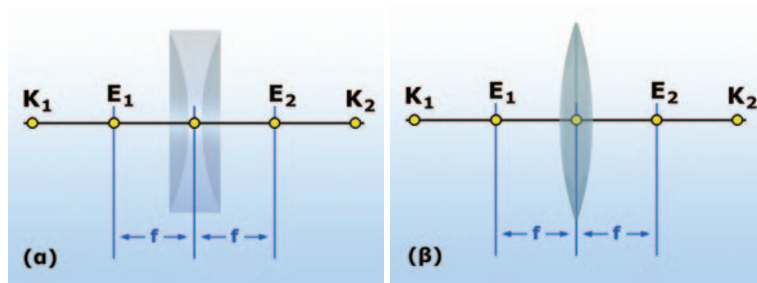
**Εικόνα 9.3**  
(α) Συγκλίνων φακός. (β) Αποκλίνων φακός.

του φαινομένου της διάθλασης κάμπτεται πολύ έντονα. Υπάρχουν **δύο** κύρια είδη φακών:

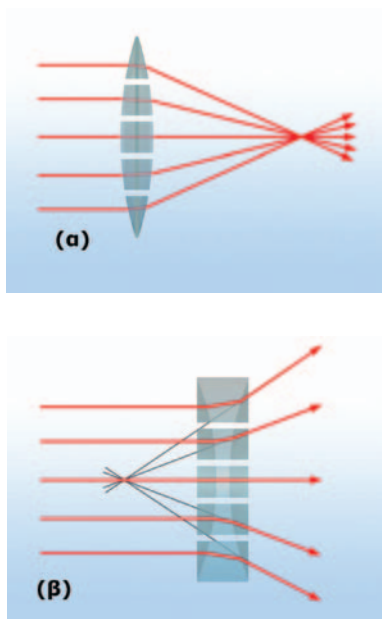
Οι **κυρτοί** φακοί είναι παχύτεροι στο μέσον και λεπτότεροι στο άκρο και μετατρέπουν μια δέσμη παράλληλων φωτεινών ακτίνων σε συγκλίνουσα, γι' αυτό και ονομάζονται **συγκλίνοντες φακοί**. Ο μεγεθυντικός φακός είναι συγκλίνων φακός (εικόνα 9.3α). Οι **κοίλοι** φακοί είναι λεπτότεροι στο μέσο και παχύτεροι στα άκρα. Μετατρέπουν μια δέσμη παράλληλων φωτεινών ακτίνων σε αποκλίνουσα, γι' αυτό ονομάζονται **αποκλίνοντες φακοί** (εικόνα 9.3β). Τέτοιου είδους φακοί χρησιμοποιούνται στο σκόπευτρο της φωτογραφικής μηχανής.

Το σημείο  $E_1$  στο οποίο συγκεντρώνονται οι φωτεινές ακτίνες της συγκλίνουσας δέσμης ή οι προεκτάσεις της αποκλίνουσας ονομάζεται κύρια εστία του φακού.

Στην εικόνα 9.4 φαίνονται μερικά από τα χαρακτηριστικά των φακών με σφαιρικές επιφάνειες.



**Εικόνα 9.4** ▶  
(α) Χαρακτηριστικά κοίλου φακού. (β) Χαρακτηριστικά κυρτού φακού.



**Εικόνα 9.5**  
Στους φακούς τα πρίσματα είναι τοποθετημένα ώστε: (α) Οι συγκλίνοντες φακοί να είναι παχύτεροι στο κέντρο. (β) Οι αποκλίνοντες φακοί να είναι λεπτότεροι στο κέντρο.

Η γραμμή  $K_1K_2$  που συνδέει τα κέντρα των δύο σφαιρικών επιφανειών λέγεται **κύριος άξονας** του φακού. Το σημείο του κύριου άξονα που βρίσκεται στο μέσο του φακού ονομάζεται **κέντρο του φακού**. Η απόσταση της κύριας εστίας από το κέντρο του φακού ονομάζεται **εστιακή απόσταση του φακού**. Ένας λεπτός φακός διαθλά τις φωτεινές δέσμες που έρχονται από δεξιά του με τον ίδιο τρόπο που διαθλά και αυτές που έρχονται από αριστερά του. Συνεπώς έχει δύο κύριες εστίες ( $E_1, E_2$ ). Για λεπτούς φακούς οι δύο εστιακές αποστάσεις είναι ίσες.

Για να καταλάβουμε πώς λειτουργεί ένας φακός, μπορούμε να θεωρήσουμε ότι αποτελείται από ένα σύνολο πρισμάτων διαφορετικών μεγεθών και σχημάτων (εικόνα 9.5).

