

Κεφάλαιο 35

Περίθλαση και Πόλωση



Περιεχόμενα Κεφαλαίου 35

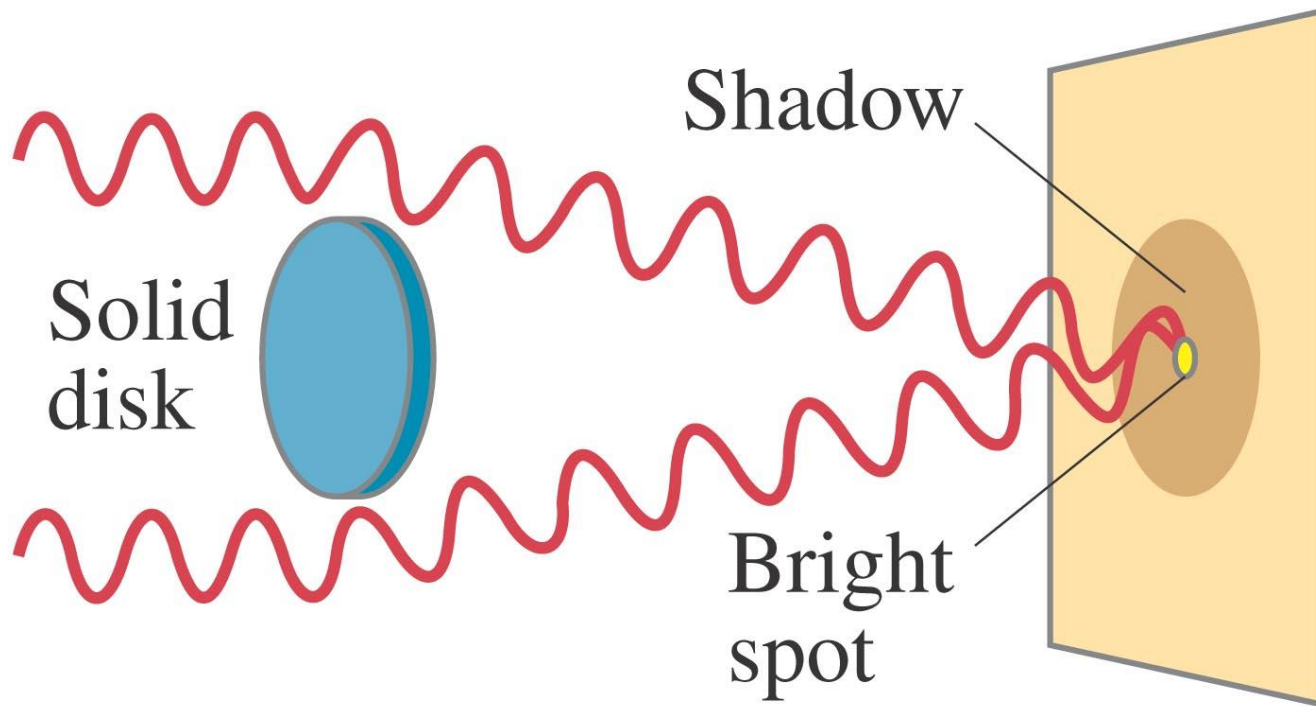
- Περίθλαση απλής σχισμής ή δίσκου
- Η ένταση της περίθλασης μιας απλής σχισμής.
- Περίθλαση διπλής σχισμής
- Διακριτική ικανότητα; Κυκλικές ίριδες
- Διακριτική ικανότητα Τηλεσκοπίων και μικροσκοπίων; Το όριο του λ
- Διακριτική ικανότητα ανθρώπινου ματιού-μεγέθυνση
- Φράγμα Περίθλασης

Περιεχόμενα Κεφαλαίου 35

- Φασματόμετρα και Φασματοσκοπία
- Διακριτική ικανότητα και ισχύς Φράγματος περίθλασης.
- Ακτίνες- X και περίθλαση ακτίνων X
- Πόλωση
- Σκέδαση φωτός από τη ατμόσφαιρα.

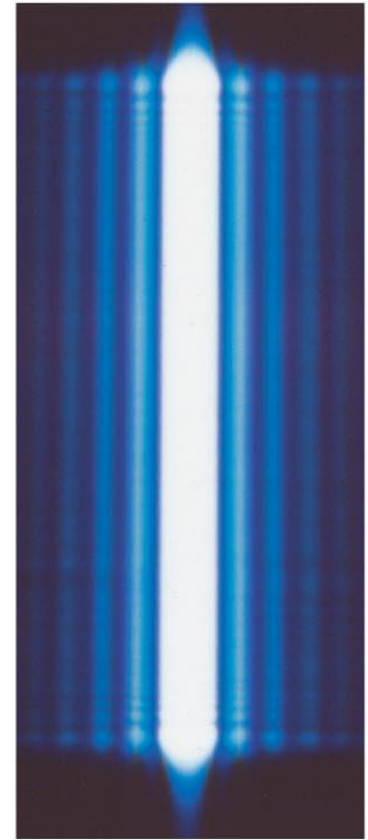
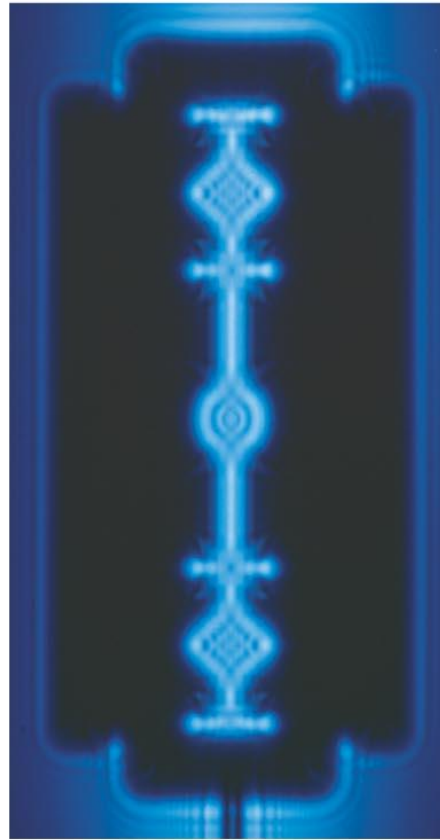
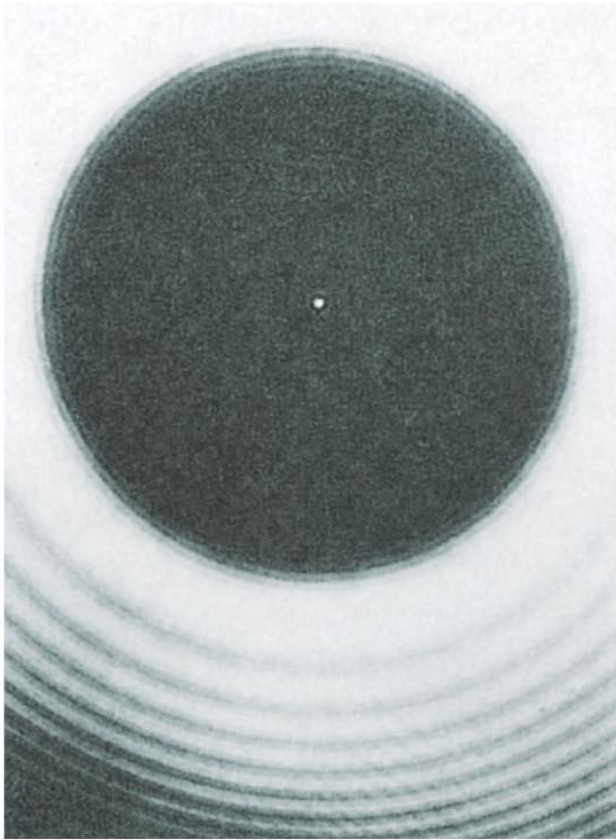
35-1 Περίθλαση απλής σχισμής ή δίσκου

Λόγω της κυματικής φύσης του φωτός, παρατηρείται το φαινόμενο της περίθλασης, απόκλιση από ευθύγραμμη διάδοση, γύρω από αντικείμενα και σχισμές.



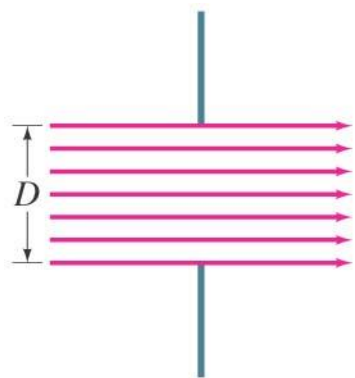
35-1 Περίθλαση απλής σχισμής ή δίσκου

Η εικόνα περίθλασης είναι ο σχηματισμός που δημιουργείται λόγω της περίθλασης.

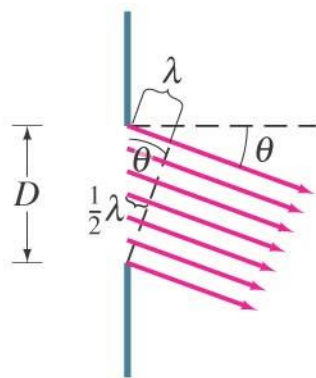


35-1 Περίθλαση απλής σχισμής ή δίσκου

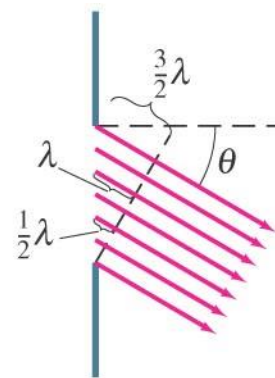
Η περίθλαση συμβαίνει επειδή τα δευτερογενή μέτωπα στο άνοιγμα της οπής υπόκεινται στο φαινόμενο της συμβολής.



