

ΦΩΣ – ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ →

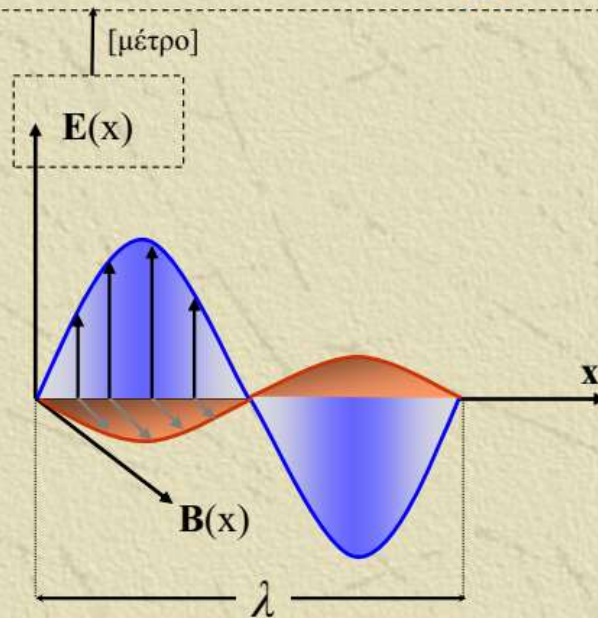
Κύμα

Ηλεκτρικό πεδίο

Μαγνητικό πεδίο

[ταξιδεύουν στο κενό και όλα με την ίδια ταχύτητα, είναι εγκάρσια]

$$E(x,t) = E_0 \cos(kx - \omega t) = E_0 \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda}x - 2\pi f t\right)$$



Βασικά χαρακτηριστικά της
Η/Μ ακτινοβολίας

✧ Μήκος κύματος λ (nm)

✧ Συχνότητα f (THz)

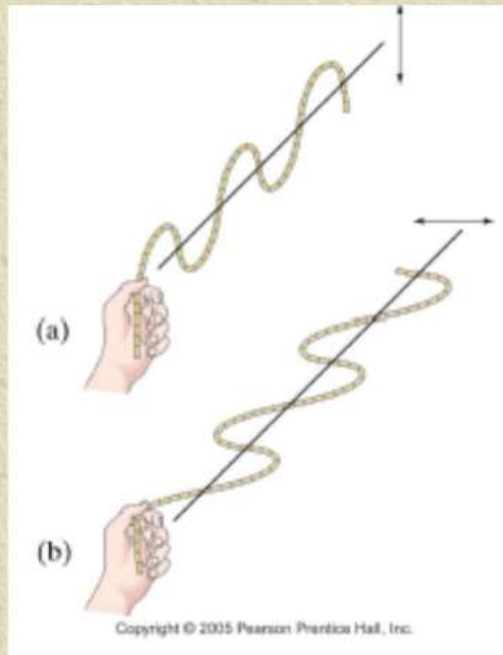
$$c = \lambda f = 300000 \text{ Km/s}$$

✧ Ένταση $I \sim E^2$ (W/m²)

✧ Πόλωση

ΠΟΛΩΣΗ ΦΩΤΟΣ

Το φως λέμε πως είναι γραμμικά πολωμένο ή απλά πολωμένο όταν η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου ταλαντώνεται σε ένα μόνο επίπεδο και όχι σε οποιαδήποτε διεύθυνση κάθετη στη διεύθυνση διάδοσης



Το ΦΥΣΙΚΟ φως δεν είναι πολωμένο

Για ένα γραμμικά πολωμένο φως πρέπει πάντα να δηλώνουμε το επίπεδο πόλωσής του

Εκτός από μη πολωμένο και γραμμικά πολωμένο φως υπάρχει και φως κυκλικά ή ελλειπτικά πολωμένο. Στην περίπτωση αυτή η πλήρης περιγραφή της πόλωσης περιλαμβάνει εκτός των άλλων και τον προσδιορισμό δεξιόστροφης ή αριστερόστροφης

ΠΟΛΩΣΗ – Μηχανικά κύματα

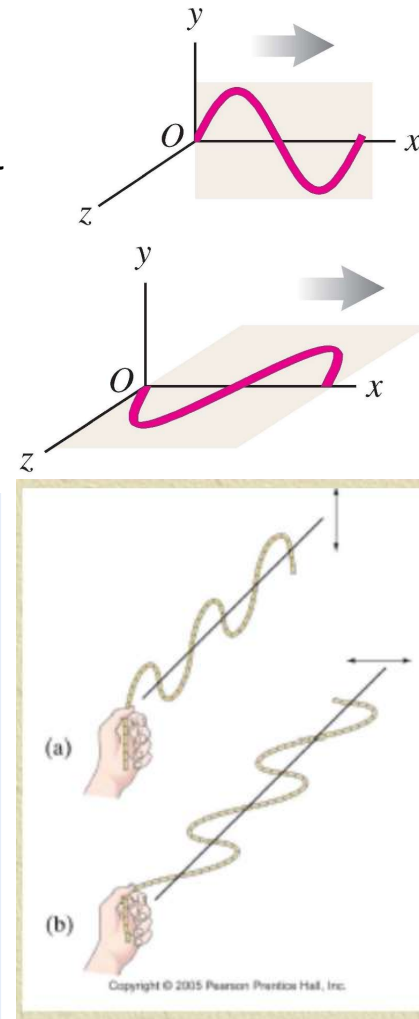
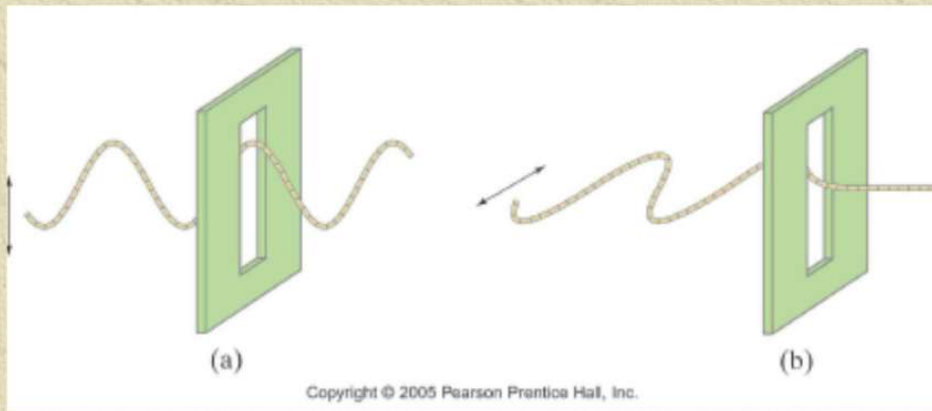
Η πόλωση είναι ένα χαρακτηριστικό όλων των εγκάρσιων κυμάτων.

ΟΡΟΛΟΓΙΑ: Όταν ένα κύμα έχει μετατοπίσεις μόνο κατά τη διεύθυνση y , λέμε ότι είναι **γραμμικά πολωμένο στη διεύθυνση y**
ένα κύμα με μετατοπίσεις μόνο στη διεύθυνση z είναι **γραμμικά πολωμένο στη διεύθυνση z**

Για μηχανικά κύματα δύναται να κατασκευαστεί **πολωτικό φίλτρο** ή **πολωτής** που να επιτρέπει να διέρχονται μόνο κύματα με ορισμένη διεύθυνση πόλωσης.

Πολωτικά φίλτρα

Διαθέτουν άξονα πόλωσης. Φως πολωμένο σε επίπεδο κάθετο στον άξονα πόλωσης του φίλτρου δε διαπερνά το φίλτρο



ΠΟΛΩΣΗ – Ηλεκτρομαγνητικά κύματα

Ένα ηλεκτρομαγνητικό κύμα είναι ένα εγκάρσιο κύμα.

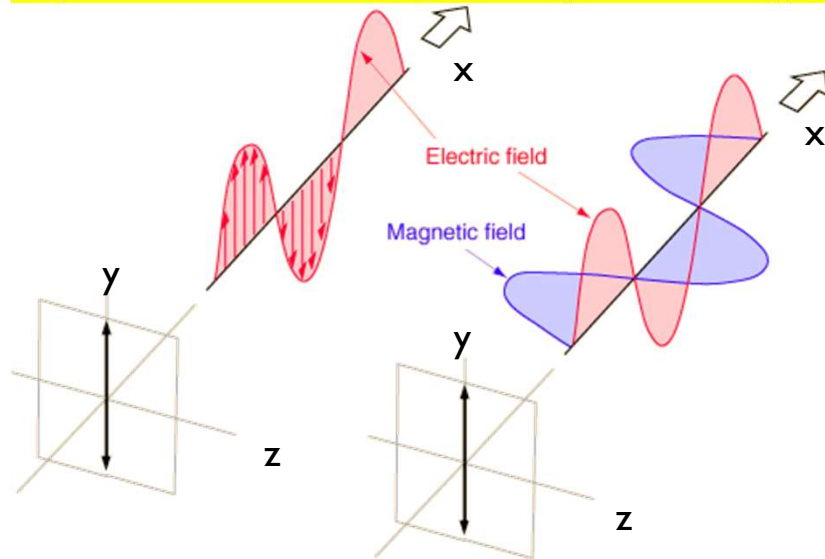
Όπως ήδη έχουμε αναφέρει τα ταλαντούμενα ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία είναι κάθετα τόσο μεταξύ τους όσο και προς τη διεύθυνση διάδοσης του κύματος. Ορίζουμε πάντοτε ως διεύθυνση πόλωσης ενός ηλεκτρομαγνητικού κύματος τη διεύθυνση του διανύσματος του ηλεκτρικού πεδίου E .

Έτσι, το ηλεκτρομαγνητικό κύμα που περιγράφεται από

$$E(x, t) = jE_{\max} \cos(kx - \omega t)$$

$$B(x, t) = kB_{\max} \cos(kx - \omega t)$$

λέγεται ότι είναι πολωμένο στη διεύθυνση y , επειδή το ηλεκτρικό πεδίο έχει μόνο συνιστώσα y .

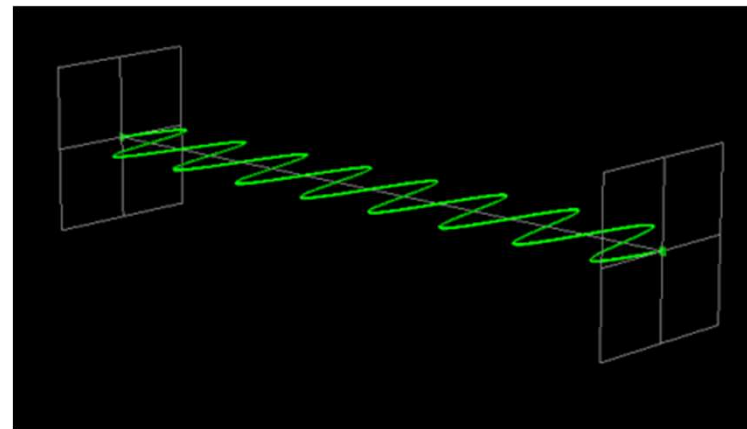
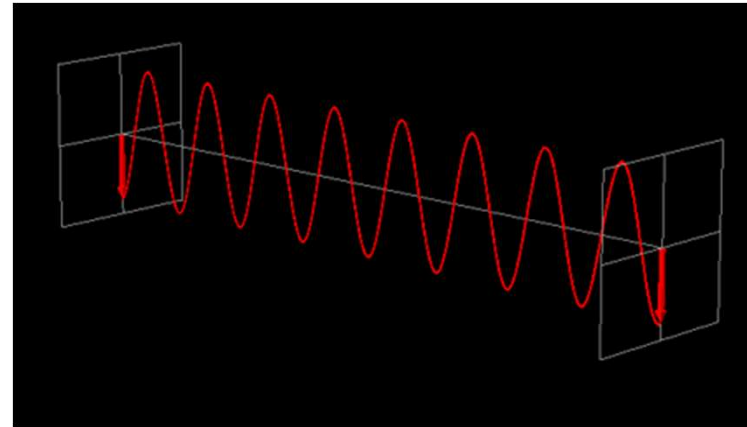


Η ταλάντωση του ηλεκτρικού πεδίου E πραγματοποιείται σε ένα ΣΥΓΚΕΚΡΙΜΕΝΟ επίπεδο (π.χ. yx).

Το φως χαρακτηρίζεται ως γραμμικά πολωμένο με επίπεδο πόλωσης το επίπεδο yx

Polarized electromagnetic waves

- Light with oscillations confined to a single plane.
- Top: vertically polarized light
- Bottom: horizontally polarized light



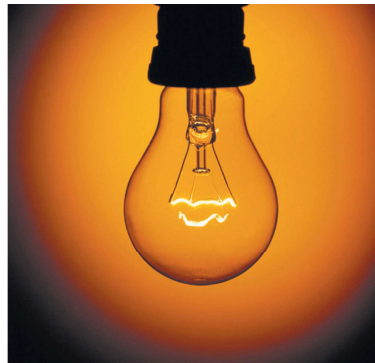
Videos throughout notes from <http://www.photophysics.com/polarization.php>

Πολωτικά Φίλτρα

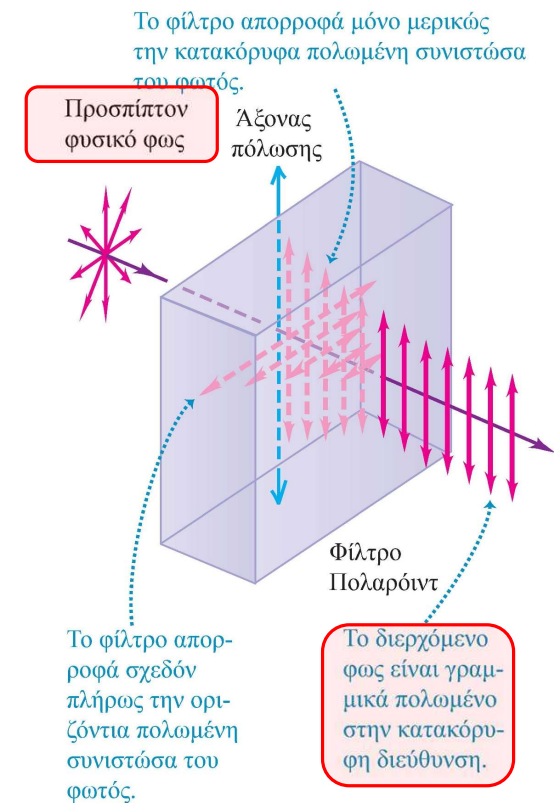
Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα που εκπέμπονται από κεραίες αναμετάδοσης ραδιοφωνικών κυμάτων είναι κατακόρυφα πολωμένα (ταλάντωση ηλεκτρονίων κατακόρυφη).

