

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΕΘΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ

ΦΥΣΙΚΗ

ΓΕΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ

Γ' ΤΑΞΗΣ ΓΕΝΙΚΟΥ ΛΥΚΕΙΟΥ



ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΕΚΔΟΣΕΩΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ ΒΙΒΛΙΩΝ

ΑΘΗΝΑ

ΦΥΣΙΚΗ

ΓΕΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ

Γ ΤΑΞΗΣ ΕΝΙΑΙΟΥ ΛΥΚΕΙΟΥ

Τόμος 4ος

ΟΜΑΔΑ ΣΥΓΓΡΑΦΗΣ

**Πέτρος Γεωργακάκος, φυσικός,
καθηγητής 3ου Λυκείου
Ηλιούπολης**

**Αθανάσιος Σκαλωμένος, φυσικός,
καθηγητής 1ου Λυκείου Ζωγράφου**

**Νικόλαος Σφαρνάς, φυσικός,
καθηγητής 56ου Λυκείου Αθηνών**

**Ιωάννης Χριστακόπουλος,
φυσικός, καθηγητής του Ε.Π.Λ.**

**Νέας Φιλαδέλφειας «Μίλτος
Κουντουράς»**

ΟΜΑΔΑ ΚΡΙΣΗΣ

**Ευάγγελος Κούκλης, φυσικός,
καθηγητής 6ου Λυκείου Ζωγράφου**

**Σπύρος Τζαμαρίας, φυσικός
στοιχειωδών σωματιδίων. Κύριος
ερευνητής Ε.Κ.Ε.Φ.Ε. «Δημόκριτος»**

**Χρήστος Χρονόπουλος, φυσικός,
καθηγητής 4ου Λυκείου
Αμαρουσίου**

**ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΣΤΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΤΟΥ
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟΥ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟΥ**

**Χρήστος Δούκας, πάρεδρος
Παιδαγωγικού Ινστιτούτου, τομέας
Φυσικών Επιστημών**

ΓΛΩΣΣΙΚΗ ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ

**Μαρίτα Κλειδωνάρη, φιλόλογος,
καθηγήτρια Λυκείου Αγίου
Στεφάνου**

**ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΒΙΒΛΙΟΥ ΓΙΑ
ΜΑΘΗΤΕΣ ΜΕ ΜΕΙΩΜΕΝΗ ΟΡΑΣΗ**

**Ομάδα Εργασίας Ινστιτούτο
Εκπαιδευτικής Πολιτικής (Ι.Ε.Π.) –
(Ιουστίνα Φλεμοτόμου)) (επιμέλεια:
Γεωργία Παπασταυρινίδου)**

**ΠΕΤΡΟΣ ΓΕΩΡΓΑΚΑΚΟΣ
ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ ΣΚΑΛΩΜΕΝΟΣ
ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΣΦΑΡΝΑΣ
ΙΩΑΝΝΗΣ ΧΡΙΣΤΑΚΟΠΟΥΛΟΣ**

Φ Υ Σ Ι Κ Η

ΓΕΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ

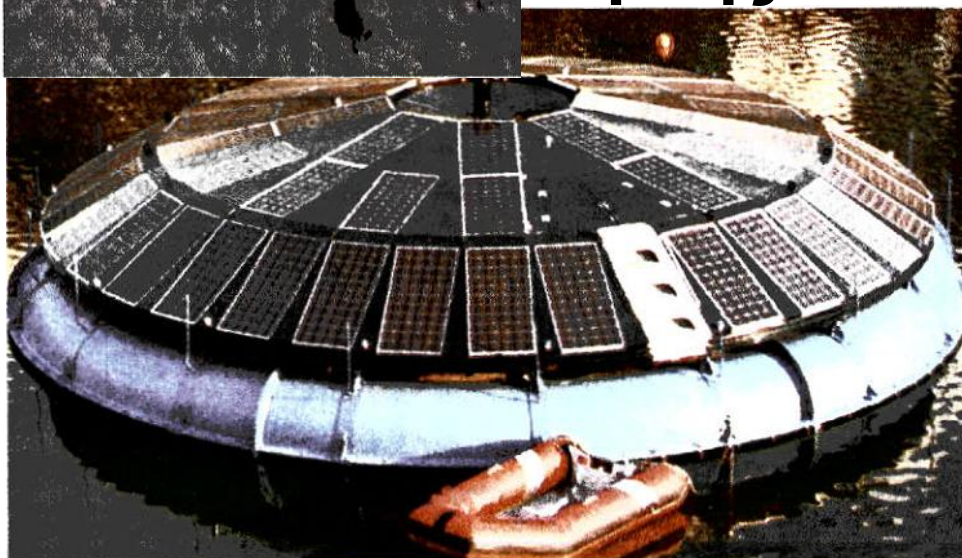
Γ ΤΑΞΗΣ ΕΝΙΑΙΟΥ ΛΥΚΕΙΟΥ

Τόμος 4ος

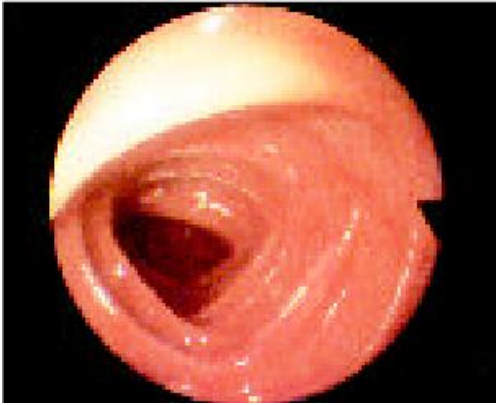
- Είδη λαμπτήρων**
- Οπτικές ίνες**
- Φωτογραφική μηχανή**
- Φωτοστοιχεία**
- LASER**



Η μαγεία της φωτογραφίας. Κοπάδι από βουβάλια εισβάλλει στα ήρεμα νερά μιας λίμνης.



Επιστημονικό εργαστήριο οικολογικής οργάνωσης επιπλέει σε έναν υδροβιότοπο. Οι φωτοβολταϊκές συστοιχίες το τροφοδοτούν με την απαιτούμενη ηλεκτρική ενέργεια.



**Ο ανθρώπινος
οισοφάγος όπως
τον παρατηρούμε
με ενδοσκόπιο.**



**Νέοι σε κέντρο διασκέδασης
Λαμπτήρες υπεριώδους ακτινο-
βολίας σε συνδυασμό με φθορί-
ζοντα υλικά δημιουργούν αυτή
τη «φανταστική» εικόνα.**

4.1 ΕΙΔΗ ΛΑΜΠΤΗΡΩΝ

Οι άνθρωποι, θέλοντας να συνεχίσουν τις ποικίλες δραστηριότητές τους και μετά τη δύση του Ήλιου, επιδίωκαν πάντα να βρουν τρόπους, ώστε να αντικαταστήσουν αυτή τη φυσική πηγή φωτός με άλλες πηγές. Μέχρι το 19ο αιώνα η φλόγα από την καύση ξύλων ή λαδιού, από λάμπες πετρελαίου, φυσικού ή συνθετικού αερίου ήταν η πηγή φωτός που χρησιμοποιούσαν. Πολλές από τις λάμπες πετρελαίου βρίσκονται ακόμα στις αποθήκες των σπιτιών για περιπτώσεις ανάγκης.

Οι φωτεινές πηγές χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες, τις θερμές και τις ψυχρές φωτεινές πηγές. Η φωτοβολία των φωτεινών πηγών οφείλεται στη διέγερση και αποδιέγερση των ατόμων. Στις θερμές φω-

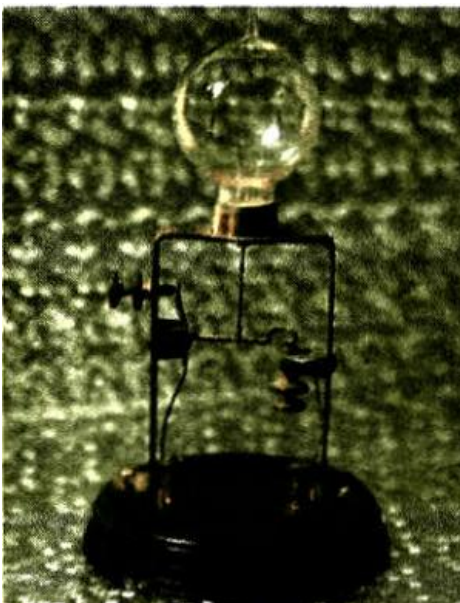
τεινές πηγές προσφέρουμε την ενέργεια για τη διέγερση υπό μορφή θερμότητας. Η φωτοβολία των ψυχρών φωτεινών πηγών οφείλεται στην αποδιέγερση ατόμων αερίων (ή ατμών), που διεγείρονται με τη διέλευση ηλεκτρικού ρεύματος μέσα από τα αέρια ή τους ατμούς. Οι πιο «δημοφιλείς αντιπρόσωποι» των δύο παραπάνω κατηγοριών είναι ο λαμπτήρας πυρακτώσεως (από την κατηγορία των θερμών φωτεινών πηγών) και ο λαμπτήρας φθορισμού (από την κατηγορία των ψυχρών φωτεινών πηγών). Θέλοντας να δώσουμε τον ορισμό του ηλεκτρικού λαμπτήρα θα λέγαμε απλώς ότι: λαμπτήρας είναι μια διάταξη που μετατρέπει σε φως μέρος της ηλεκτρικής ενέργειας που της προσφέρεται.



4-1 Λάμπα πετρελαίου φωτίζει ορεινό καταφύγιο

Λαμπτήρες πυρακτώσεως

Ο πρώτος λαμπτήρας πυρακτώσεως κατασκευάστηκε τη δεκαετία του 1870 από τον Thomas Edison (Τόμας Έντισον).



4-2 Ο πρώτος λαμπτήρας πυρακτώσεως, που κατασκευάστηκε από τον Thomas Edison.

Ο λαμπτήρας πυρακτώσεως αποτελείται από τα εξής μέρη:

•το γυάλινο περίβλημα,

- τη μεταλλική βάση,
- τα ηλεκτρόδια,
- το νήμα βολφραμίου,
- τα στηρίγματα του νήματος και
- το γυάλινο στήριγμα των ηλεκτροδίων (σχήμα 4-3).



4-3 Ο λαμπτήρας πυρακτώσεως και τα τμήματα από τα οποία αποτελείται.

Το γυάλινο περίβλημα προστατεύει το νήμα από τον ατμοσφαιρικό αέρα. Αυτό πετυχαίνεται με την αφαίρεση του αέρα από το εσωτερικό του και την πλήρωσή του με αδρανές αέριο (άζωτο, αργό ή κρυπτό) υπό πίεση λίγο μικρότερη της ατμοσφαιρικής.

Με την αντικατάσταση του ατμοσφαιρικού αέρα από αδρανές αέριο αποφεύγεται η οξειδωση του νήματος βολφραμίου. Επίσης η παρουσία του αερίου περιορίζει την εξάχνωση του νήματος κατά τη διάρκεια λειτουργίας. Αν επικρατούσε κενό, η εξάχνωση θα ήταν εντονότερη και το νήμα θα καταστρεφόταν πολύ γρήγορα.

Η μεταλλική βάση (βιδωτή ή μπαγιονέτ) σχεδιάστηκε από τον Thomas Edison στην προσπάθειά του να καταστήσει τη διαδικασία το-

ποθέτησης ή αφαίρεσης του λαμπτήρα σχετικά εύκολη και ακίνδυνη.

Τα ηλεκτρόδια είναι φτιαγμένα από νικέλιο και συνδέουν την πηγή τροφοδοσίας με το νήμα μέσω της μεταλλικής βάσης.

Το νήμα βολφραμίου είναι το σώμα που φωτοβολεί, όταν πυρακτωθεί με τη διέλευση ηλεκτρικού ρεύματος. Είναι διαμορφωμένο σε πολύ πυκνές σπείρες, ώστε να πετυχαίνουμε:

- i. την τοποθέτηση νήματος μεγάλου μήκους (που φτάνει το ένα μέτρο) στον περιορισμένο όγκο του λαμπτήρα και
- ii. την ελαχιστοποίηση απαγωγής θερμότητας, κατά τη λειτουργία του λαμπτήρα, στο εσωτερικό των σπειρών, με αποτέλεσμα το νήμα

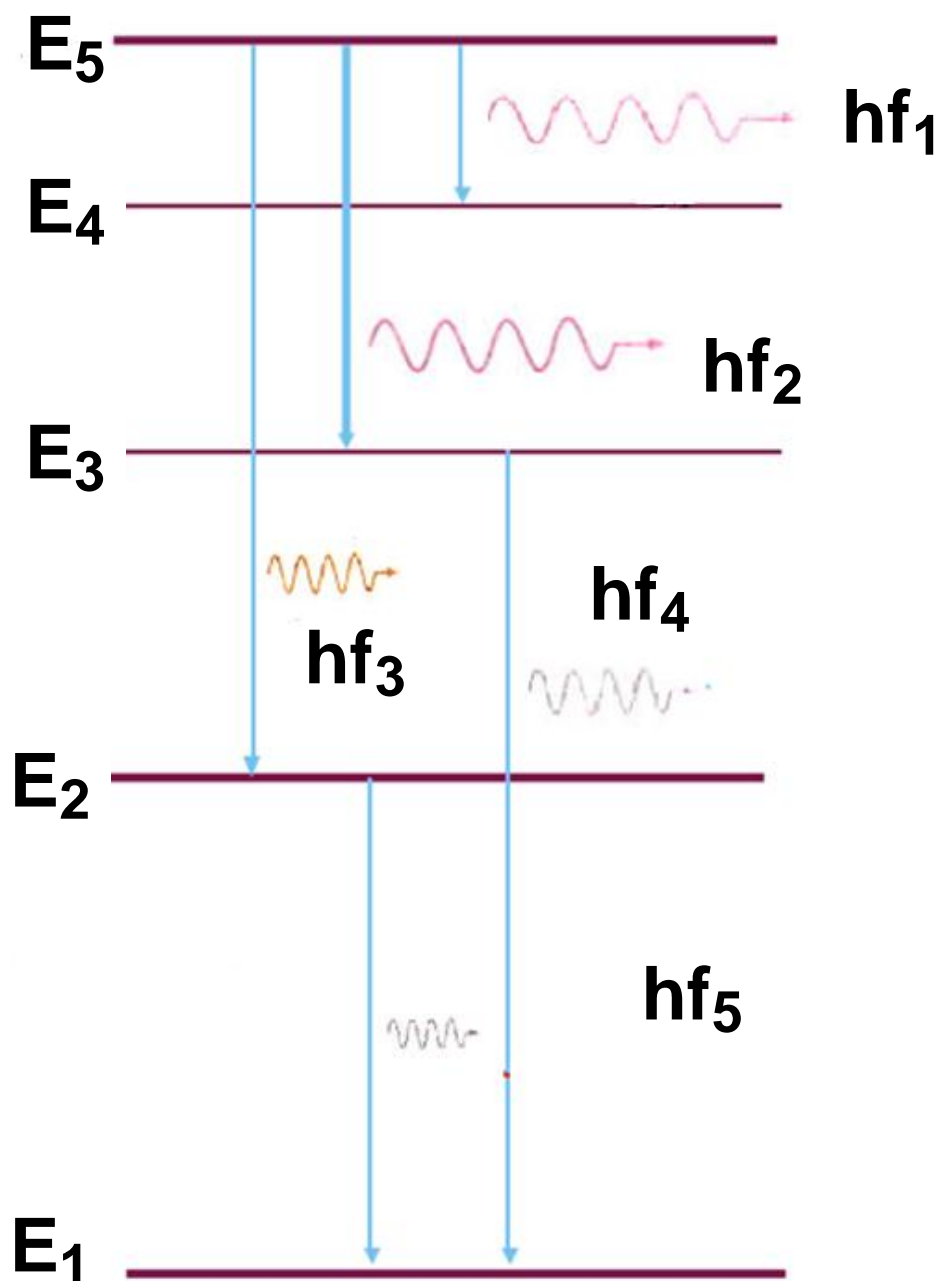
να διατηρείται θερμότερο και να εκπέμπει περισσότερο φως.

Γιατί όμως προτιμήθηκε το βολφράμιο για την κατασκευή του νήματος των λαμπτήρων πυρακτώσεως; Είναι γνωστό ότι όσο πιο θερμό είναι ένα σώμα τόσο πιο έντονα ακτινοβολεί. Έπρεπε λοιπόν το υλικό κατασκευής του νήματος να έχει υψηλό σημείο τήξης. Το βολφράμιο, με σημείο τήξης τους 3380°C , πληροί αυτή την προϋπόθεση.

Τα στηρίγματα του νήματος κρατούν το νήμα στη θέση του και το προστατεύουν από σπάσιμο, όταν βρίσκεται σε υψηλή θερμοκρασία. Το γυάλινο στήριγμα έχει παγιδευμένα τα ηλεκτρόδια και τα στηρίγματα του νήματος.

Η λειτουργία του λαμπτήρα

Κλείνοντας το κύκλωμα, στο οποίο είναι συνδεδεμένος ο λαμπτήρας, εφαρμόζεται στα άκρα του μια τάση. Για να λειτουργεί κανονικά ο λαμπτήρας, πρέπει να εφαρμοσούμε στα άκρα του τάση ίση με την τάση κανονικής λειτουργίας του. Ο λαμπτήρας τότε διαρρέεται από ρεύμα, ώστε το νήμα βολφραμίου να θερμαίνεται στους 2500°C περίπου.



4-4 Η αποδιέγερση των ατόμων βολφραμίου σε ένα λαμπτήρα πυρακτώσεως γίνεται με τυχαίο τρόπο. (Στην πραγματικότητα στο στερεό σώμα δεν υπάρχουν διακριτές στάθμες αλλά ενεργειακές ζώνες).

Τα άτομα του βολφραμίου διεγείρονται και ανέρχονται σε υψηλές στάθμες ενέργειας (π.χ. E_4 και E_5 στο σχήμα 4-4), στις οποίες δεν μπορούν να παραμείνουν, με αποτέλεσμα να επιστρέφουν στη θεμελιώδη με διαδοχικά άλματα στις ενδιάμεσες στάθμες.

Κάθε φορά που ένα άτομο «πέφτει» σε στάθμη χαμηλότερης ενέργειας, εκπέμπεται φως. Η συχνότητα του φωτός που εκπέμπεται είναι $f = \Delta E/h$ (όπου h η σταθερά του Planck και ΔE η ενεργειακή μεταβολή). Επειδή τα άτομα «πέφτουν» από μία στάθμη σε άλλη με τυχαίο τρόπο και σε τυχαίες χρονικές στιγμές, εκπέμπεται από το πυρακτωμένο νήμα ένα τεράστιο πλήθος φωτονίων με διαφορετικές συχνότητες, που δεν ξεκινούν όλα μαζί.

Η αποδιέγερση των ατόμων βολφραμίου έχει ως αποτέλεσμα την εκπομπή φωτονίων στην περιοχή του ορατού φωτός κατά ένα μικρό ποσοστό (περίπου 10%). Το υπόλοιπο εκπέμπεται ως υπέρυθρη ακτινοβολία, η οποία θερμαίνει το περιβάλλον.

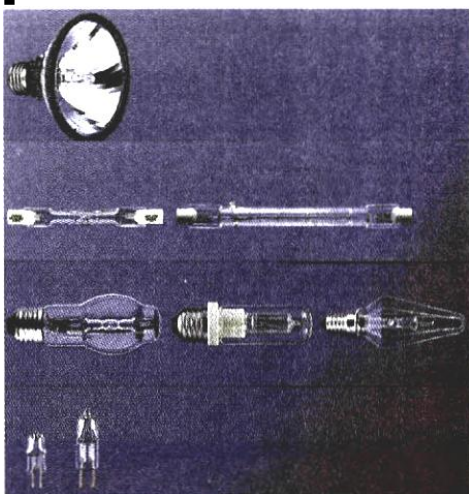
Όπως γίνεται φανερό από τα παραπάνω, η απόδοση ενός κοινού λαμπτήρα σε φως είναι πολύ μικρή. Ακόμα η διάρκεια ζωής του κυμαίνεται από 750 έως 1500 ώρες λειτουργίας και εξαρτάται από την ισχύ του.

Βελτίωση των λαμπτήρων πυρακτώσεως

Στην προσπάθειά τους για αύξηση της απόδοσης αλλά και της διάρκειας ζωής των λαμπτήρων πυρακτώσεως, οι ερευνητές κατασκεύασαν τους λαμπτήρες χαλαζία – ιω-

δίου, γνωστούς ως λαμπτήρες αλογόνου.

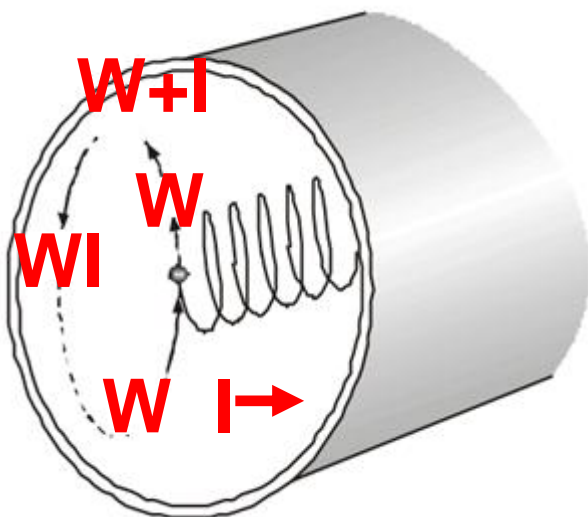
Σ' αυτούς τους λαμπτήρες η θερμοκρασία του νήματος, κατά τη λειτουργία τους, είναι περίπου 3100°C , ενώ του γυάλινου περιβλήματος, που είναι από χαλαζία, 700°C . Στους 3100°C το νήμα βολφραμίου έχει απόδοση φωτός διπλάσια των συνηθισμένων λαμπτήρων πυρακτώσεως. Στη θερμοκρασία αυτή αυξάνεται η ταχύτητα εξάχνωσης του βολφραμίου και έτσι η διάρκεια ζωής του λαμπτήρα μειώνεται.



4-5 Μερικοί τύποι λαμπτήρων αλογόνου που χρησιμοποιούνται για οικιακό φωτισμό.

Γεμίζοντας όμως το εσωτερικό του γυάλινου περιβλήματος με αδρανές αέριο και με μικρή ποσότητα ατμών ιωδίου, τα εξαχνούμενα άτομα βολφραμίου επανατοποθετούνται στο νήμα.

Η διαδικασία γενικά έχει ως εξής: όταν μόρια ιωδίου (I_2) πλησιάζουν στο πυρακτωμένο νήμα, διασπώνται σε άτομα ιωδίου (I) και στη συνέχεια διαχέονται προς τα τοιχώματα του περιβλήματος. Εκεί ευνοείται ο σχηματισμός ιωδιούχου βολφραμίου (WI), το οποίο σε αέρια κατάσταση επιστρέφει στο νήμα (σχήμα 4-6).



4-6 Ο κύκλος αλογόνου στους λαμπτήρες αλογόνου

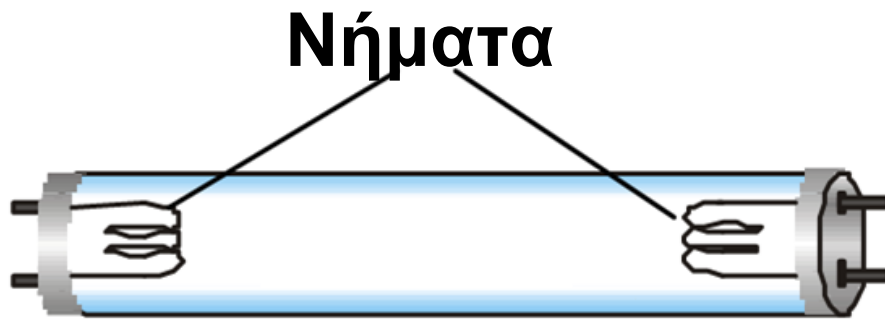
Στην περιοχή αυτή, λόγιο υψηλής θερμοκρασίας, διασπάται σε βολφράμιο, το οποίο επικάθεται στο νήμα, και σε ιώδιο, το οποίο ακολουθεί τον ίδιο κύκλο.

Δηλαδή έχουμε καταλυτική δράση του ιωδίου στην επανασύσταση του νήματος.

Με τη διαδικασία αυτή, εκτός του ότι «αναζωογονείται» το νήμα, με αποτέλεσμα την αύξηση της ζωής του λαμπτήρα, αποφεύγεται και το μαύρισμα του περιβλήματος, που παρατηρείται στους κοινούς λαμπτήρες, από την προσκόλληση βολφραμίου στο εσωτερικό του.

Λαμπτήρες φθορισμού

Φθορισμός είναι η ιδιότητα μερικών χημικών ουσιών να ακτινοβολούν φως, όταν πάνω τους προσπίπτει αόρατη ακτινοβολία μικρού μήκους κύματος.



Κυλινδρικός σωλήνας

4-7 Ο λαμπτήρας φθορισμού και τα τμήματα από τα οποία αποτελείται.

Ένας κοινός λαμπτήρας φθορισμού αποτελείται από:

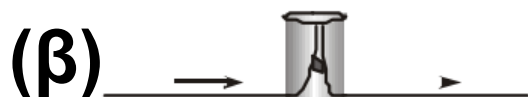
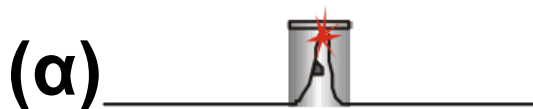
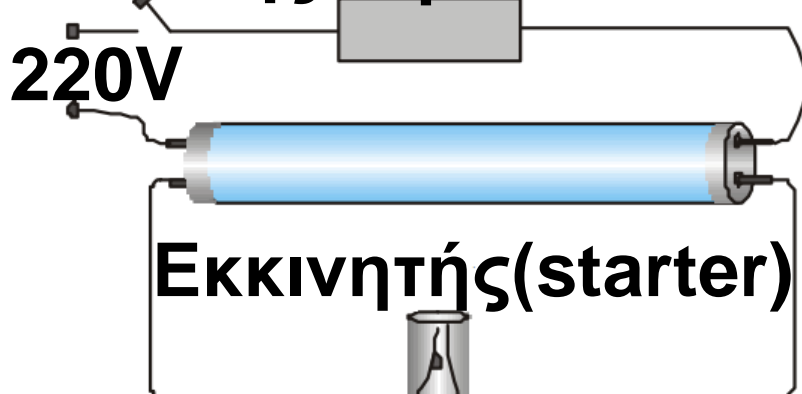
- i. τον κυλινδρικό σωλήνα και
- ii. τα νήματα.

Ο κυλινδρικός σωλήνας είναι ένας γυάλινος σωλήνας με εσωτερικό επίχρισμα φθορίζουσας ουσίας (κατάλληλης για το χρώμα που επιθυμούμε), η οποία έχει την ιδιότητα να μετατρέπει το αόρατο υπεριώδες φως σε ορατό. Ο σωλήνας περιέχει τα αέρια αργό (Ar) και άζωτο (N) σε χαμηλή πίεση και σταγόνα υδραργύρου (Hg).

Τα νήματα είναι δύο και βρίσκονται στα δύο άκρα (τάπες) του γυάλινου σωλήνα.

Η λειτουργία των λαμπτήρων φθορισμού

Διακόπτης Πηνίο



4-8 Το κύκλωμα λειτουργίας τον λαμπτήρα φθορισμού και οι φάσεις λειτουργίας του εκκινητή (starter).

Στο σχήμα 4-8 φαίνεται η αρχή λειτουργίας ενός λαμπτήρα φθορι-

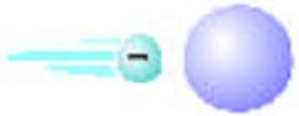
σμού. Κλείνοντας το διακόπτη ο λαμπτήρας δεν διαρρέεται αρχικά από ρεύμα. Όμως στον εκκινητή (starter) αρχίζει αμέσως εκκένωση (αίγλης) μεταξύ των ηλεκτροδίων του και διαρρέεται από ρεύμα (σχήμα 4-8α). Το ένα ηλεκτρόδιο του εκκινητή είναι διμεταλλικό έλασμα και, όταν διαρρέεται από ρεύμα, θερμαίνεται, παραμορφώνεται και κλείνει το διάκενο μεταξύ των ηλεκτροδίων (σχήμα 4-8β). Τότε η εκκένωση (αίγλης) σταματάει και το κύκλωμα διαρρέεται από ισχυρό ρεύμα. Τα ηλεκτρόδια θερμαίνονται και εκπέμπουν ηλεκτρόνια, ενώ ταυτόχρονα εξατμίζεται ο υδράργυρος. Επίσης με τη διακοπή της εκκένωσης (αίγλης) το διμεταλλικό έλασμα δεν διαρρέεται από ρεύμα, οπότε ψύχεται και το κύκλωμα διακόπτεται. Η διακοπή αυτή συνο-

δεύεται με ανάπτυξη τάσης στα άκρα του λαμπτήρα, μεγαλύτερης του δικτύου (επαγωγικό φαινόμενο λόγω ύπαρξης του πηνίου), και έτσι αρχίζει η εκκένωση μέσα από τους ατμούς υδραργύρου.

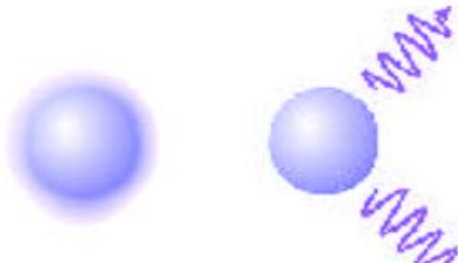
Τα ηλεκτρόνια, επιταχυνόμενα από το ηλεκτρικό πεδίο μεταξύ των ηλεκτροδίων, συγκρούονται με τα άτομα του υδραργύρου προκαλώντας του ηλεκτρονική διέγερση. Η αποδιέγερση των ατόμων του υδραργύρου έχει ως αποτέλεσμα την εκπομπή υπεριώδους ακτινοβολίας.

Η υπεριώδης ακτινοβολία, όταν προσπίπτει στη φθορίζουσα ουσία (επίχρισμα), προκαλεί τη διέγερση των ατόμων της. Στη συνέχεια, όταν τα άτομα αποδιεγείρονται, εκπέμπουν ορατό φως (σχήμα 4-9).

(σχήμα στην επόμενη σελίδα)



Το ηλεκτρόνιο συγκρούεται με το άτομο του Hg και το διεγείρει.



Το άτομο του Hg απόδιεγείρεται και εκπέμπει υπεριώδη ακτινοβολία.



Η υπεριώδης ακτινοβολία διεγείρει τα άτομα της φθορίζουσας ουσίας.

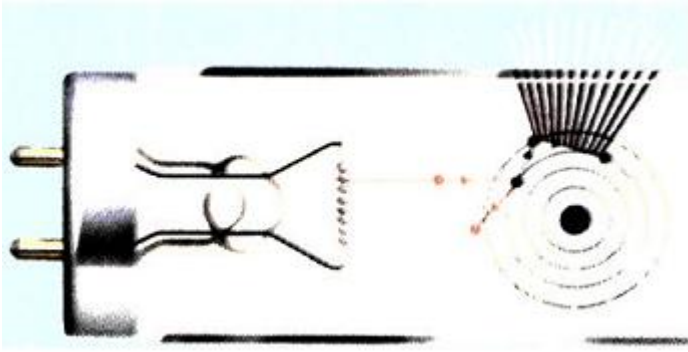


Τα άτομα της φθορίζουσας ουσίας απόδιεγειρόμενα εκπέμπουν λευκό φως.

4-9 Διαδικασία παραγωγής φωτός στους λαμπτήρες φθορισμού.

Ερμηνεία παραγωγής ορατού φωτός από τη φθορίζουσα επιφάνεια

Η απορρόφηση της υπεριώδους ακτινοβολίας από τη φθορίζουσα ουσία έχει ως αποτέλεσμα τη διεγερση των ατόμων της σε υψηλές ενεργειακές στάθμες. Η επιστροφή αυτών στη θεμελιώδη ενεργειακή στάθμη γίνεται με διαδοχικά άλματα στις ενδιάμεσες στάθμες. Έτσι, αν τα άτομα της φθορίζουσας ουσίας απορροφήσουν φωτόνια ενέργειας $hf_{(\text{υπεριώδους})}$, θα διεγερθούν σε στάθμες υψηλότερης ενέργειας. Κατά την αποδιέγερση τα άτομα επανέρχονται στη θεμελιώδη κατάσταση με ενδιάμεσα ενεργειακά άλματα. Έτσι το υπεριώδες φως που εκπέμπουν οι ατμοί υδραργύρου επανεκπέμπεται από τη φθορίζουσα ουσία υπό μορφή ορατού φωτός (σχήματα 4-9, 4-10).



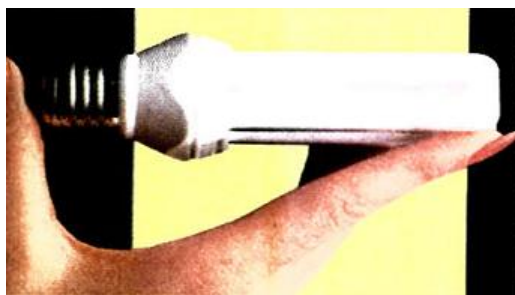
4-10 Μετατροπή της υπεριώδους ακτινοβολίας σε φως.

Ποιοτική σύγκριση λαμπτήρων πυρακτώσεως και φθορισμού

Ο λαμπτήρας φθορισμού υπερτερεί του λαμπτήρα πυρακτώσεως σε διάρκεια ζωής και σε ενεργειακή οικονομία κατά τη χρήση. Υστερεί όμως στο ότι το φως του είναι «ψυχρό», ενώ του λαμπτήρα πυρακτώσεως είναι «θερμό» και απαλό.



4-11 Κοινοί λαμπτήρες πυρακτώσεως.



**4-12 Σύγχρονος
λαμπτήρας
φθορισμού.**

Στον πίνακα βλέπουμε μια σύγκριση των δύο τύπων λαμπτήρων για φωτισμό ίδιου χώρου.

	Σύγχρονος λαμπτήρας φθορι- σμού	Κοινός λαμπτήρας πυρακτώ- σεως
Ισχύς	20W	100W
Ημερήσια χρήση	5 ώρες	5 ώρες
Ημερήσια κατανάλωση	0,1kWh	0,5kWh
Μηνιαία κατανάλωση	3kWh	15kWh
Μηνιαίο κόστος	90 δρχ.	450 δρχ.
Διάρκεια ζωής	8000 ώρες	1000 ώρες

4.2 ΟΠΤΙΚΕΣ ΙΝΕΣ (Optical fibers)

Όπως είναι γνωστό, τα καλώδια κατασκευάζονται από χαλκό ή κράματά του. Όμως ο χαλκός παράγεται σε λίγες μόνο χώρες του κόσμου. Έτσι οι υπόλοιπες χώρες είναι εξαρτημένες από αυτές που τον παράγουν. Οι ερευνητές ωθήθηκαν στο να προτείνουν πιο συμφέρουσες εναλλακτικές λύσεις παρακινούμενοι και από την προσπάθεια απεξάρτησης από τις χώρες παραγωγής χαλκού και από την προσπάθεια αποτροπής υποκλοπών στις τηλεπικοινωνίες καθώς και μεταφοράς μεγαλύτερου «όγκου» πληροφοριών. Έτσι οδηγήσαμε στην κατασκευή των οπτικών ινών.