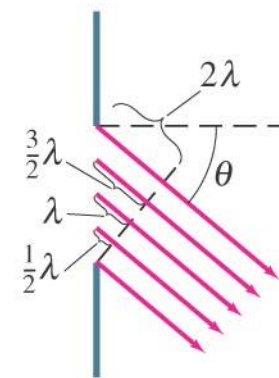
$\theta = 0$
Bright



$\sin \theta = \frac{\lambda}{D}$
Dark



$\sin \theta = \frac{3\lambda}{2D}$
Bright

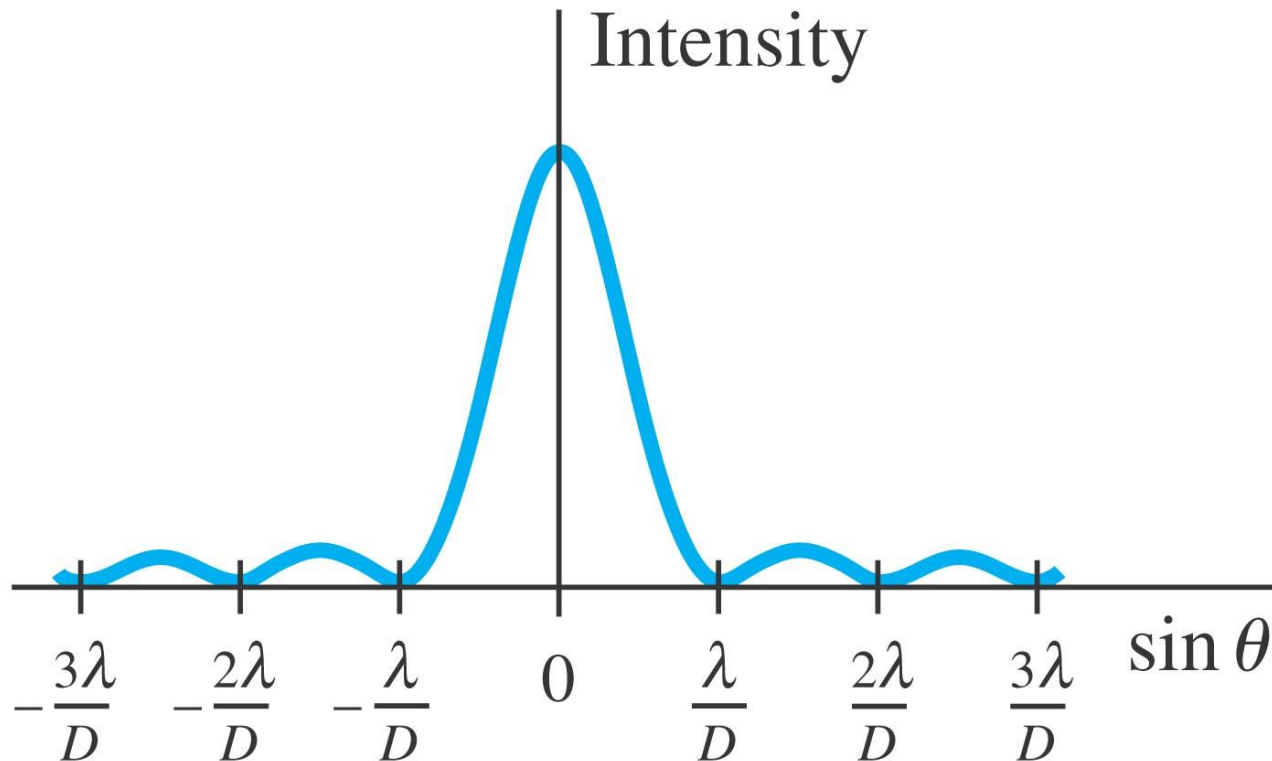


$\sin \theta = \frac{2\lambda}{D}$
Dark

35-1 Περίθλαση απλής σχισμής ή δίσκου

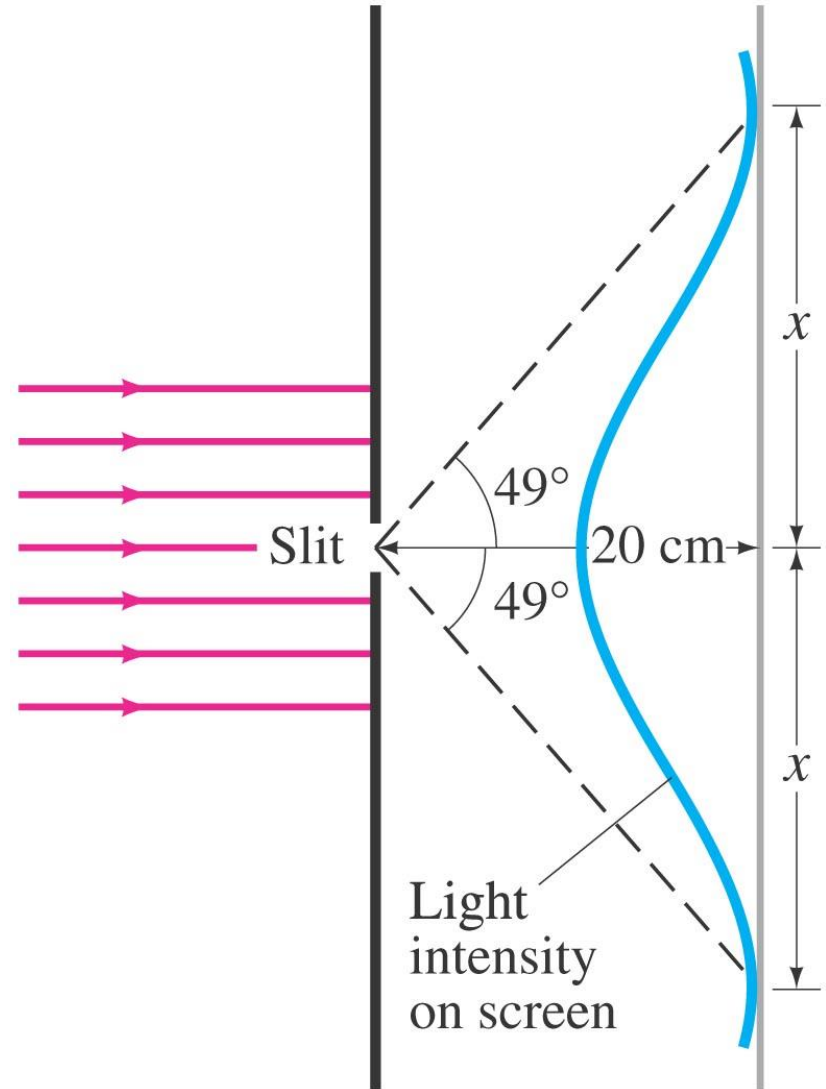
Τα ελάχιστα στην εικόνα συμβολής απλής σχισμής ή δίσκου παρατηρούνται όταν

$$D \sin \theta = m\lambda, \quad m = \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots \quad [\text{minima}]$$



35-1 Περίθλαση απλής σχισμής ή δίσκου

Φως μήκους κύματος 750 nm περνάει από σχισμή πλάτους 1.0×10^{-3} mm. Πόσο είναι το εύρος της κεντρικής κορυφής (a) σε μοίρες και (b) σε cm όταν η οθόνη βρίσκεται σε απόσταση 20 cm;



$$\sin \theta = \frac{\lambda}{D}$$

[first minimum] (35-1)

APPROACH The width of the central maximum goes from the first minimum on one side to the first minimum on the other side. We use Eq. 35-1 to find the angular position of the first single-slit diffraction minimum.

SOLUTION (a) The first minimum occurs at

$$\sin \theta = \frac{\lambda}{D} = \frac{7.5 \times 10^{-7} \text{ m}}{1.0 \times 10^{-6} \text{ m}} = 0.75.$$

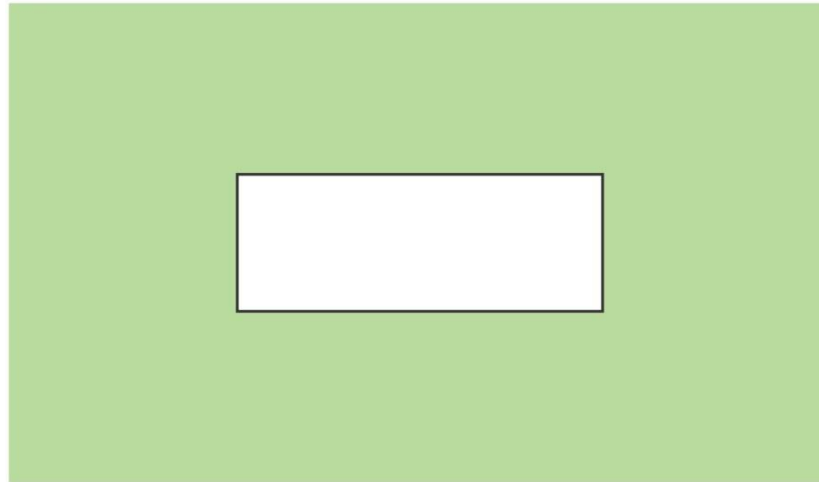
So $\theta = 49^\circ$. This is the angle between the center and the first minimum, Fig. 35-5. The angle subtended by the whole central maximum, between the minima above and below the center, is twice this, or 98° .

(b) The width of the central maximum is $2x$, where $\tan \theta = x/20 \text{ cm}$. So $2x = 2(20 \text{ cm})(\tan 49^\circ) = 46 \text{ cm}$.

NOTE A large width of the screen will be illuminated, but it will not normally be very bright since the amount of light that passes through such a small slit will be small and it is spread over a large area. Note also that we *cannot* use the small-angle approximation here ($\theta \approx \sin \theta \approx \tan \theta$) because θ is large.

35-1 Περίθλαση απλής σχισμής ή δίσκου

Μια παραλληλόγραμμη σχισμή του σχήματος φωτίζεται. (a) Σε ποια διεύθυνση αναμένετε να είναι περισσότερο εκτεταμένη η περίθλαση; (b) με βάση αυτό πως τι σχήμα πρέπει να έχει ένα μεγάφωνο ανακοινώσεων σε ένα γήπεδο;



RESPONSE (a) From Eq. 35-1 we can see that if we make the slit (width D) narrower, the pattern spreads out more. This is consistent with our study of waves in Chapter 15. The diffraction through the rectangular hole will be wider vertically, since the opening is smaller in that direction. (b) For a loudspeaker, the sound pattern desired is one spread out horizontally, so the horn should be tall and narrow (rotate Fig. 35-6 by 90°).

$$\sin \theta = \frac{\lambda}{D}$$



35-2 Ένταση Περίθλασης

Η φάση και η ένταση της ακτινοβολίας εξ αιτίας της περίθλασης δίδεται από της σχέσης:

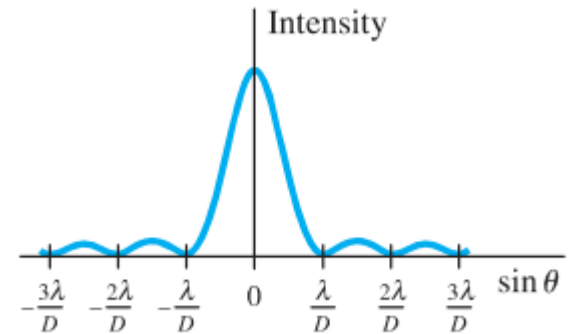
$$\beta = \frac{2\pi}{\lambda} D \sin \theta.$$

και

$$I_{\theta} = I_0 \left(\frac{\sin \beta/2}{\beta/2} \right)^2.$$

35-2 Ένταση Περίθλασης

Βρείτε τις εντάσεις για τα πρώτα δύο μέγιστα εκατέρωθεν του κεντρικού μεγίστου σε μια εικόνα περίθλασης.



APPROACH The secondary maxima occur close to halfway between the minima, at about

$$\frac{\beta}{2} = \frac{\pi D \sin \theta}{\lambda} \approx (m + \frac{1}{2})\pi. \quad m = 1, 2, 3, \dots$$

The actual maxima are not quite at these points—their positions can be determined by differentiating Eq. 35–7 (see Problem 14)—but we are only seeking an estimate.

SOLUTION Using these values for β in Eq. 35–7 or 35–8, with $\sin(m + \frac{1}{2})\pi = 1$, gives

$$I_{\theta} = \frac{I_0}{(m + \frac{1}{2})^2 \pi^2}. \quad m = 1, 2, 3, \dots$$

For $m = 1$ and 2, we get

$$I_{\theta} = \frac{I_0}{22.2} = 0.045I_0 \quad [m = 1]$$

$$I_{\theta} = \frac{I_0}{61.7} = 0.016I_0. \quad [m = 2]$$

The first maximum to the side of the central peak has only 1/22, or 4.5%, the intensity of the central peak, and succeeding ones are smaller still, just as we can see in Fig. 35-4 and the photo of Fig. 35-2c.

35-3 Περίθλαση διπλής σχισμής

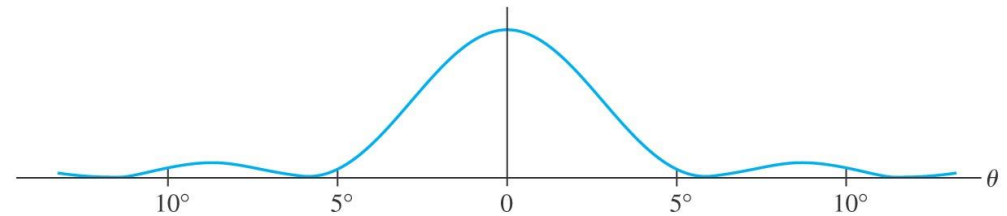
Για δύο σχισμές έχουμε

$$E_{\theta_0} = 2E_0 \left(\frac{\sin \beta/2}{\beta/2} \right) \cos \frac{\delta}{2}.$$

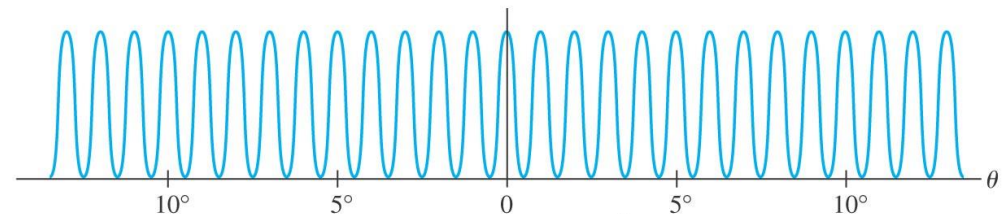
Η ένταση παραμένει ανάλογη του τετραγώνου του πεδίου.

35-3 Περίθλαση διπλής σχισμής

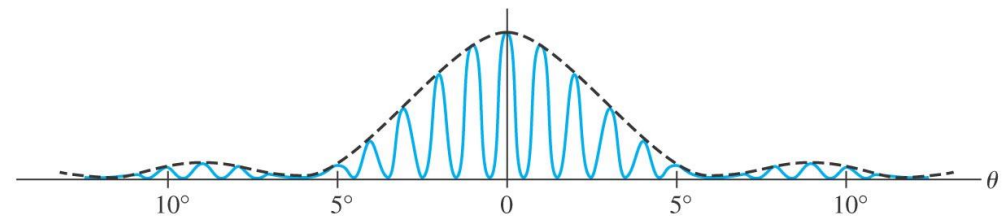
Ο παράγοντας της περίθλασης (εξαρτάται από το β) εμφανίζεται σαν “φάκελος” που τροποποιεί τον ταχέως μεταβαλλόμενο παράγοντα συμβολής (που εξαρτάται από τον δ).



(a) Diffraction factor, $(\sin^2\beta/2)/(\beta/2)^2$ vs. θ



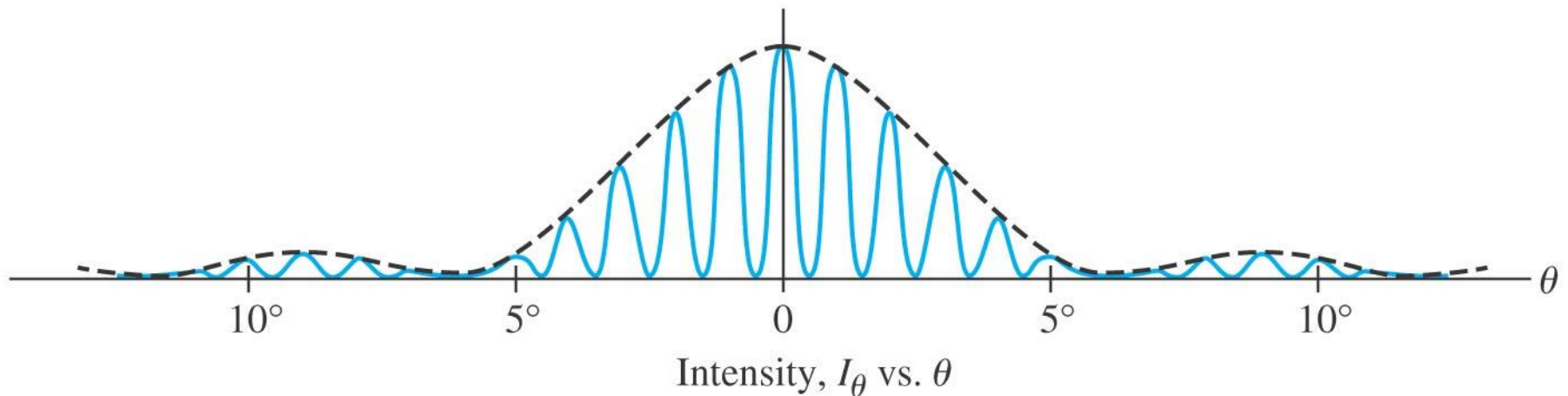
(b) Interference factor, $\cos^2 \frac{\delta}{2}$ vs. θ

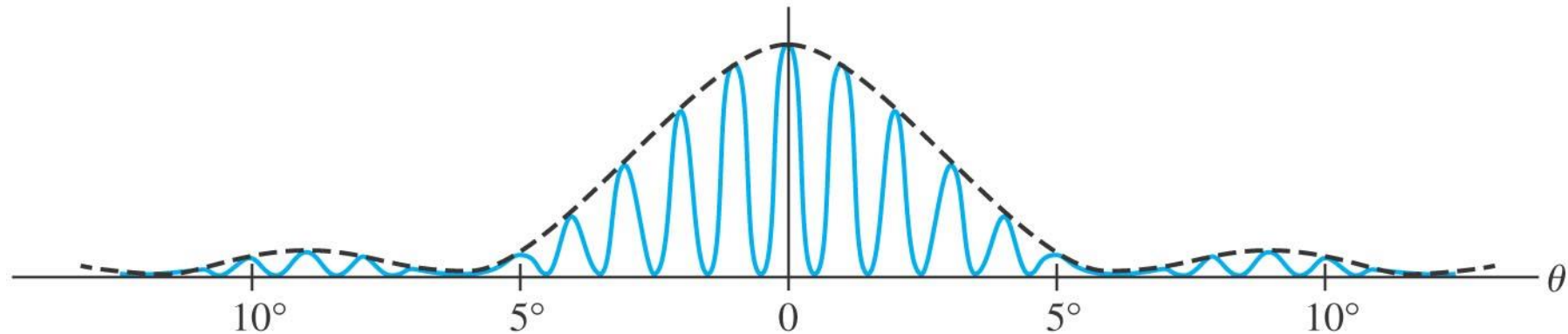


(c) Intensity, I_θ vs. θ

35-3 Περίθλαση διπλής σχισμής

Δείξτε ότι η κεντρική κορυφή περίθλασης του σχήματος για $d = 6D = 60\lambda$, περιέχει 11 κροσούς συμβολής.





