

ΘΕΜΑΤΑ ΚΦΕ -51

Θέματα Τελικών 2024 - Κυματική - Θερμοδυναμική

Επιμέλεια : Β. Καράβολας

1 Ερωτήσεις Πολλαπλής Επιλογής

1.1 Ερώτηση 1n

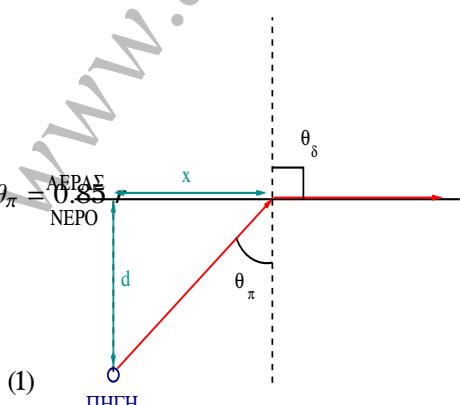
Εκφώνηση: Μια δέσμη φωτός εκπέμπεται σε μια πισίνα με νερό από βάθος 82 cm . Σε ποιο σημείο θα πρέπει να προσπέσει στη διαχωριστική επιφάνεια αέρα-νερού έτσι ώστε να μην εξέλθει το φως από το νερό; Δίνεται ο δείκτης διάθλασης του νερού $n = 1.33$

Επιλέξτε ένα:

1. 56.6 cm
2. 34.2 cm
3. Άλλο
4. 93.5 cm

Λύση

Το φαινόμενο το οποίο περιγράφει η άσκηση είναι αυτό της ολικής εσωτερικής ανάκλασης. Στην οριακή περίπτωση έχουμε γωνία διάθλασης 90° επομένως από το νόμο του Snell θα έχουμε ότι:

$$\left[\begin{array}{l} n_1 \sin \theta_\pi = n_2 \sin \theta_\delta \\ n_1 = 1.33 \\ n_2 = 1 \\ \theta_\delta = \frac{\pi}{2} \iff \sin \theta_\delta = 1 \end{array} \right] \iff \sin \theta_\pi = 0.75 \iff \theta_\pi = 0.85$$


θα έχουμε τότε από το σχήμα:

$$\left[\begin{array}{l} \tan 0.85 = \frac{x}{d} \\ d = 0.82\text{ m} \end{array} \right] \iff x = 0.85 \cdot d = 0.93\text{ m}$$

Η σωστή απάντηση είναι *iv*.

1.2 Ερώτηση 2η

Εκφώνηση: Πόση είναι η μέση μεταφορική κινητική ενέργεια ενός μόριου αζώτου σε κανονική πίεση και θερμοκρασία;

Επιλέξτε ένα:

1. $4.11 \times 10^{-21} \text{ J}$
2. $5.65 \times 10^{-21} \text{ J}$
3. Άλλο
4. $3.78 \times 10^{-21} \text{ J}$

Λύση

Οι μεταφορικοί βαθμοί ελευθερίας ενός μορίου είναι πάντα 3, ανεξαρτήτως του αριθμού των ατόμων που το αποτελούν.

Η μέση μεταφορική κινητική ενέργεια θα είναι:

$$\left[\begin{array}{l} E_M = \frac{3KT}{2} \\ k = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K} \\ T = 273 \text{ K} \end{array} \right] \iff E_M = 1.5 \cdot 1.38 \times 10^{-23} \cdot 273 = 5.65 \times 10^{-21} \text{ J}$$

Η σωστή απάντηση είναι *ii*.

1.3 Ερώτηση 3η

Εκφώνηση: Σε ισόθερμη εκτόνωση ιδανικού αερίου παράγεται έργο $8.3 \times 10^3 \text{ J}$. Να υπολογίσετε τη θερμότητα που απορροφάται κατά τη διάρκεια αυτής της εκτόνωσης,

Επιλέξτε ένα:

1. 0 J
2. $4.15 \times 10^3 \text{ J}$
3. Άλλο
4. $8.3 \times 10^3 \text{ J}$

Λύση

Στην ισόθερμη εκτόνωση ιδανικού αερίου η μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας του είναι μηδενική. Επομένως από τον Α Θερμοδυναμικό Νόμο:

$$\left[\begin{array}{l} \Delta U = Q - W \\ \Delta U = 0 \\ W = 8.3 \times 10^3 \text{ J} \end{array} \right] \iff Q = 8.3 \times 10^3 \text{ J}$$

Η σωστή απάντηση είναι *iiii*.

