

ο μια μικρή ιστορία

Η Ολυμπιακή φλόγα είναι σύμβολο των Ολυμπιακών Αγώνων.
Πριν από την έναρξη των Ολυμπιακών Αγώνων στην τελετή αφής,
που γίνεται στο ιερό της Ήρας στην Αρχαία Ολυμπία,
έντακα ιέρειες (ηθσοποιί) παγιθεύουν το ηλιακό φως και ανάθουν τη θάδα.

Πώς το πετυχαίνουν αυτό;

Η Πρωθιέρεια τοποθετεί τη θάδα στο κέντρο κοίλου παραβολικού καθρέφτη.

Οι ακτίνες του Ήλιου ανακλώνται και συγκλίνουν πάνω στη θάδα.

Η θερμοκρασία της θάδας αυξάνεται τόσο ώστε να προκαλέσει ανάφλεξη
του εύφλεκτου υλικού που περιέχει.

Στη συνέχεια η φλόγα μεταλαμπαδεύεται στη θάδα του πρώτου λαμπαδηδρόμου.

Από την αρχαιότητα η τελετή αυτή αποτελεί την ανάμνηση της αρπαγής από τον
Προμηθέα της φωτιάς του Δία. Εκείνη την εποχή οι Ολυμπιακοί Αγώνες γίνονταν στην
Ολυμπία και η Ολυμπιακή φλόγα κρατούνταν αναμμένη καθ' όλη τη διάρκεια των αγώνων.

Τι είναι ένας καθρέφτης και πώς επηρεάζει την πορεία διάδοσης του φωτός;



Στο κεφάλαιο αυτό:

- Θα μελετήσεις την ανάκλαση του φωτός καθώς και τους νόμους που τη διέπουν.
- Θα γνωρίσεις πως σχηματίζονται τα είδωλα σε κοίλους και σε κυρτούς σφαιρικούς καθρέφτες.

ΑΝΑΚΛΑΣΗ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ



Εικόνα 7.1

Όταν η επιφάνεια του νερού είναι τελείως λεία, τότε η εικόνα του αντικειμένου είναι καθαρή. Όταν η επιφάνεια είναι παραγμένη, η εικόνα γίνεται θολή.

ΤΟ ΦΩΣ ΕΠΙΣΤΡΕΦΕΙ

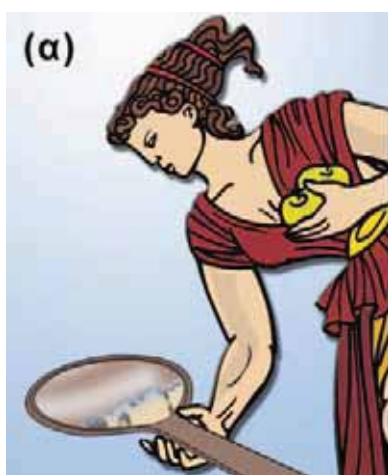
Πολλές φορές βλέπουμε εικόνες αντικειμένων που σχηματίζονται σε έναν καθρέφτη ή στη λεία επιφάνεια του νερού (εικόνα 7.1). Ο άνθρωπος αντίκρισε για πρώτη φορά το πρόσωπό του στην ήρεμη επιφάνεια του νερού. Στη Σύρο σε τάφους της νεολιθικής εποχής (3000 π.Χ.) βρέθηκαν τηγανόσχημα πήλινα σκεύη που πιθανόν χρησιμοποιούνταν ως καθρέφτες. Οι κάτοικοι του νησιού τοποθετούσαν νερό μέσα σε αυτά και καθρεφτίζονταν στην ήρεμη επιφάνειά του. Μεταλλικοί καθρέφτες (συνήθως από χαλκό) χρησιμοποιήθηκαν για πρώτη φορά κατά την εποχή του χαλκού (3000-1000 π.Χ.) (εικόνα 7.2). Με έναν καθρέφτη είναι δυνατόν να αλλάξουμε την κατεύθυνση μιας δέσμης φωτός.

7.1

Ανάκλαση του φωτός

Στο κεφάλαιο 6 είδαμε ότι ένα ετερόφωτο αντικείμενο γίνεται ορατό όταν το φωτίσουμε και ένα μέρος του φωτός που πέφτει πάνω του επανεκπέμπεται και φθάνει στο μάτι μας.

Τα δύο παραπάνω φαινόμενα συνδέονται στενά μεταξύ τους: σε κάθε περίπτωση το φως διαδίδεται μέσα σε ένα ομογενές μέσο (συνήθως τον αέρα), συναντά την επιφάνεια ενός αντικειμένου και αλλάζει κατεύθυνση παραμένοντας μέσα στο ίδιο μέσο. Όταν το φως συναντήσει την επιφάνεια ενός σώματος και αλλάξει διεύθυνση διάδοσης παραμένοντας μέσα στο ίδιο διαφανές υλικό, λέμε ότι ανακλάται.



Εικόνα 7.2

(α) Οι άνθρωποι αρχικά καθρεφτίζονταν στην ήρεμη επιφάνεια του νερού. (β) Χάλκινος καθρέφτης του 2.500 π.Χ.



Κατοπτρική ανάκλαση

Μια πολύ λεπτή φωτεινή δέσμη (όπως η δέσμη λέιζερ της εικόνας 7.3) που πέφτει στην επιφάνεια ενός καθρέφτη, μετά την ανάκλαση, ακολουθεί μια εντελώς καθορισμένη διεύθυνση. Αυτό το είδος ανάκλασης το ονομάζουμε **κατοπτρική ανάκλαση**.

Πότε γίνεται κατοπτρική ανάκλαση;

Μια πολύ λεπτή φωτεινή δέσμη την παριστάνουμε με παράλληλες ακτίνες. Όταν η δέσμη προσπίπτει σε μια επιφάνεια που είναι λεία, όπως η επιφάνεια ενός μετάλλου, τότε όλες οι ανακλώμενες ακτίνες έχουν την ίδια κατεύθυνση (εικόνα 7.4). Γι' αυτό οι καθρέφτες (κάτοπτρα) διαθέτουν ένα λεπτό στρώμα αργύρου το οποίο ανακλά το φως. Κατά τους ιστορικούς χρόνους οι μεταλλικοί καθρέφτες ήταν συνήθως από χαλκό ή άργυρο. Το 19ο αιώνα ο Γάλλος φυσικός Φουκώ επινόησε μέθοδο επικάλυψης γυαλιού με άργυρο, στην οποία βασίζεται η κατασκευή των σύγχρονων καθρεφτών. Επιδίωξη των σύγχρονων κατασκευαστών είναι οι εικόνες που σχηματίζονται από τους καθρέφτες να είναι όσο το δυνατόν πιο σαφείς και ευκρινείς.

Ποιοι κανόνες προσδιορίζουν τη διεύθυνση διάδοσης της ανακλώμενης δέσμης του φωτός στην κατοπτρική ανάκλαση;

Με την πειραματική διάταξη που απεικονίζεται στην εικόνα 7.5 μπορούμε να παρατηρήσουμε τη λεπτή δέσμη φωτός που προσπίπτει σε ένα σημείο του καθρέφτη, καθώς και την ανακλώμενη, και να σχεδιάσουμε τις αντίστοιχες ακτίνες. Η ακτίνα που προσπίπτει και η ευθεία η οποία είναι κάθετη στον καθρέφτη, στο σημείο πρόσπτωσης, σχηματίζουν μια γωνία που την ονομάζουμε **γωνία πρόσπτωσης** ($\hat{\eta}$). Αντίστοιχα η κάθετη και η ανακλώμενη ακτίνα σχηματίζουν μια άλλη γωνία που την ονομάζουμε **γωνία ανάκλασης** ($\hat{\alpha}$). Όποια και να είναι η διεύθυνση της προσπίπτουσας ακτίνας μπορούμε να διαπιστώσουμε ότι:

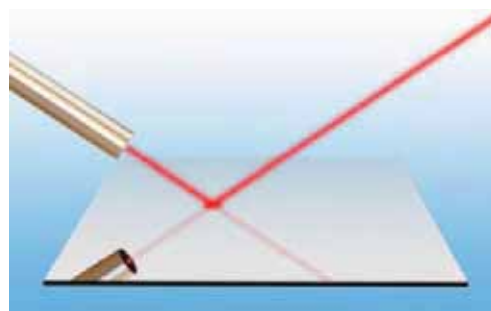
1. η προσπίπτουσα, η ανακλώμενη ακτίνα και η κάθετη ευθεία επάνω στον καθρέφτη (στο σημείο πρόσπτωσης) βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο (εικόνα 7.5).
2. η γωνία πρόσπτωσης ($\hat{\eta}$) είναι ίση με τη γωνία ανάκλασης ($\hat{\alpha}$) (εικόνα 7.5):

$$(\hat{\eta}) = (\hat{\alpha})$$

Οι προτάσεις (1) και (2) ονομάζονται νόμοι της κατοπτρικής ανάκλασης του φωτός.