(c) Intensity, I_θ vs. θ

APPROACH The first minimum in the diffraction pattern occurs where

$$\sin \theta = \frac{\lambda}{D}.$$

Since $d = 6D$,

$$d \sin \theta = 6D \left(\frac{\lambda}{D} \right) = 6\lambda.$$

SOLUTION From Eq. 34-2a, interference peaks (maxima) occur for $d \sin \theta = m\lambda$ where m can be 0, 1, \dots or any integer. Thus the diffraction minimum ($d \sin \theta = 6\lambda$) coincides with $m = 6$ in the interference pattern, so the $m = 6$ peak won't appear. Hence the central diffraction peak encloses the central interference peak ($m = 0$) and five peaks ($m = 1$ to 5) on each side for a total of 11. Since the sixth order doesn't appear, it is said to be a "missing order."

35-4 Όρια διακριτικής ικανότητας- κυκλικές ίριδες

Διακριτική ικανότητα είναι η απόσταση στην οποία ένα φακός μπορεί μόλις να διακρίνει δύο διαφορετικά αντικείμενα.

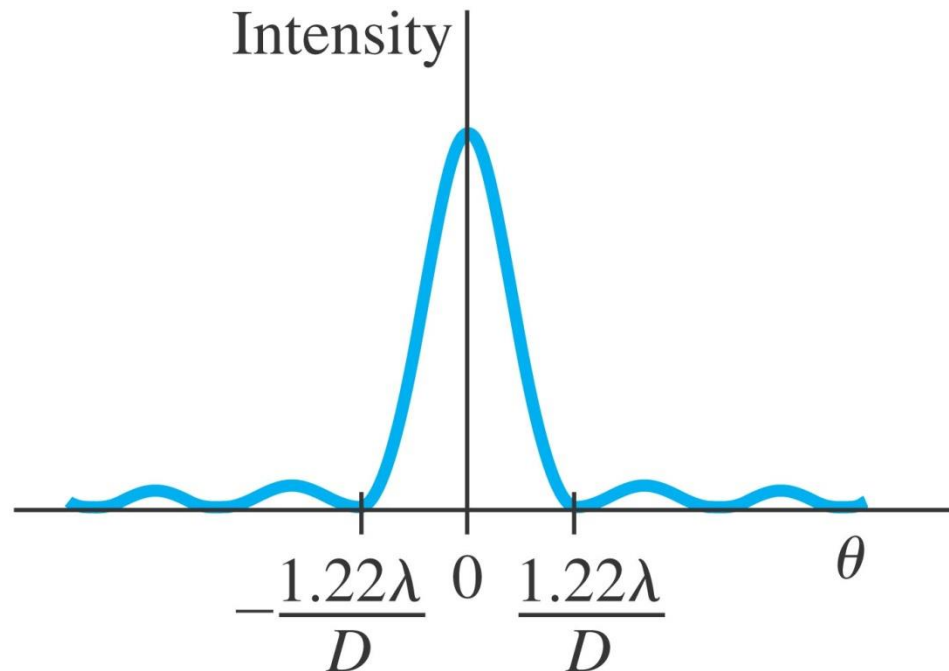
Η διακριτική ικανότητα περιορίζεται από σφάλματα (εκτροπές) και περίθλαση. Οι εκτροπές μπορεί δυνητικά να διορθωθούν, η περίθλαση όμως όχι. Η περίθλαση έχει σχέση με τις διαστάσεις του φακού σε σχέση με το μήκος κύματος της ακτινοβολίας.

35-4 Όρια διακριτικής ικανότητας- κυκλικές ίριδες

Για κυκλικές ίριδες με διάμετρο D , το κεντρικό μέγιστο έχει εύρος:

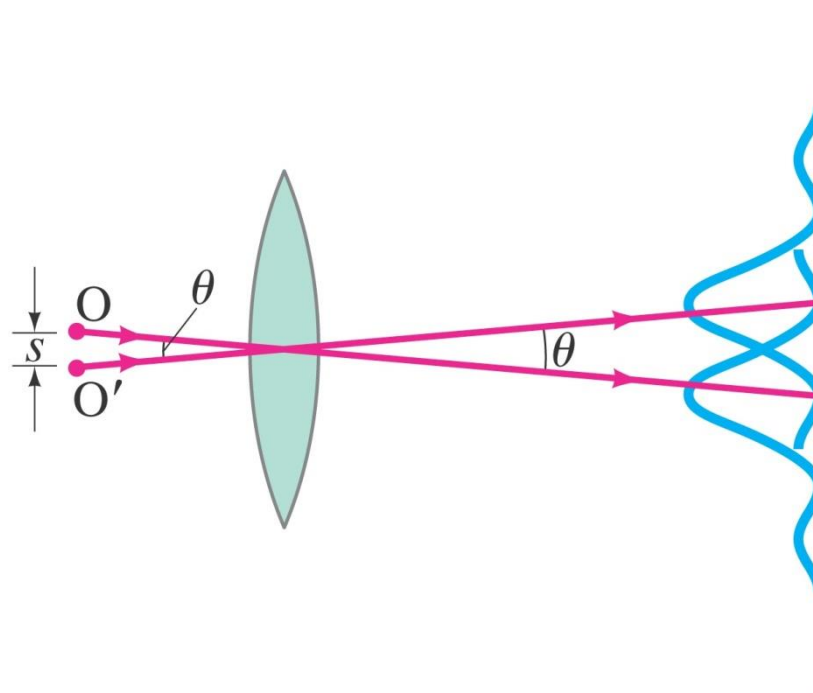
$$\theta = \frac{1.22\lambda}{D}.$$

[θ in radians]



35-4 Όρια διακριτικής ικανότητας- κυκλικές ίριδες

Το κριτήριο του Rayleigh λέει ότι δύο παραστάσεις είναι διακριτές όταν το κέντρο της μιας είναι τουλάχιστον στην απόσταση του πρώτου ελαχίστου της άλλης.



35-4 Όρια διακριτικής ικανότητας- κυκλικές ίριδες

Το διαστημικό τηλεσκόπιο Hubble βασίζεται στην ανάκλαση και είναι σε τροχιά πέριξ της γης. Η διακριτική του ικανότητα εξαρτάται «μόνο» από το στροβιλισμό της ατμόσφαιρας. Η διάμετρος του αντικειμενικού φακού του είναι 2.4 m. Για ορατή ακτινοβολία π.χ. $\lambda = 550 \text{ nm}$, βρείτε πόση είναι η βελτίωση στην διακριτική ικανότητα των επίγειων τηλεσκοπίων που περιορίζονται από την περιστροφή της ατμόσφαιρας της γης $\sim 1/2 \text{ arc-s}$. (Κάθε μοίρα έχει 60 minutes και κάθε minute 60 seconds, επομένως $1^\circ = 3600 \text{ arc-s}$.)

APPROACH Angular resolution for the Hubble is given (in radians) by Eq. 35–10. The resolution for Earth telescopes is given, and we first convert it to radians so we can compare.

SOLUTION Earth-bound telescopes are limited to an angular resolution of

$$\theta = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{3600} \right)^\circ \left(\frac{2\pi \text{ rad}}{360^\circ} \right) = 2.4 \times 10^{-6} \text{ rad.}$$

The Hubble, on the other hand, is limited by diffraction (Eq. 35–10) which for $\lambda = 550 \text{ nm}$ is

$$\theta = \frac{1.22\lambda}{D} = \frac{1.22(550 \times 10^{-9} \text{ m})}{2.4 \text{ m}} = 2.8 \times 10^{-7} \text{ rad,}$$

thus giving almost ten times better resolution ($2.4 \times 10^{-6} \text{ rad} / 2.8 \times 10^{-7} \text{ rad} \approx 9\times$).

35-4 Όρια διακριτικής ικανότητας- κυκλικές ίριδες

Βρίσκεστε σε ένα αεροπλάνο σε ύψος 10,000 m. Κοιτώντας προς το έδαφος εκτιμείστε την ελάχιστη απόσταση s μεταξύ αντικειμένων που μπορείτε να διακρίνετε. Μπορείτε να μετρήσετε αυτοκίνητα σε ένα σταθμό parking ; Θωρείστε μόνο περίθλαση και υποθέστε ότι η ίριδα του ματιού σας είναι 3.0 mm σε διάμετρο και $\lambda = 550$ nm.

APPROACH We use the Rayleigh criterion, Eq. 35–10, to estimate θ . The separation s of objects is $s = \ell\theta$, where $\ell = 10^4$ m and θ is in radians.

SOLUTION In Eq. 35–10, we set $D = 3.0$ mm for the opening of the eye:

$$s = \ell\theta = \ell \frac{1.22\lambda}{D} = \frac{(10^4 \text{ m})(1.22)(550 \times 10^{-9} \text{ m})}{3.0 \times 10^{-3} \text{ m}} = 2.2 \text{ m.}$$

Yes, you could just resolve a car (roughly 2 m wide by 3 or 4 m long) and count them.

35-5 Διακριτική ικανότητα Τηλεσκοπίων και Μικροσκοπίων; Το όριο του λ

Για τηλεσκόπιο το όριο είναι αυτό της περίθλασης δηλ. :

$$\theta = \frac{1.22\lambda}{D}. \quad [\theta \text{ in radians}]$$

Για μικροσκόπια, υποθέτοντας ότι το αντικείμενο βρίσκεται στην εστία του φακού, η διακριτική ικανότητα δίδεται από την σχέση:

$$RP = s = f\theta = \frac{1.22\lambda f}{D}.$$

35-5 Διακριτική ικανότητα Τηλεσκοπίων και Μικροσκοπίων; Το όριο του λ

Ποια είναι η ελάχιστη απόσταση δύο άστρων που μπορεί να διακρίνει (a) το 200-ιντσών τηλεσκόπιο στο βουνό Palomar και (b) το Arecibo ραδιοτηλεσκόπιο, με διάμετρο 300 m και ακτίνα καμπυλότητας 300 m. Υποθέστε $\lambda = 550 \text{ nm}$ για το (a), και $\lambda = 4 \text{ cm}$ για το (b).



APPROACH We apply the Rayleigh criterion (Eq. 35–10) for each telescope.

SOLUTION (a) Since $D = 200 \text{ in.} = 5.1 \text{ m}$, we have from Eq. 35–10 that

$$\theta = \frac{1.22\lambda}{D} = \frac{(1.22)(5.50 \times 10^{-7} \text{ m})}{(5.1 \text{ m})} = 1.3 \times 10^{-7} \text{ rad},$$

or $0.75 \times 10^{-5} \text{ deg.}$ (Note that this is equivalent to resolving two points less than 1 cm apart from a distance of 100 km!)

(b) For radio waves with $\lambda = 0.04 \text{ m}$ emitted by stars, the resolution is

$$\theta = \frac{(1.22)(0.04 \text{ m})}{(300 \text{ m})} = 1.6 \times 10^{-4} \text{ rad.}$$

The resolution is less because the wavelength is so much larger, but the larger objective collects more radiation and thus detects fainter objects.

NOTE In both cases, we determined the limit set by diffraction. The resolution for a visible-light Earth-bound telescope is not this good because of aberrations and, more importantly, turbulence in the atmosphere. In fact, large-diameter objectives are not justified by increased resolution, but by their greater light-gathering ability—they allow more light in, so fainter objects can be seen. Radiotelescopes are not hindered by atmospheric turbulence, and the resolution found in (b) is a good estimate.

35-5 Διακριτική ικανότητα Τηλεσκοπίων και Μικροσκοπίων; Το όριο του λ

Εν γένει η διακριτική ικανότητα ενός φακού μικροσκοπίου είναι:

$$RP \approx \frac{\lambda}{2}$$

Δεν είναι δυνατόν να διακρίνουμε λεπτομέρειες μικρότερες από το μήκος κύματος της ακτινοβολίας που χρησιμοποιούμε.

35-6 Η διακριτική ικανότητα του ανθρώπινου ματιού και η χρήση μεγέθυνσης

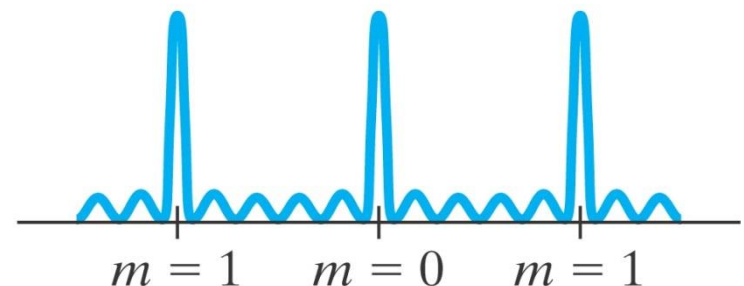
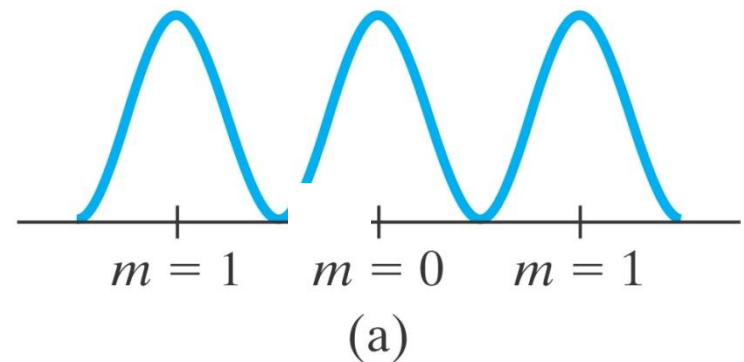
Το ανθρώπινο μάτι διακρίνει αντικείμενα που απέχουν 1 cm στα 20 m, ή 0.1 mm στην απόσταση του near point (~ 20 cm).

