

ΟΠΤΙΚΗ

Ενότητα 3

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 : Φύση και διάδοση του φωτός

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 : Ανάκλαση του φωτός

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 : Διάθλαση του φωτός

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9 : Φακοί και οπτικά όργανα



Από πολύ παλιά οι άνθρωποι εκτίμησαν τη σημασία του φωτός για την κατανόηση του κόσμου που μας περιβάλλει και ως μέσο ανταλλαγής πληροφοριών.

Μέχρι την ανακάλυψη της φωτιάς το άπλετο φως του ήλιου και το αμυδρό φως της σελήνης ήταν ο μοναδικός τρόπος φωτισμού.

Με την ανακάλυψη της φωτιάς, ο προϊστορικός άνθρωπος έστελνε οπτικά μηνύματα με τη βοήθειά της σε μεγάλες αποστάσεις.

Ο σύγχρονος άνθρωπος, κατανοώντας τη δύναμη της εικόνας στη μετάδοση της πληροφορίας και υποβοηθούμενος από την ανάπτυξη της τεχνολογίας, μεταδίδει ένα σημαντικό μέρος των πληροφοριών με τη βοήθεια της εικόνας που σχηματίζεται στην οθόνη της τηλεόρασης ή του ηλεκτρονικού υπολογιστή.

Γι' αυτόν το λόγο από πολλούς η εποχή μας χαρακτηρίζεται και ως εποχή της εικόνας.

Σε αυτή την ενότητα θα μελετήσουμε τις ιδιότητες του φωτός, τα φαινόμενα της ανάκλασης, της διάθλασης και της ανάλυσης του φωτός και θα απαντήσουμε στα ερωτήματα:

Πώς σχετίζεται το φως με την ενέργεια; Πώς λειτουργεί το μάτι μας, το μικροσκόπιο, το τηλεσκόπιο και η φωτογραφική μηχανή;

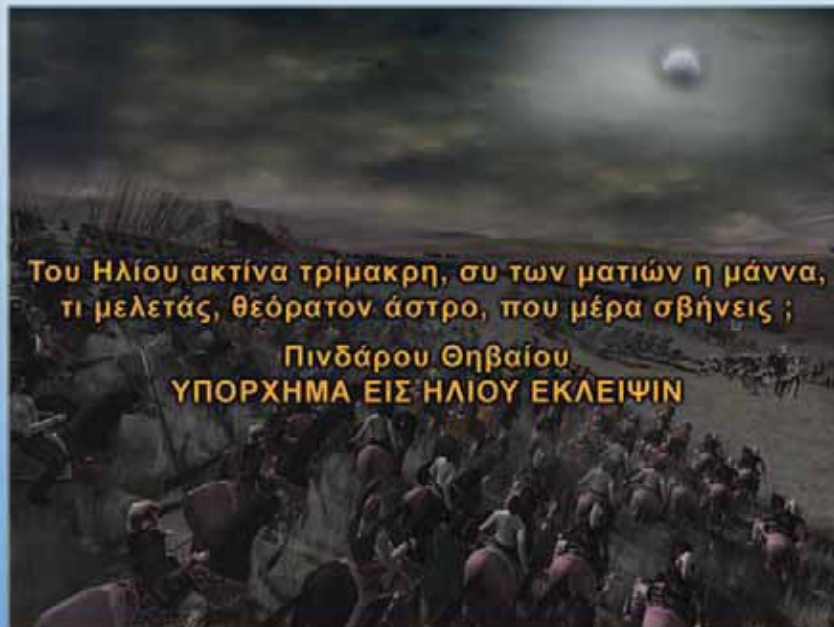
ο μια μικρή ιστορία

Ο Ειρηνοποιός Ήλιος

Το 4ο έτος της 48ης Ολυμπιάδας ή αντίστοιχα την 28η Μαΐου του 585 π.Χ. και ενώ η μάχη μεταξύ Λυδών και Περσών βρισκονταν σε εξέλιξη ο Ήλιος άρχισε σιγά - σιγά να σβήνει: μια ολική έκλειψη Ηλίου ελάμβανε χώρα. Τα εμπόλεμα μέρη θεώρησαν το φυσικό φαινόμενο ως σημείο των θεών και συνήψαν ειρήνη.

Ο Ηρόδοτος στα ιστορικά του αναφέρει ότι ο Θαλής ο Μιλήσιος πρόβλεψε την παραπάνω έκλειψη Ηλίου.

Τι είναι ο Ήλιος; Πώς προκύπτει η μέρα και η νύκτα;
Πότε εκδηλώνεται μια έκλειψη Ηλίου ή Σελήνης;



Στο κεφάλαιο αυτό:

- Θα διαπιστώσεις ότι το φως μεταφέρει ενέργεια.
- Θα μάθεις τα χαρακτηριστικά της ενέργειας του φωτός και τα αποτελέσματά της.
- Θα γνωρίσεις τον τρόπο διάδοσης του φωτός και τις παράξενες ιδιότητες της ταχύτητάς του.

ΦΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΔΟΣΗ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

ΦΩΣ: ΑΠΟ ΤΗ ΜΥΘΟΛΟΓΙΑ ΣΤΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

Στις μυθολογίες των περισσότερων αρχαίων λαών στις οποίες περιγράφεται η δημιουργία του κόσμου το φως και το σκοτάδι θεωρούνται βασικά συστατικά των σωμάτων. Το φως συνδέεται με την έννοια του θερμού, ενώ το σκοτάδι με την έννοια του ψυχρού.

Στη σύγχρονη εποχή το φως μας βοηθάει να πραγματοποιήσουμε εξαιρετικά λεπτές χειρουργικές επεμβάσεις, να χαράξουμε σήραγγες, να μετρήσουμε με ακρίβεια μεγάλες αποστάσεις κ.ά.

6.1 Φως: όραση και ενέργεια

Φως και όραση

Τα μάτια μας είναι η κύρια πηγή πληροφοριών για τον εξωτερικό κόσμο. Αλλά πώς βλέπουμε; Τι εννοούμε με την έκφραση «ρίξε μια ματιά»; Μήπως εννοούμε ότι κάτι εκπέμπεται από τα μάτια μας και με αυτό τον τρόπο βλέπουμε; Γιατί βλέπουμε καλύτερα την ημέρα και όχι τη νύχτα;

Ανά τους αιώνες υπήρξαν πολλές και διαφορετικές αντιλήψεις για τη σχέση του φωτός με την όραση.

Η εξέλιξη των αντιλήψεων για την όραση

Ορισμένοι αρχαίοι Έλληνες φιλόσοφοι όπως ο Πυθαγόρας, ο Δημόκριτος και ο Αριστοτέλης ερμήνευαν την όραση θεωρώντας ότι κάθε αντικείμενο που παρατηρούμε εκπέμπει σωματίδια. Τα σωματίδια αυτά εισέρχονται στο μάτι μας και διεγείρουν την όραση (εικόνα 6.1).

Η πιο διαδεδομένη όμως άποψη για την όραση ήταν αυτή που διατυπώθηκε από τους Εμπεδοκλή, Πλάτωνα και Ευκλείδη. Σύμφωνα με αυτή, διακρίνουμε ένα αντικείμενο όταν ρεύμα φωτιάς (θείον πυρ) εξέρχεται από τα μάτια μας και πέφτει πάνω στο αντικείμενο (εικόνα 6.2).