Το φως που εκπέμπεται από τους λαμπτήρες πυρακτώσεως και τις λυχνίες φθορισμού δεν είναι πολωμένο. Ένα τέτοιο φως ονομάζεται **μη πολωμένο φως** ή **φυσικό φως**.

Οι «κεραίες» που ακτινοβολούν εδώ τα φωτεινά κύματα είναι τα μόρια που συνιστούν τις πηγές. Τα κύματα που εκπέμπονται από κάθε μόριο είναι πιθανόν γραμμικά πολωμένα, όπως συμβαίνει και με τα κύματα από μια κεραία ραδιοκυμάτων. Αλλά μια οποιαδήποτε πραγματική φωτεινή πηγή αποτελείται από έναν τεράστιο αριθμό μορίων με τυχαίους προσανατολισμούς, έτσι το εκπεμπόμενο φως είναι ένα τυχαίο μείγμα κυμάτων που είναι γραμμικά πολωμένα σε όλες τις δυνατές εγκάρσιες διευθύνσεις.



ΦΙΛΤΡΟ Polaroid



Τύποι πολωτών

- **Absorptive polarizers**

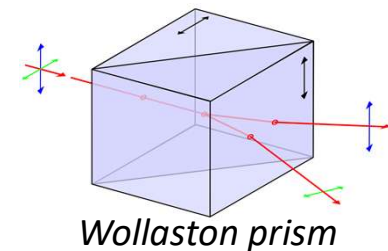
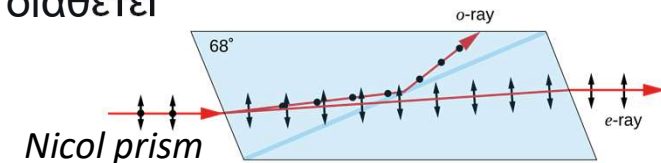
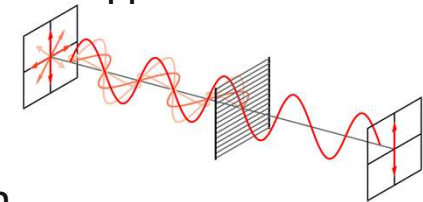
Διχρωϊκοί πολωτές, απορροφούν φως που διαθέτει συγκεκριμένη πόλωση (πολυμερή ισχυρά ανισότροπα). **Polaroid polarizing filter:** PVA ντοπαρισμένο με ιώδιο. Φως πολωμένο παράλληλα στις προσανατολισμένες μακρομοριακές αλυσίδες απορροφάται σε αντίθεση με φως πολωμένο κάθετα σε αυτές

- **Wire-grid polarizers**

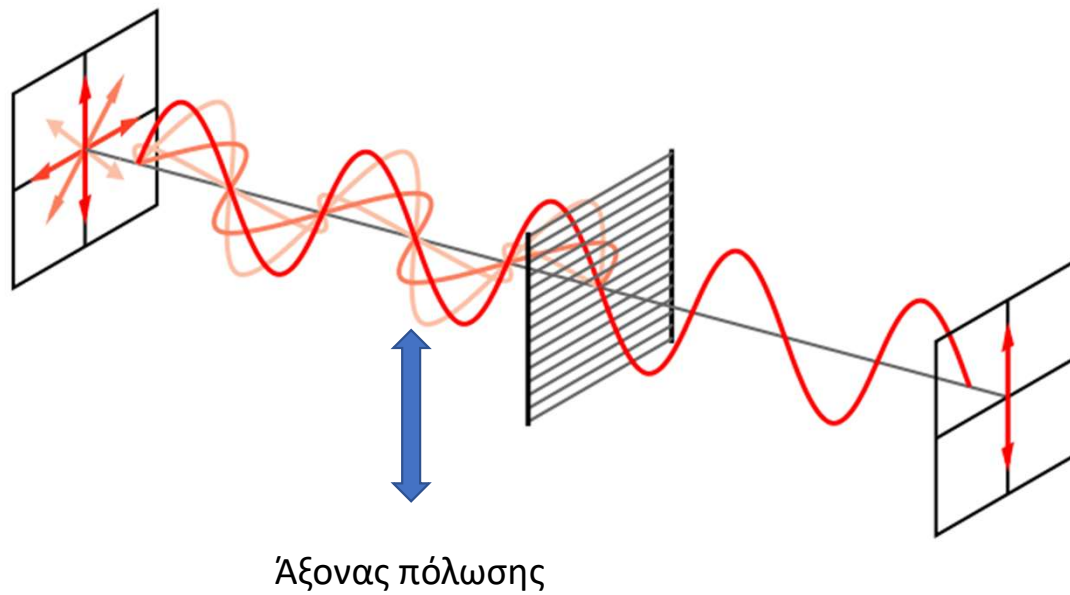
Λεπτά μεταλλικά σύρματα κοντά το ένα στο άλλο. Φως με πόλωση παράλληλη στα σύρματα ανακλάται σε αντίθεση με το φως που διαθέτει πόλωση κάθετη σε αυτά

- **Birefringence polarizers**

Διπλοθλαστικοί πολωτές. Κρυσταλλικά υλικά που διαθέτουν δύο δείκτες διάθλασης δηλ. εμφανίζουν δύο διαθλώμενες. Εάν η διεύθυνση διάδοσης της ακτινοβολίας είναι συγκεκριμένη τότε οι δύο διαθλώμενες είναι γραμμικά πολωμένες με κάθετα επίπεδα πόλωσης.



Πολωτές – ΑΞΟΝΑΣ ΠΟΛΩΣΗΣ



ΠΟΛΩΣΗ ΦΩΤΟΣ

ΕΠΙΠΕΔΟ ΠΟΛΩΣΗΣ και ΕΝΤΑΣΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

ΕΝΤΑΣΗ ΦΩΤΟΣ, I

Ονομάζουμε την ενέργεια της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που διαπερνά τη μονάδα της επιφάνειας στη μονάδα του χρόνου

$$I = \frac{1}{2} \epsilon_0 c E^2$$

$$\text{Μονάδες} = \frac{\text{J}}{\text{s m}^2}$$

ΠΟΛΩΣΗ ΦΩΤΟΣ

Πολωτικά φίλτρα

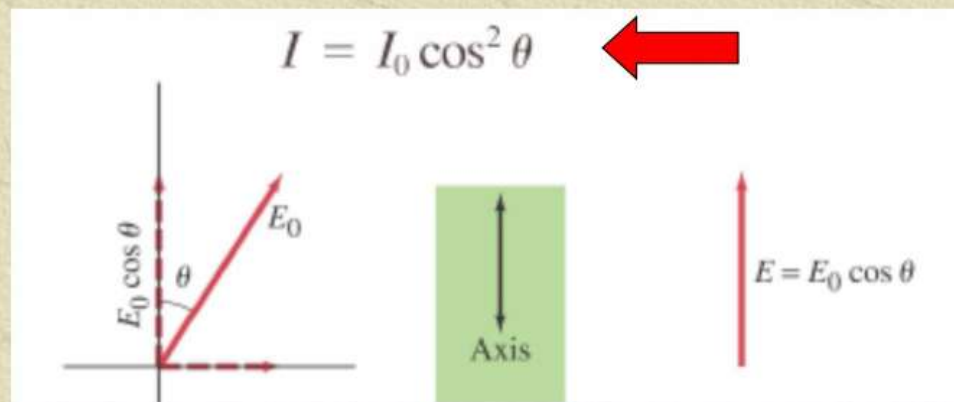
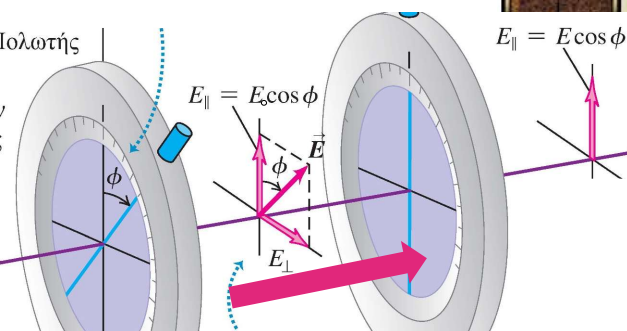
Όταν φυσικό φως με ένταση I_0 προσπέσει σε πολωτικό φίλτρο τότε πίσω από το φίλτρο το φως θα είναι γραμμικά πολωμένο με επίπεδο πόλωσης παράλληλα στον άξονα πόλωσης του φίλτρου και ένταση

$$I = I_0 / 2$$

ΠΟΛΩΣΗ ΦΩΤΟΣ

Πολωτικά φίλτρα

Το φίλτρο διαπερνά μόνο η συνιστώσα της πόλωσης του προσπίπτοντος φωτός στη διεύθυνση του άξονα πόλωσης του φίλτρου



Γραμμικά πολωμένο Άξονας φίλτρου
φως με επίπεδο σε κάθετη
πόλωσης σε γωνία διεύθυνση
 θ (κατακ.)

Πεδίο το οποίο
διαπερνά το
φίλτρο

ΕΠΙΠΕΔΟ ΠΟΛΩΣΗΣ και ΕΝΤΑΣΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

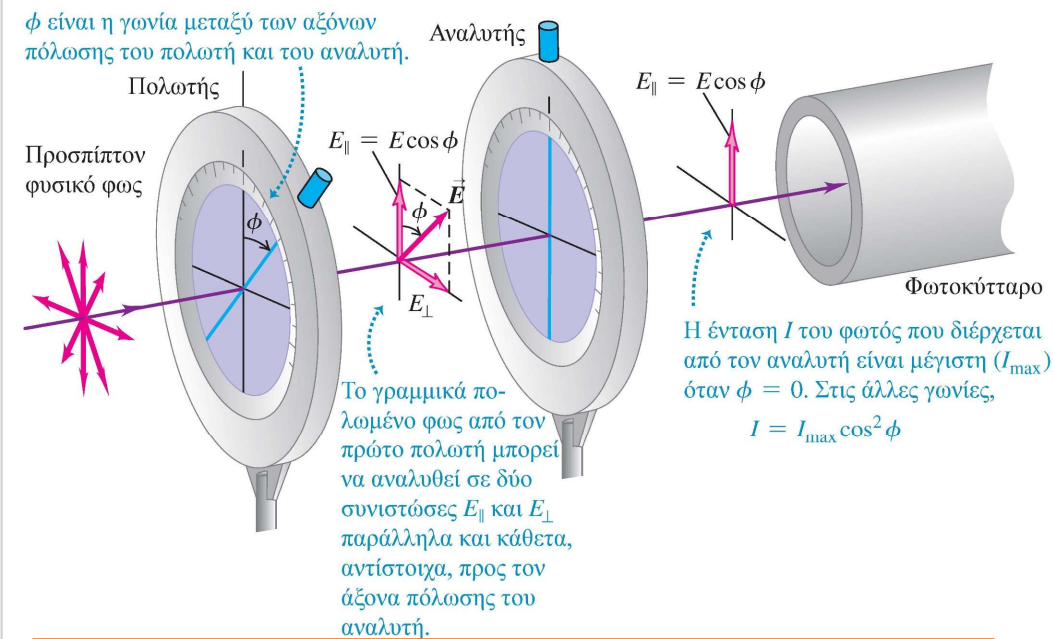


Η ένταση ενός ηλεκτρομαγνητικού κύματος είναι ανάλογη του τετραγώνου του πλάτους του κύματος.

