

Κεφάλαιο 3

ΟΠΤΙΚΗ

Ουράνιο Τόξο :
Χρώματα στον ουρανό. Ποια είναι η προέλευσή τους;
Γιατί το ουράνιο τόξο εμφανίζεται όταν συνυπάρχει το ηλιακό φως
με τις σταγόνες της βροχής

Στο κεφάλαιο αυτό :

θα μάθουμε για το φως και τις ιδιότητες του
όπως η ευθύγραμμη διάδοση, η διάθλαση, η ανάκλαση, η ανάθλαση.
Ετσι θα καταλάβουμε και τη διαδικασία
σχηματισμού του ουράνιου τόξου.

3. ΦΩΣ

Αν ξαφνικά σβήσουν τα φώτα και βυθιστούμε σε απόλυτο σκοτάδι συχνά αισθανόμαστε αμηχανία, φόβο, ακόμα και πανικό: δυσκολευόμαστε να βαδίσουμε ή να βρούμε ένα αντικείμενο. Η όραση δεν αντικαθίσταται από τις υπόλοιπες αισθήσεις μας. Πράγματι, αν φωτίσουμε το δωμάτιο αισθανόμαστε να επανέρχεται κάτι περισσότερο από την όρασή μας: βρισκόμαστε πάλι σε άμεση επαφή με τον κόσμο.

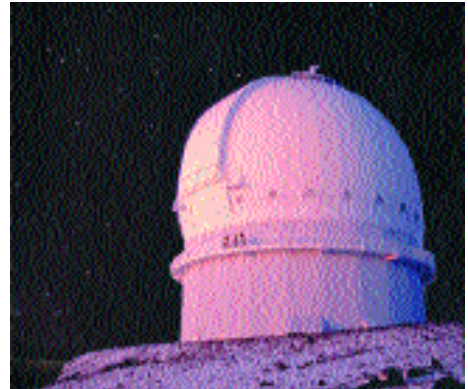
Κάθε στιγμή με την όρασή μας συλλέγουμε ένα πλήθος πληροφοριών που χρησιμοποιούμε στην καθημερινή μας ζωή. Η όραση ωστόσο, δε βοηθά απλώς στο να επιβιώσουμε. Μας βοηθά να ερευνούμε τον κόσμο που μας περιβάλλει και να εμπλουτίζουμε τις γνώσεις μας. Κατασκευάζουμε τηλεσκόπια για να επεκτείνουμε την όρασή μας στο διάστημα και να αντιληφθούμε τη θέση μας στο Σύμπαν. Κατασκευάζουμε μικροσκόπια για να παρατηρήσουμε το εσωτερικό του κυττάρου και να ανακαλύψουμε τα μυστικά της ζωής.

Επίσης, χάρη στην όραση, επικοινωνούμε μεταξύ μας με εικόνες. Ήδη από την προϊστορική εποχή ο άνθρωπος ζωγράφιζε στα τοιχώματα των σπηλαίων, ωθούμενος από την ανάγκη να δημιουργήσει οπτικές παραστάσεις. Επινοήσαμε τη γραφή για να εκφράσουμε και να μεταδώσουμε τις σκέψεις μας όταν ο προφορικός λόγος απουσιάζει. Σήμερα χρησιμοποιούμε όλο και περισσότερο την οθόνη της τηλεόρασης και του υπολογιστή για να μεταδώσουμε πληροφορίες. Δικαιολογημένα, επομένως η εποχή μας χαρακτηρίζεται και ως εποχή της εικόνας.

Δεν υπάρχει όραση χωρίς φως. Ο άνθρωπος λάτρευε τον Ήλιο ως θεό όχι μόνο για τη ζεστασιά του αλλά και για το φως του. Μέχρι την ανακάλυψη της φωτιάς το άπλετο φως του Ήλιου και το αμυδρό φως της Σελήνης ήταν ο μοναδικός τρόπος φωτισμού. Το φως ανέκαθεν προκαλούσε το ενδιαφέρον των φυσικών, των ποιητών, των φιλοσόφων, των καλλιτεχνών, των τεχνολόγων, των φυσιολόγων και των ψυχολόγων.

Με τη βοήθεια του ηλιακού φωτός δημιουργείται και συντηρείται η ίδια η ζωή πάνω στη γη. Τα φυτά αναπτύσσονται χάρις στο ηλιακό φως και από αυτά αρχίζει η τροφική αλυσίδα η οποία δίνει ζωή στα ζώα και τον άνθρωπο.

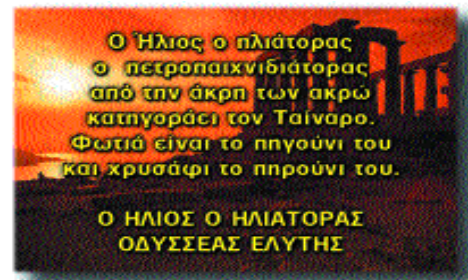
Η στενή σχέση μας με το φως γεννά μια σειρά από ερωτήματα: Πώς διαδίδεται το φως; Πώς σχετίζεται με την ενέργεια και την ύλη; Ποια είναι η φύση του; Στις επόμενες ενότητες θα προσπαθήσουμε να ανακαλύψουμε τις ιδιότητες του φωτός και να απαντήσουμε στα προηγούμενα ερωτήματα. Παράλληλα, θα μάθουμε πώς χρησιμοποιούμε τις γνώσεις μας για το φως στην καθημερινή ζωή.



Εικόνα 3.1.
Το τηλεσκόπιο μας βοηθάει να επεκτείνουμε την όραση μας στο διάστημα



Εικόνα 3.2.
Η Ζωγραφική στα σπήλαια



Εικόνα 3.3
Το φως δημιουργεί και συντηρεί τη ζωή

3.1 Φως: όραση και ενέργεια

Φως και όραση

Τι εννοούμε με την έκφραση "ρίξε μια ματιά"; Μήπως εννοούμε ότι κάτι εκπέμπεται από τα μάτια μας και με αυτό τον τρόπο βλέπουμε; Για πολλούς αιώνες υπήρχαν δύο αντίθετες απόψεις για τη σχέση του φωτός με την όραση.

Ο Πυθαγόρας, ο Δημόκριτος και ο Αριστοτέλης πίστευαν ότι κάθε αντικείμενο που παρατηρούμε εκπέμπει σωματίδια. Τα σωματίδια αυτά εισέρχονται στο μάτι μας και διεγείρουν την όραση. Πιο διαδεδομένη όμως ήταν η άποψη του Εμπεδοκλή, του Πλάτωνα και του Ευκλείδη. Σύμφωνα με αυτή, διακρίνουμε ένα αντικείμενο όταν ρεύμα φωτός (θείον πυρ) εξέρχεται από τα μάτια μας και πέφτει επάνω στο αντικείμενο.

Μόλις τον 11ο αιώνα μ.Χ. ο Άραβας αστρονόμος Αλχάζεν έδειξε ότι η πρώτη άποψη είναι πιο κοντά στην πραγματικότητα. Πράγματι, αν ρεύμα φωτός εξερχόταν από τα μάτια μας, τότε θα ήταν δυνατό να διακρίνουμε αντικείμενα και σε απόλυτο σκοτάδι.

Ωστόσο για να διακρίνουμε ένα αντικείμενο δεν είναι αρκετό να έχουμε τα μάτια μας ανοιχτά. Πρέπει ταυτόχρονα το αντικείμενο να φωτίζεται. Βλέπουμε το αντικείμενο όταν φως που προέρχεται από αυτό μπει στα μάτια μας, διεγείρει τα οπτικά κύτταρα και η διέγερση αυτή μεταβιβαστεί στον εγκέφαλο.

Πώς βλέπουμε, όμως, ένα αντικείμενο το οποίο δεν εκπέμπει δικό του φως; Στην περίπτωση αυτή το αντικείμενο που φωτίζεται στέλνει προς κάθε κατεύθυνση φως το οποίο προέρχεται από εκείνο που πέφτει επάνω του (Εικ. 3.6).

Φως και ενέργεια

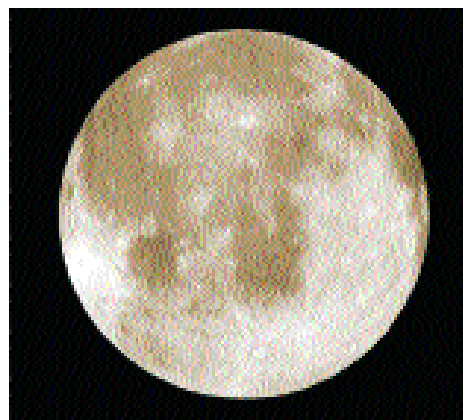
Εκτός από το ότι το φως διεγείρει την όραση συνδέεται και με άλλα φαινόμενα.

Με ηλιακό φως θερμαινόμαστε, αναπτύσσονται τα φυτά, μαυρίζει το δέρμα μας. Χρησιμοποιώντας το φως μπορούν να κινηθούν πειραματικά αυτοκίνητα χωρίς καύσιμο, να λειτουργήσουν ηλεκτρονικοί υπολογιστές κ.α.

Βλέπουμε λοιπόν ότι το φως μπορεί να προκαλέσει ποικίλες μεταβολές. Γνωρίζουμε όμως ότι σε κάθε μεταβολή ενέργεια από ένα σώμα μεταφέρεται σε άλλο ή μια μορφή ενέργειας μετατρέπεται σε άλλη. Συμπεραίνουμε επομένως ότι το φως μεταφέρει ενέργεια.



Εικόνα 3.4
Το κερί εκπέμπει φως



Εικόνα 3.5
Βλέπουμε τη σελήνη γιατί φωτίζεται από τον ήλιο



Εικόνα 3.6
Το φως από τον λαμπτήρα φθάνει στη σελίδα του βιβλίου μας και από εκεί στα μάτια μας

Προέλευση της ενέργειας του φωτός

Στον αναμμένο ηλεκτρικό λαμπτήρα ηλεκτρική ενέργεια μετατρέπεται σε θερμική και ενέργεια φωτός. Στο αναμμένο κερί εσωτερική ενέργεια της ουσίας που καίγεται, μετατρέπεται επίσης σε θερμική και ενέργεια φωτός.

Η εκπομπή φωτός από τον λαμπτήρα, τη φλόγα του κεριού και τον Ήλιο οφείλεται στην υψηλή θερμοκρασία αυτών των σωμάτων: τα μόρια τους κινούνται πολύ έντονα, συγκρούονται μεταξύ τους και μέρος της ενέργειας τους μετατρέπεται σε ενέργεια φωτός.

Ένα σώμα είναι δυνατόν να εκπέμπει φως και σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Αυτό συμβαίνει στην οθόνη της τηλεόρασης, στους σωλήνες φωτεινών διαφημίσεων και στις λάμπες φθορισμού.

Αποτελέσματα της ενέργειας του φωτός.

Όταν εκθέσουμε ένα ακτινόμετρο σε ηλιακό φως ή στο φως ενός επιτραπέζιου φωτιστικού τότε ο τροχός με τα πτερύγια περιστρέφεται (Εικ. 3.8).

Η ενέργεια του φωτός μετατρέπεται σε κινητική ενέργεια των πτερυγίων του ακτινομέτρου.

Στα φύλλα των φυτών το διοξείδιο του άνθρακα της ατμόσφαιρας με την επίδραση του ηλιακού φωτός αντιδρά με νερό που φθάνει από τις ρίζες (Εικ. 3.9). Από αυτήν την αντίδραση προκύπτουν νέες ουσίες: τα ζάχαρα (υδατάνθρακες), που μένουν στα φυτά και το οξυγόνο που διαφεύγει στην ατμόσφαιρα. Η διαδικασία της σύνθεσης ζαχάρων με τη βοήθεια του φωτός ονομάζεται φωτοσύνθεση.

Κατά τη φωτοσύνθεση ενέργεια του ηλιακού φωτός μετατρέπεται σε εσωτερική ενέργεια των ζαχάρων, τα οποία είναι η βασικότερη αποθήκη ενέργειας για κάθε οργανισμό.

Όταν τα σώματα απορροφούν ηλιακό φως θερμαίνονται. Σε αυτή την περίπτωση ενέργεια του ηλιακού φωτός μετατρέπεται σε θερμική ενέργεια των σωμάτων. Στους ηλιακούς θερμοσίφωνες εκμεταλλευόμαστε την ενέργεια του ηλιακού φωτός για να θερμάνουμε νερό.



Εικόνα 3.7

Πειραματικό αυτοκίνητο το οποίο χρησιμοποιεί ηλιακή ενέργεια για να κινηθεί



Εικόνα 3.8

Όταν το ακτινόμετρο φωτίζεται τα πτερύγια του περιστρέφονται. Η ενέργεια του φωτός μετατρέπεται σε κινητική ενέργεια των πτερυγίων.



Εικόνα 3.9

Φωτοσύνθεση. Κατά τη φωτοσύνθεση η ενέργεια του ηλιακού φωτός μετατρέπεται σε εσωτερική ενέργεια των ζαχάρων



Λείζερ

Εκτός από τις συνήθεις πηγές φωτός υπάρχει επίσης η συσκευή λέιζερ. Αυτή η συσκευή εκπέμπει μια ισχυρή, λεπτή δέσμη φωτός με την οποία ενέργεια μεταφέρεται σε μεγάλη απόσταση. Η δέσμη λέιζερ χρησιμοποιείται στις τηλεπικοινωνίες, στη διάτρηση μετάλλων και στην τήξη δύσπηκτων υλικών. Επειδή η δέσμη παραμένει ευθύγραμμη σε πολύ μεγάλη απόσταση, χρησιμοποιείται από τους μηχανικούς στη χάραξη δρόμων - όπως συνέβη στην κατασκευή της σήραγγας της Μάγλης. Τέλος, επειδή προκαλεί εξαιρετικά εντοπισμένες μεταβολές χρησιμοποιείται σε λεπτές χειρουργικές επεμβάσεις, όπως σε εγχειρήσεις στο μάτι.



Ο Ήλιος: βασιλιάς και υπηρέτης

Ένα πολύ μικρό μέρος της ενέργειας που ακτινοβολεί ο Ήλιος φθάνει στη Γη. παρόλα αυτά είναι η πρωταρχική και η σημαντικότερη πηγή ενέργειας γι' αυτή. Από τον Ήλιο ενέργεια μεταφέρεται στο έδαφος και ο αέρας που βρίσκεται σε επαφή με αυτό θερμαίνεται. Με αυτό τον τρόπο δημιουργούνται τεράστια ρεύματα αέρα, οι άνεμοι. Η ενέργεια των ανέμων (η αιολική ενέργεια) είναι αποτέλεσμα της ενέργειας του Ήλιου.

Η ενέργεια που ακτινοβολεί ο Ήλιος προκαλεί εξάτμιση του νερού των θαλασσών, των λιμνών και των ποταμών, έτσι σχηματίζονται τεράστια σύννεφα και ξεσπούν καταιγίδες. Με αυτόν τον τρόπο στα βουνά συγκεντρώνεται τεράστια ποσότητα νερού. Το νερό αυτό ρέει με ορμή προς τη θάλασσα και διαβρώνει το έδαφος. Θέτει σε λειτουργία τους υδροηλεκτρικούς σταθμούς στους οποίους παράγεται ηλεκτρική ενέργεια. Όστε η ενέργεια που παίρνουμε από τους υδροηλεκτρικούς σταθμούς προέρχεται τελικά από την ενέργεια του Ήλιου.

Στα φυτά ενέργεια του ηλιακού φωτός μετατρέπεται με τη φωτοσύνθεση σε εσωτερική ενέργεια. Από φυτά και μικροοργανισμούς τα οποία καταπλακώθηκαν και για εκατομμύρια χρόνια παρέμειναν στο υπέδαφος δημιουργήθηκαν τα ορυκτά καύσιμα: το πετρέλαιο, το φυσικό αέριο και οι γαιάνθρακες. Όστε και η ενέργεια των ορυκτών καυσίμων προέρχεται από τον Ήλιο.

Μελετήσαμε ήδη την προέλευση της ενέργειας του φωτός ενός αναμμένου κεριού και ενός ηλεκτρικού λαμπτήρα. Ποια είναι όμως η προέλευση της ενέργειας του ηλιακού φωτός; Εδώ και περίπου πέντε δισεκατομμύρια χρόνια ο Ήλιος ακτινοβολεί συνεχώς τεράστια ποσά ενέργειας και όπως υπολογίζεται θα ακτινοβολεί για άλλα τόσα χρόνια. Στον Ήλιο η μορφή ενέργειας που μετατρέπεται σε θερμότητα και ενέργεια φωτός έχει το μυστικό της βαθιά μέσα στην ύλη και ονομάζεται πυρηνική ενέργεια. Στον Ήλιο γίνονται συνεχώς πυρηνικές αντιδράσεις, από τις οποίες παράγονται τεράστια ποσά ενέργειας.



Ερωτήσεις -Ασκήσεις

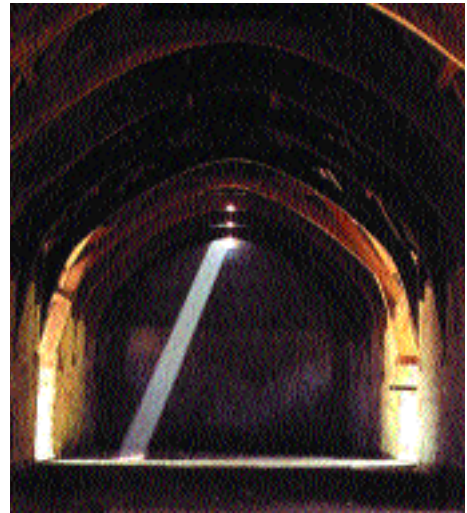
1. Ποιές -ή ποιά- από τις επόμενες προτάσεις είναι σωστές;
Μπορούμε να δούμε ένα αντικείμενο που παρατηρούμε όταν:
α) το αντικείμενο εκπέμπει φως.
β) το αντικείμενο φωτίζεται από φωτεινή πηγή.
γ) φως από το αντικείμενο φτάνει στα μάτια μας.
2. Συμπληρώστε την πρόταση:
Για να δούμε ένα ετερόφωτο σώμα πρέπει το σώμα να και
από αυτό να φτάνει στο μας.
3. Μπορεί μια γάτα να δει σε απόλυτο σκοτάδι;
Δικαιολογήστε την άποψή σας.
4. Σύμφωνα με ορισμένους αρχαίους Έλληνες στοχαστές, διακρίνουμε ένα αντικείμενο όταν ρεύμα φωτός εξέρχεται από τα μάτια μας και πέφτει πάνω σ' αυτό. Γιατί η άποψη αυτή είναι λανθασμένη;
5. Ένας άνθρωπος βρίσκεται μέσα σε ένα σκοτεινό δωμάτιο, κοντά στο παράθυρο. Ένας άλλος βρίσκεται κάτω από την αναμμένη λάμπα του δρόμου. Ποιός από τους δύο μπορεί να δει τον άλλον και γιατί;
6. Πώς συμπεραίνουμε ότι το φως μεταφέρει ενέργεια;
7. Ποιές μετατροπές ενέργειας συμβαίνουν:
α) Σε έναν ηλεκτρικό λαμπτήρα που φωτοβολεί.
β) Σε ένα αναμμένο κερί.
γ) Όταν το ηλιακό φως πέφτει πάνω στα φύλλα των δέντρων.
δ) Όταν το ηλιακό φως πέφτει στον ηλιακό θερμοσίφωνα.

3.2 Πώς διαδίδεται το φως;

Ποια πορεία ακολουθεί το φως κατά τη διάδοσή του;

Όταν το φως διαδίδεται μέσα από στενά ανοίγματα, όπως αυτά που δημιουργούνται μεταξύ πυκνών σύννεφων, δημιουργούνται ευθύγραμμες δέσμες φωτός (Εικ. 3.10). Μπορούμε να δημιουργήσουμε μια πολύ λεπτότερη δέσμη φωτός, αν σε προβολέα τοποθετήσουμε διάφραγμα με μικρή σχισμή (Εικ. 3.11). Μια πολύ λεπτή δέσμη φωτός ονομάζεται *ακτίνα φωτός*. Η ακτίνα φωτός χρησιμεύει στο να σχεδιάζουμε την πορεία διάδοσης του φωτός.

Στις προηγούμενες περιπτώσεις το φως διαδίδεται μέσα σε αέρα, ο οποίος σε όλα τα σημεία του έχει τις ίδιες ιδιότητες (την ίδια πυκνότητα, την ίδια θερμοκρασία κ.τ.λ.), δηλαδή, μέσα σε ομοιογενές υλικό. Σε αυτή την περίπτωση παρατηρούμε ότι το φως διαδίδεται ευθύγραμμα. Γενικά μέσα σε κάθε ομοιογενές υλικό το φως διαδίδεται ευθύγραμμα.

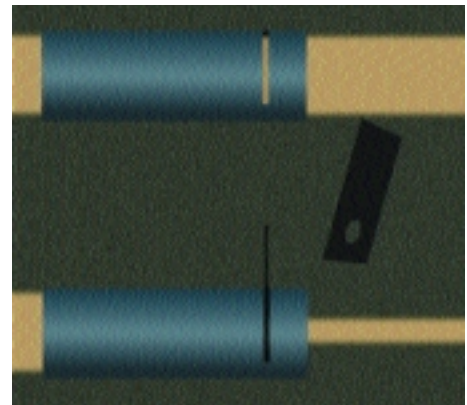


Εικόνα 3.10
Ευθύγραμμες δέσμες φωτός

Πού διαδίδεται το φως

Είναι απαραίτητο να υπάρχει ύλη για να διαδοθεί μέσα σε αυτή το φως; Το ηλιακό φως φθάνει στη Γη αν και ο περισσότερος χώρος μεταξύ του Ήλιου και του πλανήτη μας είναι κενός. Το φως επομένως διαδίδεται στο κενό.

