

### ΗΜΚ- οπτική. Ερωτήσεις με δικαιολόγηση.

#### 1) Ηλεκτρομαγνητικό κύμα

Οι παρακάτω εξισώσεις περιγράφουν ένα μεταβαλλόμενο ηλεκτρικό και ένα μεταβαλλόμενο μαγνητικό πεδίο αντίστοιχα

$$E = 3 \cdot 10^2 \eta \mu 2\pi(8 \cdot 10^{11}t - 4 \cdot 10^3x) \text{ (S.I.)}$$

$$B = 10^{-6} \eta \mu 2\pi(8 \cdot 10^{11}t - 4 \cdot 10^3x) \text{ (S.I.)}$$

Οι εξισώσεις αυτές

α. μπορεί να περιγράψουν ένα ηλεκτρομαγνητικό (Η/Μ) κύμα που διαδίδεται στο κενό.

β. μπορεί να περιγράψουν ένα Η/Μ κύμα που διαδίδεται σε ένα υλικό.

γ. δεν μπορεί να περιγράψουν ένα Η/Μ κύμα.

Δίνεται η ταχύτητα του φωτός στο κενό  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ .

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση

Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας .

*Εξετάσεις ομογενών 2010*

**Απάντηση:**

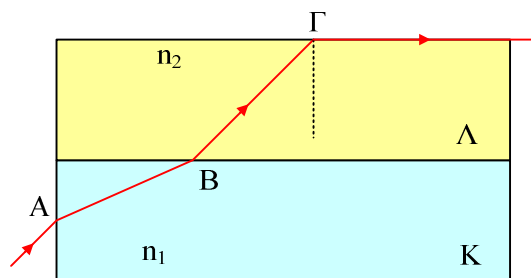
Παίρνουμε το λόγο  $\frac{E}{B} = \frac{3 \cdot 10^2}{10^{-6}} = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ , οπότε οι εξισώσεις μπορούν να περιγράψουν ΗΜΚ που διαδίδεται στο κενό.

Εξάλλου  $f = 8 \cdot 10^{11}$  και  $1/\lambda = 4 \cdot 10^3 \rightarrow \lambda = 1/4 \cdot 10^{-3} \text{ m}$

Οπότε  $\lambda \cdot f = 1/4 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot 8 \cdot 10^{11} = 2 \cdot 10^8 \text{ m/s} \neq 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

Συμπέρασμα; Οι παραπάνω εξισώσεις δεν μπορούν να περιγράψουν ΗΜΚ.

#### 2) Δείκτες διάθλασης και κρίσιμη γωνία.



Στο σχήμα φαίνεται η πορεία μιας ακτίνας η οποία διαδίδεται στα ελαστικά μέσα Κ και Λ.

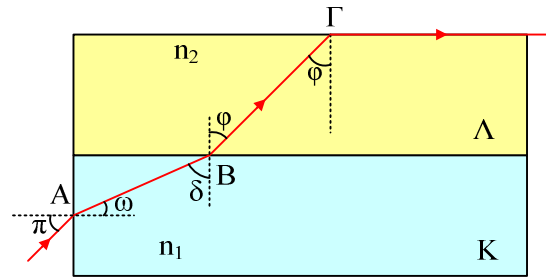
i) Δείξτε πάνω στο σχήμα τις γωνίες πρόσπτωσης και διάθλασης στα σημεία Α και Β.

ii) Για τους δείκτες διάθλασης των δύο υλικών ισχύει:

$$\alpha) n_1 = n_2 \quad \beta) n_1 > n_2 \quad \gamma) n_1 < n_2$$

iii) Αν αφαιρέσουμε την πλάκα Λ, να χαράξετε την πορεία της ακτίνας, μετά το σημείο Β.