*Γιατί ο φακός που είναι λεπτότερος στο κέντρο προκαλεί απόκλιση των φωτεινών δεσμών, ενώ ο παχύτερος σύγκλιση;*

Μπορούμε να προσεγγίσουμε ένα πολύ λεπτό κοίλο φακό με ένα τριγωνικό πρίσμα του οποίου η κορυφή βρίσκεται στο κέντρο του φακού. Σχεδιάζουμε την πορεία μιας λεπτής φωτεινής δέσμης που προσπίπτει στο φακό παράλληλα στον κύριο άξονά του. Στο κεφάλαιο 8 μάθαμε ότι, όταν μια φωτεινή ακτίνα εισέρχεται παράλληλα προς τη βάση ενός τριγων-

νικού πρίσματος, εξερχόμενη από αυτό αλλάζει πορεία ώστε να πλησιάζει προς τη βάση του (εικόνα 9.6). Έτσι σ' ένα κοίλο φακό η εξερχόμενη ακτίνα εκτρέπεται ώστε να απομακρύνεται από το κέντρο του, δηλαδή ο φακός λειτουργεί ως αποκλίνων. Αντίστοιχα ένας πολύ λεπτός φακός που είναι παχύτερος στο κέντρο του προσεγγίζεται από ένα τριγωνικό πρίσμα του οποίου η κορυφή βρίσκεται στην κορυφή του φακού και η βάση του είναι παράλληλη προς τον κύριο άξονα του φακού (εικόνα 9.7). Έτσι μια φωτεινή ακτίνα παράλληλη προς τον κύριο άξονα όταν εξέρχεται από το φακό πλησιάζει προς το κέντρο του, δηλαδή ο φακός λειτουργεί ως συγκλίνων.

## 9.2 Είδωλα φακών

Όταν σε αρκετή απόσταση από ένα συγκλίνοντα φακό τοποθετήσουμε ένα αντικείμενο, π.χ. ένα κερί, τότε σε οθόνη πίσω από το φακό είναι δυνατόν να σχηματιστεί πραγματικό είδωλο και αντεστραμμένο (εικόνα 9.9).

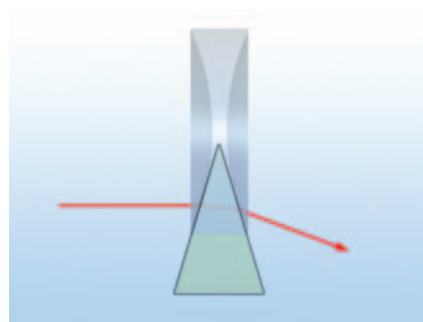
Πλησιάζοντας το αντικείμενο προς το φακό το μέγεθος του ειδώλου μεγαλώνει και μετά από ορισμένο σημείο δεν είναι δυνατή η προβολή του σε οθόνη. Σε αυτή τη θέση βρίσκεται η εστία του φακού. Πλησιάζοντας το αντικείμενο ακόμη περισσότερο μπορούμε να διακρίνουμε το είδωλο μόνο μέσα από το φακό. Το είδωλο είναι πλέον φανταστικό. Είναι επίσης όρθιο και μεγαλύτερο του αντικειμένου. Ο φακός λειτουργεί ως μεγεθυντικός (εικόνα 9.10).

### Γραφικός προσδιορισμός του ειδώλου

Πώς θα μπορούσαμε να προσδιορίσουμε τη θέση, το είδος και το μέγεθος του ειδώλου που σχηματίζεται από ένα φακό;

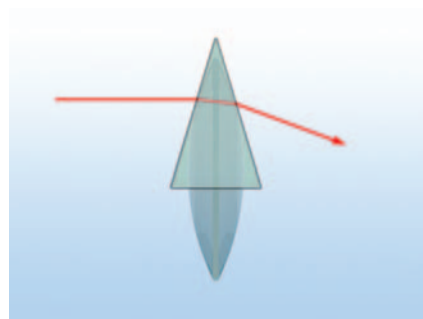
Για να προσδιορίσουμε γραφικά το είδος του ειδώλου που σχηματίζει ένας φακός, ακολουθούμε τα παρακάτω βήματα. Αρχικά προσδιορίζουμε το είδος του φακού (κοίλος ή κυρτός, συγκλίνων ή αποκλίνων), καθώς και τα χαρακτηριστικά του (κέντρο και εστιακή απόσταση). Στη συνέχεια προσδιορίζουμε τα χαρακτηριστικά του αντικειμένου όπως το μέγεθός του και τη θέση του, δηλαδή την απόστασή του από το κέντρο του φακού. Το αντικείμενο, είτε αυτό είναι ένα μικρόβιο που παρατηρείται με το μικροσκόπιο είτε είναι ένας γαλαξίας που παρατηρείται με ένα τηλεσκόπιο, το παριστάνουμε με ένα βέλος. Για απλότητα τοποθετούμε την αρχή του βέλους στον κύριο άξονα.

Για να προσδιορίσουμε το είδωλο του αντικειμένου, προσδιορίζουμε το είδωλο ενός σημείου του, για παράδειγμα της μύτης του βέλους. Το είδωλο ενός σημείου προσδιορίζεται σχεδιάζοντας την πορεία δύο χαρακτηριστικών ακτίνων που ξεκινούν από το σημείο (μια παράλληλη προς τον κύριο άξονα και την άλλη να διέρχεται από το κέντρο του φακού) (εικόνα 9.11).