Το φως διαδίδεται μέσα στην ύλη; Βλέπουμε αντικείμενα ακόμα και όταν ανάμεσα στα μάτια μας και στα αντικείμενα παρεμβάλλεται αέρας, νερό ή γυαλί. Ωστόσο δεν διακρίνουμε αντικείμενα πίσω από τοίχο ή ξύλινες πόρτες. Το φως διαδίδεται μέσα από ορισμένα σώματα. Αυτά τα σώματα τα ονομάζουμε διαφανή. Αντιθέτως, τα σώματα μέσα από τα οποία δε διαδίδεται τα ονομάζουμε αδιαφανή. Υπάρχουν σώματα, π.χ. το γαλακτόχρωμο τζάμι, πίσω από τα οποία διακρίνουμε μόνο το περίγραμμα των αντικειμένων. Αυτά τα σώματα τα ονομάζουμε ημιδιαφανή.



Εικόνα 3.11
Όσο η σχισμή του διαφράγματος είναι μικρότερη τόσο η δέσμη του φωτός είναι λεπτότερη

Σκιά

Όταν στην πορεία ακτίνων φωτός παρεμβάλουμε ένα αδιαφανές σώμα πίσω από αυτό δεν φθάνει φως (Εικ. 3.12). Σε αυτή την περιοχή σχηματίζεται η σκιά του σώματος. Το φως δεν "στρίβει" από τις γωνιές του αδιαφανούς σώματος. Οι σκιές είναι αποτέλεσμα της ευθύγραμμης διάδοσης του φωτός.

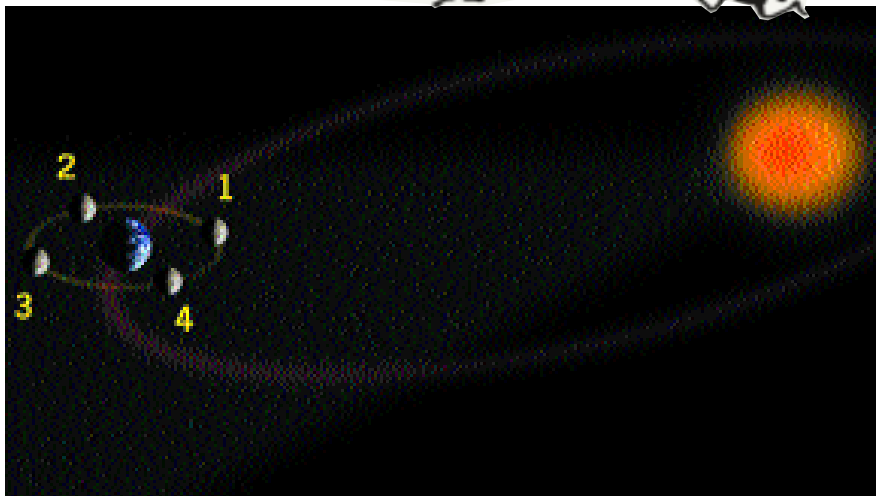
Όταν η φωτεινή πηγή έχει μεγάλες διαστάσεις ή βρίσκεται κοντά στο σώμα, γύρω από τη σκιά σχηματίζεται μία περιοχή η οποία φωτίζεται μόνο από ορισμένα σημεία της φωτεινής πηγής (Εικ. 3.12). Αυτή την αμυδρά φωτισμένη περιοχή την ονομάζουμε παρασκιά.



Εικόνα 3.12
Δημιουργία σκιάς



- Με το φως ενός επιτραπέζιου φωτιστικού σχηματίστε τη σκιά ενός μολυβιού επάνω στο τραπέζι.
- Κρατήστε το μολύβι πολύ κοντά στο τραπέζι. Η σκιά έχει σαφή όρια;
- Απομακρύνετε λίγο το μολύβι από το τραπέζι και πλησιάστε στο λαμπτήρα. Τι παρατηρείτε;
- Πλησιάστε ακόμα περισσότερο το μολύβι στο λαμπτήρα. Υπάρχει σκιά;
- Να ερμηνεύσετε τις παρατηρήσεις σας.



Παρατηρώντας τη Σελήνη από το διάστημα

Σκιές στο Διάστημα

Η Σελήνη περιφέρεται γύρω από τη Γη και ο Ήλιος φωτίζει συνεχώς τη μισή επιφάνειά της. Για έναν επίγειο παρατηρητή, ωστόσο, η εικόνα της Σελήνης μεταβάλλεται ανάλογα με τη θέση της (φάσεις της Σελήνης). Όταν η Σελήνη βρίσκεται από τη μια μεριά της Γης και ο Ήλιος από την άλλη, από τη Γη βλέπουμε όλη τη φωτισμένη περιοχή της Σελήνης: τότε έχουμε πανσέληνο. Όταν η Σελήνη βρίσκεται μεταξύ της Γης και του Ήλιου δεν βλέπουμε καθόλου τη φωτισμένη περιοχή: τότε έχουμε νέα Σελήνη. Οι φάσεις της Σελήνης επαναλαμβάνονται σε κάθε περιφορά της γύρω από τη Γη, η οποία διαρκεί 29,5 ημέρες (σεληνιακός κύκλος).

Όταν κατά τη φάση της πανσέληνου η Σελήνη βρεθεί στην σκιά της Γης συμβαίνει έκλειψη Σελήνης. Έκλειψη Ηλίου συμβαίνει όταν κατά τη φάση της νέας Σελήνης μια περιοχή της Γης βρεθεί μέσα στη σκιά της Σελήνης. Όμως επειδή η Γη και η Σελήνη δεν περιφέρονται στο ίδιο επίπεδο δεν δημιουργούνται εκλείψεις σε κάθε σεληνιακό κύκλο.



Παρατηρώντας τη Σελήνη από τη Γη

Ερωτήσεις -Ασκήσεις

1. Να σχηματίσετε προτάσεις χρησιμοποιώντας τις έννοιες: ακτίνα φωτός, διαφανές αντικείμενο, αδιαφανές αντικείμενο, σκιά.
2. Πώς διαδίδεται το φως στο κενό και πως μέσα σε ένα ομοιογενές υλικό;
3. Ποιά γωνία πρέπει να σχηματίζουν οι ηλιακές ακτίνες με το οριζόντιο επίπεδο, ώστε η σκιά ενός ανθρώπου να είναι ίση με το ύψος του;
4. Στους βραδυνούς αγώνες ποδοσφαίρου, στο κέντρο του γηπέδου, γύρω από κάθε παίκτη σχηματίζονται τέσσερις σκιές. Εξηγήστε το σχηματισμό τους.
5. Είναι σωστή η πρόταση: "Ένα σώμα ρίχνει σκιά"; Ατιολογήστε την απάντησή σας.
6. Στο σχήμα (α) να σχεδιάσετε τη σκιά του μολυβιού, που φωτίζεται μόνο από το κερί Κ, πάνω στην επίπεδη οθόνη. Η φλόγα του κεριού θεωρούμε ότι είναι σημειακή φωτεινή πηγή.

3.3. Η ταχύτητα του φωτός: Παγκόσμιο ρεκόρ ταχύτητας

Πόσο γρήγορα διαδίδεται το φως;

Σε μια καταιγίδα βλέπουμε την αστραπή και μετά από λίγο ακούμε τη βροντή. Φαίνεται ότι το φως φθάνει σε μας ακαριαία ενώ ο ήχος με κάποια καθυστέρηση. Θα μπορούσαμε ωστόσο, από το ίδιο φαινόμενο, να συμπεράνουμε απλώς ότι το φως διαδίδεται πολύ γρηγορότερα από τον ήχο. Πράγματι, αρχικά από τις αστρονομικές παρατηρήσεις, προέκυψε ότι το φως που εκπέμπουν τα ουράνια σώματα δεν φθάνει ακαριαία στη Γη. Αργότερα ακολούθησαν ακριβείς επίγειες μετρήσεις, με τις οποίες διαπιστώσαμε ότι μέσα στο κενό και τον αέρα το φως διανύει 300.000 χιλιόμετρα κάθε δευτερόλεπτο.

Πόσο μεγάλη είναι αυτή η ταχύτητα; Ένα αυτοκίνητο κινούμενο συνεχώς με 170 χιλιόμετρα την ώρα θα χρειαζόταν για να διανύσει την απόσταση Γης-Ήλιου περίπου 100 χρόνια. Το φως “διατρέχει” την ίδια απόσταση περίπου σε 8 λεπτά. Την απόσταση Γης-Σελήνης τη “διατρέχει” περίπου σε 1 δευτερόλεπτο. Σε άλλα υλικά το φως δε διαδίδεται τόσο γρήγορα όσο στον αέρα. Για παράδειγμα, μέσα στο γυαλί διανύει 200.000 χιλιόμετρα κάθε δευτερόλεπτο. Στην Εικόνα 3.13 φαίνεται σχηματικά η απόσταση που διανύει το φως στον ίδιο χρόνο σε ποικίλα υλικά.

Τίποτα στον κόσμο δε μπορεί να ξεπεράσει την ταχύτητα του φωτός στο κενό: ακόμα και το ταχύτερο διαστημόπλοιο κινείται χιλιάδες φορές πιο αργά από το φως. Ο συγκεκριμένος περιορισμός προκύπτει από την Ειδική Θεωρία της Σχετικότητας. Αυτή τη θεωρία διατύπωσε στις αρχές του αιώνα μας ο Γερμανός φυσικός Αϊνστάιν και αφορά την κίνηση κάθε σώματος το οποίο κινείται σχεδόν τόσο γρήγορα όσο το φως.

Χρησιμοποιώντας την τεράστια ταχύτητα διάδοσης του φωτός, έχουμε επινοήσει μια μονάδα μέτρησης αστρικών αποστάσεων. Για παράδειγμα το φως χρειάζεται περίπου τέσσερα χρόνια για να φθάσει στη Γη από τον αστέρα Α του Κενταύρου (τον πλησιέστερο σε μας αστέρα που είναι παρόμοιος με τον Ήλιο). Λέμε, λοιπόν, ότι, ο αστέρας Α του Κενταύρου απέχει τέσσερα έτη φωτός από εμάς.

Έτος φωτός είναι η απόσταση που διανύει το φως σε ένα έτος.

Η αρχή του ελάχιστου χρόνου

Το 1650 ο Γάλλος μαθηματικός Πιερ ντε Φερμά (1601 - 1665) ανακάλυψε έναν απλό τρόπο με τον οποίο μπορούμε να προβλέψουμε την πορεία διάδοσης του φωτός σε κάθε



Εικόνα 3.13

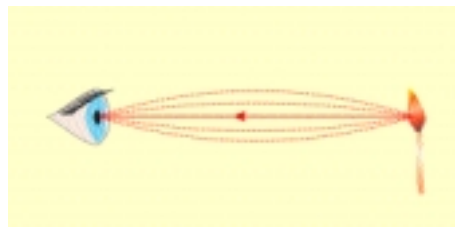
Η απόσταση που διανύει το φως σε ορισμένο χρόνο στο κενό, στο γυαλί και στο διαμάντι.

περίπτωση. Ο Φερμά διατύπωσε την εξής πρόταση: *όταν το φως διαδίδεται από ένα σημείο σε ένα άλλο ακολουθεί την πορεία για την οποία απαιτείται ο ελάχιστος χρόνος.*

Δηλαδή, το φως “βιάζεται”. Η πρόταση αυτή, ονομάζεται αρχή του ελάχιστου χρόνου ή αρχή του Φερμά. Ο βιαστικός οδηγός συνήθως διαλέγει τη συντομότερη διαδρομή. Ορισμένες φορές ωστόσο διαλέγει μια διαδρομή με μεγαλύτερο μήκος, αρκεί σε αυτή να κινηθεί με μεγαλύτερη ταχύτητα αποφεύγοντας το συνωστισμό, την κακή κατάσταση του οδοστρώματος κ.τ.λ. Με παρόμοιο τρόπο συμπεριφέρεται και το φως. Ο χρόνος που απαιτείται για να διαδοθεί από ένα σημείο σε ένα άλλο εξαρτάται τόσο από το μήκος της διαδρομής όσο και από την ταχύτητα με την οποία διαδίδεται.

Σε ένα ομογενές υλικό το φως διαδίδεται με σταθερή ταχύτητα. Σε αυτή την περίπτωση η διαδρομή που απαιτεί τον ελάχιστο χρόνο είναι αυτή με το ελάχιστο μήκος, δηλαδή η ευθύγραμμη (Εικ. 3.14). Σε κάθε ομογενές υλικό σύμφωνα με την αρχή του ελάχιστου χρόνου το φως διαδίδεται ευθύγραμμα.

Λόγω της αρχής του ελάχιστου χρόνου, όταν η θέση της πηγής του φωτός και του παρατηρητή αλλάξουν αμοιβαία, το φως διαδίδεται αντίστροφα ακολουθώντας πάλι την ίδια διαδρομή.



Εικόνα 3.14

Σε ένα ομογενές μέσο η ευθύγραμμη πορεία του φωτός αντιστοιχεί στον ελάχιστο χρόνο.



Μέτρηση της ταχύτητας του φωτός

Μέχρι το 17ο αιώνα οι άνθρωποι πίστευαν ότι το φως διαδίδεται ακαριαία. Πρώτος ο Γαλιλαίος διαφώνησε με αυτήν την άποψη και πρότεινε μέθοδο μέτρησης της ταχύτητας του φωτός: Δύο άνθρωποι, που βρίσκονταν στις κορυφές δύο λόφων, αναβόσβηναν φανάρια προσπαθώντας να προσδιορίσουν πόσο χρόνο χρειάζεται το φως για να διαδοθεί από τον ένα στον άλλο. Αυτή η μέθοδος όμως δεν αποδείχθηκε αποτελεσματική. Ο Γαλιλαίος δέχθηκε ότι η ταχύτητα του φωτός είναι πολύ μεγάλη και επομένως είναι δύσκολο να μετρηθεί ο χρόνος που χρειάζεται για να διανύσει απόσταση λίγων χιλιομέτρων.

Τον 17ο αιώνα ο Δανός αστρονόμος Ρόιμερ επιβεβαίωσε ότι το φως όντως διαδίδεται με μία ορισμένη ταχύτητα. Ο Ρόιμερ εκτέλεσε ακριβείς παρατηρήσεις του χρόνου διάρκειας της έκλειψης ενός δορυφόρου του πλανήτη Δία, της Ιούς. Διαπίστωσε ότι η διάρκεια της έκλειψης είναι μεγαλύτερη όταν η Γη βρίσκεται σε μεγαλύτερη απόσταση από το Δία. Στηριζόμενος σε αυτή την παρατήρηση υπολόγισε ότι κάθε δευτερόλεπτο το φως διανύει 220.000 χιλιόμετρα.

Το σημαντικότερο επίγειο πείραμα μέτρησης της ταχύτητας του φωτός εκτέλεσαν το 1881 ο Μάικελσον και ο Μόρλεϋ. Οι δύο φυσικοί διαπίστωσαν ότι κάθε δευτερόλεπτο το φως διαδίδεται περίπου κατά 300.000 χιλιόμετρα.

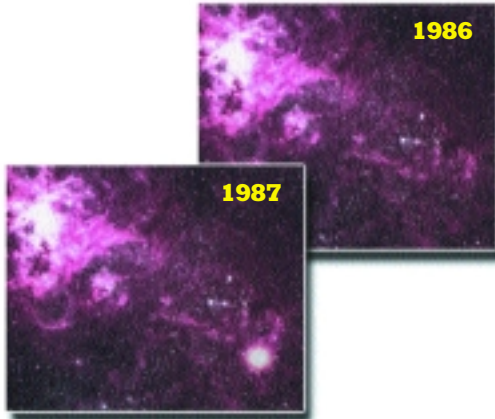


Ο χρόνος που χρειάζεται το φως για να ταξιδέψει από την Ιώ (δορυφόρο του Δία) στη Γη, εξαρτάται από τη θέση της Γης και του Δία σε σχέση τον Ήλιο.



Φωτογραφίζοντας το παρελθόν του Σύμπαντος

Το φως χρειάζεται περίπου οκτώ λεπτά για να φθάσει στη Γη από τον Ήλιο. Έτσι κάθε φωτογραφία του Ήλιου, δείχνει την εικόνα του, όπως ήταν οκτώ λεπτά πριν τη φωτογράφιση. Παρόμοια καθυστέρηση συμβαίνει σε κάθε φωτογράφιση ουράνιου σώματος.

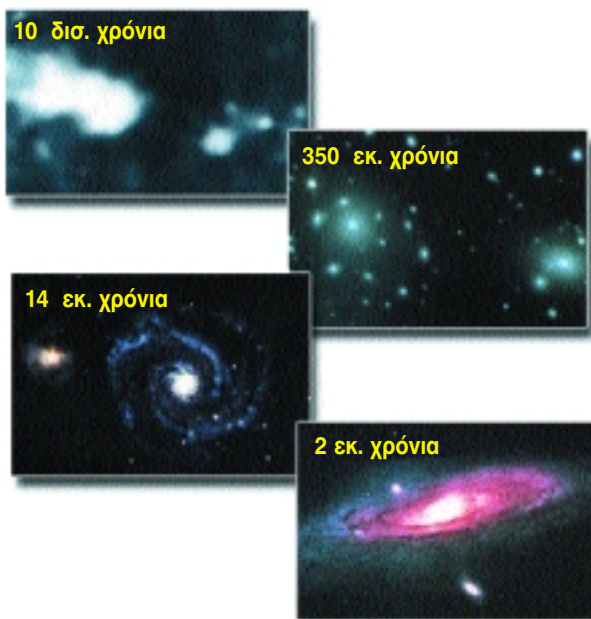


Τη νύχτα της 23ης Φεβρουαρίου του 1987 ο αστρονόμος Ian Shelton φωτογράφησε με τη βοήθεια τηλεσκοπίου την έκρηξη ενός άστρου. Στη φωτογραφία φαίνεται η ίδια περιοχή του ουρανού πριν και μετά την έκρηξη. Αυτή η έκρηξη είχε συμβεί περίπου 170.000 χρόνια πριν από εκείνη τη νύχτα. Όλα αυτά τα χρόνια το φως ταξίδευε για να φτάσει σε μας. Ταυτόχρονα ο άνθρωπος εξελισσόταν για να μπορέσει όταν πλέον το φως θα έφτανε στη Γη, να το παγιδέψει με τις συσκευές του! Αυτό το εκρηγνυόμενο άστρο το ονομάσαμε Supernova 1987 A.

Ο φωτεινός δίσκος της φωτογραφίας αποτελείται από δισεκατομμύρια αστέρια: είναι ο γαλαξίας της Ανδρομέδας. Το φως ξεκίνησε από αυτόν τον γαλαξία δύο εκατομμύρια χρόνια πριν τη φωτογράφιση. Επομένως η φωτογραφία δείχνει πως ήταν ο γαλαξίας της Ανδρομέδας δύο εκατομμύρια χρόνια πριν τον φωτογραφίσουμε. Για να μάθουμε ποια είναι η σημερινή μορφή του πρέπει να περιμένουμε επίσης δύο εκατομμύρια χρόνια, ώστε το φως που ξεκινά σήμερα από κει να φθάσει σε μας.



Ο γαλαξίας της Ανδρομέδας. Η διάμετρος του έχει μήκος 100000 έτη φωτός.



Έχουμε φωτογραφίσει γαλαξίες που απέχουν από εμάς πολύ περισσότερο από όσο απέχει ο γαλαξίας της Ανδρομέδας. Από αυτούς τους γαλαξίες το φως χρειάστηκε περίπου δέκα δισεκατομμύρια χρόνια για να φθάσει στη Γη. Επομένως οι φωτογραφίες αυτές μας μεταφέρουν πληροφορίες για τη μορφή που είχε το Σύμπαν αρκετά δισεκατομμύρια χρόνια πριν από την εποχή μας!