Οι οπτικές ίνες είναι πολύ λεπτές κυλινδρικές ίνες γυαλιού ή πλαστικού με διάμετρο μικρότερη των

8μm (δηλαδή πιο λεπτές από μία τρίχα). Είναι διαφανείς και εύκαμπτες.

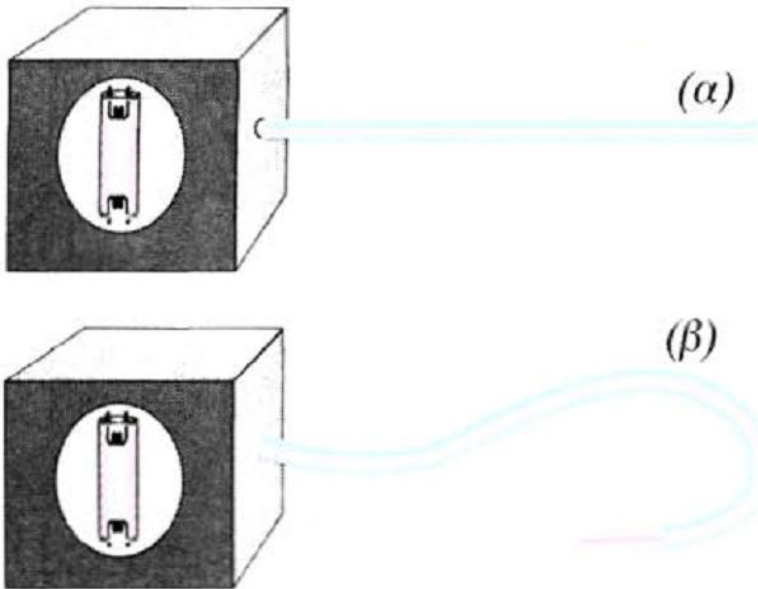


4-13 Οπτικές ίνες.

Τι επιτυγχάνουμε με τις οπτικές ίνες

Με τη βοήθεια των οπτικών ινών μπορούμε να «αναγκάσουμε» μία φωτεινή δέσμη να ακολουθήσει όποια διαδρομή επιθυμούμε. Θα μπορούσαμε να πούμε ότι, όπως με ένα εύκαμπτο λάστιχο ποτίσματος μπορούμε να οδηγήσουμε το νερό από τη βρύση σε ένα σημείο του κήπου μας, έτσι και με τις

ΟΠΤΙΚΕΣ ΪΝΕΣ ΜΠΟΡΟΥΜΕ ΝΑ «ΟΔΗΓΗΣΟΥΜΕ» ΤΟ ΦΩΣ ΑΠΌ ΜΙΑ ΑΚΙΝΗΤΗ ΠΗΓΗ ΣΕ ΟΠΟΙΟΔΗΪΠΟΤΕ ΣΗΜΕΪΟ ΘΕΛΟΥΜΕ (σχήμα 4-14 α, β).



4-14 Οι οπτικές ίνες «οδηγούν» το φως.

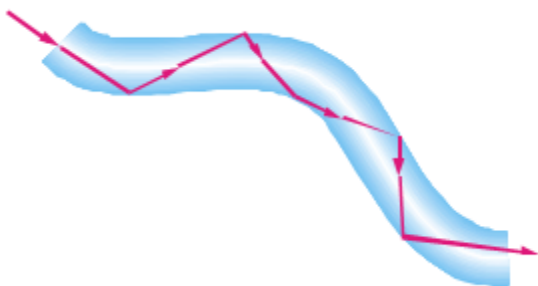
Γι' αυτό λέμε ότι μία οπτική ίνα είναι ένας φωτοαγωγός ή φωτοοδηγός.

Πώς λειτουργούν

Κλείνουμε ένα λαμπτήρα σε ένα αδιαφανές κουτί και τον ανάβουμε. Αυτός δε φωτίζει το περιβάλλον. Τώρα με μία λεπτή βελόνα ανοί-

γουμε μία οπή στο κουτί. Από αυτό ξεπηδά μία λεπτή ακτίνα φωτός, που διαδίδεται ευθύγραμμα (σχήμα 4-14α).

Στη συνέχεια παίρνουμε μία οπτική ίνα και τη «σφηνώνουμε» στην οπή. Το φως που φτάνει στην άκρη της ίνας προσπίπτει στην κυλινδρική της επιφάνεια, από μέσα, με γωνία μεγαλύτερη από την οριακή γωνία και παθαίνει ολική ανάκλαση. Έτσι το φως μετά από συνεχείς ολικές ανακλάσεις βγαίνει από το άλλο άκρο της οπτικής ίνας, ακόμη κι αν αυτή είναι καμπυλωμένη (σχήματα 4-14β, 4-15).



4-15 Η διαδρομή του φωτός μέσα στην οπτική ίνα.

Πώς είναι κατασκευασμένη μία οπτική ίνα

Στην πράξη χρησιμοποιούμε δέσμη οπτικών ινών (σχήμα 4-16). Αν οι ίνες αποτελούνταν μόνο από ένα υλικό, τότε το φως που «ταξιδεύει» στο εσωτερικό τους θα περνούσε, όταν θα έρχονταν σε επαφή, από τη μία ίνα στην άλλη. Γι' αυτό κάθε ίνα επικαλύπτεται με ένα λεπτό στρώμα υλικού μικρότερου δείκτη διάθλασης ή με πολλά λεπτά στρώματα, έτσι ώστε κάθε επόμενο στρώμα να έχει μικρότερο δείκτη διάθλασης από το προηγούμενο.



4-16 Η δέσμη οπτικών ινών είναι ένα ακίνδυνο εργαλείο στα χέρια μας

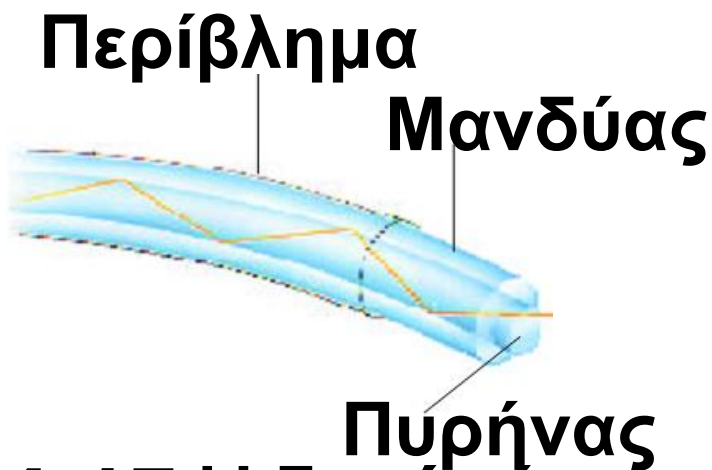
Τέλος στο σύστημα της γυάλινης ίνας τοποθετείται ένα περίβλημα βλήμα που την προστατεύει και την κάνει πιο ανθεκτική σε μηχανικές καταπονήσεις.

Όπως γίνεται φανερό από τα παραπάνω, κάθε οπτική ίνα αποτελείται από τρία μέρη:

α. Την κεντρική γυάλινη κυλινδρική ίνα, που ονομάζεται πυρήνας και είναι το τμήμα στο οποίο διαδίδεται το φως.

β. Την επικάλυψη (απλή ή πολλαπλή), που είναι ένας ομόκεντρος με τον πυρήνα κύλινδρος. Έχει μικρότερο δείκτη διάθλασης από τον πυρήνα, για να παθαίνει το φως συνεχείς ολικές ανακλάσεις. Η επικάλυψη αυτή ονομάζεται μανδύας.

γ. Το περίβλημα, που είναι ένα αδιαφανές πλαστικό (σχήμα 4-17).



4-17 Η δομή μίας οπτικής ίνας.

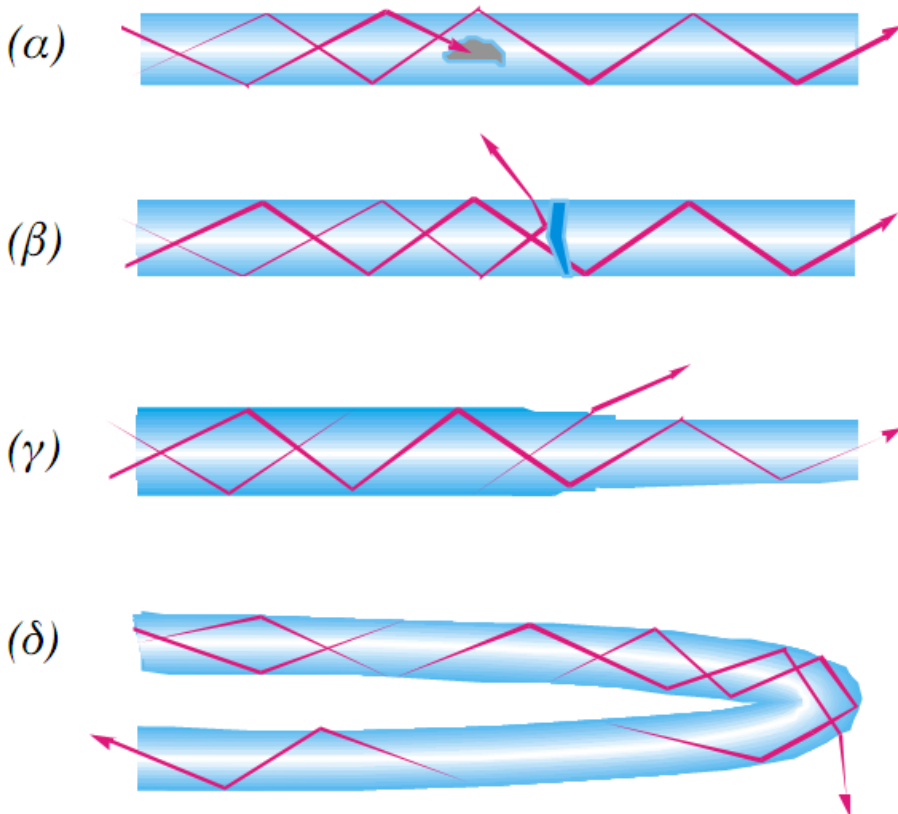
Πόσο μακριά μπορεί να φτάσει το φως μέσα σε μία οπτική ίνα

Το φως κατά το «ταξίδι» του σε μία οπτική ίνα εξασθενεί. Αυτό συμβαίνει συνήθως για τους παρακάτω λόγους:

- α. Λόγω απορρόφησης, που οφείλεται στις ξένες προσμείξεις που υπάρχουν στο γυαλί (σχήμα 4-18α).
- β. Λόγω σκέδασης το φως διεισδύει στο μανδύα και διασκορπίζεται. Το φαινόμενο αυτό παρατηρείται εντονότερα, αν στην οπτική ίνα υπάρχουν συνδέσεις (σχήμα 4-18β).

γ. Λόγω κακής κατασκευής υπάρχουν στη διάμετρο του πυρήνα, για παράδειγμα, μικροδιακυμάνσεις (σχήμα 4-18γ).

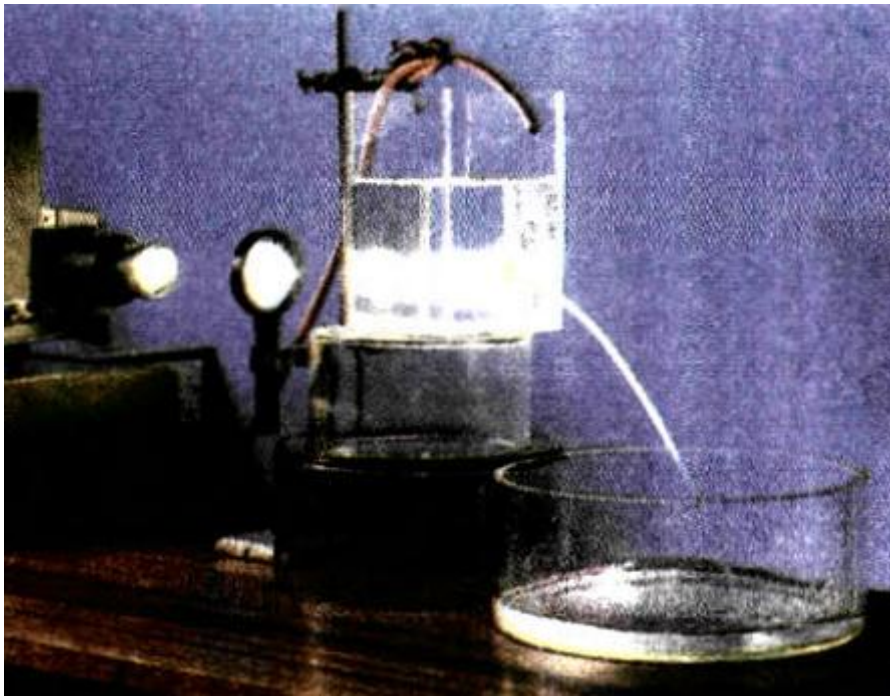
δ. Λόγω μεγάλης καμψής της οπτικής ίνας (σχήμα 4-18δ).



4-18 Τέσσερις περιπτώσεις εξασθένησης του φωτός κατά το «ταξίδι» του στις οπτικές ίνες.

Αν ο πυρήνας ήταν κατασκευασμένος από κοινό γυαλί, όπως αυτό των τζαμιών των σπιτιών μας, τότε

το φως θα «ταξίδευε» μέσα στην ίνα το πολύ ένα μέτρο. Για το λόγο αυτό το γυαλί που χρησιμοποιείται για την κατασκευή του πυρήνα είναι μεγάλης καθαρότητας. Έτσι το φως μεταφέρεται σε απόσταση πολλών χιλιομέτρων με πολύ μικρές απώλειες. Η καθαρότητα του γυαλιού είναι τέτοια, ώστε, αν θέλαμε να αντικαταστήσουμε το κοινό τζάμι ενός παραθύρου με τζάμι κατασκευασμένο από υλικό ίδιο με αυτό των οπτικών ινών, τότε αυτό, για να έχει την ίδια απορρόφηση φωτός, θα έπρεπε να έχει πάχος 1km περίπου.

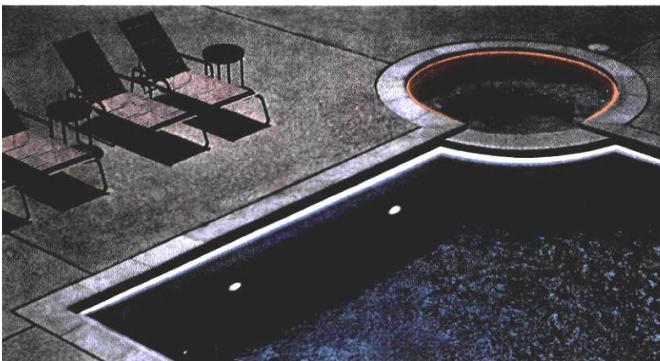


4-19 Μία φλέβα νερού σε ρόλο οπτικής ίνας. Ο πυρήνας είναι το νερό και ο μανδύας ο αέρας. Ένα πείραμα που μπορεί να γίνει στην τάξη. Στους φωτεινούς υδάτινους πίδακες εφαρμόζεται η ίδια τεχνική.

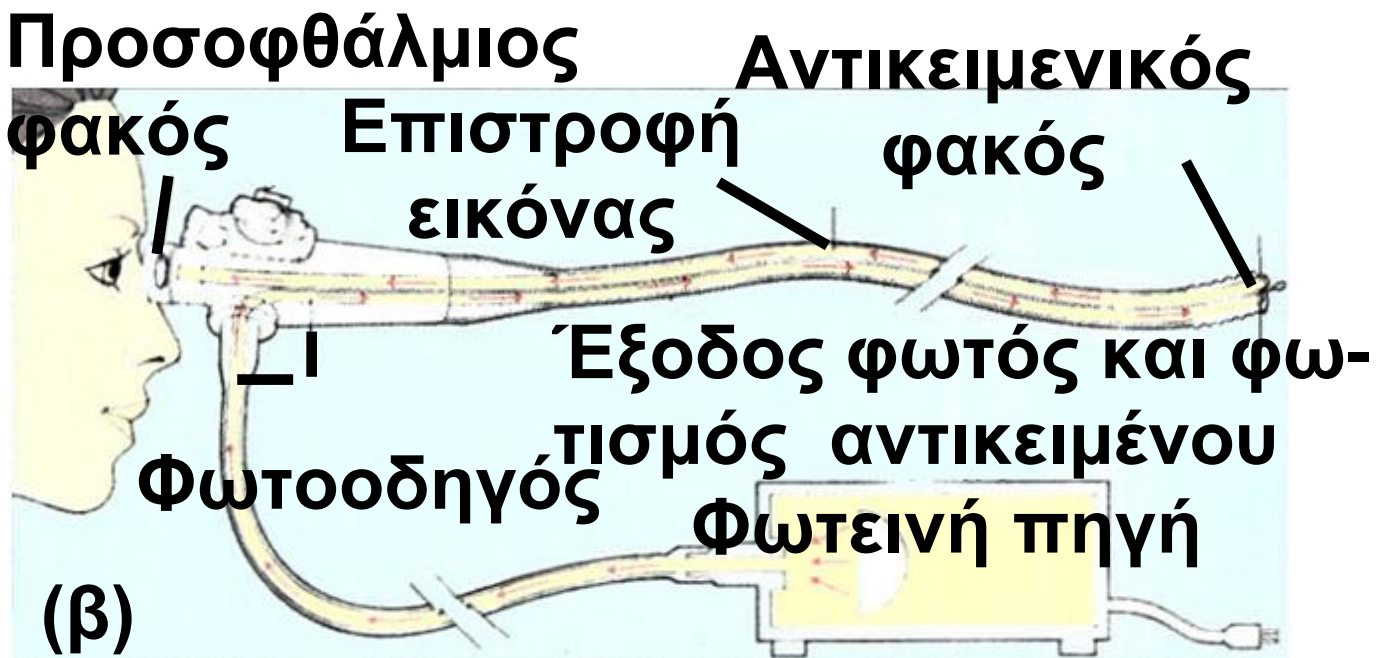
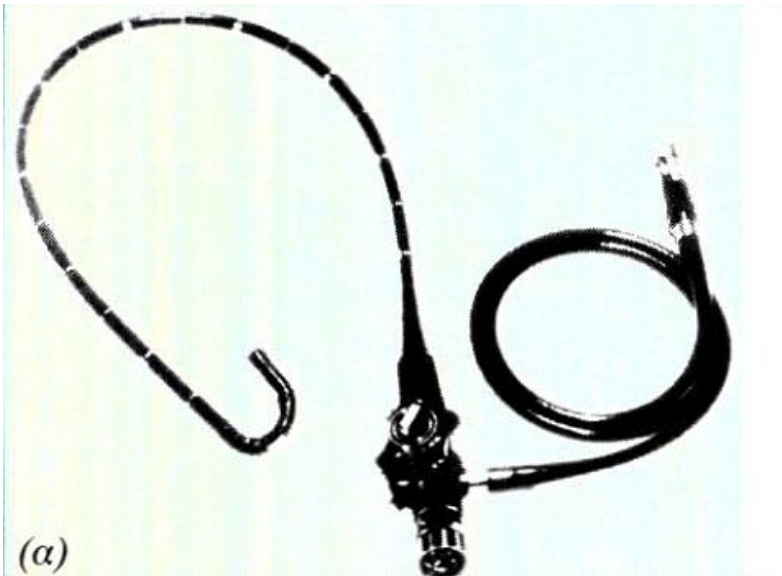
Πού τις χρησιμοποιούμε

Οι οπτικές ίνες βρίσκουν πάρα πολλές εφαρμογές. Οπτικές ίνες μεγάλης διαμέτρου και μικρής καθαρότητας (συνήθως πλαστικές) χρησιμοποιούνται στην κατασκευή φωτεινών επιγραφών, στη δια-

**κόσμηση και στο φωτισμό πισινών.
Έτσι αποτρέπεται ο κίνδυνος ηλεκ-
τροπληξίας (σχήμα 4-20).**



**4-20 Οι οπτικές ίνες διακοσμούν το
τελεφερίκ και χρησιμοποιούνται στο
φωτισμό της πισίνας.**

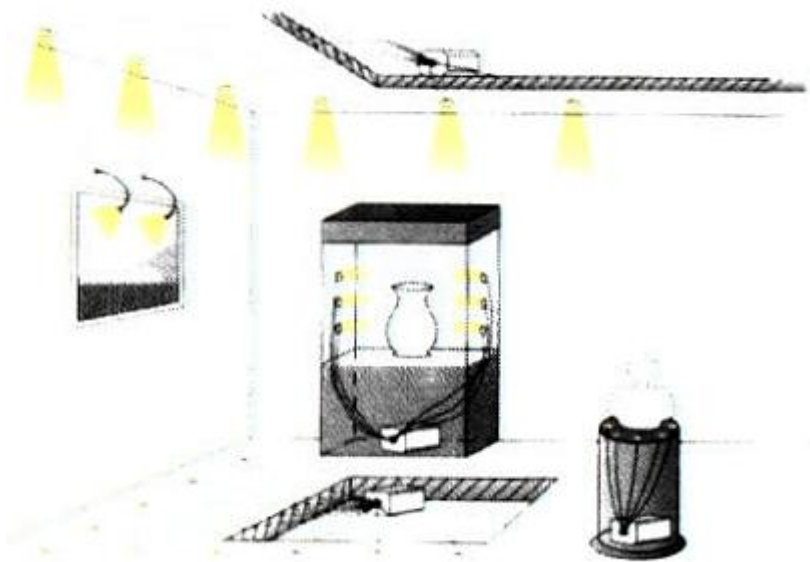


4-21 Φωτογραφία (α) και τρόπος λειτουργίας του ενδοσκοπίου (β).

Δέσμη οπτικών ινών (με μία μόνο λάμπα) φωτίζει πολλές προθήκες καταστημάτων ή πολλούς πίνακες ζωγραφικής στις γκαλερί, ώστε να

εξοικονομούμε ηλεκτρική ενέργεια (σχήμα 4-22).

Με τη βοήθεια των οπτικών ινών μπορούμε να παρατηρήσουμε αντικείμενα απρόσιτα σε άμεση παρατήρηση. Έτσι κατασκευάστηκε το ενδοσκόπιο, όργανο που χρησιμοποιείται στην Ιατρική, για να κάνει ορατές ορισμένες εσωτερικές περιοχές του σώματος μας (σχήμα 4-21).





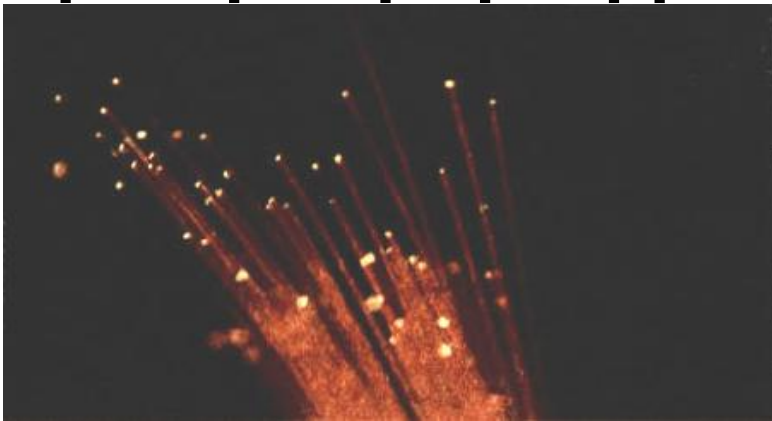
4-22 Σχεδιάγραμμα εγκατάστασης φωτισμού έργων τέχνης με οπτικές ίνες και φωτισμός πινάκων

Παρόμοια συστήματα χρησιμοποιούνται από τους μηχανικούς, για να εντοπίσουν βλάβες στο εσωτερικό των μηχανών.

Η πιο σημαντική εφαρμογή των οπτικών ινών αφορά τις τηλεπικοινωνίες. Ίσως όλοι μας έχουμε ακούσει για τη χρήση των οπτικών ινών στις ψηφιακές (digital) τηλεπικοινωνίες. Η χρήση τους έφερε την επανάσταση στο χώρο αυτό για τους λόγους που αναφέρουμε παρακάτω:

- Με τη βοήθεια μίας ίνας μπορούμε να μεταφέρουμε ταυτόχρονα και χωρίς παρεμβολές χιλιάδες τηλεφωνήματα, δεκάδες εκπομπές τηλεοπτικών καναλιών και μεγάλο αριθμό δεδομένων υπολογιστών.
- Οι διαστάσεις των καλωδίων των οπτικών ινών και το βάρος τους είναι πολύ μικρότερα από τα αντίστοιχα του χαλκού. Λόγου χάρη, ένα καλώδιο οπτικών ινών μπορεί να αντικαταστήσει χάλκινο καλώδιο δεκαπλάσιας, περίπου, διαμέτρου και τριανταπλάσιου, περίπου, βάρους.
- Κατά τη μεταφορά των πληροφοριών δεν έχουμε παράσιτα.
- Είναι πολύ δύσκολη η υποκλοπή (τοποθέτηση «κοριών») ή η συνακρόαση.
- Δε χρειάζονται γείωση.

•Μπορούν να παραχθούν από κάθε χώρα με συνέπεια την απεξάρτηση της από χώρες που παράγουν χαλκό. Έτσι επιτυγχάνεται και τεχνολογική διάχυση. Στην Ελλάδα υπάρχουν εργοστάσια παραγωγής οπτικών ινών, δηλαδή επεξεργασίας του διοξειδίου του πυριτίου, με πρώτη ύλη την άμμο.



4-23 Το φως μεταφέρει πληροφορίες μέσα από τις οπτικές ίνες που χρησιμοποιούνται στις τηλεπικοινωνίες.

Η αρχή πάνω στην οποία βασίζεται η μετάδοση των πληροφοριών μέσω οπτικών ινών φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Η ηλεκτρική ενέργεια
μετατρέπεται σε φωτεινή

**Μικροηλεκτρο-
νικό κύκλωμα**

Καλώδιο

Ηλεκτρικός
παλμός

Laser

Οπτική ίνα

Φωτεινός
παλμός

Η φωτεινή ενέργεια
μετατρέπεται σε ηλεκτρική

Φωτοδίοδος

Καλώδιο

Ηλεκτρικός
παλμός

**Μικροηλεκτρο-
νικό κύκλωμα**



Το βασικό στοιχείο του κωδικοποιητή (πομπού) είναι η φωτεινή πηγή. Για μετάδοση σε πολύ μεγάλες αποστάσεις χρησιμοποιούμε laser, ενώ σε μικρές αποστάσεις διόδους φωτοεκπομπής (LED). Η μετάδοση γίνεται με ψηφιακή διαμόρφωση.

Αν κατά την εκπομπή αυξομειώνουμε την ένταση του φωτός, τότε έχουμε αναλογική διαμόρφωση, ενώ, αν αναβοσβήνουμε την πηγή, έχουμε ψηφιακή διαμόρφωση.

Φως 1, απουσία φωτός 0.

Ο αποκωδικοποιητής είναι συνήθως μία φωτοδίοδος που μετατρέπει το φως σε ηλεκτρικό ρεύμα. Στην Ελλάδα ο ΟΤΕ έχει αντικαταστήσει μέχρι σήμερα (1999) ένα μεγάλο μέρος του παλιού δικτύου του με δίκτυο οπτικών ινών.

Μερικές ακόμη χρήσεις των οπτικών ινών

Να αναφέρουμε επίσης ότι οι οπτικές ίνες χρησιμοποιούνται σε σύγχρονα επιστημονικά όργανα ανίχνευσης παραμορφώσεων, πίεσης, θερμοκρασίας (ηφαιστειών και πυρηνικών αντιδραστήρων), καθώς και άλλων μεγεθών.

Μελλοντικά οι αεροναυπηγοί προσανατολίζονται στην κατασκευή αεροσκαφών τα οποία, αντί για μεταλλικό περίβλημα, θα έχουν περίβλημα από οπτικές ίνες και πολυμερή. Έτσι μέσω των οπτικών ινών ο πιλότος θα ενημερώνεται συνεχώς για την κατάσταση του αεροσκάφους του, για την πίεση που δέχεται, τη θερμοκρασία σε κάθε σημείο του, για κάποια πιθανή παραμόρφωση κτλ. Θα κατασκευα-

**στούν δηλαδή αεροσκάφη με
«δέρμα» που αισθάνεται.**



**4-24 Το αεροπλάνο του μέλλοντος.
Πιο γρήγορο και πιο ασφαλές.**

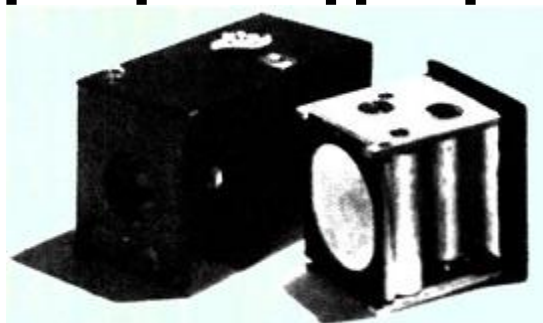
4.3 ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΜΗΧΑΝΗ

Η καταγραφή, μέσω του γραπτού λόγου, των πιο σημαντικών γεγονότων σε κάθε πολιτισμό φαίνεται ότι δεν ικανοποίησε ποτέ τον άνθρωπο. Η «καταγραφή», με τη βοήθεια των εικόνων, αυτών των γεγονότων αλλά και των σημαντικών προσωπικών ή οικογενειακών στιγμών ήταν κάτι που πολύ το επιθυμούσε. Πίστευε αυτό που καθένας από μας σήμερα γνωρίζει, ότι δηλαδή «μία εικόνα ισοδυναμεί με χίλιες λέξεις».



4-25 Τέτοιο άλμα δε γίνεται κάθε μέρα.

Αυτή η επιθυμία του πήρε «σάρκα και οστά» στα μέσα του 19ου αιώνα, όταν για πρώτη φορά μπόρεσε να αποτυπώσει στο χαρτί εικόνες της καθημερινής του ζωής. Όμως η πραγματική επανάσταση έγινε το 1888, όταν η Kodak κυκλοφόρησε στο εμπόριο την πρώτη φωτογραφική μηχανή (σχήμα 4-26), που επέτρεπε σε οποιονδήποτε άνθρωπο να τραβά εύκολα και γρήγορα φωτογραφίες.



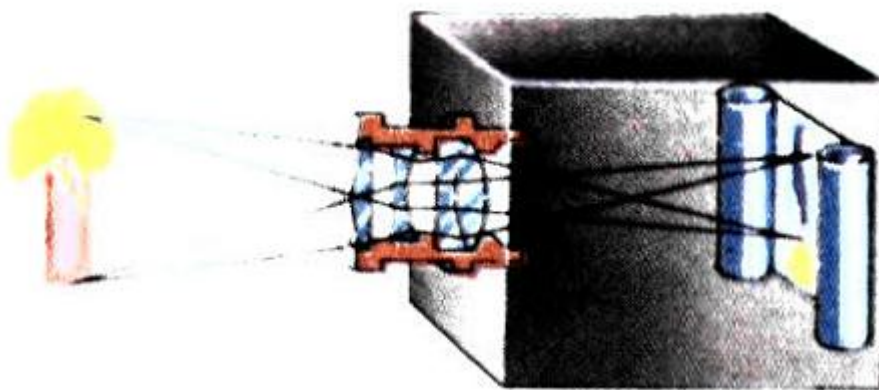
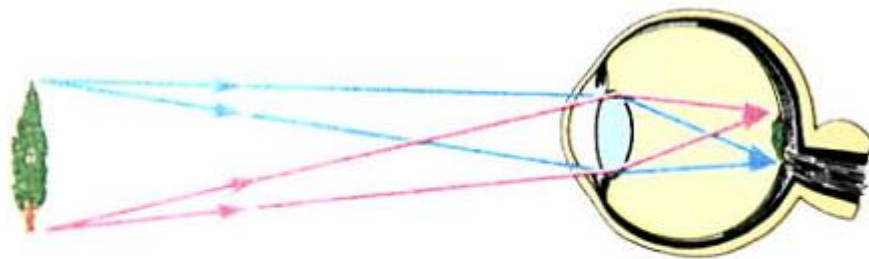
4-26 Η πρώτη φωτογραφική μηχανή της Kodak.

Από τότε και μέχρι σήμερα αμέτρητος αριθμός φωτογραφικών μηχανών έχει κατασκευαστεί. Η εξέλιξη των φωτογραφικών μηχανών και η

εφαρμογή σ' αυτές των ανακαλύψεων της ηλεκτρονικής τις έχει καταστήσει πολύπλοκες στην κατασκευή αλλά πανεύκολες στη χρήση. Η αρχή λειτουργίας όμως των σύγχρονων φωτογραφικών μηχανών και αυτών που κατασκευάστηκαν για πρώτη φορά παραμένει ίδια. Η φωτογραφία είναι μια διαδικασία δημιουργίας ειδώλου πάνω σε ένα φιλμ με επικάλυψη από φωτοευαίσθητα υλικά. Η όλη διαδικασία στηρίζεται στους κανόνες της γεωμετρικής οπτικής. Η φωτεινή ενέργεια που φτάνει στο φιλμ προκαλεί χημικές αντιδράσεις με αποτέλεσμα την αποτύπωση της εικόνας σ' αυτό.

Η όλη διαδικασία μοιάζει με την αποτύπωση μιας εικόνας στον αμφιβληστροειδή χιτώνα του ματιού μας (σχήμα 4-27). Μπορούμε

Λοιπόν να ισχυριστούμε ότι οι φωτογραφικές μηχανές είναι (μηχανικά) αντίγραφα του ματιού. Το ρόλο του βολβού παίζει ο σκοτεινός θάλαμος, το ρόλο του αμφιβληστροειδούς το φιλμ, το ρόλο της ίριδας το διάφραγμα και το ρόλο του φακού του ματιού ένα σύστημα φακών.



4-27 Η δημιουργία ειδώλου στον αμφιβληστροειδή χιτώνα και στο φιλμ γίνεται με παρόμοιο τρόπο.

Πώς είναι

Η φωτογραφική μηχανή είναι ένα κουτί αδιαπέραστο στο φως (σκοτεινός θάλαμος), που έχει όλα εκείνα τα οπτικά και μηχανικά συστήματα για την εύκολη λήψη φωτογραφιών.

Τα οπτικά συστήματα που φέρει μια σύγχρονη φωτογραφική μηχανή είναι:

- ο φακός,
- το σύστημα σκόπευσης - εστίασης και
- το φωτόμετρο.