Αυτό περιορίζει την «χρήσιμη» μεγέθυνση ενός οπτικού μικροσκοπίου μεταξύ 500x–1000x.

35-7 Φράγμα Περίθλασης

Το φράγμα περίθλασης αποτελείται από πολλές ισάπεχουσες σχισμές ή γραμμές/εγκοπές. Το φράγμα διάδοσης έχει σχισμές και το φράγμα ανάκλασης έχει γραμμές/εγκοπές που ανακλούν το φως.

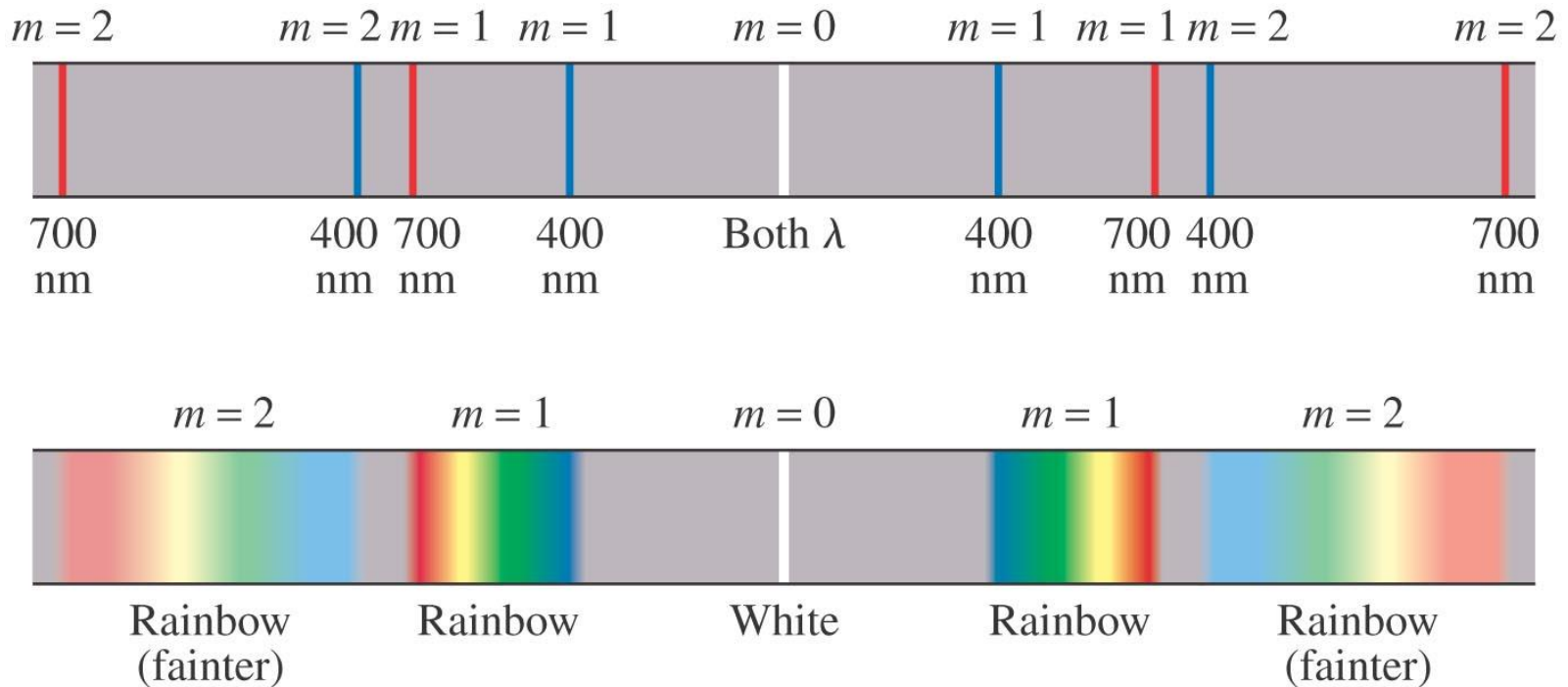
Όσο μεγαλύτερη η πυκνότητα των γραμμών τόσο στενότερες οι κορυφές.



35-7 Φράγμα Περίθλασης

Τα μέγιστα στο «φάσμα» (εικόνα) του διαφράγματος είναι

$$\sin \theta = \frac{m\lambda}{d}, \quad m = 0, 1, 2, \dots \quad \left[\begin{array}{l} \text{diffraction grating,} \\ \text{principal maxima} \end{array} \right]$$



35-7 Φράγμα Περίθλασης

Για φράγμα περίθλαση με 10,000 γραμμές/cm, βρείτε τις θέσεις των μέγιστων κορυφών της πρώτης και δευτέρας τάξης για φως με μήκη κύματος 400 nm και 700 nm

APPROACH First we find the distance d between grating lines: if the grating has N lines in 1 m, then the distance between lines must be $d = 1/N$ meters. Then we use Eq. 35–13, $\sin \theta = m\lambda/d$, to find the angles for the two wavelengths for $m = 1$ and 2.

SOLUTION The grating contains 1.00×10^4 lines/cm = 1.00×10^6 lines/m, which means the distance between lines is $d = (1/1.00 \times 10^6)$ m = 1.00×10^{-6} m = $1.00 \mu\text{m}$. In first order ($m = 1$), the angles are

$$\sin \theta_{400} = \frac{m\lambda}{d} = \frac{(1)(4.00 \times 10^{-7} \text{ m})}{1.00 \times 10^{-6} \text{ m}} = 0.400$$

$$\sin \theta_{700} = \frac{(1)(7.00 \times 10^{-7} \text{ m})}{1.00 \times 10^{-6} \text{ m}} = 0.700$$

so $\theta_{400} = 23.6^\circ$ and $\theta_{700} = 44.4^\circ$. In second order,

$$\sin \theta_{400} = \frac{2\lambda}{d} = \frac{(2)(4.00 \times 10^{-7} \text{ m})}{1.00 \times 10^{-6} \text{ m}} = 0.800$$

$$\sin \theta_{700} = \frac{(2)(7.00 \times 10^{-7} \text{ m})}{1.00 \times 10^{-6} \text{ m}} = 1.40$$

so $\theta_{400} = 53.1^\circ$. But the second order does not exist for $\lambda = 700$ nm because $\sin \theta$ cannot exceed 1. No higher orders will appear.

35-7 Φράγμα Περίθλασης

Λευκό φως περιέχει μήκη κύματος από 400 nm μέχρι 750 nm και αναλύεται από φράγμα με 4000 γραμμές/cm. Δείξτε ότι για το μπλε $\lambda = 450$ nm η Τρίτη τάξη του φάσματος επικαλύπτει το κόκκινο στα 700 nm από την δεύτερη τάξη the second order.

SOLUTION The grating spacing is $d = (1/4000) \text{ cm} = 2.50 \times 10^{-6} \text{ m}$. The blue of the third order occurs at an angle θ given by

$$\sin \theta = \frac{m\lambda}{d} = \frac{(3)(4.50 \times 10^{-7} \text{ m})}{(2.50 \times 10^{-6} \text{ m})} = 0.540.$$

Red in second order occurs at

$$\sin \theta = \frac{(2)(7.00 \times 10^{-7} \text{ m})}{(2.50 \times 10^{-6} \text{ m})} = 0.560,$$

which is a greater angle; so the second order overlaps into the beginning of the third-order spectrum.

35-7 Φράγμα Περίθλασης

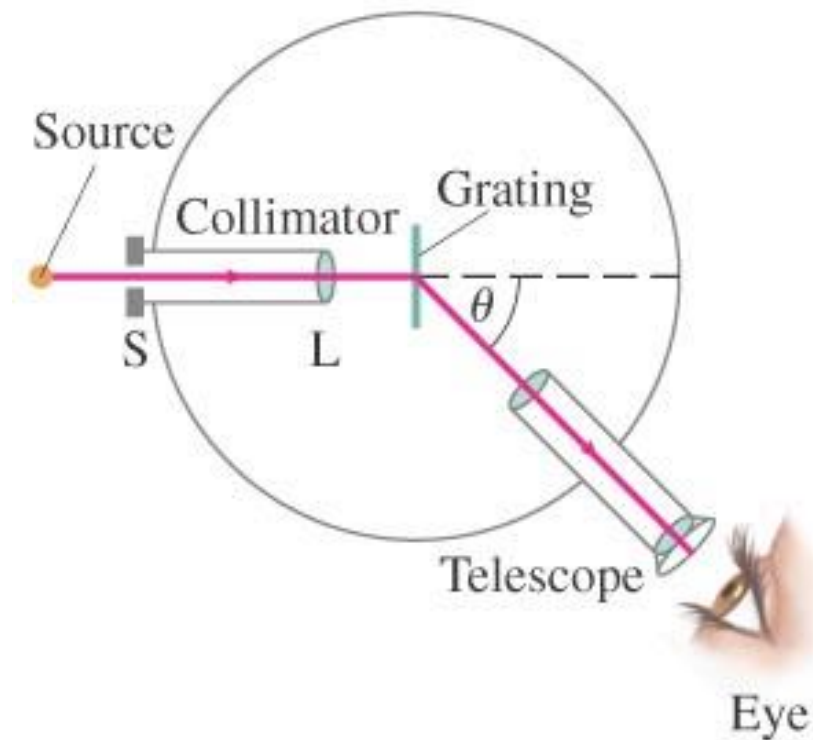
Όταν κοιτάξετε την επιφάνεια ενός CD, φαίνονται τα χρώματα της ίριδος. (a) Βρείτε την απόσταση μεταξύ των «μουσικών» γραμμών που διαβάσει το laser. (b) Βρείτε την απόσταση μεταξύ των γραμμών υποθέτοντας ότι το CD περιέχει 80 min μουσικής και περιστρέφεται με ταχύτητα από 200 μέχρι 500 στροφές/min, και τα μόνο τα $\frac{2}{3}$ από τα 6-cm ακτίνα είναι «χαραγμένα».



RESPONSE (a) The CD acts like a reflection diffraction grating. To satisfy Eq. 35–13, we might estimate the line spacing as one or a few (2 or 3) wavelengths ($\lambda \approx 550 \text{ nm}$) or 0.5 to $1.5 \mu\text{m}$. (b) Average rotation speed of 350 rev/min times 80 min gives $28,000$ total rotations or $28,000$ lines, which are spread over $(\frac{2}{3})(6 \text{ cm}) = 4 \text{ cm}$. So we have a sort of reflection diffraction grating with about $(28,000 \text{ lines})/(4 \text{ cm}) = 7000 \text{ lines/cm}$. The distance d between lines is roughly $1 \text{ cm}/7000 \text{ lines} \approx 1.4 \times 10^{-6} \text{ m} = 1.4 \mu\text{m}$. Our results in (a) and (b) agree.

35-8 Φασματοόμετρο και Φασματοσκοπία

Ένα φασματοόμετρο μετράει με ακρίβεια το μήκος κύματος της ακτινοβολίας με την βοήθεια πρίσματος ή φράγματος περίθλασης



35-8 Φασματομέτρο και Φασματοσκοπία

Το μήκος κύματος επιλέγεται ή προσδιορίζεται με μεγάλη ακρίβεια από την γωνία του πρίσματος ή του φράγματος:

$$\sin \theta = \frac{m\lambda}{d}, \quad m = 0, 1, 2, \dots$$

[diffraction grating,
principal maxima]

35-8 Φασματομέτρο και Φασματοσκοπία

Άτομα και μόρια «αναγνωρίζονται» από τις χαρακτηριστικές «γραμμές» απορρόφησης ή εκπομπής!.



Atomic hydrogen



Mercury



Sodium



Solar absorption spectrum

35-8 Φασματομέτρο και Φασματοσκοπία

Το άτομο του Υδρογόνου εκπέμπει φως το οποίο αναλύεται με φράγμα 1.00×10^4 γραμμών/cm. Οι φασματοσκοπικές γραμμές από το κέντρο (0°) είναι μωβ στις 24.2° , μπλε στις 25.7° , μπλε-πράσινη στις 29.1° , και κόκκινη στις 41.0° από το κέντρο. Βρείτε τα μήκη κύματος αυτών των γραμμών.

APPROACH The wavelengths can be determined from the angles by using $\lambda = (d/m) \sin \theta$ where d is the spacing between slits, and m is the order of the spectrum (Eq. 35–13).

SOLUTION Since these are the closest lines to $\theta = 0^\circ$, this is the first-order spectrum ($m = 1$). The slit spacing is $d = 1/(1.00 \times 10^4 \text{ cm}^{-1}) = 1.00 \times 10^{-6} \text{ m}$. The wavelength of the violet line is

$$\lambda = \left(\frac{d}{m} \right) \sin \theta = \left(\frac{1.00 \times 10^{-6} \text{ m}}{1} \right) \sin 24.2^\circ = 4.10 \times 10^{-7} \text{ m} = 410 \text{ nm}.$$

The other wavelengths are:

blue: $\lambda = (1.00 \times 10^{-6} \text{ m}) \sin 25.7^\circ = 434 \text{ nm},$

blue-green: $\lambda = (1.00 \times 10^{-6} \text{ m}) \sin 29.1^\circ = 486 \text{ nm},$

red: $\lambda = (1.00 \times 10^{-6} \text{ m}) \sin 41.0^\circ = 656 \text{ nm}.$

NOTE In an unknown mixture of gases, these four spectral lines need to be seen to identify that the mixture contains hydrogen.

35-9 Διακριτική Ικανότητα Φραγμάτων

Όσο μεγαλώνει ο αριθμός των γραμμών ενός φράγματος το φασματοσκοπικό εύρος της κεντρικής ακτινοβολίας γίνεται ελάχιστο:

$$\Delta\theta_0 = \frac{\lambda}{Nd}$$

Η διακριτική ικανότητα ενός φράγματος ορίζεται από την ελάχιστη διαφορά μήκους κύματος που μπορεί να διακρίνει:

$$R = \frac{\lambda}{\Delta\lambda} = Nm.$$

35-9 Διακριτική Ικανότητα Φραγμάτων

Το Νάτριο έχει μια χαρακτηριστική «διπλή γραμμή» στα $\lambda_1 = 589.00 \text{ nm}$ και $\lambda_2 = 589.59 \text{ nm}$, Βρείτε (a) την μέγιστη τάξη m που θα εμφανίσει ένα φράγμα για την γραμμή αυτή του Νατρίου (b) τα χαρακτηριστικά του φράγματος που απαιτούνται για να διακρίνει τα δύο μήκη κύματος.