Μετά από πολωτή το φως είναι γραμμικά πολωμένο με επίπεδο πόλωσης αυτό που ορίζεται από τον άξονα πόλωσης του πολωτή

Η ένταση της ακτινοβολίας μετά τον πολωτή είναι η μισή του προσπίπτοντος φυσικού φωτός

$$I = I_0 / 2$$



Μετά από το 2^ο πολωτή το φως είναι γραμμικά πολωμένο με επίπεδο πόλωσης αυτό που ορίζεται από τον άξονα πόλωσης του 2^{ου} πολωτή

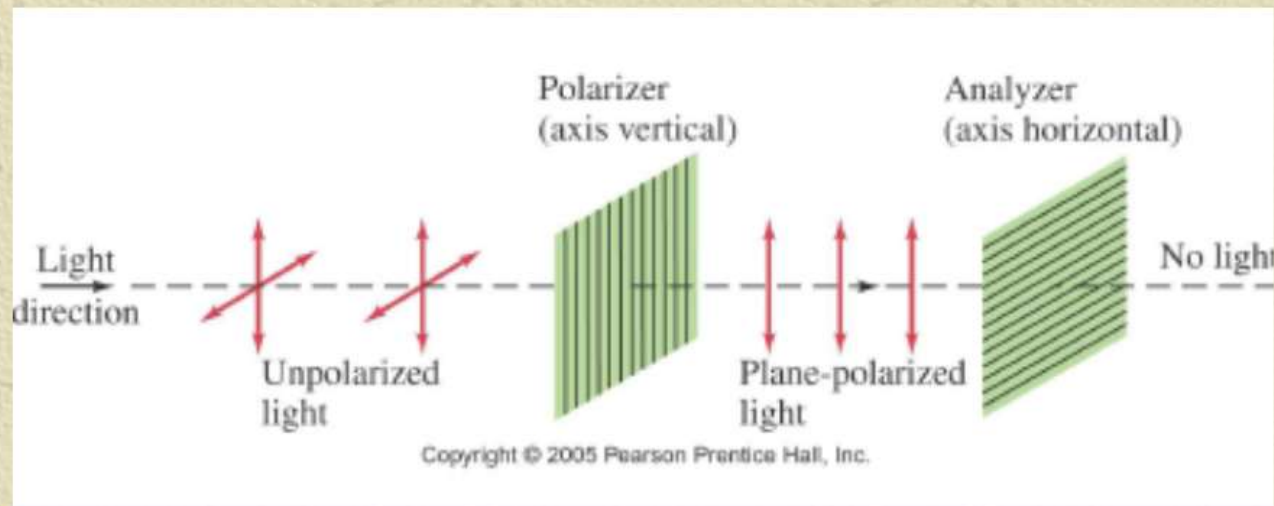
Ένταση του πολωμένου φωτός που διέρχεται από έναν αναλυτή
Νόμος του Malus: $I = I_{\max} \cos^2 \phi$
 Μέγιστη διερχόμενη ένταση Γωνία μεταξύ του άξονα πόλωσης του φωτός και του άξονα πόλωσης του αναλυτή

ΠΟΛΩΣΗ ΦΩΤΟΣ

Cross polarizers

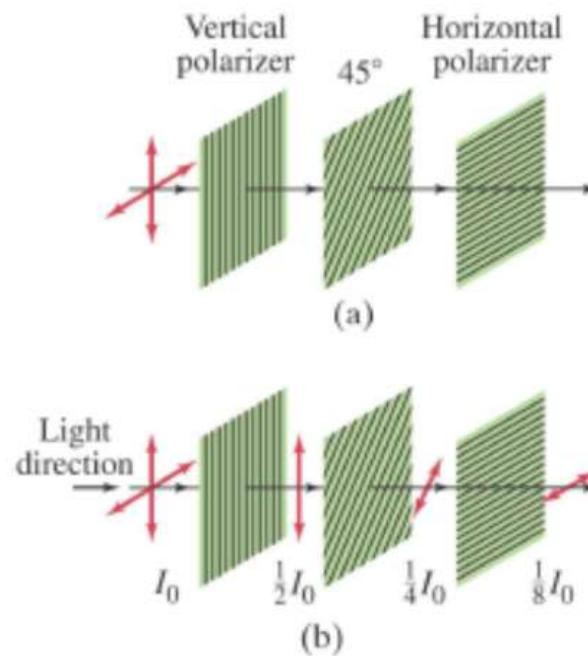
Αν διαθέτουμε ζευγάρι δύο πολωτών τότε συμβατικά τον πρώτο ονομάζουμε πολωτή και τον δεύτερο αναλυτή.

Αν οι άξονες πόλωσης των δύο πολωτών τοποθετηθούν κάθετα τότε πίσω από τον αναλυτή δε θα διέρχεται φως (cross polarization)



ΠΟΛΩΣΗ ΦΩΤΟΣ

Τι θα γίνει αν ανάμεσα από δύο πολωτές σε θέση cross τοποθετήσουμε έναν τρίτο πολωτή με τον άξονα πόλωσης του να σχηματίζει γωνία 45° με τους άξονες των άλλων δύο;



Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

Εφαρμογή για
γωνία 30°

Πόλωση από Ανάκλαση – ΓΩΝΙΑ Brewster

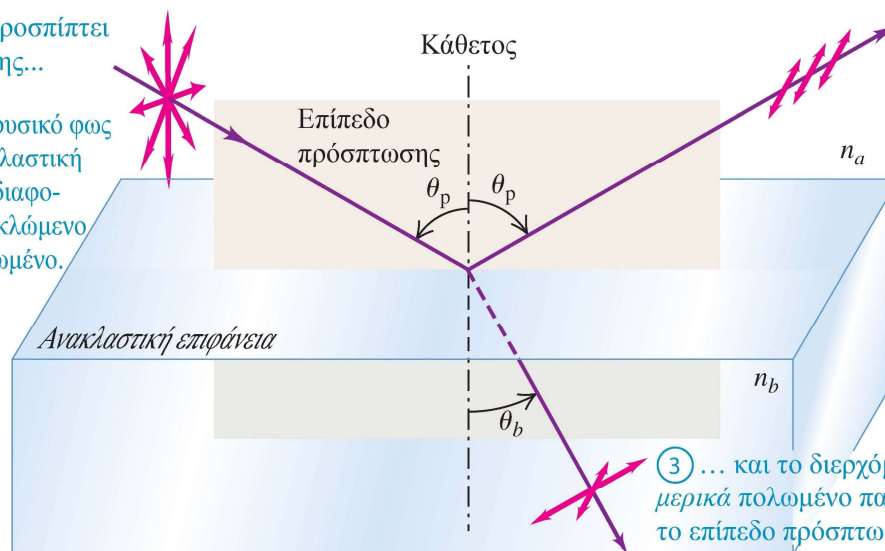
Το φυσικό φως μπορεί να πολωθεί, μερικά ή ολικά, με ανάκλαση.

Για τις περισσότερες γωνίες πρόσπτωσης, κύματα των οποίων το ηλεκτρικό πεδίο E είναι παράλληλο προς την ανακλαστική επιφάνεια ανακλώνται ισχυρότερα. Στην περίπτωση αυτή, το ανακλώμενο φως είναι μερικά πολωμένο στη διεύθυνση που είναι κάθετη προς το επίπεδο πρόσπτωσης (παράλληλα προς τη διεπιφάνεια).

Για μια συγκεκριμένη γωνία πρόσπτωσης, που ονομάζεται **γωνία πόλωσης θ_p** , το φως του οποίου το ηλεκτρικό πεδίο E βρίσκεται πάνω στο επίπεδο πρόσπτωσης δεν ανακλάται καθόλου, αλλά διαθλάται πλήρως. Στην ίδια αυτή γωνία πρόσπτωσης, το φως του οποίου το ηλεκτρικό πεδίο E είναι κάθετο προς το επίπεδο πρόσπτωσης ανακλάται μερικώς.

① Αν φυσικό φως προσπίπτει υπό τη γωνία πόλωσης...

④ Εναλλακτικά, αν φυσικό φως προσπίπτει στην ανακλαστική επιφάνεια υπό γωνία διαφορετική της θ_p , το ανακλώμενο φως είναι μερικά πολωμένο.

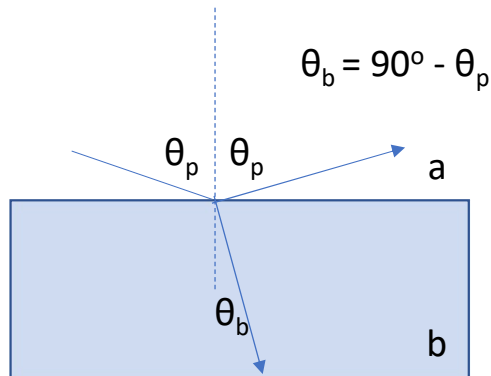


② ... τότε το ανακλώμενο φως είναι 100 % πολωμένο κάθετα προς το επίπεδο πρόσπτωσης...

③ ... και το διερχόμενο φως είναι μερικά πολωμένο παράλληλα προς το επίπεδο πρόσπτωσης.

Πόλωση από Ανάκλαση – ΓΩΝΙΑ Brewster

Πρόσπτωση με γωνία Brewster έχει ως αποτέλεσμα γραμμικά πολωμένη ανακλώμενη ακτίνα με επίπεδο πόλωσης παράλληλο στη διεπιφάνεια και διαθλώμενη γωνία σε γωνία 90° ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΗΝ ΑΝΑΚΛΩΜΕΝΗ. Το τελευταίο επιτρέπει τον εύκολο υπολογισμό της γωνίας Brewster:



$$n_a \sin \theta_p = n_b \sin \theta_b = n_b \sin(90^\circ - \theta_p) = n_b \cos \theta_p$$

Νόμος του Brewster
για τη γωνία πόλωσης:

Γωνία πόλωσης (γωνία πρόσπτωσης για
την οποία το ανακλώμενο φως είναι 100 % πολωμένο)

$$\tan \theta_p = \frac{n_b}{n_a}$$

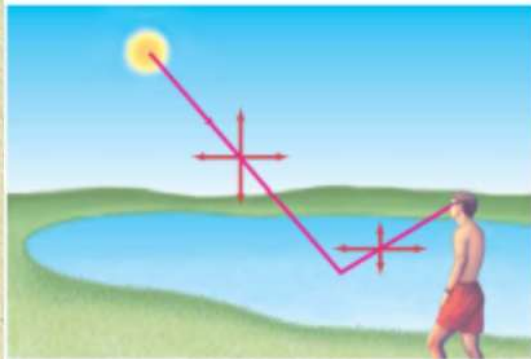
Δείκτης διάθλασης
του δεύτερου υλικού

Δείκτης διάθλασης
του πρώτου υλικού

Νόμος του Brewster

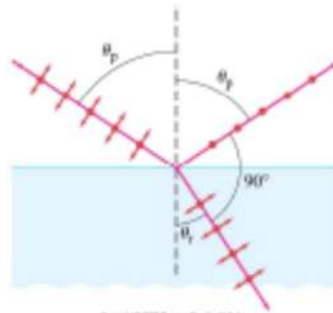
ΠΟΛΩΣΗ ΦΩΤΟΣ

Πολωμένο φως μπορούμε να πάρουμε έπειτα από ανάκλαση σε μη μεταλλική επιφάνεια σε μια συγκεκριμένη γωνία που ονομάζεται γωνία Brewster.



Copyright © 2005 Pearson Education, Inc.

$$\tan \theta_p = \frac{n_2}{n_1}$$



Copyright © 2005 Pearson Education, Inc.

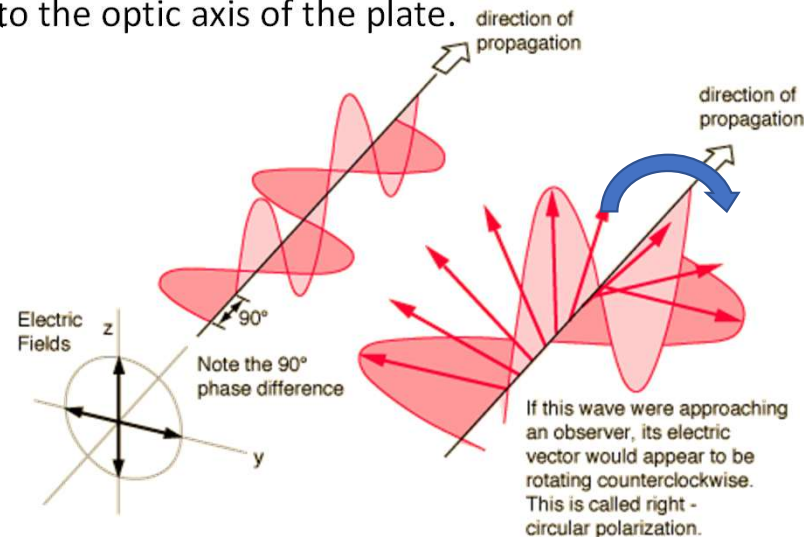
Γυαλιά polaroid



↕ Άξονας
πόλωσης

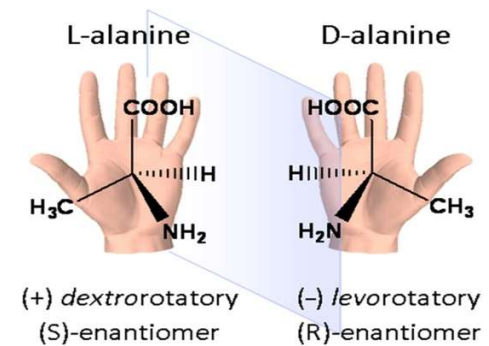
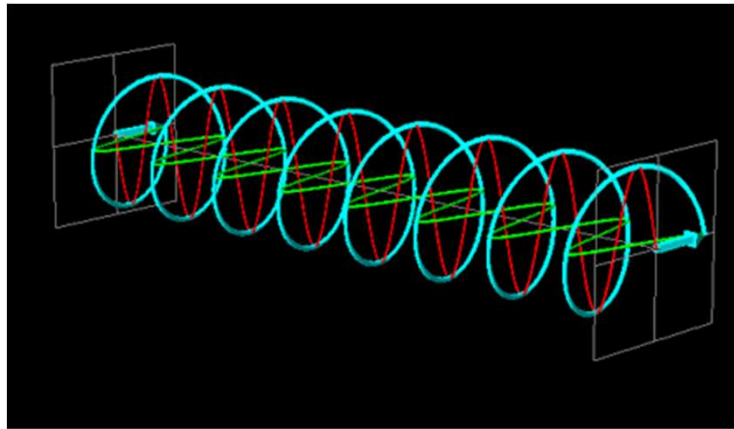
Φως κυκλικά πολωμένο

- Circularly polarized light consists of two perpendicular electromagnetic plane waves of equal amplitude and 90° difference in phase. The light illustrated is right- circularly polarized.
- Circularly polarized light may be produced by passing [linearly polarized](#) light through a [quarter-wave plate](#) at an angle of 45° to the optic axis of the plate.