Ερωτήσεις -Ασκήσεις

1. Ο γαλαξίας της Ανδρομέδας βρίσκεται περίπου δύο εκατομύρια έτη φωτός μακριά από τη Γη. Υποθέτουμε ότι κάπου στην Ανδρομέδα υπάρχει ένας παρατηρητής που παρατηρεί τη Γη με ένα ισχυρό τηλεσκόπιο. Πώς θα φαίνεται η Γη από αυτόν;
2. Τι εννοούμε με την έκφραση: “η διάμετρος του Γαλαξία είναι περίπου 100000 έτη φωτός”; Πόσα χιλιόμετρα είναι το μήκος της διαμέτρου του Γαλαξία;
3. Περιγράψτε ένα φαινόμενο από το οποίο να μπορούμε να συμπεράνουμε ότι το φως διαδίδεται γρηγορότερα από τον ήχο.
4. Με βάση την αρχή του ελαχίστου χρόνου, προσπαθήστε να εξηγήσετε γιατί σε ομοιογενή μέσα το φως διαδίδεται ευθύγραμμα.
5. Αν το φως διανύει μια ορισμένη απόσταση σε 1 min, πόσο χρόνο θα χρειαστεί για να διανύσει την ίδια απόσταση ένα αεροπλάνο που κινείται με 300m/s;
6. Η απόσταση της Γης από τον Ήλιο είναι 150000000km. Πόσο χρόνο χρειάζεται το φως για να φτάσει από τον Ήλιο στη Γη;
7. Ο πιο απομακρυσμένος από τον Ήλιο πλανήτης του ηλιακού μας συστήματος είναι ο Πλούτωνας. Το φως του Ήλιου φτάνει σ’ αυτόν 5,5 ώρες από τη στιγμή που εκπέμπεται. Πόσο απέχει ο Πλούτωνας από τον Ήλιο;
8. Το φως που έρχεται από τον αμέσως, μετά τον Ήλιο, πλησιέστερο στη Γη αστέρα -τον εγγύτατο του αστερισμού του Κενταύρου- χρειάζεται 4,3 έτη.
 - α) Υπολογίστε την απόσταση του αστέρα αυτού από τη Γη.
 - β) Χρησιμοποιήστε το αποτέλεσμα της ερώτησης 7 για να βρείτε πόσες φορές μεγαλύτερη είναι η απόσταση εγγύτατου του Κενταύρου - Γης, από τη διάμετρο του ηλιακού μας συστήματος.
9. Το 1987 παρατηρήθηκε η έκρηξη ενός αστέρα -σουπερνόβα- που βρισκόταν 169000 έτη φωτός μακριά από τη Γη. Ποιά χρονολογία συνέβη πραγματικά η έκρηξη αυτή; Είναι δυνατό πολλοί από τους αστέρες που βλέπουμε το βράδυ στον ουρανό, να έχουν καταστραφεί αρκετά χρόνια πριν και να μην υπάρχουν πλέον; Εξηγήστε.

3.4 Το φως επιστρέφει: ανάκλαση

Εικόνες αντικειμένων σχηματίζονται σε έναν καθρέφτη ή στη λεία επιφάνεια του νερού. Με έναν καθρέφτη είναι δυνατό να αλλάξουμε την κατεύθυνση μιας δέσμης φωτός. Κάθε σώμα επανεκπέμπει φως από αυτό που πέφτει επάνω του.

Αυτά τα φαινόμενα συνδέονται στενά μεταξύ τους:

Σε κάθε περίπτωση το φως διαδίδεται μέσα στον αέρα, συναντά την επιφάνεια του σώματος και αλλάζει κατεύθυνση παραμένοντας μέσα τον αέρα. Όποτε συμβαίνει αυτό, δηλαδή όταν το φως συναντήσει την επιφάνεια ενός σώματος και αλλάξει κατεύθυνση παραμένοντας μέσα στο ίδιο διαφανές υλικό λέμε ότι ανακλάται.

Το φως ανακλάται με δύο τρόπους:

Μια παράλληλη φωτεινή δέσμη που πέφτει στην επιφάνεια ενός καθρέφτη, μετά την ανάκλαση ακολουθεί μια εντελώς καθορισμένη διεύθυνση. Αυτό το είδος ανάκλασης το ονομάζουμε *κανονική ανάκλαση*. Κανονική ανάκλαση παρατηρείται όταν η επιφάνεια που συναντά το φως είναι λεία και γυαλιστερή, όπως του καθρέφτη (Εικ. 3.15).

Όταν μια παράλληλη δέσμη συναντά ένα λευκό φύλλο χαρτί δεν μπορούμε να διακρίνουμε ανακλώμενη δέσμη. Από το χαρτί το φως διαδίδεται προς κάθε κατεύθυνση. Σε κάθε τέτοια ανάλογη περίπτωση λέμε ότι το φως διαχέεται και το αντίστοιχο είδος ανάκλασης ονομάζεται *διάχυση*. Διάχυση συμβαίνει όταν η επιφάνεια που συναντά το φως είναι τραχιά, όπως του χαρτιού (Εικ. 3.15β).

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

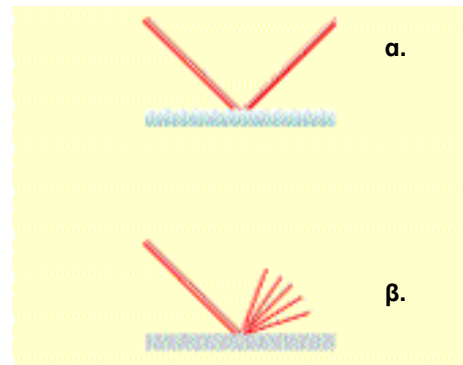
Ποιοι κανόνες προσδιορίζουν τη διεύθυνση διάδοσης της ανακλώμενης δέσμης του φωτός στην κανονική ανάκλαση;

Παρατηρώντας προσεκτικά τη διεύθυνση μιας λεπτής δέσμης φωτός που ανακλάται σε έναν καθρέφτη διαπιστώνουμε ότι:

α) η ακτίνα πρόσπτωσης η ακτίνα ανάκλασης και η κάθετη ευθεία επάνω στον καθρέφτη (στο σημείο πρόσπτωσης) βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο (Εικ. 3.16)

β) η γωνία πρόσπτωσης είναι ίση με τη γωνία ανάκλασης (Εικ. 3.16)

Οι προτάσεις (α) και (β) ονομάζονται νόμοι της κανονικής ανάκλασης του φωτός.

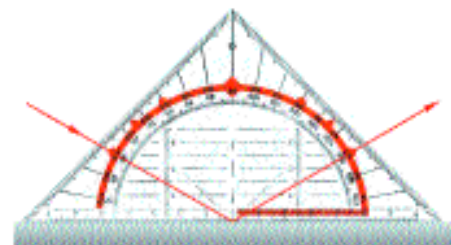


Εικόνα 3.15
α) Κανονική ανάκλαση. β) Διάχυση

Μικρό εργαστήριο

- Ανοίξτε ένα βιβλίο και τοποθετήστε το με τη ράχη στο φως.
- Μπροστά στη σκιασμένη σελίδα τοποθετήστε ένα καθρεφτάκι
- Αντικαταστήστε το καθρεφτάκι με ένα λευκό κομμάτι χαρτί
- Συγκρίνετε την ένταση και την κατεύθυνση του φωτός που ανακλάται από το:
 - α) καθρεφτάκι,
 - β) από το χαρτί.

Τι συμπεραίνετε για το είδος της ανάκλασης;



Εικόνα 3.16

Γωνία πρόσπτωσης και γωνία ανάκλασης είναι οι γωνίες που σχηματίζονται από την κάθετη στην επιφάνεια και την ακτίνα φωτός που προσπίπτει σε αυτή και ανακλάται αντίστοιχα

Γιατί μια τραχιά επιφάνεια διαχέει το φως;

Μπορούμε να υποθέσουμε ότι μιά τραχιά επιφάνεια αποτελείται από πολλούς μικροσκοπικούς καθρέφτες με ποικίλους προσανατολισμούς (Εικ.3.17). Σε κάθε μικροσκοπικό καθρέφτη το φως ανακλάται κανονικά. Επειδή όμως οι μικροσκοπικοί καθρέφτες έχουν ποικίλους προσανατολισμούς, οι ανακλώμενες, από αυτούς, ακτίνες μιας παράλληλης προσπίπτουσας δέσμης έχουν διάφορες διευθύνσεις. Επομένως η παράλληλη δέσμη μετά την ανάκλασή της στην τραχιά επιφάνεια διαχέεται προς κάθε κατεύθυνση.

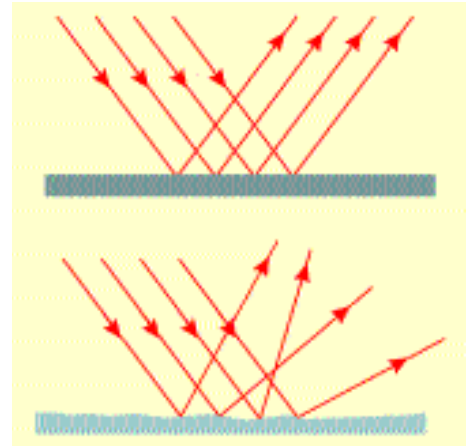
Εικόνες σε καθρέφτες: Είδωλα

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), χρησιμοποιούνται για πρώτη φορά κατά την εποχή του χαλκού (3000-1000 π.χ.). Κατά τους ιστορικούς χρόνους οι μεταλλικοί καθρέφτες ήταν συνήθως από χαλκό ή άργυρο. Ωστόσο μόλις 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 σαφείς και ευκρινείς.

Όταν τοποθετήσουμε ένα αντικείμενο μπροστά από έναν καθρέφτη, τότε παρατηρούμε την εικόνα του να σχηματίζεται απ'αυτόν. Η εικόνα ενός αντικειμένου, που σχηματίζεται από έναν καθρέφτη ονομάζεται είδωλο. Γνωρίζοντας πως ανακλώνται οι ακτίνες σε έναν επίπεδο καθρέφτη μπορούμε να προσδιορίσουμε το είδος και τη θέση του ειδώλου. Φωτεινές ακτίνες που προέρχονται από το σημείο Α του αντικειμένου ανακλώνται στον επίπεδο καθρέφτη και αλλάζουν κατεύθυνση (Εικ. 3. 18) Οι προεκτάσεις των ανακλώμενων ακτίνων συναντώνται στο σημείο Ε. Το μάτι δέχεται τις ανακλώμενες ακτίνες σαν να προέρχονται από το Ε. Το αποτέλεσμα είναι ο παρατηρητής να βλέπει ένα φωτεινό σημείο Ε πίσω από την επιφάνεια του καθρέφτη. Το Ε είναι το είδωλο του Α.

Κάθε είδωλο που σχηματίζεται από τις προεκτάσεις ανακλωμένων ακτίνων ονομάζεται φανταστικό. Έτσι, τα είδωλα που σχηματίζουν οι επίπεδοι καθρέφτες είναι πάντοτε φανταστικά.

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. Διαπιστώνουμε ότι το είδωλο έχει το ίδιο μέγεθος με το κεριό. Επί-



Εικόνα 3.17

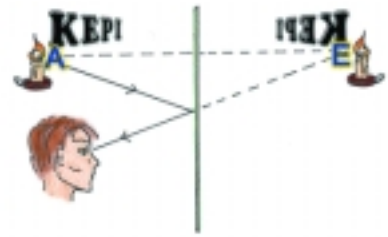
Όταν οι μικροσκοπικοί καθρέφτες έχουν τον ίδιο προσανατολισμό οι ανακλώμενες ακτίνες μιας προσπίπτουσας παράλληλης δέσμης παραμένουν παράλληλες μεταξύ τους. Όταν οι μικροσκοπικοί καθρέφτες έχουν διαφορετικούς προσανατολισμούς οι ανακλώμενες ακτίνες έχουν διαφορετικές διευθύνσεις



...ΑΥΤΗ ΦΟΡΑ
ΤΟ ΠΟΛΥΣΟΜΕΛΕΣ ΜΕΡΟΣ,
ΒΑΖΕΙ ΤΟ ΟΛΟΚΛΗΡΟ ΣΤΕΦΑΛΙ ΕΤΑ ΜΑΛΛΙΑ ΤΗΣ
ΚΑΙ ΕΞ ΛΑΜΠΡΟ ΕΑΦΡΕΩΝ ΜΠΡΟΣ ΤΑ ΦΥΛΛΑΚΙΑ
ΕΤΙΜΕ ΑΥΤΗΝ ΕΙΚΟΝΑ ΤΟΥ ΕΩΣΜΙΟΥ ΤΗΣ
ΧΑΜΟΦΕΛΟΝΤΑΣ.
ΜΑΡΙΑ - ΕΥΡΥΠΛΗΚΗ

σης η απόσταση μεταξύ του κεριού και του τζαμιού είναι ίση με την απόσταση μεταξύ του ειδώλου και του τζαμιού..

Προκύπτει, επομένως, ότι σε έναν επίπεδο καθρέφτη η απόσταση του ειδώλου από τον καθρέφτη είναι ίση με την απόσταση του αντικειμένου από τον καθρέφτη. Επίσης το είδωλο είναι ίσο σε μέγεθος με το αντικείμενο. Δηλαδή, το είδωλο είναι συμμετρικό του αντικειμένου ως προς τον καθρέφτη.



Εικόνα 3.18

Οι ανακλώμενες ακτίνες που δέχεται το μάτι μας φαίνεται σαν να προέρχονται από το σημείο E



Κοιτάξε μέσα από το τζάμι

- Μετρήστε το ύψος του ειδώλου
 - Σημειώστε τη θέση του ειδώλου
 - Μετρήστε την απόσταση του από το τζάμι
 - Μετρήστε την απόσταση του αντικειμένου από το τζάμι
- Σε ποιο συμπέρασμα καταλήγετε;

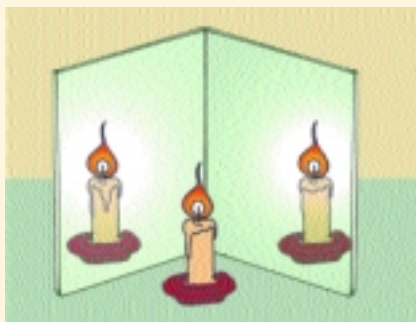


Τεχνάσματα (τρικ) με είδωλα.

Σκηνοθέτες και μάγοι χρησιμοποιούν είδωλα στα τεχνάσματά τους. Μπορείτε και εσείς να κάνετε παρόμοια τεχνάσματα.

- Μέσα σε ένα υψηλό ποτήρι στερεώστε ένα σβησμένο κερι.
- Γεμίστε το ποτήρι με νερό.
- Τοποθετήστε το ποτήρι και ένα αναμμένο, ίσου μεγέθους κερι έτσι ώστε το είδωλο της φλόγας να σχηματίζεται επάνω στο σβησμένο κερι.

Αν βάλετε το δάχτυλό σας επάνω στο σβησμένο κερι, φαίνεται σαν να βρίσκεται μέσα σε φλόγα.



Το καλειδοσκόπιο

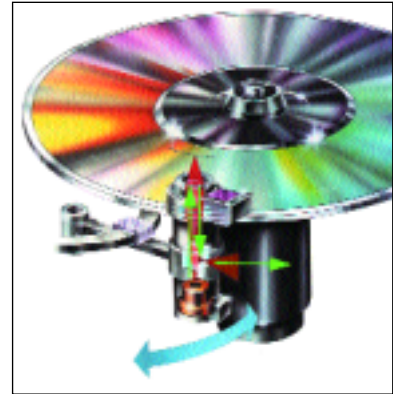
- Στερεώστε δύο ίδιους επίπεδους καθρέφτες κατακόρυφα ώστε να σχηματίζουν γωνία 60° μεταξύ τους.
- Βάλτε τη γόμα σας ή μία κιμωλία μεταξύ των δύο καθρέφτων.
- Μετρήστε τον αριθμό των ειδώλων που σχηματίζονται στους δύο καθρέφτες.
- Επαναλάβετε την ίδια διαδικασία για γωνίες 90° και 45° .



Οπτικοί δίσκοι (CD)

Η κατασκευή των οπτικών δίσκων προκάλεσε επανάσταση στο χώρο της μουσικής: Οι οπτικοί δίσκοι έχουν μικρότερο μέγεθος και πολύ υψηλότερη πιστότητα αναπαραγωγής του ήχου. Αποτελούνται από τρία επίπεδα φύλλα από διαφορετικό υλικό: το πλαστικό υπόστρωμα, το στρώμα ανάκλασης και το προστατευτικό φύλλο. Η μουσική πληροφορία με ψηφιακή εγγραφή αποτελείται από αλυσίδες δυαδικών ψηφίων 0 και 1. Αυτά τη ψηφία παριστάνονται από σχεδόν πέντε δισεκατομμύρια μικροσκοπικές κοιλότητες και προεξοχές στο υπόστρωμα. Οι προεξοχές καλύπτονται από το στρώμα ανάκλασης. Η συσκευή οπτικού δίσκου εκπέμπει μία δέσμη λέιζερ που ανακλάται μόνο στις προεξοχές και μεταφράζεται σε ψηφιακό κώδικα. Αυτός ο κώδικας μετατρέπεται σε σήμα που ενισχύεται για να παραχθεί ο μουσικός ήχος.

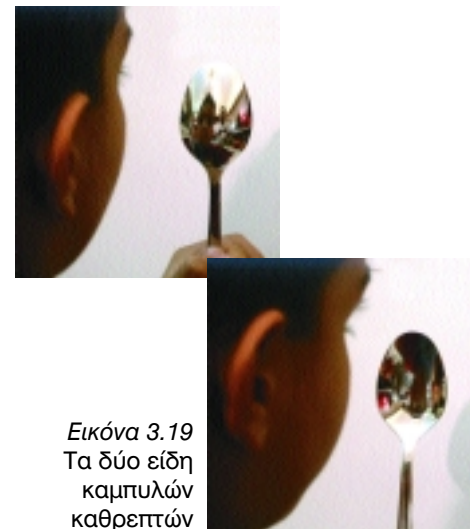
Εκτός από μουσική οι οπτικοί δίσκοι χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση πληροφοριών σε υπολογιστή όπως προγράμματα, ήχος, εικόνα, κείμενα και γραφικά. Επειδή οι οπτικοί δίσκοι δε φθείρονται εύκολα και περιέχουν μεγάλο όγκο πληροφοριών η χρήση τους έχει ανοίξει νέες προοπτικές στις εφαρμογές των ηλεκτρονικών υπολογιστών.



Κυρτοί και κοίλοι καθρέφτες

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

Απλός 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 (Εικ. 3. 19).



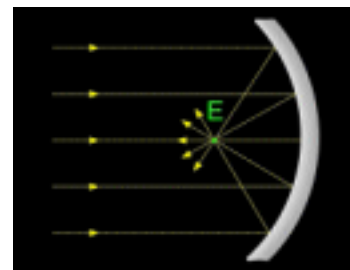
Εικόνα 3.19
Τα δύο είδη
καμπυλών
καθρεπτών

Εστία καμπύλων καθρεπτών.

Παρατηρώντας πώς ανακλώνται οι ακτίνες σε έναν κοίλο ή σε έναν κυρτό καθρέφτη είναι δυνατόν να προσδιορίσουμε τον τρόπο με τον οποίο σχηματίζεται από αυτούς το είδωλο ενός φωτεινού αντικειμένου.

Φωτεινές ακτίνες παράλληλες μεταξύ τους μετά την ανάκλασή τους επάνω σε κοίλο καθρέφτη, συγκλίνουν σε ένα σημείο (Εικ. 3.20).

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. (Εικ. 3.21).



Εικόνα 3.20

Οι ανακυκλώμενες ακτίνες μιας παράλληλης προσπίπτουσας δέσμης σε ένα κοίλο καθρέπτη συγκλίνουν

Το σημείο στο οποίο συγκλίνουν οι ανακλώμενες ακτίνες ή οι προεκτάσεις τους το ονομάζουμε **εστία**.

Πως μπορούμε να ερμηνεύσουμε τη συμπεριφορά των καμπύλων καθρεφτών;

Μπορούμε να θεωρήσουμε ότι αποτελούνται από μικροσκοπικούς επίπεδους καθρέφτες. Σε καθένα από αυτούς το φως ανακλάται κανονικά. Ωστόσο, επειδή οι μικροσκοπικοί καθρέφτες είναι κατάλληλα διατεταγμένοι επάνω στην καμπύλη επιφάνεια, οι ανακλώμενες ακτίνες μιας παράλληλης προσπίπτουσας δέσμης-ή οι προεκτάσεις τους- περνούν από το ίδιο σημείο.

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 (Εικ. 3.22). Με αυτόν τον τρόπο δημιουργούμε παράλληλη δέσμη φωτός στους προβολείς των αυτοκινήτων, θεάτρων, κέντρων διασκέδασης, γηπέδων κ.α.

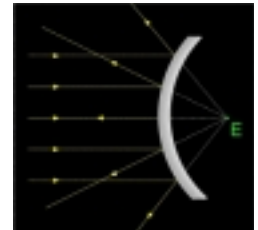
Στους κυρτούς καθρέφτες μια παράλληλη δέσμη, μετά την ανάκλασή της, αποκλίνει. Επομένως μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε έναν τέτοιο καθρέφτη για να αυξήσουμε σημαντικά το πεδίο της ορατότητάς μας (Εικ.3.23).

Είδωλα κοίλων και κυρτών καθρεφτών.

Σε αρκετή απόσταση από έναν κοίλο καθρέφτη τοποθετούμε ένα φωτεινό αντικείμενο, για παράδειγμα ένα κερί. Το είδωλο είναι πραγματικό, αντεστραμμένο και μικρότερο του αντικειμένου. Μπορούμε να το προβάλλουμε σε μια οθόνη που πρέπει να τοποθετήσουμε σε κατάλληλη θέση μεταξύ αντικειμένου και καθρέφτη. Πλησιάζοντας το αντικείμενο στον καθρέφτη το είδωλο μεγαλώνει και απομακρύνεται από αυτόν. Μετά από μια ορισμένη θέση είναι α-

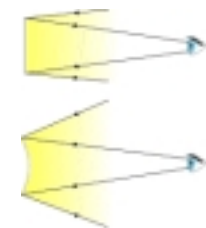
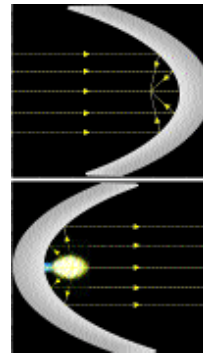
Εικόνα 3.21

Οι ανακλώμενες ακτίνες μιας παράλληλης προσπίπτουσας δέσμης σε ένα κυρτό καθρέπτη αποκλίνουν



Εικόνα 3.22

Όταν στην εστία ενός κοίλου καθρέφτη τοποθετήσουμε μια πηγή φωτός, οι ανακλώμενες ακτίνες είναι παράλληλες μεταξύ τους.



