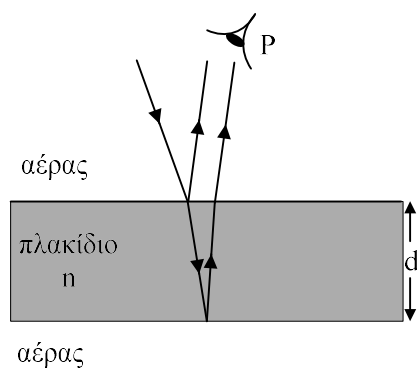


ΣΥΜΒΟΛΗ ΣΕ ΛΕΙΠΑ ΥΜΕΝΙΑ

Συγγραφή – Επιμέλεια: Παναγιώτης Φ. Μοίρας



Η ανάκλαση του φωτός από μια σαπουνόφουσκα ή από ένα λεπτό στρώμα λαδιού που επιπλέει σε νερό και η δημιουργία χρωματιστών λωρίδων είναι αποτέλεσμα φαινομένων συμβολής. Δηλαδή φωτεινά κύματα ανακλώνται από τις απέναντι επιφάνειες των λεπτών υμενίων, ενώ συμβαίνει ενισχυτική συμβολή μεταξύ των ανακλώμενων κυμάτων σε διάφορα σημεία για διαφορετικά μήκη κύματος.



Σχήμα 1

φωτός στην πάνω επιφάνεια του πλακιδίου η γεωμετρική διαφορά δρόμου των δυο ακτινών στο P είναι $2d$.

Σημειώνεται ότι όταν το φως διαδίδεται σε ένα μέσο δείκτη διάθλασης n_1 και ανακλάται από ένα μέσο με δείκτη διάθλασης n_2 τότε αυτό υφίσταται μια μετατόπιση φάσης 180° (π rad) αν $n_2 > n_1$, ενώ δεν υφίσταται καμία μετατόπιση φάσης αν $n_1 > n_2$. Επίσης όταν φως μήκους κύματος λ διαδίδεται σε ένα μέσο δείκτη διάθλασης n , τότε το μήκος κύματός του γίνεται:

$$\lambda_n = \frac{v}{\nu} = \frac{c}{n\nu} \Rightarrow \lambda_n = \frac{\lambda}{n}$$

Επομένως σύμφωνα με τα παραπάνω το ανακλώμενο κύμα στην κάτω επιφάνεια του πλακιδίου δεν υφίσταται μετατόπιση φάσης λόγω ανάκλασης, αλλά λόγω της διαφοράς δρόμου $2d$ (που διανύει επιπλέον σε σχέση με το ανακλώμενο κύμα της πάνω επιφάνειας) προκαλείται μια μετατόπιση φάσεως:

$$2\pi \left(\frac{2d}{\lambda_n} \right) = \frac{4n\pi d}{\lambda} \text{ rad} \quad (1)$$

Άρα επειδή το ανακλώμενο κύμα στην πάνω επιφάνεια έχει υποστεί λόγω ανάκλασης μετατόπιση φάσης 180° , αν η μετατόπιση φάσης του ανακλώμενου κύματος από την κάτω επιφάνεια (4-8) είναι ακέραιο πολλαπλάσιο του π rad τότε τα δυο ανακλώμενα κύματα θα συμβάλλουν ενισχυτικά και θα παρατηρείται έντονο φως. Δηλαδή η **συνθήκη ενισχυτικής συμβολής** είναι:

$$\frac{4n\pi d}{\lambda} = m\pi \Rightarrow 2nd = \frac{m}{2}\lambda \quad \text{ή} \quad \boxed{2nd = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda} \quad m=0,1,2,\dots \quad (2)$$

Αντίστοιχα αν η μετατόπιση φάσης (4-8) είναι ακέραιο πολλαπλάσιο του 2π rad τότε τα κύματα θα συμβάλουν αναιρετικά και θα αλληλοανααιρούνται. Δηλαδή η **συνθήκη αναιρετικής συμβολής** είναι :

$$\frac{4n\pi d}{\lambda} = m2\pi \Rightarrow \boxed{2nd = m\lambda} \quad m=0,1,2,\dots \quad (3)$$

Στη γενικότερη περίπτωση όπου το φως προσπίπτει υπό γωνία θ_i στην πάνω πλευρά της λεπτής μεμβράνης ισχύουν οι σχέσεις (22.17) & (22.18) του Alonso-Finn:

Συνθήκη ενισχυτικής συμβολής: $\boxed{2dn \cos \theta_r = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda}$

$m=0,1,2,\dots$

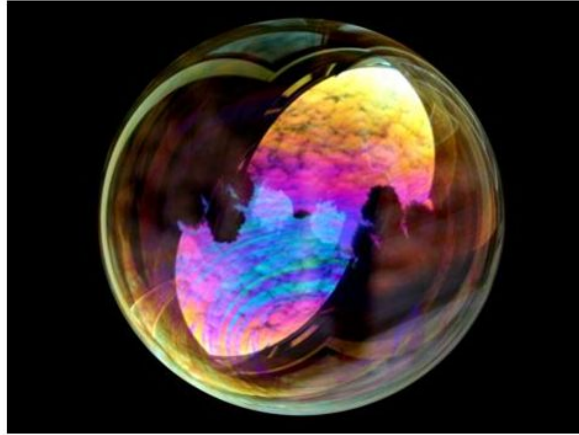
Συνθήκη αναιρετικής συμβολής: $\boxed{2dn \cos \theta_r = m\lambda}$

όπου θ_r γωνία διάθλασης που προσδιορίζεται από το νόμο του Snell.