Εικόνα 9.6

Ένας αποκλίνων φακός προσεγγίζεται με ένα τριγωνικό πρίσμα του οποίου η κορυφή βρίσκεται στο κέντρο του φακού.



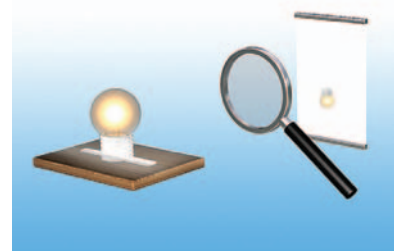
Εικόνα 9.7

Ένας συγκλίνων φακός προσεγγίζεται με ένα τριγωνικό πρίσμα του οποίου η κορυφή βρίσκεται στην κορυφή του φακού.



Εικόνα 9.8

Μια γυάλινη σφαίρα μπορεί να λειτουργήσει ως συγκλίνων φακός.



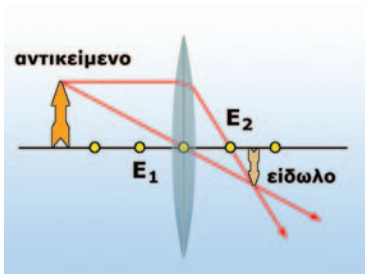
Εικόνα 9.9

Είδωλο σε συγκλίνοντα φακό.



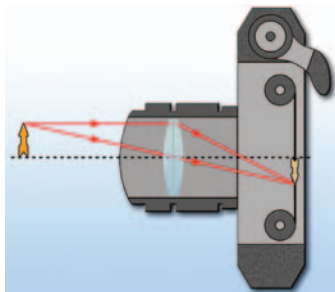
Εικόνα 9.10

Ο συγκλίνων φακός χρησιμοποιείται για τη μεγέθυνση αντικειμένων, όπως τα γράμματα της εικόνας.



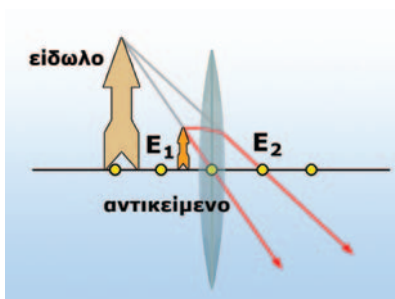
Εικόνα 9.11

Γραφικός προσδιορισμός του ειδώλου σε συγκλίνοντα φακό.



Εικόνα 9.12

Σχηματισμός του πραγματικού ειδώλου στο φιλμ μιας φωτογραφικής μηχανής.



Εικόνα 9.13

Σχηματισμός ειδώλου σε συγκλίνοντα φακό όταν η απόσταση του αντικείμενου είναι μικρότερη της εστιακής.

Η πορεία των ακτίνων σχεδιάζεται σύμφωνα με τους παρακάτω κανόνες:

1. Κάθε ακτίνα που είναι παράλληλη προς τον κύριο άξονα ενός κυρτού, συγκλίνοντος φακού μετά τη διάθλασή της διέρχεται από την κύρια εστία του φακού. Αν ο φακός είναι κοίλος, αποκλίνουν από την κύρια εστία διέρχεται η προέκταση της διαθλώμενης ακτίνας.
2. Αντίστροφα μια ακτίνα η οποία διέρχεται από την κύρια εστία ενός συγκλίνοντος φακού ή που κατευθύνεται προς την κύρια εστία ενός αποκλίνοντος φακού μετά τη διάθλασή της γίνεται παράλληλη προς τον κύριο άξονα.
3. Μια ακτίνα που περνά από το κέντρο του φακού δεν αλλάζει πορεία.

### Είδη ειδώλων σε φακούς

Εφαρμόζουμε τους παραπάνω κανόνες προκειμένου να προσδιορίσουμε τα χαρακτηριστικά των ειδώλων και στα δύο είδη φακών.

#### α. Συγκλίνων φακός

Τοποθετούμε ένα αντικείμενο, για παράδειγμα ένα κερί, σε απόσταση μεγαλύτερη της εστιακής. Αν τοποθετήσουμε μια οθόνη πίσω από το φακό, παρατηρούμε ότι πάνω σε αυτή θα σχηματίζεται το είδωλο αντεστραμμένο και μικρότερο του αντικειμένου.

Στην εικόνα 9.11 παρουσιάζεται ο γραφικός προσδιορισμός του ειδώλου του κεριού. Παρατηρούμε ότι όσο το αντικείμενο παραμένει σε απόσταση μεγαλύτερη της εστιακής το είδωλό του είναι μικρότερο του αντικειμένου και αντεστραμμένο. Επίσης είναι πραγματικό γιατί σχηματίζεται από τις διαθλώμενες ακτίνες και όχι από τις προεκτάσεις τους.