Circularly Polarized Light

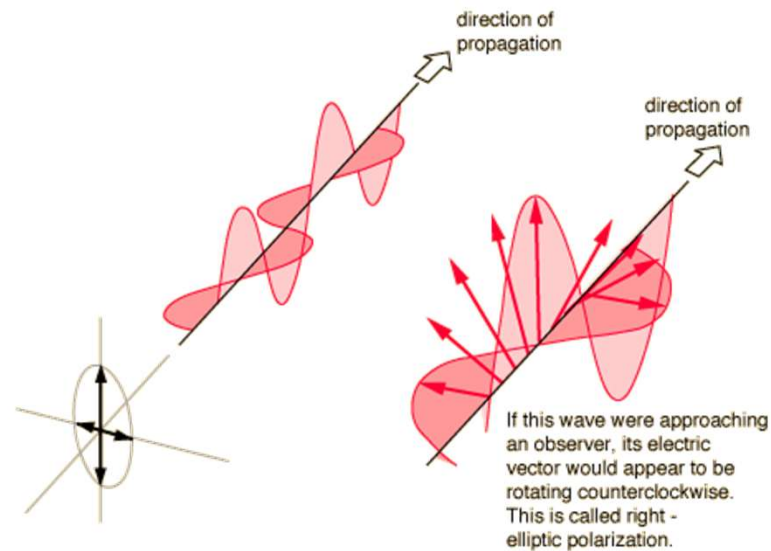
- Sum of vertically and horizontally plane-polarized light in which the phases differ by a quarter wave



Αριστερόστροφα και Δεξιόστροφα κυκλικά πολωμένο φως – Χειρόμορφία – Κυκλικός διχρωϊσμός

Φως ελλειπτικά πολωμένο

- Elliptically polarized light consists of two perpendicular waves of **unequal** amplitude which differ in phase by 90° . The illustration shows right-elliptically polarized light.



ΠΟΛΩΣΗ ΦΩΤΟΣ

Υπάρχουν οπτικά μέσα τα οποία μας επιτρέπουν να "παίζουμε" με την πόλωση του φωτός

Πολωτικά φίλτρα ή πολωτές

Πλακίδια καθυστέρησης φάσης $\lambda/2$

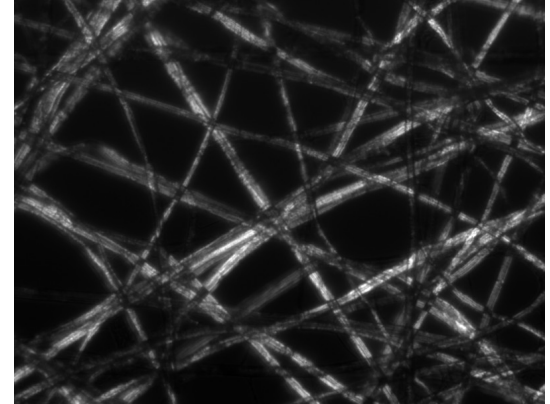
Πλακίδια καθυστέρησης φάσης $\lambda/4$

Soleil Babinet

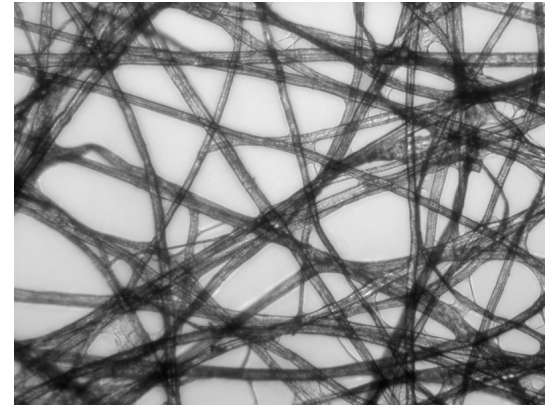
κλπ

Polarizing microscope

Cross-polarized light illumination, sample contrast comes from rotation of polarized light through the sample



Bright field illumination, sample contrast comes from absorbance of light in the sample



https://en.wikipedia.org/wiki/Polarized_light_microscopy

<https://www.microscopyu.com/techniques/polarized-light/polarized-light-microscopy>

“Polarizer Rotation and Specimen Birefringence” Analyzer IN/OUT

Διπλοθλαστικότητα – Φωτοελαστικότητα

Διπλοθλαστικότητα – διαφορετικοί δείκτες διάθλασης για διαφορετικές διευθύνσεις πόλωσης.

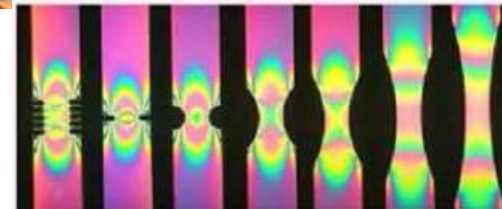
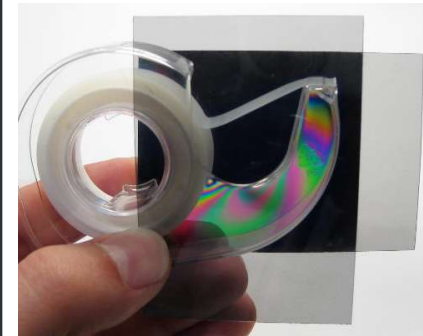
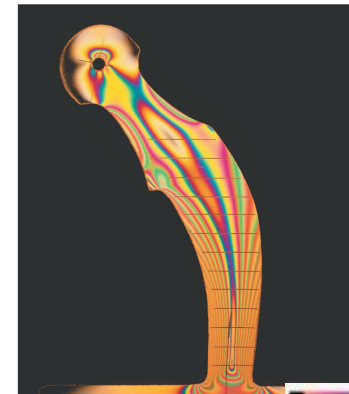
Όταν δύο κύματα ίσου πλάτους, τα οποία είναι πολωμένα σε κάθετες διευθύνσεις πόλωσης, εισέρχονται σε ένα τέτοιο υλικό, οδεύουν με διαφορετικές ταχύτητες.

Αν έχουν την ίδια φάση όταν εισέρχονται στο υλικό, οι φάσεις τους γενικά δεν συμπίπτουν πλέον όταν εξέρχονται από το υλικό.

Αν ο κρύσταλλος είχε ακριβώς το απαιτούμενο πάχος, ώστε να επιτυγχάνεται η εισαγωγή διαφοράς φάσης $\pi/2$ –η οποία αντιστοιχεί σε ένα τεταρτοκύκλιο–, τότε ο κρύσταλλος μετατρέπει γραμμικά πολωμένο φως σε κυκλικά πολωμένο. Ένας τέτοιος κρύσταλλος ονομάζεται **πλακίδιο $\lambda/4$** .

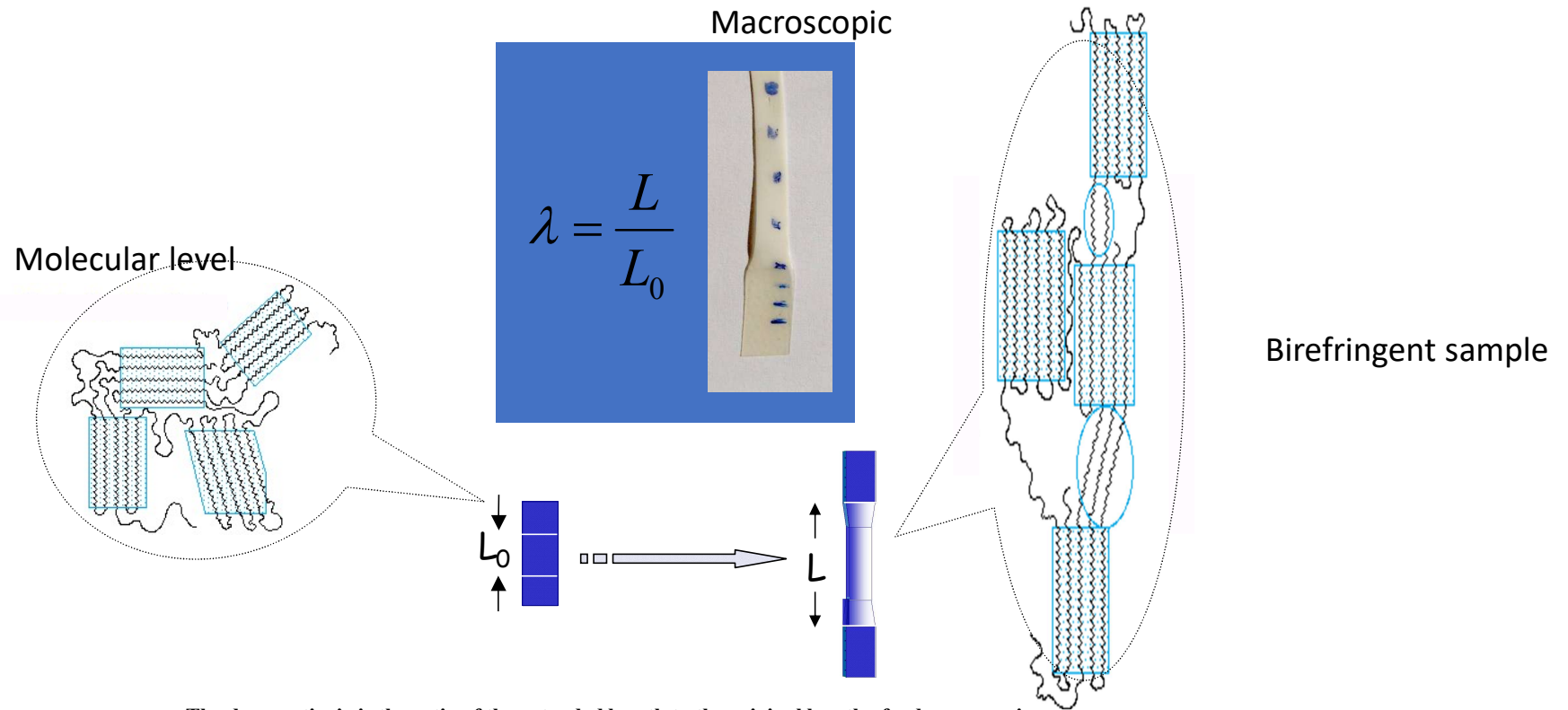
Μερικά οπτικά υλικά καθίστανται διπλοθλαστικά αν υποβληθούν σε μηχανική τάση → **φωτοελαστικότητα**.

Οι τάσεις που αναπτύσσονται μπορούν να αναλυθούν ως εξής: κατασκευάζεται ένα διαφανές ομοίωμα του αντικειμένου, συνήθως από ένα πλαστικό υλικό, υποβάλλεται σε μηχανική τάση και στη συνέχεια μελετάται μεταξύ ενός πολωτή και ενός αναλυτή με κάθετους τους άξονες πόλωσής τους (διασταυρωμένους). Με τις οπτικές αυτές μεθόδους μπορούν να μελετηθούν ιδιαίτερα πολύπλοκες κατανομές τάσεων.



Uniaxial drawing of samples

Does the macroscopic draw ratio correlate to a certain degree of molecular orientation?



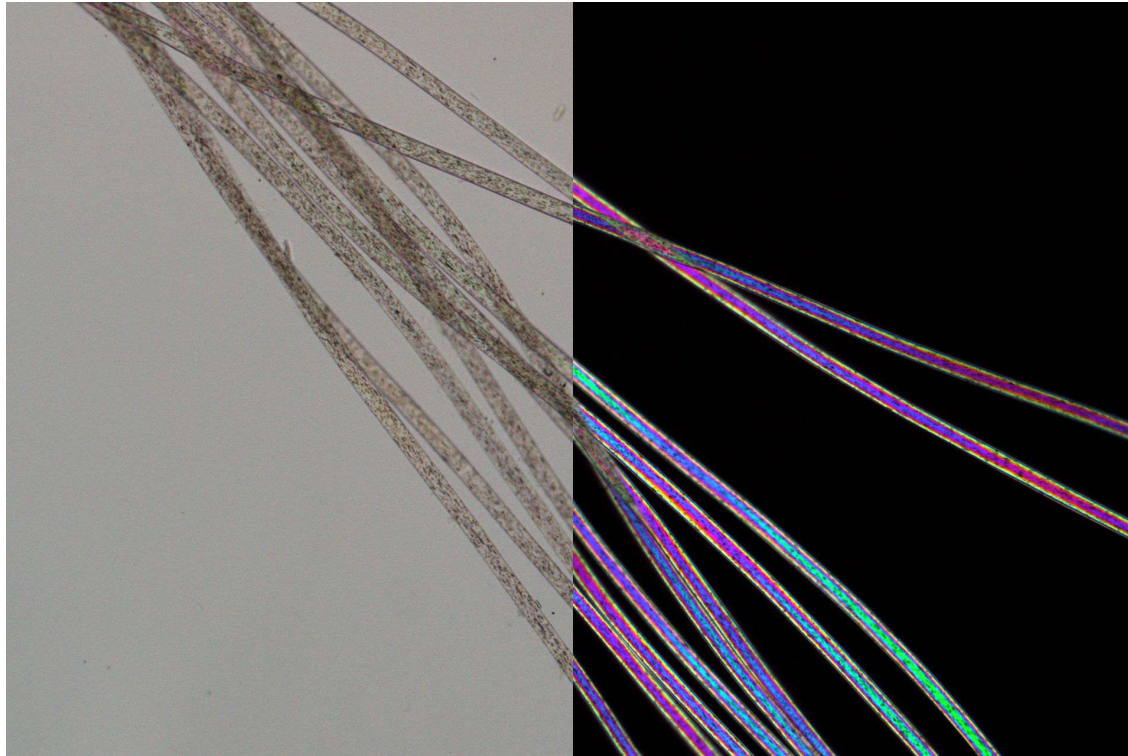
The draw ratio, λ , is the ratio of the extended length to the original length of a drawn specimen

Microscope images

Cross polarizers

vs

Parallel (or no) polarizers



BIREFRINGENCE

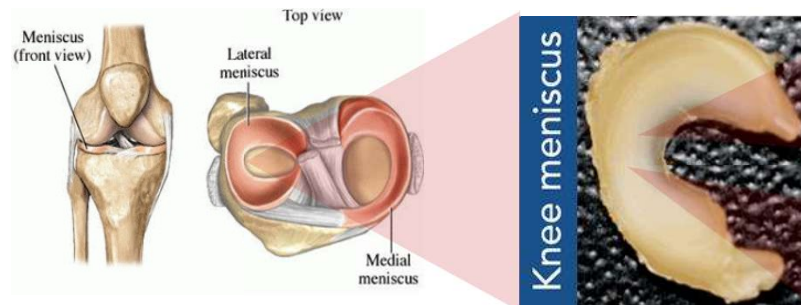
Material exhibits two refractive indexes

Left: Nylon fibers imaged with parallel polarizers. Right: Same nylon fibers imaged with crossed polarizers show typical higher order birefringence colors. Images recorded with a DM4 P microscope using transmitted light, 20x Plan Fluotar objective, and polarizers.