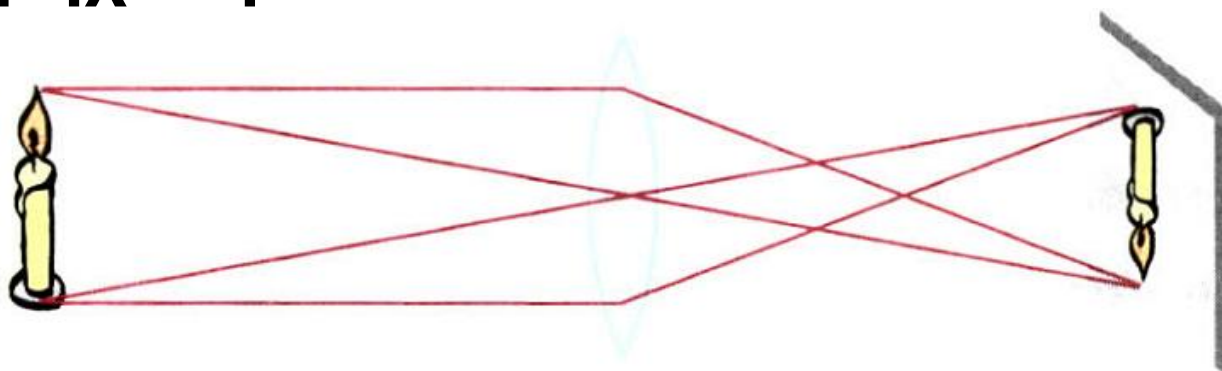
Τα βασικά μηχανικά συστήματα είναι:

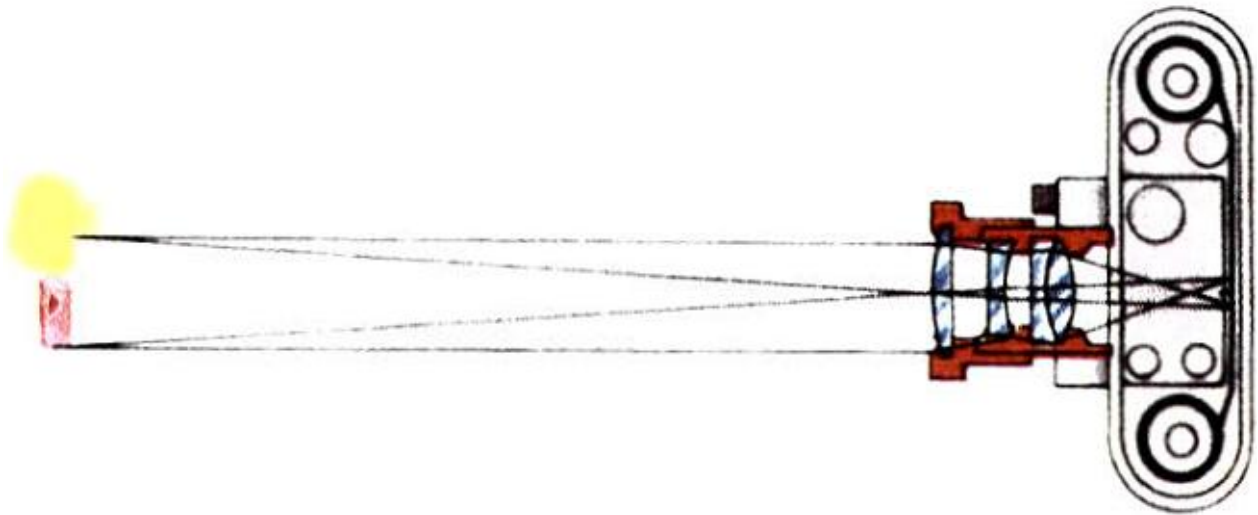
- το κλείστρο και
- ο μηχανισμός μετακίνησης του φιλμ.

Τα οπτικά συστήματα

Ο φακός. Είναι ένα σύστημα φακών (σύνθετος φακός), η απόσταση του

οποίου από το φιλμ μεταβάλλεται
Έτσι είναι δυνατή η εστίαση των
ειδώλων διάφορων αντικειμένου
πάνω στο φιλμ. Το όλο σύστημα
συμπεριφέρεται ως ένας συγκλίνων
φακός κι έτσι στο φιλμ σχηματίζεται
είδωλο μικρότερο του αντικειμένου
και αναποδογυρισμένο. Στα παρα-
κάτω σχήματα φαίνεται: (α) η πο-
ρεία των ακτίνων από το αντικείμε-
νο μέσα από ένα συγκλίνοντα φακό
και η δημιουργία του ειδώλου πάνω
σε ένα πέτασμα και (β) η πορεία
των ακτινών σε μια φωτογραφική
μηχανή.

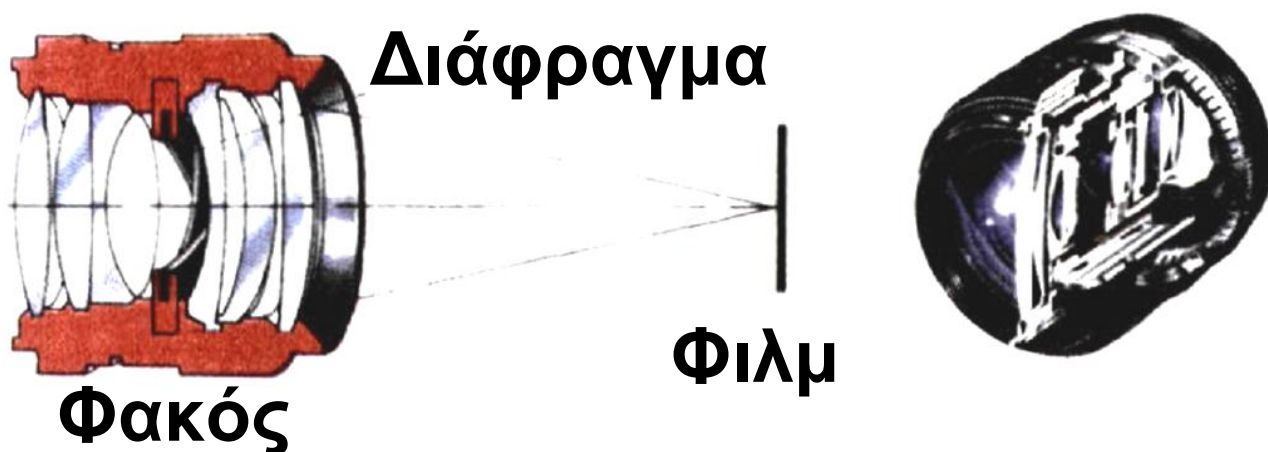




Μεταξύ των στοιχείων του φακού υπάρχει πάντα ένα σύστημα άλλοηλοεπικαλυπτόμενων μεταλλικών ελασμάτων, που είναι διαταγμένα έτσι, ώστε να δημιουργούν μεταξύ τους ένα κυκλικό άνοιγμα (οπή) μεταβλητής διαμέτρου (σχήμα 4-28). Το σύστημα αυτό ονομάζεται διάφραγμα ή κεντρικός φωτοφράχτης και ρυθμίζει τη φωτεινότητα του ειδώλου (όπως και η ίριδα του ματιού).



4-28 Το διάφραγμα και η ίριδα. Όταν έχουμε πολύ φωτισμό, το άνοιγμα είναι μικρό και, όταν έχουμε λίγο φωτισμό, το άνοιγμα είναι μεγάλο.



4-29 Το σύστημα «φακός» της φωτογραφικής μηχανής περιέχει το διάφραγμα στο εσωτερικό του.

Οι παράγοντες που επηρεάζουν τη σαφήνεια και την καθαρότητα του ειδώλου (και επομένως της φωτογραφίας) είναι η εστιακή απόσταση






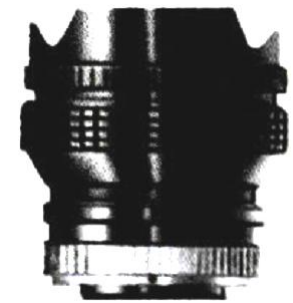
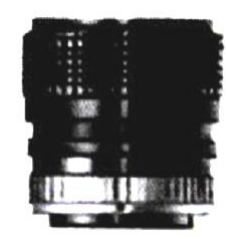

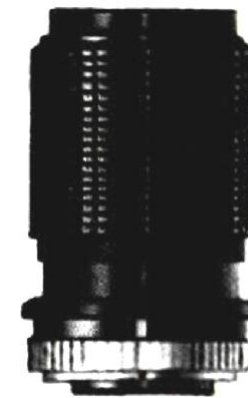

του φακού και το άνοιγμα του φακού, δηλαδή η διάμετρος της οπής του διαφράγματος.

Γενικά το είδωλο είναι ανάλογο του τετραγώνου της εστιακής απόστασης του φακού. Έτσι μια φωτογραφική μηχανή με «εκατοστάρη» φακό, δηλαδή φακό εστιακής απόστασης $f = 100\text{mm}$, δημιουργεί είδωλο τέσσερις φορές μεγαλύτερο του ειδώλου που σχηματίζει φακός με $f = 50\text{mm}$.

Φωτογραφίζοντας το ίδιο αντικείμενο με έναν «πεννηντάρη» και έναν «εκατοστάρη» φακό, τότε, αν με τον «πεννηντάρη» αποτυπώνεται ολόκληρο το αντικείμενο στο φιλμ, με τον «εκατοστάρη» θα αποτυπωθεί το $1/4$ του αντικειμένου. Επομένως με φακούς μεγάλης εστιακής απόστασης μπορούμε να φωτογραφίζουμε τμήματα του αντικειμένου.

Για την αποτύπωση όλου του αντικειμένου στο φιλμ πρέπει: (α) ή να μετακινηθεί ο φωτογράφος, αν η μηχανή διαθέτει ένα μόνο φακό, (β) ή να αλλάξει φακό, (γ) ή να αλλάξει την εστιακή απόσταση του φακού, εφόσον η μηχανή έχει τη δυνατότητα αυτή. Στο σχήμα 4-30 φαίνεται ο ρόλος της εστιακής απόστασης του φακού.

(σχήμα στην επόμενη σελίδα)

				
<p>Φακός 38/40mm</p> 	<p>Φακός 38/40mm</p> 	<p>Φακός 60mm</p> 	<p>Φακός 80mm</p> 	<p>Φακός 120mm</p> 

4-30 Το ίδιο θέμα έχει φωτογραφηθεί με πέντε διαφορετικούς φακούς από την ίδια απόσταση.

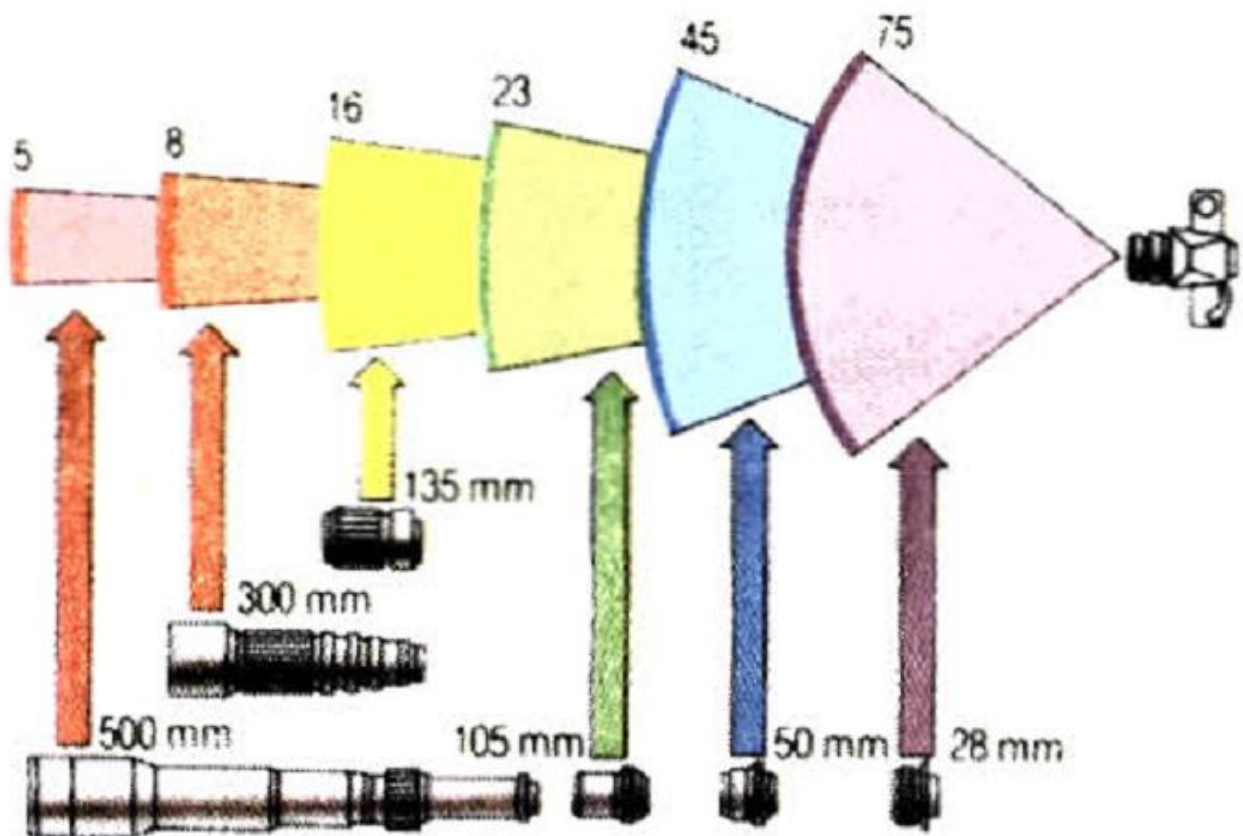
Η διάμετρος της οπής του διαφράγματος ονομάζεται ενεργό διάφραγμα d και ο λόγος της εστιακής απόστασης του φακού προς το ενεργό διάφραγμα ονομάζεται εστιακός λόγος E .

Δηλαδή: εστιακός λόγος = εστιακή απόσταση φακού / ενεργό διάφραγμα ή $E=f/d$.

Πάνω στους φακούς είναι χαραγμένη μια κλίμακα με αριθμούς, όπως π.χ. 19 - 11 - 8 - 5,6 - 4 - 2,8 - 2 - 1,4. Αυτές είναι οι τιμές του εστιακού λόγου του φακού. Η μετάβαση από μία τιμή του εστιακού λόγου στην αμέσως μικρότερη συνεπάγεται και διπλασιασμό του φωτισμού του φιλμ.

Πάνω σε κάθε φακό αναγράφονται η εστιακή του απόσταση (π.χ. 50mm), καθώς και η μέγιστη διάμετρος του (π.χ. $f/2,8$), που αποτε-

λούν τα χαρακτηριστικά γνωρίσματά του. Στις φωτογραφικές μηχανές στις οποίες υπάρχει δυνατότητα αλλαγής των (ρακών αυτοί χαρακτηρίζονται ως: **Κανονικοί φακοί:** Καλύπτουν οπτικό πεδίο 52° περίπου. **Ευρυγώνιοι:** Με εστιακή απόσταση μικρότερη των κανονικών, καλύπτουν οπτικό πεδίο μεγαλύτερο των 52° . **Τηλεφακοί:** Με εστιακή απόσταση μεγαλύτερη των κανονικών, καλύπτουν οπτικό πεδίο μικρότερο των 52° . **Zoom:** Με μεταβλητή εστιακή απόσταση, χρησιμοποιούνται για φωτογράφιση αντικειμένων από μικρές αποστάσεις. **Macro:** Για φωτογραφίες από πάρα πολύ μικρή απόσταση.



4-31 Φακοί διάφορων εστιακών αποστάσεων σε αντιστοιχία με το οπτικό πεδίο που καλύπτουν.

Συστήματα σκόπευσης – εστίασης
Υπάρχουν τρία βασικά είδη σκοπεύτρου:

α. Τα άμεσης όρασης, που αποτελούνται από έναν απλό σωλήνα τοποθετημένο στο πάνω μέρος ή στο πλάι του κιβωτίου της μηχανής. Με αυτό το είδος σκοπεύτρου

έχουμε μια κατά προσέγγιση άποψη του αντικειμένου που φωτογραφίζουμε και το πρόβλημα αυτό γίνεται εντονότερο για πολύ κοντινές φωτογραφίες. Επίσης στις μηχανές που χρησιμοποιούν αυτό το σύστημα σκόπευσης ποτέ δε γνωρίζουμε αν η εστίαση είναι σωστή ή ακόμη αν τα δάχτυλά μας είναι μπροστά στο φακό. Γι' αυτό το λόγο οι σύγχρονες φωτογραφικές μηχανές χρησιμοποιούν τα παρακάτω δύο συστήματα σκόπευσης - εστίασης.

β. Το ανακλαστικό σύστημα. Η εστίαση και η σκόπευση με αυτό το σύστημα γίνεται μέσω του φακού. Αυτό επιτυγχάνεται με τη βοήθεια ενός καθρέπτη που είναι τοποθετημένος μεταξύ φακού και φιλμ. Το επίπεδο του καθρέπτη σχηματίζει γωνία 45° με τον άξονα του φακού.

Ο καθρέπτης εκτρέπει τις ακτίνες προς τα πάνω κατά 90° . Το είδωλο αποτυπώνεται σε ένα γυαλί ματ ή σε μια έδρα πρίσματος (πενταπρίσματος) εκτροπής 90° .



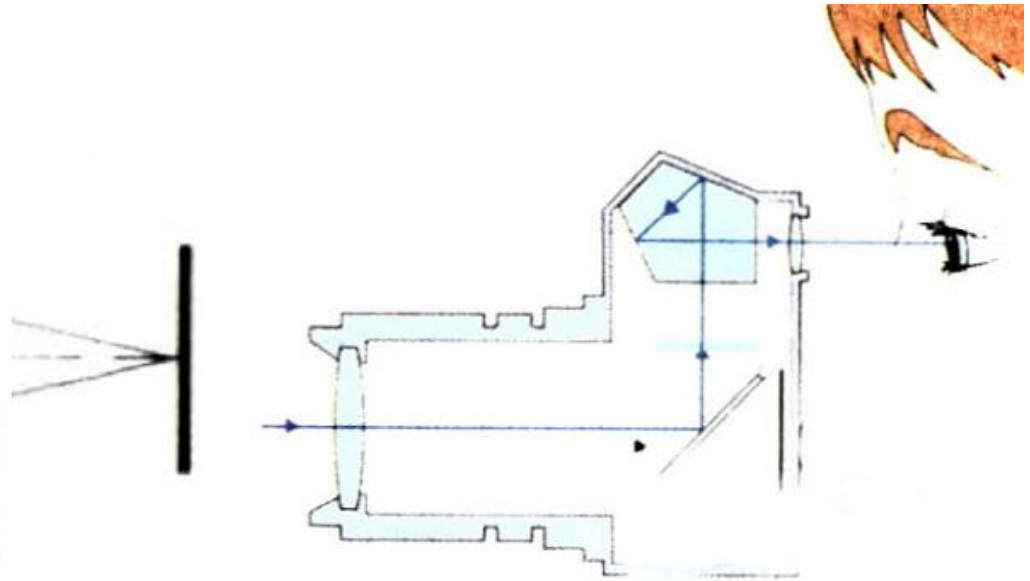
4-32 Φωτογραφική μηχανή με σύστημα άμεσης όρασης.

Οι αποστάσεις φακού - κατόπτρου - γυαλιού ματ και φακού - φιλμ είναι ίσες, οπότε το είδωλο που σχηματίζεται στο γυαλί ματ ή στο πρίσμα είναι αυτό που θα σχηματιστεί στο φιλμ. Η σκόπευση - εστίαση γίνεται είτε παρατηρώντας άμεσα το γυαλί ματ είτε μέσω του συστήματος πρίσματος - μεγεθυντικού φακού, όπως στο σχήμα 4-33. Όταν πατη-

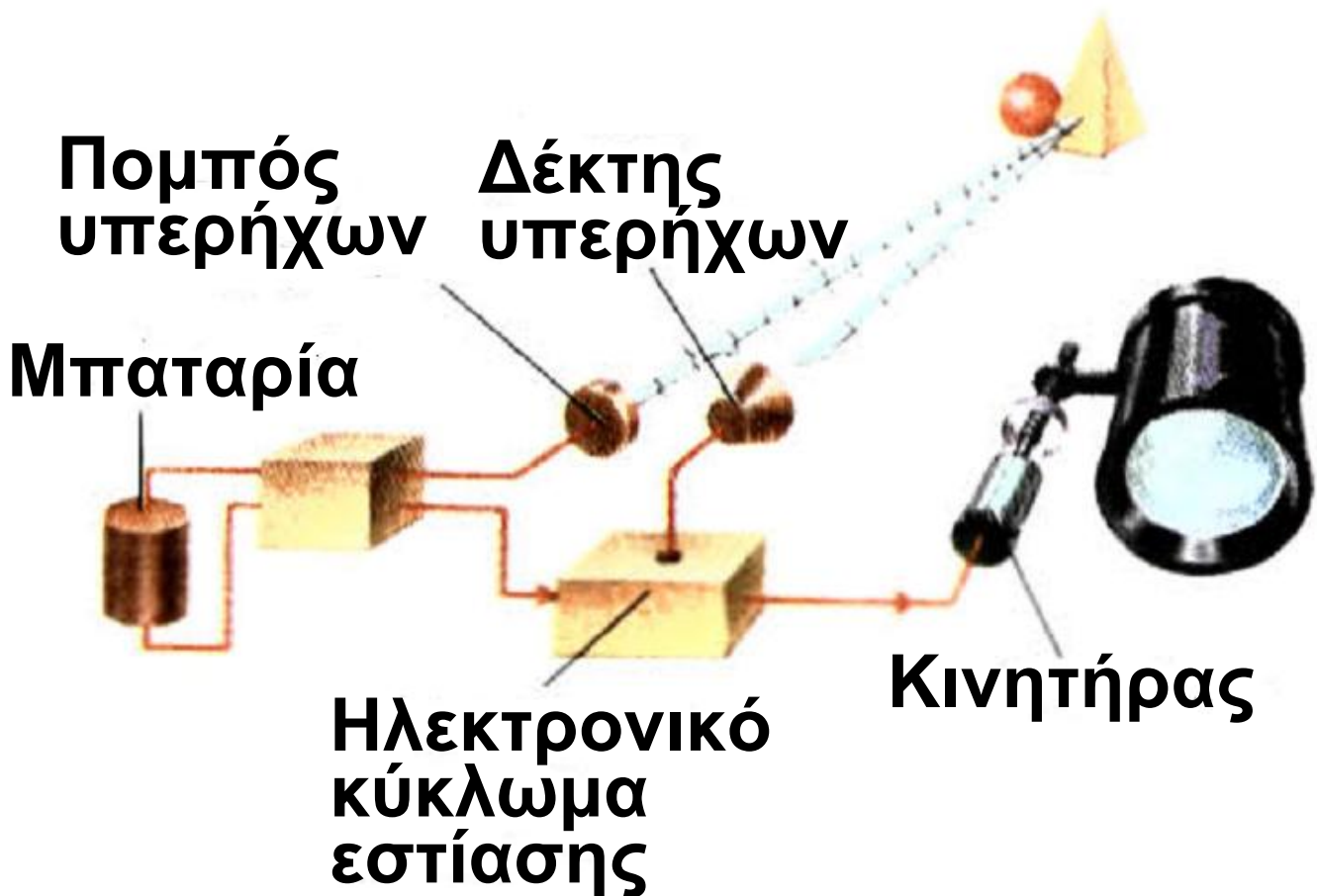
θεί το κουμπί για λήψη φωτογραφίας, ο καθρέπτης παραμερίζεται από τη θέση του και επανέρχεται σ' αυτή μετά την έκθεση του φιλμ στο φως.

γ. Το τηλεμετρικό σύστημα. Η εστίαση με αυτό το σύστημα επιτυγχάνεται, όταν τα δύο είδωλα του αντικειμένου που δίνει το τηλέμετρο συμπέσουν. Αυτό γίνεται με τη μετακίνηση του φακού με το χέρι ή αυτοματοποιημένα με χρήση υπερήχων (σχήμα 4-34) ή αυτοματοποιημένα με χρήση υπέρυθρων ακτινών.

Πεντάπρισμα
Γυαλί ματ
Φακός
Καθρέπτης
Αντικείμενα



4-33 Η πορεία των ακτίνων σε φωτογραφική μηχανή με ανακλαστικό σύστημα σκόπευσης.



4-34 Τηλεμετρικό αυτόματο σύστημα σκόπευσης με χρήση υπερήχων.

Το φωτόμετρο

Είναι μια διάταξη μέσω της οποίας καθορίζεται αυτόματα ο χρόνος έκθεσης του φιλμ στο φως. Υπάρχουν δύο βασικές κατηγορίες φωτόμετρων: τα φωτόμετρα που μετρούν το φως μέσω του φακού (τα πιο διαδεδομένα) και τα φωτόμετρα

εκτός φακού, που μετρούν το μέσο φωτισμό.

Ο αισθητήρας του φωτόμετρου είναι φωτοστοιχείο, φωτοαντίσταση ή φωτοδίοδος. Η έκθεση του φιλμ στο φως ονομάζεται φωτογραφική έκθεση (ϵ) και ορίζεται ως το γινόμενο του μέσου φωτισμού (B) του φιλμ επί το χρόνο (t) έκθεσης στο φως. Δηλαδή: φωτογραφική έκθεση = (μέσος φωτισμός) \times (χρόνος έκθεσης) ή $\epsilon = Bt$. Ο χρόνος έκθεσης για κάθε φιλμ καθορίζεται από την ευαισθησία του φιλμ και είναι σταθερός.

Κλείστρο



Καρούλι και
ηλεκτροκίνητος
μηχανισμός

Φωτόμετρο

4-35 Τομή σύγχρονης φωτογραφικής μηχανής με ανακλαστικό σύστημα και ενσωματωμένο φωτόμετρο. Οι μηχανές με ανακλαστικό σύστημα ονομάζονται τύπου Reflex

Τα μηχανικά συστήματα

(i) Το κλείστρο η εστιακός φωτοφράχτης. Βρίσκεται ακριβώς μπρο-στά από το φιλμ. Αποτελείται από δύο μικρές «κουρτίνες», στερεωμένες σε καρούλια στα άκρα της πύλης πίσω από την οποία υπάρχει το φιλμ. Οι «κουρτίνες» είναι φτιαγμένες από υλικό αδιαπέραστο στο φως. Τυλίγονται και ξετυλίγονται με ελατήρια. Κατά τη διάρκεια της εστίασης η μία «κουρτίνα» σκεπάζει την πύλη, ενώ η άλλη είναι τυλιγμένη («οπλισμένη» φωτογραφική μηχανή).

Όταν πατηθεί το κουμπί για λήψη φωτογραφίας, ελευθερώνεται το κλείστρο, η «κουρτίνα» που καλύπτει την πύλη τυλίγεται γρήγορα στο καρούλι της και το φιλμ εκτίθεται στο φως. Μετά από προκαθορισμένο χρόνο η δεύτερη «κουρτίνα» ξετυλίγεται, καλύπτοντας την πύλη και διακόπτοντας την έκθεση του φιλμ στο φως.

Η καθιερωμένη κλίμακα έκθεσης του φιλμ στο φως είναι 1, 2, 4, 8, 15, 30, 60, 125, 250, 500, 1000. Οι αριθμοί αυτοί είναι παρονομαστές κλασμάτων του δευτερόλεπτου. Έτσι, όταν τοποθετήσουμε το διακόπτη έκθεσης του φιλμ (αν τον διαθέτει η μηχανή μας) στην ένδειξη 250, τότε ο χρόνος έκθεσης του φιλμ θα είναι ίσος με $1/250s$. Επίσης η μετάβαση από έναν αριθμό (π.χ. 250) στον αμέσως μικρότερο (125) συνεπά-

γεται και διπλασιασμό του χρόνου έκθεσης του φιλμ στο φως. Όταν το κλείστρο επιτρέπει το μέγιστο φωτισμό του φιλμ. κλείνει ένας διακόπτης με τον οποίο ενεργοποιείται το φλας, που μας επιτρέπει τη φωτογράφιση ακόμη και στο σκοτάδι.

(ii) Ο μηχανισμός μετακίνησης του φιλμ είναι χειροκίνητος ή ηλεκτροκίνητος. Αποτελείται από ένα καρούλι, που βρίσκεται μέσα σε ένα φωτοστεγανό κουτί, και από ένα μοχλό ή ένα μοτέρ. Με τη βοήθεια του μοτέρ προωθείται το φιλμ πίσω από την πύλη. Η προώθηση του φιλμ συνοδεύεται και από την επαναφορά του κλείστρου σε κατάσταση λήψης φωτογραφίας («οπλισμός»). Μετά τη λήψη όλων των φωτογραφιών που μας επιτρέπει το φιλμ, το επαναφέρουμε στο φωτοστεγανό κυλινδρικό κουτί του

με το μηχανισμό μετακίνησης του. Δεν πρέπει να παραλείψουμε να αναφέρουμε ότι στις ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές δεν υπάρχει φιλμ και η «πληροφορία – φωτογραφία» καταγράφεται στο μαγνητικό δίσκο της μηχανής, από όπου και «διαβάζεται» με τη βοήθεια ηλεκτρονικού υπολογιστή. Στη συνέχεια, αφού υποστεί την επεξεργασία που επιθυμούμε, τυπώνεται.

(α)



(β)



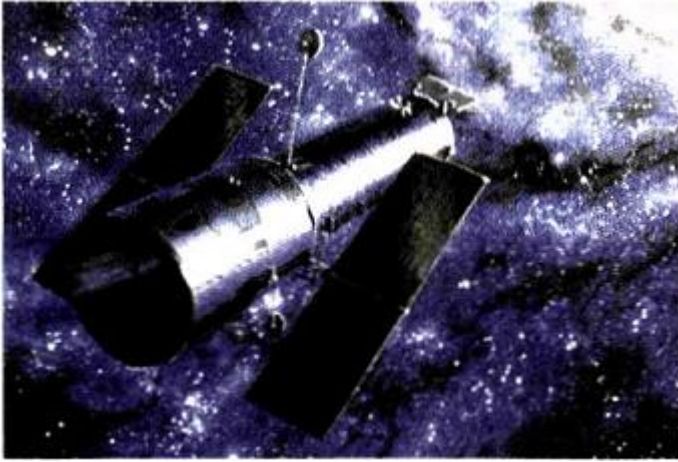
4-36 (α) Ψηφιακή μηχανή 1999 και (β) σύστημα εκτύπωσης.

4.4 ΦΩΤΟΣΤΟΙΧΕΙΑ

Οι ανάγκες της ανθρωπότητας για ενέργεια συνεχώς αυξάνουν. Όμως οι κύριοι φυσικοί πόροι ενέργειας, όπως το πετρέλαιο και το κάρβουνο, μειώνονται και σύντομα θα εξαντληθούν. Επίσης η μόλυνση που προκαλείται στο περιβάλλον από τη χρήση τους είναι μεγάλη. Η χρήση της πυρηνικής ενέργειας, όπως γίνεται μέχρι σήμερα, εγκυμονεί πολλούς κινδύνους και μολύνει ανεπανόρθωτα το περιβάλλον. Για τους παραπάνω λόγους η έρευνα στράφηκε στις ανεξάντλητες πηγές ενέργειας. Μία από αυτές τις πηγές είναι ο Ήλιος.

Η κατασκευή διατάξεων μετατροπής της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική είναι πολύ μεγάλης σημασίας για την επίλυση του μελλοντικού ενεργειακού προβλήματος. Έτσι οι

ερευνητές κατασκεύασαν τέτοιες διατάξεις, τα φωτοστοιχεία.



4-37 Το τηλεσκόπιο Χαμπλ. το «ανθρώπινο μάτι» στο διάστημα. Διακρίνονται τα δύο μεγάλα φωτοβολταϊκά τόξα που το τροφοδοτούν με ενέργεια.

Τι είναι

Τα φωτοστοιχεία ή φωτοβολταϊκά στοιχεία είναι διατάξεις μετατροπής της ηλιακής - φωτεινής ενέργειας σε ηλεκτρική (σε ποσοστό μέχρι 20%). Η λειτουργία τους στηρίζεται στο φωτοβολταϊκό φαινόμενο, δηλαδή το φαινόμενο κατά το οποίο, όταν πέφτει φως πάνω σε ορισμένα υλι-

κά, τότε στα άκρα τους αναπτύσσεται τάση.

Στα φωτοστοιχεία γίνεται χρήση της ικανότητας των ημιαγωγών να επιτρέπουν τη μετακίνηση των ηλεκτρονίων προς μία κατεύθυνση. Τα πρώτα φωτοστοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν σε πρακτικές εφαρμογές είχαν κατασκευαστεί από σελήνιο και οξειδία του χαλκού. Στη συνέχεια, και με την ανάπτυξη της τεχνολογίας στην επεξεργασία του πυριτίου, κατασκευάστηκαν φωτοστοιχεία από πυρίτιο, κυρίως για διαστημικές εφαρμογές.

Η προσπάθεια για μείωση του κόστους οδήγησε στην κατασκευή φθηνών φωτοστοιχείων πυριτίου. Η απόδοση όμως αυτών και η διάρκεια ζωής τους είναι μικρή. Τέτοια φωτοστοιχεία χρησιμοποιούνται σήμερα ως κύρια ή βοηθητική πηγή

ενέργειας σε μικρές ηλεκτρονικές συσκευές, όπως λόγου χάρη στις φορητές αριθμομηχανές (κομπιουτεράκια).

Επίσης κατασκευάστηκαν φωτοστοιχεία μεγαλύτερης απόδοσης και διάρκειας ζωής από διάφορα υλικά.



4-38 Αριθμομηχανή που λειτουργεί με φωτοστοιχεία.

Πώς είναι

Ένα από τα πρώτα φωτοστοιχεία που κατασκευάστηκαν αποτελείται από μεταλλικό δίσκο πάνω στον οποίο υπάρχει λεπτή επίστρωση ημιαγώγιμου υλικού, π.χ. σεληνίου (Se). Η επίστρωση είναι τόσο λεπτή, ώστε να είναι διαπερατή από το φως.

Ένα φωτοστοιχείο πυριτίου έχει δύο στρώσεις πυριτίου, η καθεμία από τις οποίες έχει κάποια πρόσμειξη. Λόγου χάρη, η πρώτη στρώση έχει πρόσμειξη φωσφόρου (P) και είναι πολύ λεπτή, ενώ η άλλη στρώση είναι παχύτερη και έχει πρόσμειξη βαρίου (Ba).

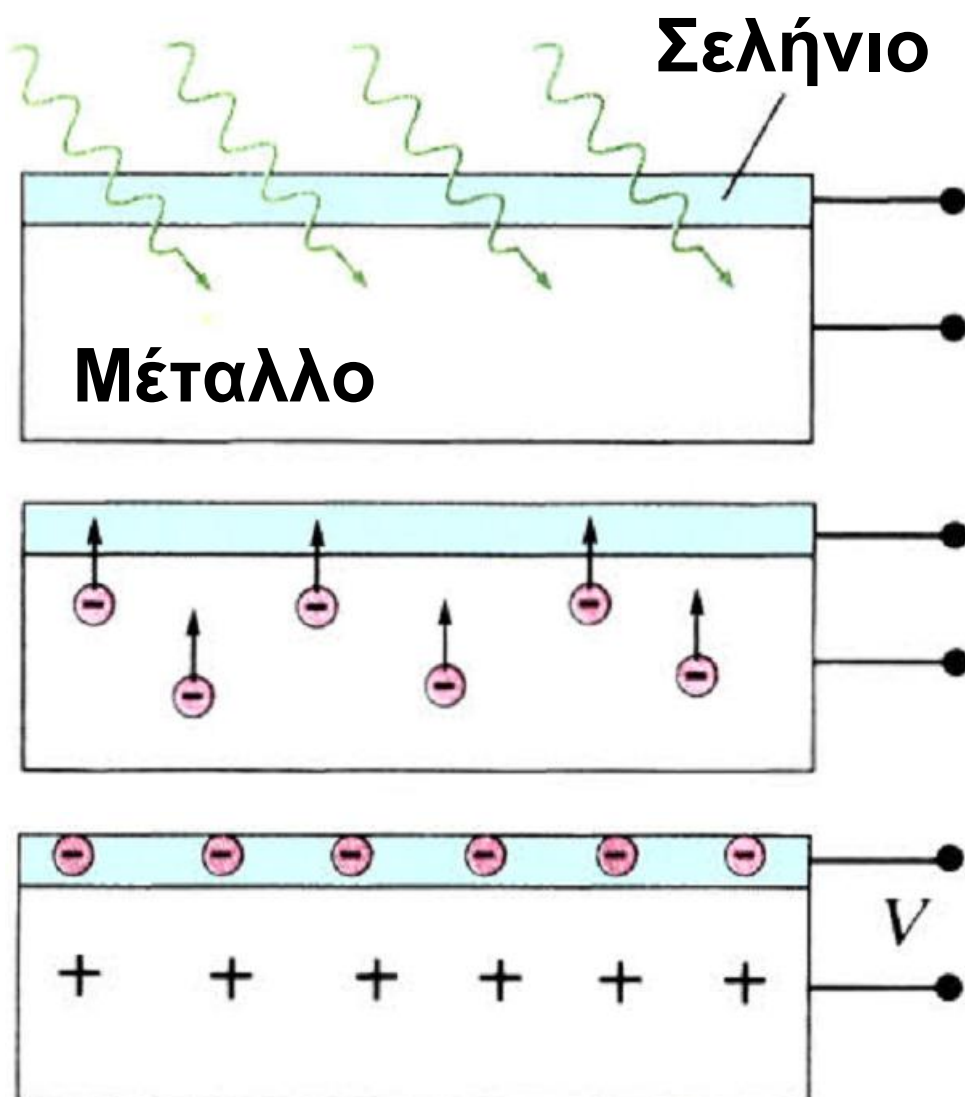
Οι δύο στρώσεις είναι συσκευασμένες μέσα σε στεγανό πλαίσιο, ώστε να προστατεύονται από τη σκόνη, την υγρασία κτλ.