1.4 Ερώτηση 4η

Εκφώνηση: Μια δέσμη φωτός από έναν φακό προσπίπτει σε μια γυάλινη επιφάνεια ($n = 1.56$) υπό μια γωνία 67° ως προς την κατακόρυφο. Ποια η γωνία διάθλασης σε μοίρες; Δίνεται ο δείκτης διάθλασης του αέρα $n = 1$.

Επιλέξτε ένα:

1. 66
2. 36
3. Άλλο
4. 77

Λύση

Παρατηρήσεις ::

- Σε αυτή την ερώτηση μας δίνει τον δείκτη διάθλασης του αέρα. Στην 1η ερώτηση που πάλι τον χρειαζόμαστε δεν τον έδωσε.
- Είναι εντελώς άχρηστη η πληροφορία ότι η δέσμη προέρχεται από έναν φακό.

Από το νόμο του Snell θα έχουμε ότι:

$$\left[\begin{array}{l} n_1 \sin \theta_\pi = n_2 \sin \theta_\delta \\ n_1 = 1.56 \\ n_2 = 1 \\ \theta_\pi = 67^\circ \end{array} \right] \iff \sin \theta_\delta = \frac{\sin 67}{1.56} = 0.59 \iff \theta_\delta = 36^\circ$$

Η σωστή απάντηση είναι *ii*.

1.5 Ερώτηση 5η

Εκφώνηση: Φως με μήκος κύματος προσπίπτει πάνω σε δύο σχισμές και παράγει μια εικόνα συμβολής, στην οποία ο φωτεινός κροσσός τρίτης τάξης απέχει από τον κεντρικό κροσσό σε ένα πέτασμα απου βρίσκεται σε απόσταση $D = 2.8 \text{ m}$. Ποια είναι η απόσταση των δύο σχισμών;

Επιλέξτε ένα:

1. $2.7 \times 10^{-4} \text{ m}$

2. $1.5 \times 10^{-4} \text{ m}$

3. Άλλο

4. $3.1 \times 10^{-4} \text{ m}$

Λύση

Ουσιαστικά η εκφώνηση περιγράφει το πείραμα των δύο σχισμών του τλΨουνγ. Οι θέσεις των μεγίστων σε αυτό το πείραμα δίνονται από τη σχέση:

$$x_n = \frac{nD\lambda}{\alpha}$$

στην περίπτωση μας έχουμε ότι $n = 3$. Τότε:

$$\left[\begin{array}{l} x_n = \frac{nD\lambda}{\alpha} \\ x_n = 38 \times 10^{-3} \text{ m} \\ n = 3 \\ D = 2.8 \text{ m} \\ \lambda = 680 \times 10^{-9} \text{ m} \end{array} \right] \iff 38 \times 10^{-3} = \frac{3 \cdot 2.8 \cdot 680 \times 10^{-9}}{\alpha} \iff \epsilon = 1.5 \times 10^{-4} \text{ m}$$

Η σωστή απάντηση είναι *ii*.

2 Θέματα Ανάπτυξης

2.1 Θέμα 1ο

Εκφώνηση: Μονοχρωματικό φως μήκους κύματος 633 nm από μια μακρινή πηγή πέφτει πάνω σε σχισμή εύρους 0.75 mm και η εικόνα περίθλασης παρατηρείται σε μια οθόνη που βρίσκεται 3.5 m μακριά. Πόση είναι η απόσταση των 2 σκοτεινών κροσσών που βρίσκονται εκατέρωθεν του φωτεινού κροσσού; Το όλο σύστημα βρίσκεται μέσα σε πρίσμα με νερό δείκτη διάθλασης 1.333.