**Απάντηση:**



i) Στο σημείο A,  $\pi$  είναι η γωνία πρόσπτωσης και  $\omega$  η αντίστοιχη γωνία διάθλασης. Οι αντίστοιχες γωνίες στο σημείο B είναι οι  $\delta$  και  $\varphi$ .

ii) Παίρνοντας τον νόμο του Snell για το σημείο B έχουμε:

$$n_1 \cdot \eta \mu \delta = n_2 \cdot \eta \mu \varphi \quad (1)$$

Αλλά με βάση το σχήμα:

$$\delta > \varphi \rightarrow$$

$$\eta \mu \delta > \eta \mu \varphi \text{ άρα}$$

$$n_1 < n_2$$

iii) Στο σημείο Γ η ακτίνα εξέρχεται παράλληλα προς την επιφάνεια, συνεπώς η γωνία  $\varphi$  είναι ίση με την κρίσιμη γωνία για τη διάθλαση της ακτίνας από το μέσον Λ προς τον αέρα.

Άρα

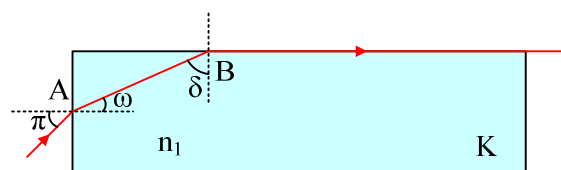
$$n_2 \cdot \eta \mu \varphi = n_{\text{αερ}} \cdot \eta \mu 90^\circ \rightarrow$$

$$n_2 \cdot \eta \mu \varphi = 1 \quad (2)$$

Οπότε σύμφωνα με την (1) θα έχουμε και:

$$n_1 \cdot \eta \mu \delta = 1$$

δηλαδή και η γωνία  $\delta$  είναι ίση με την κρίσιμη γωνία για τη διάθλαση από την πλάκα K προς τον αέρα, συνεπώς το ζητούμενο σχήμα είναι το παρακάτω.



### 3) Διάθλαση και νόμος του Snell.

Δίνεται η πορεία μιας μονοχρωματικής ακτίνας, καθώς διέρχεται από ένα ορθογώνιο πρίσμα όπου  $\varphi = 60^\circ$ .

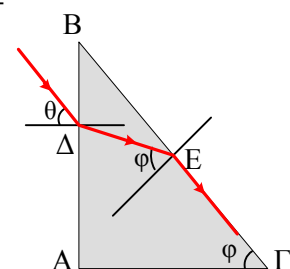
i) Ο δείκτης διάθλασης του πρίσματος για την ακτινοβολία αυτή είναι ίσος με:

$$a) \frac{\sqrt{2}}{3}, \quad b) \frac{\sqrt{3}}{2}, \quad \gamma) \frac{\sqrt{3}}{3}, \quad \delta) \frac{2\sqrt{3}}{3}$$

ii) Η γωνία διάθλασης στο σημείο Δ είναι ίση με:

$$a) 30^\circ, \quad b) 45^\circ, \quad \gamma) 60^\circ, \quad \delta) \text{άλλη τιμή.}$$

iii) Για τη γωνία πρόσπτωσης  $\theta$  στο σημείο Δ ισχύει



$$a) \eta\mu\theta = \frac{\sqrt{2}}{3}, \quad \beta) \eta\mu\theta = \frac{\sqrt{2}}{2}, \quad \gamma) \eta\mu\theta = \frac{\sqrt{3}}{3}, \quad \delta) \eta\mu\theta = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

Να δικαιολογήσετε τις απαντήσεις σας.

Δίνονται  $\eta\mu 30^\circ = \text{συν} 60^\circ = 1/2$  και  $\text{συν} 30^\circ = \eta\mu 60^\circ = \sqrt{3}/2$ .

### Απάντηση:

i) Εφαρμόζουμε το νόμο του Snell για την διάθλαση (οριακή γωνία) στο σημείο E:

$$n \cdot \eta\mu\varphi = n_{\text{αερ}} \cdot \eta\mu 90^\circ \quad \text{ή}$$

$$n = \frac{1}{\eta\mu\varphi} = \frac{2}{\sqrt{3}} = \frac{2\sqrt{3}}{3}$$

Σωστή πρόταση η δ)

ii) Το τρίγωνο ΔΒΕ είναι ισοσκελές, αφού η γωνία Β είναι συμπληρωματική της φ, συνεπώς.

$$\hat{\Delta} + 2\hat{B} = 180^\circ \quad \text{άρα η γωνία } \Delta \text{ είναι ίση με } 120^\circ.$$

Η γωνία διάθλασης x στο σημείο Δ είναι ίση με  $x = \Delta - 90^\circ = 30^\circ$ . Σωστή η α) πρόταση.