<https://www.leica-microsystems.com/science-lab/galleries/polarizing-microscope-image-gallery/>

Collagen orientation analysis of normal & degenerated human menisci by polarized confocal Raman spectroscopy

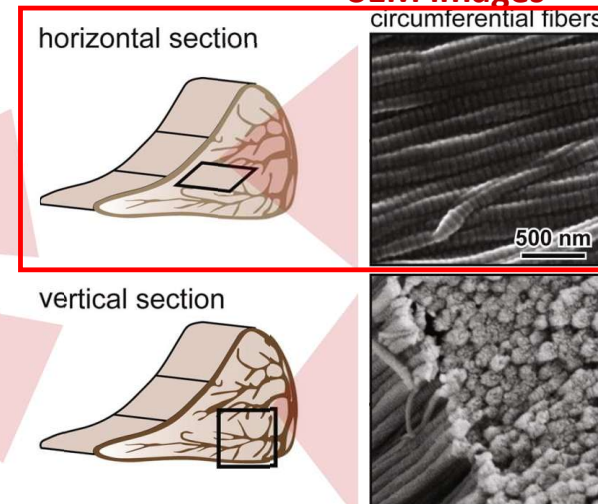
Meniscus



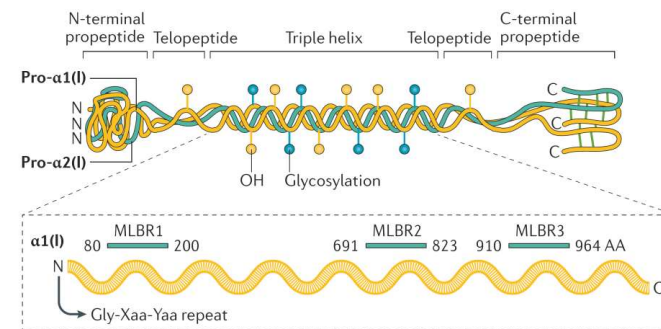
Menisci consists of 70% **Type I** collagen. Type I collagen is a heterotrimer composed of two $\alpha 1$ and one $\alpha 2$ left-handed polyproline II-like chains assembled into a **right-handed triple helix**.

In healthy menisci the collagen fibers are highly oriented; local structure is highly anisotropic. The opposite is valid for the highly degenerated / osteoarthritic ones.

Healthy menisci SEM images



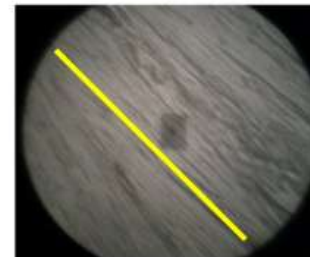
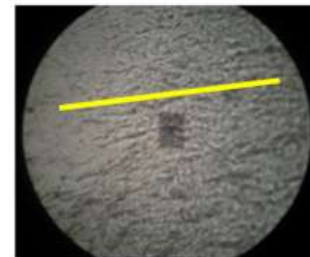
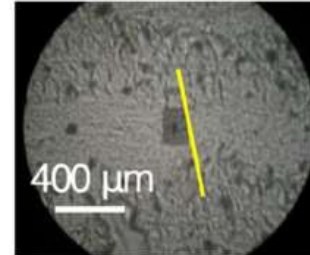
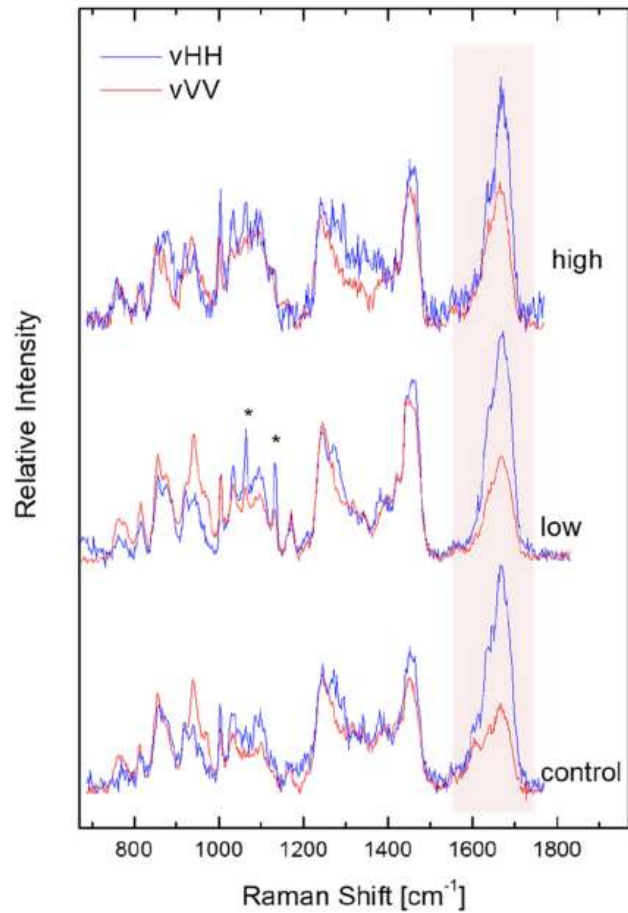
Q. Li et al. *Acta Biomaterialia*, **54** (2017) 356–366



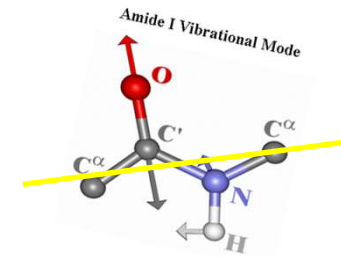
J.C. Marini et al, *Nature Reviews Disease Primers*, **3**, 17052 (2017)

Cooperation with **Prof. Dionysios Papachristou**, Unit of Bone and Soft Tissue Studies, Dept. of Histology, Univ. of Patras, School of Medicine, Patras, Greece & Dept. of Pathology, Univ. of Pittsburgh, School of Medicine, Pittsburgh, PA, USA

Polarized Spectroscopy (Raman – inelastic light scattering)



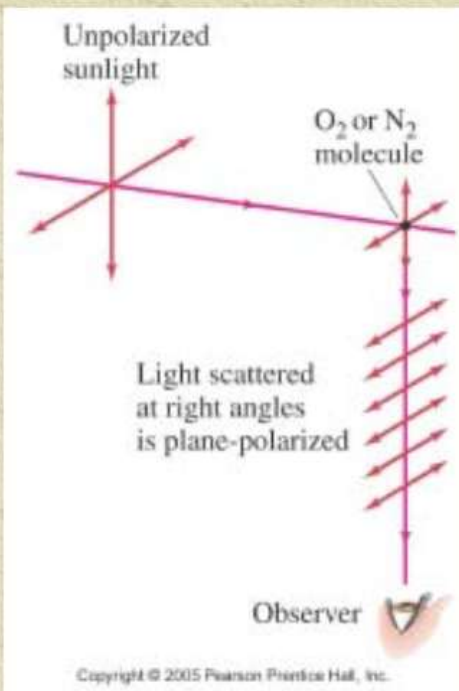
Evaluation of meniscus degradation level



v - direction

Πόλωση και ΣΚΕΔΑΣΗ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

Πολωμένο φως μπορούμε να πάρουμε έπειτα από σκέδαση του φωτός.



Το φως του ουρανού είναι μερικώς πολωμένο εξαιτίας της σκέδασης του φωτός από μόρια του αέρα.

Το ποσοστό πόλωσης εξαρτάται από τη γωνία που σχηματίζουν οι ακτίνες του ήλιου με τη διεύθυνση παρατήρησης

ΣΚΕΔΑΣΗ

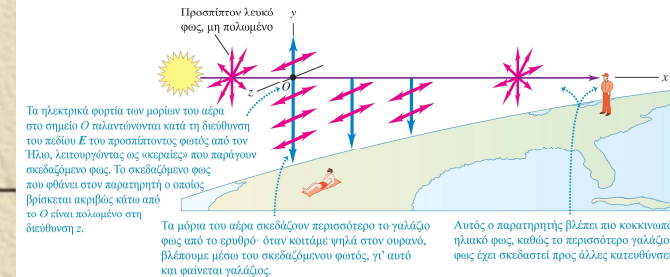
Νόμος Rayleigh: I_s ανάλογη του $1/\lambda^4$

Κόκκινο 700nm

Ιώδες 400nm

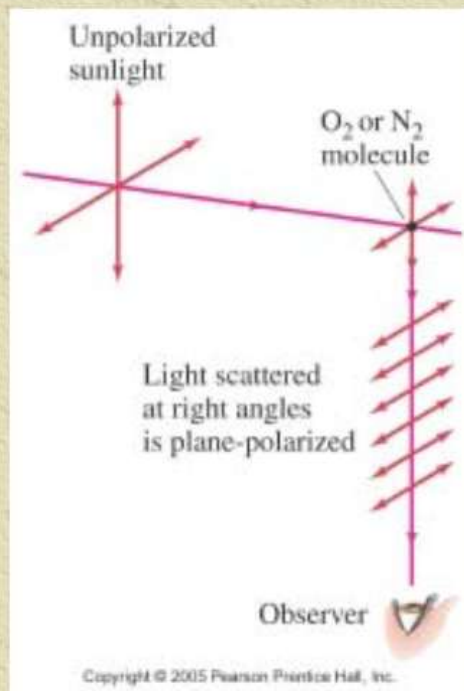
$$I_{s[\text{violet}]} / I_{s[\text{red}]} = 9.4$$

33.31 Ο παρατηρητής που κάνει ηλιοθεραπεία στα αριστερά και κοιτάζει προς τα πάνω, βλέπει γαλάζιο πολωμένο φως που έχει σκεδαστεί από μόρια του αέρα. Ο παρατηρητής στα δεξιά βλέπει πιο κοκκινωπό, φυσικό φως όταν κοιτάζει προς τον Ήλιο.



ΠΟΛΩΣΗ ΦΩΤΟΣ

Πολωμένο φως μπορούμε να πάρουμε έπειτα από σκέδαση του φωτός.



Το φως του ουρανού είναι μερικώς πολωμένο εξαιτίας της σκέδασης του φωτός από μόρια του αέρα.

Το ποσοστό πόλωσης εξαρτάται από τη γωνία που σχηματίζουν οι ακτίνες του ήλιου με τη διεύθυνση παρατήρησης

ΣΚΕΔΑΣΗ

Νόμος Rayleigh: I_s ανάλογη του $1/\lambda^4$

Κόκκινο 700nm

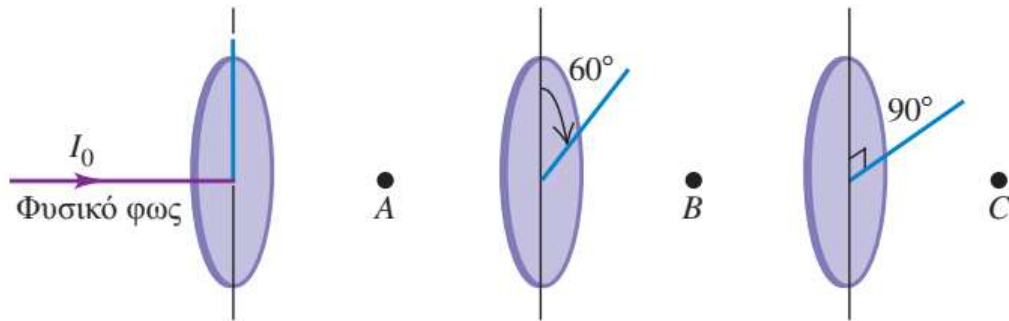
Ιώδες 400nm

$$I_{s[\text{violet}]} / I_{s[\text{red}]} = 9.4$$

33.25 • Μη πολωμένο (φυσικό) φως με ένταση I_0 προσπίπτει σε δύο πολωτικά φίλτρα. Ο άξονας του πρώτου φίλτρου σχηματίζει γωνία $60,0^\circ$ με την κάθετο και ο άξονας του δεύτερου φίλτρου είναι οριζόντιος. Πόση είναι η ένταση του φωτός μετά τη διέλευσή του από το δεύτερο φίλτρο;

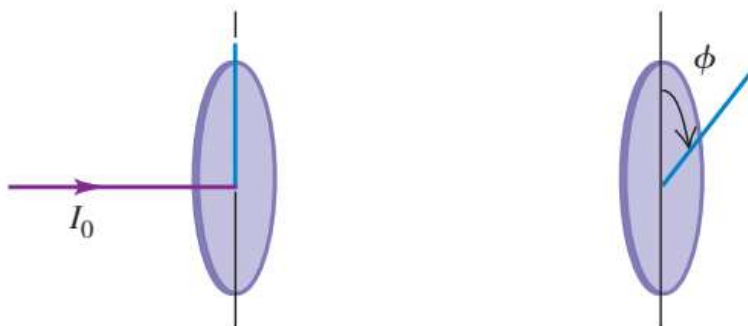
33.27 •• Μια δέσμη φυσικού φωτός έντασης I_0 διέρχεται από μια σειρά από ιδανικά πολωτικά φίλτρα με τους άξονες πόλωσής τους στραμμένους σε διάφορες γωνίες όπως φαίνεται στο **Σχ. A33.27**. (a) Πόση είναι η ένταση του φωτός (σε σχέση με την I_0) στα σημεία A , B και C ; (b) Αν αφαιρέσουμε το μεσαίο φίλτρο, πόση θα είναι η ένταση του φωτός στο σημείο C ;