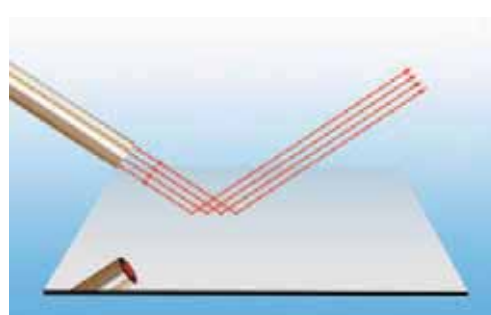
Διάχυση

Όταν μια πολύ λεπτή φωτεινή δέσμη συναντά ένα λευκό φύλλο χαρτί, δεν μπορούμε να διακρίνουμε ανακλώμενη δέσμη. Τα αντικείμενα δεν καθρεφτίζονται πάνω σε αυτό. Από το χαρτί το φως διαδίδεται προς κάθε κατεύθυνση (εικόνα 7.6α). Σε κάθε τέτοια ανάλογη περίπτωση λέμε ότι το φως διαχέεται και το αντίστοιχο είδος ανάκλασης το ονομάζουμε **διάχυση**. Διάχυση συμβαίνει όταν η επιφάνεια που συναντά το φως είναι τραχιά, όπως



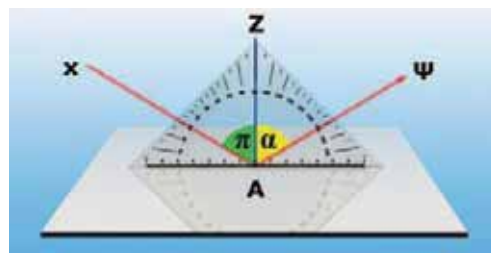
Εικόνα 7.3

Η δέσμη λέιζερ ανακλάται από το επίπεδο κάτοπτρο.



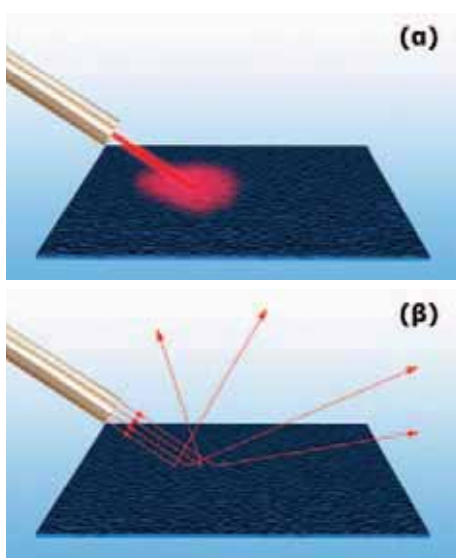
Εικόνα 7.4

Οι προσπίπτουσες παράλληλες ακτίνες παραμένουν παράλληλες και μετά την ανάκλαση.



Εικόνα 7.5

Αχ: η ακτίνα που προσπίπτει, Αψ: η ακτίνα που ανακλάται, π: η γωνία πρόσπτωσης, α: η γωνία ανάκλασης.



Εικόνα 7.6

(α) Η δέσμη λέιζερ διασκορπίζεται πάνω στην τραχιά επιφάνεια.
 (β) Οι παράλληλες ακτίνες μετά την ανάκλαση αποκτούν διαφορετικές κατευθύνσεις.

του χαρτιού. Λόγω της διάχυσης μπορούμε να βλέπουμε τα αντικείμενα όταν φωτίζονται, να παρατηρούμε την υφή και το χρώμα τους και να τα διακρίνουμε από το περιβάλλον τους. Την ημέρα σε ένα δωμάτιο μπορεί να υπάρχει φως χωρίς αυτό να φωτίζεται απευθείας από τον ήλιο. Το φως του ήλιου διαχέεται από τα μόρια του αέρα και εισέρχεται στο δωμάτιο.

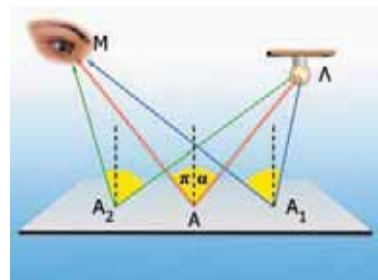
Γιατί μια τραχιά επιφάνεια διαχέει το φως;

Μπορούμε να υποθέσουμε ότι μια τραχιά επιφάνεια αποτελείται από πολλούς μικροσκοπικούς καθρέφτες με τυχαίους προσανατολισμούς (εικόνα 7.6β). Σε κάθε μικροσκοπικό καθρέφτη το φως υφίσταται κατοπτρική ανάκλαση. Επειδή όμως οι μικροσκοπικοί καθρέφτες έχουν τυχαίους προσανατολισμούς, οι ανακλώμενες από αυτούς ακτίνες μιας παράλληλης προσπίπτουσας δέσμης έχουν τυχαίες διευθύνσεις. Επομένως η λεπτή δέσμη φωτός μετά την ανάκλασή της στην τραχιά επιφάνεια διαχέεται προς κάθε κατεύθυνση.

Φυσική και Γεωμετρία

Ανάκλαση και αρχή του ελάχιστου χρόνου

Οι νόμοι της ανάκλασης μπορούν να ερμηνευθούν με την αρχή του ελάχιστου χρόνου. Πράγματι στην περίπτωση που το φως διαδίδεται σε ομογενές υλικό η ταχύτητά του θα είναι σταθερή. Επομένως η διαδρομή που απαιτεί τον ελάχιστο χρόνο είναι αυτή που έχει το ελάχιστο μήκος. Στη διπλανή εικόνα έχουμε σχεδιάσει πιθανές πορείες διάδοσης του φωτός από το λαμπτήρα στον καθρέφτη και από τον καθρέφτη στο μάτι. Αν μετρήσουμε το μήκος κάθε διαδρομής, διαπιστώνουμε ότι η διαδρομή με το μικρότερο μήκος είναι η ενδιάμεση. Σύμφωνα με την αρχή του ελάχιστου χρόνου, το φως θα ακολουθήσει κατά τη διάδοσή του αυτή τη διαδρομή. Μπορούμε επίσης να μετρήσουμε τις γωνίες πρόσπτωσης και ανάκλασης και να επαληθεύσουμε ότι είναι ίσες.



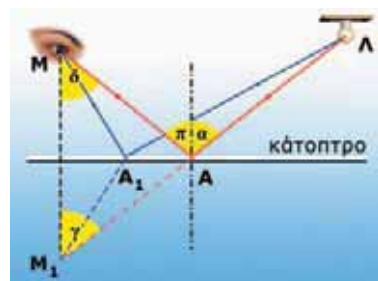
Οι πορείες $ΛΑ_1Μ$ και $ΛΑ_2Μ$ δεν ακολουθούν το νόμο της κατοπτρικής ανάκλασης. Η πορεία $ΛΑΜ$ ακολουθεί το νόμο της κατοπτρικής ανάκλασης. Το μήκος της τελευταίας είναι μικρότερο από το μήκος των άλλων δύο.

Χρησιμοποιώντας την αρχή του ελάχιστου χρόνου μπορούμε να αποδείξουμε τον νόμο της κατοπτρικής ανάκλασης;

Αρχικά **διατυπώνουμε το ερώτημα** με ακρίβεια και σαφήνεια χρησιμοποιώντας τη **γλώσσα των Μαθηματικών**.