Λύση

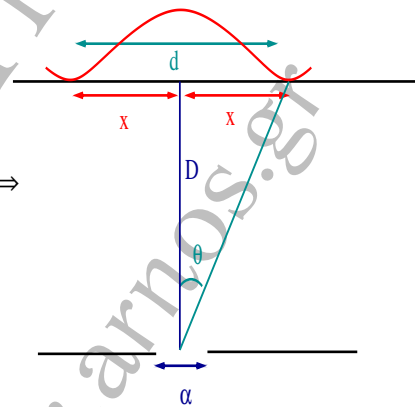
Αρχικά θα βρούμε το μήκος κύματος του φωτός μέσα στο νερό (κατά τη διάθλαση η συχνότητα παραμένει σταθερή).

$$\left[\begin{array}{l} n = \frac{c}{v} \\ c = \lambda_0 f \\ v = \lambda f \\ \lambda_0 = 633 \text{ nm} \end{array} \right] \iff n = \frac{\lambda_0}{\lambda} \iff \lambda = \frac{633}{1.333} = 475 \text{ nm}$$

Τα ελάχιστα της περίθλασης εμφανίζονται στις θέσεις:

$$\left[\begin{array}{l} \alpha \sin \theta = n' \lambda \\ \lambda = 475 \text{ nm} \\ \alpha = 0.75 \text{ mm} \\ \sin \theta \approx \tan \theta = \frac{x}{D} \\ D = 3.5 \text{ m} \\ n' = 1 \end{array} \right] \iff 75 \times 10^{-5} \frac{x}{3.5} = 475 \times 10^{-9} \iff$$

$$x = 22.1 \times 10^{-4} \text{ m}$$



Η συνολική απόσταση $d = 2x = 44.2 \times 10^{-4} \text{ m}$

2.2 Θέμα 2ο

Εκφώνηση: Δύο ηλεκτρικά πεδία περιγράφονται από τις σχέσεις:

$$E_1 = 3 \cos(kx_1 - \omega t + \frac{\pi}{5})$$

$$E_2 = 4 \cos(kx_2 - \omega t + \frac{\pi}{6})$$

όπου x_1 και x_2 οι αποστάσεις των πηγών τους από το σημείο P. Τα πεδία είναι παράλληλα και επομένως προστίθενται τα μέτρα τους για να βρούμε το ολικό πεδίο. Η διαφορά φάσης λόγω διαφοράς δρόμου των δύο κυμάτων από τις πηγές στο σημείο P είναι $\pi/3$ (η πρώτη πηγή πιο μακριά). Υπολογίστε στο σημείο P

1. Τις εντάσεις I_1 και I_2 από κάθε πηγή ξεχωριστά

2. Την ένταση I_{12} λόγω συμβολής.
3. Τι θα άλλαζε στα προηγούμενα δύο ερωτήματα αν τα πεδία ήταν κάθετα μεταξύ τους;

Λύση

Παρατήρηση : Με τον όρο ταλαντούμενα ηλεκτρικά πεδία, η εκφώνηση εννοεί ΗΜ κύματα καθώς ένα αρμονικά μεταβαλλόμενο ηλεκτρικό πεδίο παράγει και ένα αρμονικά μεταβαλλόμενο μαγνητικό πεδίο. Επομένως μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τις σχέσεις για την ένταση του ΗΜ κύματος.

1. Η (μέση και όχι στιγμιαία - και αυτό θα έπρεπε να διευκρινίζεται από την εκφώνηση) ένταση ενός ΗΜ κύματος δίνεται από τη σχέση:

$$I = \frac{1}{2} c \epsilon_0 E_0^2$$

όπου E_0 το πλάτος του ηλεκτρικού πεδίου.

Παρατήρηση : Η εκφώνηση δεν μας αναφέρει το αν τα κύματα διαδίδονται στο κενό. Θα θεωρήσουμε ότι διαδίδονται στο κενό και ότι η ταχύτητα διάδοσης τους είναι c .