Σχήμα **A33.27**



33.28 •• Φως αρχικής έντασης I_0 διέρχεται από δύο ιδανικά πολωτικά φίλτρα που έχουν τους άξονες πόλωσης τους προσανατολισμένους όπως φαίνεται στο **Σχ. A33.28**. Θέλετε να ρυθμίσετε τη γωνία ϕ έτσι ώστε η ένταση στο σημείο P να είναι ίση με $I_0/10$. (a) Εάν το αρχικό φως δεν είναι πολωμένο, πόση θα πρέπει να είναι η ϕ ; (b) Αν το αρχικό φως είναι γραμμικά πολωμένο στην ίδια διεύθυνση με τον άξονα πόλωσης του πρώτου πολωτή που συναντά το φως, πόση θα πρέπει να είναι η ϕ ;

Σχήμα **A33.28**



33.31 •• Μια δέσμη πολωμένου φωτός διέρχεται από ένα πολωτικό φίλτρο. Όταν η γωνία μεταξύ του άξονα πόλωσης του φίλτρου και της διεύθυνσης πόλωσης του φωτός είναι θ , η ένταση της αναδυόμενης δέσμης είναι I . Εάν θέλετε η ένταση να είναι $I/2$, ποια θα είναι η γωνία (σε σχέση με τη θ) μεταξύ της γωνίας πόλωσης του φίλτρου και της αρχικής διεύθυνσης της πόλωσης του φωτός;

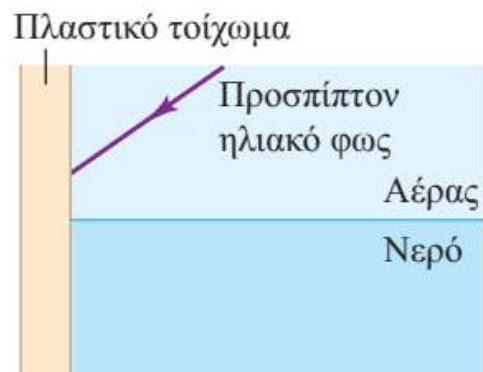
33.26 •• (a) Σε πόση γωνία πάνω από τον ορίζοντα είναι ο Ήλιος εάν η ηλιακή ακτινοβολία που ανακλάται από την επιφάνεια μιας ήρεμης λίμνης είναι πλήρως πολωμένη; (b) Ποιο είναι το επίπεδο του διανύσματος του ηλεκτρικού πεδίου στο ανακλώμενο φως;

33.29 • Μια παράλληλη δέσμη φυσικού φωτός στον αέρα προσπίπτει υπό γωνία $54,5^\circ$ (ως προς την κάθετο) σε επίπεδη γυάλινη επιφάνεια. Η ανακλώμενη δέσμη είναι πλήρως γραμμικά πολωμένη. (a) Ποιος είναι ο δείκτης διάθλασης του γυαλιού; (b) Ποια είναι η γωνία διάθλασης της διερχόμενης δέσμης;

33.30 • Ο δείκτης διάθλασης ενός συγκεκριμένου γυαλιού είναι 1,66. Για ποια γωνία πρόσπτωσης το φως ανακλάται από την επιφάνεια του γυαλιού αυτού πλήρως πολωμένο, αν το γυαλί βρίσκεται βυθισμένο (a) στο νερό και (b) στον αέρα;

33.55 •• Μια ακτίνα φυσικού ηλιακού φωτός προσπίπτει στο κατακόρυφο πλαστικό τοίχωμα μιας δεξαμενής νερού υπό μία άγνωστη γωνία. Ποσοστό του φωτός ανακλάται από το τοίχωμα και εισέρχεται στο νερό (Σχ. Π33.55). Ο δείκτης διάθλασης του πλαστικού τοιχώματος είναι 1,61. Εάν το φως που έχει ανακλαστεί από το τοίχωμα μέσα στο νερό παρατηρείται να είναι πλήρως πολωμένο, πόση γωνία σχηματίζει η δέσμη αυτή με την κάθετο μέσα στο νερό;

Σχήμα Π33.55



(α) Βρείτε τη γωνία από το μάτι κάθε παρατηρητή που βρίσκεται στο σχηματιζόμενο στην καθρέφτη είδαλο των αντικειμένων που κρατούν.

(β) Βρείτε ότι ο λόγος της γωνίας που φαίνεται στο είδαλο του ψηλότερου αντικειμένου από τον πλησιέστερο στην καθρέφτη παρατηρητή, προς τη γωνία που φαίνεται στο είδαλο του πιο κοντού αντικειμένου από τον πιο απομακρυσμένο στην καθρέφτη παρατηρητή, είναι ο ίδιος με τον λόγο των υψών των αντικειμένων.

(γ) Δείξτε επίσης ότι, αν η απόσταση των παρατηρητών από τον καθρέφτη είναι αρκετά μεγαλύτερη από τα ύψη των αντικειμένων, ο λόγος που ζητείται στο (β) είναι ανεξάρτητος από τη θέση των παρατηρητών.

6. Μια ακτινή φωτός προέρχεται από το εξωτερικό μέρος στην πλευρική επιφάνεια ενός ορθογώνιου ενδοφρύσιου με γυάλινα τοιχώματα, σχηματίζοντας γωνία 30° με την κάθετο σε αυτήν, όπως φαίνεται στο ακόλουθο σχήμα.

(α) Τι γωνία σχηματίζει η διαθλωμένη ακτινή μέσα στην γυαλιά με την κάθετο στην επιφάνεια, δεδομένου ότι ο δείκτης διαθλάσεως για το γυαλί είναι 1,55;

(β) Τι γωνία με την κάθετο στην επιφάνεια σχηματίζει η ακτινή μέσα στο νερό;

(γ) Εάν τα πύξιν, του γυαλιού, τοιχώματος είναι 5 mm, πόσο μετατοπισμένη είναι η εξερχόμενη από το γυαλί ακτινή που υπέρκειται τελικά στο νερό, σε σχέση με τη σημείο που θα εξερχόταν αν εξοκλεισθόταν να διαδίδεται στη διεύθυνση της πρόσπτωσης χωρίς να διαθλάται μέσα στο γυαλί;



7. Θεωρήστε μια πλάκα από υαλό με πάχος διαθλάσεως 1,5 και σταθερός δείκτης $n = 2$ cm σε όλη την έκτασή της. Ακτινή φωτός προσπίπτει στην πλάκα με γωνία θ ως προς την κάθετο στις παράλληλες επιφάνειες της. Δείξτε ότι η ακτινή φωτός εξέρχεται από την πλάκα σε διεύθυνση παράλληλη με αυτή της προσπίπτουσας σχηματίζοντας την ίδια γωνία θ με την κάθετο. Αν $\theta = 30^\circ$, υπολογίστε τη μετατόπιση (κάθετη απόσταση) της εξερχόμενης ακτινής από τη διεύθυνση πρόσπτωσης της.

8. Εάν στο προηγούμενο πρόβλημα η προσπίπτουσα ακτινοβολία έχει συχνότητα 88,3 MHz, υπολογίστε την ταχύτητα του φωτός μέσα στην πλάκα, το

μήκος κύματος της ακτινοβολίας στην πλάκα και στην αέρα και τον χρόνο που χρειάζεται το κύμα για να διατρέξει την πλάκα.

9. Ένα κοινό κάτοπτρο διαμέτρου 0,25 m και ακτίνας καμπυλότητας 2 m, τοποθετείται ψηλά πάνω στο τοίχο ενός καταστήματος ως καθρέφτης ασφαλείας. Πόσο θα είναι το ύψος του είδαλου που σχηματίζεται σε αυτό του καθρέφτη ενός παιδιού που στέκεται σε απόσταση 5 m από αυτόν και έχει ύψος 1,5 m; Θα φαίνεται σε αυτόν το παιδί να είναι το ύψος του ή η εκκίνη των ποδιών του; Σχεδιάστε το σχήμα στο κατάτομο μέρος του καθρέφτη.

10. Ένα αντικείμενο ύψους 3,5 cm τοποθετείται 20 cm μακριά από ένα κοίλο κάτοπτρο έτσι ώστε να σχηματίζεται ένα πραγματικό του είδαλο ύψους 7 cm. Σε ποιά απόσταση από το κάτοπτρο σχηματίζεται αυτό το είδαλο; Είναι ορθό ή αντεστραμμένο; Ποιά είναι η ακτίνα καμπυλότητας του καθρέφτη;

11. Ένα κοινό κάτοπτρο διαμέτρου 0,25 m και ακτίνας καμπυλότητας 2 m, τοποθετείται ψηλά πάνω στο τοίχο ενός καταστήματος ως καθρέφτης ασφαλείας. Πόσο θα είναι το ύψος του είδαλου που σχηματίζεται σε αυτό του καθρέφτη ενός παιδιού που στέκεται σε απόσταση 5 m από αυτόν και έχει ύψος 1,5 m; Θα φαίνεται σε αυτόν το παιδί να είναι το ύψος του ή η εκκίνη των ποδιών του; Σχεδιάστε το σχήμα στο κατάτομο μέρος του καθρέφτη.

12. Ένα κοίλο καθρέφτης ασφαλείας έχει ακτίνα καμπυλότητας 25 cm. Πόσο κοντά στο καθρέφτη πρέπει να φέρει μια γυνίκα τη μύτη της έτσι να φαίνεται 3 φορές μεγεθυμένη. Σχεδιάστε την απάντησή σας και με ένα διάγραμμα τροχιάς της ακτινών.

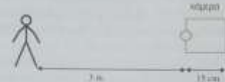
13. Ένα νόμισμα τοποθετείται σε απόσταση 3 cm από ένα κοίλο κάτοπτρο ακτίνας καμπυλότητας 15 cm. Περιγράψτε το είδαλο που σχηματίζεται βρίσκοντας τη θέση του, τη μεγέθυνσή του και εάν είναι ορθό ή αντεστραμμένο, πραγματικό ή φανταστικό.

14. Στο αλάνο καθρέφτη ενός αυτοκινήτου, το οποίο είναι ένα κοινό κάτοπτρο με ακτίνα καμπυλότητας 150 cm, σχηματίζεται το είδαλο ενός άλλου αυτοκινήτου που ακολουθεί σε απόσταση 10 m. Πρότε πως σχηματίζεται το είδαλο, τη μεγέθυνσή του και εάν είναι ορθό ή αντεστραμμένο, πραγματικό ή φανταστικό.

15. Στον πυθμένα μιας μεγάλης πισίνας βάθος 2,5 m έχει τοποθετηθεί, για να φωτίζει την επιφάνειά της, ένας μικρός αλλά αρκετά φωτεινός προβολέας. Δείξτε ότι ένας παρατηρητής έδω από την πισίνα θα βλέπει φωτισμένη μια περιοχή της επιφάνειάς της που αντιστοιχεί σε ένα κυκλικό δίσκο, και βρείτε την ακτίνα του.

τοποθετείται στο εσωτερικό του κυλίνδρου, έτσι ώστε να εισέλθουν από την πολύ μικρή άκρη (όπου είναι ορθός ο άξονας διεκδοκότητας) η ακτίνα και η απόσταση της εικόνας μπορεί να είναι απεριόριστη.

4. Μια παιδικόδοκτη φωτογραφική μηχανή, σαν αυτή που περιγράφεται στο Πρόβλημα 3, έχει προσαρμοσμένο έναν φακό στη μικρή τρύπα και η απόσταση από τον φακό, όπου τοποθετείται το φιλμ, βρίσκεται σε απόσταση (ήλικος κύματος) 15 cm. Θεωρήστε ότι ο φακός της κυματός είναι σχεδόν ορθός έτσι ώστε η καλύτερη φωτογράφιση αντικειμένων να γίνεται όταν αυτά βρίσκονται σε απόσταση 3 m από την κλέμα. Ποιά είναι η εστιακή απόσταση του φακού;



5. Μια φωτογραφική μηχανή έχει έναν φακό σε ρυθμιζόμενη θέση. Το βάθος της φωτογραφικής μηχανής (βλ. Πρόβλημα 4) είναι $d = 4$ cm. Υπολογίστε την εστιακή απόσταση του φακού και πόσο θα πρέπει να μπορεί να προεκτείνεται από την κλέμα, z , ώστε η φωτογραφική μηχανή να μπορεί να βγάλει καθαρές φωτογραφίες αντικειμένων που βρίσκονται σε αποστάσεις από 50 cm έως το άπειρο (βλ. σχήμα).



6. Σε μια φωτογραφική μηχανή παρόμοια με αυτή στο Πρόβλημα 5, ο φακός έχει εστιακή απόσταση 35 mm και η αρχική του θέση είναι τέτοια ώστε να εστιάζει αντικείμενα που βρίσκονται σε άπειρη απόσταση. Πόσο θα πρέπει να μετακινήθει ο φακός από αυτή τη θέση ώστε η φωτογραφική μηχανή να βγάλει καθαρές φωτογραφίες αντικειμένων σε απόσταση 3 m από αυτήν;

7. Υποθέστε ότι η κλέμα ενός όντος που κολυμάει σε ένα πηλίλο Peter (μικρό γυάλινο ή πλαστικό κυλινδρικό πιατό) με νερό προβάλλεται σε μια οθόνη. Η απόσταση από το πηλίλο στον φακό είναι 36 cm και η οθόνη βρίσκεται σε απόσταση 4,5 m από το κάτοπτρο και τον φακό. (Το κάτοπτρο αλλά αναστρέφει τον φακό από τον φακό στην οθόνη,

θεωρήστε ημερήσια την απόσταση μεταξύ φακού και κατόπτρου. Έτσι, η απόσταση του αντικειμένου u , από το πιατίτιο φακού-κατόπτρου είναι 36 cm και το είδαλο σχηματίζεται σε απόσταση $u' = 4,5$ m από αυτό.)