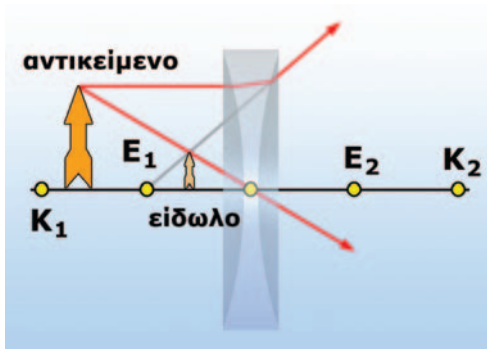
Με αυτό τον τρόπο χρησιμοποιούνται οι συγκλίνοντες φακοί για την προβολή σε μια οθόνη διαφανειών ή κινούμενων εικόνων και την προβολή μιας πραγματικής εικόνας στο φιλμ μιας φωτογραφικής μηχανής (εικόνα 9.12).

Γιατί όταν χρησιμοποιείς ένα μεγεθυντικό φακό τον κρατάς πολύ κοντά στο αντικείμενο που θέλεις να μεγεθύνεις (εικόνα 9.10); Ο μεγεθυντικός φακός είναι ένας συγκλίνων φακός. Για να καταλάβουμε πώς λειτουργεί, σχηματίζουμε το είδωλό ενός αντικείμενου το οποίο τοποθετούμε σε απόσταση μικρότερη της εστιακής (εικόνα 9.13). Παρατηρούμε ότι τέμνονται οι προεκτάσεις των διαθλώμενων ακτίνων. Σχηματίζεται φανταστικό είδωλο, το οποίο δεν είναι δυνατόν να προβληθεί σε οθόνη, αλλά είναι πάντοτε μεγαλύτερο του αντικειμένου και όρθιο (εικόνα 9.13).

#### β. Αποκλίνων φακός

Το είδωλο ενός αντικείμενου που σχηματίζεται με ένα αποκλίνοντα φακό είναι πάντοτε φανταστικό, όρθιο και μικρότερο από το αντικείμενο ανεξάρτητα από τη θέση του αντικειμένου (εικόνες 9.14, 9.15).

Ένας αποκλίνων φακός χρησιμοποιείται συχνά στο σκόπευτρο μιας φωτογραφικής μηχανής. Όταν κοιτάζεις το αντικείμενο που θέλεις να φωτογραφίσεις μέσα από το σκόπευτρο της μηχανής, βλέπεις το φανταστικό όρθιο είδωλό του (εικόνα 9.16). Οι αναλογίες του ειδώλου είναι ίδιες με της φωτογραφίας που πρόκειται να τραβηχτεί.



Εικόνα 9.15  
Σχηματισμός ειδώλου σε αποκλίνοντα φακό.

### 9.3 Οπτικά όργανα και το μάτι

#### Η φωτογραφική μηχανή

Μια απλή φωτογραφική μηχανή αποτελείται από ένα συγκλίνοντα φακό και ένα ευαίσθητο φιλμ τα οποία είναι τοποθετημένα σε ένα αδιαφανές κουτί. Ο φακός μπορεί να μετακινηθεί μπροστά και πίσω ώστε να ρυθμιστεί η απόσταση ανάμεσα στο φακό και στο φιλμ. Μέσω του φακού σχηματίζεται πάνω στο φιλμ ένα πραγματικό, αντεστραμμένο είδωλο (εικόνα 9.17). Ο αριθμός των φωτονίων που φθάνουν στο φιλμ ρυθμίζεται από ένα κλείστρο και ένα διάφραγμα. Το κλείστρο ελέγχει το χρονικό διάστημα που το φιλμ είναι εκτεθειμένο στο φως. Το διάφραγμα ελέγχει το άνοιγμα του κουτιού από το οποίο διέρχεται το φως για να φθάσει στο φιλμ. Μεταβολή στο μέγεθος του διαφράγματος μεταβάλλει τον αριθμό των φωτονίων που φθάνουν στο φιλμ κάθε χρονική στιγμή. Όταν τα φωτόνια φθάσουν στο φιλμ, απορροφώνται από το υλικό του και προκαλούν χημικές αντιδράσεις, με αποτέλεσμα το φιλμ να αμαυρώνεται στα σημεία που προσπίπτουν φωτόνια. Με αυτό τον τρόπο αποτυπώνεται στο φιλμ το είδωλο του αντικειμένου.

#### Το μικροσκόπιο

Το μικροσκόπιο αποτελείται από δύο συγκλίνοντες φακούς: το φακό που βρίσκεται κοντά στο μάτι μας (προσοφθάλμιος φακός) και το φακό που βρίσκεται κοντά στο αντικείμενο (αντικειμενικός φακός) (εικόνα 9.18).