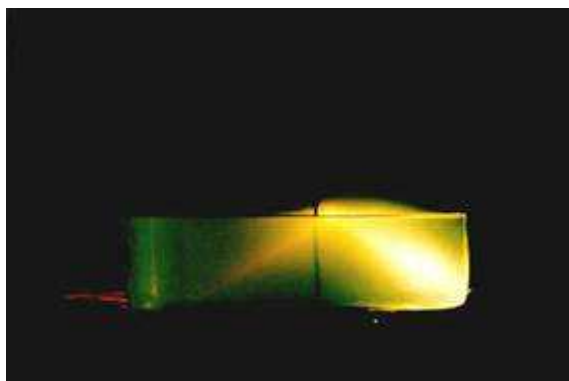
iii) Εφαρμόζουμε το νόμο του Snell για την διάθλαση στο σημείο Δ και έχουμε:

$$n_{\text{αερ}} \cdot \eta\mu\theta = n \cdot \eta\mu x \quad \text{ή}$$

$$\eta\mu\theta = n \cdot \eta\mu x = \frac{2\sqrt{3}}{3} \cdot \frac{1}{2} = \frac{\sqrt{3}}{3}$$

Σωστή η γ) πρόταση.

### 4) Ολική (εσωτερική) ανάκλαση



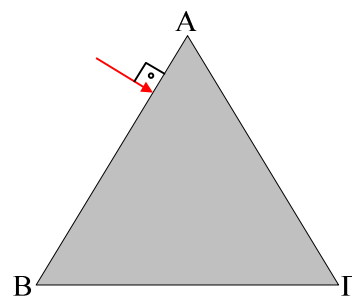
Μια εικόνα ολικής ανάκλασης.

Μια μονοχρωματική ακτίνα φωτός πέφτει κάθετα στην πλευρά ΑΒ ενός πρίσματος, η τομή του οποίου είναι ισόπλευρο τρίγωνο ΑΒΓ, όπως στο σχήμα. Δίνεται ο δείκτης διάθλασης του πρίσματος για την παραπάνω ακτινοβολία  $n=1,7$ .

i) Χαρακτηρίστε τις παρακάτω προτάσεις ως σωστές ή λανθασμένες.

a) Η ακτίνα θα συνεχίσει την πορεία της χωρίς να εκτραπεί κατά την είσοδό της στο πρίσμα.

b) Η γωνία πρόσπτωσης στην πλευρά ΑΓ είναι  $\theta=60^\circ$ .



- c) Η ακτίνα θα υποστεί ολική ανάκλαση στην πλευρά ΑΓ και θα εξέλθει από το πρίσμα κάθετα στην ΒΓ.
- ii) Αν βυθίζαμε το πρίσμα σε υγρό με δείκτη διάθλασης  $n_1 = 1,6$ , να χαράξετε την πορεία της ακτίνας, μέχρι να εξέλθει από το πρίσμα.

#### Απάντηση:

- a) Από το νόμο του Snell για τη διάθλαση στην πλευρά ΑΒ έχουμε:

$$n_{\text{αερ}} \eta \mu 0^\circ = n \cdot \eta \mu \theta_b$$

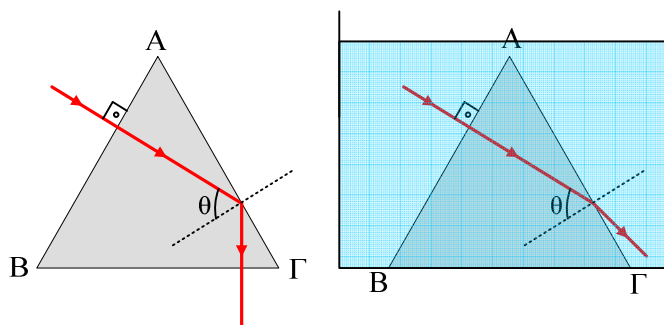
$$\text{άρα } \theta_b = 0^\circ$$

δηλαδή η ακτίνα δεν σπάει (δεν ΔΙΑΘΛΑΤΑΙ).