Μαθηματική διατύπωση: Αναζητούμε ένα σημείο A που να ανήκει στο επίπεδο (κάτοπτρο) έτσι ώστε το μήκος $ΛΑ+ΑΜ$ να είναι το ελάχιστο δυνατό.

Απόδειξη: Βρίσκω το σημείο M_1 συμμετρικό του M ως προς το επίπεδο. Συνδέω το M_1 με το $Λ$, η ευθεία $M_1Λ$ συναντά το επίπεδο στο A . Το A είναι το ζητούμενο σημείο.



Πράγματι: $AM=AM_1$ επομένως $ΛΑ+AM=ΛΑ+AM_1$ ή $ΛΑ+AM=M_1Λ$. Πρέπει να αποδείξω ότι το $M_1Λ$ είναι το ελάχιστο μήκος. Λαμβάνω ένα τυχαίο σημείο A_1 στο επίπεδο. Θα αποδείξω ότι: $ΛΑ_1+A_1M>M_1Λ$.

$A_1M=A_1M_1$ ή $ΛΑ_1+A_1M=ΛΑ_1+A_1M_1$, όμως παρατηρώντας το σχήμα και γνωρίζοντας ότι μεταξύ δύο σημείων ο συντομότερος δρόμος είναι το ευθύγραμμο τμήμα που τα συνδέει συμπεραίνουμε ότι $ΛΑ_1+A_1M>M_1Λ$, δηλαδή η διαδρομή $ΛΑ+AM$ είναι η ελάχιστη δυνατή και επομένως το φως, καθώς διαδίδεται από το A στο M μέσω του κατόπτρου, θα διέλθει από το A . Παρατηρώντας το σχήμα καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι η γωνία $\hat{\pi}=\hat{\delta}=\hat{\gamma}=\hat{\alpha}$, δηλαδή $\hat{\pi}=\hat{\alpha}$.

Μεταφράζουμε το συμπέρασμα στη γλώσσα της Φυσικής: Η γωνία πρόσπτωσης είναι ίση με τη γωνία ανάκλασης.

7.2

Εικόνες σε καθρέφτες: είδωλα

Τοποθέτησε ένα τριαντάφυλλο μπροστά από έναν καθρέφτη. Παρατηρείς να σχηματίζεται η εικόνα του σε αυτόν. Η εικόνα ενός αντικειμένου που σχηματίζεται από έναν καθρέφτη (κάτοπτρο) ονομάζεται **είδωλο**.

Πώς μπορούμε να προσδιορίσουμε το είδος, τη θέση και το μέγεθος ενός ειδώλου;

Με ένα τζάμι σχηματίζουμε το είδωλο ενός κεριού. Σημειώνουμε τη θέση του ειδώλου από την άλλη μεριά του τζαμιού. Με ένα υποδεκάμετρο μετράμε τα μεγέθη κεριού και ειδώλου, καθώς και τις αποστάσεις τους από το τζάμι (εικόνα 7.7). Διαπιστώνουμε ότι το είδωλο έχει το ίδιο μέγεθος με το κεριό. Επίσης η απόσταση μεταξύ του κεριού και του τζαμιού είναι ίση με την απόσταση μεταξύ του ειδώλου και του τζαμιού.

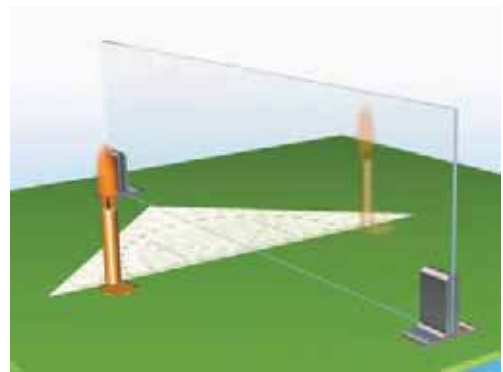
Επίπεδοι καθρέφτες

Πώς σχηματίζεται το είδωλο ενός αντικειμένου;

Όλες οι φωτεινές ακτίνες που προέρχονται από το σημείο Α του αντικειμένου ανακλώνται στον επίπεδο καθρέφτη και αλλάζουν κατεύθυνση (εικόνα 7.8). Οι προεκτάσεις τους συναντώνται στο σημείο Ε. Στο μάτι του παρατηρητή φτάνουν κάποιες από τις ανακλώμενες ακτίνες. Ο ανθρώπινος εγκέφαλος που είναι συνηθισμένος στην ευθύγραμμη διάδοση του φωτός προεκτείνει αυτές τις ακτίνες ευθύγραμμα και τοποθετεί το είδωλο στο σημείο τομής τους. Το αποτέλεσμα είναι ότι ο παρατηρητής βλέπει ένα φωτεινό σημείο Ε πίσω από την επιφάνεια του καθρέφτη. Το Ε που είναι το σημείο τομής των προεκτάσεων όλων των ανακλώμενων ακτίνων που προέρχονται από το σημείο Α και αποτελεί το είδωλο του Α. Κάθε είδωλο που σχηματίζεται από τις προεκτάσεις ανακλωμένων ακτίνων ονομάζεται **φανταστικό**. Τα είδωλα που σχηματίζουν οι επίπεδοι καθρέφτες είναι πάντοτε φανταστικά.

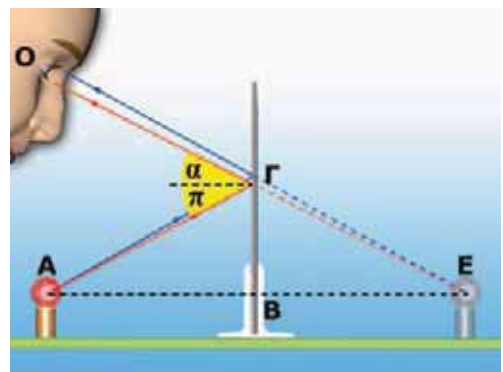
Πώς μπορούμε να προσδιορίσουμε τη θέση του ειδώλου σε έναν επίπεδο καθρέφτη;

Για να προσδιορίζουμε τη θέση του ειδώλου, θα εφαρμόσουμε τους νόμους της κατοπτρικής ανάκλασης. Θεωρούμε δύο ακτίνες που ξεκινούν από το Α. Την ΑΓ που ανακλώμενη ΓΟ (εικόνα 7.8) φθάνει στο μάτι μας και την ΑΒ που είναι κάθετη στον καθρέφτη και ανακλάται στην ίδια διεύθυνση. Σύμφωνα με το νόμο της ανάκλασης η γωνία πρόσπτωσης $\hat{\Gamma}$ είναι ίση με τη γωνία ανάκλασης $\hat{\Delta}$. Χρησιμοποιώντας τις γνώσεις μας από τη Γεωμετρία συγκρίνουμε τα τρίγωνα ΑΒΓ και ΕΒΓ (εικόνα 7.8). Συμπεραίνουμε ότι $ΑΒΓ = ΕΒΓ$ και άρα $ΑΒ = ΕΒ$. Προκύπτει, επομένως, ότι σε έναν επίπεδο καθρέφτη η απόσταση κάθε σημείου του ειδώλου από τον καθρέφτη είναι ίση με την απόσταση κάθε σημείου του αντικειμένου από τον καθρέφτη. Δηλαδή το είδωλο είναι συμμετρικό του αντικειμένου ως προς τον καθρέφτη και επομένως το είδωλο είναι ίσο σε μέγεθος με το αντικείμενο.



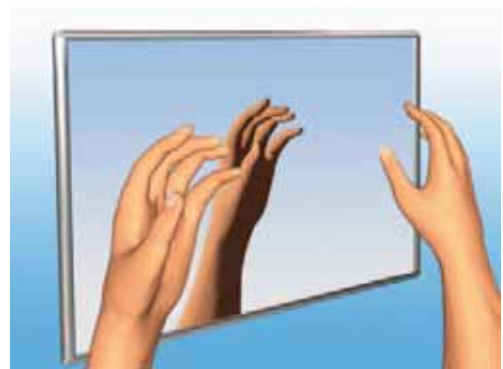
Εικόνα 7.7

Προσδιορισμός της θέσης του ειδώλου σε επίπεδο καθρέφτη.