Ο αντικειμενικός φακός έχει μικρή εστιακή απόσταση και δημιουργεί πραγματικό είδωλο του αντικειμένου. Αυτό το είδωλο αποτελεί το αντικείμενο για τον προσοφθάλμιο φακό ο οποίος σχηματίζει ένα μεγεθυμένο φανταστικό είδωλο (εικόνα 9.18).



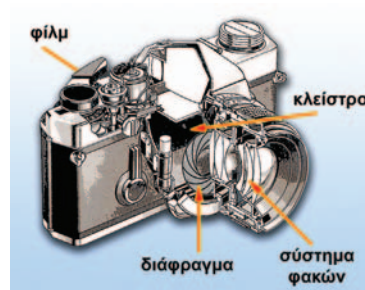
Εικόνα 9.14

Το μέγεθος του ειδώλου σ' έναν αποκλίνοντα φακό είναι μικρότερο του αντικείμενου.



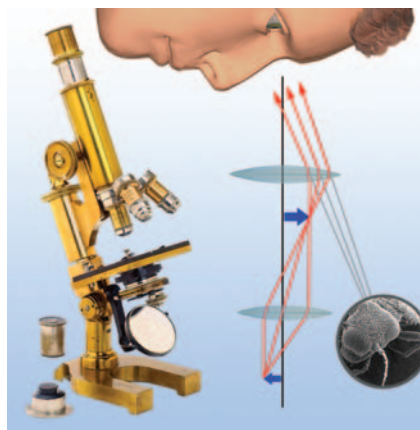
Εικόνα 9.16

Το σκόπευτρο μιας φωτογραφικής μηχανής.



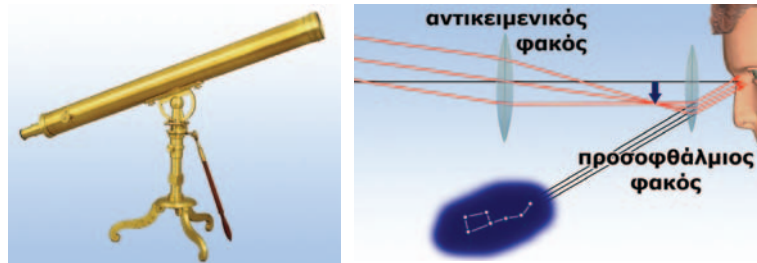
Εικόνα 9.17

Τα μέρη μιας φωτογραφικής μηχανής.



Εικόνα 9.18

Τα μέρη και η λειτουργία ενός μικροσκοπίου.



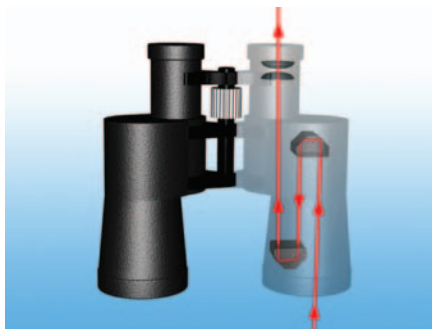
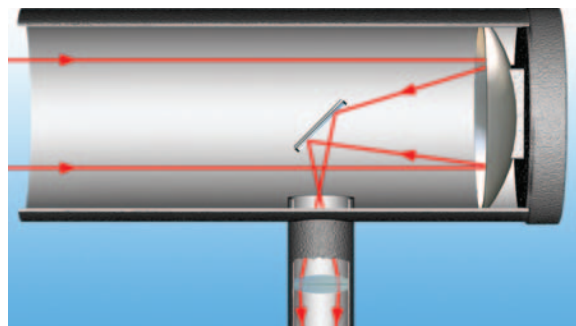
Εικόνα 9.19 ▶

Ένα κοινό αστρονομικό τηλεσκόπιο κατασκευάζεται με συνδυασμό δύο φακών.

### Το τηλεσκόπιο

Τα βασικά στοιχεία ενός τηλεσκοπίου είναι τα ίδια με του μικροσκοπίου. Στο τηλεσκόπιο ο αντικειμενικός φακός έχει μεγάλη εστιακή απόσταση και δημιουργεί το πραγματικό είδωλο ενός πολύ μακρινού αντικείμενου σε απόσταση μικρότερη της εστιακής και πολύ κοντά στην κύρια εστία του προσοφθάλμιου φακού. Το είδωλο αυτό αποτελεί αντικείμενο για τον προσοφθάλμιο. Το είδωλο που σχηματίζει ο προσοφθάλμιος είναι μεγεθυμένο, αντεστραμμένο και φανταστικό (εικόνα 9.19).

Εικόνα 9.20 ▶  
Στοιχεία κατοπτρικού τηλεσκοπίου.



Εικόνα 9.21  
Το γήινο τηλεσκόπιο: τα κιάλια  
Τα βασικά μέρη μιας διόπτρας (κιάλια).

Οι αστρονόμοι προτιμούν τα τηλεσκόπια με τους δύο φακούς. Σε αυτά τα τηλεσκόπια υπάρχει πολύ μικρότερη απορρόφηση φωτονίων και έτσι το είδωλο που σχηματίζεται είναι λαμπρότερο, αν και αντεστραμμένο.