APPROACH We first find $d = 1 \text{ cm}/7500 = 1.33 \times 10^{-6} \text{ m}$, and then use Eq. 35–13 to find m . For (b) we use Eqs. 35–18 and 35–19.

SOLUTION (a) The maximum value of m at $\lambda = 589 \text{ nm}$, using Eq. 35–13 with $\sin \theta \leq 1$, is

$$m = \frac{d}{\lambda} \sin \theta \leq \frac{d}{\lambda} = \frac{1.33 \times 10^{-6} \text{ m}}{5.89 \times 10^{-7} \text{ m}} = 2.26,$$

so $m = 2$ is the maximum order present.

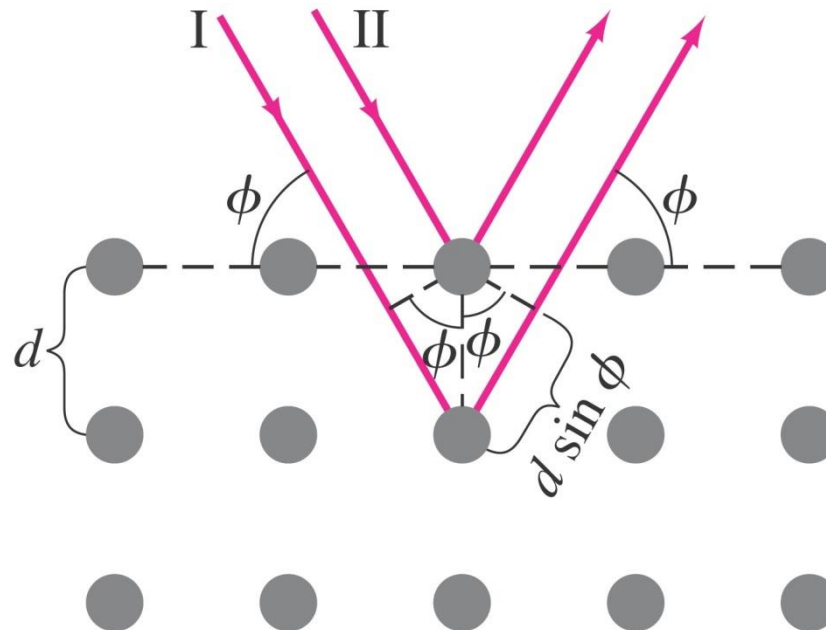
(b) The resolving power needed is

$$R = \frac{\lambda}{\Delta\lambda} = \frac{589 \text{ nm}}{0.59 \text{ nm}} = 1000.$$

From Eq. 35–19, the total number N of lines needed for the $m = 2$ order is $N = R/m = 1000/2 = 500$, so the grating need only be $500/7500 \text{ cm}^{-1} = 0.0667 \text{ cm}$ wide. A typical grating is a few centimeters wide, and so will easily resolve the two lines.

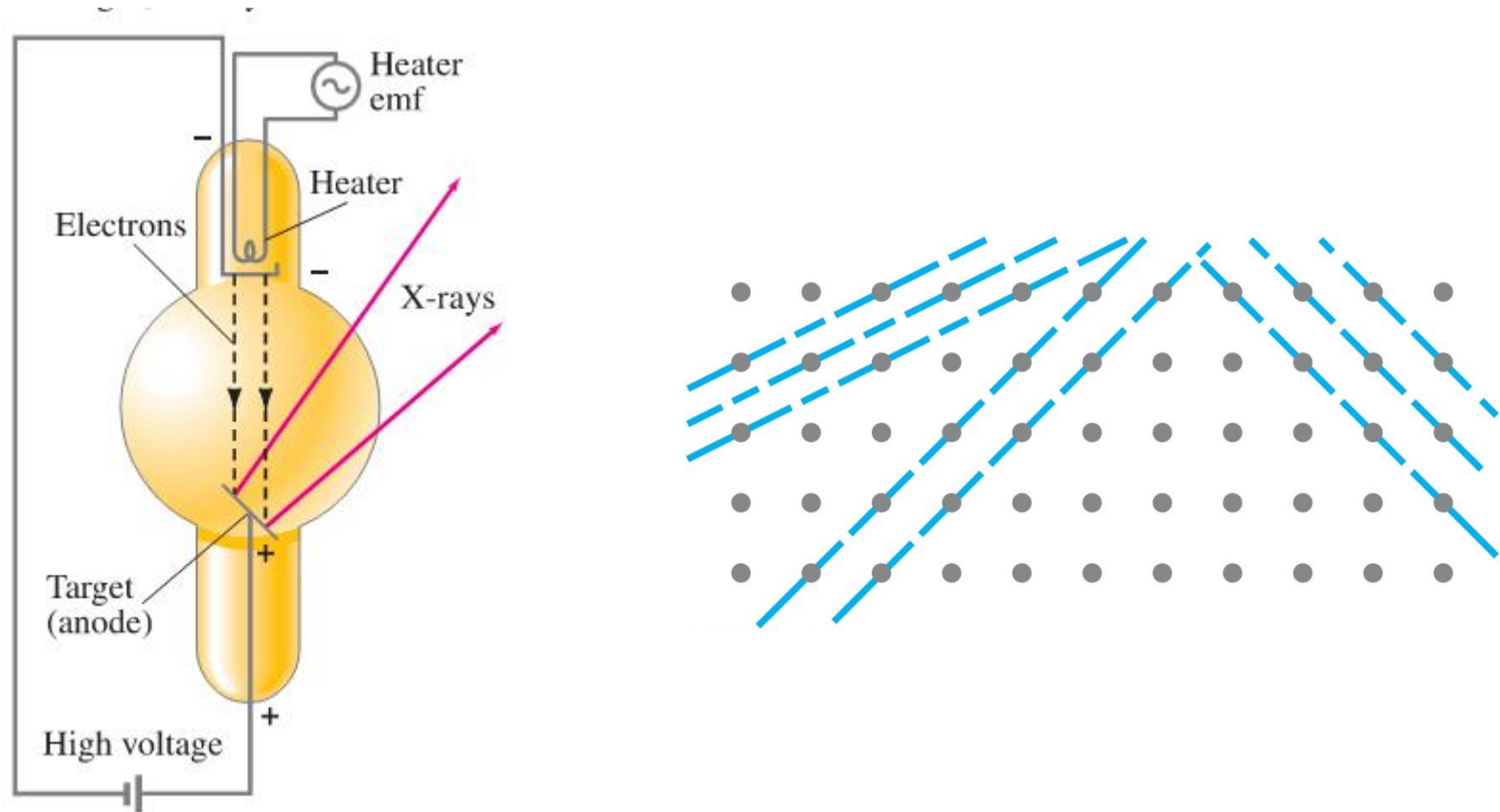
35-10 Ακτίνες-Χ και Περίθλαση Ακτίνων-Χ

Οι αποστάσεις μεταξύ ατόμων σε κρυσταλλικά πλέγματα είναι ιδανικές για την περίθλαση ακτίνων-Χ



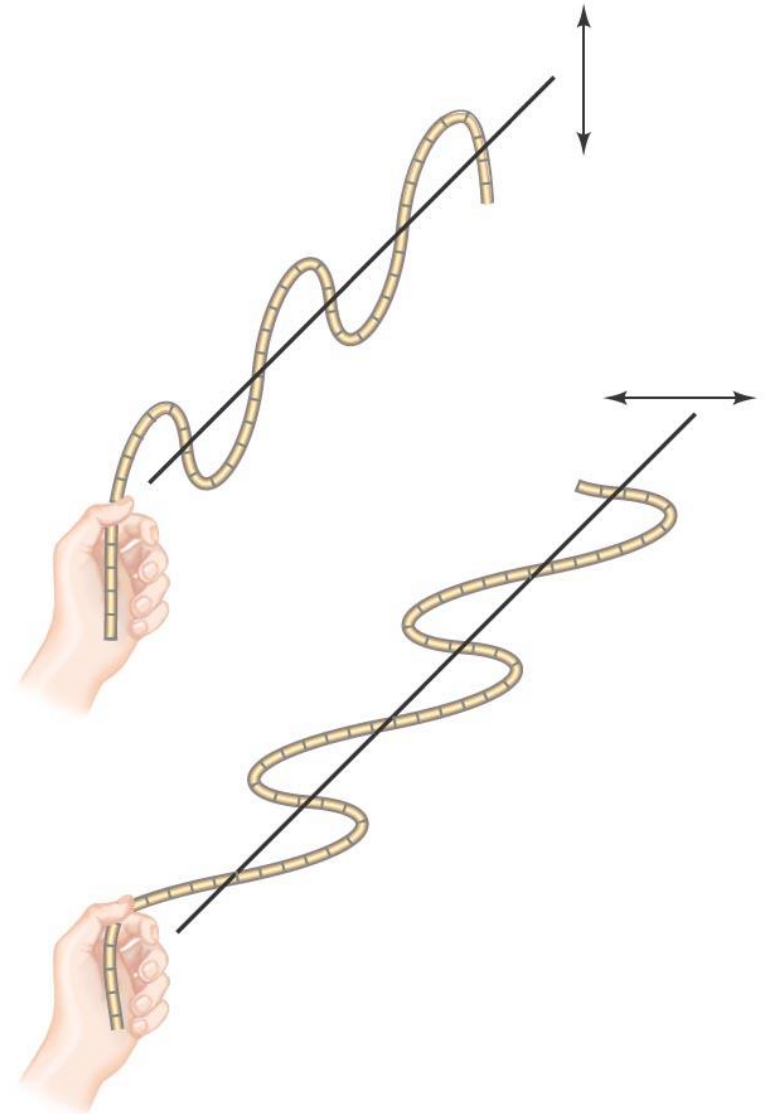
35-10 Ακτίνες-Χ και Περίθλαση Ακτίνων-Χ

Περίθλαση με ακτίνες-Χ είναι ίσως ο ουσιαστικότερος τρόπος ανάλυσης των κρυσταλλικών δομών όχι μόνο ανόργανων υλικών αλλά και βιολογικών μορίων.



35-11 Πόλωση

**Γραμμικά Πολωμένο
φως: όταν το επίπεδο
ταλάντωσης του
ηλεκτρικού πεδίου
παραμένει σταθερό σε
σχέση με την διεύθυνση
διάδοσης του φωτός.**



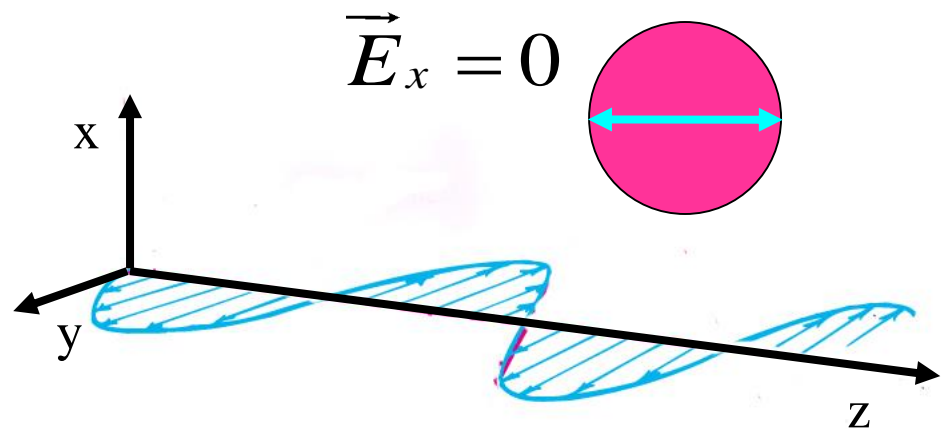
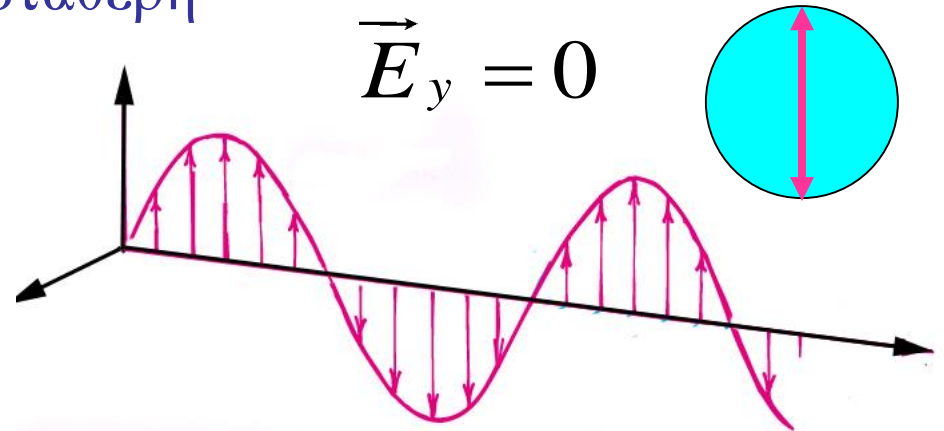
Πόλωση του Φωτός

Γραμμικά πολωμένο φως, όταν η διεύθυνση ταλάντωσης του ηλεκτρικού πεδίου παραμένει σταθερή