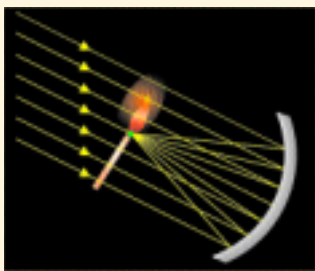
Εικόνα 3.23

Πεδίο ορατότητας σε επίπεδο και κυρτό καθρέφτη.



Πεδίο ορατότητας

Κρατήστε κοντά στο πρόσωπο σας έναν επίπεδο μικρό καθρέπτη και στη συνέχεια ένα κυρτό καθρέπτη ίδιων διαστάσεων και στην ίδια απόσταση. Με ποιο από τους δυο μπορείτε να διακρίνετε μεγαλύτερο μέρος του σώματός σας;



- Στρέψτε έναν κοίλο καθρέφτη προς τον Ήλιο.
- Τοποθετήστε ένα σπίρτο μπροστά στον καθρέφτη ώστε επάνω του να σχηματισθεί μία φωτεινή κηλίδα.
- Μετακινήστε το σπίρτο, ώστε να σχηματιστεί επάνω

του η μικρότερη δυνατή κηλίδα. Το σπίρτο ανάβει! Πώς ερμηνεύετε αυτό το φαινόμενο; Θα μπορούσατε να πετύχετε το ίδιο και με ένα κυρτό καθρέπτη; Γιατί ναι ή γιατί όχι;



Εικόνα 3.24

Είδωλο σε κοίλο καθρέπτη: Το είδωλο είναι πραγματικό, μεγαλύτερο από αντικείμενο και αντεστραμένο.

δύνατο να το προβάλλουμε στην οθόνη. Σε αυτή τη θέση βρίσκεται η εστία του καθρέφτη. Αν πλησιάσουμε το αντικείμενο ακόμα περισσότερο προς τον καθρέφτη, μπορούμε να διακρίνουμε το είδωλό του μόνον κοιτάζοντας μέσα σ' αυτόν. Το είδωλο είναι πλέον φανταστικό. Είναι επίσης, μεγαλύτερο από το αντικείμενο και ορθό.

Με παρόμοιο τρόπο διαπιστώνουμε ότι σε έναν κυρτό καθρέφτη το είδωλο είναι πάντοτε μικρότερο από το αντικείμενο, όρθιο και φανταστικό.

Κύριος άξονας ενός καθρέφτη ονομάζεται ο γεωμετρικός άξονας συμμετρίας του (Εικ. 3.27 και 28).

Γνωρίζοντας πώς ανακλώνται οι ακτίνες σε ένα κοίλο ή κυρτό καθρέφτη μπορούμε να βρούμε γραφικά το είδωλο κάθε σημείου ενός αντικειμένου εφαρμόζοντας δύο απλούς κανόνες:

1. Ακτίνα παράλληλη προς το κύριο άξονα του καθρέφτη διέρχεται μετά την ανάκλασή της, από ένα σημείο του κυρίου άξονα, την κύρια εστία (Εικ. 3.27).
2. Αντιστρόφως ακτίνα που διέρχεται από την κύρια εστία, μετά την ανάκλασή της, γίνεται παράλληλη προς τον κύριο άξονα. (Εικ. 3.27).

Το σημείο τομής των δύο ακτίνων είναι το είδωλο του σημείου από το οποίο ξεκινούν οι ακτίνες.

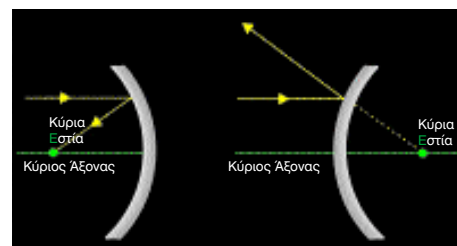
Στην Εικόνα 3.28 έχουμε προσδιορίσει γραφικά το είδωλο σε κοίλο και κυρτό καθρέφτη, εφαρμόζοντας τους προηγούμενους κανόνες.



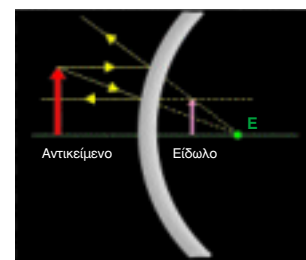
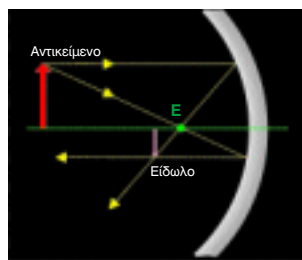
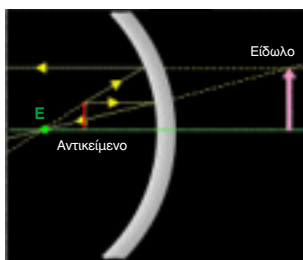
Εικόνα 3.25
Είδωλο σε κοίλο καθρέφτη: το είδωλο είναι όρθιο, μεγαλύτερο από το αντικείμενο και φανταστικό.



Εικόνα 3.26
Είδωλο σε κυρτό καθρέφτη.



Εικόνα 3.27
Διάδοση μιας ακτίνης μετά την ανάκλασή της σε καμπύλο καθρέφτη



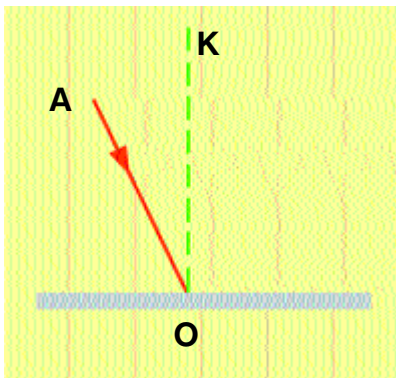
Εικόνα 3.28
Προσδιορισμός του ειδώλου σε κοίλο και κυρτό καθρέφτη.



- Σχίστε ένα φύλλο χαρτί στη μέση
- Κρατήστε ένα κοίλο καθρέφτη (μπάνιου) με τεντωμένο το χέρι και κοιτάξτε το είδωλο σας.
- Το είδωλο σχηματίζεται μπροστά ή πίσω από τον καθρέφτη;
- Μετακινήστε αργά τον καθρέφτη προς το πρόσωπό σας
- Τι συμβαίνει με το είδωλο;
- Επαναλάβετε τη διαδικασία με ένα κυρτό καθρέφτη.

Ερωτήσεις - Ασκήσεις

1. Να σχηματίσετε προτάσεις χρησιμοποιώντας τις επόμενες έννοιες: ανάκλαση, κανονική ανάκλαση, διάχυση, γωνία πρόσπτωσης, γωνία ανάκλασης, είδωλο, κοίλος καθρέφτης, κυρτός καθρέφτης, εστία καμπύλου καθρέφτη.
2. Πότε συμβαίνει κανονική ανάκλαση και πότε διάχυση;
3. Συμπληρώστε τις παρακάτω προτάσεις:
 - α) 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 ακτίνα, η και η κάθετη στο σημείο πρόσπτωσης βρίσκονται στο ίδιο Η γωνία πρόσπτωσης είναι με τη γωνία
 - β) Οι επίπεδοι καθρέφτες σχηματίζουν είδωλα. Αν το αντικείμενο πλησιάσει προς τον καθρέφτη τότε το είδωλό του θα Το μέγεθος του ειδώλου είναι με το μέγεθος του αντικειμένου. Όμως η αριστερή πλευρά του αντικειμένου εικονίζεται στην πλευρά του και αντίστροφα.
4. Η ακτίνα ΑΟ πέφτει σε επίπεδο καθρέφτη, όπως φαίνεται στο σχήμα. Η ΟΚ είναι κάθετη στον καθρέφτη. Κατασκευάστε στο τετράδιό σας ένα παρόμοιο σχήμα και πραγματοποιήστε τις ακόλουθες δραστηριότητες:



- α) Μετρήστε τη γωνία πρόσπτωσης.
- β) Σχεδιάστε στο σχήμα την πορεία της ανακλώμενης ακτίνας.
- γ) Σημειώστε στο σχήμα τη τιμή της γωνίας

πρόσπτωσης, ανάκλασης.

- δ) Σημειώστε στο σχήμα και υπολογίστε τη γωνία που σχηματίζουν η προέκταση της προσπίπτουσας με την ανακλώμενη. (Η γωνία αυτή ονομάζεται “γωνία εκτροπής”).
5. Γιατί μπορούμε να δούμε τα αντικείμενα που βρίσκονται μέσα σε ένα δωμάτιο την ημέρα, ακόμα κι όταν οι ηλιακές ακτίνες δεν μπαίνουν απ’ ευθείας μέσα από τα ανοικτά παράθυρα;
 6. Συμπληρώστε τις παρακάτω προτάσεις:
 - α) Ένας κοίλος καθρέφτης μετατρέπει μια παράλληλη δέσμη ακτίνων σε Το σημείο στο οποίο συγκεντρώνονται οι ακτίνες μετά την ανάκλασή τους λέγεται Εστιακή απόσταση του κοίλου καθρέφτη ονομάζεται η απόσταση της από την του καθρέφτη.
 - β) Ένας κυρτός καθρέφτης μετατρέπει μια παράλληλη δέσμη ακτίνων σε Το σημείο στο οποίο συναντώνται οι των ανακλωμένων ακτίνων ονομάζεται
 7. Φωτεινό σημειακό αντικείμενο βρίσκεται στην εστία ενός κοίλου καθρέφτη. Να σχεδιάσετε την πορεία των ακτίνων που προέρχονται από αυτό και ανακλώνται στον καθρέφτη.
 8. Μικρό φωτεινό βέλος είναι τοποθετημένο κάθετα στον άξονα κοίλου καθρέφτη, και απέχει από την κορυφή του απόσταση μεγαλύτερη από την εστιακή απόσταση του καθρέφτη. Να σχεδιάσετε το είδωλο του βέλους χρησιμοποιώντας τις ιδιότητες της εστίας του καθρέφτη.
 9. Να κάνετε ότι και στην άσκηση 8, για φωτεινό βέλος που το έχουμε τοποθετήσει μπροστά από κυρτό καθρέφτη.
 10. Ένα ρολόι με δείχτες που δείχνει εννιά ακριβώς, τοποθετείται μπροστά από έναν επίπεδο καθρέφτη. Απεικονίστε με δύο απλά σχήματα πάνω σε μια σελίδα χαρτί το ρολόι και το είδωλό του. Κόψτε με ένα ψαλίδι τις δύο εικόνες. Μπορείτε να ταυτίσετε είδωλο και αντικείμενο μετατοπίζοντας ή περιστρέφοντάς τα, χωρίς όμως να τα σηκώσετε από τη σελίδα;

3.5. Το φως μέσα στην ύλη: διάθλαση

Ο βυθός της θάλασσας ή της πισίνας φαίνεται πιο ρηχός από όσο είναι στην πραγματικότητα. Το μισοβυθισμένο καλαμάκι φαίνεται σαν να λυγίζει στην επιφάνεια του νερού (Εικ. 3.30).

Για να ερμηνεύσουμε αυτά τα φαινόμενα θα μελετήσουμε πώς συμπεριφέρεται μια ακτίνα φωτός όταν περνά από ένα διαφανές σώμα σε άλλο, για παράδειγμα, από τον αέρα στο νερό.

Αν παρατηρήσουμε προσεκτικά τη διάδοση του φωτός από τον αέρα στο νερό διαπιστώνουμε ότι ένα μέρος από το φως της προσπίπτουσας ακτίνας ανακλάται και ένα μέρος εισέρχεται στο νερό ακολουθώντας διαφορετική διεύθυνση από την προσπίπτουσα. Το ίδιο φαινόμενο παρατηρούμε, όταν φως διαδίδεται από τον αέρα σε γυαλί και σε κάθε διαφανές σώμα. Γνωρίζουμε ότι η ταχύτητα του φωτός στο νερό, στο γυαλί κ.ά. είναι μικρότερη από την ταχύτητά του στον αέρα. Συμπεραίνουμε, λοιπόν, ότι όταν από ένα διαφανές υλικό το φως περνά σε ένα άλλο διαφανές υλικό, στο οποίο διαδίδεται με διαφορετική ταχύτητα, η διεύθυνσή του αλλάζει. Αυτό το φαινόμενο ονομάζεται *διάθλαση*.

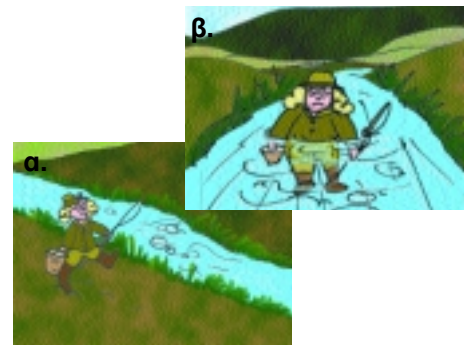
Μπορούμε να διαπιστώσουμε πειραματικά ότι κατά τη διάθλαση του φωτός ικανοποιούνται οι ακόλουθοι νόμοι.

α) η προσπίπτουσα ακτίνα, η διαθλώμενη και η ευθεία που περνά από το σημείο πρόσπτωσης και είναι κάθετη στην επιφάνεια επαφής των δυο υλικών, βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο (Εικ. 3.31).

β) όταν το φως περνά από ένα διαφανές σώμα σε άλλο και στο δεύτερο διαδίδεται με μικρότερη ταχύτητα από όση στο πρώτο (όπως όταν περνά από τον αέρα σε νερό) τότε η γωνία διάθλασης είναι μικρότερη από τη γωνία πρόσπτωσης (Εικ. 3.31).

Γνωρίζοντας πώς διαθλάται μία ακτίνα είναι δυνατό να ερμηνεύσουμε τη φαινομενική ανύψωση του πυθμένα της θάλασσας ή της πισίνας (εικ. 3.32) και το φαινομενικό σπάσιμο του μολυβιού στην επιφάνεια του νερού (εικ. 3.33).

Ακτίνες φωτός που ξεκινούν από ένα σημείο του πυθμένα διαδίδονται από το νερό στον αέρα και φθάνουν στο μάτι μας. Στον αέρα το φως διαδίδεται με μεγαλύτερη ταχύτητα από όση στο νερό. Έτσι μόλις η φωτεινή δέσμη διέλθει από το νερό στον αέρα, η γωνία που σχηματίζει με την κάθετη ευθεία στην διαχωριστική επιφάνεια, αυξάνεται. Το φως φαίνεται ότι εκπέμπεται από ένα σημείο που βρίσκεται ψηλότερα από την πραγματική θέση του του σημείου εκπομπής του. Μας δημιουργείται λοιπόν η εντύπωση ότι ο πυθμένας βρίσκεται ψηλότερα από όσο είναι στην πραγματικότητα. Ομοίως, επειδή κάθε σημείο του



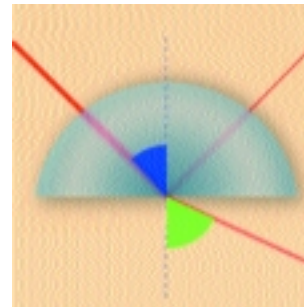
Εικόνα 3.29a,b

Το ποτάμι φαίνεται πιο ρηχό απ' ό,τι είναι



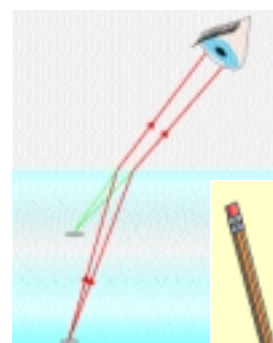
Εικόνα 3.30

Το καλαμάκι μέσα στο νερό φαίνεται λυγισμένο.

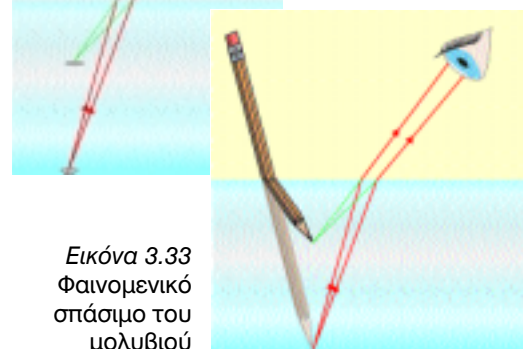


Εικόνα 3.31

Γωνία διάθλασης ονομάζουμε τη γωνία μεταξύ της ακτίνας που διαθλάται και της ευθείας που είναι κάθετη στην διαχωριστική επιφάνεια των δυο υλικών



Εικόνα 3.32
Φαινομενική ανύψωση του πυθμένα.

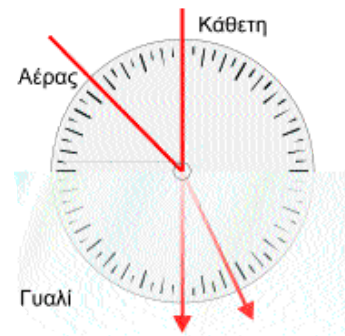


Εικόνα 3.33
Φαινομενικό σπάσιμο του μολυβιού

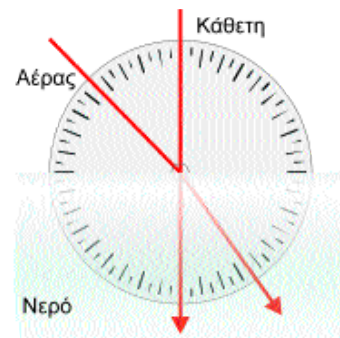
μολυβιού που βρίσκεται μέσα στο νερό φαίνεται ψηλότερα από όσο είναι στην πραγματικότητα, μας δημιουργείται η εντύπωση ότι το μολύβι είναι λυγισμένο προς τα επάνω.

Στο γυαλί το φως διαδίδεται με ακόμα μικρότερη ταχύτητα από όση στο νερό. Διαπιστώνουμε πειραματικά ότι για την ίδια γωνία πρόσπτωσης, η διάθλαση είναι εντονότερη στο γυαλί παρά στο νερό. Γενικά, όσο περισσότερο μεταβάλλεται η ταχύτητα διάδοσης τόσο εντονότερη είναι η διάθλαση.

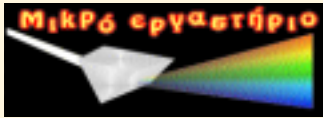
Τέλος, με τη διάταξη που παριστάνεται στις εικόνες 3.34 και 3.35, μπορούμε εύκολα να διαπιστώσουμε ότι αν μία φωτεινή ακτίνα συναντήσει κάθετα τη διαχωριστική επιφάνεια των δύο μέσων δεν διαθλάται.



Εικόνα 3.34



Εικόνα 3.35

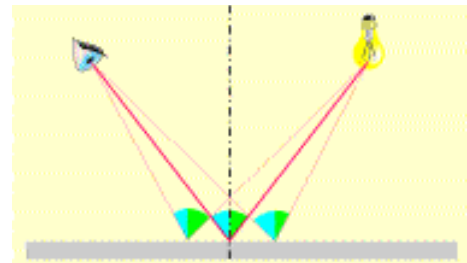


- Τοποθετήστε ένα νόμισμα στον πυθμένα ενός κενού δοχείου και σε τέτοια θέση, ώστε κοιτάζοντας πλάγια πάνω από τα χείλη του δοχείου μόλις να μη φαίνεται.
 - Γεμίστε το δοχείο με νερό, χωρίς να το μετακινήσετε.
 - Παρατηρήστε ότι το νόμισμα γίνεται ορατό.
- Πώς ερμηνεύετε το φαινόμενο αυτό;

Η αρχή του ελάχιστου χρόνου στην ανάκλαση και τη διάθλαση.

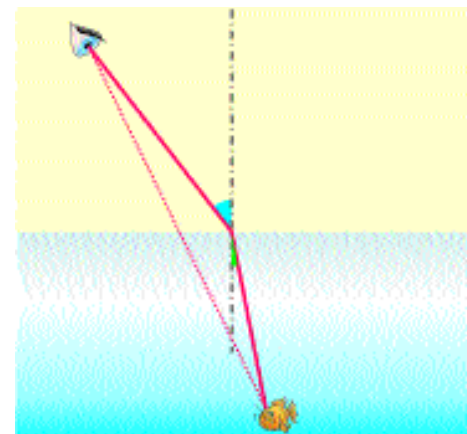
Γνωρίσαμε ότι οι νόμοι της ανάκλασης μπορούν να ερμηνευθούν με την αρχή του ελάχιστου χρόνου. Στην περίπτωση αυτή το φως διαδίδεται σε ομογενές υλικό (με την ίδια ταχύτητα). Η διαδρομή που απαιτεί τον ελάχιστο χρόνο είναι αυτή με το ελάχιστο μήκος. Στην εικόνα 3.36 έχουμε σχεδιάσει πιθανές πορείες διάδοσης 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 ενδιάμεση. Σύμφωνα με την αρχή του ελάχιστου χρόνου, το φως ακολουθεί αυτή τη διαδρομή. Μπορούμε επίσης, να μετρήσουμε τις γωνίες πρόσπτωσης και ανάκλασης και να επαληθεύσουμε ότι είναι ίσες.