Μόλις τον 11ο αιώνα μ.Χ. ο Άραβας αστρονόμος Αλχάζεν έδειξε ότι η πρώτη άποψη είναι πιο κοντά στην πραγματικότητα. Ισχυρίστηκε ότι, αν από τα μάτια μας εξερχόταν ρεύμα φωτός, τότε

Φυσική και Ιστορία



Εικόνα 6.1

1η άποψη: Όλα τα ορατά αντικείμενα εκπέμπουν σωματίδια που φθάνουν στο μάτι μας και διεγείρουν το αίσθημα της όρασης.



Εικόνα 6.2

2η άποψη: «Θείον πυρ» εκπέμπεται από τα μάτια μας και έτσι βλέπουμε.

Μπορείς να σκεφθείς ένα επιχείρημα με το οποίο να αντικρούσεις την παραπάνω άποψη;

Ανάπτυξε τη διαίσθησή σου



Εικόνα 6.3

Βλέπουμε τη σελήνη γιατί φωτίζεται από τον ήλιο. Η σελήνη είναι **ετερόφωτο σώμα**.

Αν η σελήνη ήταν αυτόφωτο σώμα, θα είχαμε διαρκώς πανσέληνο. Μπορείς να αιτιολογήσεις την παραπάνω πρόταση;

θα ήταν δυνατό να διακρίνουμε όλα τα αντικείμενα και σε απόλυτο σκοτάδι.

Σύγχρονες αντιλήψεις για την όραση

Για να διακρίνουμε ένα αντικείμενο, δεν είναι αρκετό να έχουμε τα μάτια μας ανοιχτά. Πρέπει ταυτόχρονα το αντικείμενο να φωτίζεται. Έτσι βλέπουμε κατά τη διάρκεια της ημέρας επειδή υπάρχει το **φως** του ήλιου, ενώ δεν βλέπουμε στο σκοτάδι το οποίο είναι η ανυπαρξία φωτός. Τα αντικείμενα τα βλέπουμε είτε επειδή τα ίδια είναι φωτεινές πηγές, δηλαδή εκπέμπουν φως, και τα ονομάζουμε **αυτόφωτα** (εικόνα 6.4α), είτε επειδή φωτίζονται από άλλες φωτεινές πηγές και τα ονομάζουμε **ετερόφωτα** (εικόνα 6.3). Ένα ετερόφωτο αντικείμενο επανεκπέμπει προς κάθε κατεύθυνση ένα μέρος του φωτός που φθάνει σ' αυτό (εικόνα 6.4β).

Όταν φως που προέρχεται από ένα αντικείμενο εισέλθει στα μάτια μας διεγείρει τα οπτικά κύτταρα. Η διέγερση αυτή μεταβιβάζεται στον εγκέφαλο ο οποίος επεξεργάζεται κατάλληλα το σήμα και βλέπουμε.

Φως και ενέργεια

Το φως μεταφέρει ενέργεια

Η ενέργεια που μεταφέρει το φως ονομάζεται **φωτεινή ενέργεια** η οποία αποτελεί ειδική περίπτωση της ενέργειας ακτινοβολίας. Έτσι η φωτεινή ενέργεια όπως κάθε μορφή ενέργειας είναι δυνατόν να μετασχηματιστεί σε άλλες μορφές.

Όπως είδαμε και στη διάδοση της θερμότητας με ακτινοβολία, η φωτεινή ενέργεια μεταφέρεται με τα **φωτόνια**. Κάθε φωτόνιο μεταφέρει μια καθορισμένη ποσότητα ενέργειας. Φωτόνια που αντιστοιχούν σε φως πράσινου χρώματος έχουν όλα ακριβώς την ίδια ενέργεια. Το ίδιο συμβαίνει και με τα φωτόνια που αντιστοιχούν σε φως κόκκινου χρώματος. Τα φωτόνια όμως του κόκκινου χρώματος έχουν μικρότερη ενέργεια από τα φωτόνια του πράσινου.

Μετασχηματισμοί της φωτεινής ενέργειας

Το φως προκαλεί θέρμανση

Γιατί όταν ένα αντικείμενο φωτίζεται θερμαίνεται;

Όταν απορροφώνται φωτόνια από τους δομικούς λίθους ενός σώματος, για παράδειγμα άτομα ή μόρια, τότε αυξάνεται η κινητική τους ενέργεια με αποτέλεσμα να αυξάνεται η θερμοκρασία του σώματος. Σε αυτή την περίπτωση η φωτεινή ενέργεια μετασχηματίζεται σε θερμική. Στους ηλιακούς θερμοσίφωνες αξιοποιούμε την ενέργεια του ηλιακού φωτός για να θερμάνουμε το νερό.

Το φως προκαλεί κίνηση

Όταν εκθέσουμε ένα ακτινόμετρο στο ηλιακό φως ή στο φως ενός επιτραπέζιου φωτιστικού, τότε τα πτερύγιά του περιστρέφονται (εικόνα 6.5). Η ενέργεια των φωτονίων που προσπίπτουν στο ακτινόμετρο μετατρέπεται σε κινητική ενέργεια των πτερυγίων του.

Το φως προκαλεί χημικές αντιδράσεις.

Από πού προέρχεται η ενέργεια των τροφών;

Τα πράσινα μέρη των φυτών απορροφούν ορισμένα από τα φωτόνια που προέρχονται από τον ήλιο. Η ενέργεια αυτών των



Εικόνα 6.4

Σύγχρονη αντίληψη για την όραση.

(α) Η λάμπα εκπέμπει δικό της φως: είναι αυτόφωτο σώμα. (β) Το βιβλίο φωτίζεται από τη λάμπα: είναι ετερόφωτο σώμα. (γ) Βλέπουμε τη λάμπα γιατί στο μάτι μας φθάνει φως που εκπέμπεται απευθείας από αυτή. Βλέπουμε το βιβλίο γιατί στο μάτι μας φθάνει φως της λάμπας που επανεκπέμπεται από αυτό.



Εικόνα 6.5

Το ακτινόμετρο είναι συσκευή που αποτελείται από μια γυάλινη φιάλη και έναν κατακόρυφο άξονα γύρω από τον οποίο μπορούν να περιστρέφονται τα πτερύγια. Από το εσωτερικό της φιάλης έχει αφαιρεθεί σχεδόν όλος ο αέρας έτσι ώστε τα πτερύγια κινούνται ευκολότερα.

φωτονίων προκαλεί χημική αντίδραση που ονομάζεται φωτοσύνθεση. Κατά τη φωτοσύνθεση παράγεται μια χημική ένωση που ονομάζεται γλυκόζη (είδος ζάχαρης). Με τη φωτοσύνθεση η φωτεινή ενέργεια μετατρέπεται σε χημική που αποθηκεύεται στη γλυκόζη (θρεπτικές ουσίες των φυτών).

Το φως προκαλεί ηλεκτρικό ρεύμα

Είδαμε στο κεφάλαιο του ηλεκτρισμού ότι τα φωτοβολταϊκά στοιχεία είναι συσκευές που μετασχηματίζουν τη φωτεινή ενέργεια σε ηλεκτρική. Στους υπολογιστές τσέπης, στα ηλιακά αυτοκίνητα αλλά και σε διαστημικά οχήματα υπάρχουν φωτοβολταϊκά στοιχεία στα οποία η φωτεινή ενέργεια μετατρέπεται σε ηλεκτρική.

Το φως προκαλεί την όραση

Όταν φθάσει στα μάτια μας φως προκαλούνται χημικές αντιδράσεις στα οπτικά κύτταρα και τελικά η φωτεινή ενέργεια μετατρέπεται σε χημική και στη συνέχεια σε ηλεκτρική. Το ηλεκτρικό σήμα που παράγεται μεταφέρεται μέσω του οπτικού νεύρου στο αντίστοιχο κέντρο του εγκεφάλου και δημιουργείται το αίσθημα της όρασης.