Για τα δύο κύματα θα έχουμε ότι:

$$\left[\begin{array}{l} I_1 = \frac{1}{2} c \epsilon_0 E_{01}^2 \\ c = 3 \times 10^8 \text{ m/s} \\ \epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{n} \cdot \text{m}^2 \\ E_{01} = 3 \text{ N/C} \\ I_1 = \frac{1}{2} c \epsilon_0 E_{02}^2 \\ E_{02} = 4 \text{ N/C} \end{array} \right] \Longleftrightarrow \left[\begin{array}{l} I_1 = 120 \times 10^{-4} \text{ W/m}^2 \\ I_2 = 212.4 \times 10^{-4} \text{ W/m}^2 \end{array} \right]$$

2. Η διαφορά φάσης ανάμεσα στα δύο κύματα θα είναι:

$$\left[\begin{array}{l} \Delta\phi = \omega\Delta t + \phi_1 - \phi_2 \\ \phi_1 = \frac{\pi}{5} r \\ \phi_2 = \frac{\pi}{6} r \\ \Delta t = \frac{\Delta x}{c} \\ \omega\Delta t = \frac{\pi}{3} \end{array} \right] \Longleftrightarrow \Delta\phi = \frac{\pi}{3} + \frac{\pi}{5} - \frac{\pi}{6} = \frac{11\pi}{30}$$

Το ολικό ηλεκτρικό πεδίο θα είναι:

$$\begin{aligned}
 & \left[\begin{aligned} E_0^2 &= E_{01}^2 + E_{02}^2 + 2E_{01}E_{02} \cos \Delta\phi \\ \Delta\phi &= \frac{11\pi}{30} \\ I_1 &= \frac{1}{2}c\epsilon_0 E_{01}^2 \iff E_{01} = \sqrt{\frac{2I_1}{c\epsilon_0}} \\ I_2 &= \frac{1}{2}c\epsilon_0 E_{02}^2 \iff E_{02} = \sqrt{\frac{2I_2}{c\epsilon_0}} \\ I &= \frac{1}{2}c\epsilon_0 E_0^2 \\ I_1 &= 120 \times 10^{-4} \text{ W/m}^2 \\ I_2 &= 212.4 \times 10^{-4} \text{ W/m}^2 \end{aligned} \right] \iff I = \frac{1}{2}c\epsilon_0 \frac{2I_1}{c\epsilon_0} + \frac{1}{2}c\epsilon_0 \frac{2I_2}{c\epsilon_0} + \frac{1}{2}c\epsilon_0 \sqrt{\frac{2I_1}{c\epsilon_0}} \sqrt{\frac{2I_2}{c\epsilon_0}} \cos \frac{11\pi}{30} \iff \\
 & I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1} \sqrt{I_2} \cos \frac{11\pi}{30} \iff \\
 & I = 120 + 212.4 + 2\sqrt{120} \sqrt{212.4} = 462.27 \text{ W/m}^2 \quad (2)
 \end{aligned}$$

3. Στο πρώτο ερώτημα δεν θα άλλαξε τίποτα καθώς υπολογίζουμε τις επιμέρους εντάσεις του κάθε κύματος χωριστά.

Αν τα πεδία ήταν κάθετα το συνολικό πεδίο θα ήταν από το Πυθαγόρειο θεώρημα:

$$E^2 = E_1^2 + E_2^2$$

Η μέση ένταση του συνολικού κύματος θα ήταν:

$$\begin{aligned}
 & \left[\begin{aligned} I &= c\epsilon_0 \int_0^T E^2 dt \\ E^2 &= E_1^2 + E_2^2 \\ I_1 &= c\epsilon_0 \int_0^T E_1^2 dt \\ I_2 &= c\epsilon_0 \int_0^T E_2^2 dt \\ I_1 &= 120 \times 10^{-4} \text{ W/m}^2 \\ I_2 &= 212.4 \times 10^{-4} \text{ W/m}^2 \end{aligned} \right] \iff I = I_1 + I_2 = 332.4 \text{ W/m}^2
 \end{aligned}$$