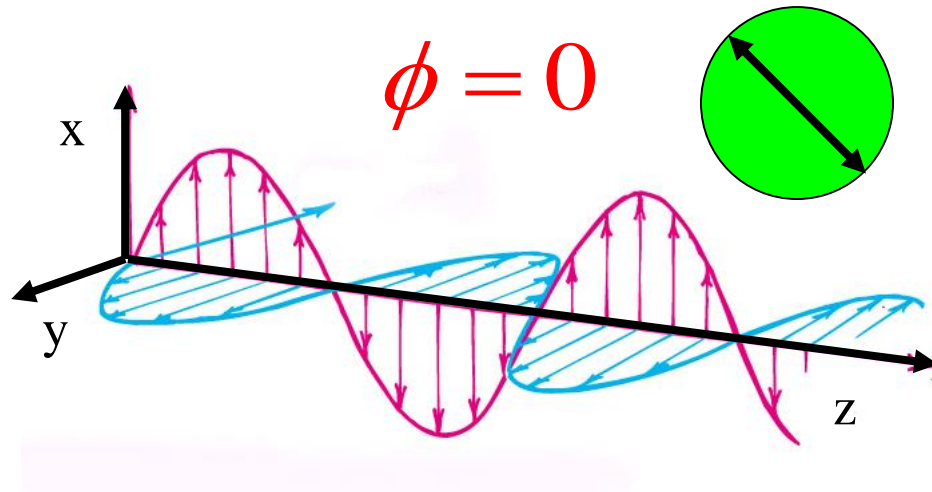
$$\vec{E} = \vec{E}_x + \vec{E}_y$$

$$\vec{E}_x = \hat{i}E_0 \sin\left[\frac{2\pi}{\lambda}(z - ct)\right]$$

$$\vec{E}_y = jE_0 \sin\left[\frac{2\pi}{\lambda}(z - ct + \phi)\right]$$

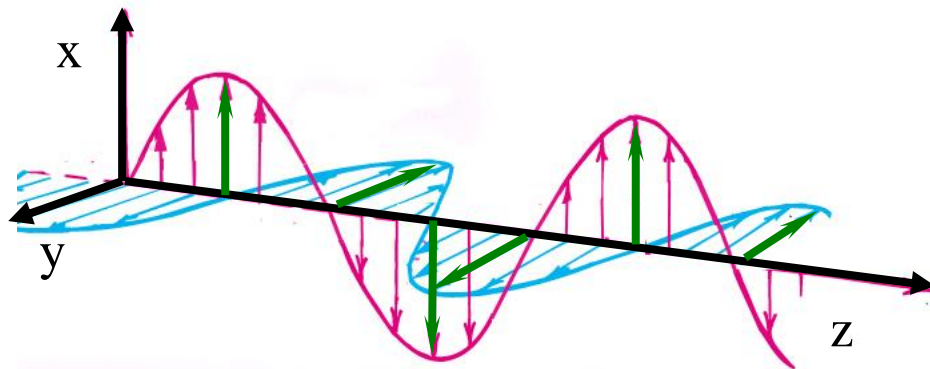


$$\vec{E} = E_0 \left\{ \hat{i} \sin \left[\frac{2\pi}{\lambda} (z - ct) \right] + j \sin \left[\frac{2\pi}{\lambda} (z - ct + 0) \right] \right\}$$

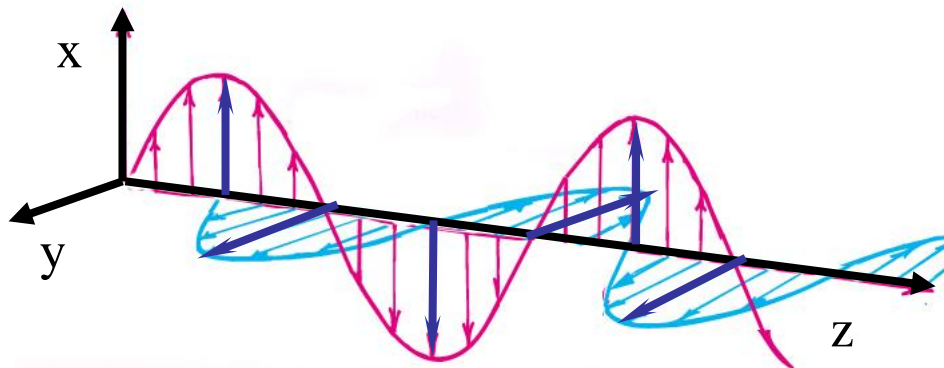
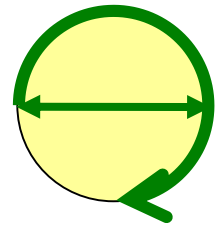


Κυκλικά πολωμένο φως, όταν η διεύθυνση ταλάντωσης του ηλεκτρικού πεδίου περιστρέφεται γύρω από τον άξονα διάδοσης

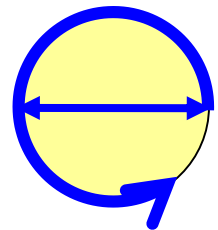
$$\vec{E} = E_0 \left\{ \hat{i} \sin \left[\frac{2\pi}{\lambda} (z - ct) \right] + j \sin \left[\frac{2\pi}{\lambda} \left(z - ct \pm \frac{\pi}{2} \right) \right] \right\}$$



$$\phi = +\frac{\pi}{2}$$



$$\phi = -\frac{\pi}{2}$$



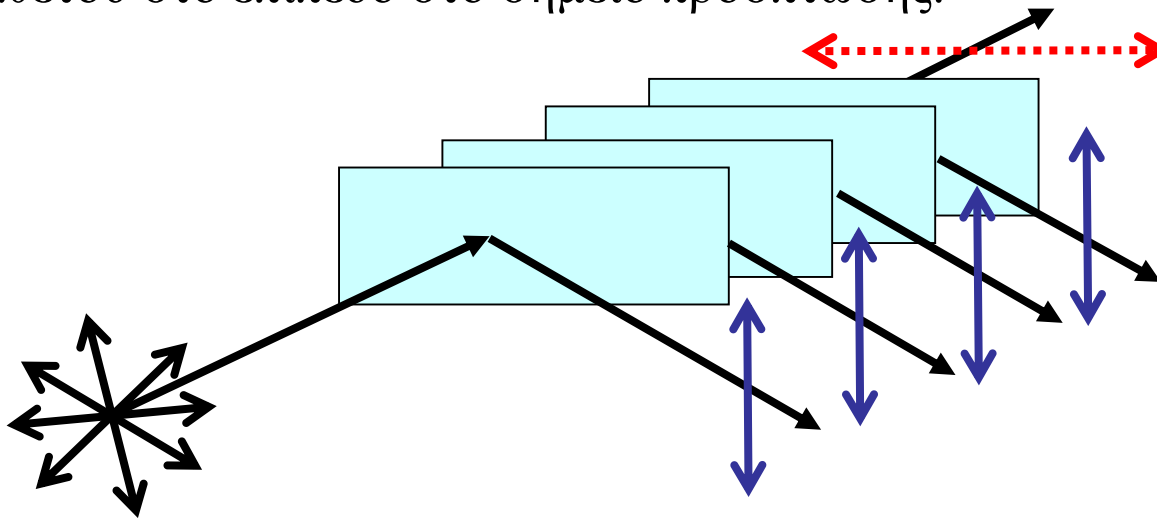
Πολωτές

Τρόποι παραγωγής γραμμικά πολωμένου φωτός

- Ανάκλαση
- Διχροϊκοί κρύσταλλοι
- Σκέδαση
- Διπλοθλαστικοί κρύσταλλοι

Ανάκλαση

- Η ανακλώμενη δέσμη είναι πολωμένη **ΚΑΘΕΤΑ** στο επίπεδο πρόσπτωσης.
- Το **επίπεδο πρόσπτωσης** ορίζεται από την διεύθυνση της αρχικής δέσμης και της καθέτου στο επίπεδο στο σημείο πρόσπτωσης.

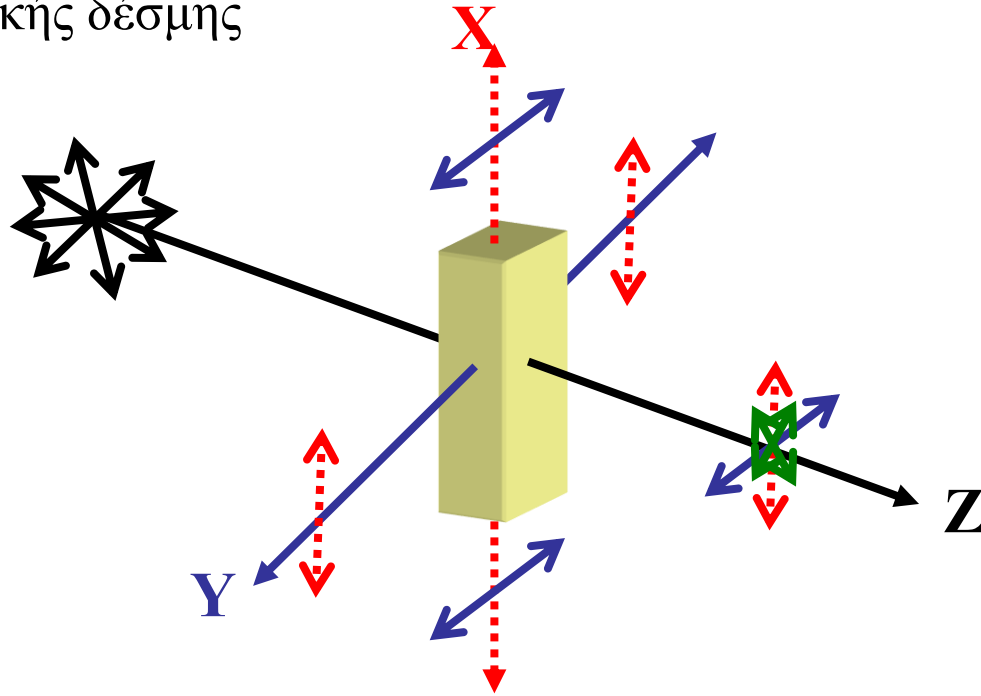


Για γωνίες πρόσπτωσης **Brewster** $\tan \theta_B = \frac{n_2}{n_0}$

Για αέρα/γυαλί
 $\theta_B \approx 56,3^\circ$

Σκέδαση

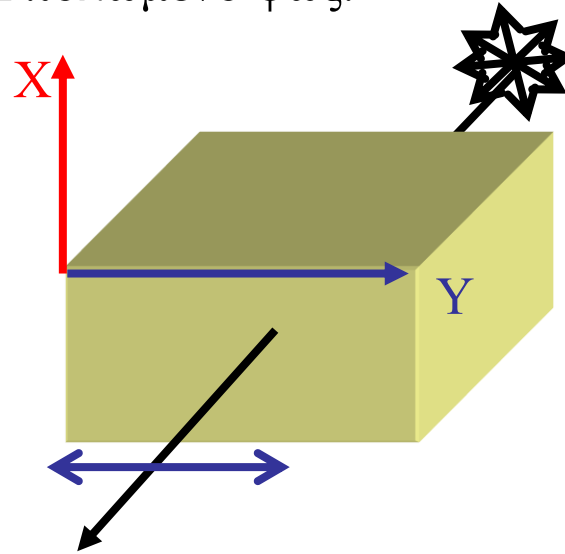
Το φως που **εκπέμπεται** από ένα δείγμα **ΚΑΘΕΤΑ** στην διεύθυνση διάδοσης της αρχικής δέσμης είναι γραμμικά πολωμένο με πόλωση **ΚΑΘΕΤΗ** στην διεύθυνση διάδοσης της αρχικής δέσμης



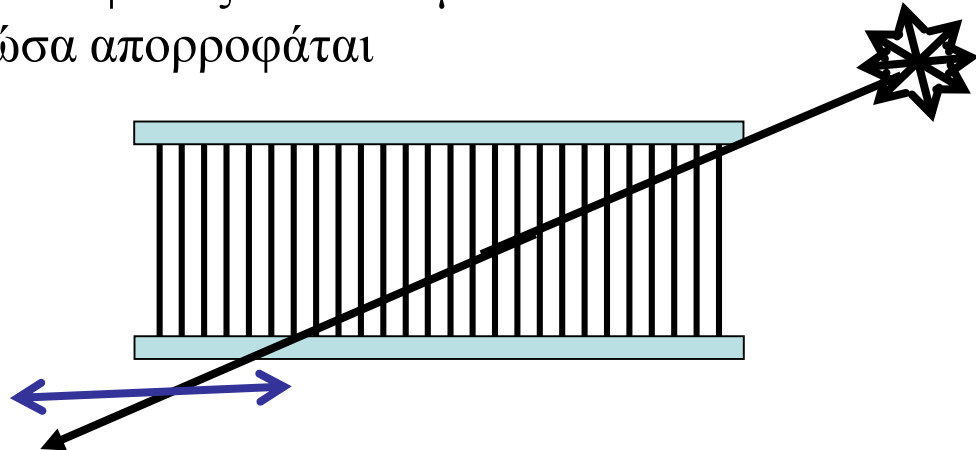
Γνωρίζουμε ότι για μονοφωτονικές μεταπτώσεις το ευθύ των ΜΑΠ γινόμενο αρχικής και τελικής κυματοσυνάρτησης πρέπει να περιέχει ΜΑΠ που να περιέχουν το X, Y, Z. Εάν η διάδοση του φωτός είναι ο Z, τότε μόνο μεταπτώσεις X, Y θα επιτρέπονται ($E_z=0$). Για εκπομπή κατά μήκος του **άξονα X**, $E_x=0$ και επομένως το φως είναι **Y-πολωμένο** και αντίστοιχα κατά μήκος του **άξονα Y**, $E_y=0$ και επομένως το φως είναι **X-πολωμένο** και αντίστοιχα

Διχροϊκοί Κρύσταλλοι

Κρύσταλλοι που απορροφούν φως συγκεκριμένης πόλωσης, δηλ, επιτρέπονται μεταπτώσεις μόνο με Y ή X πολωμένο φως.