Η εξωτερική επιφάνεια του λεπτού στρώματος εκτίθεται στο ηλιακό φως. Για το λόγο αυτό η επιφάνεια του υλικού που την καλύπτει είναι αντιανακλαστική, για να μην ανακλάται το φως.

Πώς λειτουργούν

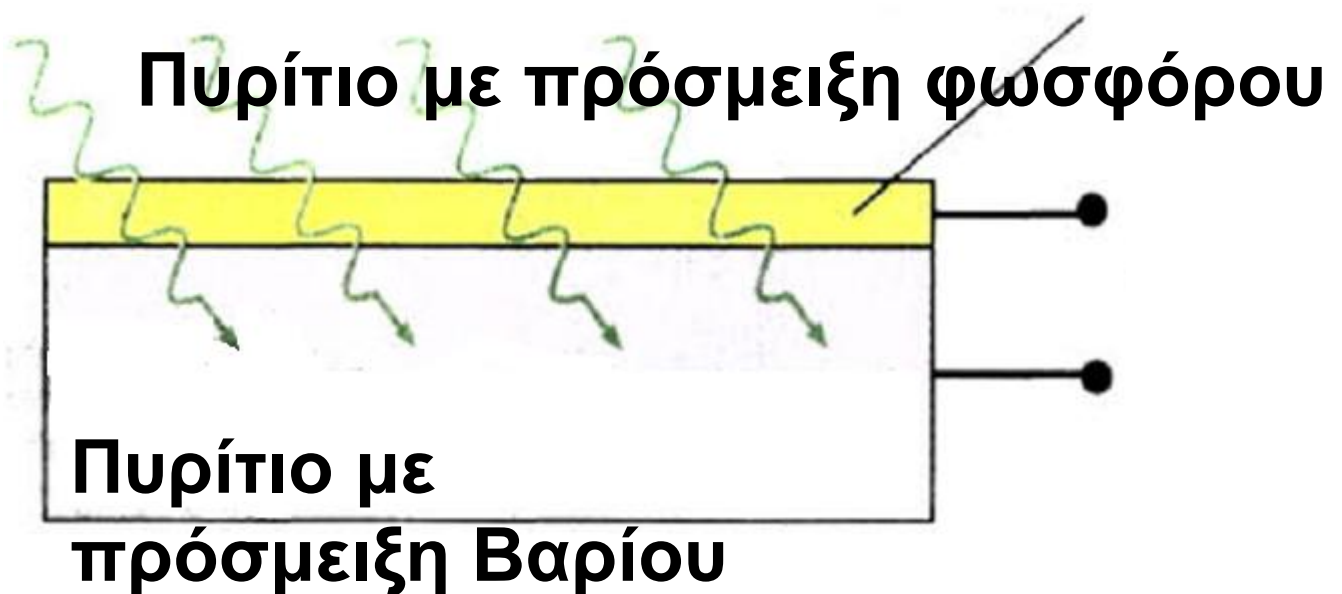
Φωτίζοντας ένα φωτοστοιχείο μετάλλου - ημιαγωγού, τα φωτόνια περνούν από το ημιαγώγιμο υλικό

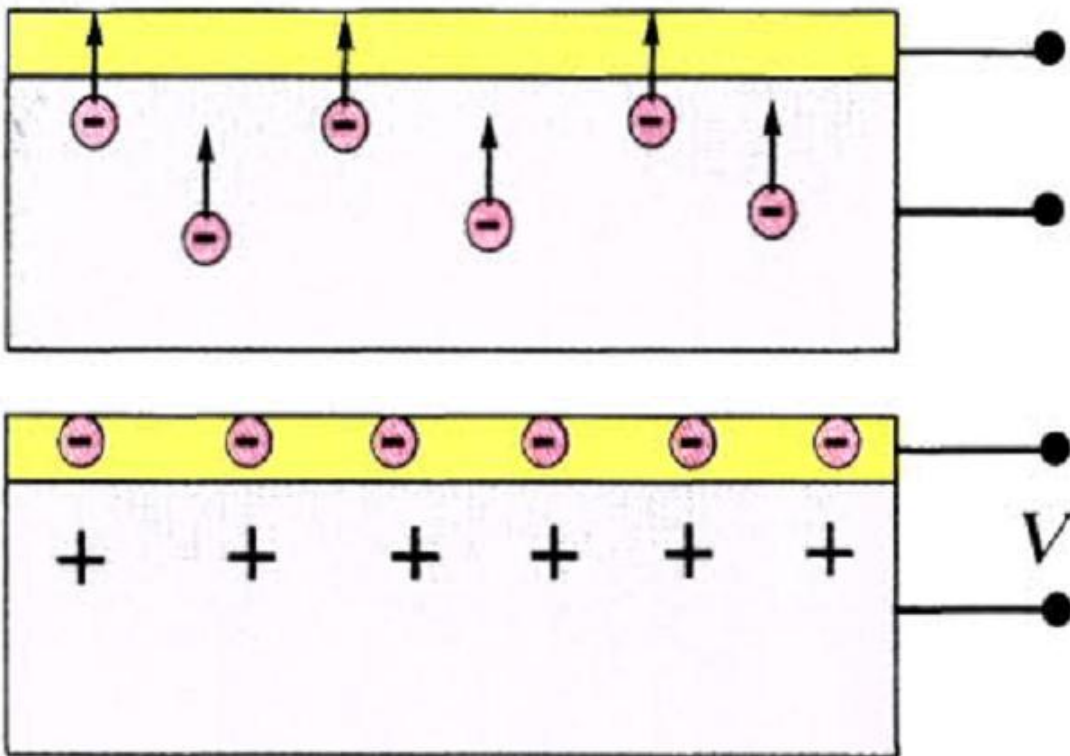
και φτάνουν στο μέταλλο. Από το μέταλλο αποσπώνται ηλεκτρόνια και διεισδύουν στο ημιαγώγιμο στρώμα. Έτσι το ημιαγώγιμο υλικό φορτίζεται αρνητικά, ενώ ο μεταλλικός δίσκος θετικά. Μεταξύ του αρνητικού στρώματος και του θετικού μεταλλικού δίσκου εμφανίζεται τάση.



4-39 Σχηματική παράσταση της δημιουργίας τάσης στα άκρα ενός φωτοστοιχείου μετάλλου - σεληνίου (Se).

Στα φωτοστοιχεία πυριτίου, όταν το φως προσπίπτει στην επιφάνειά τους, τα απορροφώμενα φωτόνια προκαλούν την εμφάνιση τάσης μεταξύ των δύο στρώσεων με παρόμοιο τρόπο. Η τάση μεταξύ των δύο στρώσεων κυμαίνεται από 0,5 έως περίπου 1Volt, ανάλογα με την ένταση του προσπίπτοντος φωτός.





4-40 Σχηματική παράσταση της δημιουργίας τάσης στα άκρα ενός φωτοστοιχείου πυριτίου (Si).

Συνδέοντας τη διάταξη με εξωτερικό κύκλωμα, αυτό διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα, το φωτόρευμα, που αυξάνεται σχεδόν γραμμικά με την ένταση του φωτός.

Επειδή η μέγιστη ισχύς ($P = VI$) των φωτοστοιχείων είναι μικρή, για να δημιουργήσουμε μια πρακτικά χρήσιμη φωτοβολταϊκή γεννήτρια, συν-

δέουμε πολλά φωτοστοιχεία σε σειρά, παράλληλα ή μεικτά, ώστε τελικά η τάση και το ολικό ρεύμα να καλύπτουν τις εκάστοτε απαιτήσεις. Οι φωτοβολταϊκές γεννήτριες ονομάζονται και φωτοβολταϊκές συστοιχίες. Στις εικόνες 4-41, 4-42 παρατηρούμε τέτοιες συστοιχίες που τροφοδοτούν μία κατοικία και ένα μύλο σε λούνα παρκ.

Εφαρμογές

Η χρήση των φωτοβολταϊκών συστοιχιών πάνω στη Γη είναι μικρή και συνήθως περιορίζεται στην επαναφόρτιση συσσωρευτών που τροφοδοτούν σηματοδότες σιδηροδρόμων, φάρους, τηλεφωνικές γραμμές κτλ. Βέβαια υπάρχουν και μεγάλες συστοιχίες, που τροφοδοτούν εγκαταστάσεις άντλησης νερού και ύδρευσης, επιστημονικά εργαστήρια, κίνηση πρότυ-

πων αυτοκινήτων και αεροσκαφών κτλ. Το κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας αυτών είναι ακόμα πολύ μεγάλο, για να συναγωνιστούν τις συμβατικές πηγές ενέργειας (πετρελαίου, πυρηνικής ενέργειας κτλ.).

Η συνεχής μείωση του κόστους και η βελτίωση της τεχνολογίας κατάσκευής τους ίσως βοηθήσει την ανθρωπότητα στην άντληση ενέργειας μόνο από τον Ήλιο με διάφορες τεχνικές μεθόδους.

Φανταστείτε την ηλιακή ενέργεια να συλλέγεται από τεράστιες φωτοβολταϊκές συστοιχίες, που θα είναι τοποθετημένες σε δορυφόρους, και να στέλνεται με μορφή ραδιοκυμάτων σε ειδικούς σταθμούς στη Γη. Έτσι η ανθρωπότητα θα εξασφαλίσει την απαιτούμενη ενέργεια από τον Ήλιο και τα οικολογικά προβλή-

ματα (π.χ. φαινόμενο θερμοκηπίου, τρύπα του όζοντος κτλ.), που δημιουργούν οι ρυπογόνες βιομηχανίες, θα λυθούν.

Επίσης τα φωτοστοιχεία χρησιμοποιούνται στις κινηματογραφικές μηχανές προβολής για την παραγωγή ήχου. Όταν προβάλλεται μια κινηματογραφική ταινία, μια λεπτή δέσμη φωτός προσπίπτει κοντά στην άκρη του φιλμ. Στην περιοχή αυτή του φιλμ υπάρχει μια άλλη-λουχία διαφανών σχημάτων. Πίσω από το φιλμ υπάρχει ένα φωτοκύτταρο. Με το πέρασμα του φιλμ στη μηχανή προβολής τα διαφανή αυτά σχήματα διαφοροποιούν το ποσό του φωτός που προσπίπτει στο φωτοκύτταρο. Έτσι αυξομοιώνεται το φωτόρευμα. Στη συνέχεια άλλες συσκευές μετατρέπουν αυτές τις αυξομοιώσεις του ρεύματος σε ήχο.



4-41 Σύγχρονη κατοικία τροφοδοτείται με φωτοβολταϊκή συστοιχία.



4-42 Ο μύλος του λούνα παρκ λειτουργεί με ρεύμα που προέρχεται από φωτοβολταϊκή συστοιχία.



4-43 Φωτοβολταϊκό πάρκο στη Σητεία Κρήτης ισχύος 172kW.



**Παροχή ενέργειας
από τον Ήλιο για τη
λειτουργία συσκευών
σε διαστημικό όχημα.
συστοιχία.**

4.5 LASER

Τι είναι

Τα lasers είναι διατάξεις παραγωγής (οπτικών) ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων με τη μέθοδο της «εξαναγκασμένης εκπομπής ακτινοβολίας».

Η λέξη laser (λείζερ) προέρχεται από τα αρχικά των λέξεων «Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation» που στα ελληνικά σημαίνει «ενίσχυση φωτός με εξαναγκασμένη εκπομπή ακτινοβολίας». Όπως γίνεται λοιπόν αντιληπτό, το laser είναι ένας ενισχυτής φωτός.

Ιστορικά αναφέρουμε ότι ο Albert Einstein είχε αποδείξει τη δυνατότητα ύπαρξης της «εξαναγκασμένης εκπομπής ακτινοβολίας» από το 1917.

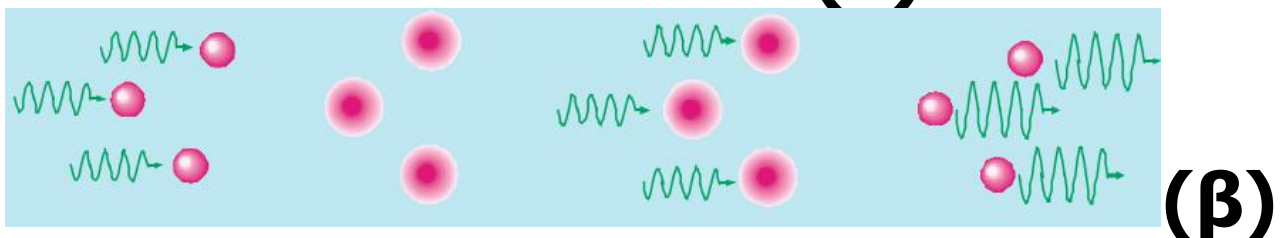
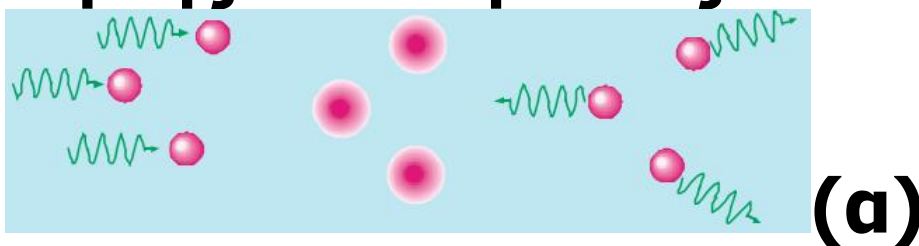
Το 1958 υποδείχθηκε η αρχή λειτουργίας του laser από τους C.H. Towns (Τάουνς) και A.L. Schawlow (Σάλοου). Το 1960 κατασκευάστηκε από τον T.H. Maiman (Μέιμαν) το πρώτο laser ρουμπινιού (ρουβιδίου).

Τι είναι η «εξαναγκασμένη εκπομπή ακτινοβολίας»

Όπως είδαμε στους λαμπτήρες, στο πυρακτωμένο νήμα βολφραμίου τα ενεργειακά άλματα (αποδιεγέρσεις) των ατόμων γίνονται με τυχαίο τρόπο και σε τυχαίες χρονικές στιγμές. Αυτού του τύπου η αποδιέγερση και εκπομπή ακτινοβολίας χαρακτηρίζεται ως αυθόρμητη (σχήμα 4-44α).

Για να προκληθεί εξαναγκασμένη αποδιέγερση και εκπομπή ακτινοβολίας, πρέπει ένα διεγερμένο άτομο να «φωτιστεί» από φωτόνιο

ενέργειας ίσης με την ενεργειακή διαφορά δύο ενεργειακών σταθμών. Τότε εκπέμπεται από το άτομο ένα φωτόνιο πανομοιότυπο με αυτό που του προκάλεσε την αποδιέγερση. Το φωτόνιο που προκάλεσε την αποδιέγερση και αυτό που εκπέμφθηκε κατά την αποδιέγερση προστίθενται και δημιουργούν κατά την έξοδό τους ακτινοβολία διπλάσιας έντασης από εκείνη που χρησιμοποιήθηκε για τη διέγερση (σχήμα 4-44β). Έτσι έχουμε ενίσχυση της ακτινοβολίας.



4-44 Αλληλεπίδραση ατόμου - ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. (α) Διέγερση και αυθόρμητη εκπομπή,

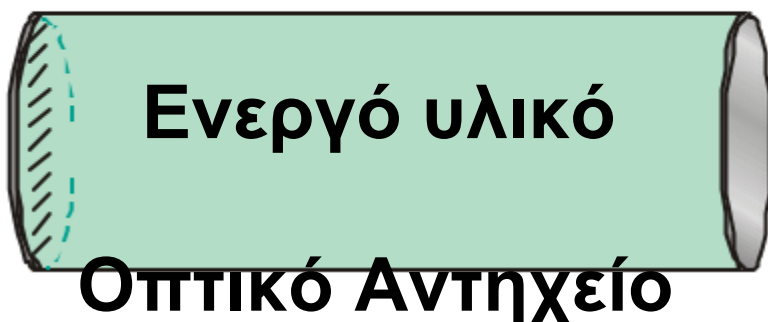
(β) Διέγερση και εξαναγκασμένη εκπομπή.

Πώς είναι

Υπάρχουν πολλοί τύποι laser. Ο κάθε τύπος έχει δικά του χαρακτηριστικά και κατασκευαστικές λεπτομέρειες. Παρ' όλα αυτά υπάρχουν ορισμένες βασικές αρχές στη λειτουργία τους, κοινές για όλους τους τύπους. Τα τμήματα που μπορούμε να διακρίνουμε σε μία διάταξη laser είναι:

- το ενεργό υλικό,
- το οπτικό αντηχείο ή κοιλότητα συντονισμού και
- το τμήμα διαδικασίας άντλησης

Τμήμα διαδικασίας άντλησης



4-45 Σχηματική παράσταση μιας διάταξης laser.

Πώς λειτουργούν

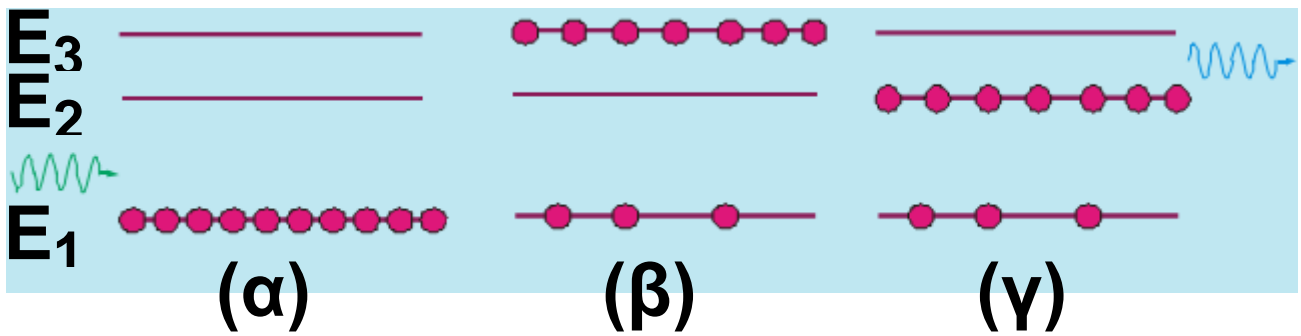
Με τη βοήθεια της διάταξης laser ρουβιδίου θα προσπαθήσουμε να κατανοήσουμε τον τρόπο λειτουργίας οποιασδήποτε διάταξης laser και το ρόλο κάθε τμήματος της.

Το ενεργό υλικό σ' αυτό τον τύπο laser είναι το ρουβίδιο (ρουμπίνι), δηλαδή το τριοξείδιο του αργιλίου (Al_2O_3) με προσμείξεις χρωμίου. Οι ενεργειακές στάθμες του ρουβιδίου που προσφέρονται για την παραγωγή ακτίνων lasers είναι τρεις.

Σε συνηθισμένες συνθήκες τα περισσότερα άτομα βρίσκονται στη θεμελιώδη στάθμη (E_1). Φωτίζοντας το ρουμπίνι με πράσινο φως, τα ιόντα του διεγείρονται και ανέρχονται στη στάθμη E_3 . Η διαδικασία

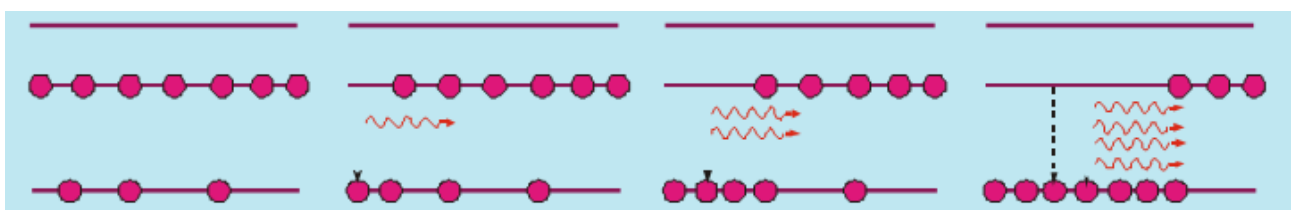
αυτή ονομάζεται άντληση (σχήμα 4-46α, β). Στη στάθμη E_3 παραμένουν απειροελάχιστο χρόνο και μεταπίπτουν αυθόρμητα στην E_2 , που είναι στάθμη χαμηλότερης ενέργειας. Η διάρκεια παραμονής τους στην E_2 είναι πολύ μεγαλύτερη από ό,τι στην E_3 . Τέλος επιστρέφουν στη θεμελιώδη E_1 .

Η μεγάλη σχετικά διάρκεια παραμονής των ατόμων στην E_2 έχει ως αποτέλεσμα να βρίσκονται στην ενεργειακή αυτή κατάσταση περισσότερα άτομα από ό,τι στη θεμελιώδη. Η κατάσταση αυτή είναι αντίθετη από τη φυσιολογική, λέγεται **αντίστροφη πληθυσμών** (σχήμα 4-46γ) και συντηρείται με την αδιάκοπη άντληση από τη στάθμη E_0 στη στάθμη E_2 .



4-46 (α), (β) Διαδικασία άντλησης και (γ) αντιστροφή πληθυσμών.

Όταν ένα άτομο μεταπίπτει από τη στάθμη E_2 στην E_1 , εκπέμπει φωτόνιο συχνότητας $f = (E_2 - E_1)/h$. Το φωτόνιο (από στην πορεία του συγκρούεται με ένα άλλο άτομο, που βρίσκεται στη στάθμη E_2 . Το άτομο αυτό με τη σειρά του εκπέμπει ένα πανομοιότυπο φωτόνιο και μεταπίπτει στη θεμελιώδη στάθμη E_1 . Τα δύο φωτόνια τώρα συγκρούονται με άλλα δύο άτομα, οπότε εκπέμπονται νέα φωτόνια κ.ο.κ.



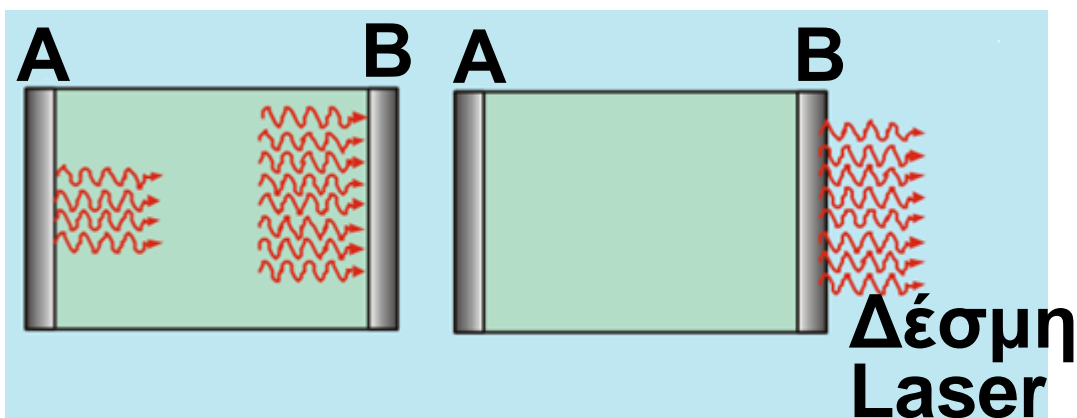
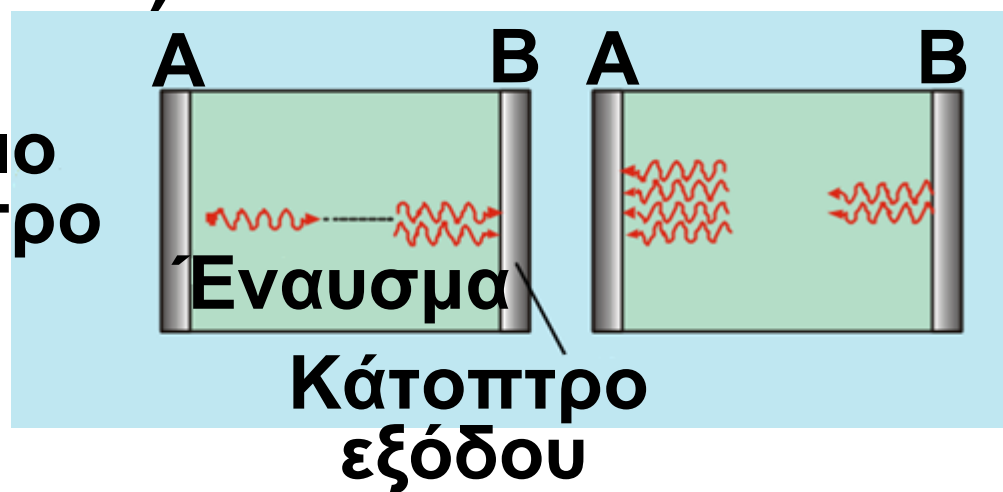
4-47 Σχηματική παράσταση εξαναγκασμένης αποδιέγερσης και δημιουργίας φωτός laser.

Η ράβδος ρουβιδίου τοποθετείται μεταξύ δύο επίπεδων κατόπτρων, όπως φαίνεται στο σχήμα 4-48. Η επιλογή των επίπεδων κατόπτρων είναι τέτοια, ώστε το οπίσθιο (Α) να αντανακλά όλα τα φωτόνια, ενώ το εμπρόσθιο (Β) (κάτοπτρο εξόδου) να είναι ημιπερατό και να επιτρέπει την έξοδο ενός ποσοστού φωτονίων. Το σύστημα των δύο αυτών κατόπτρων ονομάζεται οπτικό αντηχείο.

Οι ακτίνες που ακολουθούν πορεία κατά μήκος της ράβδου, φτάνοντας στο κάτοπτρο Β, ανακλώνται και γυρίζουν πίσω. Στο δρόμο τους αποδιεγείρουν και άλλα άτομα και η δέσμη τους γίνεται πιο ισχυρή. Φτάνοντας στο κάτοπτρο Α ανα-

κλούνται και, ακολουθώντας πορεία προς το κάτοπτρο Β, αποδιεγείρουν στο δρόμο τους πολλαπλάσια άτομα. Έτσι η ισχύς της δέσμης μεγαλώνει τόσο, ώστε ένα μέρος της καταφέρνει να διαπεράσει το ημιδιαφανές κάτοπτρο (Β). Η δέσμη του φωτός που εξέρχεται από το κάτοπτρο (Β) είναι το φως laser (σχήμα 4-48).

Οπίσθιο
κάτοπτρο

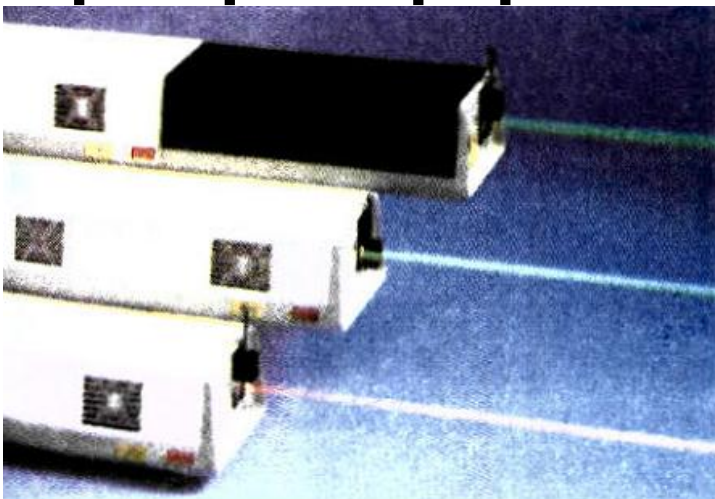


4-48 Σχηματική παράσταση της διαδικασίας παραγωγής φωτός laser.

Χαρακτηριστικά του φωτός laser

Το φως laser που εκπέμπεται έχει τα παρακάτω χαρακτηριστικά, που το διαφοροποιούν από το φως άλλων φωτεινών πηγών:

- **Κατευθυντικότητα.** Η δέσμη φωτός είναι πολύ λεπτή και μένει παράλληλη, ακόμα και αν ταξιδέψει μεγάλες αποστάσεις, όπως από τη Γη στη Σελήνη.



4-49 Εργαστηριακά «κανόνια» lasers με διαφορετικά χρώματα.

- **Μονοχρωματικότητα.** Το φως που εκπέμπεται από μία πηγή laser έχει

μια συγκεκριμένη συχνότητα (χρώμα).

- **Λαμπρότητα.** Η δέσμη laser συγκεντρώνει μεγάλη οπτική ισχύ και, επειδή είναι πολύ λεπτή, είναι χιλιάδες φορές λαμπρότερη από τον Ήλιο. Γι' αυτό το λόγο δεν πρέπει να κατευθύνεται η δέσμη στα μάτια.
- **Συμφωνία φάσης.** Το φωτόνιο που προκαλεί την αποδιέγερση αναδύεται μαζί με το φωτόνιο που εκπέμπεται. Αυτό συμβαίνει σε όλες τις διαδοχικές αποδιεγέρσεις.
- **Εστίαση.** Επειδή έχει μεγάλη κατευθυντικότητα και είναι μονοχρωματική, μπορεί να εστιαστεί με κατάλληλους φακούς.

Εφαρμογές

Ο κατάλογος εφαρμογών των lasers είναι μεγάλος και εμπλουτίζεται με εντυπωσιακή ταχύτητα.

Παρακάτω αναφέρονται μερικές από αυτές:

- **Μέτρηση αποστάσεων.** Με τη βοήθεια του laser μετράμε αποστάσεις πολύ μεγάλες (Γη - Σελήνη, διάμετρος Γης, μέγεθος ενός αστεριού) ή πολύ μικρές (μέγεθος ατόμου) κτλ.
- **Στη βιομηχανία.** Χρησιμοποιούνται ως εργαλεία κοπής και διάτρησης εξαιρετικής λεπτότητας για πολύ σκληρά υλικά, όπως ο χάλυβας και τα διαμάντια, αλλά και στη συγκόλληση.
- **Στην Ιατρική.** Οι γιατροί χρησιμοποιούν νυστέρια lasers στις «λεπτές» εγχειρήσεις (συγκόλληση αμφιβληστροειδούς, πλαστική χειρουργική κτλ.). Η λεπτή δέσμη laser παρέχει μεγάλη ακρίβεια στη χρήση και επιτρέπει αναίμακτες τομές. Επίσης χρησιμοποιούν το laser στα

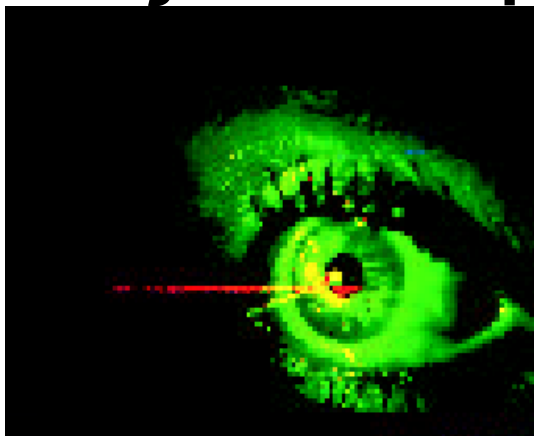
ενδοσκόπια, στη φωτοθεραπεία αλλά και για την απαλλαγή των δοντιών από την «πέτρα».

•Στην πυρηνική σύντηξη. Η μελλοντική κατασκευή των lasers σύντηξης, που θα προκαλέσουν την πυρηνική σύντηξη ελαφρών στοιχείων, όπως το δευτέριο και το τρίτιο (ισότοπα του υδρογόνου), θα απαλλάξει την ανθρωπότητα από τα πυρηνικά απόβλητα και τον κίνδυνο πυρηνικού ατυχήματος στα εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

•Στη στρατιωτική τεχνολογία. Χρησιμοποιούνται για σκόπευση, κατάστροφή στόχων, καθοδήγηση βλημάτων κτλ.

•Στη μουσική και στην τηλεόραση. Εγγράφουν και παίζουν μουσική (CD) και προγράμματα βίντεο.

- Στις τηλεπικοινωνίες.** Η δέσμη laser παρουσιάζει μια ξεχωριστή ικανότητα να μεταφέρει μεγάλο πλήθος πληροφοριών.
- Στην οπτική ολογραφία.** Με τη βοήθεια των lasers επιτυγχάνουμε τρισδιάστατη απεικόνιση αντικειμένων σε φωτοευαίσθητες επιφάνειες ειδικών φιλμς.



4-50 Εγχείρηση ματιού με τη βοήθεια νυστεριού laser.



4-51 Με τη βοήθεια lasers οι μηχανές των καταστημάτων «διαβάζουν» τις τιμές των εμπορευμάτων.





**4-52 Συσκευή
μέτρησης
αποστάσεων με
ακτίνες lasers.**

ΣΥΝΟΨΗ 4ου ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

- Η φωτοβολία των φωτεινών πηγών οφείλεται στην αποδιέγερση ατόμων που έχουν διεγερθεί με διάφορους τρόπους.
- Οι λαμπτήρες αλογόνου είναι λαμπτήρες πυρακτώσεως με τη διαφορά ότι το γυάλινο περίβλημα είναι από χαλαζία και το εσωτερικό τους γεμίζεται όχι μόνο με αδρανές αέριο αλλά και με μικρή ποσότητα ατμών ιωδίου.
- Οι οπτικές ίνες είναι πολύ λεπτές, κυλινδρικές, από γυαλί ή πλαστικό μεγάλης καθαρότητας. Με τη βοήθεια αυτών μπορούμε να «οδηγήσουμε» το φως από μία ακίνητη πηγή σε οποιοδήποτε σημείο θέλουμε.
- Με τη βοήθεια καλωδίων οπτικών ινών, πολύ μικρότερου βάρους και διαμέτρου των αντίστοιχων του

χαλκού, μπορούμε να μεταφέρουμε μεγάλο «όγκο» πληροφοριών χωρίς παράσιτα, συνακροάσεις και κίνδυνο υποκλοπών.