Στα μεγάλα τηλεσκόπια που χρησιμοποιούμε για την παρατήρηση των ουράνιων σωμάτων ο αντικειμενικός φακός αντικαθίσταται συνήθως από ένα κοίλο κάτοπτρο (εικόνα 9.20). Τα τηλεσκόπια αυτά ονομάζονται **κατοπτρικά**.

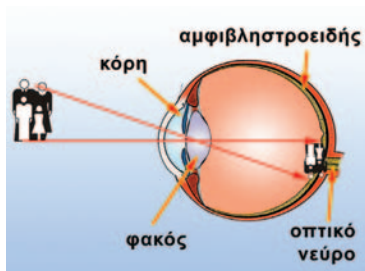
### Το γήινο τηλεσκόπιο

Αν προσθέσουμε στο σύστημα των φακών ενός τηλεσκοπίου έναν τρίτο φακό ή ένα σύστημα από τριγωνικά πρίσματα που προκαλούν τετραπλή ανάκλαση, το είδωλο προκύπτει τελικά όρθιο. Ένα τέτοιο τηλεσκόπιο ονομάζεται **γήινο** τηλεσκόπιο. Ένα ζεύγος γήινων τηλεσκοπίων τοποθετημένων δίπλα δίπλα δημιουργούν τα κιάλια (εικόνα 9.21).

### Το μάτι

Το μάτι έχει σχήμα σχεδόν σφαιρικό και είναι γεμάτο παχύρρευστο υγρό. Στο εμπρόσθιο μέρος υπάρχει μικρό άνοιγμα, η **κόρη**, και πίσω από αυτή ένας φακός.

### Φυσική και Ιατρική



Εικόνα 9.22  
Τα μέρη του ματιού.

Οι φωτεινές δέσμες που προέρχονται από ένα αντικείμενο εισέρχονται στο μάτι μέσω της κόρης. Ο αριθμός των φωτονίων που εισέρχεται ρυθμίζεται από το έγχρωμο τμήμα του ματιού, την **ίριδα**, που περιβάλλει την κόρη. Το φως διέρχεται μέσω του διαφανούς περιβλήματος το οποίο ονομάζεται **κερατοειδής** χιτώνας και διαθλάται στο φακό και το υγρό. Οι διαθλωμένες ακτίνες εστιάζονται στον αμφιβληστροειδή χιτώνα ο οποίος βρίσκεται στο πίσω μέρος του ματιού και είναι εξαιρετικά ευαίσθητος στο φως. Το είδωλο του αντικειμένου σχηματίζεται πάνω στον αμφιβληστροειδή χιτώνα αντεστραμμένο. Εκεί εξαπλώνεται το οπτικό νεύρο το οποίο συνδέει το μάτι με τον εγκέφαλο. Αν και το είδωλο σχηματίζεται αντεστραμμένο, ο εγκέφαλος που είναι ο τελικός επεξεργαστής του ερεθίσματος δημιουργεί την εντύπωση του όρθιου (εικόνα 9.22).

#### Το μάτι προσαρμόζεται

Κατάλληλοι μύες μεταβάλλουν αυτόματα την καμπυλότητα του φακού, μεταβάλλοντας συνεπώς την εστιακή του απόσταση, έτσι ώστε το είδωλο να σχηματίζεται πάντα στον αμφιβληστροειδή, είτε το αντικείμενο βρίσκεται κοντά είτε πολύ μακριά από το μάτι.

#### Ελαττώματα της όρασης

Αν διαθέτεις αυτό που ονομάζουμε κανονική όραση, μπορείς να δεις καθαρά και αντικείμενα που βρίσκονται σε απόσταση 25 εκατοστών από εσένα (κοντινό σημείο). Τα ελαττώματα της όρασης συνδέονται με την αδυναμία του ματιού να σχηματίσει το είδωλο του αντικειμένου πάνω στον αμφιβληστροειδή χιτώνα. Μερικά από τα ελαττώματα της όρασης διορθώνονται με τη χρήση γυαλιών ή φακών επαφής (εικόνα 9.23).

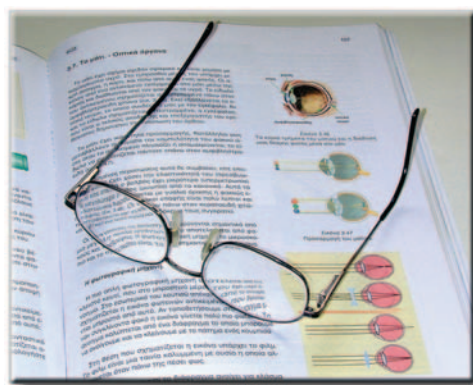
#### Πρεσβυωπία-Υπερμετρωπία

Θα έχεις πιθανόν παρατηρήσει τον παππού σου ή τη γιαγιά σου να φέρνει ένα αντικείμενο, για παράδειγμα μια εφημερίδα, σε μεγάλη απόσταση από τα μάτια του για να το δει καθαρότερα. *Γιατί συμβαίνει αυτό;*