Όταν το φως διαδίδεται από ένα υλικό σε άλλο και στο δεύτερο υλικό η ταχύτητά του είναι διαφορετική από όση είναι στο πρώτο, τότε ο χρόνος διάδοσης δεν εξαρτάται μόνο από το μήκος της διαδρομής αλλά και από την ταχύ-



Εικόνα 3.36

Μετρώντας το μήκος κάθε διαδρομής προσδιορίζουμε συντομότερη.



Εικόνα 3.37

Το φως ακολουθεί τη τεθλασμένη διαδρομή. Σ' αυτή ο χρόνος διάδοσης είναι μικρότερος απ' όση στην ευθύγραμμη.

τητα. Σε αυτή την περίπτωση το φως δεν διαδίδεται ευθύγραμμο. Ακολουθεί τεθλασμένη πορεία διανύοντας μεγαλύτερη διαδρομή στο υλικό όπου η ταχύτητά του είναι μεγαλύτερη, ώστε να φθάσει στον προορισμό του στον ελάχιστο χρόνο. Το φως επομένως διαθλάται.

Παγίδευση του φωτός: ολική ανάκλαση

Στην εικόνα 3.38 παρατηρούμε ότι, τρεις φωτεινές δέσμες διαδίδονται από το γυαλί προς τον αέρα. Δύο από αυτές διαθλώνται και εξέρχονται από το γυαλί. Η τρίτη πέφτει με μικρή γωνία στη διαχωριστική επιφάνεια και ανακλάται πίσω στο γυαλί: το φως παγιδεύεται.

Πώς ερμηνεύουμε το φαινόμενο αυτό;

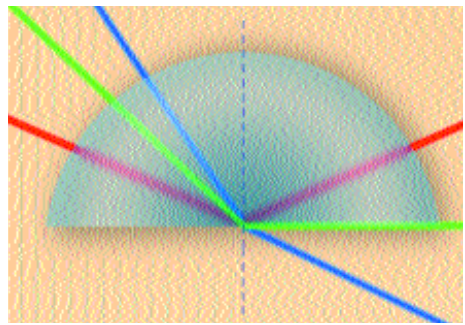
Φως διαδίδεται από το γυαλί στον αέρα (Εικ. 3.39). Στην επιφάνεια του γυαλιού φως ανακλάται και διαθλάται. Επειδή στον αέρα το φως διαδίδεται με μεγαλύτερη ταχύτητα από όση στο γυαλί, η διαθλώμενη ακτίνα πλησιάζει προς την επιφάνεια του γυαλιού (3.39α). Όσο η προσπίπτουσα ακτίνα βρίσκεται πλησιέστερα προς την επιφάνεια, τόσο και η διαθλώμενη ακτίνα πλησιάζει προς αυτήν. Για ορισμένη τιμή λοιπόν της γωνίας, πρόσπτωσης η διαθλώμενη ακτίνα γίνεται παράλληλη προς την επιφάνεια (3.39β). Αυτή η γωνία ονομάζεται οριακή γωνία διάθλασης. Για ακόμα μεγαλύτερη γωνία το φως δεν εξέρχεται. Η προσπίπτουσα δέσμη υφίσταται μόνον ανάκλαση. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται ολική ανάκλαση (3.39γ).

Αντικατοπτρισμός

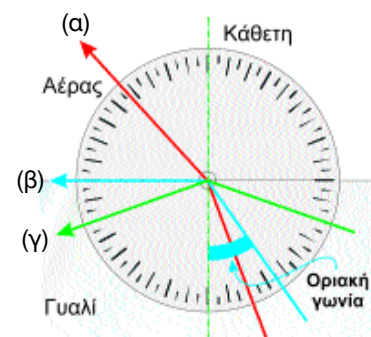
Πολλές φορές βλέπουμε από μακριά να ανακλάται φως του ουρανού πάνω στο έδαφος σαν να υπάρχει νερό σε αυτό. Ωστόσο, όταν φθάνουμε εκεί διαπιστώνουμε ότι το έδαφος είναι απολύτως στεγνό. Αυτό το φαινόμενο ονομάζεται αντικατοπτρισμός

Πώς δημιουργείται η ψευδαίσθηση της ανάκλασης;

Ο αντικατοπτρισμός παρατηρείται όταν το έδαφος είναι πολύ ζεστό. Έτσι, ακριβώς πάνω από αυτό ο αέρας έχει υψηλή θερμοκρασία ενώ ψηλότερα χαμηλότερη. Όσο πιο ζεστός είναι ο αέρας τόσο γρηγορότερα διαδίδεται το φως μέσα σε αυτόν. Επομένως κοντά στο οδόστρωμα, η ταχύτητα του φωτός μεταβάλλεται, με αποτέλεσμα η διάδοση της φωτεινής δέσμης να μην είναι ευθύγραμμη. Το φως ακολουθεί τη διαδρομή με τον ελάχιστο χρόνο και φαίνεται σαν να ανακλάται πάνω στο έδαφος (Εικ. 3.40).



Εικόνα 3.38



Εικόνα 3.39α,β,γ



Εικόνα 3.40

Αντικατοπτρισμός και διάδοση μιας ακτίνας μέσα από στρώματα αέρα διαφορετικών θερμοκρασιών



Γίνεται αόρατο

- Γεμίστε ένα δοχείο με νερό.
- Τοποθετήστε έναν υπολογιστή τσέπης απέναντι από την πίσω πλευρά (έξω) του δοχείου.
- Κοιτάξτε προς τον υπολογιστή μέσω της εμπρόσθιας πλευράς του δοχείου.
- Κοιτάξτε προς τον υπολογιστή μέσω της αριστερής και της δεξιάς πλευράς του δοχείου
Εξηγήστε τις παρατηρήσεις σας

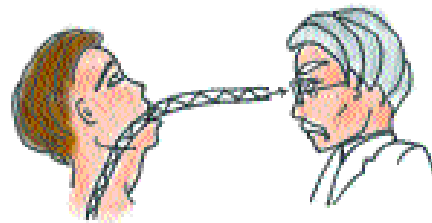


Οπτικές ίνες

Η οπτική ίνα είναι ένα πολύ λεπτό διαφανές νήμα, μέσα στο οποίο το φως διαδίδεται με διαδοχικές ολικές ανακλάσεις. Κάθε οπτική ίνα αποτελείται από δύο τμήματα από διαφορετικό είδος γυαλί. Στο εσωτερικό τμήμα το φως διαδίδεται αργότερα από όσο διαδίδεται στο εξωτερικό.

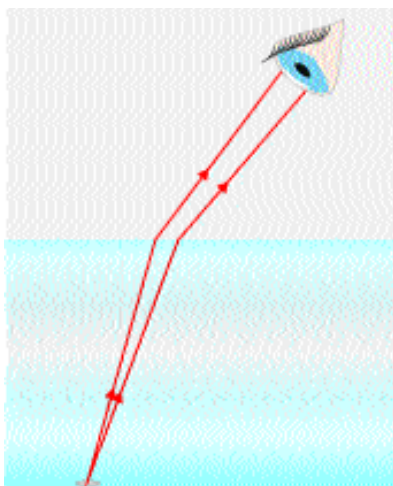
Όταν λοιπόν το φως κατευθύνεται από το εσωτερικό προς το εξωτερικό τμήμα, παθαίνει ολική ανάκλαση στην διαχωριστική τους επιφάνεια και παραμένει στο εσωτερικό τμήμα της ίνας. Ωστε το φως διαδίδεται στο εσωτερικό της ίνας με διαδοχικές ολικές ανακλάσεις, ακόμα και στην περίπτωση που η οπτική ίνα δεν είναι ευθύγραμμη.

Οι οπτικές ίνες είναι πολύ λεπτές δύο από αυτές χωρούν στο μάτι μιας βελόνας. Χρησιμοποιούμε λοιπόν τις οπτικές ίνες για να φωτίζουμε και να παρατηρούμε το εσωτερικό του ανθρώπινου σώματος. Οι οπτικές ίνες είναι ελαφρότερες και φθηνότερες από τα μεταλλικά σύρματα. Γι' αυτό τις χρησιμοποιούμε στη θέση τους, στις τηλεπικοινωνίες.



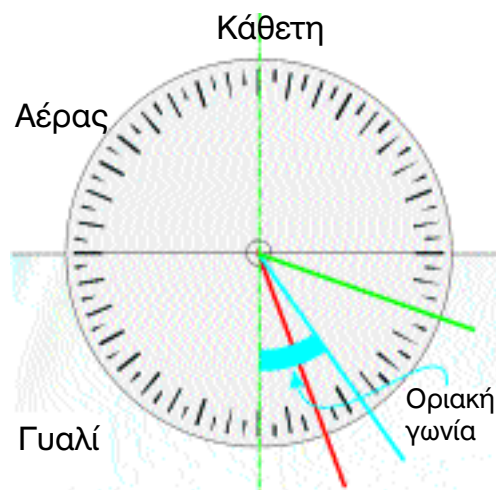
Ερωτήσεις - Ασκήσεις

1. Να σχηματίσετε προτάσεις χρησιμοποιώντας τις έννοιες: διάθλαση, διαθλώμενη ακτίνα, αντιστατοπρισμός, ολική ανάκλαση.
2. Να συμπληρώσετε τις λέξεις που λείπουν στις ακόλουθες προτάσεις:
 - α) Μια φωτεινή ακτίνα που διαδίδεται στον αέρα συναντά την επίπεδη επιφάνεια νερού. Η γωνία πρόσπτωσης είναι 30° . Η διαθλώμενη ακτίνα σχηματίζει με την κάθετη στην επιφάνεια του νερού, στο σημείο πρόσπτωσης, γωνία (μεγαλύτερη - μικρότερη) των 30 μοιρών.
 - β) Μια φωτεινή ακτίνα διαδίδεται από το νερό στον αέρα, με διεύθυνση πλάγια στη διαχωριστική τους επιφάνεια. Τότε η διαθλώμενη ακτίνα (πλησιάζει - απομακρύνεται από) την κάθετη στη διαχωριστική επιφάνεια, στο σημείο πρόσπτωσης.
 - γ) Όταν μια φωτεινή ακτίνα πέσει κάθετα στη διαχωριστική επιφάνεια δύο διαφανών μέσων, τότε η γωνία διάθλασης είναι
 - δ) Η λειτουργία των οπτικών ινών βασίζεται στο φαινόμενο της



3. Στο σχήμα φαίνεται ένα νόμισμα Π στον πυθμένα μιας λίμνης. Να συμπληρώσετε το σχήμα έτσι ώστε να βρείτε από πού σημείο Π' βλέπει ο παρατηρητής να έρχονται οι φωτεινές ακτίνες στο μάτι του (το Π' είναι το είδωλο του νομίσματος Π).

4. Πότε μια πισίνα φαίνεται βαθύτερη; Όταν είναι κενή ή όταν είναι γεμάτη με νερό; Πώς ερμηνεύετε το φαινόμενο αυτό;
5. Η ταχύτητα του φωτός στο νερό είναι μεγαλύτερη απ' ότι είναι στο γυαλί. Μια μονοχρωματική ακτίνα φωτός διαδίδεται από το νερό στο γυαλί. Η διαθλώμενη ακτίνα θα πλησιάσει ή θα απομακρυνθεί από την κάθετο στη διαχωριστική επιφάνεια στο σημείο πρόσπτωσης; Να σχεδιάσετε την πορεία της προσπίπτουσας, της ανακλώμενης και της διαθλώμενης φωτεινής ακτίνας.



6. Να συμπληρώσετε την πορεία των φωτεινών ακτίνων στο σχήμα, ώστε να φαίνεται η κατεύθυνσή τους μετά τη διάθλασή είτε την ολική τους ανάκλαση. Δίνεται ότι: α) η AA' είναι κάθετη στη διαχωριστική επιφάνεια β) η γωνία ΓNA είναι ίση με την οριακή.
7. Να ερμηνεύσετε το φαινομενικό σπάσιμο του μολυβιού όταν το βυθίζουμε στο νερό.
8. Γιατί στους ασφαλτοστρωμένους ευθείς δρόμους δημιουργείται η εντύπωση ότι το οδόστρωμα, σε μεγάλη απόσταση, είναι βρεγμένο;

3.6. Φακοί: Ένας γυάλινος κόσμος

Πρώτοι οι Κινέζοι χρησιμοποίησαν φακούς για την βελτίωση της όρασης. Στην Ευρώπη γυαλιά όρασης χρησιμοποιούνται για πρώτη φορά το 13ο αιώνα μ.Χ. Μεγεθυντικό φακό χρησιμοποιούμε κάθε φορά που θέλουμε να παρατηρήσουμε τις λεπτομέρειες ενός αντικειμένου. Σήμερα οι φακοί είναι τα βασικά εξαρτήματα όλων σχεδόν των οπτικών οργάνων: των μικροσκοπίων, των τηλεσκοπίων, των φωτογραφικών μηχανών, των μηχανημάτων προβολής εικόνων κ.α.

Ποιό είναι όμως το κοινό χαρακτηριστικό των φακών;

Κάθε φακός αποτελείται από διαφανές υλικό, συνήθως γυαλί, και έχει καμπύλη επιφάνεια. Όταν το φως διέρχεται μέσα από έναν φακό, διαθλάται έντονα. Αν παρατηρήσουμε αντικείμενα μέσα από φακό, το μέγεθός τους φαίνεται διαφορετικό, από όσο είναι στην πραγματικότητα. Το φαινόμενο αυτό οφείλεται στη διάθλαση του φωτός από τον φακό.

Εστία του φακού

Υπάρχουν φακοί που είναι παχύτεροι στο μέσο και λεπτότεροι στα άκρα. Αυτοί οι φακοί μετατρέπουν μια παράλληλη δέσμη φωτεινών ακτίνων σε συγκλίνουσα (Εικ. 3.42α). Τους ονομάζουμε λοιπόν *συγκλίνοντες*. Τέτοιος φακός είναι ο μεγεθυντικός φακός.

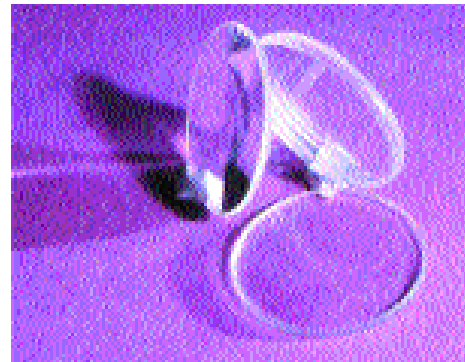
Υπάρχουν επίσης φακοί που είναι λεπτότεροι στο μέσο και παχύτεροι στα άκρα και μετατρέπουν μια παράλληλη δέσμη ακτίνων σε αποκλίνουσα. Αυτούς τους φακούς τους ονομάζουμε *αποκλίνοντες* (εικ. 3.42). Τέτοιους φακούς χρησιμοποιούμε στα γυαλιά μυωπίας.

Το σημείο στο οποίο συγκεντρώνονται οι ακτίνες της συγκλίνουσας δέσμης ή οι προεκτάσεις της αποκλίνουσας το ονομάζουμε *εστία* του φακού.

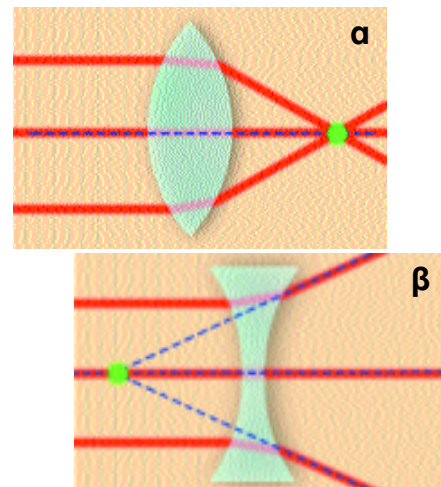
Μπορούμε εύκολα να διαπιστώσουμε πειραματικά ότι μια ακτίνα φωτός που διέρχεται από το κέντρο του φακού και είναι κάθετη σ' αυτόν, δεν διαθλάται. Η ευθεία που προσδιορίζεται από την ακτίνα αυτή ονομάζεται κύριος άξονας του φακού.

Είδωλο φακού

Όταν σε αρκετή απόσταση από έναν συγκλίνοντα φακό τοποθετήσουμε ένα αντικείμενο, -για παράδειγμα ένα κερτί- τότε σε οθόνη πίσω από τον φακό είναι δυνατόν να σχηματιστεί πραγματικό είδωλο και αντεστραμμένο (Εικ. 3.45). Πλησιάζοντας το αντικείμενο προς τον φακό το μέγεθος



Εικόνα 3.41
Είδη φακών



Εικόνα 3.42
Διάθλαση μιας παράλληλης δέσμης σε συγκλίνοντα (α) και αποκλίνοντα φακό (β).



Εικόνα 3.43
Είδωλο σε συγκλίνοντα φακό.

του ειδώλου μεγαλώνει και μετά από ορισμένη θέση δεν είναι πλέον δυνατή η προβολή του πάνω στην οθόνη. Σε αυτή τη θέση βρίσκεται η εστία του φακού. Πλησιάζοντας το αντικείμενο ακόμα περισσότερο μπορούμε να διακρίνουμε το είδωλο μόνον μέσα από το φακό (Εικ. 3.45). Το είδωλο είναι πλέον φανταστικό. Είναι επίσης όρθιο και μεγαλύτερο από το αντικείμενο. Ο φακός λειτουργεί ως μεγεθυντικός.

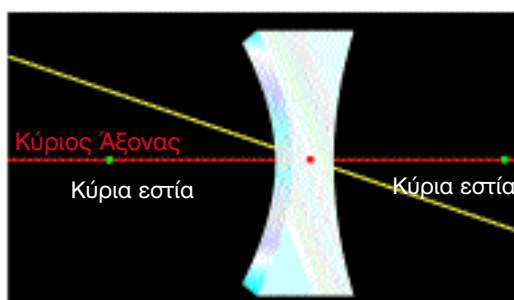
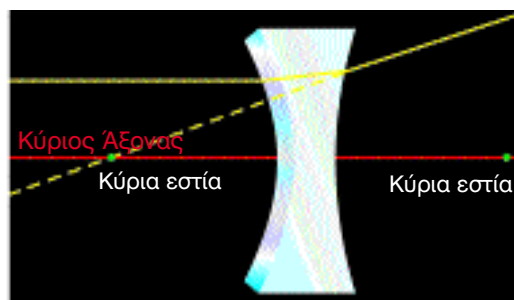
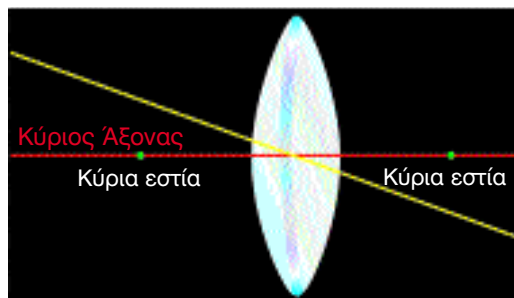
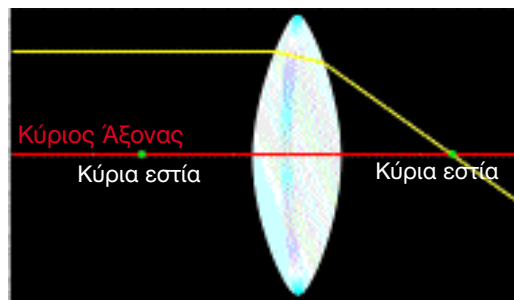
Με παρόμοιο τρόπο διαπιστώνουμε ότι σε έναν αποκλίνοντα φακό το είδωλο είναι πάντοτε φανταστικό, μικρότερο από το αντικείμενο και όρθιο (Εικ. 3.45).

Μπορούμε να προσδιορίσουμε γραφικά το είδωλο κάθε σημείου ενός αντικειμένου εφαρμόζοντας δύο από τους επόμενους απλούς κανόνες (Εικ.3.44):

1. Κάθε ακτίνα που είναι παράλληλη στον κύριο άξονα του φακού μετά τη διάθλασή της διέρχεται από ένα σταθερό σημείο του κύριου άξονα την κύρια εστία.
2. Αντίστροφα, μια ακτίνα η οποία διέρχεται από την κύρια εστία μετά την διάθλασή της έχει διεύθυνση παράλληλη προς τον κύριο άξονα.
3. Μια ακτίνα που περνά από το κέντρο του φακού δεν διαθλάται.

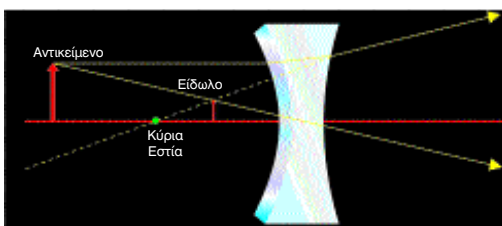
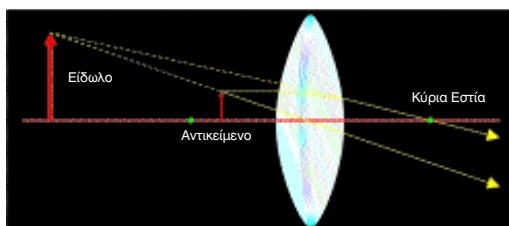
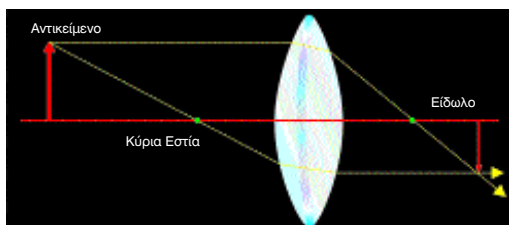
Το σημείο τομής των παραπάνω διαθλωμένων ακτίνων προσδιορίζει το είδωλο του σημείου από το οποίο ξεκινούν οι ακτίνες.