(α) Ποιά είναι η εστιακή απόσταση του φακού προβολής;

(β) Αν το σ κύματά με ταχύτητα 1 cm το δευτερόλεπτο στο πηλίλο, πόσο γρήγορα θα κινείται το είδαλο του στην οθόνη;

8. Μια μηχανή προβολής διαφανώνων έχει φακό προβολής εστιακής απόστασης 135 mm.

(α) Πόσο θα πρέπει να τοποθετούνται οι διαφάνειες αν η οθόνη προβολής είναι σε απόσταση 3 m από τον φακό προβολής;

(β) Ποιά θα είναι η μεγέθυνση;

(γ) Αν θέλατε να έχετε στην οθόνη προβολής ένα πραγματικό (ορθό, χωρίς κίσην αντιστροφή) είδαλο της εικόνας της διαφάνειας πως θα πρέπει να τοποθετήσετε τη διαφάνεια στο μηχανήμα προβολής; Αναποδογυρισμένη πάνω-κάτω, δεξιά-αριστερά;

9. Ένας γρήγορος και εύκολος τρόπος για να προσδιορίσει προσεγγιστικά την εστιακή απόσταση ενός κοίτου φακού είναι να μετρήσει την απόσταση από τον φακό του είδαλου μιας φωτεινής πηγής που βρίσκεται σε μακρινή απόσταση. Ας υποθέσουμε ότι ένας φακός έχει εστιακή απόσταση 10 cm και μια λάμπα φθορισμού, στενωμένη με ένα μεταλλικό πλέγμα στην οροφή του δομητισού, βρίσκεται σε απόσταση 1,5 m από τον φακό, ώστε ένας παπιδιστής να μπορεί να δει το είδαλο του μεταλλικού πλέγματος στο πίσω μέρος του γυαλιού του. Ο παπιδιστής υποστηρίζει ότι η εστιακή απόσταση του φακού είναι ίση με την απόσταση μεταξύ του φακού και του γυαλιού του όπου σχηματίζεται το είδαλο. Υπολογίστε την απόσταση φακού-γυαλιού όταν σχηματίζεται ένα ακριβές είδαλο σε αυτό και δείξτε ότι το σφάλμα στην τιμή της εστιακής απόστασης που προσδιορίζεται με αυτόν τον τρόπο είναι μικρότερο από 10%. Σημάδι = [(μετρούμενη απόσταση) - εστιακή απόσταση]/εστιακή απόσταση $\times 100\%$.

ΜΚ Προβλήματα που σχετίζονται με το βιβλίο και την αντανάξη DATA Προβλήματα διατάσεων ΕΝΥ Γενικά και ειδικά προβλήματα ΣΚ Ασκήσεις προβλήματα ΣΟΡΡ Προβλήματα προβλήματα

Προς σκέψη και συζήτηση

1. Πώς μπορείτε και παρατηρείτε ένα φανταστικό είδωλο, ενώ «στην πραγματικότητα δεν υπάρχει»;
2. Υπό ποιες συνθήκες το είδωλο σε ένα κοίλο κάτοπτρο έχει το ίδιο μέγεθος με το αντικείμενο;
3. Αν σας δοθεί ένας συγκλίνων φακός, τι μπορείτε να κάνετε για να υπολογίσετε γρήγορα την εστιακή του απόσταση;
4. Ένας αποκλίνων φακός σχηματίζει πάντα ένα μικρότερο είδωλο. Θα μπορούσατε να χρησιμοποιήσετε έναν τέτοιο φακό για να ανιχνεύσετε φωτιά εστιάζοντας το φως του ήλιου; Εξηγήστε.
5. Υπάρχει κάποιο όριο στη θερμοκρασία που μπορείτε να επιτύχετε εστιάζοντας το φως του ήλιου; (Υπόδειξη: Αναλογιστείτε τον δεύτερο νόμο της θερμοδυναμικής.)
6. Μπορεί ένα κοίλο κάτοπτρο να σχηματίζει ένα μικρότερο πραγματικό είδωλο; Ένα μικρότερο φανταστικό είδωλο; Ένα μεγαλύτερο πραγματικό είδωλο; Ένα μεγαλύτερο φανταστικό είδωλο; Προσδιορίστε τις συνθήκες για κάθε πιθανό είδωλο.
7. Αν τοποθετήσετε μια οθόνη στη θέση ενός φανταστικού ειδώλου, θα εμφανιστεί το είδωλο στην οθόνη; Γιατί ναι ή γιατί όχι;
8. Αν κοιτάξετε στο κοίλωμα ενός μεταλλικού κουταλιού, θα δείτε τον εαυτό σας αναποδο. Περιγράψτε το κουτάλι έτσι ώστε να κοιτάξετε το πίσω μέρος και τώρα το είδωλό σας είναι ορθό. Εξηγήστε.
9. Το είδωλο στην οθόνη ενός κινηματογράφου είναι πραγματικό ή φανταστικό; Πώς το γνωρίζετε;
10. Ένα ψάρι σε μια σφαιρική γυαλί φαίνεται μεγαλύτερο ή μικρότερο απ' ό,τι είναι στην πραγματικότητα;
11. Ένα κομμάτι πάγου περιέχει έναν κύβιο, γεμάτο με αέρα. Χώρο σε σχήμα κυρτού φακού. Περιγράψτε την οπτική συμπεριφορά αυτού του κύβου.
12. Ο δείκτης διάθλασης του ανθρώπινου κερατοειδούς είναι ίσος περίπου με 1,4. Αν μπορείτε να δείτε καθαρά στον αέρα, γιατί δεν μπορείτε να δείτε καθαρά μέσα στο νερό; Γιατί βοηθούν τα γυαλιά κολύμβησης;
13. Χρειάζεστε μια μεγάλη ή μια μικρή εστιακή απόσταση για τον αντικειμενικό φακό τηλεσκοπίου; Για την περίπτωση ενός μικροσκοπίου;
14. Παραθέστε τουλάχιστον τρεις λόγους για τους οποίους τα ανακλαστικά τηλεσκόπια είναι ανώτερα των διαθλαστικών.

Ασκήσεις και προβλήματα

Ασκήσεις

Ενότητα 31.1 Είδωλα με κάτοπτρα

15. Ένα κατάστημα υποδημάτων χρησιμοποιεί μικρά επιδαπέδια κάτοπτρα για να μπορούν οι πελάτες να βλέπουν τα παπούτσια που αγοράζουν. Πόση θα πρέπει να είναι η γωνία κλίσης ενός τέτοιου κατόπτρου, ώστε ένα άτομο

- που στέκεται 50 cm από το κάτοπτρο, με τα μάτια του να απέχουν 140 cm από το δάπεδο, να βλέπει τα πόδια του;
16. Ένα κέρι βρίσκεται πάνω στον άξονα ενός κοίλου κατόπτρου εστιακής απόστασης 15 cm, σε απόσταση 36 cm από το κάτοπτρο. (α) Πού βρίσκεται το είδωλό του; (β) Πώς συγκρίνεται το μέγεθος του ειδώλου με αυτό του αντικείμενου; (γ) Το είδωλο είναι πραγματικό ή φανταστικό;
17. Ένα αντικείμενο βρίσκεται πέντε εστιακές αποστάσεις μακριά από ένα κοίλο κάτοπτρο. (α) Πώς συγκρίνεται το ύψος του αντικείμενου με αυτό του ειδώλου; (β) Το είδωλο είναι ορθό ή ανεστραμμένο;
18. Ένα φανταστικό είδωλο βρίσκεται 40 cm πίσω από ένα κοίλο κάτοπτρο με εστιακή απόσταση 18 cm. (α) Πού βρίσκεται το αντικείμενο; (β) Κατά πόσο μεγεθύνεται το είδωλο;
19. (α) Σε ποιο σημείο στον άξονα ενός κοίλου κατόπτρου θα τοποθετούσατε ένα αντικείμενο ώστε το είδωλο να έχει το μισό μέγεθος; (β) Πού θα βρισκόταν το είδωλο; (γ) Το είδωλο θα ήταν πραγματικό ή φανταστικό;

Ενότητα 31.2 Είδωλα με φακούς

20. Ένας λαμπτήρας απέχει 56 cm από έναν κυρτό φακό. Το είδωλό του σχηματίζεται σε μια οθόνη στην άλλη πλευρά του φακού, η οποία απέχει 31 cm από τον φακό. Βρείτε (α) την εστιακή απόσταση του φακού και (β) πόσο μεγάλωκε η μικραίνει το είδωλο.
21. Κατά ποιον παράγοντα μεγεθύνεται το είδωλο ενός αντικείμενου που βρίσκεται 1,5 εστιακές αποστάσεις από έναν συγκλίνοντα φακό; Το είδωλο είναι ορθό ή ανεστραμμένο;
22. Ένας φακός με εστιακή απόσταση 50 cm σχηματίζει ένα πραγματικό είδωλο ίδιου μεγέθους με το αντικείμενο. Πόσο μακριά από τον φακό βρίσκεται το είδωλο και το αντικείμενο;
23. Κρατώντας έναν μεγεθυντικό φακό σε απόσταση 25 cm από το φωτιστικό του γραφείου σας, μπορείτε να εστιαστείτε ένα είδωλο του λαμπτήρα του φωτιστικού σε έναν τοίχο που απέχει 1,6 m από τον λαμπτήρα. Πόση είναι η εστιακή απόσταση του μεγεθυντικού φακού σας;
24. Ένα πραγματικό είδωλο απέχει από έναν φακό τέσσερις φορές περισσότερο από όσο απέχει το αντικείμενο από τον φακό. Πόση είναι η απόσταση του αντικείμενου με πολλοπλάσιο της εστιακής απόστασης;
25. Ένας μεγεθυντικός φακός μεγεθύνει τα γράμματα κατά 50% όταν βρίσκεται σε απόσταση 9,0 cm από μια αελίδα. Πόση είναι η εστιακή του απόσταση;

Ενότητα 31.3 Διάθλαση στους φακούς: Οι λεπτομέρειες

26. Γράψτε τις προδιαγραφές για μια νέα σειρά μεγεθυντικών φακών που έχουν κυρτούς φακούς με ίσες ακτίνες καμπυλότητας 32 cm, οι οποίοι είναι κατασκευασμένοι από γυαλί με $n = 1,52$. Τι καταγράφεται για την εστιακή τους απόσταση;
27. Στέκεστε σε μια ρηχή πισίνα και τα πόδια σας φαίνονται

- να βρίσκονται 30 cm κάτω από την επιφάνεια. Πόσο βαθιά είναι η πισίνα;
28. Ο πυθμένος μιας πισίνας φαίνεται να βρίσκεται 1,5 m κάτω από την επιφάνεια. Βρείτε τα πραγματικό βάθος της πισίνας.
29. Ένα μικροσκοπικό έντομο παγιδεύεται σε απόσταση 1,0 mm από το κέντρο μιας σφαιρικής δροσσταλίδας διαμέτρου 4,0 mm. Καθώς κοιτάτε απευθείας στο εσωτερικό της σταγόνας, ποια είναι η φαινόμενη απόσταση του εντόμου από την επιφάνεια της σταγόνας;
30. Βρίσκεστε κάτω από το νερό, κοιτάζοντας μέσα από μια σφαιρική φυσαλίδα αέρα (Σχήμα 31.35). Πόση είναι η πραγματική διάμετρος της αν φαίνεται ότι έχει διάμετρο 1,5 cm κατά μήκος του οπτικού σας πεδίου;



ΣΧΗΜΑ 31.35 Άσκηση 30

Ενότητα 31.4 Οπτικά όργανα

31. Είστε αναγκασμένοι να κρατάτε ένα βιβλίο σε απόσταση 55 cm από τα μάτια σας ώστε τα γράμματα να διακρίνονται καθαρά. Ποιος ισχύος φακός θα μπορούσε να διορθώσει την προεσβωπία σας;
32. Ποια εστιακή απόσταση πρέπει να ορίσετε, αν θέλετε έναν μεγεθυντικό φακό με γωνιακή μεγέθυνση 3,2;
33. Είστε αποτομήτρης και βοηθάτε έναν μυωπικό ασθενή ο οποίος ισχυρίζεται ότι δεν μπορεί να δει καθαρά πέρα από τα 80 cm. Συνταγογραφήστε έναν φακό που θα σχηματίζει τα είδωλα των απομακρυσμένων αντικειμένων σε απόσταση 80 cm, δίνοντας στον ασθενή καθαρή όραση σε όλες τις αποστάσεις μακριά από το κανονικό εγγύτατο σημείο ευκρινούς όρασης.
34. Ένα συγκεκριμένο μάτι έχει εστιακή απόσταση 2,0 cm αντί της απόστασης των 2,2 cm στην οποία θα σχηματιζόταν ένα καλά εστιασμένο είδωλο στον αμφιβληστροειδή. (α) Αυτό το μάτι είναι μυωπικό ή πρεσβυπικό; (β) Ποιος διορθωτικός φακός απαιτείται;
35. Σε ένα σύνθετο μικροσκόπιο, η εστιακή απόσταση του αντικειμενικού και του προσοφθάλμιου φακού είναι ίση με 6,1 mm και 1,7 cm, αντίστοιχα. Αν οι φακοί απέχουν 8,3 cm, πόση είναι η μεγέθυνση του οργάνου;

Προβλήματα

36. (α) Βρείτε την εστιακή απόσταση ενός κοίλου κατόπτρου, αν ένα αντικείμενο τοποθετημένο 38,4 cm μπροστά από το κάτοπτρο έχει ένα πραγματικό είδωλο σε απόσταση 55,7 cm από το κάτοπτρο. (β) Πού θα βρισκόταν το είδωλο και τι είδους θα είναι, αν το αντικείμενο μετακινηθεί σε ένα σημείο που απέχει 16,0 cm από το κάτοπτρο;
37. Ένα αντικείμενο ύψους 12 mm απέχει 10 cm από ένα κοίλο κάτοπτρο εστιακής απόστασης 17 cm. (α) Πού βρίσκεται το είδωλο, (β) πόσο ψηλά βρίσκεται και (γ) τι είδους είναι;