□ Η φωτογραφική μηχανή είναι ένας σκοτεινός θάλαμος που έχει όλα εκείνα τα οπτικά και μηχανικά συστήματα για την εύκολη λήψη φωτογραφιών.

□ Τα φωτοστοιχεία ή φωτοβολταϊκά στοιχεία είναι διατάξεις μετατροπής της ηλιακής – φωτεινής ενέργειας σε ηλεκτρική.

□ Τα lasers είναι ενισχυτές φωτός και η λειτουργία τους βασίζεται στην εξαναγκασμένη εκπομπή ακτινοβολίας.

ΚΥΡΙΟΙ ΟΡΟΙ

- Λαμπτήρας πυρακτώσεως
- Λαμπτήρας φθορισμού
- Φθορισμός

- Οπτικές ίνες
- Ψηφιακή (digital) εκπομπή
- Φωτοστοιχεία
- Φωτοβολταϊκές γεννήτριες
- Laser
- Εξαναγκασμένη εκπομπή ακτινοβολίας
- Άντληση
- Αντιστροφή πληθυσμών

ΟΠΤΙΚΗ ΟΛΟΓΡΑΦΙΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οπτική ολογραφία είναι η τεχνική της τρισδιάστατης απεικόνισης αντικειμένων σε φωτοευαίσθητες επιφάνειες ειδικών φιλμς. Η τεχνική αυτή αξιοποιεί τα φαινόμενα της συμβολής και περίθλασης του φωτός. Ο Denis Gabor είναι αυτός που πρώτος, το 1947, επινόησε τη θεωρητική αρχή της μεθόδου, αν και η ουσιαστική ανάπτυξη της ολογραφίας πραγματοποιήθηκε τη δεκα-

ετία του 1960, μετά το σχεδιασμό και την επιτυχή κατασκευή των πρώτων Lasers. Οι απεικονίσεις αυτές -που καλούνται ολογράμματα- έχουν ένα μοναδικό χαρακτηριστικό: παρουσιάζουν και τις τρεις διαστάσεις του αντικειμένου, ενώ ταυτόχρονα διαθέτουν το φαινόμενο της παράλλαξης. Αυτό σημαίνει ότι, καθώς ο παρατηρητής ενός ολογράμματος μετακινεί δεξιά -αριστερά το κεφάλι του, αλλάζοντας έτσι τη γωνία θέασης, βλέπει διαφορετικές όψεις του ίδιου αντικειμένου που ολογραφήθηκε. Η διαδικασία αυτή θυμίζει την αντίληψη που αποκτά ο προηγούμενος παρατηρητής σαν να έβλεπε «ζωντανό» το πραγματικό αντικείμενο μέσα από το άνοιγμα ενός «παράθυρου» με διαστάσεις αυτές του φιλμ. Η μοναδική αυτή ιδιότητα των ολογραμμάτων

τα κάνει να θυμίζουν στερεοσκοπικές φωτογραφίες, αν και η αίσθηση της παρατήρησης ενός ολογράμματος είναι ασύγκριτα καλύτερη από αυτήν της στερεοσκοπικής φωτογραφίας.

ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

ΟΛΟΓΓΡΑΜΜΑΤΩΝ - ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ

Η ολογραφία, αν και χρησιμοποιεί - όπως άλλωστε και η φωτογραφία - το ανακλώμενο από το αντικείμενο φως που προσπίπτει στο ολογραφικό φιλμ, εντούτοις είναι μια μέθοδος απεικόνισης ουσιαστικά διαφορετική από τη φωτογράφιση. Το ολογραφικό φιλμ καταγράφει όχι μόνο την κατανομή της έντασης του ανακλώμενου φωτός αλλά και την αντίστοιχη κατανομή της φάσης. Η επιπλέον αυτή δυνατότητα της διάκρισης των κυμάτων που έχουν διαφορετικές φάσεις προκύπτει

από την εσκεμμένη παρουσία μιας αδιατάρακτης δέσμης «κυμάτων αναφοράς», που συμβάλλουν με τα ανακλώμενα κύματα στο επίπεδο του φιλμ. Έτσι σε μια διάταξη που παράγει ένα ολόγραμμα το αντικείμενο φωτίζεται από το σύμφωνο, μονοχρωματικό φως ενός Laser. Το αντικείμενο ανακλά το φως και μάλιστα τα δημιουργούμενα μέτωπα κύματος έχουν τη μορφή της εξωτερικής του επιφάνειας.

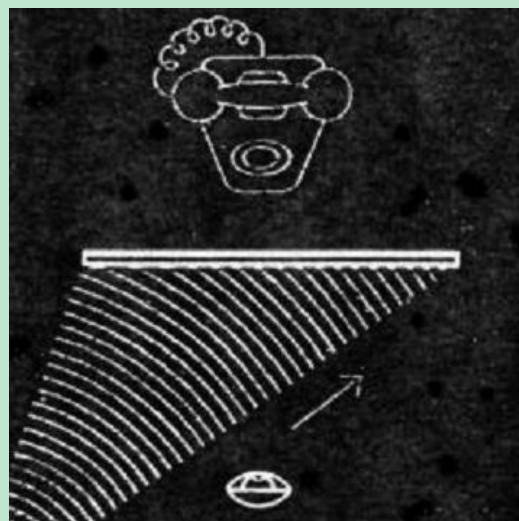
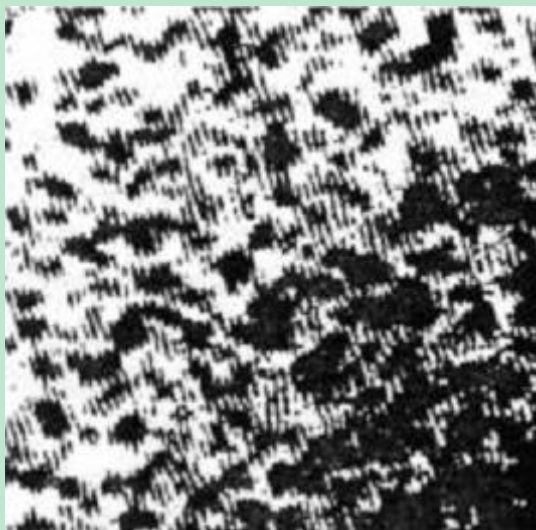
Στο σχήμα που ακολουθεί παρουσιάζεται διαγραμματικά η οπτική διάταξη που χρησιμοποιείται για τη λήψη ενός ολογράμματος αντικειμένου (τηλεφωνική συσκευή). Στη διάταξη αυτή φαίνονται καθαρά οι πορείες των δύο φωτεινών δεσμών του laser, όπως επίσης και η περιοχή συνάντησης των μετώπων κύματος στην επιφάνεια του ολογρα-

φικού φιλμ στο αριστερά κάτω άκρο του σχήματος.



Αυτά τα μέτωπα κύματος συμβάλλουν με τα αντίστοιχα της δέσμης αναφοράς και έτσι δημιουργείται στο φιλμ ένας σύνθετος σχηματισμός άσπρων και μαύρων λεπτών γραμμών, που ονομάζονται κροσσοί συμβολής και δε θυμίζουν σε τίποτα το αντικείμενο που ολογραφήθηκε. Στο διάγραμμα συμβολής που αποτυπώθηκε στο φιλμ γίνεται

χημική επεξεργασία και έτσι δημιουργείται αυτό που ονομάζεται διαπερατό ολόγραμμα. Ο φωτισμός του διαπερατού ολογράμματος με τη δέσμη του προηγούμενου Laser δημιουργεί στο χώρο ένα πιστό είδωλο του αντικειμένου. Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται η φωτογραφία των κροσσών ενός διαπερατού ολογράμματος, όπως επίσης και το στιγμιότυπο όπου το διαπερατό αυτό ολόγραμμα φωτίζεται και δημιουργεί στο χώρο το φανταστικό είδωλο του αντικειμένου που είχε ολογραφηθεί.



Εκτός όμως από τα διαπερατά ολογράμματα η ολογραφία έχει να επιδείξει και άλλους τύπους ολογραμμάτων, όπως τα ανακλαστικά, τα ολογράμματα ουράνιου τόξου και τα ολογράμματα κίνησης. Το μεγάλο προσόν των ανακλαστικών ολογραμμάτων είναι ότι αυτά γίνονται ορατά με το φωτισμό τους από τον Ήλιο ή από κοινή, συμβατική λάμπα ισχυρού φωτισμού. Δεν ισχύει δηλαδή ο περιορισμός ότι το φως κατά τη στιγμή της επαναδημιουργίας των μετώπων κύματος πρέπει να είναι το ίδιο ακριβώς με αυτό που φώτισε το αντικείμενο κατά τη στιγμή της δημιουργίας του ολογράμματος. Τα ολογράμματα ουράνιου τόξου είναι αυτά που στη θεώρησή τους παρουσιάζουν όλα σχεδόν τα χρώματα του ουράνιου τόξου ανάλογα με τη γωνία παρα-

τήρησης. Οι πιστωτικές κάρτες, οι συσκευασίες μερικών τροφίμων, οι ταινίες γνησιότητας σε κασέτες ή CD είναι μερικές μόνο περιπτώσεις όπου τα ολογράμματα ουράνιου τόξου κάνουν αισθητή την παρουσία τους καθημερινά. Τέλος τα ολογράμματα κίνησης είναι αυτά που, πέρα από τον τρισδιάστατο χαρακτήρα ενός αντικειμένου, εμφανίζουν και την κίνηση που είχε το αντικείμενο κατά τη στιγμή της ολογράφησης. Βέβαια τα ολογράμματα της κατηγορίας αυτής προϋποθέτουν εργαστήρια με συσκευές Lasers ειδικού τύπου, όπως και οπτικές διατάξεις με αυξημένες απαιτήσεις. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι κατηγορίες των ολογραμμάτων δεν εξαντλούνται σε αυτές που ήδη αναφέρθηκαν. Σχεδόν καθημερινά η επιστημονική κοινότητα ενημερώ-

νεται για τις νέες εξελίξεις σε αυτό τον τομέα, που προέρχονται είτε από Lasers τελευταίας γενιάς είτε από ολογραφικά φιλμς καλύτερων προδιαγραφών ή ακόμη και από τη συνδυαστική δράση παράλληλων τεχνικών απεικόνισης, όπως αυτή της ολογραφίας με 3D γραφικά των ηλεκτρονικών υπολογιστών κ.ά.

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

Η ολογραφία, ως μια τεχνική παραγωγής τρισδιάστατων εικόνων, δεν μπορεί προς το παρόν να αντιμετωπίσει την παραδοσιακή φωτογραφία λόγω του υψηλού της κόστους. Όμως αυτό που την κάνει ασύγκριτα πιο ενδιαφέρουσα είναι οι πολλά υποσχόμενες εφαρμογές της. Η συνοπτική ομαδοποίηση των εφαρμογών που ήδη χρησιμοποιούνται παγκόσμια με τη μεθοδο της ολογραφίας αποφέρει τις

εξής πέντε, πολύ γενικές, κατευθύνσεις:

Ολογράμματα επιδείξεων. Πρόκειται για ολογράμματα συγκεκριμένων αντικειμένων, όπως για παράδειγμα μουσειακά είδη ή σπάνια, μοναδικά αντικείμενα μεγάλης αξίας. Η ολογράφησή τους μας δίνει την δυνατότητα της επαναληπτικής παρουσίασής τους χωρίς τους κινδύνους που συνεπάγεται μια τέτοια διαδικασία. Ας φανταστούμε, για παράδειγμα, την ολογράφηση ενός μοναδικού αγάλματος (π.χ. της Pieta του Μικελάντζελο) και την αποστολή των συγκεκριμένων ολογραμμάτων σε άλλα μουσεία του κόσμου στα πλαίσια πολιτιστικών ανταλλαγών. Με αυτό τον τρόπο θα μπορούν οι επισκέπτες μουσείων που βρίσκονται σε διαφορετικά σημεία της Γης να απολαμβά-

νουν την ίδια στιγμή μοναδικά αντικείμενα τέχνης με κάθε λεπτομέρεια και σε τρισδιάστατη απεικόνιση.

Ολογραφικά οπτικά στοιχεία: Με τη βοήθεια της ολογραφίας δημιουργούνται ολογραφικοί φακοί, κάτοπτρα για τις νέες «έξυπνες» οθόνες πολλαπλής ανάγνωσης (head up display). Πράγματι, οι πιλότοι σήμερα μπορούν να ενημερώνονται για την κατάσταση του αεροσκάφους γρήγορα και αξιόπιστα μέσω της παρατήρησης σε τέτοιες οθόνες, που απεικονίζουν κάθε στιγμή τα όργανα ελέγχου και λειτουργίας του αεροσκάφους.

Ολόγραμμα σαν πιστοποιητικό γνησιότητας. Η πιστή αντιγραφή ενός ολογράμματος είναι πρακτικά αδύνατη, έτσι ακόμη και σήμερα πιστωτικές κάρτες, διπλώματα

οδήγησης αλλά και συσκευασίες φαρμάκων και τροφίμων διαθέτουν ολογράμματα εξασφαλίζοντας έτσι τη γνησιότητά τους.

Ολογραφικός μη καταστροφικός έλεγχος. Πρόκειται για μια μέθοδο που μελετά την αντοχή των υλικών στις παραμορφώσεις, ελέγχει την ανομοιογένεια των σωμάτων, ενώ μπορεί να προβλέψει με απόλυτη ακρίβεια τα ευπαθή σημεία ενός υλικού ή μιας κατασκευής. Για παράδειγμα, αναφέρεται ότι όλες σχεδόν οι εταιρείες ελαστικών αυτοκινήτου, προτού κυκλοφορήσουν ένα καινούριο μοντέλο τους στην αγορά το ελέγχουν με τη βοήθεια της ολογραφικής συμβολομετρίας. Ο έλεγχος γίνεται σε κατάλληλα διαμορφωμένη ολογραφική τράπεζα, όπου το ελαστικό υφίσταται διπλή έκθεση από το μονοχρωματικό φως ενός

Laser και έτσι δημιουργείται ένα διάγραμμα κροσσών συμβολής. Στο διάγραμμα αυτό ο τρόπος κατανομής των κροσσών και κυρίως η πυκνότητά τους σε διάφορες περιοχές του ελαστικού προσδιορίζουν τα πιθανά σημεία όπου το ελαστικό πρόκειται «να ανοίξει». Διαπιστώνει λοιπόν κανείς ότι με την ολογραφική συμβολομετρία γίνεται μια πρόγνωση στο μέλλον. Βέβαια, εάν ο κατασκευαστής φροντίσει τα ευπαθή σημεία του ελαστικού που προσδιορίστηκαν ολογραφικά, τότε θα έχει εξασφαλίσει μεγαλύτερο χρόνο ζωής για το προϊόν του. Παρόμοια αναφορά μπορεί κανείς να κάνει για την εφαρμογή της συγκεκριμένης ολογραφικής τεχνικής στη συντήρηση έργων τέχνης (π.χ. παλαιές εικόνες ή πίνακες ζωγραφικής), όπου η πυκνότητα των

κροσσών σε περιοχές της επιφάνειας του έργου τέχνης προδίδουν τα σημεία που ο ειδικευμένος συντηρητής θα πρέπει πρώτα να φροντίσει, εάν θέλει να αποκαταστήσει τη βλάβη, η οποία μάλιστα δεν έχει κάνει ορατά τα σημάδια της παρουσίας της στην προς μελέτη επιφάνεια. Είναι κατανοητή η ωφελιμότητα ενός τέτοιου ελέγχου, στο μέτρο που όλες αυτές οι διαπιστώσεις γίνονται με εντελώς ανώδυνο για το αντικείμενο τρόπο. Το έργο τέχνης δηλαδή δεν υφίσταται καμία φθορά από μηχανική επαφή με κάποια συσκευή, απλώς γίνεται αντικείμενο κατάλληλου φωτισμού από το φως ενός Laser. Ολογραφία κίνησης. Δίνεται η δυνατότητα μελέτης της ροής ρευστών, αερίων, όπως και ο ακριβής έλεγχος των διαρροών. Σε αυτή την

κατηγορία των εφαρμογών εμπειριέχονται και οι περιπτώσεις των ολογραφικών πορτρέτων με τεράστια σημασία όχι μόνο από καλλιτεχνική άποψη αλλά και σε ιατρικές εφαρμογές (πλαστική χειρουργική). Όπως έγινε κατανοητό από την περιληπτική αναφορά στην οπτική ολογραφία, φαίνεται πως, αν και η τεχνική αυτή έχει σύντομο σχετικά παρελθόν, προβλέπεται να έχει μεγάλης διάρκειας μέλλον. Ο ολογραφικός κινηματογράφος, η ολογραφική κάμερα και η ολογραφική τηλεόραση είναι επιτεύγματα που δε θα αργήσουν να «επισκεφθούν» το ευρύ καταναλωτικό κοινό. Η πληροφορική θα βρει σύντομα τον τρόπο να μεταφέρει την τρισδιάσταση ολογραφική εικόνα σε σπίτια και γραφεία, έτσι ώστε η έννοια της επικοινωνίας να αποκτήσει έναν

άλλο, ουσιαστικά διαφορετικό χαρακτήρα από το σημερινό. Όλα τα ανωτέρω είναι αποτελέσματα της διαπίστωσης ότι η μακροχρόνια επιθυμία του ανθρώπου να παγιώσει την τρίτη διάσταση της πραγματικότητας είναι πλέον γεγονός.

Κείμενο του Αθ. Αραβαντινού δρ. Φυσικής

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

- 1. Ποιες είναι οι κατηγορίες των φωτεινών πηγών; Πού οφείλεται η φωτοβολία τους;**
- 2. Γιατί αντικαθιστούμε τον ατμοσφαιρικό αέρα στο εσωτερικό του γυάλινου περιβλήματος των λαμπτήρων πυρακτώσεως με αδρανές αέριο;**
- 3. Να περιγράψετε τον τρόπο εκπομπής φωτός από το λαμπτήρα πυρακτώσεως.**
- 4. Όταν ρευματοδοτούμε ένα λαμπτήρα πυρακτώσεως με τάση μικρότερη της τάσης κανονικής λειτουργίας, ο λαμπτήρας κοκκινίζει. Πώς εξηγείται αυτό;**
- 5. Στους λαμπτήρες φθορισμού εκπέμπεται ορατό φως:
(α)κατευθείαν από τα ηλεκτρόδια**

(β) από τα ηλεκτρόδια και τη φθορίζουσα ουσία

(γ) μόνο από τη φθορίζουσα ουσία

(δ) από τους ατμούς υδραργύρου

Ποια από τις παραπάνω προτάσεις είναι σωστή;

6. Ποιος είναι ο ρόλος του ιωδίου στους λαμπτήρες αλογόνου; Να γίνει πλήρης περιγραφή της δράσης του.

7. Να περιγραφεί ο τρόπος με τον οποίο εκπέμπεται ορατό φως από το λαμπτήρα φθορισμού.

8. Σε πολλά κέντρα διασκέδασης χρησιμοποιούν λαμπτήρες όμοιους με τους λαμπτήρες φθορισμού αλλά χωρίς φθορίζουσα επίστρωση. Όταν οι λαμπτήρες αυτοί είναι αναμμένοι, τότε τα δόντια μας και κάποια ρούχα μας (ειδικά τα λευκά)

φωτοβολούν έντονα. Συζητήστε αυτό το φαινόμενο στην τάξη.

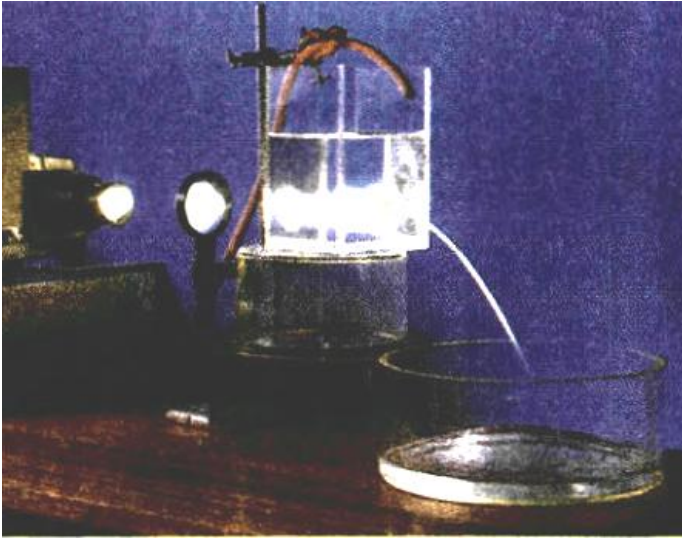
9. Τι είναι οι οπτικές ίνες και τι μπορούμε να πετύχουμε με αυτές;

10. Από ποια μέρη αποτελείται μία οπτική ίνα και ποιος είναι ο ρόλος καθενός;

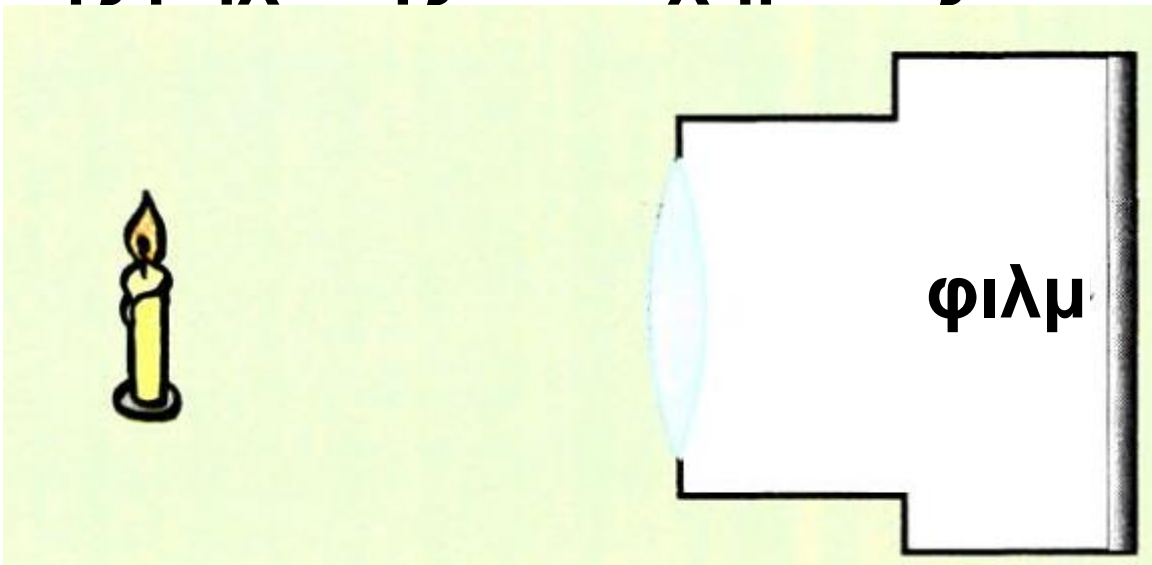
11. Πού οφείλεται η εξασθένηση του φωτός κατά την πορεία του μέσα σε μία οπτική ίνα;

12. Να αναφέρετε πέντε τουλάχιστον λόγους για τους οποίους οι οπτικές ίνες αντικατέστησαν τα καλώδια χαλκού στα δίκτυα τηλεπικοινωνιών.

13. Στην παρακάτω εικόνα να εξηγήσετε γιατί το φως ακολουθεί την πορεία της φλέβας του νερού.



14. Να σχεδιάσετε την πορεία των ακτινών και την αποτύπωση του ειδώλου στο φιλμ της φωτογραφικής μηχανής του σχήματος.



15. Φωτοβολταϊκά στοιχεία ή φωτοστοιχεία είναι:
(α) διατάξεις που μετατρέπουν ένα μέρος της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική

(β) διατάξεις που μετατρέπουν την ηλεκτρική ενέργεια σε φωτεινή

(γ) διατάξεις που ενισχύουν το φως

(δ) διατάξεις που μετατρέπουν τη θερμική ενέργεια σε ηλεκτρική

Ποια από τις παραπάνω προτάσεις είναι σωστή;

16. Σχεδιάστε ένα φωτοστοιχείο μετάλλου - Se. Περιγράψτε τον τρόπο ανάπτυξης τάσης στο φωτοστοιχείο αυτό.

17. Η αναπτυσσόμενη τάση στα άκρα ενός φωτοστοιχείου είναι:

(α) τουλάχιστον 10V

(β) όποια επιθυμούμε (γίνεται κατάλληλη ρύθμιση)

(γ) της τάξης των 0,5V

(δ) σίγουρα 1,5V, όπως και των ηλεκτρικοί μπαταριών

Ποια από τις παραπάνω προτάσεις είναι σωστή;

18. Με τον όρο φωτόρρευμα εννοούμε:

(α) τη ροή φωτός

(β) το ηλιακό φως

(γ) το ρεύμα που διαρρέει ένα κύκλωμα που τροφοδοτείται από φωτοστοιχείο ή φωτοβολταϊκή γεννήτρια

(δ) το φως που εκπέμπεται από σώματα, όταν αυτά διαρρέονται από ρεύματα

Ποια από τις παραπάνω προτάσεις είναι σωστή;

19. Το ηλεκτρικό ρεύμα που διαρρέει ένα ηλεκτρικό κύκλωμα τροφοδοτούμενο από φωτοβολταϊκή γεννήτρια:

(α) είναι πάντα σταθερό, ανεξάρτητο από την ένταση του φωτός που

πέφτει στη φωτοβολταϊκή γεννήτρια

(β) εξαρτάται από το αν το φως προέρχεται από τον Ήλιο ή άλλη πηγή και όχι από την έντασή του

(γ) αυξάνεται σχεδόν γραμμικά με την ένταση του φωτός που πέφτει στη φωτοβολταϊκή γεννήτρια

(δ) είναι ανάλογο της τρίτης δύναμης της έντασης του φωτός που πέφτει στη φωτοβολταϊκή γεννήτρια

Ποια από τις παραπάνω προτάσεις είναι σωστή;

20. Περιγράψτε το μελλοντικό φανταστικό σενάριο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας μόνο από τον Ήλιο.

21. Με μια διάταξη laser συμβαίνει:
(α) παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος

(β) παραγωγή φωτός

(γ) ενίσχυση φωτός

(δ) αλλαγή της συχνότητας μιας ακτινοβολίας

Σημειώστε για κάθε πρόταση ένα Σ ή Λ, αν είναι σωστή ή λάθος αντίστοιχα.

22. Περιγράψτε τον τρόπο εκπομπής φωτός με εξαναγκασμένη αποδιέγερση.

23. Να αναφέρετε τα τμήματα μιας διάταξης laser.

24. Πότε μια εκπομπή ακτινοβολίας χαρακτηρίζεται ως αυθόρμητη και πότε ως εξαναγκασμένη; Να αναφέρετε μια πηγή ακτινοβολίας για κάθε περίπτωση.

25. Εξηγήστε τον τρόπο λειτουργίας της διάταξης laser ρουβιδίου.

26. Αντιστοιχίστε τα παρακάτω:

A. Λαμπτήρας	α. Μετατροπέας χημικής ενέργειας σε ηλεκτρική
B. Laser	β. Μετατροπέας ηλεκτρικής ενέργειας σε φως
Γ. Φωτοστοιχείο	γ. Μετατροπέας φωτεινής ενέργειας σε ηλεκτρική
	δ. Ενισχυτής φωτός

- **Ανάκλαση και διάθλαση**
- **Ανάκλαση σε επίπεδη επιφάνεια**
- **Ολική εσωτερική ανάκλαση**
- **Ανάκλαση σε σφαιρική επιφάνεια**
- **Διάθλαση σε σφαιρική επιφάνεια**





«ΦΥΣΙΚΟΣ ΚΑΘΡΕΠΤΗΣ»

Τα δέντρα του δάσους «καθρεφτίζονται» στα ήρεμα νερά μιας λίμνης. Η επιφάνεια της λίμνης παίζει το ρόλο ενός επίπεδου κατόπτρου.

ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗ ΟΠΤΙΚΗ

Στη Γεωμετρική Οπτική η διάδοση του φωτός περιγράφεται με την έννοια της φωτεινής δέσμης, η οποία αποτελείται από φωτεινές ακτίνες. Η διεύθυνση διάδοσης της δέσμης είναι ευθύγραμμη, εφόσον διατρέχει ομογενή υλικά και συμπίπτει με τη διάδοση της κυματικής διαταραχής. Διακρίνουμε δύο σημαντικές ιδιότητες των φωτεινών ακτίνων:

(α) Οι ακτίνες που αποτελούν τη φωτεινή δέσμη είναι παράλληλες και (β) οι ακτίνες έχουν την ιδιότητα να συγκλίνουν ή να αποκλίνουν, αλλά και να διέρχονται όλες από ένα σημείο. Παράδειγμα μιας τέτοιας δέσμης είναι αυτή που ξεκινά από μια φωτεινή πηγή τέτοιων διαστάσεων, ώστε να θεωρηθεί ως σημείο (σημειακή φωτεινή πηγή).

Ο κλάδος της Οπτικής που ασχο-

Λείται με την ακτινική περιγραφή του φωτός ονομάζεται Γεωμετρική Οπτική.



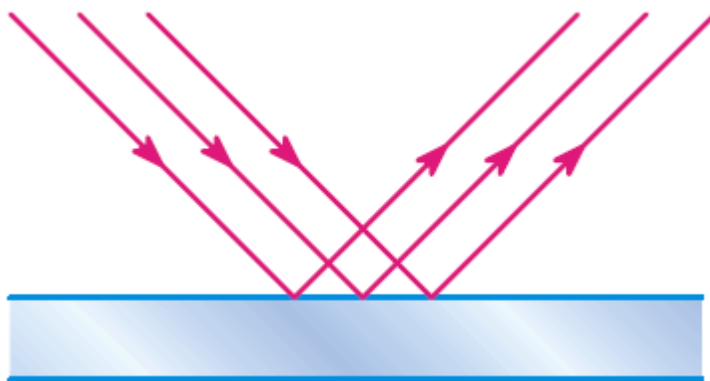
Σ-1 Ευθύγραμμη διάδοση του φωτός

ΑΝΑΚΛΑΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΘΛΑΣΗ

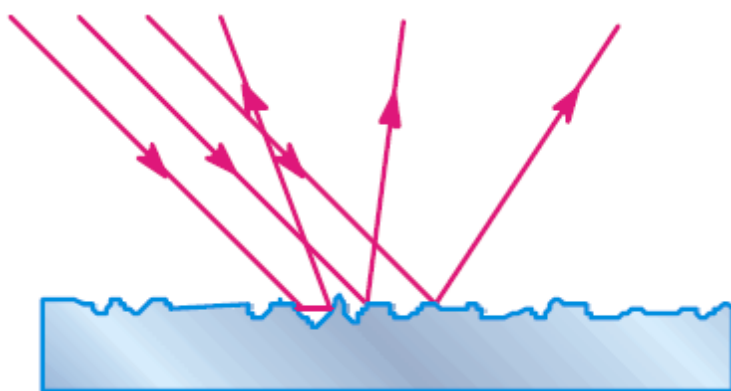
Ανάκλαση του φωτός

Όταν μία φωτεινή δέσμη, συναντήσει τη διαχωριστική επιφάνεια που χωρίζει το αρχικό μέσο διάδοσης από ένα άλλο, τότε ένα μέρος της ανακλάται προς το αρχικό μέσο διάδοσης. Στο σχήμα Σ-2 βλέπουμε πώς ανακλώνται οι ακτίνες, όταν προσπίπτουν σε μια λεία επιφάνεια, π.χ. ένα κάτοπτρο. Οι ανακλώ-

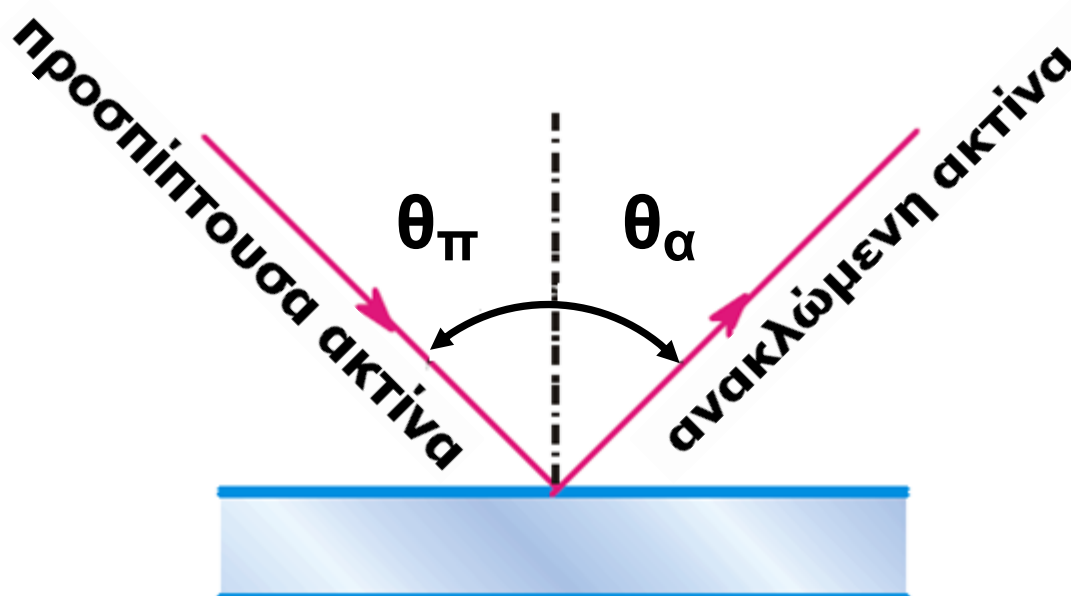
μενες ακτίνες συνεχίζουν να είναι παράλληλες μεταξύ τους και ακολουθούν μια συγκεκριμένη κατεύθυνση. Η ανάκλαση αυτή ονομάζεται κατοπτρική ανάκλαση. Αν όμως η επιφάνεια στην οποία προσπίπτουν οι ακτίνες δεν είναι λεία, δηλαδή είναι τραχιά και ανώμαλη (Σ-3), τότε οι ανακλώμενες ακτίνες διαδίδονται προς κάθε κατεύθυνση (διασκορπίζονται). Η ανάκλαση αυτή ονομάζεται διάχυση.