Στην Εικόνα 3.45 εφαρμόζοντας αυτούς τους κανόνες έχουμε προσδιορίσει γραφικά το είδωλο ενός φωτεινού αντικειμένου σε συγκλίνοντα και αποκλίνοντα φακό.



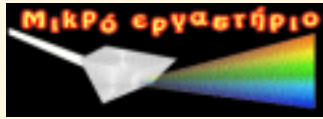
Εικόνα 3.44

Διάδοση μιας ακτίνας σε συγκλίνοντα και αποκλίνοντα φακό.



Εικόνα 3.45

Προσδιορισμός του ειδώλου σε συγκλίνοντα και αποκλίνοντα φακό.



Φωτιά από τον Ήλιο

- Στρέψτε ένα μεγεθυντικό (συγκλίνοντα) φακό προς τον ήλιο
- Μετακινήστε τον ώστε να δημιουργήσετε μια έντονη φωτεινή κηλίδα σ' ένα σωρό από φύλα. Μπορείτε να ανάψετε φωτιά;
- Δανεισθείτε τα γυαλιά πρεσβυωπίας από κάποιον και ελέγξτε αν μεγεθύνουν. Είναι συγκλίνοντες φακοί; Μπορούν να χρησιμοποιηθούν για άναμμα φωτιάς;

Ερωτήσεις - Ασκήσεις

1. Να σχηματίσετε προτάσεις χρησιμοποιώντας τις έννοιες: συγκλίνων φακός, αποκλίνων φακός, εστία φακού.
2. συμπληρώστε τις παρακάτω προτάσεις:
 - α) Ένας συγκλίνων φακός μετατρέπει μια παράλληλη δέσμη ακτίνων σε Το σημείο στο οποίο συγκεντρώνονται οι ακτίνες μετά τη διάθλασή τους ονομάζεται
 - β) Ένας αποκλίνων φακός μετατρέπει μια παράλληλη δέσμη ακτίνων σε Το σημείο στο οποίο συναντώνται οι των διαθλωμένων ακτίνων ονομάζεται
3. Φωτεινό σημειακό αντικείμενο βρίσκεται στη μία εστία ενός λεπτού συγκλίνοντα φακού. Να σχεδιάσετε την πορεία των ακτίνων που προέρχονται από αυτό και διαθλώνται στο φακό.
4. Μια δέσμη ακτίνων μονοχρωματικού φωτός, παράλληλων στον κύριο άξονα ενός απόκλινοντα φακού, διέρχεται μέσα από αυτόν. Να σχεδιάσετε την πορεία των φωτεινών ακτίνων της δέσμης μετά τη διάθλασή τους από το φακό.
5. Μικρό φωτεινό βέλος είναι τοποθετημένο κάθετα στον κύριο άξονα λεπτού συγκλίνοντα φακού. Να σχεδιάσετε το είδωλο του βέλους στις εξής περιπτώσεις:
 - α) Η απόσταση του βέλους από το φακό είναι μεγαλύτερη από την εστιακή απόσταση του φακού.
 - β) Το βέλος τοποθετείται σε σημείο του κύριου άξονα, μεταξύ του φακού και της εστίας του.
6. Να κατασκευάσετε το είδωλο φωτεινού βέλους, που σχηματίζεται από απόκλινοντα φακό, με τη διαδικασία που ακολουθήσατε στην άσκηση 4.
7. Μπορεί ένας αποκλίνων φακός να χρησιμοποιηθεί ως μεγεθυντικός; Αιτιολογήστε την άποψή σας.
8. Πώς πρέπει να τοποθετήσουμε ένα αντικείμενο, ώστε να δούμε το είδωλό του, μέσα από έναν συγκλίνοντα φακό, μεγαλύτερο από αυτό;
9. Είναι δυνατό να προβάλλουμε το φανταστικό είδωλο ενός αντικειμένου -που σχηματίζεται από κάποιο φακό- σε μια οθόνη; Αιτιολογήστε την άποψή σας.

3.7. Το μάτι. - Οπτικά όργανα

Το μάτι έχει σχήμα σχεδόν σφαιρικό και είναι γεμάτο με παχύρρευστο υγρό. Στο εμπρόσθιο μέρος του υπάρχει μικρό άνοιγμα, η κόρη, και πίσω από αυτή ένας φακός. Οι ακτίνες από ένα αντικείμενο εισέρχονται στο μάτι μέσω της κόρης και διαθλώνται από τον φακό και το υγρό. Το είδωλο του αντικειμένου σχηματίζεται αντεστραμμένο πάνω στον αμφιβληστροειδή χιτώνα (εικ. 3.46). 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 αποδέκτης και επεξεργαστής του ερεθίσματος δημιουργεί την εντύπωση του όρθιου.

Το μάτι έχει ικανότητα προσαρμογής. Κατάλληλοι μύς μεταβάλλουν αυτόματα την καμπυλότητα του φακού ώστε όταν το αντικείμενο πλησιάζει ή απομακρύνεται, το είδωλο να σχηματίζεται πάντοτε επάνω στον αμφιβληστροειδή (εικ. 3.47).

Σε ορισμένες περιπτώσεις αυτό δε συμβαίνει: είτε επειδή ο φακός έχει χάσει την ελαστικότητά του (πρεσβυπία) είτε επειδή ο βολβός έχει μικρότερο (υπερμετρωπία) ή μεγαλύτερο βάθος (μυωπία) από το κανονικό. Αυτά τα ελαττώματα διορθώνονται με γυαλιά όρασης ή φακούς επαφής (Εικ. 3.48). Οι φακοί επαφής είναι πολύ λεπτοί και τοποθετούνται κατ' ευθείαν πάνω στον κερατοειδή χιτώνα. Εκεί ένα λεπτό στρώμα δάκρυα τους συγκρατεί.

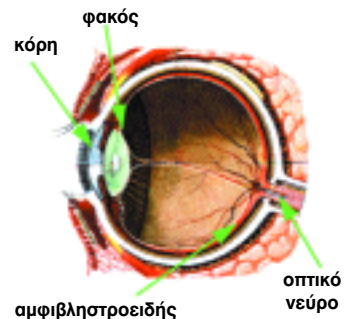
Οι δυνατότητες της όρασης διευρύνεται σημαντικά από μια μεγάλη ποικιλία οργάνων, που αποτελούνται από φακούς και καθρέφτες. Η φωτογραφική μηχανή, το μικροσκόπιο και το τηλεσκόπιο είναι τα πιο σημαντικά οπτικά όργανα.

Η φωτογραφική μηχανή.

Η πιο απλή φωτογραφική μηχανή αποτελείται από ένα κλειστό κουτί, που στο μπροστινό μέρος του έχει μικρό άνοιγμα. Στο εσωτερικό του κουτιού απέναντι από το άνοιγμα σχηματίζεται η εικόνα φωτεινών αντικειμένων που βρίσκονται μπροστά από αυτό. Αν τοποθετήσουμε στο άνοιγμα έναν συγκλίνοντα φακό η εικόνα γίνεται πολύ πιο φωτεινή. Το άνοιγμα καλύπτεται από ένα διάφραγμα το οποίο μπορούμε να ανοίγουμε και να κλείνουμε με το πάτημα ενός κουμπιού

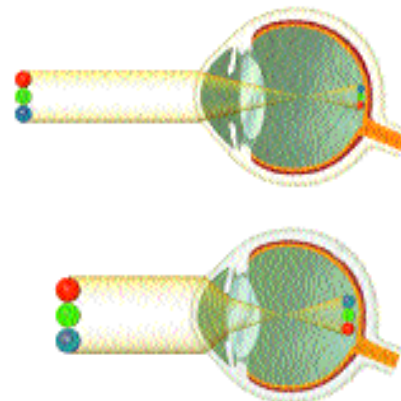
Στη θέση που σχηματίζεται η εικόνα υπάρχει το φιλμ. Το φιλμ είναι μια ταινία καλυμμένη με ουσία η οποία αλλοιώνεται όταν πάνω της πέσει φως.

Πατώντας το κουμπί το διάφραγμα ανοίγει για κλάσμα του δευτερολέπτου και το είδωλο του αντικειμένου σχηματίζεται πάνω στο φιλμ. Για να φωτισθεί επαρκώς το



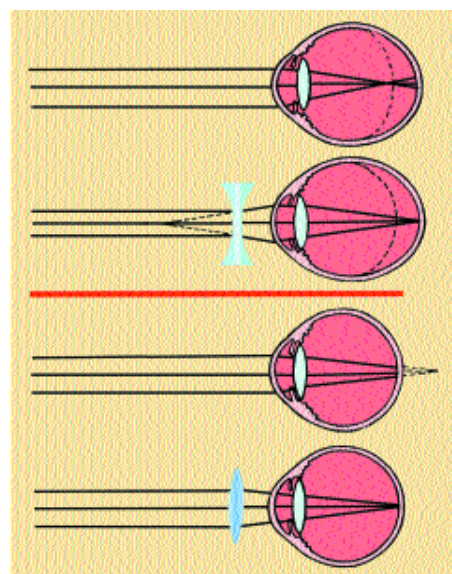
Εικόνα 3.46

Τα κύρια τμήματα του ματιού και η διάδοση μιας δέσμης φωτός μέσα στο μάτι



Εικόνα 3.47

Προσαρμογή του ματιού.



Εικόνα 3.48

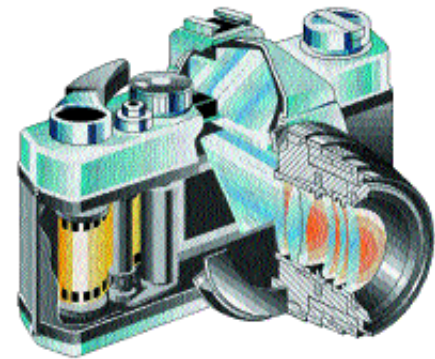
Ελαττώματα του ματιού και η διόρθωσή τους

φιλμ έχουμε ρυθμίσει κατάλληλα τόσο τη διάσταση του ανοίγματος όσο και το χρόνο που το διάφραγμα μένει ανοιχτό. Για να σχηματιστεί το είδωλο ακριβώς επάνω στο φιλμ μετακινούμε το φακό εμπρός και πίσω.

Η εμφάνιση του φιλμ και η μορφοποίηση της εικόνας που αποτυπώθηκε πάνω του, γίνεται με χημική επεξεργασία.

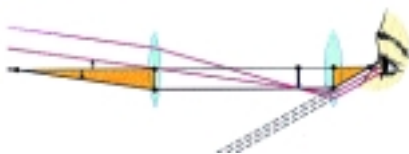
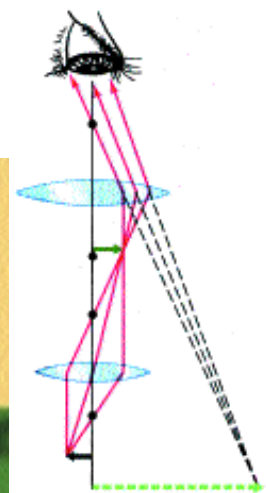
Μικροσκόπιο και τηλεσκόπιο

Τόσο το μικροσκόπιο όσο και το τηλεσκόπιο αποτελούνται από δύο συγκλίνοντες φακούς: το φακό ο οποίος βρίσκεται κοντά στο μάτι μας (προσοφθάλμιος φακός) και το φακό που βρίσκεται προς το αντικείμενο (αντικειμενικός φακός). Ο προσοφθάλμιος φακός, όπως φαίνεται στην εικόνα, μεγεθύνει το είδωλο που σχηματίζει ο αντικειμενικός. Στα τηλεσκόπια αντί για αντικειμενικός φακός χρησιμοποιείται συνήθως ένας κοίλος καθρέφτης. Τα τηλεσκόπια αυτά ονομάζονται κατοπτρικά.



Εικόνα 3.49

Τα κύρια τμήματα μιας φωτογραφικής μηχανής



Εικόνα 3.51
Τηλεσκόπιο

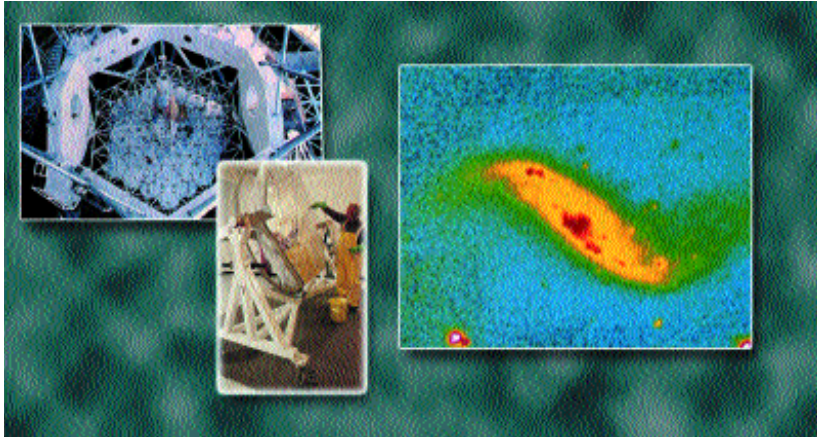
Εικόνα 3.50
Μικροσκόπιο



- Κατασκευάστε ένα κύλινδρο από χαρτόνι.
- Κλείστε τη μια βάση του με αλουμινοχαρτό και την άλλη με ριζόχαρτο.
- Στο κέντρο της πρώτης βάσης ανοίξτε μια μικρή τρύπα και στρέψτε τη προς ένα φωτεινό αντικείμενο, π.χ. μια αναμμένη λάμπα.
- Παρατηρήστε ότι το είδωλο του αντικείμενου σχηματίζεται στο ριζόχαρτο.
- Σχεδιάστε ακτίνες από το αντικείμενο προς το ριζόχαρτο.

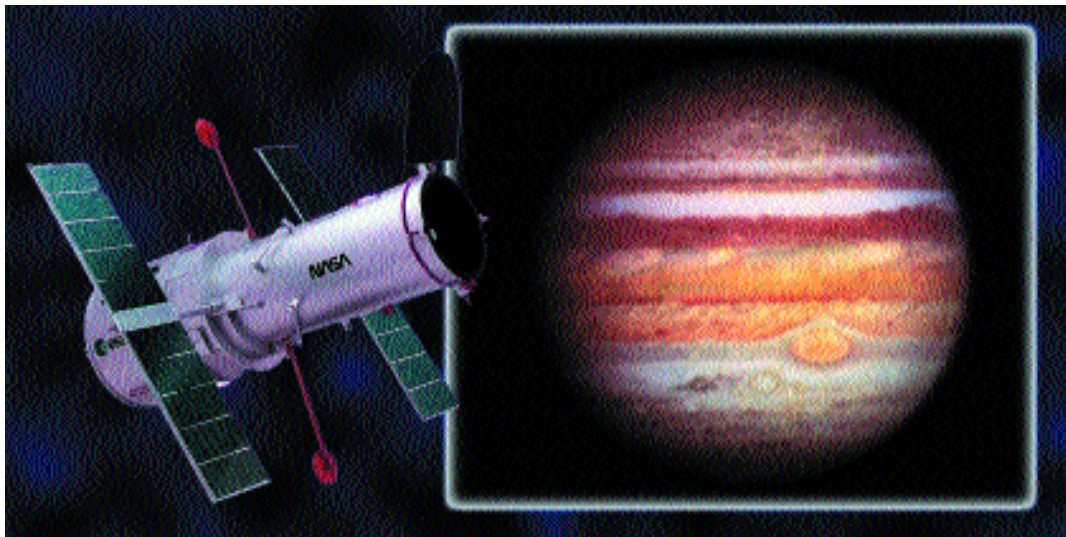


Ατενίζοντας τα άστρα



Επειδή το φως που φθάνει στη Γη από τα απομακρυσμένα ουράνια σώματα είναι αμυδρό, κατασκευάζουμε τηλεσκόπια μεγάλων διατάσεων για να παγιδεύουν όσο το δυνατό περισσότερο φως. Ωστόσο στην απαίτηση αυτή υπάρχουν περιορισμοί: Ο ογκώδης καθρέφτης που χρησιμοποιείται στα κατοπτρικά τηλεσκόπια, κάμπτεται λόγω του βάρους του και το είδωλο παραμορφώνεται. Επίσης ο καθρέφτης παραμορφώνεται λόγω της μεταβολής της θερμοκρασίας.

Αυτά τα προβλήματα αντιμετωπίζονται με χρήση υπολογιστή, ο οποίος διορθώνει τη καμπυλότητα του καθρέφτη. Ο κοίλος καθρέφτης του τηλεσκοπίου Κεκ στη Χαβάη αποτελείται από 36 εξαγωνικούς μικρούς καθρέφτες. Ο προσανατολισμός τους ρυθμίζεται με υπολογιστή. Ο καθρέφτης του τηλεσκοπίου αυτού έχει διάμετρο 10 μέτρων και είναι ο μεγαλύτερος στον κόσμο.



Το 1990 τέθηκε σε τροχιά γύρω από τη Γη το πρώτο διαστημικό τηλεσκόπιο, το Χάμπλ (Hubble). Μ' αυτό το τηλεσκόπιο οι αστρονομικές παρατηρήσεις είναι απαλλαγμένες από την επίδραση του βάρους του καθρέφτη, των μεταβολών της θερμοκρασίας και της γήινης ατμόσφαιρας. Μια ατέλεια σε έναν από τους καθρέφτες του τηλεσκοπίου επηρέαζε την ποιότητα των εικόνων. Αυτή η ατέλεια διορθώθηκε με χρήση πρόσθετων οργάνων που τοποθετήθηκαν το Δεκέμβριο του 1993 από το πλήρωμα του διαστημικού λεωφορείου.

Με το Χάμπλ θα μπορούσαμε να διακρίνουμε μεταξύ τους τα φώτα ενός αυτοκινήτου που βρίσκεται σε απόσταση 4000 Km από μας!

Ερωτήσεις - Ασκήσεις

1. Με ποιό τρόπο σχηματίζεται το είδωλο ενός αντικειμένου πάνω στον αφιβληστροειδή χιτώνα του ματιού;
2. Με ποιό μηχανισμό το είδωλο σχηματίζεται πάντοτε πάνω στον αμφιβληστροειδή χιτώνα, ανεξάρτητα της απόστασης του αντικειμένου από το μάτι;
3. Τι είναι η πρεσβυωπία, η υπερμετρωπία και η μειωπία; Πώς διορθώνονται αυτά τα ελαττώματα;
4. Ποιός είναι ο κύριος ρόλος του φακού στη φωτογραφική μηχανή;
5. Πώς ρυθμίζουμε τη φωτογραφική μηχανή, ώστε να φτάνει στο φιλμ το απαιτούμενο φως;
6. Με ποιό τρόπο πετυχαίνουμε ώστε το είδωλο να σχηματίζεται πάντοτε πάνω στο φιλμ, ανεξάρτητα της απόστασης του αντικειμένου από τη φωτογραφική μηχανή;
7. Πώς θα μπορούσατε να αντιστοιχίσετε τα τμήματα και τις λειτουργίες του ματιού και της φωτογραφικής μηχανής;
8. Ποιές ομοιότητες και διαφορές διακρίνετε μεταξύ των τμημάτων και του τρόπου λειτουργίας του μικροσκοπίου και του τηλεσκοπίου;
9. Ποιός είναι ο ρόλος του προσοφθάλμιου φακού στο μικροσκόπιο και στο τηλεσκόπιο;

3.8. Χρώματα κρυμμένα στο λευκό φως: Ανάλυση του φωτός

Όταν λευκό φως του Ήλιου, πέσει επάνω σε ένα ακανόνιστο κομμάτι γυαλί, σε σαπουνόφουσκα, κηλίδα πετρελαίου, οπτικό δίσκο κ.α. εμφανίζεται μια πανδαισία χρωμάτων. Παρόμοια σειρά χρωμάτων εμφανίζεται στο μεγαλοπρεπές ουράνιο τόξο. Στο εργαστήριο μελετάμε αυτό το φαινόμενο με τη βοήθεια ενός τριγωνικού πρίσματος από διαφανές υλικό, συνήθως γυαλί. Το λευκό φως που πέφτει πάνω σ' ένα γυάλινο πρίσμα διαθλάται. Αν οδηγήσουμε το φως που εξέρχεται από το πρίσμα, μετά τη διάθλαση, σε μια λευκή οθόνη, βλέπουμε ότι δεν είναι πλέον λευκό. Στην οθόνη σχηματίζεται μια έγχρωμη ταινία, το χρωματικό φάσμα.

Πώς από το λευκό φως εμφανίζονται όλα αυτά τα χρώματα;

Το λευκό φως είναι σύνθετο. Αποτελείται από ακτινοβολίες που αντιστοιχούν σε κάθε είδος χρώματος, από το ιώδες μέχρι το κόκκινο, χωρίς να απουσιάζει κανένα χρώμα. Η ταχύτητα με την οποία διαδίδεται το φως κάθε χρώματος μέσα στο ίδιο διαφανές υλικό διαφέρει από χρώμα σε χρώμα (εικ. 3.53). Το ιώδες διαδίδεται με μικρότερη ταχύτητα από το μπλε, το μπλε από το πράσινο, το πράσινο από το κίτρινο κ.τ.λ..