Εικόνα 7.8

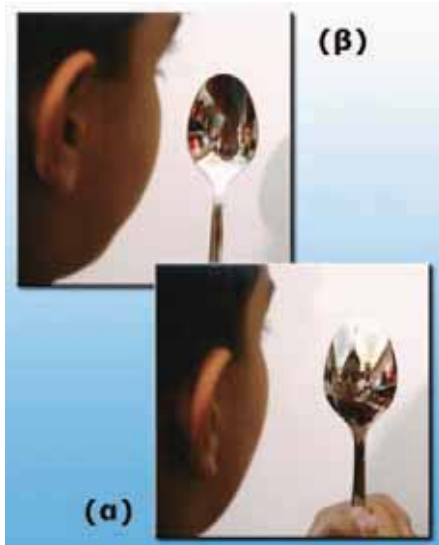
Οι προεκτάσεις των ανακλωμένων φωτεινών ακτίνων που προέρχονται από το Α τέμνονται στο Ε.



Εικόνα 7.9

Και το δεξί γίνεται αριστερό!

Αν τοποθετήσουμε την παλάμη του δεξιού μας χεριού απέναντι και παράλληλα από ένα επίπεδο καθρέφτη, το είδωλο που προκύπτει είναι το αριστερό μας χέρι.



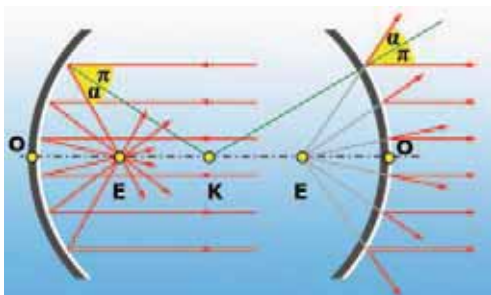
Εικόνα 7.10

Δύο είδη καμπύλων καθρεφτών: (α) κυρτός, (β) κοίλος.



Εικόνα 7.11

Η επιφάνεια μιας χριστουγεννιάτικης μπάλας είναι ένας σφαιρικός καθρέφτης.



Εικόνα 7.12

Κέντρο K , κύρια εστία E , οπτικός άξονας KE , ακτίνα καμπυλότητας, εστιακή απόσταση.

Καμπύλοι καθρέφτες

Στην καθημερινή ζωή δεν χρησιμοποιούμε μόνον επίπεδους καθρέφτες αλλά και καμπύλους. Καμπύλοι καθρέφτες υπάρχουν στα αυτοκίνητα, στις διασταυρώσεις των δρόμων κ.α.

Καμπύλος καθρέφτης είναι η εσωτερική και η εξωτερική επιφάνεια ενός καλογουαλισμένου κουταλιού. Όταν η ανακλαστική επιφάνεια είναι καμπύλη προς τα μέσα, όπως η εσωτερική επιφάνεια του κουταλιού, τον καθρέφτη τον ονομάζουμε **κοίλο**. Όταν είναι καμπύλη προς τα έξω, όπως η εξωτερική επιφάνεια του κουταλιού, τον ονομάζουμε **κυρτό** (εικόνα 7.10).

Σφαιρικοί καθρέφτες. Εστία σφαιρικών καθρεφτών.

Όταν η ανακλαστική επιφάνεια ενός καθρέφτη είναι τμήμα μιας σφαίρας, ο καθρέφτης ονομάζεται σφαιρικός. Ένας σφαιρικός καθρέφτης μπορεί να είναι κοίλος ή κυρτός (εικόνα 7.11).

Πώς ανάβει η δάδα κατά την τελετή της αφής της ολυμπιακής φλόγας;

Φωτεινές ακτίνες παράλληλες μεταξύ τους (όπως οι ακτίνες του ηλιακού φωτός), μετά την ανάκλασή τους επάνω σε κοίλο καθρέφτη, συγκλίνουν σε ένα σημείο (εικόνα 7.12). Αν η δάδα τοποθετηθεί σε αυτό το σημείο, τότε ανάβει.

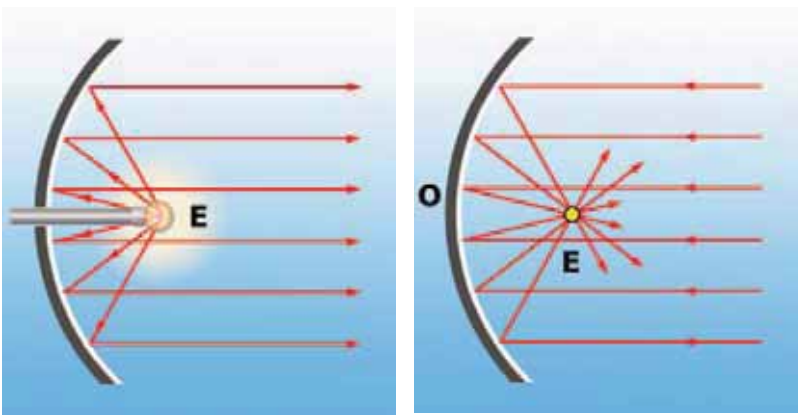
Αντιθέτως φωτεινές ακτίνες παράλληλες μεταξύ τους, μετά την ανάκλασή τους επάνω σε κυρτό καθρέφτη, αποκλίνουν. Οι προεκτάσεις τους συγκλίνουν σε ένα σημείο πίσω από τον καθρέφτη (εικόνα 7.12).

Το σημείο E στο οποίο συγκλίνουν οι ανακλώμενες ακτίνες ή οι προεκτάσεις τους το ονομάζουμε κύρια **εστία** του κοίλου ή του κυρτού καθρέφτη αντίστοιχα.

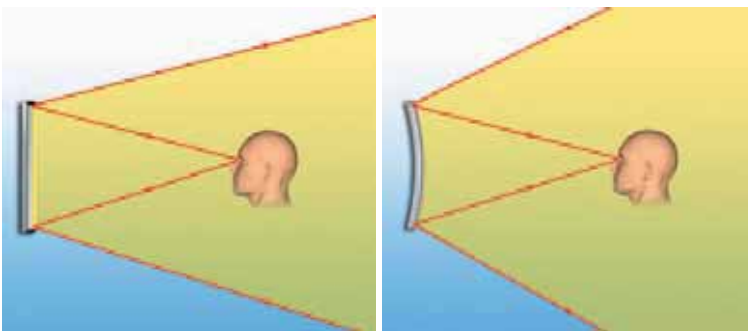
Σε ένα σφαιρικό καθρέφτη το κέντρο K της σφαίρας ονομάζεται κέντρο του καθρέφτη και η ακτίνα της σφαίρας ονομάζεται ακτίνα καμπυλότητας και συμβολίζεται με R . Την ευθεία KE που συνδέει το κέντρο του καθρέφτη με την κύρια εστία την ονομάζουμε κύριο άξονα. Το σημείο τομής O του κύριου άξονα με τον καθρέφτη ονομάζεται κορυφή του κατόπτρου. Την απόσταση EO της κύριας εστίας από την κορυφή του καθρέφτη την ονομάζουμε εστιακή απόσταση και συμβολίζεται με f . Γενικά για ένα σφαιρικό καθρέφτη ισχύει: $R=2 \cdot f$.

Πώς μπορούμε να ερμηνεύσουμε τη συμπεριφορά των σφαιρικών καθρεφτών;

Κάθε σφαιρική επιφάνεια (επομένως και ένας σφαιρικός καθρέφτης) μπορούμε να θεωρήσουμε ότι αποτελείται από μικρές επίπεδες επιφάνειες που είναι κάθετες στην ακτίνα της σφαίρας στο αντίστοιχο σημείο. Επομένως κάθε φωτεινή ακτίνα που προσπίπτει σε ένα σημείο σφαιρικού καθρέφτη ανακλάται κατοπτρικά (εικόνα 7.12). Με τη βοήθεια της Γεωμετρίας αποδεικνύεται ότι φωτεινές ακτίνες παράλληλες προς τον κύριο άξονα ανακλώνται έτσι ώστε οι ανακλώμενες ακτίνες ή οι προεκτάσεις τους να περνούν από την κύρια εστία του καθρέφτη.



