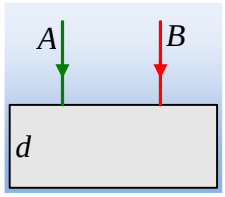
Δυο ακτίνες διασχίζουν ένα πλακίδιο.

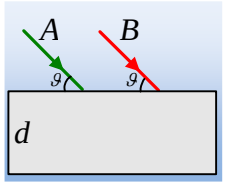
Κάθετα σε ένα πλακίδιο πάχους d, προσπίπτουν δύο ακτίνες A και B. Οι δείκτες διάθλασης του πλακιδίου για τις ακτίνες A και B είναι n_A=1,5 και n_B=1,2, ενώ το μήκος κύματος της A στο κενό είναι λ_0=500nm.



i) Να βρεθεί η ενέργεια ενός φωτονίου της ακτινοβολίας A.

ii) Αν η ισχύς της ακτινοβολίας A είναι P=0,4W, πόσα φωτόνια προσπίπτουν στο πλακίδιο σε ένα δευτερόλεπτο;

iii) Αν η χρονική διαφορά εξόδου των δύο ακτίνων από το πλακίδιο είναι $\Delta t=2\cdot 10^{-11}$s να βρεθεί το πάχος του d.



iv) Αν οι δυο παραπάνω ακτίνες πέσουν στο πλακίδιο, σχηματίζοντας γωνία θ με την πάνω πλευρά του, να σχεδιάστε στο σχήμα την πορεία καθεμιάς, μέσα στο πλακίδιο. Στο σχήμα να σημειώσετε τις γωνίες πρόσπτωσης και διάθλασης και να τις συγκρίνετε.

Δίνονται η ταχύτητα του φωτός στο κενό $c_0=3\cdot 10^8$m/s και η σταθερά του Planck $h=6{,}63\cdot 10^{-34}$J·s $\approx \frac{2}{3}10^{-35}\,Js$.

Απάντηση:

i) Από την θεμελιώδη εξίσωση της κυματικής, για την ακτίνα A βρίσκουμε:

$$c_0=\lambda_0 f \rightarrow f=\frac{c_0}{\lambda_0}=\frac{3\cdot 10^8}{500\cdot 10^{-9}}Hz=6\cdot 10^{14}Hz$$

Οπότε η ενέργεια του φωτονίου είναι:

$$E_1=h\cdot f=\frac{2}{3}\cdot 10^{-35}\cdot 6\cdot 10^{14}J=4\cdot 10^{-21}J$$

ii) Η ισχύς της ακτινοβολίας είναι ίση $P=\frac{\Delta W}{\Delta t}=\frac{NE_1}{\Delta t}$ όπου N ο αριθμός των φωτονίων που προσπίπτουν στην επιφάνεια σε χρόνο Δt. Έτσι σε χρονικό διάστημα 1s έχουμε:

$$N=\frac{P\cdot\Delta t}{E_1}=\frac{0{,}4\cdot 1}{4\cdot 10^{-21}}=10^{20}$$ φωτόνια.

iii) Για τις ταχύτητες των δύο ακτινοβολιών στο πλακίδιο έχουμε:

$$n_1=\frac{c_0}{c_1}\rightarrow c_1=\frac{c_0}{n_1}=\frac{3\cdot 10^8}{1{,}5}m/s=2\cdot 10^8 m/s$$

$$n_2=\frac{c_0}{c_2}\rightarrow c_2=\frac{c_0}{n_2}=\frac{3\cdot 10^8}{1{,}2}m/s=2{,}5\cdot 10^8 m/s$$

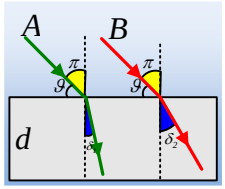
Αλλά αν d το πάχος του πλακιδίου, έχουμε:

$$d = c_1 t_1 \rightarrow t_1 = \frac{d}{c_1} \text{ και } d = c_2 t_2 \rightarrow t_2 = \frac{d}{c_2}$$

Όπου αφού $c_1 < c_2$ θα έχουμε $t_1 > t_2$, οπότε:

$$\Delta t = t_1 - t_2 = \frac{d}{c_1} - \frac{d}{c_2} = d\left(\frac{1}{c_1} - \frac{1}{c_2}\right) \rightarrow$$

$$d = \frac{\Delta t}{\frac{1}{c_1} - \frac{1}{c_2}} = \Delta t \frac{c_1 c_2}{c_2 - c_1} = 2 \cdot 10^{-11} s \frac{2 \cdot 10^8 \cdot 2{,}5 \cdot 10^8}{2{,}5 \cdot 10^8 - 2 \cdot 10^8} m/s = 2 \cdot 10^{-2} m$$



iv) Στο διπλανό σχήμα έχουν σχεδιαστεί οι διαθλώμενες ακτίνες, όπου αφού η Α έχει μεγαλύτερο δείκτη διάθλασης θα υποστεί μεγαλύτερη εκτροπή πλησιάζοντας περισσότερο την κάθετη. Αλλά τότε αν δ_1 και δ_2 οι δυο γωνίες διάθλασης, θα έχουμε $\delta_1 < \delta_2$. Εξάλλου αφού οι δυο ακτίνες σχηματίζουν την ίδια γωνία θ με την επιφάνεια θα εμφανίζουν και την ίδια γωνία πρόσπτωσης π (γωνία με την κάθετη στην επιφάνεια, στο σημείο πρόσπτωσης). Έτσι για τη σχέση μεταξύ των παραπάνω γωνιών θα ισχύει:

$$\delta_1 < \delta_2 < \pi_A = \pi_B = \pi$$

dmargaris@gmail.com