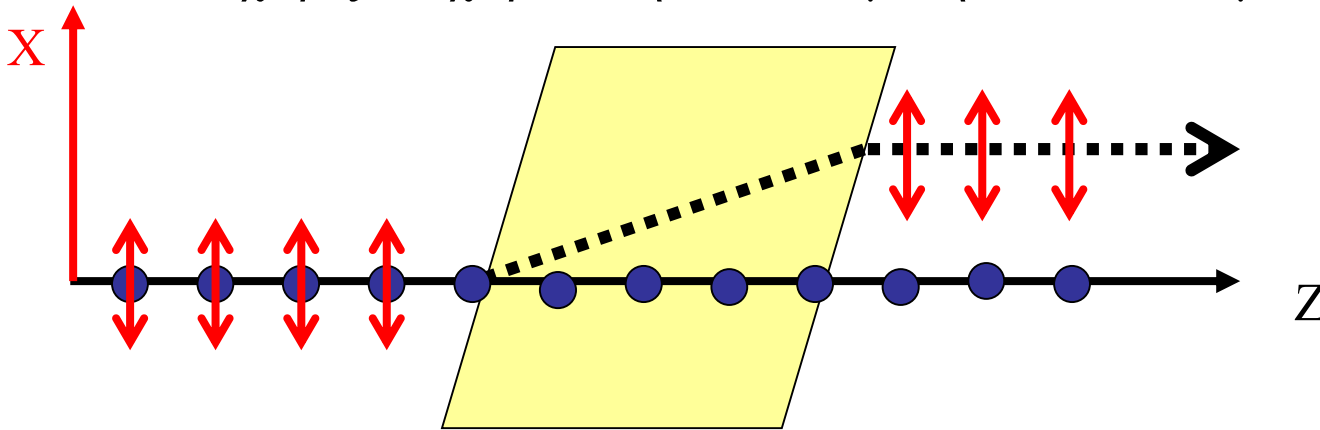


Ανάλογο με το εάν θεωρήσουμε ένα πλέγμα με κατακόρυφα **αγώγιμα** καλώδια χαλκού . Η πόλωση του φωτός που εκπέμπεται είναι **ΚΑΘΕΤΗ** στα καλώδια διότι η άλλη συνιστώσα απορροφάται



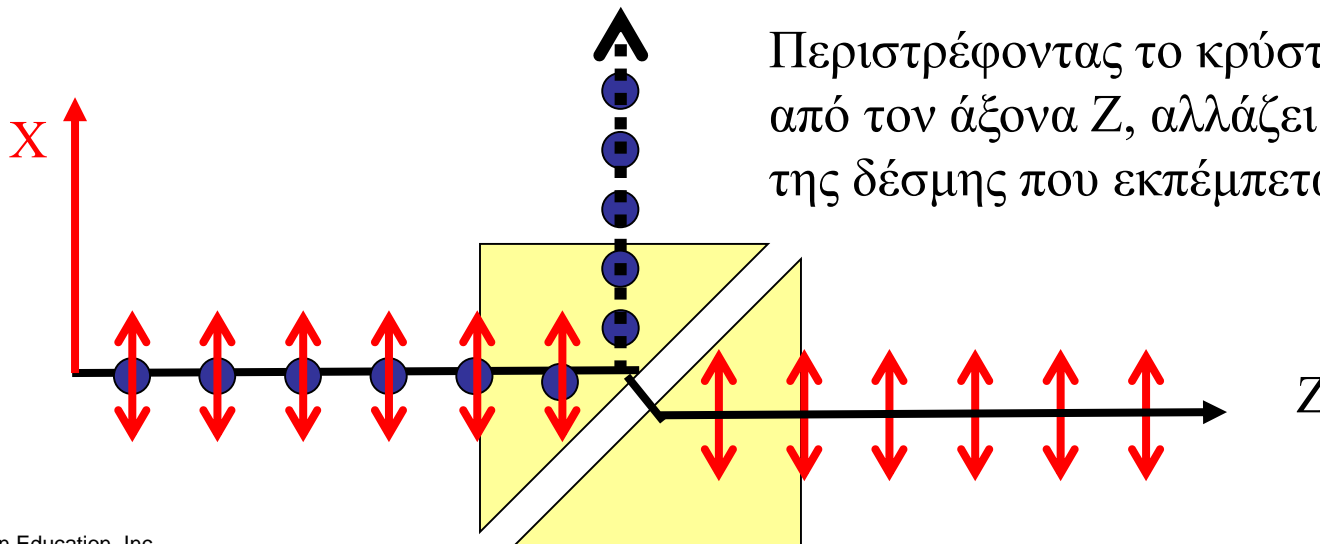
Διπλοθλαστικοί Κρύσταλλοι

Κρύσταλλοι που διαχωρίζουν χωρικά την Y πολωμένη και X-πολωμένη συνιστώσες.



Βλέπουμε ότι η **X-πολωμένη** συνιστώσα μετατοπίζεται από την αρχική διεύθυνση της δέσμης (**extraordinary**) ενώ η **Y-πολωμένη** συνιστώσα δεν μεταβάλλεται.

Πρίσματα Glan Laser

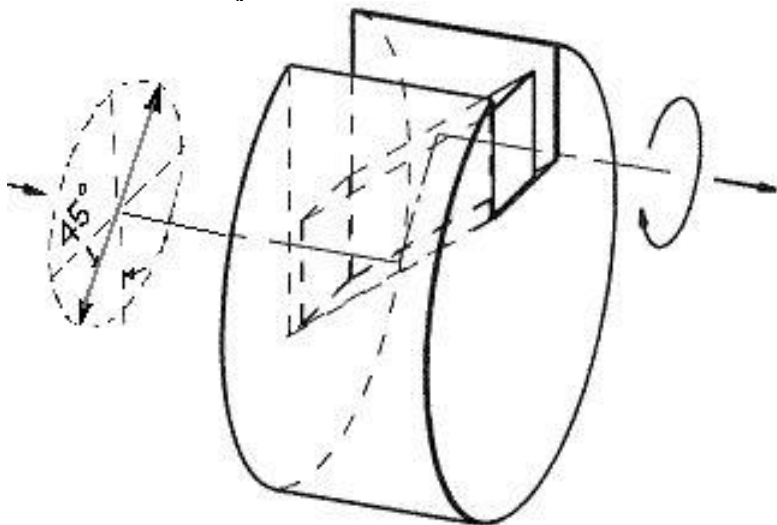
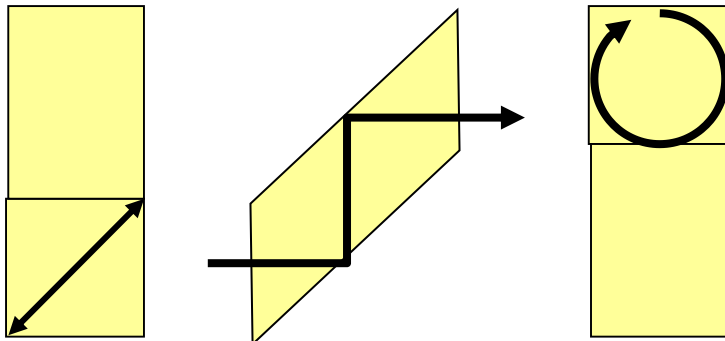


Περιστρέφοντας το κρύσταλλο γύρω από τον άξονα Z, αλλάζει και η πόλωση της δέσμης που εκπέμπεται.

Κυκλικά Πολωμένο Φως

Για να παραχθεί κυκλικά πολωμένο φως από γραμμικά πολωμένο, γνωρίζουμε ότι πρέπει οι δύο συνιστώσες (E_x ή E_y) του ηλεκτρικού πεδίου να έχουν διαφορά φάσεως $\pi/2$. Τούτο επιτυγχάνεται με τα λεγόμενα $\lambda/4$ waveplates.

$\lambda/4$



$\lambda/2$

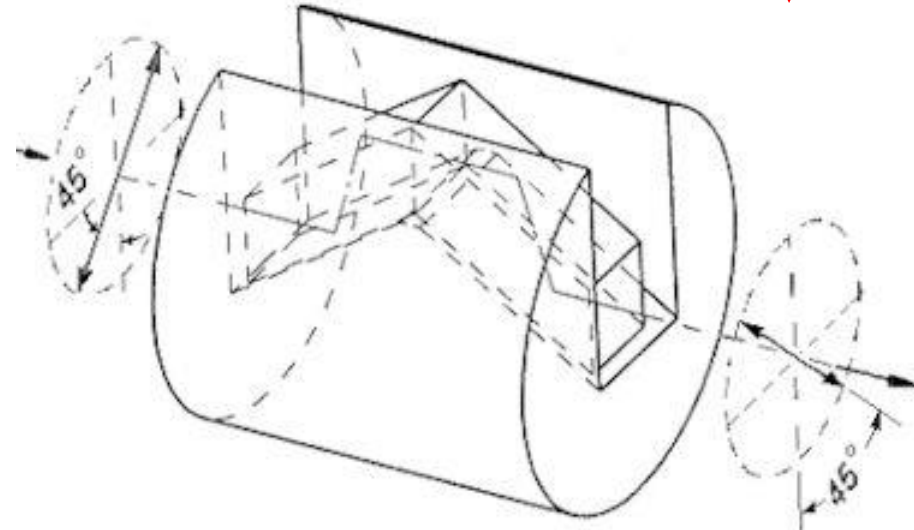
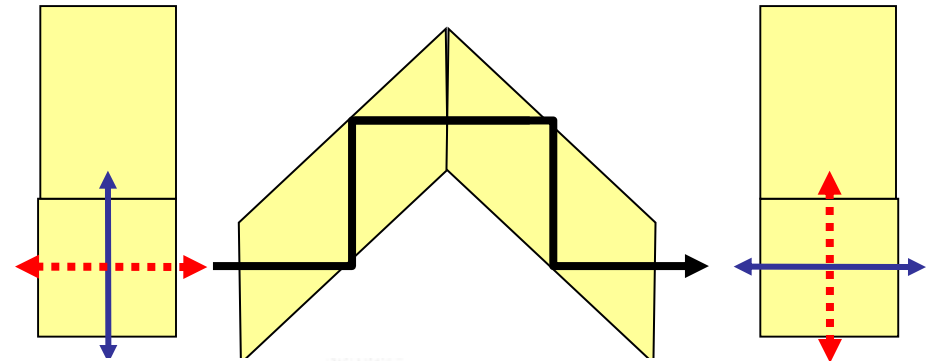
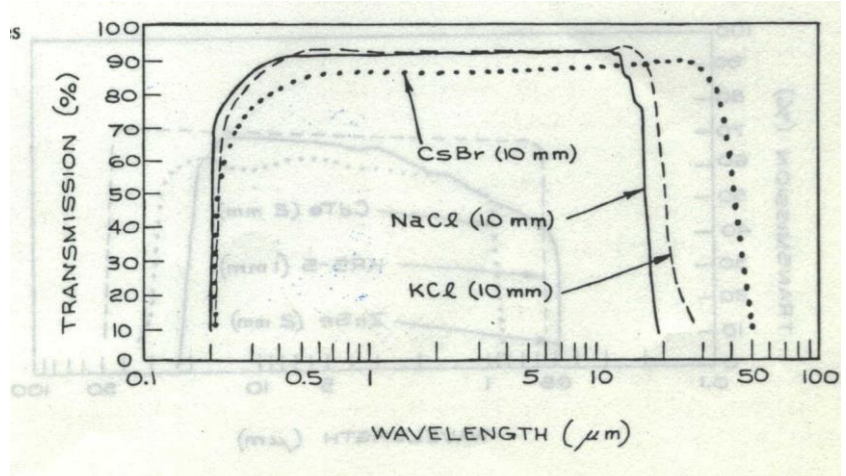
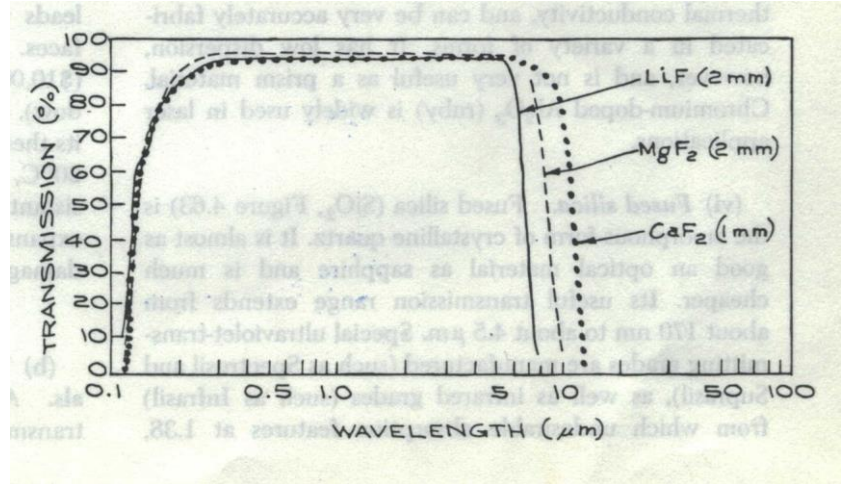
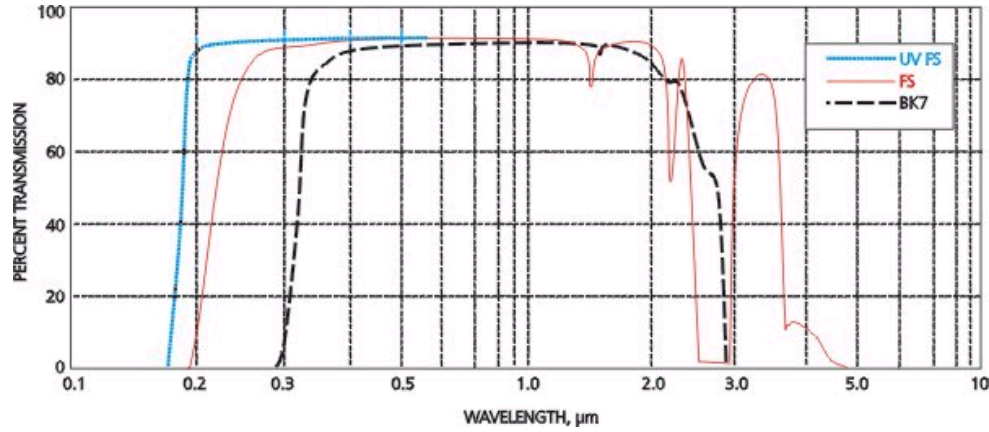
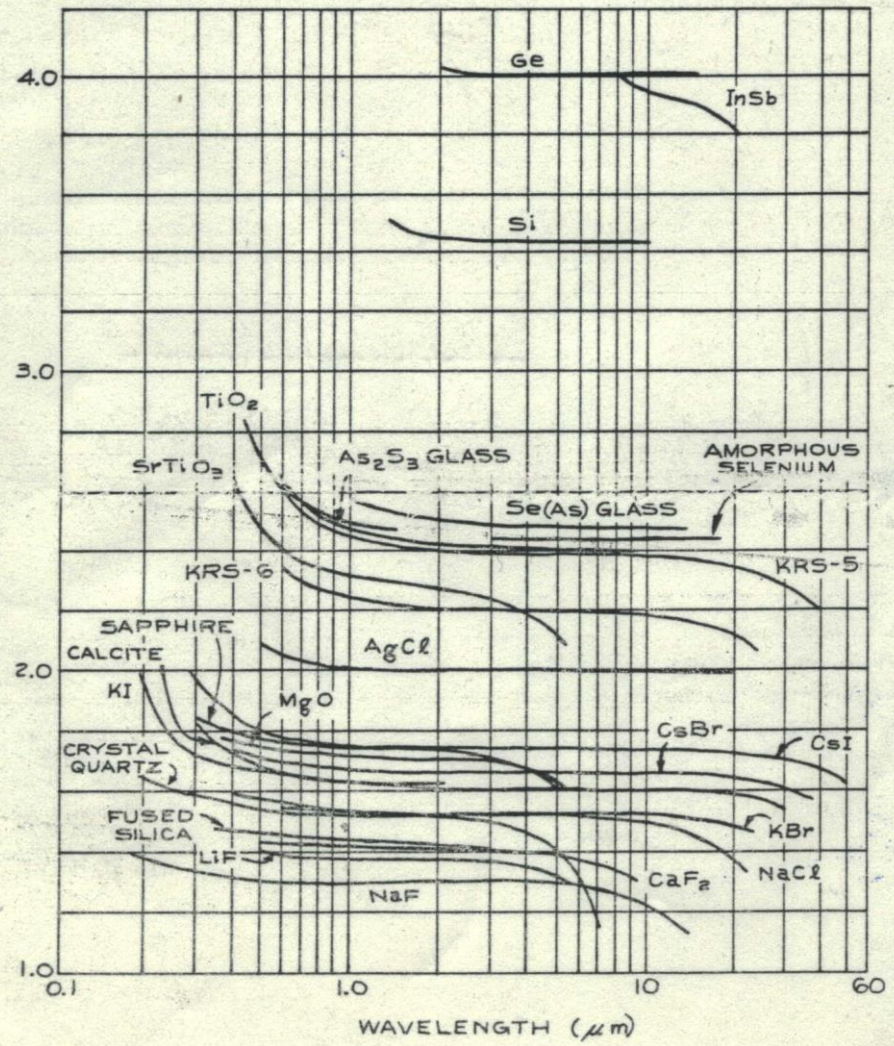