◀ **Εικόνα 7.13**
Η αντίστροφη πορεία του φωτός
 Η αντίστροφη πορεία του φωτός σε ένα κοίλο καθρέφτη.



◀ **Εικόνα 7.14**
 Οπτικό πεδίο επίπεδου και κυρτού σφαιρικού καθρέφτη.

Σύμφωνα με την αρχή της αντίστροφης πορείας του φωτός, όταν φωτεινές ακτίνες διέρχονται από την εστία ενός κοίλου καθρέφτη, μετά την ανάκλασή τους, διαδίδονται παράλληλα μεταξύ τους (εικόνα 7.13).

Με αυτό τον τρόπο δημιουργούμε παράλληλη δέσμη φωτός στους προβολείς των αυτοκινήτων, θεάτρων, κέντρων διασκέδασης, γηπέδων κ.ά.

Οπτικό πεδίο

Οπτικό πεδίο μιας συσκευής ονομάζεται το τμήμα του χώρου που μπορούμε να δούμε με τη βοήθεια της συσκευής.

Τα όρια του οπτικού πεδίου ενός καθρέφτη ορίζονται από τις φωτεινές ακτίνες που, όταν ανακλώνται στα άκρα του καθρέφτη, φθάνουν στο μάτι μας. Επομένως, για να βρούμε το οπτικό πεδίο ενός καθρέφτη, ενώνουμε το μάτι μας με τα άκρα του καθρέφτη και θεωρώντας αυτά τα τμήματα ως φωτεινές ακτίνες βρίσκουμε τις ανακλώμενες. Η περιοχή που ορίζεται από αυτές τις ανακλώμενες ακτίνες και τον καθρέφτη είναι το οπτικό πεδίο (εικόνα 7.14).

Στους κυρτούς καθρέφτες μια παράλληλη δέσμη, μετά την ανάκλασή της, αποκλίνει. Επομένως, όταν το μάτι μας βρίσκεται στην ίδια απόσταση από ένα κυρτό και έναν επίπεδο καθρέφτη ίδιων διαστάσεων, το οπτικό πεδίο του κυρτού είναι μεγαλύτερο από το αντίστοιχο του επίπεδου. Τέτοιους καθρέφτες χρησιμοποιούμε στα αυτοκίνητα, στις διασταυρώσεις των δρόμων και στις υπεραγορές (εικόνα 7.15).



Εικόνα 7.15
 Διεύρυνση του οπτικού πεδίου με τη χρήση κυρτού καθρέφτη.

Φυσική και καθημερινή ζωή και Τεχνολογία

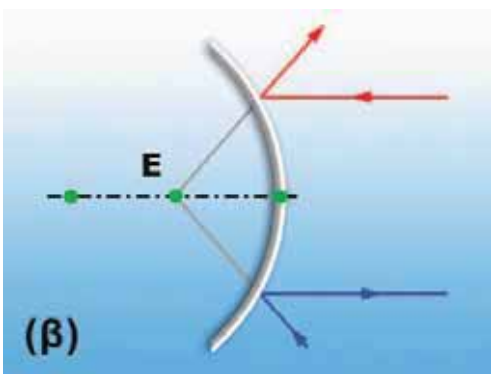
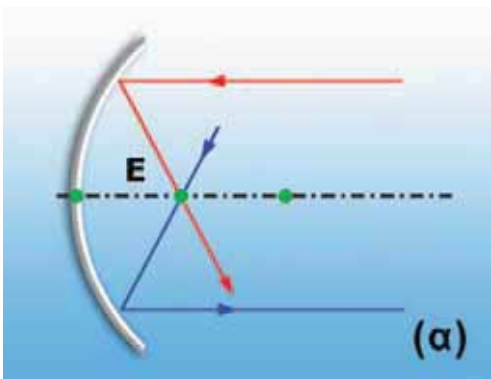
Εγγραφή και ανάγνωση ενός οπτικού δίσκου (CD)

Η κατασκευή των οπτικών δίσκων (σύμπυκτων δίσκων, compact disc, CD) προκάλεσε επανάσταση στο χώρο της εγγραφής και της αναπαραγωγής μιας πληροφορίας είτε αυτή είναι ένα μουσικό κομμάτι είτε μια κινηματογραφική ταινία είτε πληροφορίες που αποθηκεύονται και γίνονται αντικείμενο επεξεργασίας στον ηλεκτρονικό υπολογιστή.

Ο οπτικός δίσκος αποτελείται από τρία φύλλα διαφορετικών υλικών: το πλαστικό υπόστρωμα, το στρώμα ανάκλασης και το προστατευτικό φύλλο. Στο πλαστικό υπόστρωμα υπάρχουν σχεδόν πέντε δισεκατομμύρια μικροσκοπικές κοιλότητες και προεξοχές. Οι προεξοχές καλύπτονται από το στρώμα ανάκλασης. Γνωρίζεις ότι η πληροφορία σε μια ψηφιακή εγγραφή αποτελείται από συνδυασμούς των ψηφίων 0 και 1. Η συσκευή του οπτικού δίσκου εκπέμπει μια δέσμη λέιζερ που ανακλάται μόνο στις προεξοχές και απορροφάται από τις κοιλότητες.

Κάθε ανάκλαση αντιστοιχεί στο 1 και κάθε απορρόφηση στο 0. Έτσι μια πληροφορία καταγράφεται ως συνδυασμός κοιλότητων και προεξοχών και μεταφράζεται με την παραπάνω σύμβαση σε ψηφιακό κώδικα.

Επειδή οι οπτικοί δίσκοι δεν φθείρονται εύκολα και περιέχουν μεγάλο όγκο πληροφοριών, η χρήση τους έχει ανοίξει νέες προοπτικές στο χώρο των ηλεκτρονικών υπολογιστών.



Εικόνα 7.16

Ανάκλαση χαρακτηριστικών ακτίνων (α) κοίλο και (β) κυρτό κάτοπτρο.

7.3 Προσδιορισμός ειδώλου σε κοίλους και κυρτούς καθρέφτες

Πώς σχηματίζεται το είδωλο ενός αντικειμένου πάνω σ' ένα σφαιρικό καθρέφτη;

Γνωρίζοντας πώς ανακλώνται οι ακτίνες σε ένα κοίλο ή κυρτό καθρέφτη μπορούμε να σχεδιάσουμε και να βρούμε τη θέση του ειδώλου κάθε σημείου ενός αντικειμένου σε ένα κοίλο ή κυρτό σφαιρικό καθρέφτη, εφαρμόζοντας τρεις απλούς κανόνες:

1. Ακτίνα παράλληλη προς το κύριο άξονα του καθρέφτη, μετά την ανάκλασή της, αυτή ή η προέκτασή της διέρχεται από την κύρια εστία του E (εικόνα 7.16α,β).
 2. Αντίστροφα η ακτίνα που διέρχεται από την εστία, μετά την ανάκλασή της, γίνεται παράλληλη προς τον κύριο άξονα (εικόνα 7.16α,β).
- Η τομή των δύο ανακλώμενων ακτίνων που προέρχονται από το ίδιο σημείο προσδιορίζει και το είδωλο του σημείου.
3. Το είδωλο ενός σημείου που βρίσκεται πάνω στον κύριο άξονα βρίσκεται επίσης στον κύριο άξονα. Το είδωλο ενός αντικειμένου που είναι κάθετο στον κύριο άξονα είναι και αυτό κάθετο στον κύριο άξονα.