Φωτεινές πηγές

Φωτεινή πηγή ονομάζεται ένα σώμα ή μια συσκευή που εκπέμπει φως. Σε κάθε φωτεινή πηγή κάποια μορφή ενέργειας μετατρέπεται σε φωτεινή. Στον αναμμένο ηλεκτρικό λαμπτήρα η ηλεκτρική ενέργεια μετατρέπεται σε θερμική και φωτεινή ενέργεια. Στο αναμμένο κερί η χημική ενέργεια της ουσίας που καίγεται μετατρέπεται επίσης σε θερμική και φωτεινή ενέργεια.

Η κύρια πηγή φωτεινής ενέργειας για τη Γη είναι ο Ήλιος. Στο εσωτερικό του Ήλιου πραγματοποιούνται πυρηνικές αντιδράσεις (εικόνα 6.7). Ένα μέρος της πυρηνικής ενέργειας που ελευθερώνεται κατά τις πυρηνικές αντιδράσεις μετατρέπεται σε φωτεινή ενέργεια. Η φωτεινή ενέργεια μεταφέρεται με τα φωτόνια που εκπέμπονται από τον ήλιο στο διάστημα. Ένα πολύ μικρό μέρος αυτής της ενέργειας φθάνει στην επιφάνεια της Γης.

Υπάρχουν **φυσικές** φωτεινές πηγές όπως ο Ήλιος και τα υπόλοιπα άστρα. Υπάρχουν επίσης **τεχνητές** φωτεινές πηγές που έχουν κατασκευαστεί από τον άνθρωπο για να εκπέμπουν φως όπως η φλόγα ενός κεριού ή το πυρακτωμένο σύρμα ενός λαμπτήρα. Υπάρχουν **θερμές φωτεινές πηγές**, δηλαδή σώματα που εκπέμπουν φως λόγω της υψηλής θερμοκρασίας τους, όπως ο ήλιος, ο αέρας (φλόγα κεριού, σπινθήρας, αστραπή) ή το πυρακτωμένο νήμα ενός λαμπτήρα. Στις θερμές φωτεινές πηγές οι δομικοί τους λίθοι κινούνται πολύ έντονα, συγκρούονται μεταξύ τους με τελικό αποτέλεσμα μέρος της κινητικής τους ενέργειας να μετατρέπεται σε φωτεινή ενέργεια.

Ένα σώμα όμως είναι δυνατόν να εκπέμπει φως ακόμα και σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Αυτό συμβαίνει στην οθόνη της τηλεόρασης, στους σωλήνες φωτεινών διαφημίσεων και στις λάμπες φθορισμού. Τέτοια σώματα ονομάζονται **ψυχρές φωτεινές πηγές**.

Φυσική και Χημεία και Βιολογία



Εικόνα 6.6

Αυτό το κωκάνιο ψάρι εκπέμπει φως από διάφορα όργανα του σώματός του.

Πολλά είδη έμβιων οργανισμών που ζουν στους ωκεανούς ή στην ξηρά εκπέμπουν φως. Το φαινόμενο αυτό λέγεται **βιοφωτισμός**. Ορισμένα από τα κύτταρα αυτών των οργανισμών περιέχουν μόρια τα οποία αντιδρούν με το οξυγόνο. Τα μόρια των προϊόντων που παράγονται περιέχουν μεγάλες ποσότητες ενέργειας την οποία εκπέμπουν με μορφή φωτονίων. Έτσι η χημική ενέργεια μετασχηματίζεται σε φωτεινή.

Αναζήτησε πληροφορίες για θαλάσσιους και χερσαίους οργανισμούς που εκπέμπουν φως. Κατασκεύασε ένα φωτογραφικό άλμπουμ.



Εικόνα 6.7

Ενέργεια από τον ήλιο

Στον πυρήνα του ήλιου γίνονται πυρηνικές αντιδράσεις με τις οποίες πυρηνική ενέργεια μετατρέπεται κυρίως σε θερμική. Η θερμική ενέργεια μεταφέρεται με ρεύματα στην επιφάνεια και μετατρέπεται σε ενέργεια ακτινοβολίας στη φωτόσφαιρα απ' όπου εκπέμπεται στο διάστημα. Σε μια πυρηνική αντίδραση παράγεται ένα εκατομμύριο φορές περισσότερη ενέργεια απ' όση σε μια χημική αντίδραση καύσης υλικού ίσης μάζας.

Φυσική και Τεχνολογία



Εικόνα 6.8

Πεδίο εφαρμογής λέιζερ: (α) δείκτες λέιζερ, (β) διάτρηση μετάλλων, (γ) κοπή υφάσματος, (δ) Ιατρική

Εκτός από τις συνήθεις πηγές φωτός υπάρχει επίσης και η πηγή λέιζερ (laser). Η φωτεινή πηγή λέιζερ εκπέμπει συγχρόνως φωτόνια της ίδιας ενέργειας προς την ίδια κατεύθυνση. Η φωτεινή δέσμη που εκπέμπεται με αυτό τον τρόπο είναι πολύ ισχυρή και επιπλέον διατηρείται λεπτή σε πολύ μεγάλη απόσταση από την πηγή. Μια πηγή λέιζερ μετασχηματίζει πολύ μικρό μέρος της ηλεκτρικής ενέργειας που της προσφέρεται σε φωτεινή.

Σήμερα το πεδίο εφαρμογής του λέιζερ είναι πολύ μεγάλο και διαρκώς διευρύνεται. Η δέσμη λέιζερ χρησιμοποιείται στις τηλεπικοινωνίες, τη διάτρηση των μετάλλων και την 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– καθώς επίσης και από τους τοπογράφους για την ακριβή μέτρηση αποστάσεων. Τέλος επειδή προκαλεί εξαιρετικά εντοπισμένες μεταβολές χρησιμοποιείται σε λεπτές χειρουργικές επεμβάσεις, όπως στο μάτι, ή σαν μαχαίρι που κόβει γρήγορα και με ακρίβεια τα υφάσματα σε εργοστάσια κατασκευής ρούχων (εικόνα 6.8).

6.2 Διάδοση του φωτός



Εικόνα 6.9

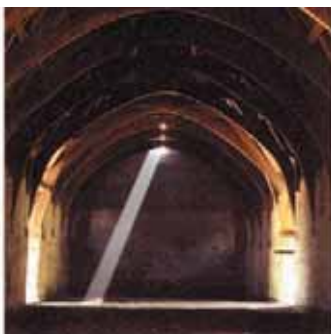
Καθώς το φως διέρχεται μέσα από πυκνά σύννεφα σχηματίζονται λεπτές δέσμες φωτός.

Ευθύγραμμη διάδοση του φωτός

Ποια πορεία ακολουθεί το φως κατά τη διάδοσή του;

Όταν το φως διαδίδεται ανάμεσα από πυκνά σύννεφα δημιουργούνται ευθύγραμμες δέσμες φωτός (εικόνα 6.9). Λεπτές ευθύγραμμες δέσμες φωτός δημιουργούνται όταν αυτό διέρχεται από λεπτές σχισμές ή οπές, όπως αυτές που δημιουργούνται στις οροφές σκοτεινών σπηλαίων (εικόνα 6.10).

Μπορούμε να δημιουργήσουμε μια πολύ λεπτότερη δέσμη φωτός αν σε προβολέα τοποθετήσουμε διάφραγμα με μικρή σχισμή (εικόνα 6.11).



