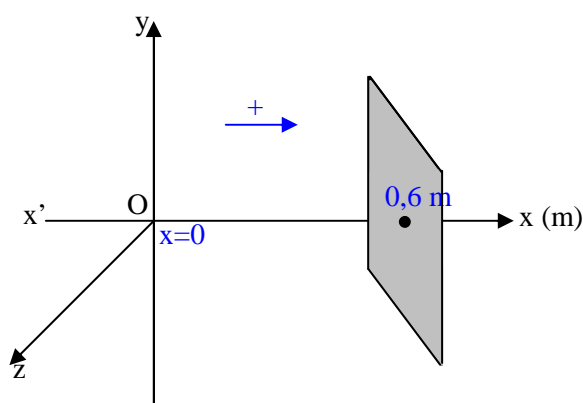


Στάσιμο ηλεκτρομαγνητικό κύμα.

Ηλεκτρομαγνητικό κύμα που διαδίδεται κατά τη θετική κατεύθυνση του άξονα xOx' προσπίπτει σε τέλεια γυαλισμένη, αγωγίμη, μεταλλική επιφάνεια που έχει τοποθετηθεί κάθετα στην διεύθυνση του Ηλεκτρομαγνητικού κύματος και ανακλάται πλήρως. Η ένταση του Ηλεκτρικού πεδίου του προσπίπτοντος ηλεκτρομαγνητικού κύματος έχει μέτρο που δίνεται από τη σχέση $E_1 = 2 \cdot 10^{-3} \eta \mu 2\pi(3 \cdot 10^9 t - 10x)$ (S.I). Το μέτρο της έντασης του Ηλεκτρικού πεδίου του ανακλώμενου κύματος δίνεται από τη σχέση $E_2 = -2 \cdot 10 \eta \mu 2\pi(3 \cdot 10^9 t + 10x)$ (S.I). Η ταχύτητα διάδοσης του ηλεκτρομαγνητικού κύματος είναι $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$.



- α. Να εφαρμόσετε την Αρχή της Επαλληλίας και να αποδείξετε ότι η συμβολή προσπίπτοντος και ανακλώμενου κύματος δημιουργεί στάσιμο ηλεκτρικό κύμα.
- β. Με αφετηρία την εξίσωση του στάσιμου ηλεκτρικού κύματος, να προσδιορίσετε στον άξονα xOx' τις θέσεις όπου η ένταση του Ηλεκτρικού πεδίου είναι μηδέν, δηλαδή αντιστοιχούν σε δεσμούς του στάσιμου ηλεκτρομαγνητικού κύματος καθώς και τις θέσεις όπου η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου είναι μέγιστη, δηλαδή αντιστοιχούν σε κοιλίες του στάσιμου ηλεκτρικού κύματος.
- γ. Θεωρούμε ως θέση με $x=0$ την αρχή του άξονα O , θέση σχηματισμού ενός δεσμού του στάσιμου ηλεκτρομαγνητικού κύματος. Αν η μεταλλική επιφάνεια βρίσκεται στη θέση $x=0,6\text{m}$, να υπολογιστεί το πλήθος των δεσμών και κοιλιών που σχηματίζονται από τη θέση $x=0$ μέχρι την ανακλαστική επιφάνεια.
- δ. Να σχεδιάσετε το στιγμιότυπο του στάσιμου ηλεκτρικού κύματος τη χρονική στιγμή $t = 5 \cdot 10^{-10} \text{ s}$ για το τμήμα $0 \leq x \leq 0,6\text{m}$ του άξονα xOx' .
- ε. Να υπολογίσετε τη στιγμιαία τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου στη θέση $A(x_A=0,275\text{m})$, τη χρονική στιγμή που η ένταση στη θέση $B(x_B=0,425\text{m})$ είναι $E_B = -4\sqrt{2} \cdot 10^{-3} \frac{\text{V}}{\text{m}}$.
- στ. Να προσδιορίσετε τη σχέση που καθορίζει τις τιμές συχνότητας του Ηλεκτρομαγνητικού κύματος, για τις οποίες σχηματίζονται στάσιμα ηλεκτρικά κύματα στον άξονα xOx' , με δεδομένο ότι στη θέση $x=0$ και στη θέση $x=0,6\text{m}$ που βρίσκεται η μεταλλική επιφάνεια, σχηματίζονται δεσμοί. Πόσες τιμές συχνότητας υπάρχουν στην περιοχή των Μικροκυμάτων με $2,4 \cdot 10^9 \text{ Hz} \leq f \leq 2,6 \cdot 10^9 \text{ Hz}$.