Γνωρίζουμε ότι όσο περισσότερο μεταβάλλεται η ταχύτητα του φωτός τόσο εντονότερη είναι η διάθλαση. Στο πρίσμα επομένως, το ιώδες εκτρέπεται περισσότερο από το μπλε, το μπλε από το πράσινο κτλ. Με αυτόν τον τρόπο το λευκό φως αναλύεται σε συγκεκριμένες περιοχές χρωμάτων: ιώδη, μπλε, πράσινη, κίτρινη πορτοκαλί, κόκκινη και σε όλες τις ενδιάμεσες αποχρώσεις τους (εικ. 3.54). Βεβαίως όταν όλες αυτές οι ακτινοβολίες φθάνουν συγχρόνως στην ίδια περιοχή του αμφιβληστροειδούς χιτώνα του ματιού, μας δημιουργείται η εντύπωση του λευκού φωτός.

Κάθε ακτινοβολία η οποία αντιστοιχεί μόνο σε ένα χρώμα, όταν περνά μέσα από το πρίσμα δεν αναλύεται. Οι ακτινοβολίες αυτές ονομάζονται μονοχρωματικές.

Συνεχές και γραμμικό φάσμα

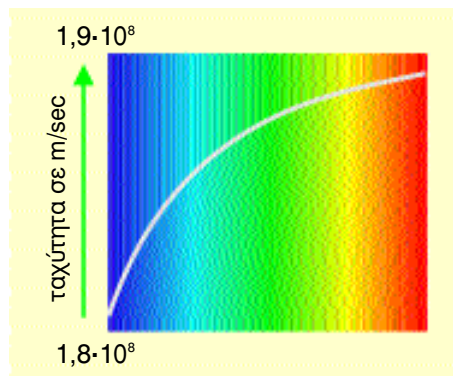
Τα φάσματα των πυρακτωμένων στερεών σωμάτων μοιάζουν μεταξύ τους: αποτελούνται από όλα τα χρώματα του ηλιακού φάσματος. Επίσης, κάθε χρώμα του φάσματος ενός πυρακτωμένου στερεού δεν έχει σαφές περίγραμμα. Το ιώδες σιγά - σιγά γίνεται μπλε, το μπλε πράσινο κτλ. Κάθε τέτοιου είδους φάσμα το ονομάζουμε συνεχές.

Όλα τα χρώματα ενός συνεχούς φάσματος δεν είναι ε-



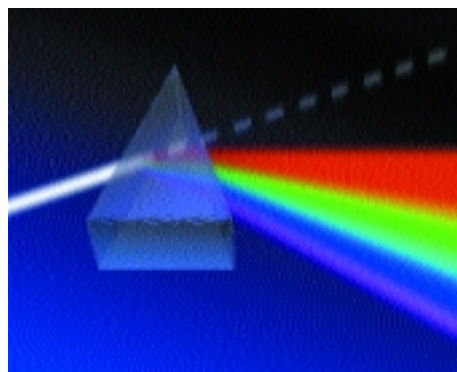
Εικόνα 3.52

Ανάλυση του λευκού φωτός σε διαμάντι, οπτικό δίσκο και πρίσμα



Εικόνα 3.53

Η ταχύτητα διάδοσης του φωτός στο γυαλί είναι διαφορετική για κάθε χρώμα



Εικόνα 3.54

Τα διάφορα χρώματα που αποτελούν το λευκό φως διαθλώνται με διαφορετική γωνία

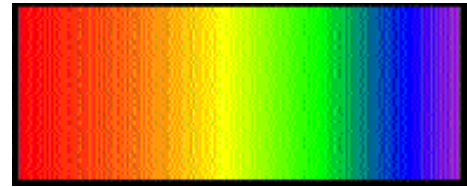
ξίσου ζωηρά. Αν αυξήσουμε σταδιακά τη θερμοκρασία του σύρματος μιας λάμπας παρατηρούμε ότι αρχικά το φως της είναι κοκκινωπό, κατόπιν γίνεται διαδοχικά πορτοκαλί, κίτρινο και τέλος λευκό. Συμπεραίνουμε ότι σε χαμηλές θερμοκρασίες εντονότερο είναι το κόκκινο χρώμα του φάσματος. Σε υψηλότερες θερμοκρασίες η ένταση των υπόλοιπων χρωμάτων αυξάνεται και προκύπτει λευκό φως.

Όταν ένα αέριο -για παράδειγμα υδρογόνο ή ατμοί νατρίου- βρίσκεται σε χαμηλή πίεση και φωτοβολεί, το φάσμα του αποτελείται από ένα σύνολο έγχρωμων γραμμών που διακρίνονται σαφώς μεταξύ τους. Το φάσμα αυτό ονομάζεται γραμμικό.

Το γραμμικό φάσμα του υδρογόνου είναι διαφορετικό από των ατμών του νατρίου, των ατμών του νατρίου από των ατμών του υδραργύρου κτλ. Κάθε είδος αερίου έχει το δικό του γραμμικό φάσμα. Το γραμμικό φάσμα είναι η ταυτότητα ή το "δακτυλικό αποτύπωμα" κάθε αερίου. Αν για παράδειγμα, το φάσμα ενός αερίου αποτελείται από δύο κίτρινες γραμμές πολύ κοντά μεταξύ τους, συμπεραίνουμε με βεβαιότητα ότι το αέριο είναι ατμοί νατρίου.

Γιατί υπάρχει τόση μεγάλη ποικιλία γραμμικών φασμάτων;

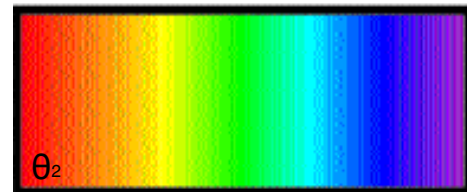
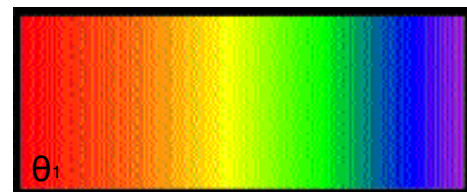
Την απάντηση πρέπει να την αναζητήσουμε βαθιά μέσα στη δομή της ύλης. Η διερεύνηση αυτής της δομής μας αποκαλύπτει τόσο τον τρόπο παραγωγής του φωτός όσο και το λόγο της ποικιλίας των γραμμικών φασμάτων.



Εικόνα 3.55
Συνεχές φάσμα



Εικόνα 3.56
Γραμμικό φάσμα



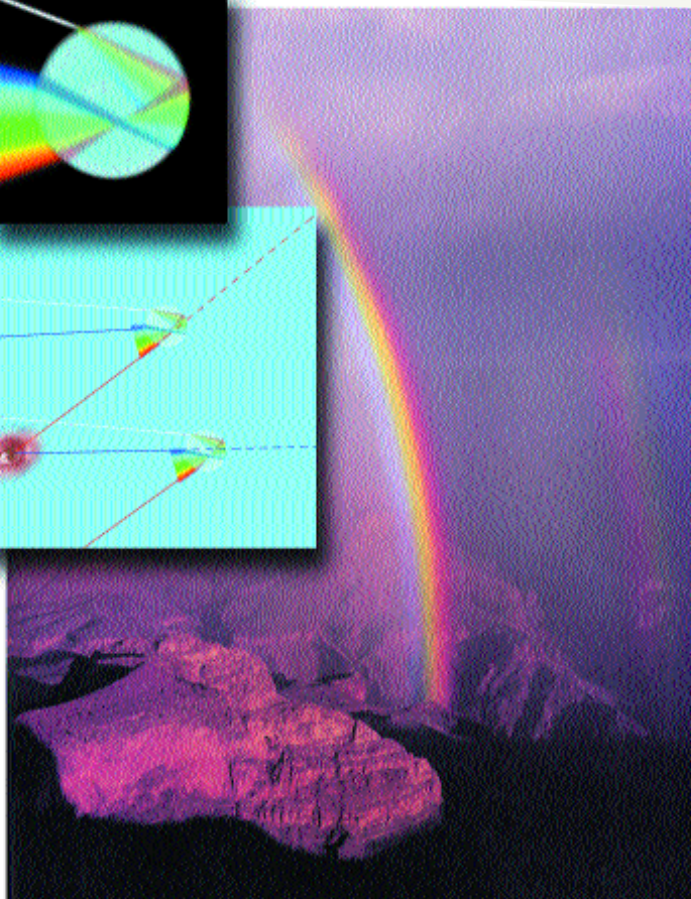
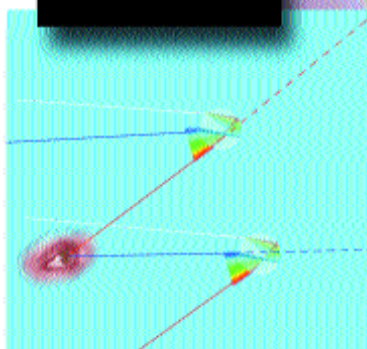
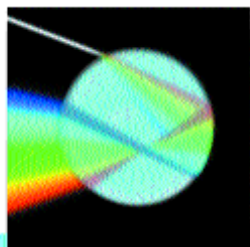
$$\theta_1 < \theta_2$$

Εικόνα 3.57
Συνεχές φάσμα σε δυο διαφορετικές θερμοκρασίες



Η θερμοκρασία των άστρων

Πόση είναι θερμοκρασία των άστρων; Πως βρήκαμε ότι η θερμοκρασία στην επιφάνεια του Ηλίου είναι 6000°C ; Όσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία ενός άστρου τόσο πιο έντονο γίνεται διαδοχικά το κόκκινο, το κίτρινο και το μπλε χρώμα του φάσματος του φωτός που εκπέμπει. Έτσι ένα άστρο που φαίνεται κοκκινωπό έχει μικρότερη θερμοκρασία από ένα άλλο που φαίνεται κίτρινο. Έτσι από τη μελέτη του συνεχούς φάσματος ενός άστρου μπορούμε να προσδιορίσουμε τη θερμοκρασία του.



Το ουράνιο τόξο

Πολλές φορές όταν βρέχει (ή απλώς υπάρχει ομίχλη) και ηλιακό φως περνά μέσα από ανοίγματα μεταξύ των σύννεφων που βρίσκονται πίσω μας, τότε στον ουρανό μπροστά μας σχηματίζεται ένα τεράστιο χρωματικό φάσμα, το ουράνιο τόξο. Σε αυτή την περίπτωση το φως αναλύεται και διαθλάται από σταγονίδια νερού που συμπεριφέρονται σαν μικρά πρίσματα.

Ερωτήσεις -Ασκήσεις

1. Να σχηματίσετε προτάσεις χρησιμοποιώντας τις έννοιες: φάσμα, ανάλυση του φωτός, συνεχές φάσμα, γραμμικό φάσμα.
2. Συμπληρώστε την πρόταση:
α) Μια δέσμη λευκού φωτός αναλύεται όταν διέλθει μέσα από ένα, οπότε σχηματίζεται μια ταινία, που ονομάζεται του λευκού φωτός.
3. Γιατί όταν το λευκό φως διέλθει μέσα από γυάλινο πρίσμα αναλύεται σε χρωματιστές ακτινοβολίες;
4. Πώς μπορούμε να διαπιστώσουμε ότι μια ακτινοβολία είναι μονοχρωματική;
5. Ποιά σώματα εκπέμπουν ακτινοβολία με συνεχές φάσμα και ποιά με γραμμικό;
6. Πώς μεταβάλλεται η ένταση των χρωμάτων του συνεχούς φάσματος μιας ακτινοβολίας, όταν η θερμοκρασία του σώματος που την εκπέμπει, αυξάνεται;
7. Τι πληροφορίες προκύπτουν για ένα διάλυμα αέριο από το φάσμα της ακτινοβολίας που εκπέμπει;

3.9. Γιατί ο Κόσμος δεν είναι ασπρόμαυρος;

Χρώματα

Έχετε παρατηρήσει πώς μεταβάλλεται το χρώμα των σωμάτων στο θέατρο ή σε μουσικές συναυλίες όταν αλλάζει το χρώμα του φωτός των προβολέων που πέφτει πάνω τους;

Στο λευκό φως η ντομάτα φαίνεται κόκκινη και οι πιπεριές πράσινες.

Όταν πρασινωπό φως πέσει επάνω τους οι πιπεριές του διατηρούν το πράσινο χρώμα τους η ντομάτα όμως φαίνεται μαύρη.

Γιατί το χρώμα των σωμάτων που δεν εκπέμπουν δικό τους φως εξαρτάται από το χρώμα του φωτός που πέφτει επάνω τους;

Τα αδιαφανή σώματα ανακλούν τμήμα του φωτός που δέχονται και απορροφούν το υπόλοιπο. Στο λευκό φως η ντομάτα φαίνεται κόκκινη επειδή ανακλά το κόκκινο και απορροφά όλα τα άλλα χρώματα. Όταν φωτίσουμε τη ντομάτα με πράσινο φως, που το απορροφά, θα φαίνεται μαύρη.

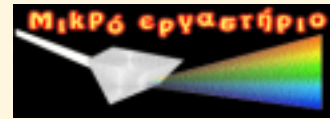
Τα διαφανή έγχρωμα σώματα, όπως ένα κομμάτι χρωματιστό τζάμι, αφήνουν να διέλθει τμήμα του φωτός που δέχονται και απορροφούν το υπόλοιπο. Ένα κομμάτι τζάμι το οποίο στο λευκό φως φαίνεται κόκκινο απορροφά κάθε ακτινοβολία που αντιστοιχεί σε όλα τα χρώματα εκτός από το κόκκινο.

Όστε το χρώμα των σωμάτων που δεν εκπέμπουν δικό τους φως προκύπτει από το χρώμα του φωτός που ανακλούν ή αφήνουν να διέλθει.

Βασικά χρώματα

Όταν φως κάθε χρώματος φθάνει ταυτόχρονα στο μάτι μας, μας δημιουργείται η εντύπωση του λευκού φωτός. Παρόμοια εντύπωση δημιουργείται όταν πέσει συγχρόνως στο μάτι μας κόκκινο, πράσινο και μπλε φως. Αν φωτίσουμε μια οθόνη με τρεις προβολείς που εκπέμπουν κόκκινο, πράσινο και μπλε φως η περιοχή στην οποία οι δέσμες και των τριών προβολέων αλληλεπικαλύπτονται, εμφανίζεται λευκή.

Αυτό συμβαίνει και με τα υπόλοιπα χρώματα. Ο ανθρώπινος εγκέφαλος δεν διακρίνει αν για παράδειγμα το κίτρινο φως είναι το αμιγώς κίτρινο φως του φάσματος ή μίγμα κόκκινου και πράσινου. Πράγματι στην περιοχή της οθόνης όπου η κόκκινη δέσμη αλληλεπικαλύπτεται με την πράσινη εμφανίζεται κίτρινο χρώμα. Επομένως συνδυάζοντας, κατάλληλα φως κόκκινου, πράσινου και μπλε χρώματος μπορούμε να δημιουργήσουμε την εντύπωση κάθε χρώματος του φάσματος και τελικά του λευκού φωτός. Γι' αυτό τα τρία αυτά χρώματα τα ονομάζουμε βασικά.



- Σκοτεινιάστε την αίθουσα
 - Φωτίστε ,ένα κλαδί και ένα κόκκινο τριαντάφυλλο με το φως ενός προβολέα.
 - Τοποθετείστε μπροστά από τον προβολέα ένα κόκκινο και ένα πράσινο φίλτρο.
- Με τι χρώμα εμφανίζονται σε κάθε περίπτωση το τριαντάφυλλο και τα φύλλα;
Τι συμπεραίνετε για το χρώμα των σωμάτων;



Εικόνα 3.58



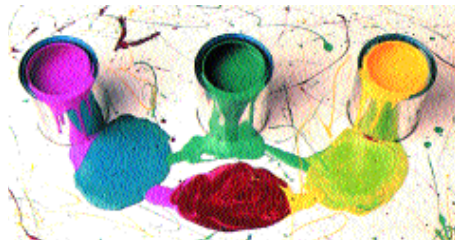
Εικόνα 3. 59

Το αποτέλεσμα της αλληλοεπικάλυψης τριών δεσμών κόκκινου, πράσινου και μπλε χρώματος

Τα χρώματα των ζωγράφων

Το πορφυρό (κόκκινο και μπλε), το κίτρινο (κόκκινο και πράσινο) και το κυανό (πράσινο και μπλε) όταν αναμειχθούν αντίστοιχα με πράσινο, μπλε και κόκκινο προκύπτει λευκό χρώμα. Τα χρώματα αυτά τα ονομάζουμε συμπληρωματικά των βασικών χρωμάτων. Οι ζωγράφοι για την παρασκευή των βασικών χρωμάτων αναμειγνύουν κατάλληλα τα συμπληρωματικά χρώματα μεταξύ τους. Έτσι, όταν αναμείξουμε πορφυρή και κίτρινη χρωστική ουσία το μίγμα έχει κόκκινο χρώμα.

Κάθε χρωστική ουσία απορροφά ένα βασικό χρώμα και ανακλά τα δύο από τα οποία αποτελείται. Το πορφυρό απορροφά το πράσινο και ανακλά το κόκκινο και το μπλε. Το κίτρινο απορροφά το μπλε και ανακλά το κόκκινο και το πράσινο.



Εικόνα 3.60



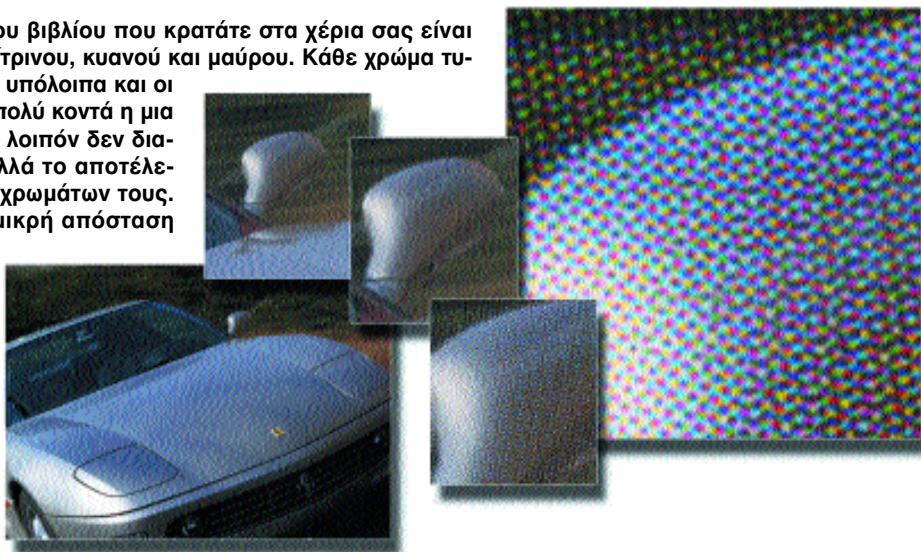
Πώς σχηματίζεται η έγχρωμη εικόνα στην τηλεόραση

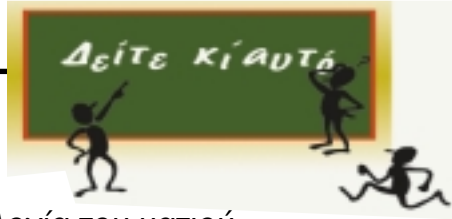
Για τη δημιουργία έγχρωμης εικόνας στην οθόνη της τηλεόρασης δεν είναι απαραίτητα όλα τα χρώματα του ηλιακού φάσματος. Αρκούν τα τρία βασικά χρώματα: το κόκκινο το πράσινο και το μπλε. Κατά την τηλεοπτική λήψη φως από το αντικείμενο εισέρχεται στην κάμερα, αναλύεται με πρίσμα και καταγράφονται μόνο τα τρία βασικά χρώματα.

Στην οθόνη της τηλεόρασης εμφανίζονται κουκίδες μόνον των τριών βασικών χρωμάτων. Επειδή οι κουκίδες είναι πολύ κοντά μεταξύ τους η εντύπωση είναι αποτέλεσμα του συνδυασμού των τριών βασικών χρωμάτων. Έτσι, όταν κουκίδες και των τριών χρωμάτων βρεθούν στην ίδια περιοχή της οθόνης δημιουργείται η εντύπωση ότι σε αυτή την περιοχή υπάρχει λευκό φως. Όταν σε ορισμένη περιοχή δεν υπάρχουν έγχρωμες κουκίδες η περιοχή φαίνεται μαύρη.

Έγχρωμη εκτύπωση

Οι έγχρωμες εικόνες του βιβλίου που κρατάτε στα χέρια σας είναι συνδυασμός πορφυρού, κίτρινου, κυανού και μαύρου. Κάθε χρώμα τυπώνεται ξεχωριστά από τα υπόλοιπα και οι κουκίδες τοποθετούνται πολύ κοντά η μια στην άλλη. Από απόσταση λοιπόν δεν διακρίνουμε τις κουκίδες αλλά το αποτέλεσμα του συνδυασμού των χρωμάτων τους. Αν παρατηρήσουμε από μικρή απόσταση μια έγχρωμη γιγαντοαφίσα οι έγχρωμες κουκίδες είναι ευδιάκριτες. Επειδή αυτές οι αφίσες κατασκευάζονται για να τις βλέπουμε από μακριά οι κουκίδες απέχουν μεταξύ τους πολύ περισσότερο από όσο σε μια έγχρωμη εικόνα βιβλίου.