Εικόνα 6.10

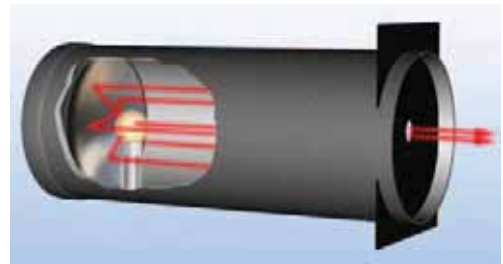
Καθώς το φως διέρχεται μέσα από τη σχισμή της οροφής σχηματίζονται ευθύγραμμες δέσμες.

Μια πολύ λεπτή δέσμη φωτός την παριστάνουμε με μια ευθεία γραμμή που την ονομάζουμε **ακτίνα φωτός** (εικόνα 6.11). Τις ακτίνες αυτές τις χρησιμοποιούμε για να σχεδιάζουμε την πορεία διάδοσης του φωτός. Χρησιμοποιώντας το μοντέλο των φωτεινών ακτίνων μπορούμε να περιγράψουμε τα φαινόμενα της οπτικής με τη βοήθεια της γεωμετρίας. Γι' αυτό η μελέτη του φωτός που βασίζεται στο παραπάνω μοντέλο ονομάζεται **γεωμετρική οπτική**.

Στα παραπάνω παραδείγματα είδαμε ότι το φως διαδίδεται ευθύγραμμα μέσα στον αέρα ο οποίος έχει τις ίδιες ιδιότητες (την ίδια πυκνότητα, την ίδια θερμοκρασία κ.λπ.) σε όλα τα σημεία του. Κάθε υλικό μέσο που έχει σε όλα τα σημεία του τις ίδιες ιδιότητες ονομάζεται **ομογενές υλικό μέσο**. Γενικά μέσα σε **κάθε ομογενές υλικό το φως διαδίδεται ευθύγραμμα**.

Πού διαδίδεται το φως

Βλέπουμε αντικείμενα ακόμα και όταν παρεμβάλλεται αέρας, νερό ή γυαλί ανάμεσα σε αυτά και στα μάτια μας. Ωστόσο δεν διακρίνουμε αντικείμενα πίσω από τοίχους ή ξύλινες πόρτες. Το φως διαδίδεται μέσα από ορισμένα σώματα. Τα σώματα μέσα στα οποία διαδίδεται το φως τα ονομάζουμε **διαφανή** (εικόνα 6.12α). Αντιθέτως τα σώματα μέσα από τα οποία δεν διαδίδεται το φως τα ονομάζουμε **αδιαφανή** (εικόνα 6.12γ). Υπάρχουν σώματα, π.χ. το γαλακτόχρωμο τζάμι, πίσω από τα οποία δεν διακρίνουμε καθαρά τα αντικείμενα. Αυτά τα σώματα τα ονομάζουμε **ημιδιαφανή** (εικόνα 6.12β).



Εικόνα 6.11
Το μοντέλο της γεωμετρικής οπτικής
 Οι λεπτές δέσμες φωτός παριστάνονται με ευθείες γραμμές.



Εικόνα 6.12
 (α) Το φως διαδίδεται μέσα από διαφανή υλικά: τα αντικείμενα είναι πλήρως ορατά. (β) Το φως διαδίδεται μερικά μέσα από ημιδιαφανή υλικά: τα αντικείμενα δεν διακρίνονται καθαρά. (γ) Το φως δε διαδίδεται μέσα από αδιαφανή υλικά: τα αντικείμενα δεν είναι ορατά.

Είναι άραγε απαραίτητο να υπάρχει υλικό μέσο για να διαδοθεί το φως;

Ξέρουμε ότι το ηλιακό φως φθάνει στη γη, αν και όπως γνωρίζουμε ο περισσότερος χώρος μεταξύ του ήλιου και του πλανήτη μας είναι κενός. Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι το **φως διαδίδεται στο κενό**.

Φωτόνια και διάδοση του φωτός

Γιατί υπάρχουν διαφανή και αδιαφανή σώματα;

Γνωρίζουμε ότι το φως είναι ενέργεια που μεταφέρεται από φωτόνια. Όταν το φως προσπέσει σε κάποιο σώμα, τα φωτόνια αλληλεπιδρούν με τα άτομα του υλικού από το οποίο αποτελείται το σώμα. Στα διαφανή υλικά τα άτομα απορροφούν τα φωτόνια και στη συνέχεια επανεκπέμπουν φωτόνια που έχουν την ίδια ενέργεια με τα αρχικά. Στα αδιαφανή υλικά η ενέργεια των φωτονίων μετασχηματίζεται σε κινητική ενέργεια των ατόμων ή των μορίων του υλικού, δηλαδή έχουμε αύξηση της θερμικής ενέργειας του σώματος και τελικά μικρή αύξηση της θερμοκρασίας τους. Τα μέταλλα είναι αδιαφανή. Όταν προσπέσει φως σ' ένα μέταλλο, τα φωτόνια συνήθως συγκρούονται με τα ελεύθερα ηλεκτρόνια του μετάλλου και επιστρέφουν. Γι' αυτό τα μέταλλα είναι στιλπνά (λάμπουν) (εικόνα 6.13).



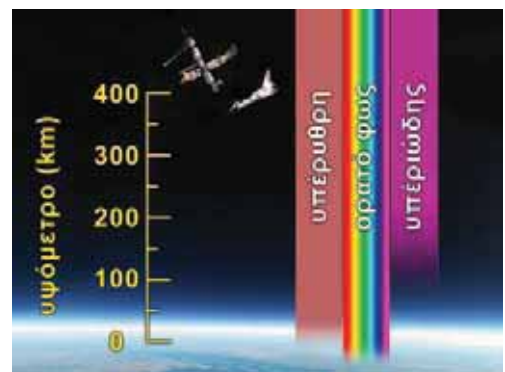
Εικόνα 6.13
 Τα μέταλλα λάμπουν.

Σκιά

Σε χώρες με μεγάλη ηλιοφάνεια, όπως η Ελλάδα, συχνά αναζητούμε κάποια «σκιά» για να «προστατευτούμε από τις ακτίνες» του ήλιου.

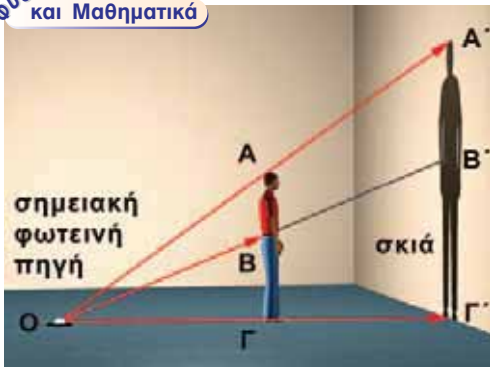
Πότε και πώς σχηματίζεται η σκιά;

Σκιά σχηματίζουν τα αδιαφανή σώματα όταν αυτά φωτίζονται από μια φωτεινή πηγή. **Η σκιά ενός σώματος σχηματίζεται στις**



Εικόνα 6.14
 Η γήινη ατμόσφαιρα είναι αδιαφανής στην υπεριώδη ακτινοβολία και διαφανής στο ορατό φως.