Απάντηση:

α. Από τη δοθείσα εξίσωση του ηλεκτρικού κύματος προκύπτουν οι τιμές: $f=3 \cdot 10^9 \text{ Hz}$ και $\lambda=0,1\text{m}$.

Από την Αρχή της Επαλληλίας έχουμε:

$$E = E_1 + E_2 \Rightarrow E = 2 \cdot 10^{-3} \eta\mu 2\pi(3 \cdot 10^9 t - 10x) - 2 \cdot 10^{-3} \eta\mu 2\pi(3 \cdot 10^9 t + 10x) \Rightarrow$$

$$E = 2 \cdot 10^{-3} [\eta\mu 2\pi(3 \cdot 10^9 t - 10x) + \eta\mu [2\pi(3 \cdot 10^9 t + 10x) + \pi]] \Rightarrow$$

$$E = 4 \cdot 10^{-3} \eta\mu [2\pi(3 \cdot 10^9 t) + \frac{\pi}{2}] \sigma\upsilon\nu [2\pi(-10x) - \frac{\pi}{2}] \Rightarrow$$

$$E = 4 \cdot 10^{-3} \sigma\upsilon\nu(6\pi 10^9 t) \eta\mu 20\pi x \Rightarrow E = 4 \cdot 10^{-3} \eta\mu 20\pi x \cdot \sigma\upsilon\nu 6\pi 10^9 t \quad (\text{S.I}) \quad (1)$$

Η σχέση (1) είναι εξίσωση στάσιμου ηλεκτρικού κύματος καθ' όσον η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου στα διάφορα σημεία του άξονα xx' ταλαντώνεται αρμονικά με πλάτος ταλάντωσης που εξαρτάται από τη θέση του κάθε σημείου στον άξονα xx' .

β. Η ένταση του στάσιμου ηλεκτρικού κύματος μηδενίζεται και δημιουργούνται «δεσμοί» όταν:

$$|E| = 0 \Rightarrow \left| 4 \cdot 10^{-3} \eta\mu 20\pi x \right| = 0 \Rightarrow |\eta\mu 20\pi x| = 0 \Rightarrow 20\pi x_{\Delta} = \kappa\pi \Rightarrow$$

$$x_{\Delta} = \frac{\kappa}{20} \quad \kappa = 0, 1, 2, \dots \quad (2)$$

Αντίστοιχα η ένταση του στάσιμου ηλεκτρικού κύματος γίνεται μέγιστη και δημιουργούνται «κοιλίες» όταν:

$$|E| = 4 \cdot 10^{-3} \frac{\text{V}}{\text{m}} \Rightarrow \left| 4 \cdot 10^{-3} \eta\mu 20\pi x \right| = 4 \cdot 10^{-3} \Rightarrow |\eta\mu 20\pi x| = 1 \Rightarrow$$

$$20\pi x_{\kappa} = \kappa\pi + \frac{\pi}{2} \Rightarrow x_{\kappa} = \frac{\kappa}{20} + \frac{1}{40} \quad \kappa = 0, 1, 2, \dots \quad (3)$$

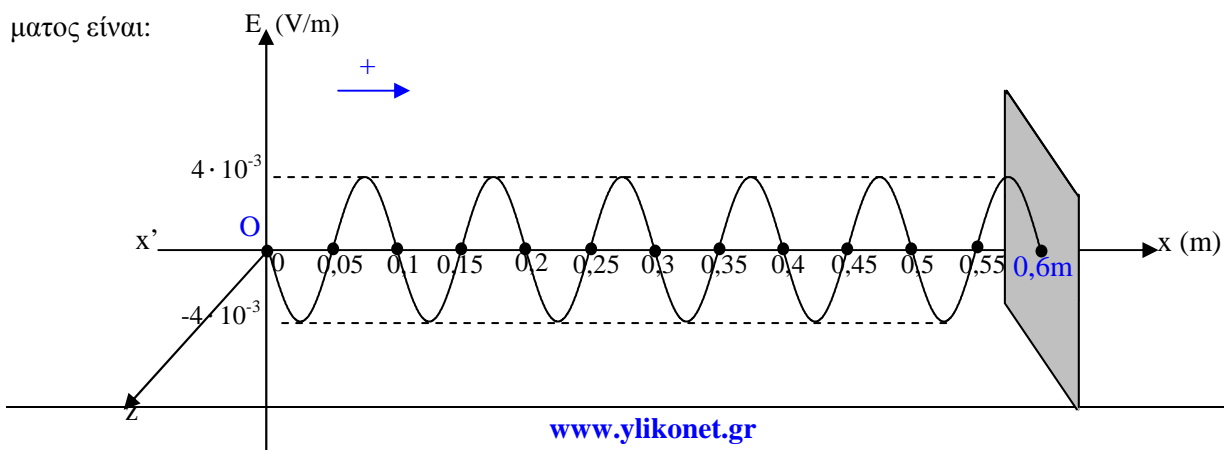
γ. Πρέπει: $0 \leq x_{\Delta} \leq 0,6\text{m} \Rightarrow 0 \leq \frac{\kappa}{20} \leq 0,6 \Rightarrow 0 \leq \kappa \leq 12 \Rightarrow \kappa = 0, 1, 2, \dots, 12$. Άρα σχηματίζονται 13 δεσμοί.