Συνήθως με το πέρασμα των χρόνων το μάτι χάνει την ικανότητά του να προσαρμόζει το φακό ανάλογα με την απόσταση του αντικειμένου ώστε να σχηματίζει το είδωλο πάνω στον αμφιβληστροειδή χιτώνα. Επίσης σε ορισμένα άτομα ο βολβός μπορεί να έχει μικρότερο βάθος από το κανονικό. Στις παραπάνω περιπτώσεις το είδωλο ενός κοντινού αντικειμένου σχηματίζεται μπροστά από τον αμφιβληστροειδή χιτώνα. Αυτό το ελάττωμα διορθώνεται με τη χρήση ενός συγκλίνοντος φακού, ο οποίος προκαλεί σύγκλιση των ακτίνων ώστε να εστιάσουν στον αμφιβληστροειδή χιτώνα (εικόνα 9.24).

#### Μυωπία

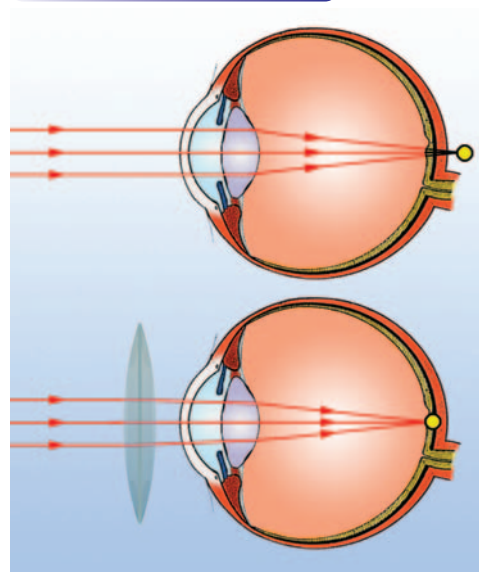
Κάποιοι από τους συμμαθητές σου –πιθανόν και εσύ ο ίδιος– να μην μπορούν να δουν πολύ καθαρά αντικείμενα που βρίσκονται μακριά, για παράδειγμα τα γράμματα στον πίνακα της αίθουσας.



Εικόνα 9.23

Τα γυαλιά είναι κατάλληλοι φακοί που διορθώνουν κάποια από τα ελαττώματα της όρασης.

#### Φυσική και Τεχνολογία και Ιατρική



Εικόνα 9.24

#### Η πρεσβυωπία και η διόρθωσή της

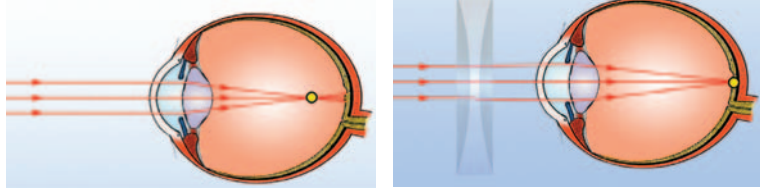
Κάποιος που έχει πρεσβυωπία δεν μπορεί να δει καθαρά κοντινά αντικείμενα. Το είδωλο σχηματίζεται πίσω από τον αμφιβληστροειδή. Ένας συγκλίνων φακός διορθώνει αυτό το ελάττωμα. Οι φωτεινές ακτίνες διαθλώνται αρχικά στο φακό και στη συνέχεια στο μάτι μας, και τελικά το είδωλο σχηματίζεται στον αμφιβληστροειδή.



Όταν όμως πλησιάσουν αρκετά στον πίνακα, τότε τα διακρίνουν με ευκρίνεια. *Γιατί συμβαίνει αυτό;*

Αν ο φακός του ματιού έχει μικρή ακτίνα καμπυλότητας ή αν το μήκος του βολβού είναι μεγάλο, τότε το είδωλο ενός μακρινού αντικειμένου σχηματίζεται μπροστά από τον αμφιβληστροειδή, η όραση δεν είναι καθαρή και λέμε ότι ο οφθαλμός είναι μυωπικός. Για να διορθώσουμε αυτό το ελάττωμα, χρησιμοποιούμε έναν αποκλίνοντα φακό μπροστά από το μάτι. Ο αποκλίνων φακός προκαλεί απόκλιση των φωτεινών ακτίνων, με αποτέλεσμα το είδωλο να σχηματίζεται πάνω στον αμφιβληστροειδή χιτώνα (εικόνα 9.25).

### Φυσική και Τεχνολογία και Ιατρική



Εικόνα 9.25 ▶

#### Η μυωπία και η διόρθωσή της

Ένας άνθρωπος που έχει μυωπία δεν μπορεί να δει καθαρά τα μακρινά αντικείμενα. Το είδωλο σχηματίζεται μπροστά από τον αμφιβληστροειδή. Ένας αποκλίνων φακός διορθώνει το παραπάνω ελάττωμα.