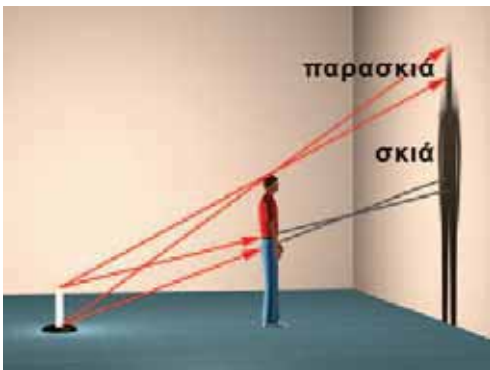
Φυσική και Μαθηματικά



Εικόνα 6.15

Η δημιουργία και το μέγεθος της σκιάς

Το ευθύγραμμο τμήμα ΑΓ είναι παράλληλο με το Α'Γ'. Σύμφωνα με το θεώρημα του Θαλή ισχύει $\frac{ΑΓ}{Α'Γ'} = \frac{ΟΓ}{ΟΓ'}$. Δηλαδή τα μεγέθη της σκιάς και του αντικειμένου συνδέονται με τις αποστάσεις από τη φωτεινή πηγή του αντικειμένου και της επιφάνειας στην οποία σχηματίζεται η σκιά.



Εικόνα 6.16

Η δημιουργία της παρασκιάς. Η παρασκία δημιουργείται όταν η πηγή δεν είναι σημειακή.

περιοχές εκείνες όπου δεν φθάνουν οι ακτίνες που προέρχονται από τη φωτεινή πηγή, γιατί στην πορεία τους παρεμβάλλεται το αδιαφανές σώμα. Το φως δεν «στρίβει» από τις γωνιές του αδιαφανούς σώματος. Η δημιουργία της σκιάς είναι αποτέλεσμα της ευθύγραμμης διάδοσης του φωτός. Η σκιά δημιουργείται από την έλλειψη φωτός, αλλά για τη δημιουργία της είναι αναγκαία η ύπαρξη φωτός και το αδιαφανές σώμα.

Σκιές γύρω μας

Αν παρατηρήσεις προσεκτικά τις σκιές που σχηματίζονται γύρω σου, βλέπεις ότι κάποιες από αυτές έχουν σαφή όρια. Τέτοιες είναι οι σκιές που σχηματίζονται από φωτεινές πηγές μικρών διαστάσεων (π.χ. προβολέας) που βρίσκονται κοντά στο σώμα ή από φωτεινές πηγές μεγάλων διαστάσεων που βρίσκονται πολύ μακριά, όπως ο ήλιος (εικόνα 6.15). Σε αυτές τις περιπτώσεις η φωτεινή πηγή θεωρείται ότι είναι ένα σημείο και ονομάζεται **σημειακή**.

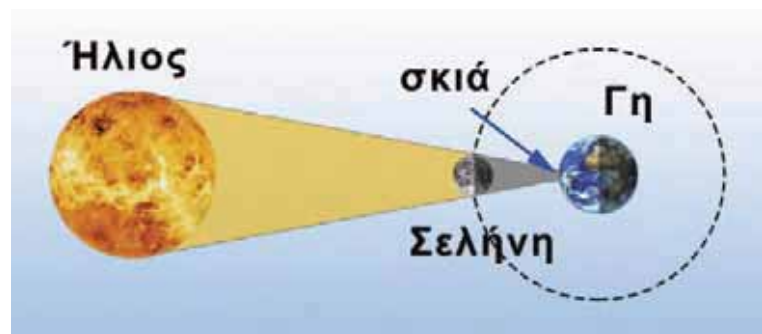
Οι περισσότερες όμως σκιές δεν έχουν σαφή όρια. Στο κεντρικό τμήμα της σκιάς υπάρχει συνήθως μια σκοτεινή περιοχή που είναι η κυρίως σκιά, ενώ γύρω από την κυρίως σκιά υπάρχει μια περιοχή που φωτίζεται εν μέρει και ονομάζεται **παρασκία**. Στην περιοχή της κυρίως σκιάς δεν φθάνει καμία από τις φωτεινές ακτίνες που προέρχονται από τη φωτεινή πηγή, ενώ στη περιοχή της παρασκιάς φθάνουν μόνο ορισμένες από τις φωτεινές ακτίνες, ενώ οι υπόλοιπες αποκόπτονται από το σώμα (εικόνα 6.16).

Σκιές ουρανίων σωμάτων

Η Γη και η Σελήνη όπως όλα τα αδιαφανή σώματα, όταν φωτίζονται δημιουργούν σκιά. Φαινόμενα που οφείλονται στη δημιουργία της σκιάς της σελήνης και της Γης είναι οι εκλείψεις του Ηλίου και της Σελήνης.

Έκλειψη Ηλίου

Ένα εντυπωσιακό αποτέλεσμα του σχηματισμού της σκιάς της Σελήνης εκδηλώνεται όταν η Σελήνη βρεθεί στην περιοχή μεταξύ της Γης και του Ηλίου (εικόνα 6.17). Τότε η σκιά της Σελήνης σχηματίζεται πάνω στην επιφάνεια της Γης και συμβαίνει μια έκλειψη Ηλίου. Το φαινόμενο αυτό προκαλούσε δέος στους



Εικόνα 6.17 ▶

Σχηματική αναπαράσταση της ηλιακής έκλειψης.

ανθρώπους των παλαιότερων εποχών. Ο παρατηρητής που βρίσκεται στην περιοχή της κύριας σκιάς βλέπει να καλύπτεται ολόκληρος ο ηλιακός δίσκος (εικόνα 6.18). Πρόκειται για ολική έκλειψη.

Οι κάτοικοι της Γης που βρίσκονται στην περιοχή της παρασκιάς αντιλαμβάνονται μια μερική έκλειψη. Το ηλιακό φως γίνεται πιο αμυδρό, ενώ είναι δυνατό να παρατηρήσει κανείς απευθείας ένα τμήμα του ηλιακού δίσκου.

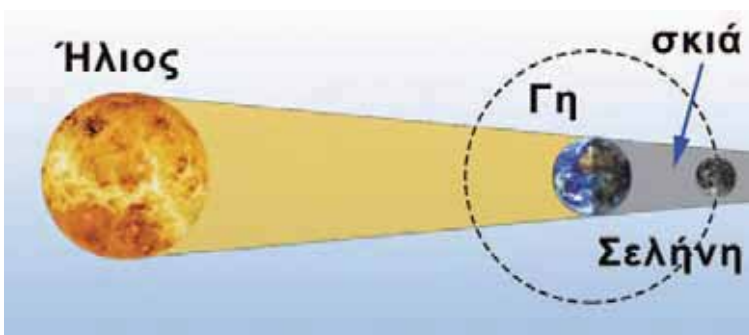
Φάσεις και έκλειψη Σελήνης

Η Σελήνη περιφέρεται γύρω από τη Γη και ο Ήλιος φωτίζει συνεχώς τη μισή επιφάνειά της.

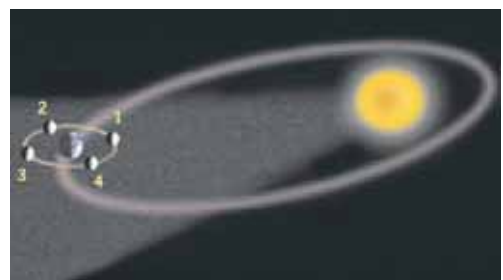
Η εικόνα της Σελήνης την οποία βλέπει ένας παρατηρητής από τη Γη μεταβάλλεται ανάλογα με τη θέση της Σελήνης σε σχέση με τη Γη και τον Ήλιο (εικόνα 6.19). Όταν η Γη βρίσκεται μεταξύ Σελήνης και Ηλίου βλέπουμε όλη τη φωτισμένη περιοχή της Σελήνης: τότε έχουμε πανσέληνο (θέση 3). Όταν η Σελήνη βρίσκεται μεταξύ Γης και Ηλίου έχει στραμμένη τη σκοτεινή πλευρά της προς τη Γη, οπότε δεν είναι ορατή από τη Γη: τότε έχουμε τη νέα Σελήνη (θέση 1). Οι φάσεις της Σελήνης επαναλαμβάνονται σε κάθε περιφορά της γύρω από τη Γη, η οποία διαρκεί 29,5 ημέρες περίπου (σεληνιακός κύκλος) (εικόνα 6.20).