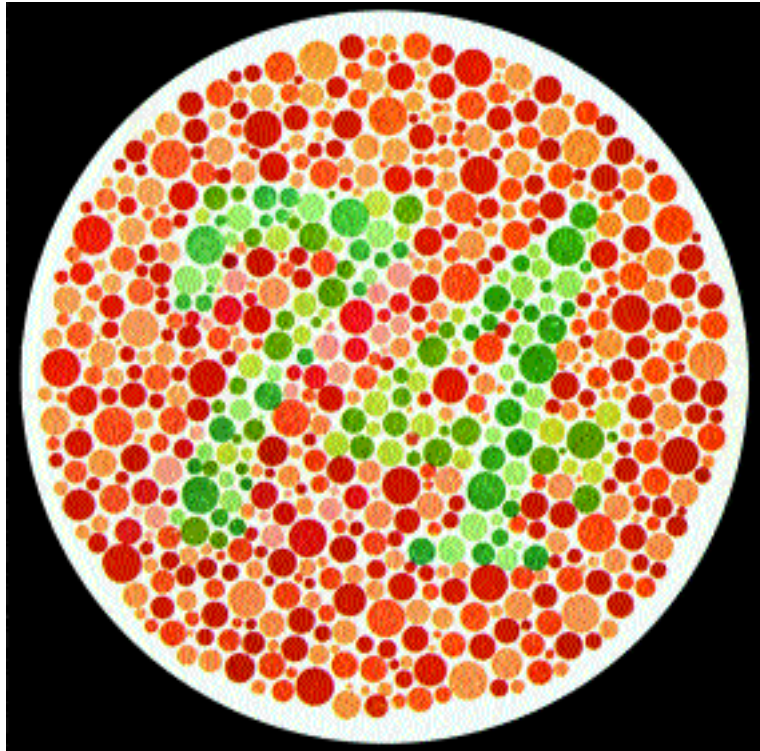
Τα χρώματα και η φυσιολογία του ματιού

Η όραση οφείλεται γενικά στο ότι το φως διεγείρει δυο είδη κυττάρων που υπάρχουν στον αμφιβληστροειδή, τα ραβδία και τα κωνία.

Όταν το φως δεν είναι αρκετό διεγείρονται μόνο τα ραβδία. Σε αυτή τη περίπτωση Δεν διακρίνουμε χρώματα. Γι' αυτό στο μισοσκοτάδο όλες οι γάτες φαίνονται γκριζες. Τα άστρα αν και έχουν ποικίλα χρώματα, μας φαίνονται λευκά επειδή το φως που φθάνει από αυτά σε μας είναι αμυδρό.

Όταν το φως είναι αρκετό διεγείρονται και τα κωνία, οπότε διακρίνουμε χρώματα. Υπάρχουν τρία είδη κωνία, καθένα από τα οποία είναι ευαίσθητο σε ένα βασικό χρώμα. Μόνο τα ανώτερα θηλαστικά διαθέτουν αυτά τα κύτταρα και αντιλαμβάνονται τα χρώματα. Στα υπόλοιπα ζώα ο κόσμος φαίνεται ασπρόμαυρος.

Ορισμένοι άνθρωποι δυσκολεύονται να διακρίνουν κάποια χρώματα· έχουν αχρωματοψία. Αυτό το χαρακτηριστικό είναι κληρονομικό και συναντάται κυρίως στους άνδρες. Η αχρωματοψία είναι δυνατόν να είναι μερική ή ολική. Στη πρώτη περίπτωση το άτομο διακρίνει χρώματα που προκύπτουν από συνδυασμό μόνο δυο βασικών χρωμάτων, συνήθως του γαλάζιου και του και του κίτρινου. Σ' αυτήν, επειδή το κόκκινο και το πράσινο φαίνεται γκρι, δεν μπορεί να διακρίνει τα χρώματα του σηματοδότη. Στα ελάχιστα άτομα που έχουν ολική αχρωματοψία ο κόσμος φαίνεται ασπρόμαυρος σαν την εικόνα που δείχνει μια ασπρόμαυρη τηλεόραση.



Το χρώμα του ουρανού και του Ήλιου

Το χρώμα του ουρανού και του Ήλιου οφείλεται στην ύπαρξη της ατμόσφαιρας. Ένας αστροναύτης που βρίσκεται στο διάστημα βλέπει τον ουρανό μαύρο και τον Ήλιο ολόλευκο. Γιατί όμως την ημέρα ο ουρανός φαίνεται από τη Γη γαλανός και ο Ήλιος κίτρινος;

Η ηλιακή ακτινοβολία φθάνει σε μας αφού διασχίσει την ατμόσφαιρα που περιβάλλει τη Γη. Κατά τη διέλευση της, τμήμα της ακτινοβολίας απορροφάται ή διασκορπίζεται. Το μεγαλύτερο τμήμα της υπεριώδους ακτινοβολίας απορροφάται από ο στρώμα του όζοντος που υπάρχει στα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας. Το όζον μας προστατεύει από τις βλαβερές συνέπειες της ιώδους ακτινοβολίας.

Η ορατή ακτινοβολία διαχέεται στα μόρια του οξυγόνου και του αζώτου. Περισσότερο διασκορπίζεται η ιώδης ακτινοβολία και ακολουθούν διαδοχικά οι άλλες ακτινοβολίες του φάσματος. -Η ιώδης ακτινοβολία διασκορπίζεται δέκα φορές περισσότερο από τη κόκκινη-. Τα μάτια μας είναι περισσότερο ευαίσθητα στο γαλάζιο παρά στο ιώδες, για αυτό το λόγο αν και το ιώδες διασκορπίζεται περισσότερο από το γαλάζιο, ο ουρανός μας φαίνεται γαλάζιος.

Ερωτήσεις - Ασκήσεις

1. Συμπληρώστε τις προτάσεις που ακολουθούν:
 - α) Το χρώμα ενός σώματος εξαρτάται τόσο από το του φωτός που πέφτει πάνω του, όσο και από τα που το σώμα ή αφήνει να περάσουν.
 - β) Όταν αναμειχθεί ένα βασικό χρώμα με το του, τότε προκύπτει λευκό. Τα τρία βασικά χρώματα είναι το, το και το Τα συμπληρωματικά τους προκύπτουν αντίστοιχα, από την ανάμειξη: και, και, και
2. Ένας πίνακας που φωτίζεται με λευκό φως, φαίνεται πράσινος. Πώς φαίνεται ο πίνακας όταν τον φωτίσουμε με:
 - α) κόκκινο φως.
 - β) πράσινο φως.Απαντήστε στις ίδιες ερωτήσεις αν ο πίνακας στο λευκό φως φαίνεται λευκός.
3. Ένα κομμάτι διαφανές γυαλί και ένα φύλλο χαρτί φωτίζονται με λευκό φως. Και τα δύο φαίνονται μπλε. Αυτό συμβαίνει γιατί:
 - α) Και τα δύο προσθέτουν ακτινοβολία μπλε χρώματος στο διαθλώμενο και στο ανακλώμενο, αντίστοιχα, φως.
 - β) Και τα δύο ανακλούν μόνο την ακτινοβολία μπλε χρώματος.
 - γ) Και τα δύο απορροφούν την ακτινοβολία μπλε χρώματος.
 - δ) Το χαρτί ανακλά, ενώ το γυαλί επιτρέπει να διέλθει, μόνο η ακτινοβολία μπλε χρώματος.
4. Ένα διαφανές τζάμι όταν φωτίζεται με λευκό φως, φαίνεται κόκκινο, ενώ ένα άλλο, πράσινο. Τοποθετούμε το ένα τζάμι πάνω στο άλλο και τα φωτίζουμε από τη μια πλευρά με λευκό φως. Ποιό θα είναι το χρώμα της ακτινοβολίας που θα δούμε(;) από την άλλη πλευρά;
5. Ποιά συμπληρωματικά χρώματα πρέπει να αναμειξουμε μεταξύ τους για να προκύψει πράσινο χρώμα;
6. Γιατί κατά το μεγαλύτερο μέρος της ημέρας ο ουρανός φαίνεται μπλε; Γιατί κατά την ανατολή και τη δύση του, ο Ήλιος φαίνεται κόκκινος;
7. Να εξηγήσετε γιατί όταν ένα κόκκινο τριαντάφυλλο φωτίζεται με κόκκινο φως, τα φύλλα ζεσταίνονται περισσότερο από τα πέταλα.
8. Οι μεγάλες σταγόνες νερού απορροφούν περισσότερη ακτινοβολία απ' ότι διαχέουν. Εξηγήστε γιατί ένα σκοτεινό σύννεφο προμηνύει βροχή.

3.10. Ένας άρατος κόσμος

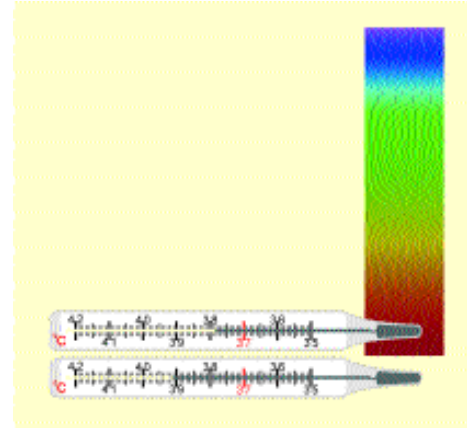
Γνωρίζουμε ότι με το φως μεταφέρεται θερμότητα. Τοποθετώντας ένα ευαίσθητο θερμόμετρο στις διάφορες περιοχές ενός συνεχούς φάσματος η ένδειξη του θερμόμετρου αυξάνεται. Μεγαλύτερη αύξηση θερμοκρασίας παρατηρούμε, ωστόσο, όταν τοποθετήσουμε το θερμόμετρο εκτός της ορατής ζώνης του φάσματος και κοντά στο κόκκινο χρώμα. Συμπεραίνουμε επομένως ότι σε αυτήν την περιοχή φθάνει μη ορατή ακτινοβολία η οποία μάλιστα μεταφέρει περισσότερη θερμότητα από όσο μεταφέρει η ορατή. Επειδή η συγκεκριμένη ακτινοβολία συγκεντρώνεται πέρα από την κόκκινη (ερυθρά) περιοχή του φάσματος την ονομάζουμε *υπέρυθρη*.

Αν τοποθετήσουμε φωτογραφικό φιλμ εκτός της ορατής περιοχής του συνεχούς φάσματος και κοντά στο ιώδες, το φιλμ επηρεάζεται έντονα. Συμπεραίνουμε ότι σε αυτήν την περιοχή φθάνει επίσης μη ορατή ακτινοβολία η οποία προκαλεί έντονη χημική μεταβολή. Επειδή αυτή η ακτινοβολία συγκεντρώνεται πέρα από το ιώδες την ονομάζουμε *υπεριώδη*.

Εκτός από την υπεριώδη και την υπέρυθρη ακτινοβολία υπάρχουν και άλλες ακτινοβολίες που μοιάζουν με αυτές: Η ακτινοβολία που εκπέμπουν οι κεραιές των ραδιοφωνικών ή τηλεοπτικών σταθμών. Η ακτινοβολία Χ, η οποία διαπερνά τους ιστούς και απορροφάται από τα οστά -χρησιμοποιείται στην λήψη ακτινογραφιών. Υπάρχει τέλος η ακτινοβολία γ, που έχει ακόμη μεγαλύτερη διεισδυτική ικανότητα από την ακτινοβολία Χ.

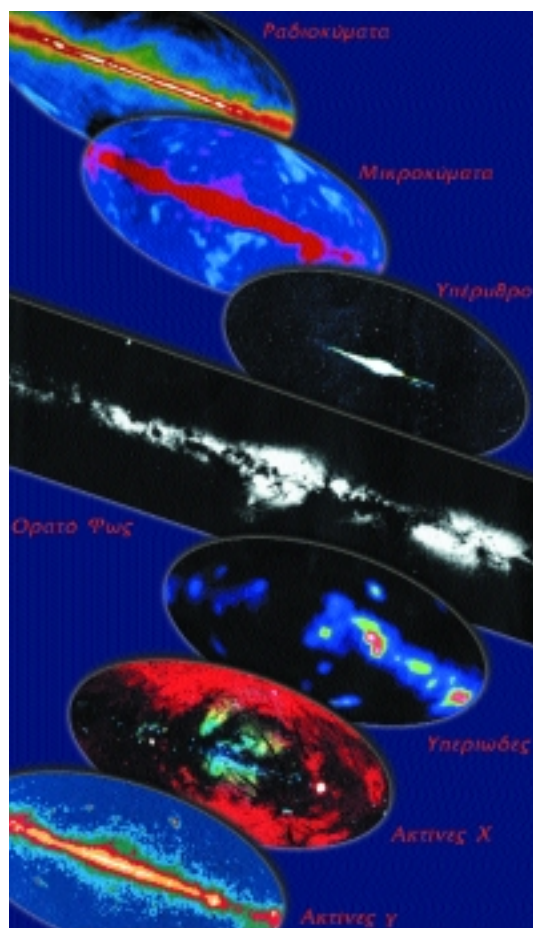
Η ορατή ακτινοβολία, η υπέρυθρη, η υπεριώδης, η ακτινοβολία των ασύρματων τηλεπικοινωνιών, η Χ και η γ συνδέονται στενά με τον ηλεκτρισμό και τον μαγνητισμό. Το γεγονός αυτό μπορούμε να το αντιληφθούμε από τη λειτουργία πολλών συσκευών καθημερινής χρήσης: Οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές τσέπης λειτουργούν με φως χωρίς μπαταρίες, το ραδιόφωνο και η τηλεόραση χρειάζονται ηλεκτρική ενέργεια για να επεξεργαστούν τα σήματα που λαμβάνουν, κτλ. Για το λόγο αυτό όλες τις παραπάνω ακτινοβολίες τις ονομάζουμε ηλεκτρομαγνητικές.

Το φως είναι η μόνη ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που διεγείρει την ανθρώπινη όραση.



Εικόνα 3.61
Κοντά στην κόκκινη περιοχή, έξω από το φάσμα η ένδειξη του θερμόμετρου αυξάνεται.

	ΤΡΟΠΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΟΝΟΜΑ	ΕΦΑΡΜΟΓΗ
	Κεραία ραδιοφώνου Ραδιοφωνικά κύματα	Ραδιοτηλεοπτική μετάδοση
	Κεραία ραντάζ Ραντάρ	Ανίχνευση αντικειμένων
	Φούρνος Μικροκύματα	Θέρμανση μη μεταλλικών αντικειμένων
	Ηλεκτρικό Σίδερο Υπέρυθρη ακτινοβολία	Θέρμανση
	Λάμπα Φως	Τηλεόραση Φωτογραφία Κινηματογράφος
	Λαμπτήρας φθορισμού Υπεριώδης ακτινοβολία	Λαμπτήρας φθορισμού Μαύρισμα του δέρματος
	Μηχάνη ακτινογραφίας Ακτίνες Χ	Ακτινογραφία
	Ατομική βόμβα Ακτίνες γ	Ακτινοθεραπεία



Αν εκτός από την ορατή ακτινοβολία και άλλες ακτινοβολίες διέγειραν την όραση μας, ο κόσμος μας θα φαινόταν διαφορετικός. Οι αστρονόμοι με τη βοήθεια του υπολογιστή δημιουργούν εικόνες χρησιμοποιώντας κάθε είδος ακτινοβολίας που εκπέμπει ένα ουράνιο σώμα. Το αποτέλεσμα είναι απροσδόκητο.

Φωτογραφία από το γαλαξία μας μέσω ραδιοφωνικής, υπέρυθρης και ακτινοβολίας Χ που εκπέμπει.

Ερωτήσεις -Ασκήσεις

1. Να σχηματίσετε προτάσεις χρησιμοποιώντας τις έννοιες: υπέρυθρη ακτινοβολία, υπεριώδης ακτινοβολία, ακτινοβολία Χ, ακτινοβολία γ, ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία.
2. Να συμπληρώσετε την πρόταση: “ Η υπέρυθρη ακτινοβολία είναι ακτινοβολία της οποίας το φάσμα βρίσκεται πιο πέρα από το χρώμα του φάσματος του ορατού φωτός. Η υπεριώδης είναι επίσης ακτινοβολία της οποίας όμως το φάσμα βρίσκεται πιο πέρα από το ”
3. Πώς μπορούμε να ανιχνεύσουμε την υπέρυθρη ακτινοβολία;
4. Πώς ανιχνεύεται η υπεριώδης ακτινοβολία;

Περίληψη

Βλέπουμε ένα αντικείμενο όταν φως που προέρχεται από αυτό μπει στα μάτια μας, διεγείρει τα οπτικά κύτταρα και η διέγερση μεταβιβαστεί στον εγκέφαλο.

Το φως προκαλεί ποικίλες μεταβολές. Το γεγονός αυτό μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι μεταφέρει ενέργεια.

Μέσα σε κάθε ομογενές υλικό το φως διαδίδεται ευθύγραμμα. Στο κενό και στον αέρα το φως διανύει 300.000 χιλιόμετρα κάθε δευτερόλεπτο. Η ταχύτητα διάδοσης του φωτός διαφέρει από υλικό σε υλικό.

Κατά τη διάδοσή του το φως ακολουθεί την πορεία για την οποία απαιτείται ο ελάχιστος χρόνος.

Όταν το φως συναντήσει την επιφάνεια ενός σώματος και αλλάξει κατεύθυνση, παραμένοντας μέσα στο ίδιο διαφανές μέσο, λέμε ότι ανακλάται. Υπάρχουν δύο είδη ανάκλασης, η κανονική και η διάχυτη. Στην κανονική ανάκλαση, η διεύθυνση της ανακλώμενης δέσμης βρίσκεται με βάση τους νόμους της ανάκλασης.

Το είδωλο που σχηματίζεται από έναν επίπεδο καθρέφτη είναι φανταστικό και συμμετρικό του αντικειμένου ως προς τον καθρέφτη.

Υπάρχουν δύο είδη καμπύλου καθρέφτη, οκυρτός και ο κοίλος. Φωτεινές ακτίνες παράλληλες μεταξύ τους, μετά την ανάκλασή τους πάνω σε κυρτό καθρέφτη αποκλίνουν. Αντίθετα, παράλληλη δέσμη που ανακλάται πάνω σε κοίλο καθρέφτη μετατρέπεται σε συγκλίνουσα. Το είδος του ειδώλου που σχηματίζεται από κυρτό καθρέφτη είναι πάντοτε μικρότερο από το αντικείμενο, όρθιο και φανταστικό. Το είδος του ειδώλου που σχηματίζει ένας κοίλος καθρέφτης εξαρτάται από τη σχετική θέση του αντικειμένου ως προς την κύρια εστία του.

Όταν το φως διέρχεται από ένα διαφανές μέσο σε ένα άλλο, στο οποίο διαδίδεται με διαφορετική ταχύτητα, η διεύθυνση του αλλάζει. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται διάθλαση. Η διεύθυνση της διαθλωμένης ακτίνας βρίσκεται με βάση τους νόμους της διάθλασης ή την αρχή του ελάχιστου χρόνου.

Υπάρχουν δύο είδη φακών, οι συγκλίνουσες και οι αποκλίνοντες. Φωτεινές ακτίνες παράλληλες μεταξύ τους μετά τη διάθλασή τους σε συγκλίνοντα ή αποκλίνοντα φακό, συγκλίνουν και αποκλίνουν, αντίστοιχα. Το σημείο σύγκλισης των διαθλωμένων ακτίνων ή των προεκτάσεών τους ονομάζεται εστία του φακού. Το είδος του ειδώλου που σχηματίζει ένας συγκλίνων φακός εξαρτάται από τη σχετική θέση του αντικειμένου ως προς την εστία του. Ο αποκλίνων φακός σχηματίζει πάντοτε φανταστικό είδωλο, ορθό και μικρότερο του αντικειμένου.

Το λευκό φως είναι σύνθετο. Αποτελείται από ακτινοβολίες που αντιστοιχούν σε κάθε χρώμα. Το λευκό φως αναλύεται από ένα πρίσμα, οπότε σχηματίζεται το χρωματικό φάσμα.

Το φάσμα των πυρακτωμένων στερεών και των αερίων σε υψηλή πίεση είναι συνεχές. Το φάσμα των αερίων όταν βρίσκονται σε χαμηλή πίεση, είναι γραμμικό.

Τα αδιαφανή σώματα ανακλούν τμήμα του φωτός που πέφτει πάνω τους. Το χρώμα τους εξαρτάται από τις ακτινοβολίες που απορροφούν και από το φάσμα της ακτινοβολίας που τα φωτίζει. Τα διαφανή σώματα αφήνουν να διέλθει μέρος του φωτός που πέφτει πάνω τους και απορροφούν το υπόλοιπο. Το χρώμα τους προκύπτει από το χρώμα του φωτός που ανακλούν ή αφήνουν να διέλθει.

Εκτός από το φως υπάρχουν και άλλα είδη ακτινοβολίας. Η υπέρυθη, η υπεριώδης Χ και γ. Όλες αυτές οι ακτινοβολίες ονομάζονται ηλεκτρομαγνητικές.