38. Επαναλάβετε το Πρόβλημα 37 για ένα κυρτό κάτοπτρο, υποθέτοντας ότι όλοι οι αριθμοί παραμένουν ίδιοι.
39. Το είδωλο ενός αντικείμενου σε ένα κοίλο κάτοπτρο εστιακής απόστασης 27 cm είναι ορθό και μεγεθύνεται κατά έναν παράγοντα ίσο με 3. Πού βρίσκεται το αντικείμενο;
40. Σας ζητούν να σχεδιάσετε ένα κοίλο κάτοπτρο που θα σχηματίζει το φανταστικό είδωλο ενός αντικείμενου μεγεθυμένο κατά 1,8 φορές και σε απόσταση 22 cm από το κάτοπτρο. Τι προδιαγραφές δίνετε για την ακτίνα καμπυλότητας του κατόπτρου;
41. Από τη Γη, η Σελήνη στον ουρανό φαίνεται υπό γωνία 0,52°. Ποιο θα είναι το πραγματικό μέγεθος του ειδώλου της Σελήνης που σχηματίζεται από οποιαδήποτε από τα δύο δίδυμα τηλεσκόπια Keck, με κάτοπτρα διαμέτρου 10 m και εστιακής απόστασης 17,5 m;
42. Σε ποιος δύο αποστάσεις από ένα κοίλο κάτοπτρο εστιακής απόστασης 45 cm θα μπορούσατε να τοποθετήσετε ένα αντικείμενο ώστε να σχηματιστεί ένα είδωλο 1,5 φορές μεγαλύτερο από το μέγεθος του αντικείμενου;
43. Οι προβολείς LCD που χρησιμοποιούνται συνήθως για την προβολή της οθόνης των υπολογιστών και για προβολή βίντεο δημιουργούν ένα είδωλο σε μια μικρή οθόνη LCD (βλ. Εφαρμογή «Μαγείρεμα σε φούρνο μικροκυμάτων και υγροί κρύσταλλοι», σελ. 470). Η οθόνη τοποθετείται πριν από έναν φακό και φωτίζεται από την πίσω πλευρά. Σε έναν προβολέα που χρησιμοποιεί έναν κυρτό φακό εστιακής απόστασης 7,50 cm, σε ποια θέση πρέπει να τοποθετηθεί η LCD, ώστε το προβλλόμενο είδωλο να εστιάζεται σε μια οθόνη που απέχει 6,30 m από τον φακό;
44. Ένα αντικείμενο που απέχει 15 cm από ένα κοίλο κάτοπτρο έχει ένα φανταστικό είδωλο μεγεθυμένο κατά 2,5 φορές. Πόση είναι η εστιακή απόσταση του κατόπτρου;
45. Πόσο μακριά από μια αελίδα πρέπει να κρατάτε έναν φακό με εστιακή απόσταση 32 cm, για να βλέπετε τα γράμματα μεγεθυμένα κατά 1,6 φορές;
46. Ένας συγκλίνων φακός έχει εστιακή απόσταση 4,0 cm. Ένα βέλος ύψους 1,0 cm βρίσκεται σε απόσταση 7,0 cm από τον φακό, με το χαμηλότερο σημείο του να βρίσκεται σε απόσταση 5,0 mm πάνω από τον άξονα του φακού. Φτιάξτε ένα διάγραμμα σχεδίασης ακτίνων σε πληρή κλίμακα για να καθορίσετε και τα δύο άκρα του ειδώλου. Επιβεβαιώστε χρησιμοποιώντας την εξίσωση των φακών.
47. Ένας φακός έχει εστιακή απόσταση $f = 35$ cm. Βρείτε το μήκος και το ύψος του ειδώλου που σχηματίζεται όταν ένα αντικείμενο ύψους 2,2 cm τοποθετείται σε απόσταση (α) $f + 10$ cm και (β) $f - 10$ cm.
48. Πόσο απέχουν το αντικείμενο και το είδωλο που δημιουργούνται από έναν συγκλίνοντα φακό με εστιακή απόσταση 35 cm όταν το αντικείμενο απέχει (α) 48 cm και (β) 30 cm από τον φακό;
49. Ένα κέρι και μια οθόνη απέχουν 70 cm. Βρείτε δύο σημεία ανάμεσα στο κέρι και την οθόνη όπου μπορείτε να τοποθετήσετε έναν κυρτό φακό εστιακής απόστασης 17 cm, ώστε να σχηματιστεί στην οθόνη ένα ευκρινές είδωλο του κεριού.

$$40.9 \text{ cm}$$

$$29.1 \text{ cm}$$

$$(a) y' = -7.7 \text{ cm}, (b) y' = 7.7 \text{ cm}$$

$$(a) 28.0 \text{ cm}, (b) 21.0 \text{ cm}$$

50. Ο κερατοειδής του ανθρώπινου ματιού έχει δείκτη διάθλασης 1,38, ενώ ο φακός του ματιού έχει μεταβαλλόμενο δείκτη που κυμαίνεται από 1,38 έως 1,40 – χρησιμοποιήστε το 1,39 για αυτό το πρόβλημα. Για το υδατοειδές υγρό μεταξύ του κερατοειδούς και του φακού, $n = 1,34$. Βρείτε τη γωνία εκτροπής του φωτός στην πρώτη επιφάνεια (α) του κερατοειδούς και (β) του φακού, αν προσπίπτει σε κάθε επιφάνεια υπό γωνία 20° ως προς την κάθετο. Το αποτέλεσμα σας δείχνει ότι ο κερατοειδής αποτελεί το κυρίαρχο διαθλαστικό υλικό του ματιού.
51. 11.1 cm  Ιόσο μακριά από έναν φακό εστιακής απόστασης 25 cm θα πρέπει να τοποθετηθεί ένα αντικείμενο, για να σχηματιστεί ένα ορθό είδωλο μεγεθυμένο κατά 1,8 φορές;
52. Ένα αντικείμενο και το πραγματικό του είδωλο, που σχηματίζει ένας φακός, απέχουν 2,4 m. Αν ο φακός έχει εστιακή απόσταση 55 cm, ποια είναι οι πιθανές τιμές για την απόσταση και τη μεγέθυνση του αντικειμένου;
53. Ένα αντικείμενο απέχει 68 cm από έναν επιπεδοκυρτό φακό του οποίου η καμπύλη πλευρά έχει ακτίνα καμπυλότητας 26 cm. Ο δείκτης διάθλασης του φακού είναι ίσος με 1,62. Πού βρίσκεται το είδωλο και τι είδους είναι;
54. Χρησιμοποιήστε την Εξίσωση 31.6 για να δείξετε ότι ένα αντικείμενο στο κέντρο μιας γυάλινης σφαίρας θα φαίνεται ότι βρίσκεται σε απόσταση από την άκρη ίση με την πραγματική του απόσταση – μία ακτίνα. Σχεδιάστε ένα διάγραμμα ακτίνων που θα δείχνει γιατί αυτό είναι λογικό.
55. Επαναλάβετε το Παράδειγμα 31.4 για ένα ψάρι που απέχει 15,0 cm από το πιο μακρινό τοίχωμα της δεξαμενής.
56. Εξετάστε το αντίστροφο του Παράδειγματος 31.4: Βρίσκεστε στο εσωτερικό ενός κούλου σωλήνα διαμέτρου 70,0 cm που περιέχει αέρα και η άκρη της μύτες σας απέχει 15,0 cm από το τοίχωμα του σωλήνα. Ο σωλήνας βυθίζεται στο νερό και ένα ψάρι παρατηρεί μέσα από αυτόν. Για το ψάρι, πόση είναι η φαινόμενη απόσταση της μύτες σας από το τοίχωμα του σωλήνα;
57. Δύο κόκκοι χύματος παγιδεύονται σε μια κρυστάλλινη σφαίρα, η ένας στο κέντρο και ο άλλος στο μέσο της απόστασης από την επιφάνεια. Αν κοιτάξετε προσεκτικά τη σφαίρα κατά μήκος της ευθείας που ενώνει τους δύο κόκκους, ο εξωτερικός φαίνεται να βρίσκεται μόνο στο ένα τρίτο της απόστασης από τον άλλον. Βρείτε τον δείκτη διάθλασης της σφαίρας.
58. Ένας φακός επαφής έχει σχήμα κυρτού μηνύκου (βλ. Σχήμα 31.25). Η εσωτερική του επιφάνεια είναι καμπύλη ώστε να εφαρμόζει στο μάτι, με ακτίνα καμπυλότητας 7,80 mm. Ο φακός είναι κατασκευασμένος από πλαστικό με δείκτη διάθλασης $n = 1,50$. Αν η κυκλική υψύς (ουλή) του είναι ίση με 44,4 cm, πόση είναι η ακτίνα καμπυλότητας της εξωτερικής του επιφάνειας;
59. Για ποιον δείκτη διάθλασης η εστιακή απόσταση ενός επιπεδοκυρτού φακού θα ήταν ίση με την ακτίνα καμπυλότητας της μιας και μοναδικής καμπύλης επιφάνειάς του;
60. Ένα αντικείμενο απέχει 28 cm από έναν κυρτό φακό με $n = 1,5$ και ακτίνας καμπυλότητας 35 cm και 55 cm. Πού βρίσκεται το είδωλο και τι είδους είναι;
61. 80 Είστε οπτικός και σας ζητήθηκε να σχεδιάσετε έναν νέο

- φακό αποκατάστασης για τους ασθενείς με καταρράκτη. Ο φακός πρέπει να έχει διάμετρο 5,5 mm, εστιακή απόσταση 17 mm και δεν μπορεί να είναι παχύτερος από 0,8 mm. Για το υλικό του φακού, μπορείτε να επιλέξετε ανάμεσα σε πλαστικό με δείκτη διάθλασης 1,49 ή την ακριβή σιλκόνη με $n = 1,58$. Ποιο υλικό επιλέγετε και γιατί;
62. Ένας κυρτός φακός με ίσες ακτίνες καμπυλότητας 28,5 cm κατασκευάζεται από γυαλί με δείκτη διάθλασης $n_{\text{γυαλί}} = 1,512$ και $n_{\text{αέρα}} = 1,547$. Αν μια σημειακή πηγή λευκού φωτός βρίσκεται στον άξονα του φακού σε απόσταση 75,0 cm από τον φακό, σε ποια απόσταση το ορατό είδωλό της θα είναι θαλό;
63. Ένα αντικείμενο τοποθετημένο σε υψύς ίση 17,5 cm από έναν κυρτό γυάλινο φακό με $n = 1,524$ σχηματίζει ένα φανταστικό είδωλο με μέγεθος διπλάσιο του αντικειμένου. Αν ο φακός αντικατασταθεί από έναν φακό ίδιου σχήματος, κατασκευασμένο από διαμάντι, (α) τι είδους είδωλο θα σχηματιστεί και (β) πόση θα είναι η μεγέθυνση του;
64. Παρακολουθείτε ένα μήνιγμα φωτογραφίας και δουλεύετε με μια φωτογραφική μηχανή της οποίας ο φακός μεταβλητής εστιακής απόστασης (zoom) καλύπτει ένα εύρος εστιακών αποστάσεων από 38 mm έως 110 mm. Ο εκπαιδευτής σας ζητά να συγκρίνετε τα μεγέθη των ειδώλων ενός μακρινού αντικείμενου όταν φωτογραφίζετε με τις δύο ακραίες τιμές του zoom. Ποια είναι η απόντησή σας;
65. Μια φωτογραφική μηχανή μπορεί κανονικά να εστιάσει μέχρι τα 60 cm, είναι όμως δυνατόν να τοποθετηθούν πρόσθετοι φακοί ακριβώς μπροστά από τον κύριο φακό, ώστε να υπάρχει η δυνατότητα κοντινών λήψεων. Ποιος τύπος και ποια ισχύς βοηθητικού φακού θα επιτρέψουν στη μηχανή να εστιάσει μέχρι και τα 20 cm;
66. Ένα σύνθετο μικροσκόπιο με ισχύ 300 διπλάζει έναν αντικειμενικό φακό εστιακής απόστασης 4,5 mm. Αν η απόσταση του αντικειμενικού φακού από τον προσοφθάλμιο φακό είναι ίση με 10 cm, πόση πρέπει να είναι η εστιακή απόσταση του προσοφθάλμιου φακού;
67. Για το γυμνό μάτι, ο Δίας έχει γωνιακή διάμετρο 50 arcsec. Πόσο θα είναι το γωνιακό του μέγεθος όταν παρατηρείται μέσω ενός διαθλαστικού τηλεσκοπίου εστιακής απόστασης 1 m με προσοφθάλμιο φακό εστιακής απόστασης 40 mm;
68. Ένα τηλεσκόπιο Cassegrain όπως αυτό που φαίνεται στο Σχήμα 31.34β έχει εστιακή απόσταση 1,0 m και το κυρτό δευτερεύον κάτοπτρο απέχει 0,85 m από το πρωτεύον. Πόση θα πρέπει να είναι η εστιακή απόσταση του δευτερεύοντος κατόπτρου, προκειμένου το τελικό είδωλο να βρίσκεται 0,12 m πίσω από την εμπρόσθια επιφάνεια του πρωτεύοντος;
69. Σκέψατε με τη μύτη σας να απέχει 6,0 cm από την επιφάνεια μιας ανακλαστικής σφαίρας και το είδωλό της μύτης σας φαίνεται ότι έχει μέγεθος ίσο με τα τρία τέταρτα του πλήρους μεγέθους. Πόση είναι η διάμετρος της σφαίρας;
70. 80 Μια συνταγή φακών επαφής απαιτεί φακούς με +2,25 διοπτρίες με εσωτερική ακτίνα καμπυλότητας 8,6 mm για να εφαρμόζουν στον κερατοειδή του ασθενή. (α) Αν