Το επίπεδο στο οποίο βρίσκεται η τροχιά της Γης γύρω από τον Ήλιο είναι διαφορετικό από το επίπεδο στο οποίο βρίσκεται η τροχιά της Σελήνης γύρω από τη Γη (εικόνα 6.19). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, όταν η Σελήνη βρίσκεται στις θέσεις 1 και 3 (νέα Σελήνη και πανσέληνος), Σελήνη, Γη και Ήλιος να μη βρίσκονται πάντα στην ίδια ευθεία. Στην περίπτωση που κατά την πανσέληνο η Σελήνη βρεθεί στην ευθεία Γης-Ηλίου τότε θα βρεθεί στη σκιά της Γης. Τότε η Σελήνη δεν είναι ορατή από τη Γη και έχουμε ολική έκλειψη Σελήνης (εικόνα 6.21).

Αντίθετα όταν κατά τη φάση της νέας Σελήνης αυτή βρεθεί στην ευθεία Γης-Ηλίου, τότε η σκιά της Σελήνης σχηματίζεται στην επιφάνεια της Γης και εκδηλώνεται ολική έκλειψη Ηλίου (εικόνα 6.17).



Εικόνα 6.18 ▶ Φωτογραφία του ηλιακού στέμματος όπως αυτό έγινε ορατό κατά την ολική έκλειψη του Ηλίου στις 11/8/1999 στο Ιράν.



Εικόνα 6.19 Οι φάσεις της Σελήνης όπως θα τις βλέπαμε αν μπορούσαμε να βρεθούμε στο διάστημα.



Εικόνα 6.20 Οι φάσεις της Σελήνης όπως τις βλέπουμε από τη Γη.

◀ **Εικόνα 6.21** Σχηματική αναπαράσταση της έκλειψης Σελήνης.

Ενώ μια έκλειψη Σελήνης είναι ορατή από όλους τους κατοίκους ενός ημισφαιρίου της Γης που έχουν βέβαια νύχτα, μια έκλειψη Ηλίου είναι ορατή από κατοίκους μιας πολύ μικρής περιοχής της Γης.

Ταχύτητα διάδοσης του φωτός

Σε μια καταιγίδα βλέπεις πρώτα την αστραπή και μετά από λίγο ακούς τη βροντή. Φαίνεται ότι το φως φθάνει σε σένα σχεδόν αμέσως, ενώ ο ήχος με κάποια καθυστέρηση. Μπορείς να συμπεράνεις ότι το φως διαδίδεται πολύ γρηγορότερα από τον ήχο. Πράγματι, αρχικά από αστρονομικές παρατηρήσεις, προέκυψε ότι το φως που εκπέμπουν τα ουράνια σώματα δεν φθάνει ακαριαία στη Γη. Στη συνέχεια οι επιστήμονες με ακριβείς επίγειες μετρήσεις διαπίστωσαν ότι μέσα στο κενό και κατά προσέγγιση στον αέρα το φως διαδίδεται με ταχύτητα 300.000 km/s.

Πόσο μεγάλη είναι η ταχύτητα του φωτός; Κατ' αρχήν είναι περίπου 1.000.000 φορές μεγαλύτερη από την ταχύτητα διάδοσης του ήχου στον αέρα. Ένα αυτοκίνητο κινούμενο συνεχώς με 170 km/h θα χρειαζόταν για να διανύσει την απόσταση Γης-Ηλίου περίπου 100 χρόνια. Το φως διανύει την ίδια απόσταση σε 8 λεπτά περίπου. Την απόσταση Γης-Σελήνης τη διανύει περίπου σε 1 δευτερόλεπτο. Το φως δεν διαδίδεται με την ίδια ταχύτητα σε όλα τα διαφανή υλικά. Με τη μεγαλύτερη ταχύτητα διαδίδεται στο κενό ή τον αέρα (εικόνα 6.22).

Έτσι προκύπτει ότι η ταχύτητα διάδοσης του φωτός στο γυαλί είναι 200.000 km/s. Στην εικόνα 6.22 φαίνονται σχηματικά οι ταχύτητες του φωτός σε διάφορα υλικά.

Η ταχύτητα του φωτός στο κενό είναι η μεγαλύτερη ταχύτητα που μπορεί να παρατηρηθεί στον κόσμο. Είναι μεγαλύτερη από την ταχύτητα που κινείται οποιοδήποτε σώμα ή διαδίδεται οποιοδήποτε κύμα. Ακόμη και το ταχύτερο διαστημόπλοιο κινείται πολύ πιο αργά από το φως.

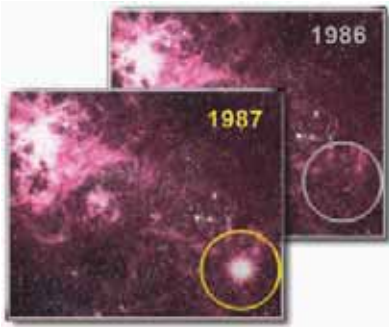
Χρησιμοποιώντας την τεράστια ταχύτητα διάδοσης του φωτός έχουμε επινοήσει μια μονάδα μέτρησης αστρικών αποστάσεων. Για παράδειγμα, το φως χρειάζεται περίπου τέσσερα χρόνια για να φθάσει στη Γη από τον αστέρα Α του Κενταύρου (τον πλησιέστερο σε μας αστέρα που είναι παρόμοιος με τον Ήλιο). Λέμε, λοιπόν,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

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



Εικόνα 6.22

Η ταχύτητα διάδοσης του φωτός είναι διαφορετική σε διάφορα διαφανή υλικά. Στο κενό είναι η μεγαλύτερη.



Ένα αστέρι γεννιέται

Οι υπερκαινοφανείς αστέρες (super nova) είναι αστέρια που εκρήγνυνται. Οι ποσότητες της ενέργειας που εκπέμπουν κατά την έκρηξή τους είναι τεράστιες. Ένα μεγάλο μέρος της παραπάνω ενέργειας είναι φωτεινή. Η φωτεινότητα των παραπάνω αστέρων είναι κατά δισεκατομμύρια φορές μεγαλύτερη από αυτή ενός συνηθισμένου αστεριού. Γι' αυτό το λόγο κάποι-οι από τους υπερκαινοφανείς αστέρες γίνονται για μικρό χρονικό διάστημα ορατοί με γυμνό μάτι παρόλο που βρίσκονται πολύ μακριά. Οι τελευταίοι δύο υπερκαινοφανείς που παρατηρήθηκαν από τη Γη με γυμνό μάτι ήταν το 1604 και το 1987. Στη διπλανή φωτογραφία δείχνεται ο νυχτερινός ουρανός πριν και μετά την παρατήρηση του υπερκαινοφανούς. Η απόσταση του παραπά-νω αστεριού από τη γη είναι 169.000 έτη φωτός. Για να καταλάβουμε πόσο

μακριά είναι το αστέρι από τη Γη μετατρέπουμε την παραπάνω απόσταση σε μέτρα.