Table 4.3 CHAPECHEMISICS OF OPTICAL MATERIALS

Material	Useful Transmission Range ($\geq 10\%$ transmission)		Index of Refraction [wavelength (μm) in parentheses]		Knoop Hardness	Melting Point ($^{\circ}\text{C}$)
	in 2-mm Thickness					
LiF	0.104-7	1.60(0.125), 1.34(4.3)	100	870		
MgF ₂	0.1916-9.7	$n_o = 1.3777$, $n_e = 1.38950(0.589)^f$	415	1396		
CaF ₂	0.125-12	1.47635(0.29288), 1.30756(9.724)	158	1360		
BaF ₂	0.1345-15	1.51217(0.3652), 1.39636(10.346)	65	1280		
Sapphire (Al ₂ O ₃)	0.15-6.3	$n_o = 1.8336(0.26520)$, $n_e = 1.5864(3.577)^f$	1525-2000 ^c	2040 \pm 10		
Fused silica (SiO ₂)	0.165-4 ^d	n_o slightly less than n_e 1.54715(0.20254), 1.40601(3.5)	615	1600		
Pyrex 7740	0.3-2.7	1.474(0.589), $\approx 1.5(2.2)$	= 600	820 ^e		
Vycor 7913	0.26-2.7	1.458(0.589)	—	1900		
As ₂ S ₃	0.6-0.13	2.84(1.0), 2.4(8)	109	300		
RIR 2	= 0.4-4.7	1.75(2.2)	= 600	= 900		
RIR 20	= 0.4-5.5	1.82(2.2)	342	760		
NaF	0.13-12	1.383(0.185), 0.24(24)	60	980		
RIR 12	= 0.4-5.7	1.62(2.2)	594	= 900		
MgO	0.25-8.5	1.71(2.0)	692	2800		
Acrylic	0.340-1.6	1.5066(0.4101), 1.4899(0.6563)	—	Distorts at 72		
Silver chloride (AgCl)	0.4-32	2.134(0.43), 1.90149(20.5)	9.5	45		
Silver bromide (AgBr)	0.45-42	2.313(0.496), 2.2318(0.671)	≥ 9.5	432		
Kel-F	0.34-3.8	—	—	—		
Diamond (type IIA)	0.23-200+	2.7151(0.2265), 2.4237(0.5461)	5700-10,400 ^e	—		
NaCl	0.21-25 ^a	1.89332(0.185), 1.3403(22.3)	18	803		
KBr	0.205-25	1.55995(0.538), 1.46334(25.14)	7	730		
KCl	0.18-30	1.76373(0.19), 1.3632(23)	—	776		
CsCl	0.19- \approx 30	1.8226(0.226), 1.644(0.538)	—	646		
CsBr	0.21-50	1.75118(0.365), 2.5599(39.22)	19.5	636		
KI	0.25-40	2.0548(0.248), 1.6381(1.083)	5	723		
CaI	0.235-60	1.98704(0.297), 1.61925(53.12)	—	621		
SrTiO ₃	0.4-7.4	2.23(2.2), 2.19(4.3)	620	2080		
SrF ₂	0.13-14	1.438(0.538)	130	1450		
Rutile (TiO ₂)	0.4-7	$n_o = 2.5(1.0)$, $n_e = 2.7(1.0)^f$	880	1825		
Thallium bromide (TlBr)	0.45-45	2.652(0.436), 2.3(0.75)	12	460		
Thallium bromide (KRS-5)	0.56-60	2.62758(0.577), 2.21721(39.38)	40	414.5		
Thallium chlorobromide (KRS-6)	0.4-32	2.3367(0.589), 2.0752(24)	39	423.5		
ZnSe	0.5-22	2.40(10.6)	150	—		
Irtran 2 (ZnS)	0.6-15.6	2.26(2.2), 2.25(4.3)	351	800		
Si	1.1-15 ^a	3.42(5.0)	1150	1420		
Ce	1.85-30 ^a	4.025(4.0), 4.002(12.0)	692	936		
CaAs	1-15	3.5(1.0), 3.135(10.6)	750	1238		
CdTe	0.9-16	2.83(1.0), 2.67(10.6)	45	1045		
Te	3.8-8+	$n_o = 6.37(4.3)$, $n_e = 4.93(4.3)^f$	—	450		
CaCO ₃	0.25-3	$n_o = 1.90284(0.200)$, $n_e = 1.57796(0.198)^f$ $n_o = 1.62099(2.172)$, $n_e = 1.47392(3.324)$	—	894.4 ^b		



Συνεχής Πηγές Φωτός

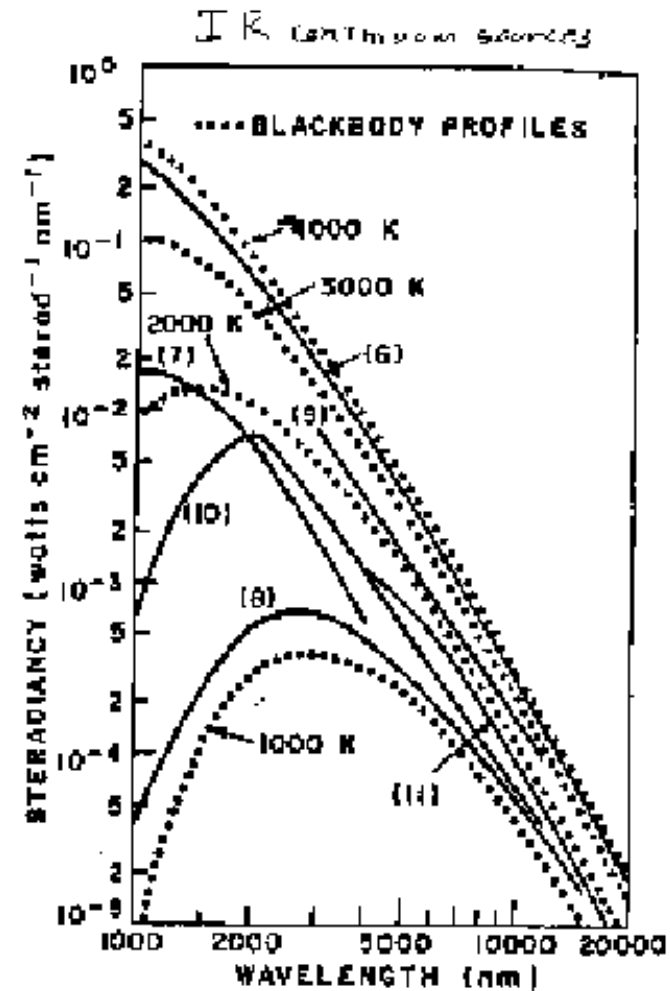
Μέλαν Σώμα

TABLE 4-2

Common continuum sources

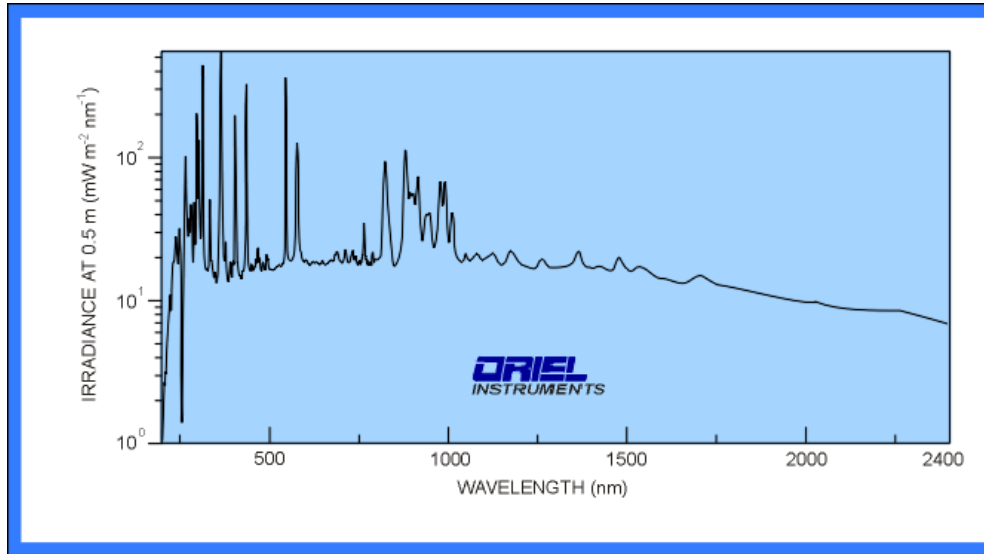
Type	Radiating material	Window or envelope material	Wavelength range	Approximate ^a spectral radiance ($\text{W cm}^{-2} \text{nm}^{-1} \text{sr}^{-1}$)
Nernst glower	Rod of zirconia, yttria, or thoria at 1200–2000 K	None	0.4–20 μm	10^{-4}
Globar	Rod of silicon carbide at 1300–1500 K	None	1–40 μm	10^{-4}
Tungsten	Tungsten filament at 2000–3000 K	Glass	320–2500 nm	10^{-2}
Quartz-iodine ($T \approx 3600$ K)	Tungsten filament	Quartz	200–3000 nm	5×10^{-3}
Hydrogen or deuterium	Arc discharge in a few torr of H_2 or D_2	Quartz	180–370 nm	5×10^{-3}
Xenon arc	Arc discharge in >10 atm Xe	Quartz	200–1000 nm	10^{-1}

^aValues are rough approximations at specific wavelengths: for Nernst glower and globar, $\lambda = 10 \mu\text{m}$; for tungsten, $\lambda = 500 \text{ nm}$; for quartz-iodine with iodine scavenger, $\lambda = 400 \text{ nm}$; for H_2 , $\lambda = 250 \text{ nm}$; for Xe arc, $\lambda = 500 \text{ nm}$ (75-W lamp).

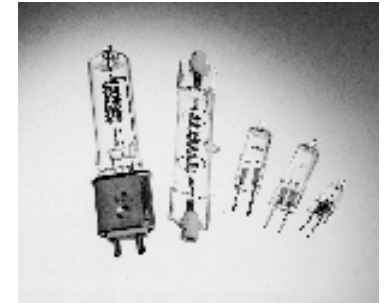
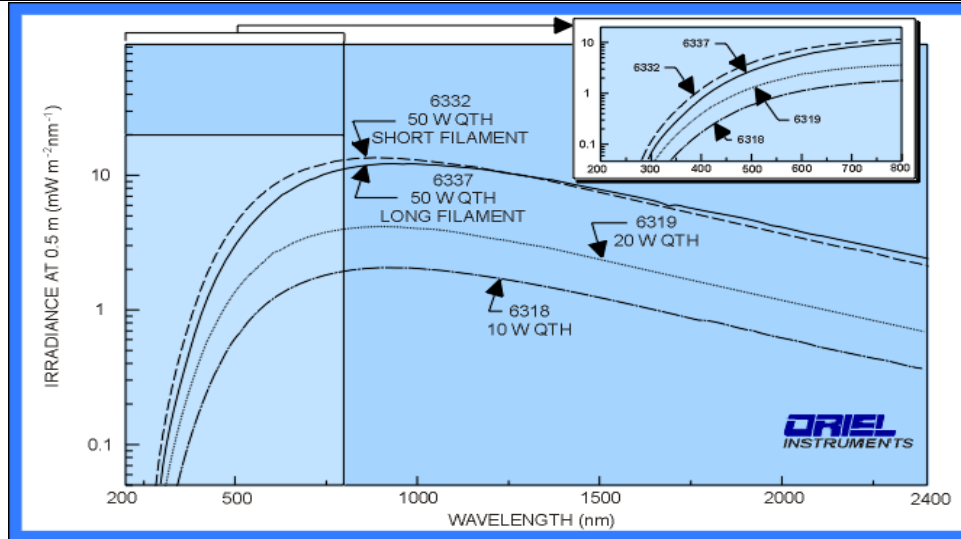


Λαμπτήρες αερίων

Λαμπτήρες
Τόξου



Λαμπτήρες
W-Αλογόνου



<http://www.oriel.com/netcat/VolumeIII/Descrippage/lamps.htm>