## Ερωτήσεις

## ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

### ▶ Χρησιμοποίησε και εφάρμοσε τις έννοιες που έμαθες:

1. Συμπλήρωσε τις λέξεις που λείπουν από το παρακάτω κείμενο έτσι ώστε οι προτάσεις που προκύπτουν να είναι επιστημονικά ορθές:
  - α. Οι ..... φακοί είναι παχύτεροι στο μέσον και λεπτότεροι στα άκρα και μετατρέπουν μια δέσμη παράλληλων φωτεινών ακτίνων σε ..... Γι' αυτό και ονομάζονται ..... φακοί. Ο μεγεθυντικός φακός είναι ..... φακός.
  - β. Οι ..... φακοί είναι λεπτότεροι στο μέσο και παχύτεροι στα άκρα. Μετατρέπουν μια δέσμη παράλληλων φωτεινών ακτίνων σε ..... Ονομάζονται λοιπόν ..... φακοί.
2. Τοποθέτησε ένα αναμμένο κερί έτσι ώστε η φλόγα του να βρίσκεται στην εστία ενός λεπτού συγκλίνοντος φακού. Να σχεδιάσεις την πορεία των ακτίνων που προέρχονται από τη φλόγα του κεριού και διαθλώνται στο φακό.
3. Τοποθέτησε μια πηγή λέιζερ έτσι ώστε η μονοχρωματική φωτεινή δέσμη την οποία παράγει να είναι παράλληλη προς τον κύριο άξονα ενός αποκλίνοντος φακού και να διέρχεται μέσα από αυτόν. Να σχεδιάσεις την πορεία των φωτεινών ακτίνων της δέσμης μετά τη διάθλασή τους από το φακό.

### ▶ Εφάρμοσε τις γνώσεις σου και γράψε τεκμηριωμένες απαντήσεις για τις ερωτήσεις που ακολουθούν:

4. Ποιες είναι οι κύριες διαφορές σ' ένα αστρονομικό και ένα γήινο τηλεσκόπιο;
5. Ποιο όργανο μοιάζει περισσότερο με το μάτι; Ένα τηλεσκόπιο, ένα μικροσκόπιο ή μια φωτογραφική μηχανή;
6. Οι χάρτες της Σελήνης τη δείχνουν συνήθως αντεστραμμένη. Γιατί νομίζεις ότι συμβαίνει αυτό;
7. Να υποθέσεις ότι η φωτογραφική σου μηχανή έχει εστιάσει στο φιλμ το είδωλο ενός ανθρώπου που βρίσκεται σε απόσταση 2 m. Στη συνέχεια θέλεις να φωτογραφίσεις ένα δέντρο που βρίσκεται μακρύτερα. Ο φακός θα πρέπει να πλησιάσει ή να απομακρυνθεί από το φιλμ; Αιτιολόγησε την απάντησή σου.
8. Γιατί ένας μεγεθυντικός φακός ονομάζεται «γυαλί που βάζει φωτιά»;

## Ασκήσεις

## ασκήσεις

1. Θέλεις να φωτογραφίσεις το είδωλό σου που σχηματίζεται σε ένα επίπεδο καθρέφτη. Αν στέκεσαι σε απόσταση 1,5 m από τον καθρέφτη, σε ποια απόσταση πρέπει να εστιάσεις τη φωτογραφική σου μηχανή;

### ΠΕΡΙΛΗΨΗ

- ❑ Υπάρχουν δύο είδη φακών: οι συγκλίνοντες και οι αποκλίνοντες.
- ❑ Φωτεινές ακτίνες παράλληλες μεταξύ τους μετά τη διάθλασή τους σε συγκλίνοντα ή αποκλίνοντα φακό συγκλίνουν ή αποκλίνουν αντίστοιχα.
- ❑ Το σημείο σύγκλισης των διαθλώμενων ακτίνων ή των προεκτάσεών τους ονομάζεται εστία του φακού.
- ❑ Το είδος του ειδώλου που σχηματίζει ένας συγκλίνων φακός εξαρτάται από τη σχετική θέση του αντικείμενου ως προς την εστία του.
- ❑ Ο αποκλίνων φακός σχηματίζει πάντοτε φανταστικό είδωλο, ορθό και μικρότερο του αντικειμένου.
- ❑ Οι φακοί χρησιμοποιούνται στην κατασκευή οπτικών οργάνων όπως τηλεσκόπια, μικροσκόπια, φωτογραφικές μηχανές. Επιπλέον βρίσκουν εφαρμογή στη διόρθωση ελαττωμάτων της όρασης, όπως είναι η μυωπία και η πρεσβυωπία.

### ΒΑΣΙΚΟΙ ΟΡΟΙ

Συγκλίνων φακός  
Αποκλίνων φακός  
Κύρια εστία

Κύριος άξονας  
Οπτικά όργανα

Μυωπία  
Πρεσβυωπία