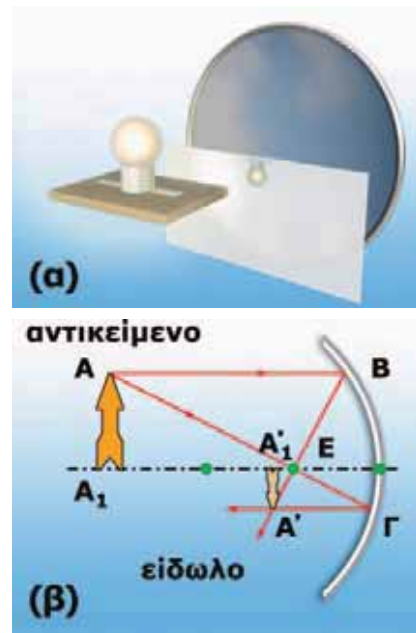
Είδωλα σε κοίλους καθρέφτες

Σε απόσταση μεγαλύτερη από την ακτίνα καμπυλότητας R κοίλου καθρέφτη τοποθετούμε ένα φωτεινό αντικείμενο, για παρά-

δειγμα ένα κερί. Τοποθετούμε μπροστά από τον καθρέφτη, σε κατάλληλη απόσταση από αυτόν, μια οθόνη. Παρατηρούμε ότι πάνω σε αυτή σχηματίζεται ευκρινώς το είδωλο του κεριού. Ένα τέτοιο είδωλο ονομάζεται **πραγματικό** και μπορεί να σχηματιστεί (προβληθεί) και σε μια οθόνη προβολής ή στο φιλμ μιας φωτογραφικής μηχανής (εικόνα 7.17α). Το πραγματικό είδωλο σχηματίζεται από τις ίδιες τις ακτίνες και όχι από τις προεκτάσεις τους (εικόνα 7.17β).

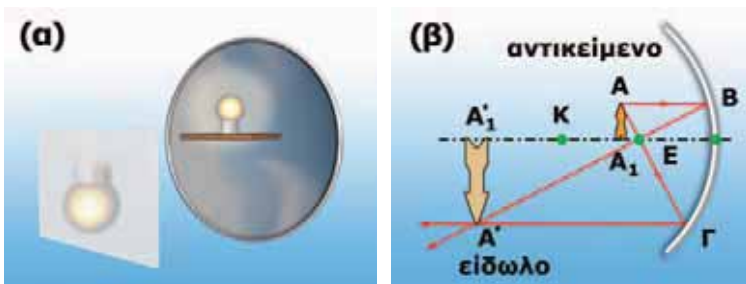
Γραφικός προσδιορισμός του ειδώλου

Το είδωλο είναι δυνατόν να προσδιοριστεί γραφικά με χρήση των κανόνων 1, 2 και 3. Από σημείο A του αντικείμενου φέρουμε φωτεινή ακτίνα AB παράλληλη προς τον κύριο άξονα. Η ανακλώμενη διέρχεται από την κύρια εστία. Από το ίδιο σημείο φέρουμε ακτίνα AΓ που διέρχεται από την κύρια εστία. Η ανακλώμενη είναι παράλληλη προς τον κύριο άξονα. Οι δύο ανακλώμενες ακτίνες τέμνονται στο A' που είναι το είδωλο του A. Αφού το αντικείμενο είναι κάθετο στον κύριο άξονα και το είδωλό του θα είναι επίσης κάθετο. Από το A' φέρω κάθετη προς τον κύριο άξονα: την A'A₁. Προκύπτει τελικά ότι το είδωλο είναι πραγματικό, αντεστραμμένο και μικρότερο από το αντικείμενο (εικόνα 7.17β).



Εικόνα 7.17

(α) Είδωλο σε κοίλο καθρέφτη αντικειμένου που βρίσκεται σε απόσταση μεγαλύτερη της R. (β) Γραφικός προσδιορισμός του ειδώλου.



Εικόνα 7.18

(α) Είδωλο σε κοίλο καθρέφτη αντικειμένου που βρίσκεται μεταξύ κέντρου καμπυλότητας και εστίας. (β) Γραφικός προσδιορισμός του ειδώλου.

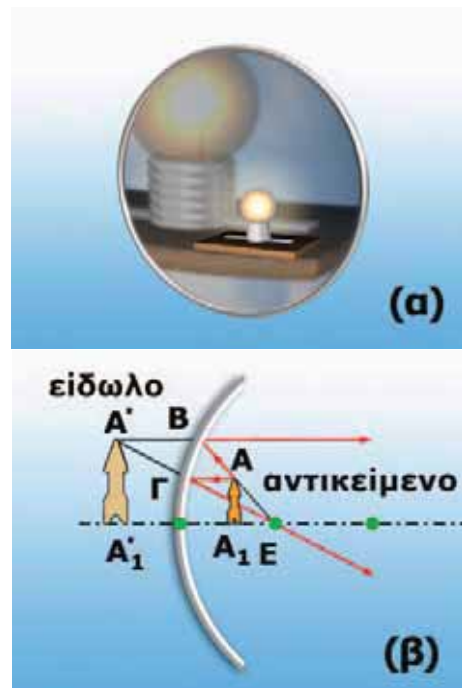
Πλησιάζοντας το αντικείμενο στον καθρέφτη το είδωλο μεγαλώνει και απομακρύνεται από αυτόν. Όταν το αντικείμενο βρεθεί μεταξύ της κύριας εστίας και του κέντρου, το είδωλο σχηματίζεται πίσω από το αντικείμενο, είναι πραγματικό και μεγαλύτερο από αυτό (εικόνα 7.18).

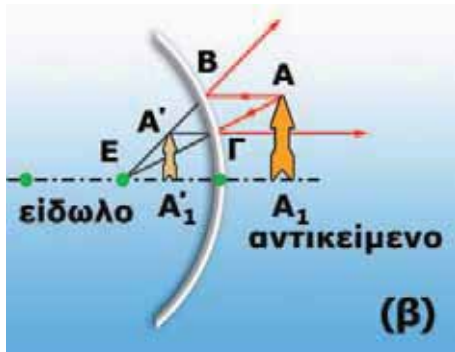
Πλησιάζοντας ακόμη περισσότερο το αντικείμενο προς τον καθρέφτη παρατηρούμε ότι σε μια ορισμένη θέση είναι αδύνατο να προβάλλουμε το είδωλο στην οθόνη. Σε αυτή τη θέση βρίσκεται η εστία του καθρέφτη.

Αν πλησιάσουμε ακόμα περισσότερο το αντικείμενο προς τον καθρέφτη, μπορούμε να διακρίνουμε το είδωλό του μόνον κοιτάζοντας μέσα σ' αυτόν (εικόνα 7.19α). Το είδωλο είναι πλέον φανταστικό. Σχηματίζεται πίσω από τον καθρέφτη και από τις προεκτάσεις των ανακλώμενων ακτίνων. Είναι επίσης μεγαλύτερο από το αντικείμενο και ορθό (εικόνα 7.19).

Εικόνα 7.19

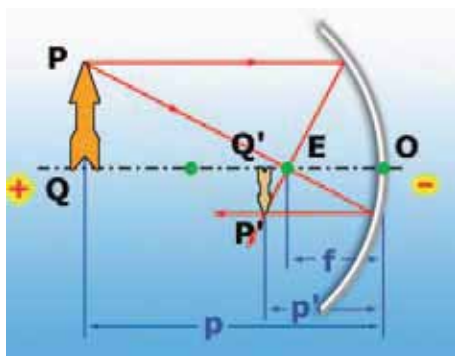
(α) Είδωλο σε κοίλο καθρέφτη αντικειμένου που βρίσκεται σε απόσταση μικρότερη της f. (β) Γραφικός προσδιορισμός του ειδώλου. Το είδωλο σχηματίζεται από τις προεκτάσεις των ακτίνων: είναι φανταστικό.





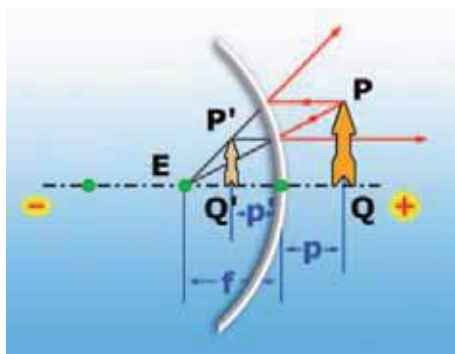
Εικόνα 7.20

(α) Είδωλο σε κυρτό καθρέφτη.
 (β) Γραφικός προσδιορισμός του ειδώλου σε κυρτό καθρέφτη.



Εικόνα 7.21

Προσδιορισμός ειδώλου σε κοίλο καθρέφτη.



Εικόνα 7.22

Προσδιορισμός ειδώλου σε κυρτό καθρέφτη.