$$\text{Πρέπει: } 0 \leq x_{\kappa} \leq 0,6\text{m} \Rightarrow 0 \leq \frac{\kappa}{20} + \frac{1}{40} \leq 0,6 \Rightarrow -0,025 \leq \frac{\kappa}{20} \leq 0,5975 \Rightarrow$$

$$0,5 \leq \kappa \leq 11,95 \Rightarrow \kappa = 0, 1, 2, 3, \dots, 11$$
. Άρα σχηματίζονται 12 κοιλίες.

δ. Από την (1), τη χρονική στιγμή $t=5 \cdot 10^{-10} \text{ s} (= \frac{3T}{2})$ προκύπτει:

$E = 4 \cdot 10^{-3} \eta\mu 20\pi x \cdot \sigma\upsilon\nu 3\pi \Rightarrow E = -4 \cdot 10^{-3} \eta\mu 20\pi x \quad (\text{S.I})$. Το στιγμιότυπο του Στάσιμου Ηλεκτρικού κύματος είναι:



ε. Από την εξίσωση (1) στη θέση B ($x_B=0,425\text{m}$), όταν η ένταση του Ηλεκτρικού πεδίου είναι

$$E_B = -4\sqrt{2} \cdot 10^{-3} \frac{\text{V}}{\text{m}}, \text{ προκύπτει: } -4\sqrt{2} \cdot 10^{-3} = 4 \cdot 10^{-3} \eta\mu(20\pi \cdot 0,425) \sigma\upsilon\nu(6\pi \cdot 10^{-9} t) \Rightarrow$$

$\sigma\upsilon\nu(6\pi \cdot 10^{-9} t) = -\sqrt{2}$ (4). Την ίδια χρονική στιγμή στη θέση A ($x_A=0,275\text{m}$) η ένταση του Ηλεκτρικού πεδίου είναι: $E_A = 4 \cdot 10^{-3} \eta\mu(20\pi \cdot 0,275) \sigma\upsilon\nu(6\pi \cdot 10^{-9} t) \Rightarrow$

$$E_A = 4 \cdot 10^{-3} \eta\mu(5,5\pi) \sigma\upsilon\nu(6\pi \cdot 10^{-9} t) \stackrel{(4)}{\Rightarrow} E_A = 4\sqrt{2} \cdot 10^{-3} \frac{\text{V}}{\text{m}}.$$

στ. Επειδή στη θέση O ($x=0$) και στη θέση που βρίσκεται η μεταλλική επιφάνεια ($x=0,6\text{m}$) σχηματίζονται δεσμοί, ισχύει:

$$0,6 = \kappa \frac{\lambda}{2} \text{ με } \kappa=0,1,2,\dots \text{ Άρα } 0,6 = \kappa \frac{c}{2f} \Rightarrow f = \kappa \frac{3 \cdot 10^8}{2 \cdot 0,6} \Rightarrow f = 2,5 \cdot 10^8 \kappa \text{ (5) με } \kappa=0,1,2,\dots$$

$$\text{Αλλά } 2,4 \cdot 10^9 \text{ Hz} \leq f \leq 2,6 \cdot 10^9 \text{ Hz} \Rightarrow$$

$$2,4 \cdot 10^9 \text{ Hz} \leq 2,5 \cdot 10^8 \kappa \leq 2,6 \cdot 10^9 \text{ Hz} \Rightarrow 9,6 \leq \kappa \leq 10,4 \Rightarrow \kappa=10.$$

$$\text{Από την (5): } f = 2,5 \cdot 10^9 \text{ Hz}$$

Υλικό Φυσικής - Χημείας.

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

Επιμέλεια

Ξενοφών Στεργιάδης