Το ταξίδι του φωτός από το αστέρι στη Γη διαρκεί χρονικό διάστημα $t=170.000$ έτη ή

$$t = 169.000 \text{ έτη} \cdot \frac{350 \text{ ημέρ}}{\text{έτος}} \cdot \frac{24 \text{ h}}{\text{ημέρ}} \cdot \frac{3.600 \text{ s}}{\text{h}} \quad \text{ή} \quad t \approx 5,33 \cdot 10^{12} \text{ s}$$

Η απόσταση που διανύει είναι: $\Delta x = c \cdot t = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 5,33 \cdot 10^{12} \text{ s} \approx 1,6 \cdot 10^{21} \text{ m}$

Μπορείς να συγκρίνεις την παραπάνω απόσταση: α) με τη διάμετρο του ηλιακού μας συστήματος; β) με τη διάμετρο του γαλαξία μας;
Μπορείς να συμπεράνεις αν ο παραπάνω υπερκαινοφανής είναι στο γαλαξία μας;

Η αρχή του ελάχιστου χρόνου

Μπορούμε να ερμηνεύσουμε γιατί το φως διαδίδεται ευθύγραμμα μέσα σε ένα ομογενές μέσο;

Το 1650 ο Γάλλος μαθηματικός Πιέρ ντε Φερμά (Fermat) (1601-1665) πρότεινε έναν απλό τρόπο με τον οποίο μπορούμε να προβλέπουμε την πορεία διάδοσης του φωτός σε κάθε 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.**

Η πρόταση αυτή ονομάζεται αρχή του ελάχιστου χρόνου ή αρχή του Φερμά. Όταν ένας οδηγός βιάζεται να πάει σε κάποιο προορισμό δεν επιλέγει τη διαδρομή με το μικρότερο μήκος αλλά εκείνη στην οποία μπορεί να κινηθεί με τη μεγαλύτερη ταχύτητα αποφεύγοντας το συνωστισμό, την κακή κατάσταση του οδοστρώματος κ.λπ. 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 (εικόνα. 6.23). Όστε, σύμφωνα με την αρχή του ελάχιστου χρόνου, σε κάθε ομοιογενές υλικό μέσο το φως διαδίδεται ευθύγραμμα.

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



Εικόνα 6.23

Αρχή της γεωμετρίας και φως

Κατά την πορεία του στον αέρα το φως, για να φθάσει από τη φλόγα του κεριού στο μάτι μας, θα ακολουθήσει τη συντομότερη διαδρομή.

Ερωτήσεις

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

▶ Χρησιμοποίησε και εφάρμοσε τις έννοιες που έμαθες:

- Συμπλήρωσε τις λέξεις που λείπουν από το παρακάτω κείμενο έτσι ώστε οι προτάσεις που προκύπτουν να είναι επιστημονικά ορθές:
 - Βλέπουμε ένα αντικείμενο όταν το οποίο προέρχεται από αυτό εισέλθει στα μας. Τότε το φως διεγείρει τα κύτταρα και η διέγερση αυτή μεταβιβάζεται στον Ένα αντικείμενο μπορεί να εκπέμπει το ίδιο φως οπότε ονομάζεται ή να επανεκπέμπει το φως που φτάνει σε αυτό οπότε ονομάζεται
 - Το φως είναι μια μορφή Η φωτεινή ενέργεια μεταφέρεται από τα Κάθε φωτόνιο μεταφέρει ποσότητα ενέργειας. Το του εκπεμπόμενου φωτός καθορίζεται από την ενέργεια των φωτονίων από τα οποία αποτελείται.
 - Μέσα σε κάθε ομογενές υλικό το φως διαδίδεται Εκτός από την ύλη το φως διαδίδεται και στο Τα σώματα μέσα στα οποία διαδίδεται το φως τα ονομάζουμε Αντιθέτως τα σώματα μέσα στα οποία δεν διαδίδεται το φως, τα ονομάζουμε
- Σε ποιες ή σε ποια από τις επόμενες προτάσεις το περιεχόμενό τους είναι επιστημονικά ορθό; Βλέπουμε ένα αντικείμενο όταν: α) το αντικείμενο εκπέμπει φως, β) το αντικείμενο φωτίζεται από φωτεινή πηγή, γ) φως από το αντικείμενο φτάνει στα μάτια μας.
- Να χαρακτηρίσεις με Σ τις προτάσεις των οποίων το περιεχόμενο είναι επιστημονικά ορθό και με Λ αυτές που το περιεχόμενό τους είναι επιστημονικά λανθασμένο.
 - Ένα σώμα που εκπέμπει φως είναι φωτεινή πηγή.
 - Σε κάθε φωτεινή πηγή κάποια μορφή ενέργειας μετατρέπεται σε φωτεινή.
 - Μόνο τα στερεά σώματα μπορούν να εκπέμπουν φως όταν αποκτήσουν υψηλή θερμοκρασία.
 - Ένα σώμα, για να εκπέμψει φως, πρέπει να έχει υψηλή θερμοκρασία.
- Να περιγράψεις τις μετατροπές ενέργειας που συμβαίνουν: α) σ' 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 προσπίπτει στο συλλέκτη του ηλιακού θερμοσίφωνα, ε) όταν φως προσπίπτει σε ένα ακτινόμετρο.
- Ταξινόμησε τα παρακάτω σώματα σε αυτόφωτα και ετερόφωτα: α) Ήλιος, β) Σελήνη, γ) Αυγερινός (πλανήτης Αφροδίτη), δ) Πούλια (αστερισμός), ε) αναμμένο κερί.
- Κατάταξε τα παρακάτω σώματα σε διαφανή, ημιδιαφανή, αδιαφανή: νερό, αέρας, γυαλί, ξύλο, γαλακτόχρωμο τζάμι, αλουμινόχαρτο, χαρτί, φωτογραφικό φιλμ, έγχρωμο τζάμι.
- Πότε και γιατί σχηματίζεται η σκιά;
- Σε ποια φάση βρίσκεται η Σελήνη όταν έχουμε έκλειψη Ηλίου; Υποστήριξε την άποψή σου σχεδιάζοντας κατάλληλο σχήμα.
- Στην εικόνα που παριστάνεται στο διπλανό σχήμα να δείξεις τις περιοχές σκιάς-παρασκιάς. Πού βρίσκεται ένας γήινος παρατηρητής όταν παρατηρεί μια ολική ή μια μερική έκλειψη Ηλίου αντίστοιχα.
- Να χαρακτηρίσεις με Σ τις προτάσεις των οποίων το περιεχόμενο είναι επιστημονικά ορθό και με Λ αυτές που το περιεχόμενό τους είναι επιστημονικά λανθασμένο.
 - Η σκιά σχηματίζεται στην κατεύθυνση φωτεινής πηγής αντικειμένου προς την πλευρά του αντικειμένου.
 - Η παρασκιά οφείλεται στο γεγονός ότι το φως δεν διαδίδεται ευθύγραμμα μέσα στον αέρα.



γ. Εκδηλώνεται μια έκλειψη Σελήνης σε κάθε σεληνιακό κύκλο.

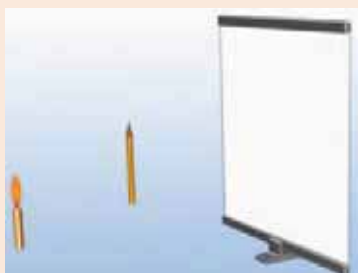
δ. Στη διάρκεια μιας έκλειψης η Γη, η Σελήνη και ο Ήλιος βρίσκονται στην ίδια ευθεία.