Σ-2 Ανάκλαση σε λεία και στιλπνή επιφάνεια



Σ-3 Ανάκλαση σε τραχιά επιφάνεια

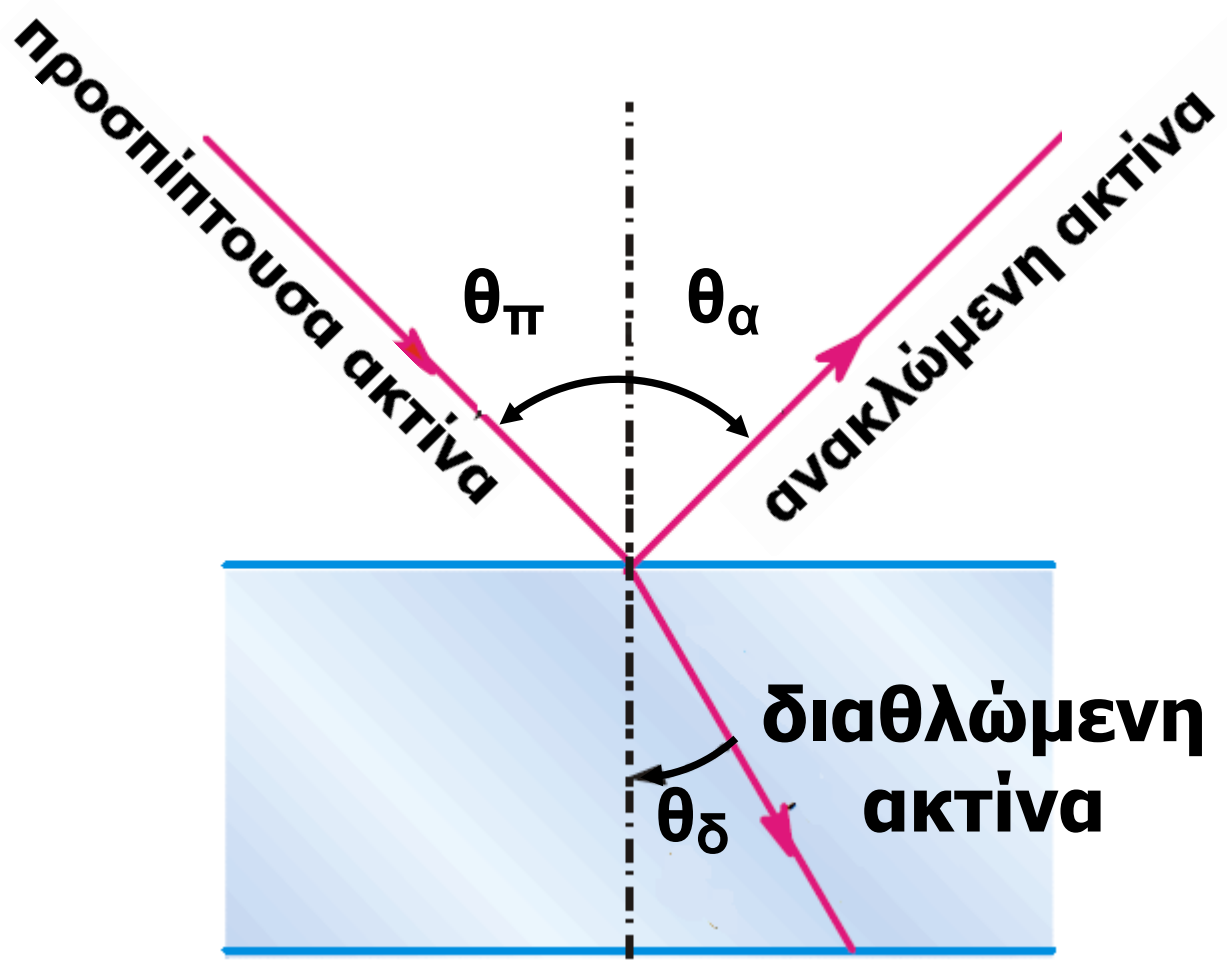


Σ-4 Σύμφωνα με το νόμο της ανάκλασης, η γωνία πρόσπτωσης είναι ίση με τη γωνία ανάκλασης ($\theta_{\pi} = \theta_{\alpha}$)

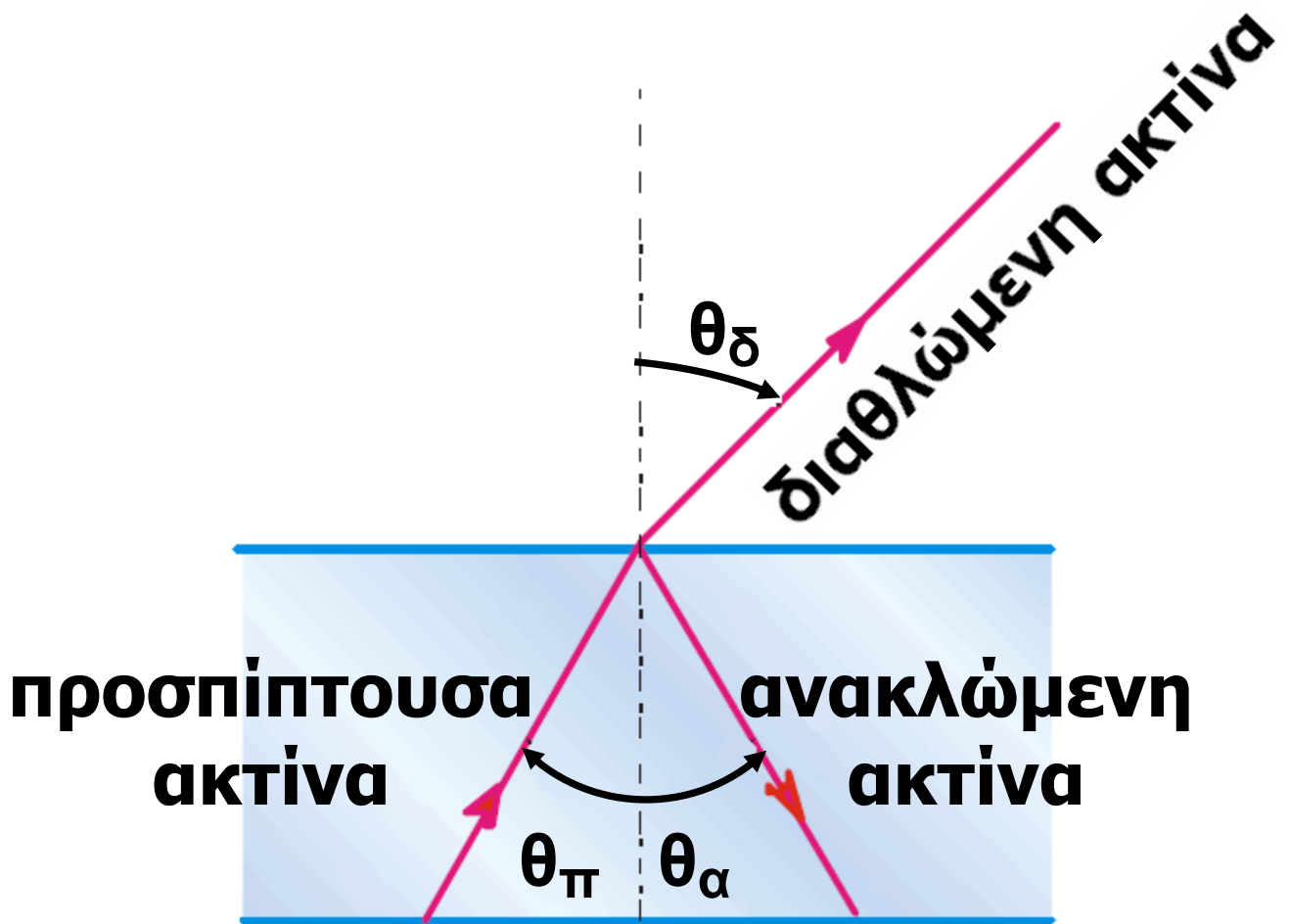
Διάθλαση του φωτός

Όταν μία φωτεινή δέσμη συναντήσει πλάγια τη διαχωριστική επιφάνεια δύο διαφορετικών διαφανών υλικών μέσων, π.χ. αέρα και γυα-

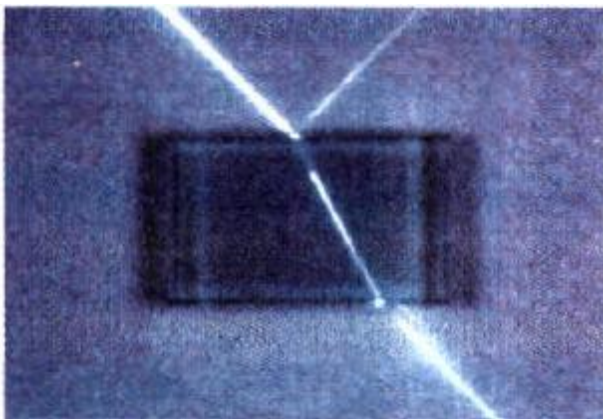
λιού ή νερού, τότε αυτή εν μέρει ανακλάται και εν μέρει διαθλάται. Όταν λέμε διαθλάται, εννοούμε ότι αλλάζει η διεύθυνση διάδοσής της κατά την είσοδό της στο δεύτερο υλικό μέσο.



Σ-5 Διάθλαση από οπτικά αραιότερο σε οπτικά πυκνότερο μέσο ($\theta_{\delta} < \theta_{\pi}$)



Σ-6 Διάθλαση από οπτικά πυκνότερο σε οπτικά αραιότερο μέσο ($\theta_{\delta} > \theta_{\pi}$)

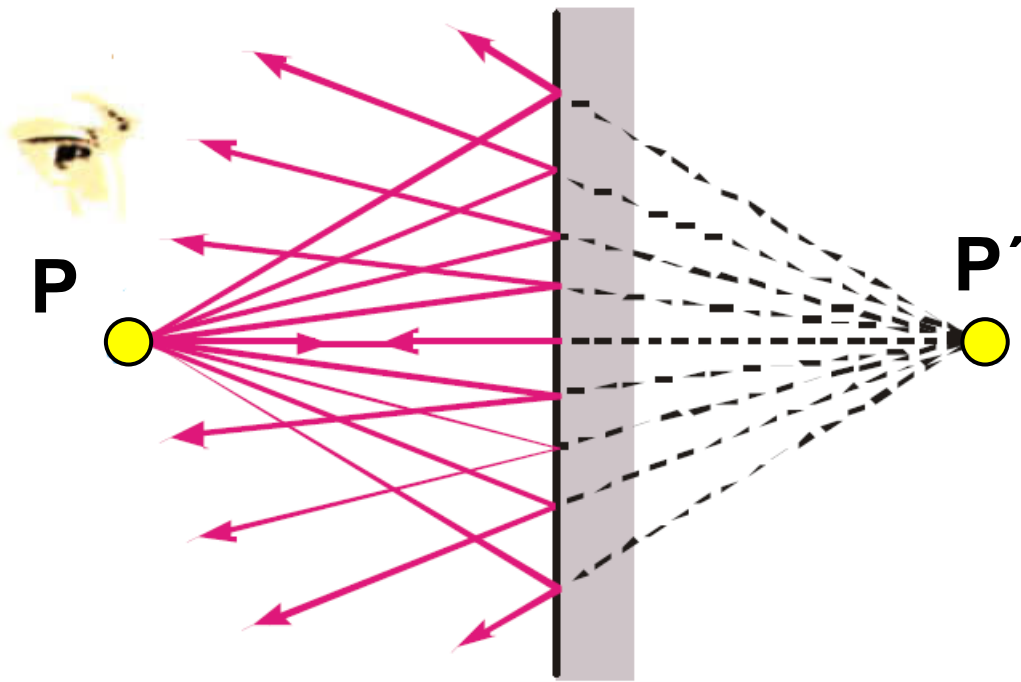


Σ-7 Ανάκλαση και διάθλαση σε γυάλινο πλακίδιο.

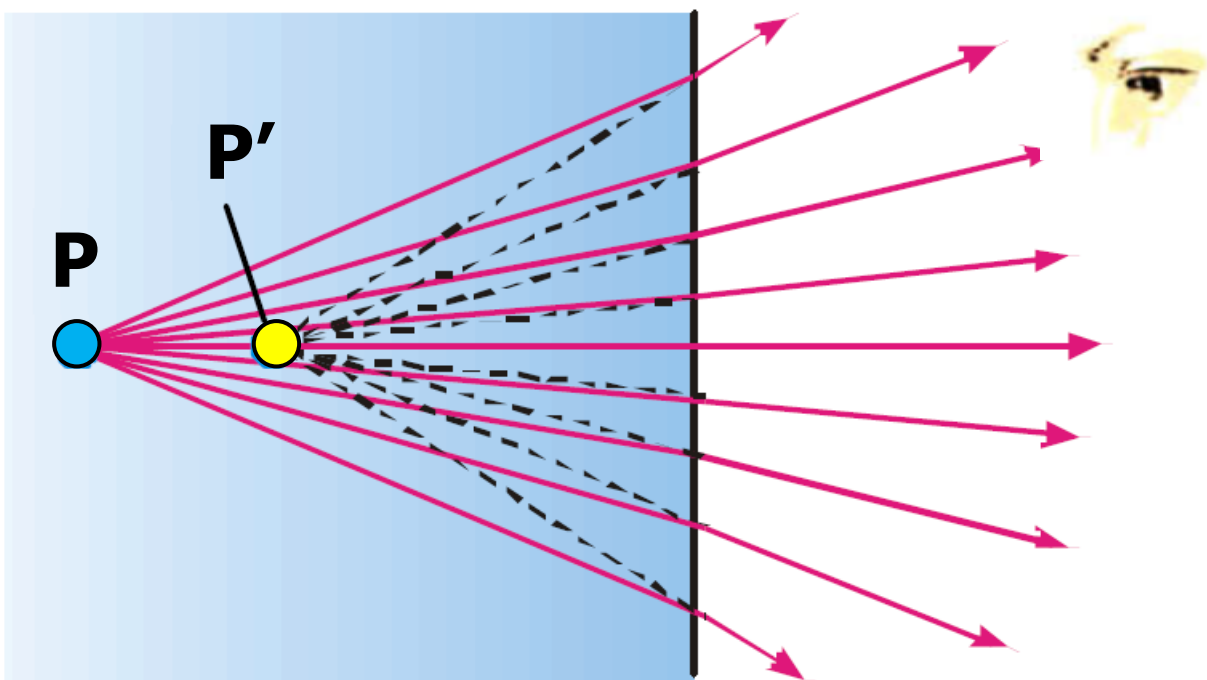
ΑΝΑΚΛΑΣΗ ΣΕ ΕΠΙΠΕΔΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ

Αυτό που θα μας απασχολήσει στο παράρτημα της Γεωμετρικής Οπτι-

κής είναι η έννοια του ειδώλου. Δηλαδή θα προσπαθήσουμε να αναπτύξουμε με λίγα λόγια, όσο αυτό είναι δυνατόν, τον τρόπο με τον οποίο σχηματίζεται το είδωλο ενός αντικειμένου, τον προσδιορισμό της θέσης του και των γεωμετρικών του στοιχείων στο επίπεδο. Από τη φωτεινή πηγή P των παρακάτω σχημάτων (Σ -8, Σ -9) πηγάζουν αρκετές ακτίνες, οι οποίες ανακλώνται στο επίπεδο κάτοπτρο, σύμφωνα με το νόμο της ανάκλασης, και φαίνονται σαν να προέρχονται από την πηγή P' . Παρατηρούμε ότι οι προεκτάσεις των ανακλώμενων ακτίνων συγκλίνουν στο σημείο P' . Το P' ονομάζεται είδωλο του P .

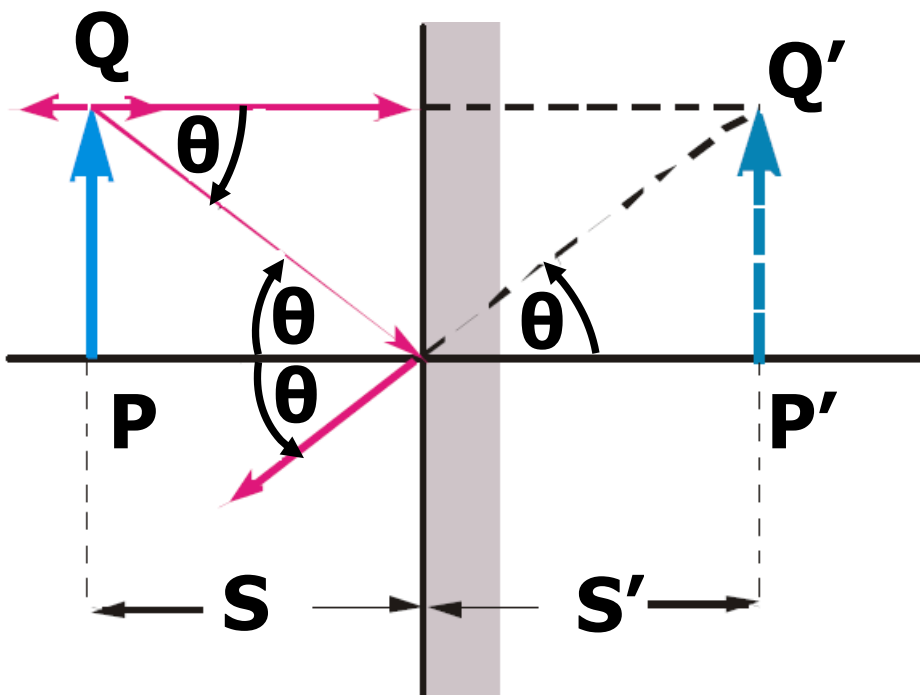


Σ-8 Οι ακτίνες που φτάνουν στο μάτι, μετά από ανάκλασή τους στο επίπεδο κάτοπτρο, δίνουν την εντύπωση ότι προέρχονται από το είδωλο P'.



Σ-9 Οι ακτίνες που φθάνουν στο

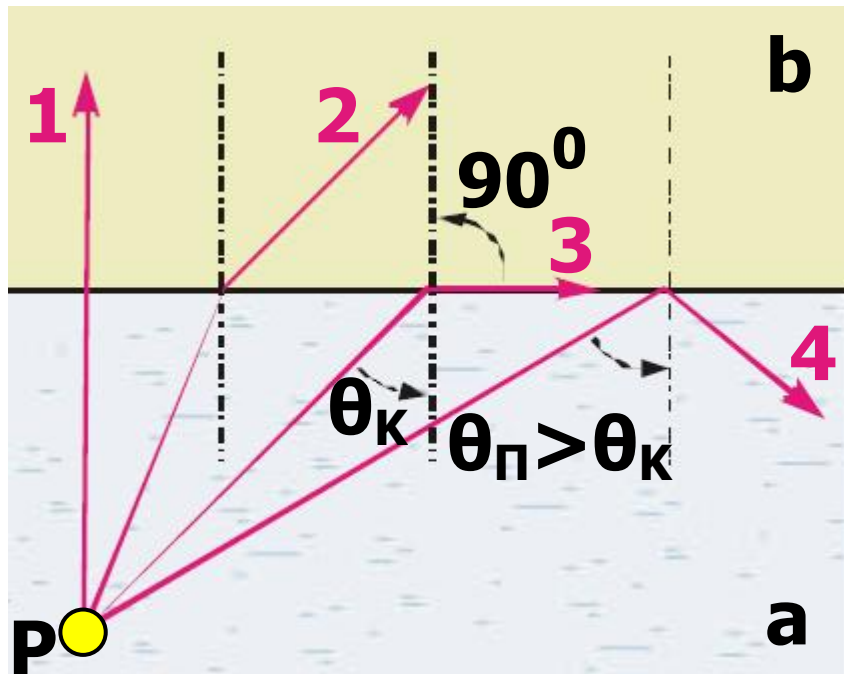
μάτι, μετά από διάθλασή τους στην επίπεδη διαθλαστική επιφάνεια, δίνουν την εντύπωση ότι προέρχονται από το είδωλο P' . Όταν προέρχονται από πυκνότερο προς αραιότερο μέσο, το P' πλησιάζει τη διαθλαστική επιφάνεια, ενώ σε αντίθετη περίπτωση βρίσκεται μακρύτερα.



Σ-10 Το σχήμα αυτό δείχνει τον προσδιορισμό των γεωμετρικών στοιχείων του ειδώλου $Q'P'$, που σχηματίζεται από επίπεδο κάτοπτρο. Το είδωλο είναι φανταστικό, όρθιο

και έχει το ίδιο μέγεθος με το αντικείμενο. Ισχύει: $s=s'$.

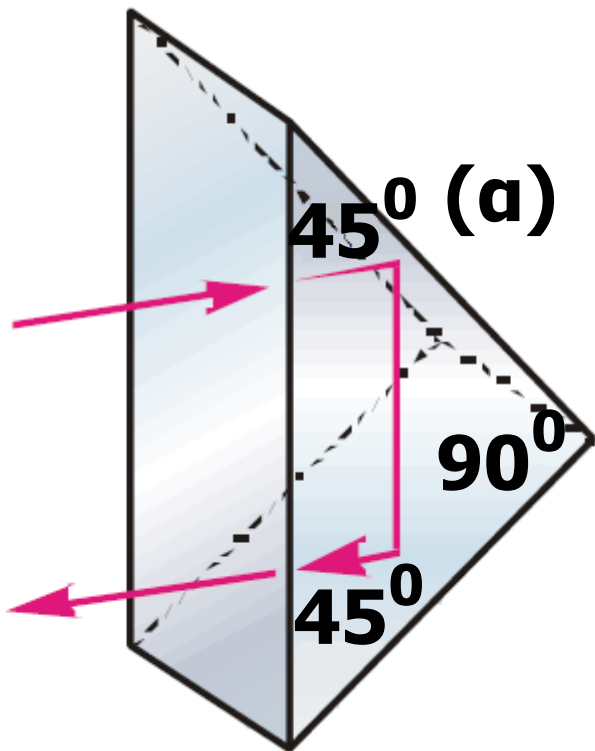
ΟΛΙΚΗ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΑΝΑΚΛΑΣΗ



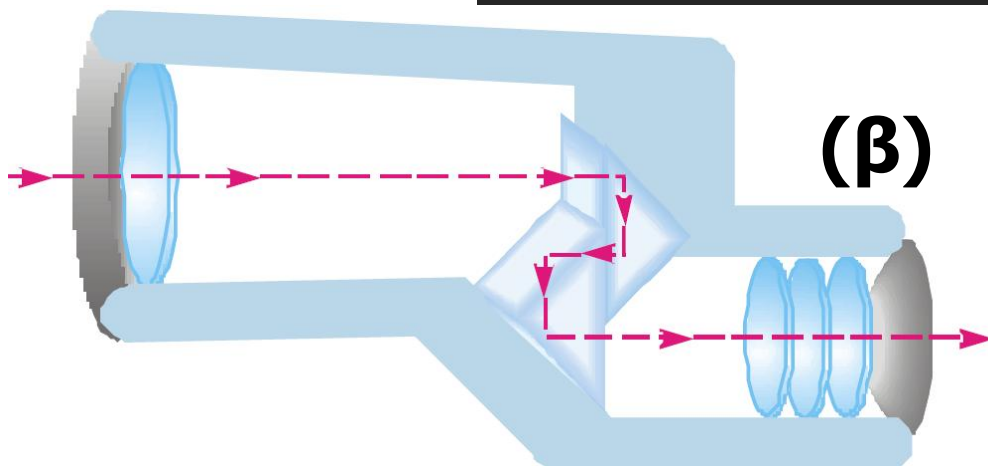
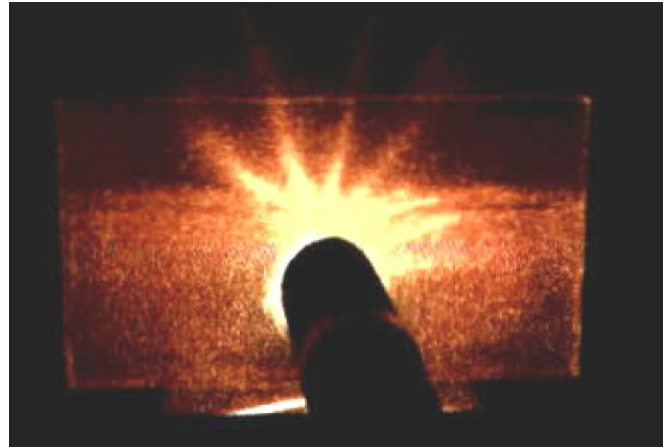
Σ-10 Οι ακτίνες 1,2,3 και 4 εκπέμπονται από σημειακή πηγή P και οδεύουν από πυκνότερο προς αραιότερο μέσο.

Το σχήμα Σ-11 δείχνει μερικές ακτίνες που προέρχονται από τη φωτεινή πηγή P, η οποία βρίσκεται μέσα σε πυκνότερο υλικό μέσο a (π.χ. νερό) σε σχέση με το b (π.χ. αέρας). Αφού φθάσουν στη διαχωριστική

επιφάνεια, άλλες από τις ακτίνες διαθλώνται (εισχωρούν στο δεύτερο υλικό) (2), άλλες ανακλώνται (4) και άλλες οδεύουν παράλληλα προς τη διαχωριστική επιφάνεια (3), ανάλογα με τη γωνία πρόσπτωσης τους. Οι ακτίνες που δεν κατάφέρνουν να διαπεράσουν τη διαχωριστική επιφάνεια λέμε ότι παθαίνουν ολική εσωτερική ανάκλαση. Η γωνία πρόσπτωσης, για την οποία οι ακτίνες δε διαπερνούν τη διαχωριστική επιφάνεια αλλά οδεύουν παράλληλα προς αυτήν, ονομάζεται κρίσιμη γωνία (θ_k). Θυμίζουμε ότι για τη μελέτη της διάδοσης του φωτός σε διαφορετικά υλικά μέσα ορίζεται ένας συντελεστής, που ονομάζεται δείκτης διάθλασης η ενός μέσου (περισσότερα στην ενότητα 1.3).



(γ)

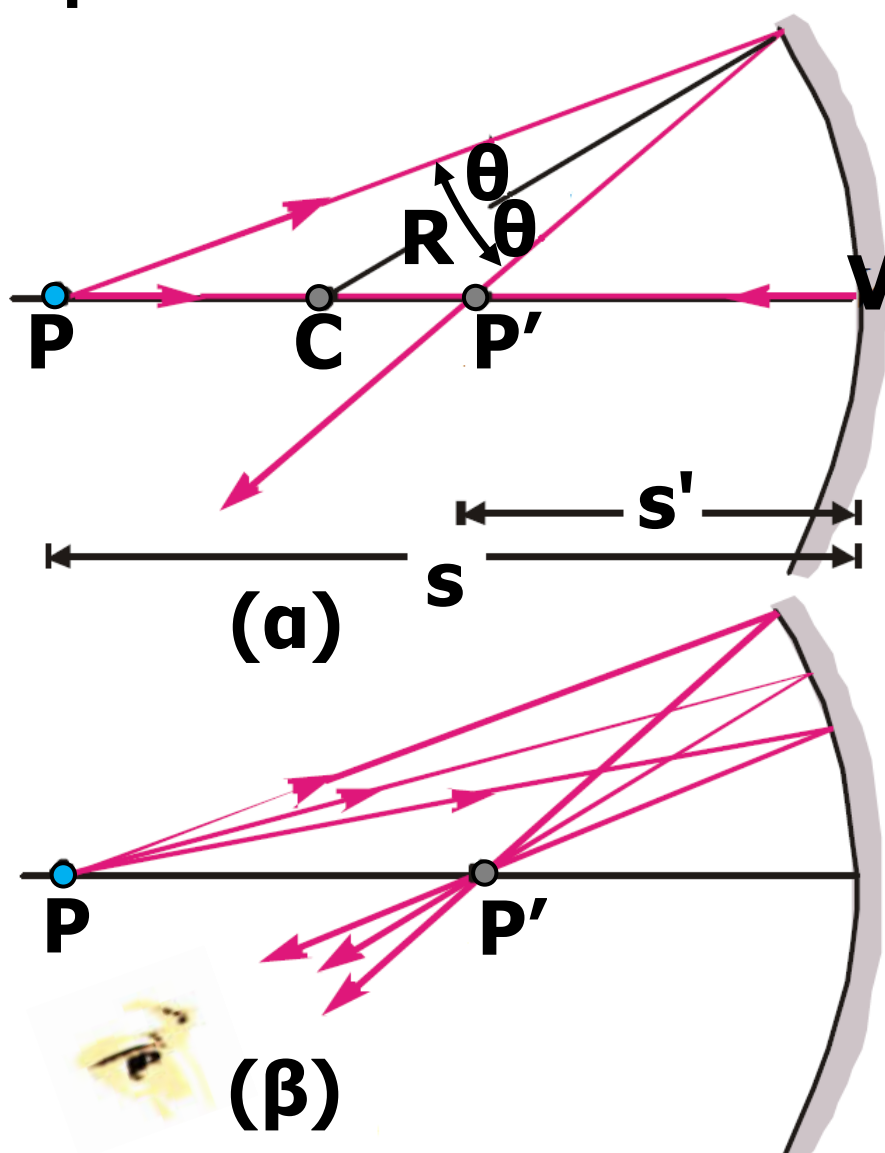


Σ-12 (α) Εσωτερική ανάκλαση σε ένα πρίσμα Porro, (β) τυπικός συνδυασμός δύο πρισμάτων Porro σε δίοπτρα, (γ) διαθλώμενες και ολικά ανακλώμενες ακτίνες.

ΑΝΑΚΛΑΣΗ ΣΕ ΣΦΑΙΡΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ

Κοίλα κάτοπτρα

Στη συνέχεια θα ασχοληθούμε με το σχηματισμό ειδώλου από σφαιρικό κάτοπτρο.



Σ-13 (α) Φαίνεται ο γεωμετρικός προσδιορισμός του ειδώλου P' , που

προέρχεται από το σημειακό αντικείμενο P . (β) Ο παρατηρητής έχει την εντύπωση ότι οι ακτίνες προέρχονται από το P' .

Το κάτοπτρο του σχήματος Σ-13, ακτίνας καμπυλότητας K με την κοίλη επιφάνειά του στραμμένη προς το προσπίπτον φως, ονομάζεται **κοίλο κάτοπτρο**. Το κέντρο καμπυλότητας του κατόπτρου, δηλαδή το κέντρο της σφαίρας της οποίας μέρος είναι η ανακλαστική επιφάνεια, το συμβολίζουμε με το γράμμα C . Το σημείο V στο κέντρο του κατόπτρου ονομάζεται **κορυφή** του κατόπτρου και η ευθεία CV οπτικός άξονας.

Έστω τώρα ένα σημειακό αντικείμενο P , που βρίσκεται πάνω στον οπτικό άξονα σε απόσταση s από την κορυφή του κατόπτρου. Οι

ακτίνες που ξεκινούν από το P, αφού ανακλαστούν, τέμνουν όλες τον άξονα στο ίδιο σημείο P'. Το σημείο P' είναι επομένως το είδωλο του σημειακού αντικειμένου P και απέχει s' από την κορυφή V. Απόδεικνύεται ότι μεταξύ των s, s' και R ισχύει η σχέση:

$$\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{2}{R} \quad (1)$$

Αν $R \rightarrow \infty$, τότε το κάτοπτρο γίνεται επίπεδο και η παραπάνω εξίσωση (1) δίνει $s = -s'$, που ισχύει για επίπεδα κάτοπτρα.

Εστιακό σημείο

Όταν το σημειακό αντικείμενο P βρίσκεται πολύ μακριά από το κάτοπτρο, μπορούμε να θεωρήσουμε ότι οι προσπίπτουσες ακτίνες οδεύουν παράλληλα προς τον οπτικό άξονα (Σχήμα Σ-14α).

Οι ακτίνες, αφού ανακλαστούν, συγκλίνουν σε ένα σημείο F του οπτικού άξονα. Το σημείο F ονομάζεται **εστιακό σημείο** ή απλώς **εστία**. Η απόσταση του F από την κορυφή V του κατόπτρου συμβολίζεται με το γράμμα **f** και ονομάζεται **εστιακή απόσταση**.

Εφαρμόζοντας τη σχέση (1) για $s = \infty$ και $s' = f$ έχουμε:

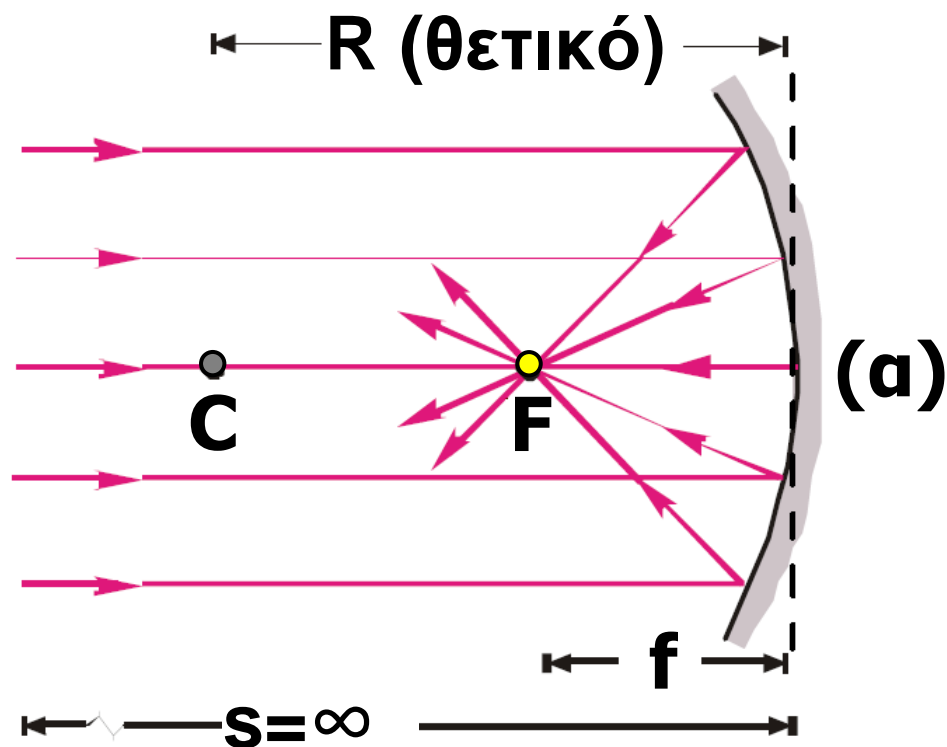
$$\frac{1}{\infty} + \frac{1}{f} = \frac{2}{R} \Rightarrow f = \frac{R}{2} \quad (2)$$

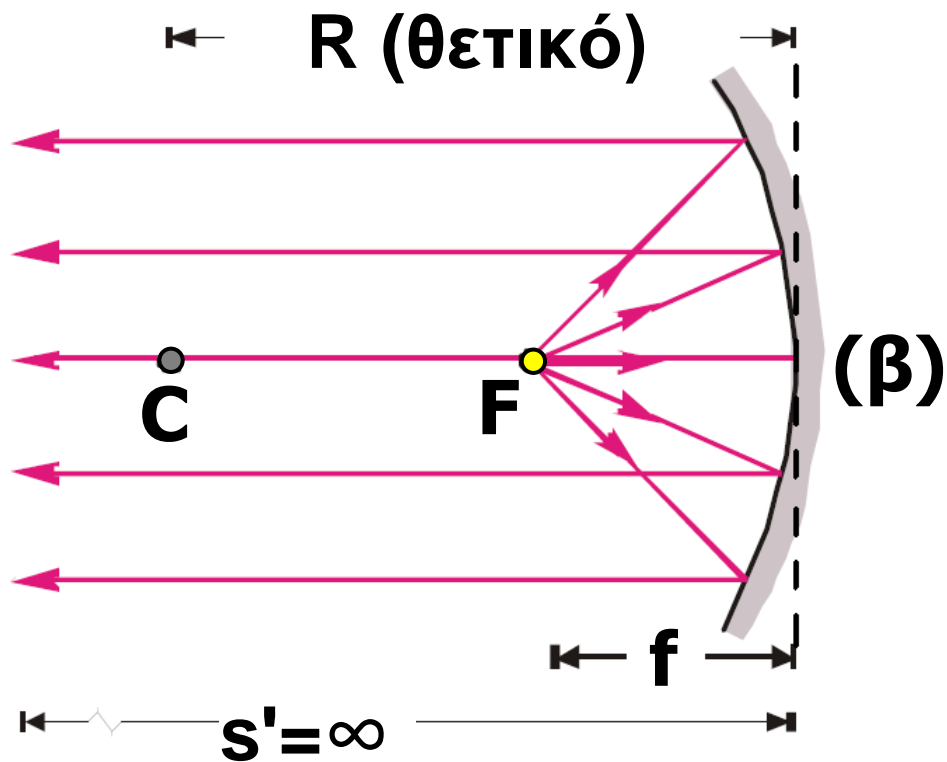
Όταν το είδωλο σχηματίζεται στην περιοχή των προσπιπτουσών ακτίνων (μπροστά στο κάτοπτρο), ονομάζεται **πραγματικό είδωλο**. Σε αντίθετη περίπτωση, όταν το είδωλο σχηματίζεται πίσω από το κάτοπτρο, δηλαδή είναι αποτέλεσμα της σύγκλισης των προεκτάσεων των ακτίνων, ονομάζεται **φανταστι-**

κό είδωλο. Η απόσταση s' παίρνει τότε αρνητικές τιμές. Γενικά ισχύει η σχέση:

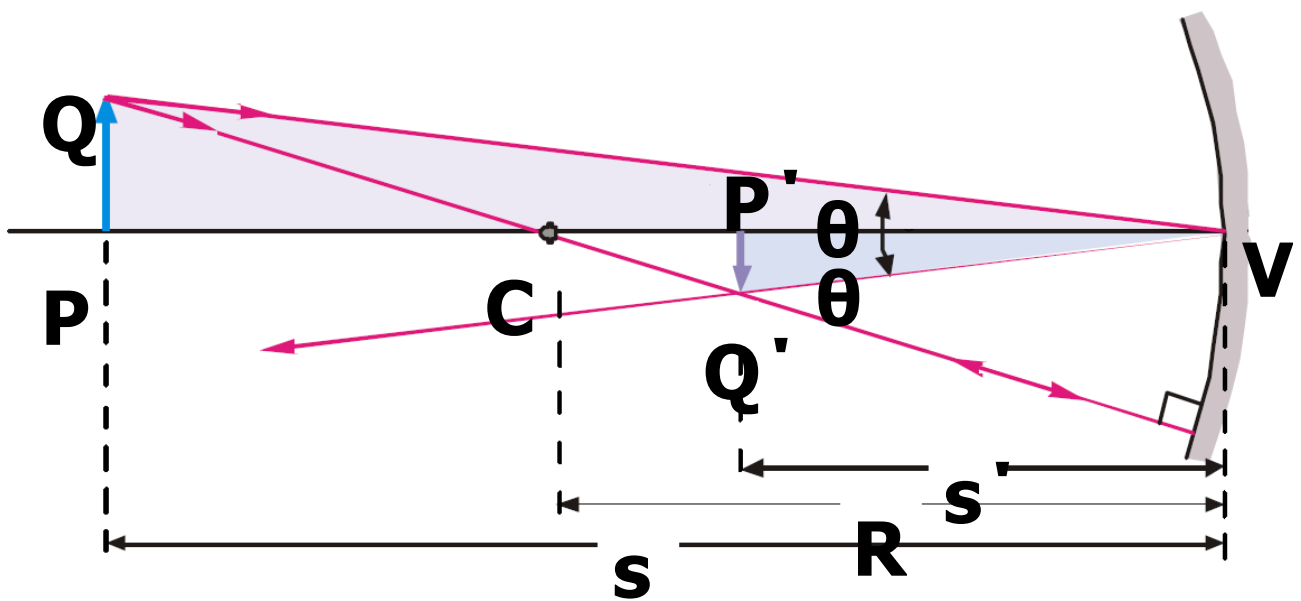
$$\frac{1}{\infty} + \frac{1}{f} = \frac{2}{R} \Rightarrow f = \frac{R}{2} \quad (3)$$

Τύπος των κατόπτρων





Σ-14 (α) Οι ακτίνες προσπίπτουν παράλληλα προς τον άξονα και συγκλίνουν στο εστιακό σημείο F . Ισχύει $s' = f = R/2$. **(β)** Οι ακτίνες ξεκινούν από το εστιακό σημείο και, αφού ανακλαστούν στο κοίλο κάτοπτρο, γίνονται παράλληλες προς τον οπτικό άξονα.