Είδωλα σε κυρτούς καθρέφτες

Με παρόμοιο τρόπο διαπιστώνουμε ότι σε έναν κυρτό καθρέφτη το είδωλο είναι πάντοτε μικρότερο από το αντικείμενο, όρθιο και φανταστικό (εικόνα 7.20α,β).

Εξίσωση των σφαιρικών καθρεφτών

Μπορούμε να προσδιορίσουμε αναλυτικά τη θέση και το είδος του ειδώλου σε ένα σφαιρικό καθρέφτη;

Στις εικόνες 7.21, 7.22 παριστάνεται το είδωλο P'Q' ενός αντικειμένου PQ σε έναν κοίλο ή κυρτό καθρέφτη αντίστοιχα. Συμβολίζουμε με p και p' τις αποστάσεις του αντικειμένου PQ και του ειδώλου P'Q' από την κορυφή O του κατόπτρου και με f την εστιακή απόσταση.

Σύμβαση προσήμων

Προκειμένου να προσδιορίσουμε αλγεβρικά τη θέση και το είδος του ειδώλου θα πρέπει να καθορίσουμε τον τρόπο με τον οποίο θα προσδιορίζουμε τα πρόσημα των αποστάσεων από την κορυφή του καθρέφτη του ειδώλου (εικόνες 7.21, 7.22). Συμφωνούμε ότι τα πρόσημα των αποστάσεων από το O όλων των σημείων που βρίσκονται μπροστά από τον καθρέφτη να είναι θετικά, ενώ αυτά των σημείων που βρίσκονται πίσω από τον καθρέφτη να είναι αρνητικά. Στον πίνακα 7.1 φαίνονται τα πρόσημα των αποστάσεων για τους κοίλους και κυρτούς καθρέφτες. Το μήκος του αντικειμένου έχει πάντα θετικό πρόσημο, ενώ του ειδώλου έχει θετικό όταν είναι ορθό και αρνητικό όταν είναι αντεστραμμένο.

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.1

ΣΥΜΒΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΑ ΠΡΟΣΗΜΑ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΕΞΙΣΩΣΗΣ ΤΩΝ ΚΑΘΡΕΦΤΩΝ	
Κοίλος καθρέφτης	f θετικό
Κυρτός καθρέφτης	f αρνητικό
Πραγματικό αντικείμενο-είδωλο	p, p' θετικό
Φανταστικό είδωλο	p' αρνητικό

Με βάση τους νόμους της κατοπτρικής ανάκλασης μπορεί να αποδειχτεί ότι ισχύει η σχέση:

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{p'} = \frac{1}{f} \quad (7.1)$$

Δηλαδή μια εξίσωση που συνδέει τις αποστάσεις p και p' με την εστιακή απόσταση f του κατόπτρου.

Μεγέθυνση

Θεωρήστε ένα γραμμικό αντικείμενο, για παράδειγμα ένα κερύ που σχηματίζει σε καθρέφτη ένα γραμμικό είδωλο. **Μεγέθυνση** η ονομάζεται το πηλίκο του μήκους του ειδώλου (P'Q') προς το

μήκος του αντικειμένου (PQ): $m = \frac{(P'Q')}{(PQ)}$. Η μεγέθυνση συνδέεται με τις αποστάσεις αντικειμένου και ειδώλου με τη σχέση:

$$m = \frac{(P'Q')}{(PQ)} = -\frac{p'}{p} \quad (7.2)$$

Στην εξίσωση (7.2) το αρνητικό πρόσημο τίθεται έτσι ώστε να προκύπτει θετική μεγέθυνση όταν το είδωλο είναι ορθό και αρνητική όταν το είδωλο είναι αντεστραμμένο. Για παράδειγμα, σε ένα επίπεδο κάτοπτρο το p είναι θετικό και το p' είναι αρνητικό (φανταστικό είδωλο). Τα μέτρα των p και p' είναι ίσα (εικόνα 7.7). Άρα η μεγέθυνση προκύπτει θετική και ίση με 1, δηλαδή το είδωλο είναι ορθό και ίσο με το αντικείμενο.

Συνδυάζοντας τις εξισώσεις (7.1) και (7.2) και λαμβάνοντας υπόψη τις συμβάσεις για τα πρόσημα, μπορούμε να προσδιορίσουμε αναλυτικά τη θέση, το είδος και το μέγεθος του ειδώλου ενός αντικειμένου που βρίσκεται σε συγκεκριμένη απόσταση από συγκεκριμένο σφαιρικό καθρέφτη.

Δραστηριότητα

Καθρέφτες και είδωλα

- ▶ Κράτησε ένα κοίλο καθρέφτη με τεντωμένο το χέρι και κοίταξε το είδωλό σου.
- ▶ Ποια είναι η θέση του ειδώλου; Μπροστά ή πίσω από τον καθρέφτη;
- ▶ Μετακίνησε αργά τον καθρέφτη προς το πρόσωπό σου. Πώς μεταβάλλεται η θέση και το είδος του ειδώλου;
- ▶ Επανάλαβε τη διαδικασία για ένα κυρτό καθρέφτη.

Παράδειγμα 7.1

Πραγματικό είδωλο από κοίλο καθρέφτη

Αντικείμενο AA_1 μήκους 2 cm τοποθετείται όπως δείχνεται στην εικόνα 7.17 σε απόσταση 30 cm από την κορυφή O κοίλου καθρέφτη. Η ακτίνα καμπυλότητας του καθρέφτη είναι 20 cm. α) Να υπολογιστεί η απόσταση από την κορυφή O του καθρέφτη που σχηματίζεται το είδωλο του αντικειμένου. β) Να προσδιορισθούν το είδος και το μήκος του ειδώλου.

Δεδομένα	Ζητούμενα	Βασική εξίσωση
AA_1 (μήκος αντικειμένου) = +2 cm	p' (απόσταση ειδώλου)	$\frac{1}{p} + \frac{1}{p'} = \frac{1}{f}, m = \frac{(A'A_1')}{AA_1} = -\frac{p'}{p}$
p (απόσταση αντικειμένου) = +30 cm	$A'A_1'$ (μήκος ειδώλου)	
R (ακτίνα καμπυλότητας) = +20 cm		

Λύση

α) **Βήμα 1:** Εφαρμόζω τις βασικές εξισώσεις

- Υπολογίζω την εστιακή απόσταση f $R=2 \cdot f$ ή $f = \frac{R}{2}$ ή $f = \frac{+20 \text{ cm}}{2}$ ή $f = +10 \text{ cm}$.
 - Εφαρμόζω τον τύπο των κατόπτρων και υπολογίζω την απόσταση του ειδώλου από την κορυφή:
- $$\frac{1}{p} + \frac{1}{p'} = \frac{1}{f} \text{ ή } \frac{1}{(+30 \text{ cm})} + \frac{1}{p'} = \frac{1}{(+10 \text{ cm})} \text{ ή } \frac{1}{p'} = \frac{1}{10 \text{ cm}} - \frac{1}{30 \text{ cm}} \text{ ή } \frac{1}{p'} = +\frac{2}{30 \text{ cm}} \text{ ή } p' = +15 \text{ cm}.$$

Βήμα 2: Μεταφράζω το αποτέλεσμα στη γλώσσα της Φυσικής

Το p' είναι θετικό, δηλαδή το **είδωλο** είναι **πραγματικό** και σχηματίζεται σε **απόσταση 15 cm** από την κορυφή του κατόπτρου.

β) **Βήμα 1:** Εφαρμόζω τη βασική εξίσωση και προσδιορίζω τη φύση του ειδώλου και το μήκος του $m = \frac{p'}{p}$ ή $m = \frac{+15 \text{ cm}}{+30 \text{ cm}}$ ή $m = -\frac{1}{2}$. $m = \frac{(A'A_1')}{AA_1}$ ή $\frac{1}{2} = \frac{A'A_1'}{+2 \text{ cm}}$ ή $A'A_1' = -1$

Βήμα 2: Μεταφράζω το αποτέλεσμα στη γλώσσα της Φυσικής

Η μεγέθυνση είναι αρνητική, δηλαδή το **είδωλο** είναι **αντεστραμμένο**. Το μήκος του ειδώλου προκύπτει αρνητικό εφόσον αυτό είναι αντεστραμμένο.

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. Όταν το φως συναντήσει την επιφάνεια ενός σώματος και αλλάξει κατεύθυνση διάδοσης παραμένοντας μέσα στο ίδιο διαφανές υλικό, λέμε ότι
 - β. Όταν μετά την ανάκλαση μια λεπτή φωτεινή δέσμη ακολουθεί μια εντελώς καθορισμένη διεύθυνση, αυτή η ανάκλαση λέγεται Όταν το φως μετά την ανάκλασή του σε μια επιφάνεια διαδίδεται προς κάθε κατεύθυνση, λέμε ότι και το είδος αυτό της ανάκλασης το ονομάζουμε
 - γ. Γωνία πρόσπτωσης είναι η γωνία που σχηματίζεται από την και την στο σημείο πρόσπτωσης. Γωνία ανάκλασης είναι η γωνία που σχηματίζεται μεταξύ της και της Η προσπίπτουσα φωτεινή ακτίνα, η και η κάθετη στο σημείο πρόσπτωσης βρίσκονται στο ίδιο Η γωνία πρόσπτωσης είναι με τη γωνία
 - δ. Τα είδωλα που σχηματίζουν οι επίπεδοι καθρέφτες είναι Η απόσταση του ειδώλου από έναν επίπεδο καθρέφτη είναι με την απόσταση του αντικείμενου από τον καθρέφτη. Επίσης το είδωλο είναι σε μέγεθος με το αντικείμενο. Όμως η αριστερή πλευρά του αντικείμενου εικονίζεται στην πλευρά του και αντίστροφα.
 - ε. Φωτεινές ακτίνες παράλληλες μεταξύ τους, μετά την ανάκλασή τους επάνω σε κοίλο καθρέφτη, σε ένα σημείο. Αντιθέτως φωτεινές ακτίνες παράλληλες μεταξύ τους, μετά την ανάκλασή τους επάνω σε κυρτό καθρέφτη, Οι προεκτάσεις τους σε ένα σημείο πίσω από τον καθρέφτη. Το σημείο στο οποίο συγκλίνουν οι ανακλώμενες ακτίνες ή οι προεκτάσεις τους το ονομάζουμε του κοίλου ή του κυρτού καθρέφτη αντίστοιχα. Την απόσταση της κύριας εστίας από την κορυφή του καθρέφτη την ονομάζουμε απόσταση και συμβολίζεται με

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

2. Γιατί τα γράμματα μπροστά σε ορισμένα ασθενοφόρα οχήματα είναι «ανάποδα»;



3. Το μάτι του παρατηρητή που βρίσκεται στη θέση Π κοιτάζει τον καθρέφτη. Ποια ή ποιες από τις αριθμημένες κάρτες μπορεί να δει μέσα από τον καθρέφτη;



4. Ο νόμος της ανάκλασης ισχύει στη διάχυση του φωτός; Ο νόμος της ανάκλασης ισχύει στους σφαιρικούς καθρέφτες; Μπορείς να αιτιολογήσεις την απάντησή σου κατασκευάζοντας το κατάλληλο σχήμα;
5. Γιατί μπορείς να διαβάσεις ευκολότερα ένα βιβλίο του οποίου οι σελίδες είναι τραχιές και όχι λείες και στιλπνές;
6. Σε ένα επιτραπέζιο ρολόι τοποθέτησε τους δείκτες του έτσι ώστε να δείχνουν εννιά ακριβώς. Τοποθέτησε το ρολόι μπροστά σε έναν επίπεδο καθρέφτη. Απεικόνισε με δύο απλά σχήματα πάνω σε μια σελίδα χαρτί το ρολόι και το είδωλό του. Κόψε με το ψαλίδι τις δύο εικόνες. Μπορείς να ταυτίσεις το είδωλο με το αντικείμενο μετατοπίζοντάς τα ή περιστρέφοντάς τα, χωρίς όμως να τα σηκώσεις από τη σελίδα;

Ασκήσεις

ασκήσεις

1. Μια φωτεινή δέσμη προσπίπτει σε έναν επίπεδο καθρέφτη με γωνία 45° ως προς την κάθετη: α) Ποια είναι η τιμή της γωνίας ανάκλασης; β) Ποια είναι η τιμή της γωνίας που σχηματίζει η ανακλώμενη με την προσπίπτουσα;
2. Φως από ένα μακρινό άστρο προσπίπτει σε έναν κοίλο καθρέφτη που έχει ακτίνα καμπυλότητας 150 cm. Σε ποια απόσταση από το κάτοπτρο σχηματίζεται το είδωλο του άστρου;
3. Οι ηλιακές ακτίνες προσπίπτουν σε έναν κοίλο καθρέφτη οπότε σχηματίζεται το είδωλο του ηλίου σε απόσταση 3 cm από το κάτοπτρο. Ένα αντικείμενο ύψους 24 mm τοποθετείται σε απόσταση 12 cm από το κάτοπτρο: α) Πόση είναι η εστιακή απόσταση του καθρέφτη; β) Προσδιόρισε γραφικά το είδωλο του αντικειμένου. γ) Χρησιμοποιώντας την εξίσωση των καθρεφτών να βρεις τη θέση στην οποία σχηματίζεται το είδωλο και να υπολογίσεις το ύψος του.
4. Ένας οδοντίατρος χρησιμοποιεί ένα μικρό κοίλο καθρέφτη με ακτίνα καμπυλότητας 40 mm για να εντοπίσει μια κοιλότητα στο δόντι ενός ασθενούς. Αν κρατάει το κάτοπτρο σε απόσταση 16 mm από το δόντι, ποια είναι η μεγέθυνση του ειδώλου που προκύπτει;

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

- Όταν το φως συναντήσει την επιφάνεια ενός σώματος και αλλάξει διεύθυνση διάδοσης παραμένοντας μέσα στο ίδιο διαφανές υλικό, λέμε ότι ανακλάται. Όταν η επιφάνεια είναι λεία οι ανακλώμενες ακτίνες έχουν την ίδια κατεύθυνση, ενώ όταν είναι τραχιά έχουν τυχαία. Στην πρώτη περίπτωση η ανάκλαση ονομάζεται κατοπτρική, ενώ στη δεύτερη διάχυση.
- Νόμοι της κατοπτρικής ανάκλασης του φωτός: α) Η προσπίπτουσα, η ανακλώμενη ακτίνα και η κάθετη ευθεία επάνω στον καθρέφτη (στο σημείο πρόσπτωσης) βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο. β) Η γωνία πρόσπτωσης είναι ίση με τη γωνία ανάκλασης: $\hat{\eta} = \hat{\alpha}$.
- Είδωλο ονομάζεται η εικόνα ενός αντικειμένου που σχηματίζεται από έναν καθρέφτη (κάτοπτρο). Πραγματικό ονομάζεται το είδωλο που σχηματίζεται από τις ανακλώμενες ακτίνες, ενώ φανταστικό αυτό που σχηματίζεται από τις προεκτάσεις τους.
- Το είδωλο που σχηματίζεται από έναν επίπεδο καθρέφτη είναι φανταστικό και συμμετρικό του αντικειμένου ως προς τον καθρέφτη.
- Υπάρχουν δύο είδη καμπύλων καθρεφτών, ο κυρτός και ο κοίλος. Το είδος του ειδώλου που σχηματίζεται από έναν κυρτό καθρέφτη είναι πάντοτε μικρότερο από το αντικείμενο, όρθιο και φανταστικό. Το είδωλο που σχηματίζει ένας κοίλος καθρέφτης εξαρτάται από τη σχετική θέση του αντικειμένου από την κύρια εστία του.
- Οπτικό πεδίο μιας συσκευής ονομάζεται το τμήμα του χώρου που μπορούμε να δούμε με τη βοήθεια της συσκευής.

ΒΑΣΙΚΟΙ ΟΡΟΙ

Ανάκλαση	Κυρτός και κοίλος καθρέφτης	Ακτίνα καμπυλότητας
Κατοπτρική ανάκλαση	Κύριος άξονας	Πραγματικό και φανταστικό είδωλο
Διάχυση	Κύρια εστία	Μεγέθυνση
Επίπεδος καθρέφτης		