Λεπτά Υμένια, χρώματα από συμβολή



"Dieselrainbow" από Alfonso™~commonswiki διαθέσιμο με άδεια CC BY-SA 2.5



"Soap bubble sky" από Mbz1 διαθέσιμο με άδεια CC BY-SA 3.0

19



Εκτός από τα όμορφα σχέδια που σχηματίζουν οι έγχρωμοι κροσσοί που δημιουργούνται από την ανάκλαση του φωτός σε λεπτά υμένια, τα υμένια αυτά βρίσκουν πολλές εφαρμογές σε διάφορα οπτικά συστήματα. Λεπτές επιστρώσεις σε φακούς μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη μείωση ενοχλητικών ανακλάσεων σε οπτικά συστήματα, όπως σύνθετοι φακοί με πολλές οπτικές επιφάνειες που χρησιμοποιούνται συνήθως ως φακοί για φωτογραφικές μηχανές και μικροσκόπια.

ΑΣΚΗΣΗ

Λεπτή μεμβράνη πάχους $0,40\mu\text{m}$ φωτίζεται από λευκό φως κάθετο στην επιφάνειά της. Ο δείκτης διάθλασης της μεμβράνης είναι $1,50$. Ποια μήκη κύματος από το φάσμα του ορατού φωτός ($390\text{nm}-780\text{nm}$) θα είναι ενισχυμένα στην ανακλώμενη δέσμη;

Λύση

Από τη συνθήκη ενισχυτικής συμβολής από ανάκλαση (2) προκύπτει:

$$2nd = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda \Rightarrow \lambda = \frac{2nd}{m + 1/2} = \frac{2 \cdot 1,5 \cdot 400\text{nm}}{m + 1/2} \Rightarrow \lambda = \frac{1200\text{nm}}{m + 1/2}$$

Άρα:

Για $m=0$:	$\lambda = 2400\text{nm}$
Για $m=1$:	$\lambda = 800\text{nm}$
Για $m=2$:	$\lambda = 480\text{ nm}$
Για $m=3$:	$\lambda = 343\text{nm}$

Δηλαδή μόνο το μήκος κύματος $\lambda = 480\text{nm}$ του ορατού φωτός, που αντιστοιχεί στο μπλε χρώμα, θα παρατηρείται ενισχυμένο μετά την ανάκλαση του λευκού φωτός στη μεμβράνη.



Άσκηση 1

Θεωρείστε μια λεπτή μεμβράνη από σαπούνι (δείκτης διάθλασης 1.34) πάχους 550.0nm.

A) Βρείτε τα μήκη κύματος της ακτινοβολίας τα οποία δεν ανακλώνται όταν η μεμβράνη φωτίζεται κάθετα με το φως του ηλίου από τη μια πλευρά.

B) Ένας φοιτητής κοιτάει τον ήλιο μέσα από τη λεπτή μεμβράνη του ερωτήματος (A) ποια μήκη κύματος δεν θα βλέπει (σε σχέση με τα μήκη κύματος που θα έβλεπε αν δεν υπήρχε η μεμβράνη);

(Απ.: A) $\lambda=737\text{nm}, 491\text{nm}$ B) $\lambda=589,6\text{nm}, 421,1\text{nm}$)

Άσκηση 2

Λευκό φως προσπίπτει σε μία κηλίδα λαδιού που επιπλέει σε νερό. Κοιτάζοντας κάθετα από πάνω την λεπτή μεμβράνη του λαδιού παρατηρούμε ότι το ανακλώμενο φως έχει κόκκινο χρώμα (μήκος κύματος 636 nm). Ποιο είναι το ελάχιστο δυνατό πάχος της μεμβράνης;

(ο δείκτης διάθλασης του λαδιού και του νερού είναι αντίστοιχα, 1.5 και 1.33)

(Απ.: $d_{\min}=106\text{nm}$)

Άσκηση 3

Ένα λεπτό υμένιο από σαπούνι έχει πάχος 400nm και δείκτη διάθλασης 1.3. Ορατό φως πέφτει κάθετα στο υμένιο, το οποίο περιβάλλεται από αέρα. Ποια μήκη κύματος ανακλώνται έντονα από το υμένιο;

(Απ.: $\lambda=693,3\text{nm}, 416\text{nm}$)