Σ-15 Το παραπάνω σχήμα δείχνει τη γεωμετρική κατασκευή του ειδώλου $P'Q'$ ενός αντικειμένου PQ . Από την πορεία των ακτίνων γίνεται σαφής το τρόπος με τον οποίο προσδιορίστηκε γραφικά η θέση, ο προσανατολισμός και το μέγεθος του ειδώλου. Το πηλίκο $m = P'Q'/PQ$ ορίζεται ως **εγκάρσια μεγέθυνση**. Από τα όμοια τρίγωνα PQV και $P'Q'V$ προκύπτει ότι $m = -s'/s$. Το αρνητικό πρόσημο της μεγέθυνσης δηλώνει ότι το είδωλο είναι ανεστραμμένο σε σχέση με το αντικείμενο, όπως δείχνει το σχήμα.

Κυρτά κάτοπτρα

Όταν το φως προσπίπτει από το κυρτό μέρος του σφαιρικού κατόπτρου, τότε το σφαιρικό κάτοπτρο ονομάζεται **κυρτό**. Στο σχήμα Σ-16 βλέπουμε ένα τέτοιο κάτοπτρο. Το κέντρο καμπυλότητάς του βρίσκεται σε αντίθετη πλευρά από ό,τι οι προσπίπτουσες ακτίνες. Όσα ισχύουν για τα κοίλα κάτοπτρα αποδεικνύονται και για τα κυρτά, με τη διαφορά ότι, ανεξάρτητα από τη θέση του αντικειμένου, το είδωλο είναι πάντα φανταστικό. Ας το δούμε αυτό αναλυτικότερα.

Έστω ένα σημειακό αντικείμενο P , που βρίσκεται πάνω στον οπτικό άξονα σε απόσταση s από την κορυφή του κατόπτρου. Οι ακτίνες που ξεκινούν από το P , αφού ανακλαστούν, τέμνουν με όλες τις προεκτάσεις τους τον άξονα στο

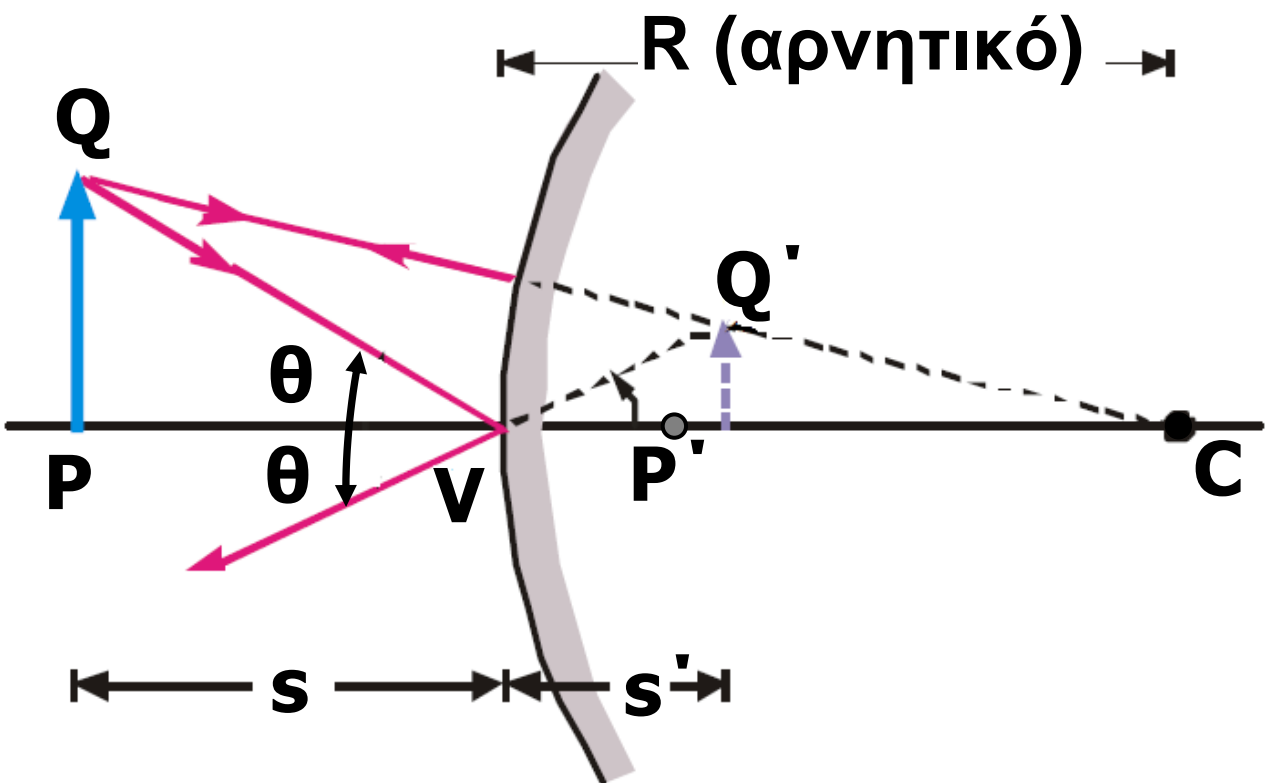
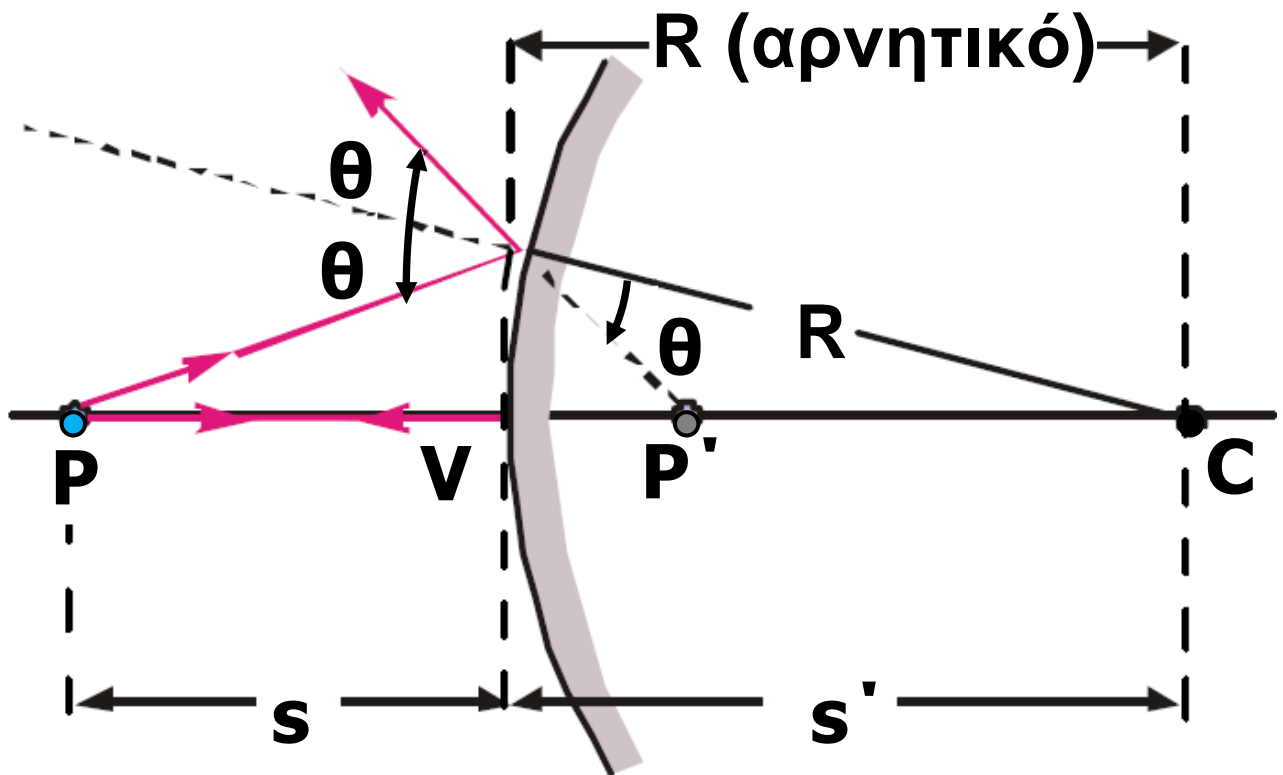
ίδιο σημείο P' . Το σημείο P' είναι επομένως το είδωλο του σημειακού αντικειμένου P και απέχει s' από την κορυφή V . Όπως στα κοίλα, έτσι και στα κυρτά κάτοπτρα αποδεικνύεται ότι μεταξύ των s , s' και R ισχύουν οι σχέσεις:

$$\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{f} = \frac{2}{R}$$

για τον προσδιορισμό της θέσης του ειδώλου και

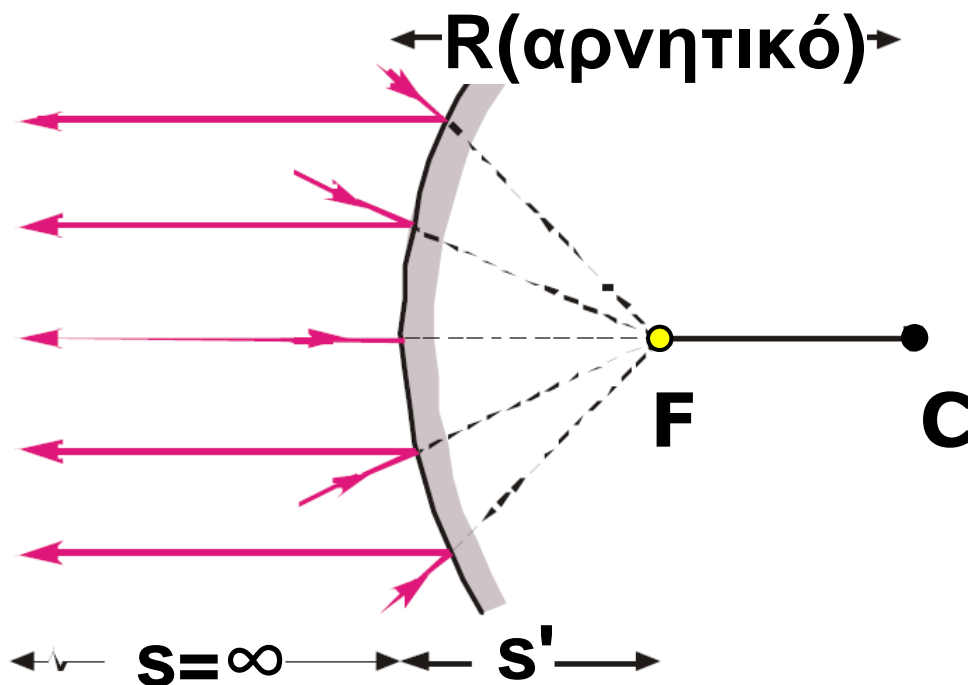
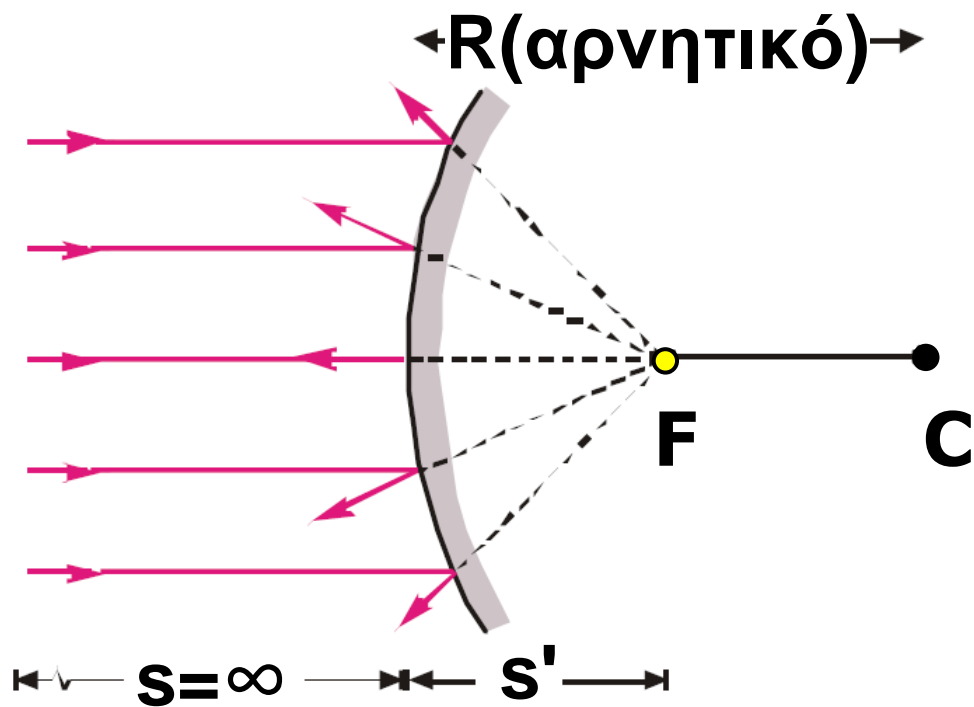
$$m = \frac{P'Q'}{PQ} = -\frac{s'}{s}$$

για τον προσδιορισμό της εγκάρσιας μεγέθυνσης m , αρκεί να εφαρμόσουμε με συνέπεια τον κανόνα των προσήμων για τα μεγέθη s , s' , f , R .



Σ-16 (α) Φαίνεται ο γεωμετρικός προσδιορισμός της θέσης του ειδώλου P' και (β) ο προσδιορισμός

της θέσης, ο προσανατολισμός και το μέγεθος του ειδώλου $P'Q'$.

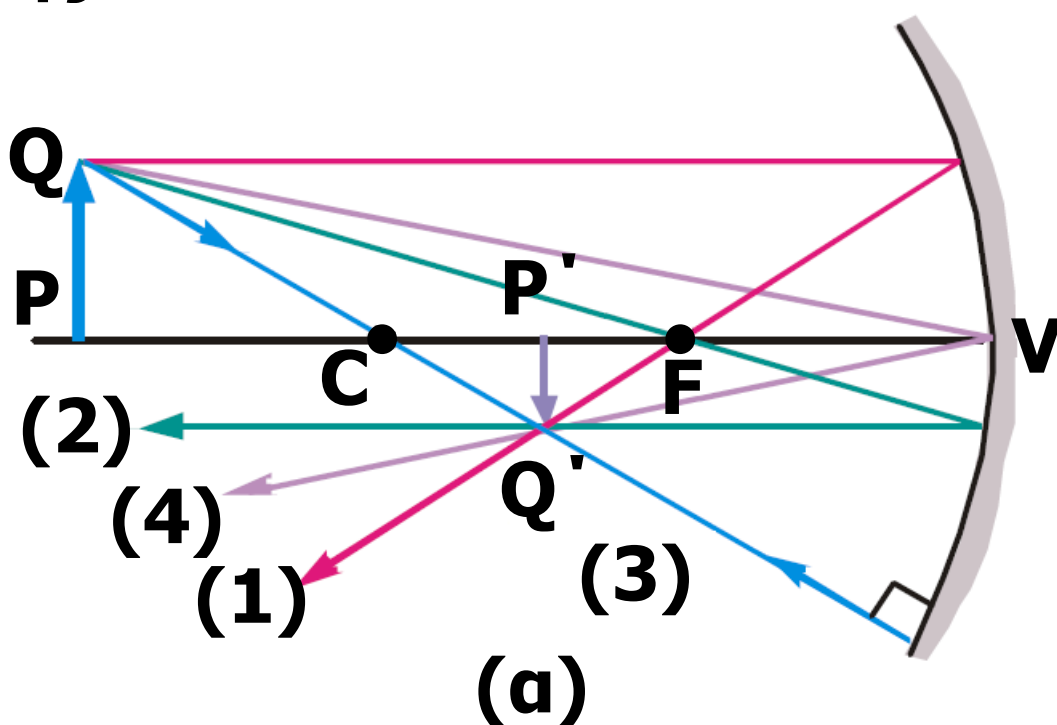


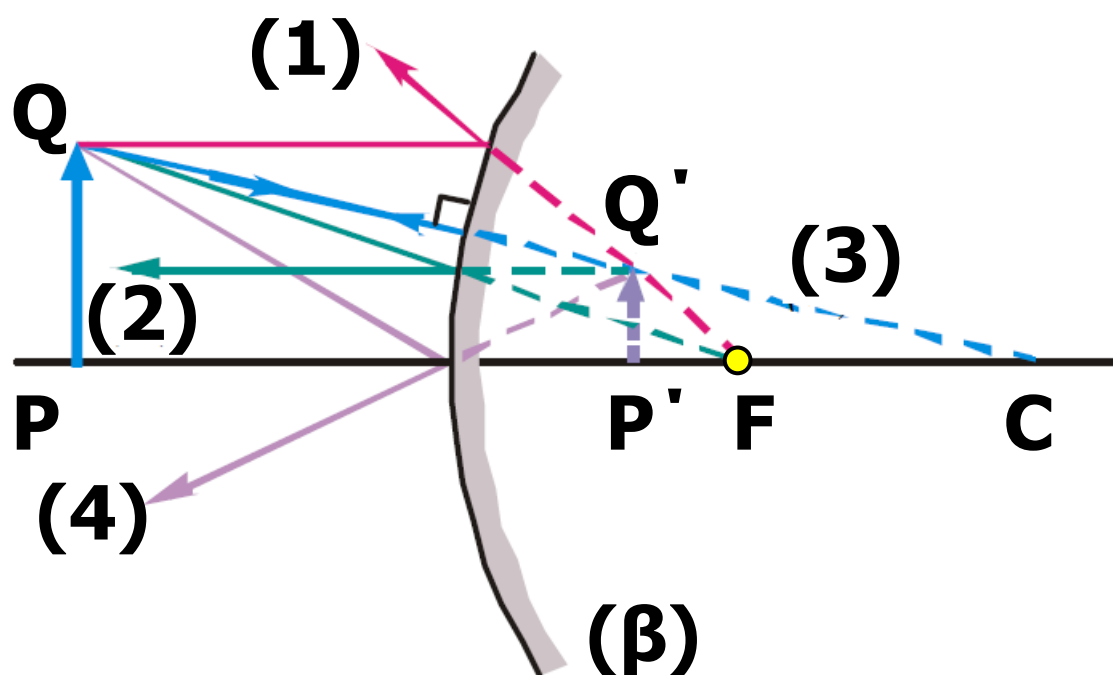


Σ-17 (α) Ακτίνες φωτός που προσπίπτουν παράλληλα προς τον οπτικό άξονα κυρτού κατόπτρου ανακλώμενες, φαίνονται σαν να προέρχονται από το εστιακό σημείο F . (β) Ακτίνες που κατευθύνονται προς το εστιακό σημείο κυρτού κατόπτρου ανακλώνται παράλληλα προς τον οπτικό άξονα. (γ) Η εικόνα δείχνει το σχηματισμό όρθιου φανταστικού ειδώλου, του φωτογράφου, με μικρότερες διαστάσεις.

Γραφική μέθοδος για την εύρεση ειδώλου από σφαιρικά κάτοπτρα
Παρακάτω παραθέτουμε μια

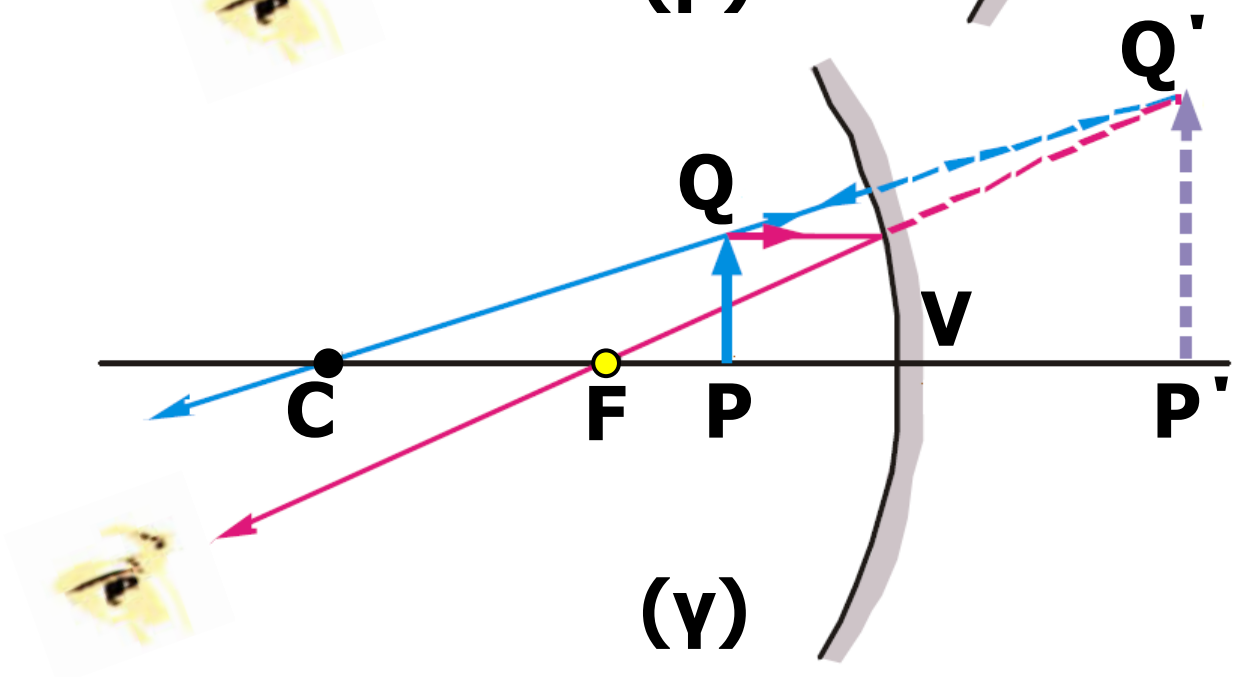
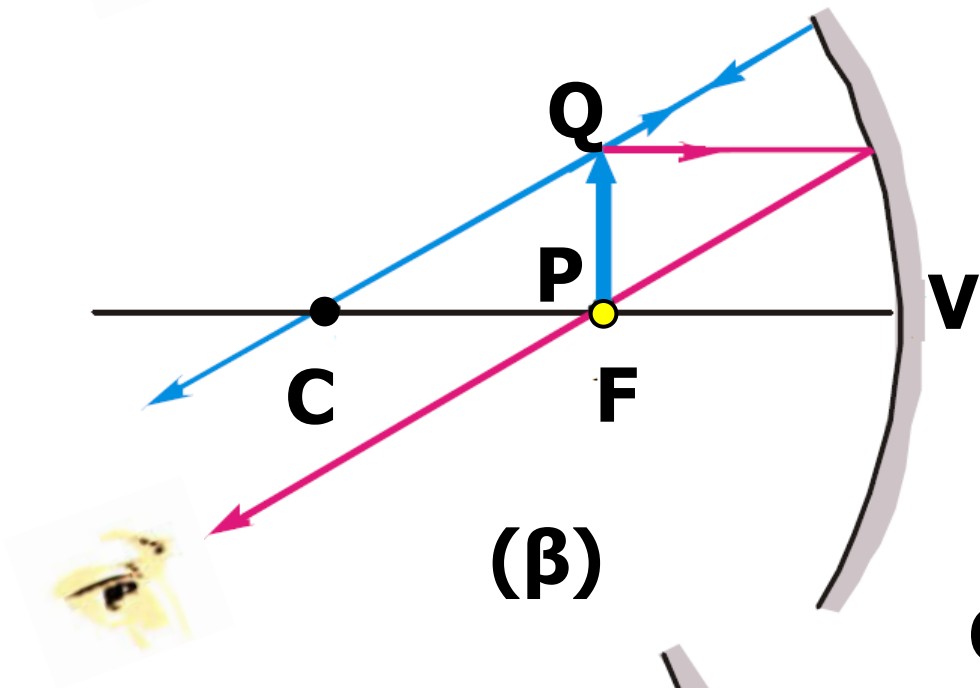
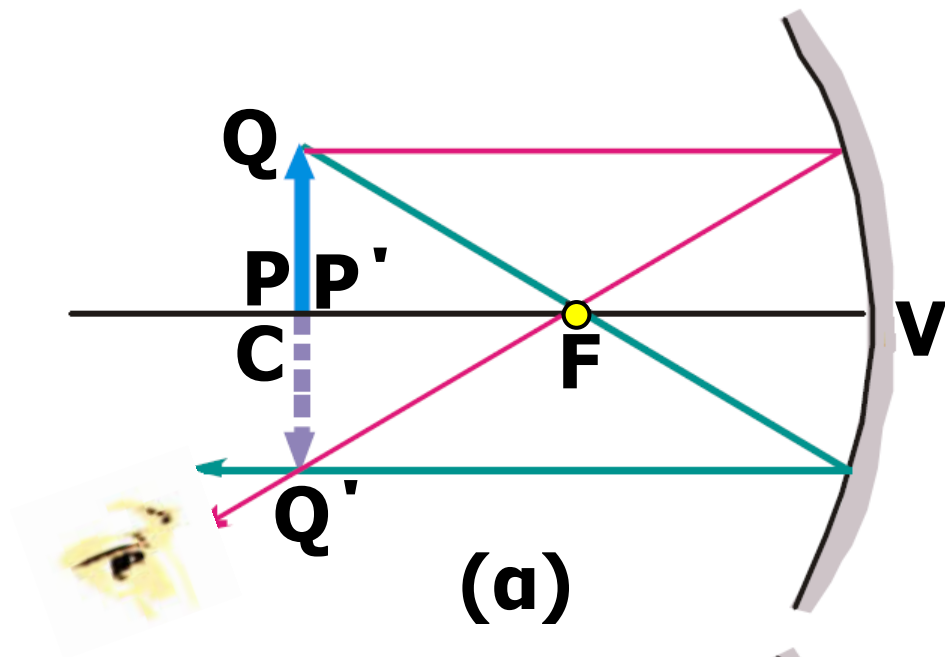
γραφική μέθοδο που πιστεύουμε ότι μπορεί να σας βοηθήσει να προσδιορίζετε απλά τη θέση και το είδος ενός ειδώλου. Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή, ο προσδιορισμός του ειδώλου βασίζεται στη σχεδίαση τεσσάρων ακτίνων, οι οποίες με καλή προσέγγιση περνούν από το ίδιο σημείο. Οι ακτίνες αυτές ονομάζονται κύριες ακτίνες. Στην πράξη θα διαπιστώσετε ότι αρκούν μόνο δύο από τις τέσσερις κύριες ακτίνες για τον προσδιορισμό της θέσης του ειδώλου.





Σ-18 Οι κύριες ακτίνες που απαιτούνται για τον προσδιορισμό του ειδώλου (α) κοίλου κατόπτρου (β) κυρτού κατόπτρου.

- Μία ακτίνα παράλληλη προς τον οπτικό άξονα, μετά από ανάκλαση σε κοίλο κάτοπτρο, διέρχεται πάντα από το εστιακό σημείο F . Προκειμένου για κυρτό κάτοπτρο παίρνουμε την προέκταση της ανακλώμενης ακτίνας.



Σ-19 Γεωμετρικός προσδιορισμός ειδώλου από αντικείμενο που βρίσκεται σε διαφορετικές θέσεις. Έχουν χρησιμοποιηθεί οι δύο από τις τέσσερις κύριες ακτίνες. (α) Το αντικείμενο βρίσκεται στο κέντρο καμπυλότητας, άρα $s=s'$. (β) Το αντικείμενο βρίσκεται στην εστιακή απόσταση, οπότε προκύπτει $s'=\infty$

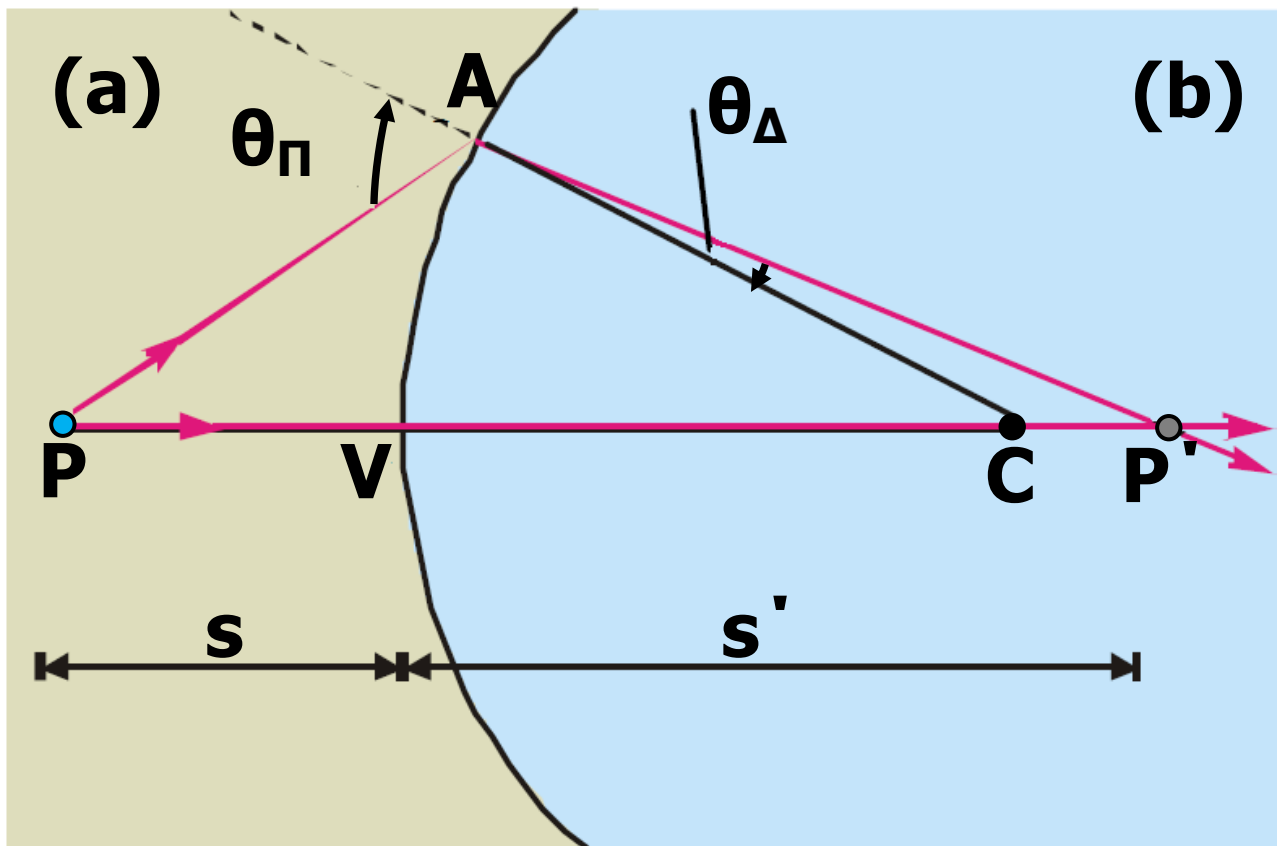
- Μία ακτίνα που διέρχεται από το εστιακό σημείο ανακλάται παράλληλα προς τον οπτικό άξονα για κοίλο κάτοπτρο, ενώ για κυρτό κάτοπτρο ανακλάται η προέκτασή της.
- Μία ακτίνα που διέρχεται από το κέντρο καμπυλότητας C ακολουθεί ανακλώμενη την ίδια πορεία.
- Μία ακτίνα που συναντά την κορυφή V ανακλάται υπό γωνία ίση με

την προσπίπτουσα ως προς τον οπτικό άξονα.

