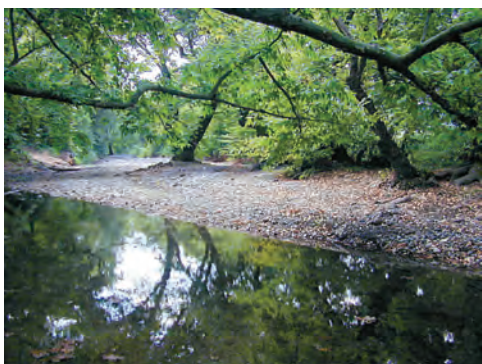


ΑΝΑΚΛΑΣΗ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ



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. Τον 19ο αιώνα ο Γάλλος φυσικός Φουκώ επινόησε τη μέθοδο επικάλυψης του 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{p}). 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:

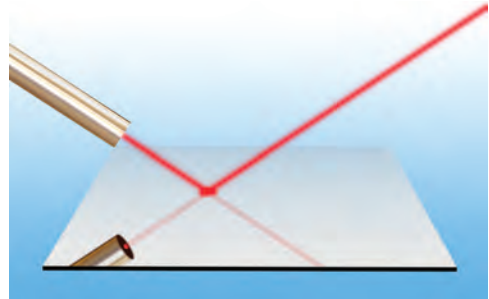
1. η προσπίπτουσα, η ανακλώμενη ακτίνα και η κάθετη ευθεία επάνω στον καθρέφτη (στο σημείο πρόσπτωσης) βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο (εικόνα 7.5).
2. η γωνία πρόσπτωσης (\hat{p}) είναι ίση με τη γωνία ανάκλασης ($\hat{\alpha}$) (εικόνα 7.5):

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

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

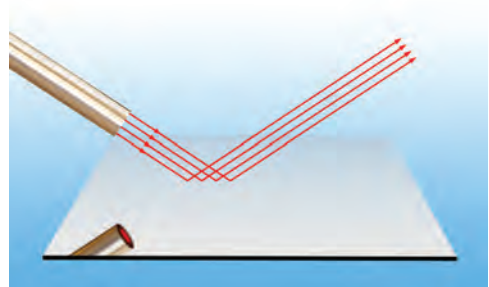
Διάχυση

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 του χαρτιού. Λόγω της διάχυσης μπορούμε να βλέπουμε τα αντικείμενα όταν



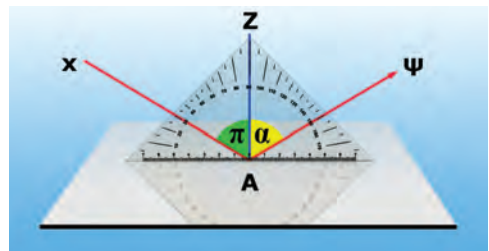
Εικόνα 7.3

Η δέσμη λέιζερ ανακλάται από το επίπεδο κάτοπτρο.



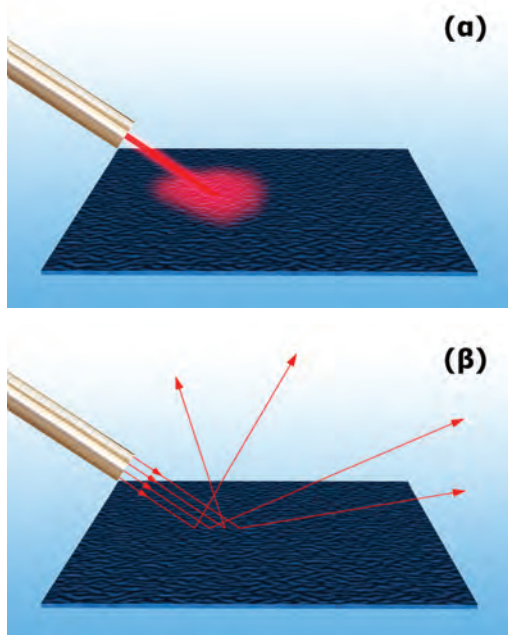
Εικόνα 7.4

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.

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 τον 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 ενδιαμέση. 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.

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

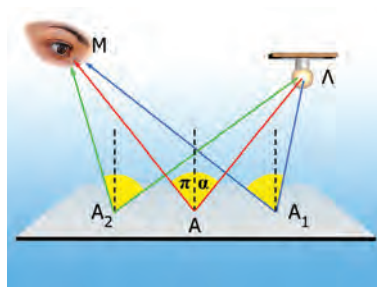
Αρχικά **διατυπώνουμε το ερώτημα** με ακρίβεια και σαφήνεια χρησιμοποιώντας τη **γλώσσα των Μαθηματικών**.

Μαθηματική διατύπωση: Αναζητούμε ένα σημείο Α 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 Μ ως προς το επίπεδο. Συνδέω το M_1 με το Λ, η ευθεία $M_1Λ$ συναντά το επίπεδο στο Α. Το Α 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 Α στο Μ μέσω του κατόπτρου, θα διέλθει από το Α. 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.



Οι πορείες $ΛΑ_1M$ και $ΛΑ_2M$ δεν ακολουθούν τον νόμο της κατοπτρικής ανάκλασης. Η πορεία $ΛΑΜ$ ακολουθεί τον νόμο της κατοπτρικής ανάκλασης. Το μήκος της τελευταίας είναι μικρότερο από το μήκος των άλλων δύο.