► **Εφάρμοσε τις γνώσεις σου και γράψε τεκμηριωμένες απαντήσεις στις ερωτήσεις που ακολουθούν:**

11. Η Σελήνη είναι αυτόφωτο ή ετερόφωτο σώμα; Να αιτιολογήσεις την απάντησή σου.
12. Μπορείς να εξηγήσεις γιατί η λάβα ενός ηφαιστείου είναι ορατή ακόμη και τη νύχτα;
13. Ποια είναι η κύρια φυσική φωτεινή πηγή για τη Γη; Να αναφέρεις τρεις τεχνητές φωτεινές πηγές που χρησιμοποιούμε συνήθως.
14. Χρησιμοποιώντας το μοντέλο των φωτεινών ακτίνων απεικόνισε τον τρόπο με τον οποίο βλέπεις τη Σελήνη.
15. Βλέπουμε ένα αναμμένο κερί στο σκοτάδι επειδή είναι μια φωτεινή πηγή. Πώς μπορούμε λοιπόν να δούμε ένα σβησμένο κερί;
16. Πώς διαπιστώνουμε ότι το φως διαδίδεται στο κενό; Συμβαίνει το ίδιο και με τον ήχο;
17. Να περιγράψεις ένα φαινόμενο με το οποίο να μπορείς να συμπεράνεις ότι η ταχύτητα διάδοσης του ήχου είναι πολύ μικρότερη από την ταχύτητα διάδοσης του φωτός.
18. Με βάση την αρχή του ελάχιστου χρόνου, προσπάθησε να εξηγήσεις γιατί σε ομογενή μέσα το φως διαδίδεται ευθύγραμμα.

Ασκήσεις

1. **Φυσική και Γεωμετρία:** Ποια γωνία πρέπει να σχηματίζουν οι ηλιακές ακτίνες με το οριζόντιο επίπεδο ώστε το μήκος της σκιάς ενός ανθρώπου στο έδαφος να είναι ίσο με το ύψος του;



2. Στη διπλανή εικόνα να σχεδιάσεις τη σκιά του μολυβιού που δημιουργείται πάνω στην οθόνη από τη φλόγα του κεριού. Να υπολογίσεις το μέγεθος της σκιάς αν γνωρίζεις ότι το μήκος του μολυβιού είναι 15 cm και η απόστασή του από τη φλόγα 20 cm. Η οθόνη έχει τοποθετηθεί σε απόσταση 50 cm από τη φλόγα του κεριού.



3. **Φυσική και Γεωμετρία:** Αν το μήκος της σκιάς του δέντρου της διπλανής εικόνας είναι το $\frac{1}{3}$ του ύψους του, μπορείς να βρεις πόσο είναι το ύψος του κτηρίου αν γνωρίζεις ότι το μήκος της σκιάς του είναι 18 m; Μπορείς να σκεφθείς και να περιγράψεις με ποιο τρόπο ο Ερατοσθένης υπολόγισε το ύψος της πυραμίδας της Αιγύπτου με τη βοήθεια του μήκους της σκιάς ενός ραβδιού;



4. Υπολόγισε το χρόνο που χρειάζεται το φως για να φθάσει από τον Ήλιο στη Γη αν γνωρίζεις ότι η απόσταση Γης-Ήλιου είναι 1.500.000.000 km.
5. Ο Πλούτωνας είναι ο πιο απομακρυσμένος πλανήτης του ηλιακού μας συστήματος. Το φως του Ήλιου φθάνει σε αυτόν 5,5 ώρες από τη στιγμή που εκπέμπεται. Χρησιμοποιώντας αυτά τα δεδομένα να υπο-

λογίσεις την απόσταση του Πλούτωνα από τον Ήλιο. Μπορείς να εκτιμήσεις τη διάμετρο του ηλιακού μας συστήματος;

6. Ο Α του Κενταύρου ή ο εγγύτατος του Κενταύρου είναι ο αστέρας ο οποίος βρίσκεται πλησιέστερα προς το ηλιακό μας σύστημα. Το φως για να φθάσει από τον Α του Κενταύρου στη Γη χρειάζεται 4,5 έτη. α) Με βάση αυτό το δεδομένο υπολόγισε την απόσταση του Α του Κενταύρου από τη Γη. β) Μπορείς να εκτιμήσεις πόσες φορές είναι μεγαλύτερη αυτή η απόσταση από τη διάμετρο του ηλιακού μας συστήματος; Δίδεται ότι η ταχύτητα του φωτός είναι: $3 \cdot 10^8$ m/s.
7. Τη νύχτα της 23ης Φεβρουαρίου του 1987 ο αστρονόμος Ίαν Σέλτον φωτογράφησε με τη βοήθεια του τηλεσκοπίου του την έκρηξη ενός άστρου. Το άστρο αυτό βρισκόταν 169.000 έτη φωτός μακριά από τη Γη. Ποια χρονολογία συνέβη η έκρηξη; Είναι δυνατόν πολλά από τα αστέρια που βλέπουμε το βράδυ στον έναστρο ουρανό να έχουν καταστραφεί αρκετά χρόνια πριν και να μην υπάρχουν πλέον; Αιτιολόγησε την άποψή σου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

- ❑ Βλέπουμε ένα αντικείμενο όταν φως που προέρχεται από αυτό φθάσει στα μάτια μας, διεγείρει τα οπτικά κύτταρα και η διέγερση μεταβιβαστεί στον εγκέφαλο.
- ❑ Τα αντικείμενα τα βλέπουμε είτε επειδή τα ίδια είναι φωτεινές πηγές, δηλαδή εκπέμπουν φως, οπότε τα ονομάζουμε αυτόφωτα, είτε επειδή φωτίζονται από άλλες φωτεινές πηγές, οπότε τα ονομάζουμε ετερόφωτα.
- ❑ Το φως μεταφέρει ενέργεια. Η ενέργεια που μεταφέρει το φως ονομάζεται φωτεινή ενέργεια η οποία αποτελεί ειδική περίπτωση της ενέργειας ακτινοβολίας. Έτσι η φωτεινή ενέργεια όπως κάθε μορφή ενέργειας είναι δυνατόν να μετασχηματισθεί σε άλλες μορφές. Η φωτεινή ενέργεια μεταφέρεται από τα φωτόνια. Κάθε φωτόνιο μεταφέρει μια καθορισμένη ποσότητα ενέργειας.
- ❑ Φωτεινή πηγή ονομάζεται ένα σώμα ή μια συσκευή που εκπέμπει φως. Σε κάθε φωτεινή πηγή κάποια μορφή ενέργειας μετατρέπεται σε φωτεινή.
- ❑ Σε κάθε ομογενές υλικό το φως διαδίδεται ευθύγραμμα. Στο κενό και στον αέρα το φως διανύει 300.000 χιλιόμετρα το δευτερόλεπτο. Η ταχύτητα διάδοσης του φωτός διαφέρει από υλικό σε υλικό.
- ❑ Τα σώματα μέσα στα οποία διαδίδεται το φως τα ονομάζουμε διαφανή. Τα σώματα μέσα από τα οποία δεν διαδίδεται το φως τα ονομάζουμε αδιαφανή. Σώματα πίσω από τα οποία δεν διακρίνουμε καθαρά τα αντικείμενα τα ονομάζουμε ημιδιαφανή.
- ❑ Η σκιά ενός σώματος σχηματίζεται στις περιοχές εκείνες όπου δεν φθάνουν οι ακτίνες που προέρχονται από τη φωτεινή πηγή, γιατί στην πορεία τους παρεμβάλλεται ένα αδιαφανές σώμα. Η δημιουργία της σκιάς είναι αποτέλεσμα της ευθύγραμμης διάδοσης του φωτός.

ΒΑΣΙΚΟΙ ΟΡΟΙ

Φως	Φωτεινή πηγή	Ταχύτητα του φωτός
Φωτεινή ενέργεια	Διαφανή, ημιδιαφανή, αδιαφανή σώματα	Σκιά
Φωτόνιο		