

Στάσιμα κύματα σε φούρνο μικροκυμάτων.

Σε φούρνο Μικροκυμάτων οι δέσμες των Μικροκυμάτων ανακλώνται στα τοιχώματα του φούρνου με αποτέλεσμα να σχηματίζονται Στάσιμα Ηλεκτρομαγνητικά κύματα. Στη μία διάσταση (πλάτος) του θαλάμου του φούρνου που έχει μήκος $d=36\text{cm}$ αντιστοιχίζουμε τον άξονα $x'x$. Κατά μήκος του άξονα xx' θεωρούμε ότι διαδίδεται στάσιμο Ηλεκτρικό κύμα της μορφής $E=2 \cdot 10^{-3} \eta\mu \frac{25\pi x}{3} \sin(5\pi \cdot 10^9 t)$ (S.I).

Θεωρούμε ως θέση $x=0$ τη θέση του ενός πλευρικού τοιχώματος του θαλάμου. Δίνεται η ταχύτητα του φωτός $c=3 \cdot 10^8 \text{m/s}$.

α. Να προσδιορίσετε το πλήθος και τις θέσεις των σημείων όπου η ένταση του Ηλεκτρικού πεδίου είναι:

α₁, μηδέν **α₂**, μέγιστη και βρίσκονται στο τμήμα του άξονα xx' με $0 \leq x \leq d=36\text{cm}$.

β. Σε μια παρτίδα του συγκεκριμένου τύπου Φούρνου Μικροκυμάτων λόγω ενός κατασκευαστικού λάθους το πλάτος της βάσης του θαλάμου (panel) είναι $d_1=40\text{cm}$. Ποιο το (%) ποσοστό της μεταβολής της συχνότητας των Μικροκυμάτων, ώστε στο τμήμα με $0 \leq x \leq d_1$, να σχηματίζεται ο ίδιος αριθμός σημείων μηδενικής έντασης Ηλεκτρικού πεδίου;

γ. Γιατί στους Φούρνους Μικροκυμάτων τα τρόφιμα τοποθετούνται σε περιστρεφόμενο δίσκο;

δ. Προκειμένου να μετρήσουμε την ταχύτητα του φωτός σε Φούρνο Μικροκυμάτων συχνότητας $f=2,45\text{Hz}$, εκτελούμε το ακόλουθο πείραμα:

Καλύπτουμε τη μια επιφάνεια ενός χαρτονιού με διαστάσεις κατάλληλες, ώστε να μπορεί να τοποθετηθεί στο θάλαμο του φούρνου, με φύλλα θερμικού χαρτιού και στερεώνουμε τις άκρες τους στην άλλη επιφάνεια του χαρτονιού. Ψεκάζουμε ομοίμορφα την επιφάνεια του θερμικού χαρτιού με νερό και αφού αφαιρέσουμε τον περιστρεφόμενο δίσκο του φούρνου, τοποθετούμε το χαρτόνι στο θάλαμο. Θέτουμε σε λειτουργία το φούρνο για ένα λεπτό. Όταν βγάλουμε το χαρτόνι, παρατηρούμε ότι υπάρχουν περιοχές έντονης προβολής (αμαύρωσης) στο θερμικό χαρτί. Επαναλαμβάνουμε τρεις φορές την όλη διαδικασία και βρίσκουμε ότι η μέση απόσταση των κέντρων δύο περιοχών έντονης αμαύρωσης είναι $d=6\text{cm}$. Να υπολογίσετε την ταχύτητα διάδοσης των Μικροκυμάτων. Αν η τιμή της ταχύτητας διάδοσης του φωτός είναι $c_0=299.792.458\text{m/s}$, ποιο το (%) σχετικό σφάλμα της μέτρησης;

Απάντηση:

α. Από την εξίσωση του στάσιμου κύματος προκύπτουν οι τιμές: $f = 2,5 \cdot 10^9 \text{Hz}$ (1) και $\lambda=0,24 \text{m}$ (2).

α₁. Στα σημεία στα οποία η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου είναι μηδέν, ισχύει:

$$E=0 \Rightarrow 2 \cdot 10^{-3} \left| \eta\mu \frac{25\pi x}{3} \right| = 0 \Rightarrow \left| \eta\mu \frac{25\pi x}{3} \right| = 0 \Rightarrow \frac{25\pi x_{\Delta}}{3} = \kappa\pi \Rightarrow x_{\Delta} = \frac{3\kappa}{25} \quad \kappa=0,1,2 \dots$$

Αλλά $0 \leq x_{\Delta} \leq 0,36 \Rightarrow 0 \leq \frac{3\kappa}{25} \leq 0,36 \Rightarrow 0 \leq \kappa \leq 3 \Rightarrow \kappa=0,1,2,3$. Άρα υπάρχουν 4 δεσμοί, στις θέσεις:

$$x_{\Delta_1} = 0, x_{\Delta_2} = 0,12\text{m}, x_{\Delta_3} = 0,24\text{m}, x_{\Delta_4} = 0,36\text{m}.$$

α₂. Στα σημεία στα οποία η ένταση του Ηλεκτρικού πεδίου είναι μέγιστη (κοιλίες) ισχύει

$$E = 2 \cdot 10^{-3} \Rightarrow 2 \cdot 10^{-3} \left| \eta \mu \frac{25\pi x}{3} \right| = 2 \cdot 10^{-3} \Rightarrow \left| \eta \mu \frac{25\pi x}{3} \right| = 1 \Rightarrow \frac{25\pi x_{\kappa}}{3} = \kappa\pi + \frac{\pi}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow x_{\kappa} = \frac{3\kappa}{25} + \frac{3}{50} \quad \kappa=0,1,2 \dots$$

$$\text{Αλλά } 0 \leq x_{\kappa} \leq 0,36 \Rightarrow \leq \frac{3\kappa}{25} + \frac{3}{50} \leq 0,36 \Rightarrow -0,5 \leq \kappa \leq 2,5 \Rightarrow \Rightarrow \kappa = 0,1,2.$$

Άρα υπάρχουν 3 κοιλιές στις θέσεις: $x_{\kappa 1}=0,06\text{m}$, $x_{\kappa 2}=0,18\text{m}$, $x_{\kappa 3}=0,30\text{m}$

β. Εάν f' και λ' οι νέες τιμές συχνότητας και πλάτους, για να σχηματίζεται ο ίδιος αριθμός δεσμών (4) στο τμήμα $0 \leq x \leq d_1$ θα πρέπει :

$$d_1 = (4-1) \frac{\lambda'}{2} \Rightarrow d_1 = \frac{3c}{2f'} \Rightarrow f' = \frac{3c}{2d_1} \Rightarrow f' = \frac{3 \cdot 3 \cdot 10^8}{0,80} = 1,125 \cdot 10^9 \text{ Hz} \quad (3)$$

Το % ποσοστό της μεταβολής της συχνότητας είναι: $\pi(\%) = \left(\frac{f' - f}{f} \right) \cdot 100\% \stackrel{(1)}{\Rightarrow} \stackrel{(3)}$

$$\Rightarrow \pi(\%) = \frac{(1,125 - 2,5) \cdot 10^9}{2,5 \cdot 10^9} 100\% \Rightarrow \pi(\%) = \left(\frac{-1,375}{2,5} \right) 100\% = -55\%$$

γ. Επειδή στο εσωτερικό του θαλάμου σχηματίζονται δεσμοί, δηλαδή σημεία στα οποία η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου είναι μηδέν, τα τρόφιμα περιστρέφονται, ώστε τα σημεία που βρίσκονται σε δεσμούς και δεν ακτινοβολούνται, να μετακινούνται σε θέσεις όπου η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου δεν είναι μηδέν, άρα να εξασφαλίζεται η ομοιόμορφη ακτινοβολήση των τροφίμων με αποτέλεσμα την ομοιόμορφη θέρμανση των τροφίμων.

δ. Η μέση απόσταση που μετρήθηκε μεταξύ δύο σημείων μέγιστης αμαύρωσης του θερμικού χαρτιού, αντιστοιχεί στην απόσταση μεταξύ θέσεων όπου η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου είναι μέγιστη (κοιλιών),

$$\text{άρα } d = \frac{\lambda}{2} \Rightarrow \lambda = 12\text{cm} = 0,12\text{m}.$$

Από τη θεμελιώδη σχέση της κυματικής $c = \lambda f \Rightarrow c = 12 \cdot 10^{-2} \cdot 2,45 \cdot 10^9 \Rightarrow c = 294.000.000 \text{ m / s}$

Το (%) σχετικό σφάλμα της μέτρησης είναι:

$$\sigma(\%) = \frac{c_0 - c}{c_0} \cdot 100\% \Rightarrow \sigma(\%) = \left(\frac{299.792.458 - 294.000.000}{299.792.458} \right) 100\% \Rightarrow \sigma(\%) = 1,932 \%$$

Υλικό Φυσικής - Χημείας.

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

Επιμέλεια

Ε. Στεργιάδης