- b) Η γωνία της κορυφής Α είναι  $90^\circ$ , οπότε η ακτίνα σχηματίζει με την πλευρά ΑΓ γωνία  $30^\circ$  και η γωνία πρόσπτωσης είναι  $\theta_a = 60^\circ$ .
- c) Για την κρίσιμη γωνία έχουμε  $\eta \mu \theta_{\text{crit}} = n_{\text{αερ}}/n = 1/1,7 \approx 0,59$ , ενώ  $\eta \mu \theta_a \approx 0,86$  δηλαδή η γωνία πρόσπτωσης είναι μεγαλύτερη της κρίσιμης γωνίας και η ακτίνα θα υποστεί ολική εσωτερική ανάκλαση υπό γωνία ξανά  $60^\circ$  και θα φύγει σε διεύθυνση κάθετη στη βάση ΒΓ όπου και θα εξέλθει χωρίς να αλλάξει διεύθυνση.

Κατά συνέπεια οι απαντήσεις είναι όλες σωστές.

Στο πρώτο σχήμα παρουσιάζεται η πορεία της ακτίνας.

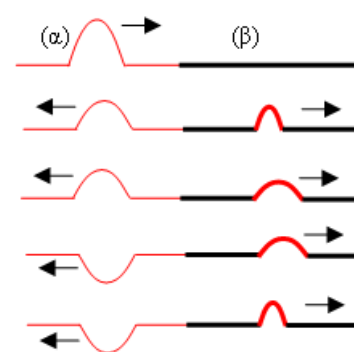


- iii) Όταν βυθίσουμε το πρίσμα στο υγρό, τότε για να βρούμε τι θα συμβεί με την ακτίνα όταν φτάσει στην πλευρά ΑΓ, εφαρμόζουμε τον νόμο του Snell και παίρνουμε  $n \cdot \eta \mu \theta_a = n_1 \cdot \eta \mu \theta_b$  από όπου  $\eta \mu \theta_b \approx 0,92$ , οπότε η ακτίνα διαθλάται και στο δεύτερο σχήμα παρουσιάζεται η πορεία της.

#### 5) Κύμα κατά μήκος δύο νημάτων.

Κατά μήκος ενός σχοινιού (α) διαδίδεται ο κυματοσυρμός του πρώτου σχήματος και μετά από λίγο φτάνει στο σχοινί (β), όπου η ταχύτητα του κύματος είναι μικρότερη.

- i) Ποιο από τα παρακάτω σχήματα είναι σωστό; Να δικαιολογήστε την απάντησή σας.
- ii) Γιατί το πλάτος κατά την επιστροφή είναι μικρότερο;



#### Απάντηση:

- i) Το κύμα φτάνοντας στο σχοινί (β) εν μέρει ανακλάται και εν μέρει διαθλάται. Κατά την ανάκλαση δεν αλλάζει η φάση του, αφού το σημείο αυτό είναι ελεύθερο να

ταλαντωθεί, ενώ το διαθλώμενο κύμα έχει μικρότερο μήκος κύματος, αφού εκεί το κύμα έχει και μικρότερη ταχύτητα.

Άρα σωστό είναι το δεύτερο διάγραμμα.

- ii) Το πλάτος της ταλάντωσης των σημείων του μέσου καθορίζει και την ενέργεια ταλάντωσης. Η ενέργεια που μεταφέρει το κύμα διαμοιράζεται μεταξύ του ανακλώμενου και διαθλώμενου κύματος, οπότε το πλάτος είναι μικρότερο.

**Υλικό Φυσικής - Χημείας.**

Επειδή το να μοιράζεσαι πράγματα, είναι καλό για όλους...

Επιμέλεια

*Διονύσης Μάργαρης*