ΔΙΑΘΛΑΣΗ ΣΕ ΣΦΑΙΡΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ

Στην ενότητα αυτή θα προσπαθήσουμε, όσο γίνεται πιο απλά, να θυμίσουμε τη διάδοση του φωτός σε δύο οπτικά υλικά με διαφορετικούς δείκτες διάθλασης. Η διαχωριστική επιφάνεια των δύο υλικών θα είναι σφαιρική, ακτίνας R και με δείκτες διάθλασης n_a και n_b με $n_a > n_b$ που σημαίνει ότι το υλικό μέσο a είναι αραιότερο του b . Θυμίζουμε ακόμα ότι οι ακτίνες που προσπίπτουν πλάγια στη διαχωριστική επιφάνεια αλλάζουν διεύθυνση διάδοσης κατά την είσοδό τους στο δεύτερο μέσο, ενώ αυτές που προσπίπτουν κάθετα συνεχίζουν την αρχική τους πορεία.

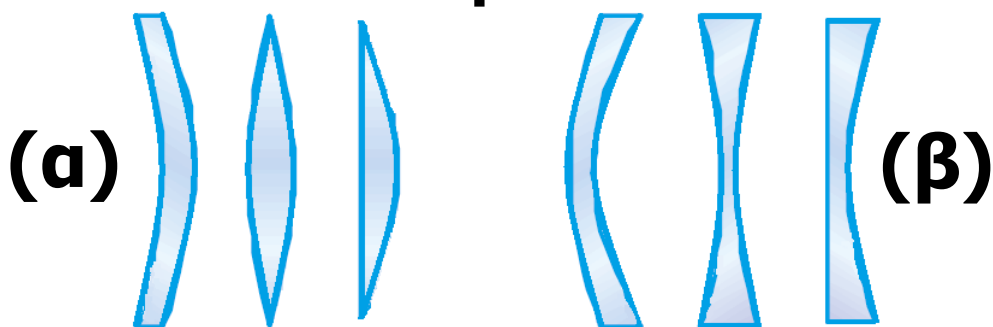
Στο σχήμα Σ-20 βλέπουμε την πορεία δύο ακτίνων που ξεκινούν από το σημειακό αντικείμενο P . Η ακτίνα PA αλλάζει διεύθυνση, ενώ η PV όχι. Η τομή των δύο ακτίνων είναι το είδωλο P' .



Σ-20 Γεωμετρικός προσδιορισμός του σημειακού ειδώλου P' , ενός σημειακού αντικειμένου P , που σχηματίζεται λόγω της διάθλασης σε σφαιρική επιφάνεια.

Λεπτοί φακοί

Οι λεπτοί φακοί είναι οπτικά συστήματα που αποτελούνται από δύο σφαιρικές επιφάνειες πολύ κοντά η μία με την άλλη, έτσι ώστε να μπορούμε να αγνοούμε το πάχος τους. Υπάρχουν δύο ομάδες φακών, οι συγκλίνοντες και οι αποκλίνοντες. Οι συγκλίνοντες είναι παχύτεροι στο κέντρο και λεπτότεροι στην περιφέρεια, ενώ για τους αποκλίνοντες ισχύει το αντίστροφο. Στο σχήμα Σ-21 βλέπουμε τις δύο ομάδες των λεπτών φακών.



Σ-21 (α) Συγκλίνοντες φακοί: μηνίσκος, αμφίκυρτος, επιπεδόκυρτος. (β) Αποκλίνοντες φακοί:

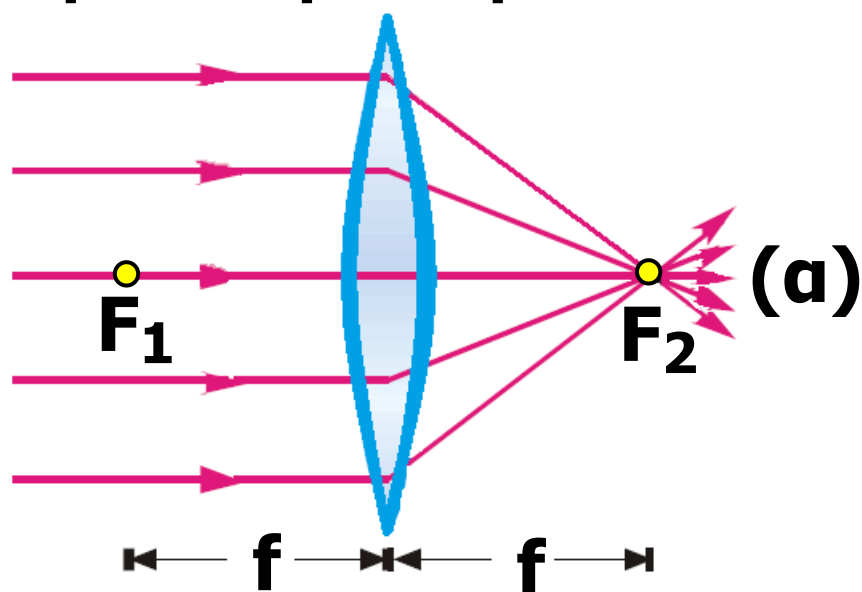
μηνίσκος, αμφίκυρτος, επιπεδόκυρτος. Οι παραπάνω ορισμοί των φακών έγιναν με την προϋπόθεση ότι ο δείκτης διάθλασης του φακού είναι μεγαλύτερος από αυτόν του περιβάλλοντος. Σε αντίθετη περίπτωση οι φακοί του (α) γίνονται αποκλίνοντες και οι φακοί του (β) συγκλίνοντες.

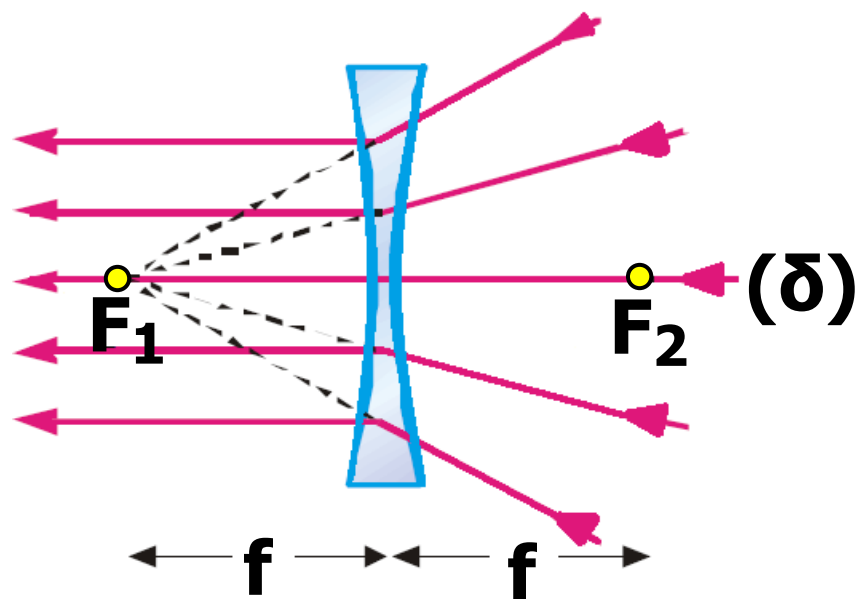
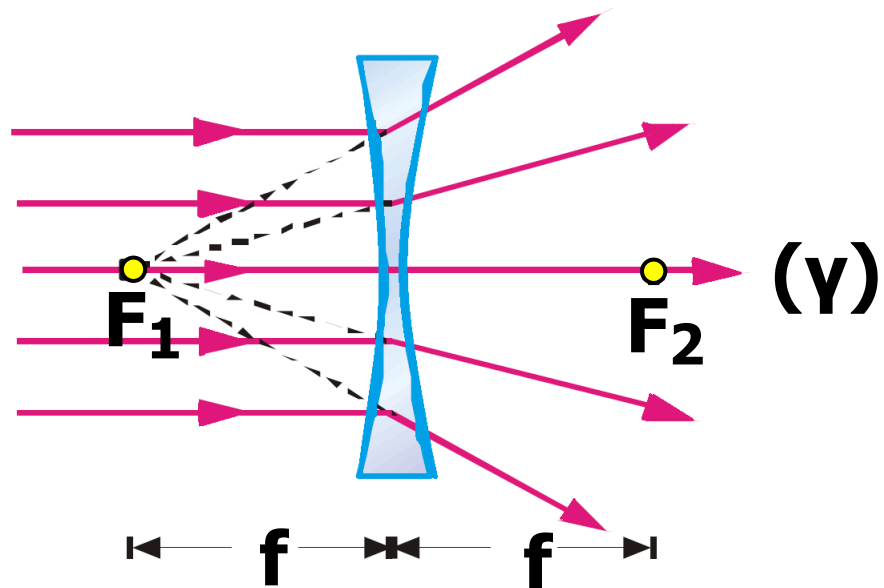
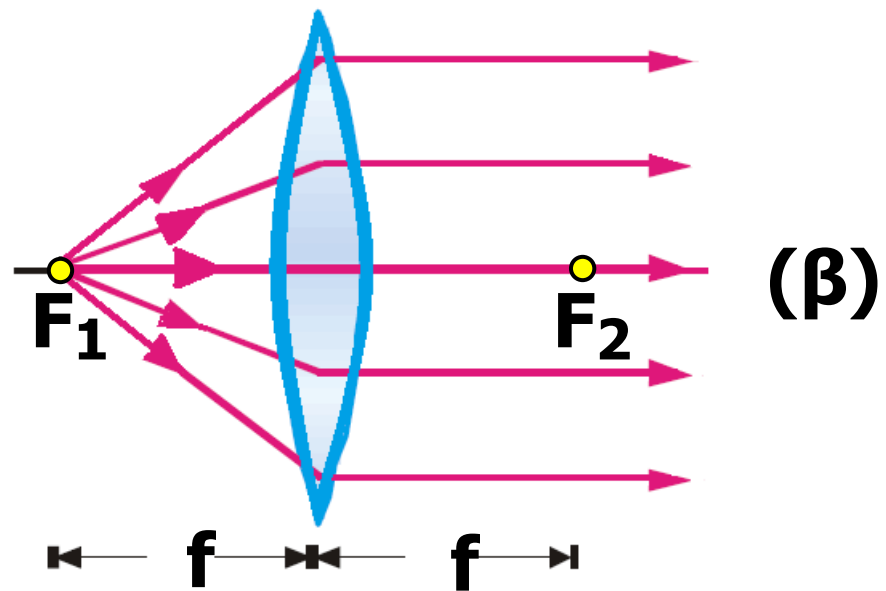
Εστιακά σημεία του φακού

Οι φακοί του σχήματος Σ-22 (α,β) είναι συγκλίνοντες, δηλαδή όταν διέρχεται από αυτούς μία παράλληλη δέσμη ακτίνων, αυτές συγκλίνουν σε ένα σημείο F_2 (σχήμα α). Ομοίως οι ακτίνες που ξεκινούν από το σημείο F_1 εξέρχονται από το φακό ως δέσμη παράλληλων ακτίνων (σχήμα β). Τα σημεία F_1 και F_2 βρίσκονται στον κύριο άξονα του φακού και ονομάζονται κύρια

εστιακά σημεία. Η απόσταση f από το κέντρο του φακού ονομάζεται εστιακή απόσταση.

Όπως γίνεται φανερό από το σχήμα Σ-22, εκτρέπονται από την αρχική τους πορεία όλες οι ακτίνες, εκτός από αυτές που διέρχονται από το οπτικό κέντρο του φακού. Η απόσταση μεταξύ των ακτίνων σχεδιάστηκε μεγάλη, για να γίνει πιο αισθητό το φαινόμενο.





Σ-22 Τέσσερις λεπτοί φακοί, δύο συγκλίνοντες (α , β) και δύο αποκλίνοντες (γ , δ), με τα χαρακτηριστικά τους στοιχεία.

Η παράλληλη δέσμη που προσπίπτει στο φακό του σχήματος Σ-22α δίνει πραγματικό είδωλο, η εστιακή του απόσταση f είναι θετική και ο φακός ονομάζεται **θετικός φακός**. Το αντίθετο συμβαίνει με τον αποκλίνοντα φακό (σχήμα Σ-22γ). Τα εστιακά σημεία είναι η τομή των προεκτάσεων των ακτίνων και έχουν αντίστροφη διάταξη σε σχέση με τους συγκλίνοντες φακούς. Η αριθμητική τιμή της εστιακής απόστασης είναι αρνητική και ο φακός ονομάζεται **αρνητικός φακός**.

Η εξίσωση των κατασκευαστών των φακών

Οι λεπτοί φακοί προκύπτουν με την

τομή δύο σφαιρικών διαθλαστικών επιφανειών, ακτίνων R_1 και που έχουν δείκτη διάθλασης n . Αυτό σημαίνει ότι ο φακός θα χαρακτηρίζεται από το δείκτη διάθλασης n . Έστω λοιπόν ένας αμφίκυρτος λεπτός φακός, με ακτίνες καμπυλότητας R_1 και R_2 , που έχει εστιακή απόσταση f . Τα μεγέθη R_1 , R_2 , και n συνδέονται με την εξίσωση:

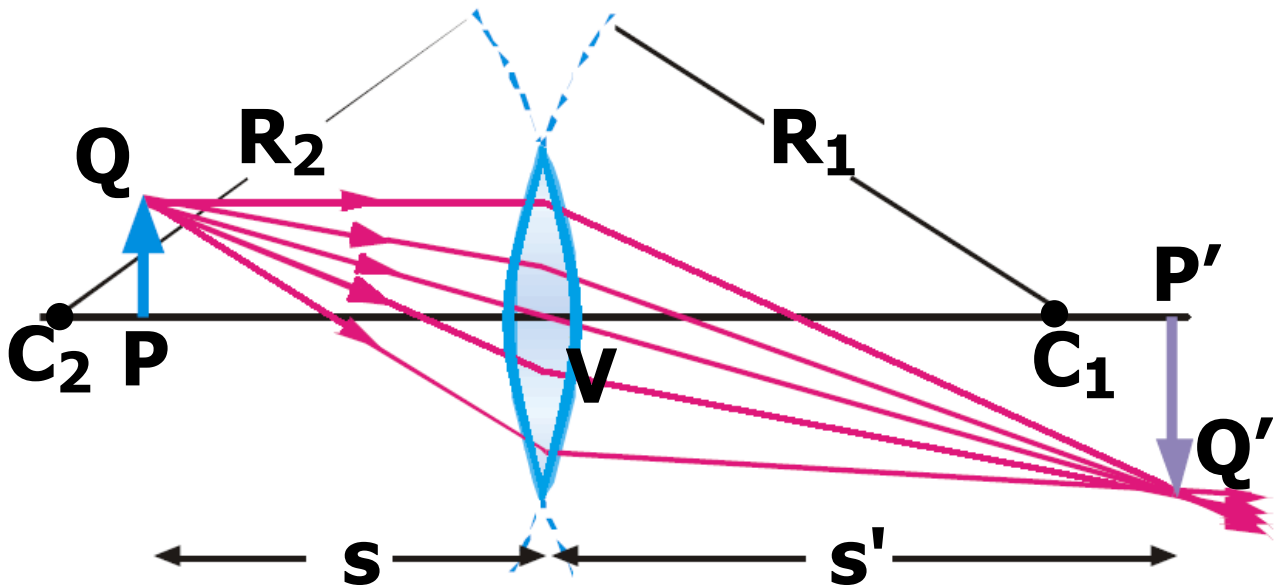
$$\frac{1}{f} = (n - 1) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \quad (4)$$

η οποία ονομάζεται **εξίσωση των κατασκευαστών των φακών**. Αν s και s' είναι αντίστοιχα οι αποστάσεις του αντικειμένου και του ειδώλου από την κορυφή του φακού, τότε ισχύουν οι εξισώσεις:

$$\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{f}$$

και για την εγκάρσια μεγέθυνση

$$m = -\frac{s'}{s}$$



Σ-23 Συγκλίνων φακός, που προκύπτει από δύο διαθλαστικές επιφάνειες, με ακτίνες καμπυλότητας R_1 και R_2 .

Το πηλίκο $m = P'Q' = PQ$ ορίζεται ως **εγκάρσια μεγέθυνση**. Από τα όμοια τρίγωνα PQV και $P'Q'V'$ προκύπτει ότι $m = -s'/s$. Αφού τα s και s' είναι θετικά, το αρνητικό πρόσημο της μεγέθυνσης δηλώνει ότι το είδωλο είναι αντεστραμμένο σε σχέση με το αντικείμενο, όπως δείχνει το σχήμα.

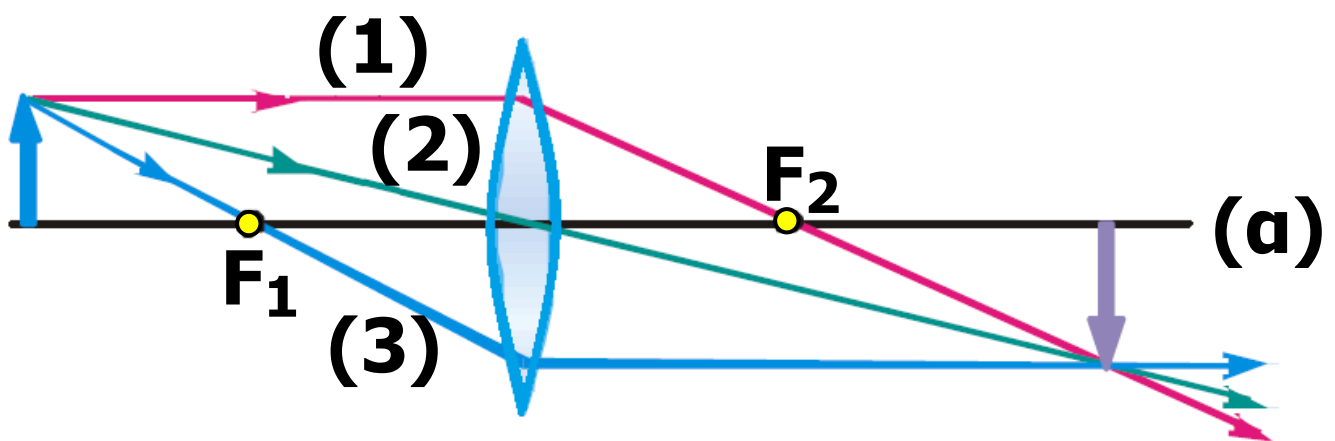
Γραφική μέθοδος για την εύρεση ειδώλου από λεπτούς φακούς

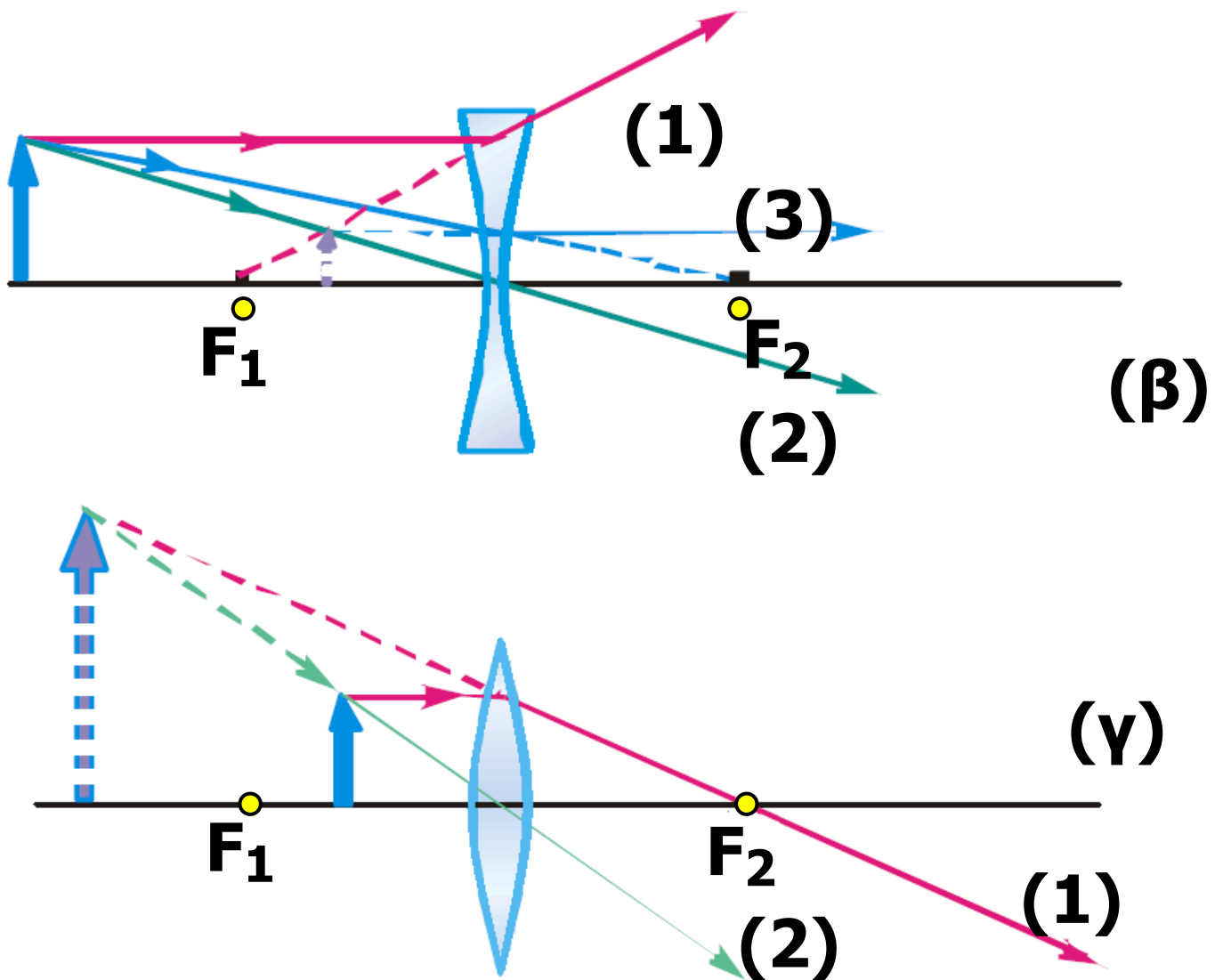
Η γραφική μέθοδος για τον προσδιορισμό της θέσης και του μεγέθους ενός ειδώλου δε διαφέρει ουσιαστικά από αυτήν που περιγράψαμε στα σφαιρικά κάτοπτρα. Σχεδιάζουμε μερικές χαρακτηριστικές ακτίνες, που ξεκινούν από κάποιο σημείο του αντικειμένου που δεν ανήκει στον κύριο άξονα (σχήμα Σ-24). Αυτές, αφού περάσουν από το λεπτό φακό και διαθλαστούν, συγκλίνουν σε ένα σημείο, που προσδιορίζει τη θέση και το μέγεθος του ειδώλου. Τις ακτίνες αυτές τις ονομάζουμε κύριες ακτίνες. Στην προκειμένη περίπτωση είναι τρεις ως προς τον αριθμό και είναι οι εξής:

- Μία ακτίνα παράλληλη προς τον οπτικό άξονα, μετά από διάθλασή της στο λεπτό φακό, διέρχεται

πάντα από το δεύτερο εστιακό σημείο F_2 ενός συγκλίνοντος φακού. Προκειμένου για αποκλίνοντα παίρνουμε την προέκταση της διαθλωμένης ακτίνας [σχήμα Σ-24β (1),(3)].

- Μία ακτίνα που διέρχεται από το κέντρο του φακού δεν αποκλίνει από την ευθύγραμμη πορεία της, γιατί στην περιοχή του κέντρου οι δύο επιφάνειες είναι παράλληλες, αφού ο φακός είναι λεπτός.
- Μία ακτίνα που διέρχεται από το πρώτο εστιακό σημείο F_1 , αφού συναντήσει το φακό, διαθλάται παράλληλα προς τον κύριο άξονα.





Σ-24 Σχηματισμός ειδώλου από λεπτούς φακούς για διάφορες θέσεις του αντικειμένου. Όπως φαίνεται από το σχήμα (γ), αρκούν μόνο δύο από τις κύριες ακτίνες για τον προσδιορισμό του ειδώλου, οι (1) και (2).

Συνθήκη προσημών για κάτοπτρα

Το s παίρνει πρόσημο (+), εάν το αντικείμενο βρίσκεται μπροστά από το κάτοπτρο (πραγματικό αντικείμενο).

Το s παίρνει πρόσημο (-), εάν το αντικείμενο βρίσκεται πίσω από το κάτοπτρο (φανταστικό αντικείμενο).

Το s' παίρνει πρόσημο (+), εάν το είδωλο βρίσκεται μπροστά από το κάτοπτρο (πραγματικό είδωλο).

Το s' παίρνει πρόσημο (-), εάν το είδωλο βρίσκεται πίσω από το κάτοπτρο (φανταστικό είδωλο).

Τα f και R παίρνουν πρόσημο (+), εάν το κέντρο καμπυλότητας είναι μπροστά από το κάτοπτρο (κοίλο).

Τα f και R παίρνουν πρόσημο (-), εάν το κέντρο καμπυλότητας βρίσκεται πίσω από το κάτοπτρο (κυρτό).

Εάν η m είναι θετική, τότε το είδωλο

είναι όρθιο. Εάν η m είναι αρνητική, τότε το είδωλο είναι αντεστραμμένο.

Συνθήκη προσήμων για φακούς

Το s παίρνει πρόσημο (+), εάν το αντικείμενο βρίσκεται μπροστά από το φακό.

Το s παίρνει πρόσημο (-), εάν το αντικείμενο βρίσκεται πίσω από το φακό.

Το s' παίρνει πρόσημο (+), εάν το είδωλο βρίσκεται πίσω από το φακό.

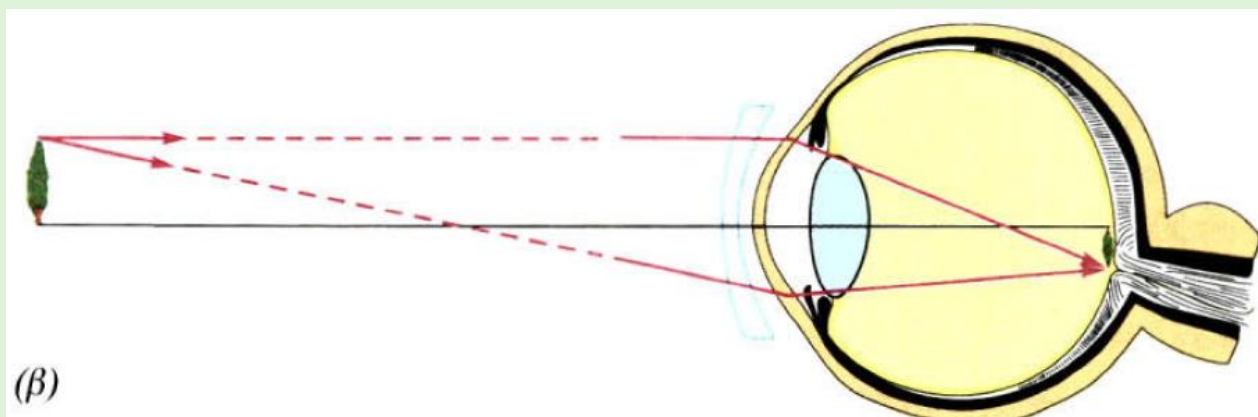
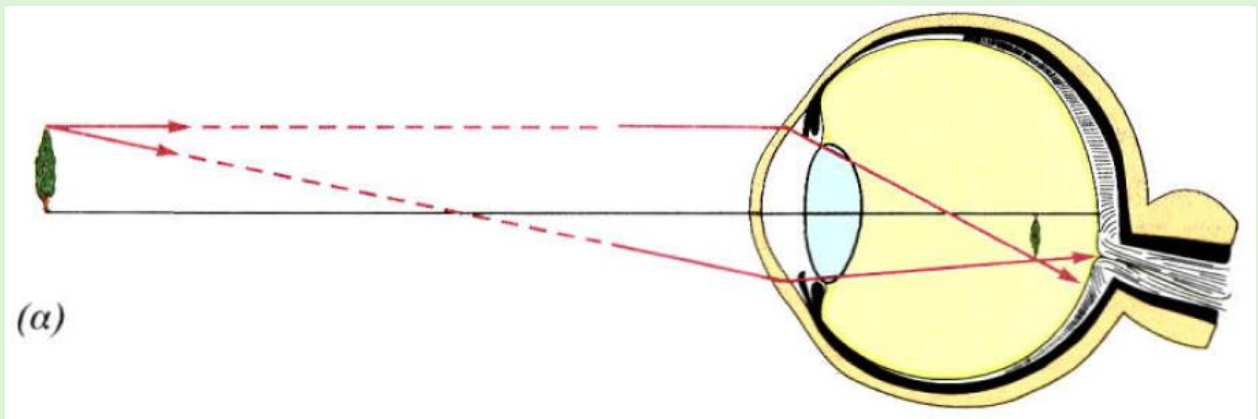
Το s' παίρνει πρόσημο (-), εάν το είδωλο βρίσκεται μπροστά από το φακό.

Τα R_1 και R_2 παίρνουν πρόσημο (+), εάν το κέντρο καμπυλότητας βρίσκεται πίσω από το φακό.

Τα R_1 και R_2 παίρνουν πρόσημο (-), εάν το κέντρο καμπυλότητας

βρίσκεται μπροστά από το φακό.

Χρήσεις φακών στη διόρθωση της όρασης του ανθρώπινου οφθαλμού.



Σ-25 (α) Ένας μη διορθωμένος μυωπικός οφθαλμός. Οι ακτίνες που εισέρχονται στον οφθαλμό συγκλίνουν περισσότερο και έτσι το

είδωλο δημιουργείται μπροστά από τον αμφιβληστροειδή χιτώνα. (β) Ένας αρνητικός (αποκλίνων) φακός δίνει την απαραίτητη απόκλιση των ακτίνων και έτσι το είδωλο σχηματίζεται πάνω στον αμφιβληστροειδή χιτώνα.

Η διπλή διάθλαση



Σ-26 Όταν το φως διαπερνά ένα γυάλινο πλακίδιο, παθαίνει διπλή διάθλαση. Η πρώτη διάθλαση γίνεται, όταν το φως εισέρχεται από αραιότερο σε πυκνότερο μέσο, ενώ η δεύτερη, όταν η ακτίνα εξέρχεται από το πλακίδιο. Στο φαινόμενο αυτό οφείλεται το «κόψιμο» του δακτύλου στη διπλανή εικόνα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Serway, Physics for scientists & engineers

Jones Jones and Marchington, Physics, Cambridge

Jim Jardin, Physics, Oxford edited

Ken Dobson, Physics, Nelson Science

Nathan, Physique

Φυσική PSSC

ABITUR '99

ABITUR TRAINING

Hammer - Knauth - Kuhner, Physik 13

Born - Bader, Φυσική

Αλεξόπουλος Κ., Γενική Φυσική (Οπτική)

Schaum's Outline Series

Hugh D. Young, Πανεπιστημιακή Φυσική, εκδόσεις Παπαζήση

Φυσική Γ' Λυκείου Σ₂ Κύπρου Εκπαιδευτική Ελληνική

Εγκυκλοπαίδεια, Εκδοτική Αθηνών
Επιστημονική και Τεχνολογική
Εγκυκλοπαίδεια «Επιστήμη»,
εκδόσεις Κουμουνδουρέας
Μεγάλη Σχολική Εγκυκλοπαίδεια
«Γνωρίζω το χθες, το σήμερα, το
αύριο», εκδόσεις Κουμουνδουρέας
Douglas G. Giancoli, Physics,
Prentice-Hall International Editions
Arthour Belser, Physics Addison
Wesley Publishing Company
Nelkon and Parker, Advanced Level
Physics
S.K. Srivastava, Problems in
Physics, Weeler Puplishing
Graham Booth, A-Level Physics,
Letts Educational
Roger Muncaster, A-Level Physics,
Stanley Thornes (Publishers)
Tony Hey - Patrick Walter, Το
κβαντικό Σύμπαν
Kenneth Ford, Σύγχρονη Φυσική

John Avison, The Wold of Physics
Ε.Ν. Οικονόμου κ.ά., Η Φυσική
Σήμερα. Οι δέκα κλίμακες της ύλης
Poul Hewitt, Οι έννοιες της Φυσικής
Berkeley Physics course - Waves
(vol. 3)

Διευθύνσεις στο διαδίκτυο με
θέματα Φυσικής:

<http://www.ceba.gov/services/pced/atomtour/>

<http://www.cern.ch/public/welcome.html>

<http://www1.slac.stanford.edu/library/main.html>

<http://www.education.index.com/>

<http://www.bhs.berkeley.k12.ca.us/departments/science/index.html>

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

4.1 ΕΙΔΗ ΛΑΜΠΤΗΡΩΝ 8

Λαμπτήρες πυρακτώσεως10

Η λειτουργία του λαμπτήρα –
Βελτίωση των λαμπτήρων

πυρακτώσεως15

Λαμπτήρες φθορισμού - Η λειτουργία των λαμπτήρων φθορισμού .21-23

Ερμηνεία παραγωγής ορατού φωτός από τη φθορίζουσα επιφάνεια 27

Ποιοτική σύγκριση λαμπτήρων πυρακτώσεως και φθορισμού28

4.2 ΟΠΤΙΚΕΣ ΙΝΕΣ (Optical fibers)

Τι επιτυγχάνουμε με τις οπτικές ίνες - Πώς λειτουργούν.....31

Πώς είναι κατασκευασμένη μία οπτική ίνα.....34

Πόσο μακριά μπορεί να φτάσει το φως μέσα σε μία οπτική ίνα... .38

Πού τις χρησιμοποιούμε	39
4.3 ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΜΗΧΑΝΗ	50
Πώς είναι.....	54
Τα οπτικά συστήματα.....	54
4.4 ΦΩΤΟΣΤΟΙΧΕΙΑ	74
Τι είναι - Πώς είναι.....	75-77
Πώς λειτουργούν.....	78
Εφαρμογές.....	87
4.5 LASER	87
Τι είναι - Τι είναι η «εξαναγκασμένη εκπομπή ακτινοβολίας»	87-88
Πώς είναι - Πώς λειτουργούν	90-91
Χαρακτηριστικά του φωτός laser	96
Εφαρμογές.....	97
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗΣ ΟΠΤΙΚΗΣ	129

Βάσει του ν. 3966/2011 τα διδακτικά βιβλία του Δημοτικού, του Γυμνασίου, του Λυκείου, των ΕΠΑ.Λ. και των ΕΠΑ.Σ. τυπώνονται από το ΙΤΥΕ - ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ και διανέμονται δωρεάν στα Δημόσια Σχολεία. Τα βιβλία μπορεί να διατίθενται προς πώληση, όταν φέρουν στη δεξιά κάτω γωνία του εμπροσθόφυλλου ένδειξη «ΔΙΑΤΙΘΕΤΑΙ ΜΕ ΤΙΜΗ ΠΩΛΗΣΗΣ». Κάθε αντίτυπο που διατίθεται προς πώληση και δεν φέρει την παραπάνω ένδειξη θεωρείται κλεψίτυπο και ο παραβάτης διώκεται σύμφωνα με τις διατάξεις του άρθρου 7 του Νόμου 1129 της 15/21 μαρτίου 1946 (ΦΕΚ 1946, 108, Α').

Απαγορεύεται η αναπαραγωγή οποιουδήποτε τμήματος αυτού του βιβλίου, που καλύπτεται από δικαιώματα (copyright), ή η χρήση του σε οποιαδήποτε μορφή, χωρίς τη γραπτή άδεια του Υπουργείου Παιδείας, Διά Βίου Μάθησης και Θρησκευμάτων / ΙΤΥΕ - ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ.