

Ηλεκτρομαγνητικά Κύματα

Άσκηση 1

Μια σημειακή πηγή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας παρέχει ισχύ εξόδου 800 W. Υπολογίστε τη μέγιστη τιμή του ηλεκτρικού πεδίου και του μαγνητικού πεδίου σε ένα σημείο που απέχει 3.5 m από την πηγή. Πόση είναι η πυκνότητα ενέργειας σε ένα σημείο που απέχει 3.5 m από την σημειακή πηγή.

Λύση

(α)

$$\vec{S} = \frac{1}{\mu_0} \vec{E} \times \vec{B} \Rightarrow (\text{H/M κύματα } \vec{E} \perp \vec{B} \text{ συνεχώς}) \quad S = \frac{1}{\mu_0} EB \Leftrightarrow P/A = \frac{1}{\mu_0} EB$$

$$\left. \begin{aligned} \Leftrightarrow P_{av} &= \frac{1}{2A} \mu_0 E_m B_m \\ E_m &= C B_m \end{aligned} \right\}$$

$$\Rightarrow \frac{P_{av}}{A} = \frac{1}{2\mu_0} \frac{1}{c} E_m^2 \Leftrightarrow \frac{P_{av}}{4\pi r^2} = \frac{E_m^2}{2\mu_0 c} \Leftrightarrow E_m^2 = \frac{2\mu_0 c P_{av}}{4\pi r^2} E_m = \sqrt{\frac{\mu_0 c P_{av}}{2\pi r^2}} \Leftrightarrow E_m = 62.6 \text{ V/m}$$

$$\text{Επομένως } B_m = \frac{E_m}{C} = \frac{62.6}{3 \cdot 10^8} \text{ T} \Rightarrow B_m = 2.09 \cdot 10^{-7} \text{ T}$$

(β)

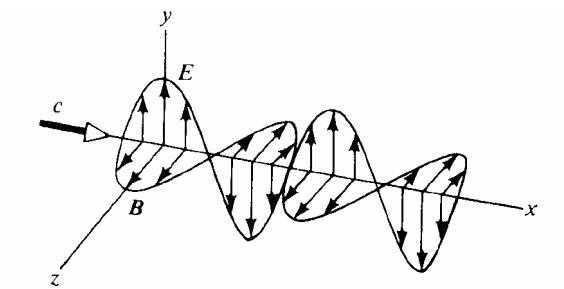
Η πυκνότητα ενέργειας είναι ίση με :

$$u_{AV} = \frac{1}{2} \epsilon_0 E_m^2 = 8.85 \cdot 10^{-12} \frac{1}{2} (62.6)^2 \Leftrightarrow u_{AV} = (4.425)(3918.76) \cdot 10^{-12} \Leftrightarrow u_{AV} = 1.73 \cdot 10^{-8} \text{ J/m}^3$$

Άσκηση 2

Το παρακάτω σχήμα απεικονίζει ένα επίπεδο αρμονικό ηλεκτρομαγνητικό κύμα που διαδίδεται κατά την διεύθυνση του άξονα x. Το μήκος κύματος είναι 50 m και το ηλεκτρικό πεδίο ταλαντώνεται στο επίπεδο xy και έχει πλάτος 22 V/m. Υπολογίστε

α) την συχνότητα, β) το μέτρο και την κατεύθυνση του B, όταν το ηλεκτρικό πεδίο έχει την μέγιστη τιμή του στην αρνητική κατεύθυνση του άξονα y και γ) γράψτε μια έκφραση του B της μορφής $B = B_m \cos(kx - \omega t)$ με αριθμητικές τιμές των B_m , k και ω .



Λύση

(a)

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{6,28}{50} \Leftrightarrow k = 0.1256 m^{-1}$$

$$\lambda \cdot f = c \Leftrightarrow f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \cdot 10^8 m/sec}{50m} = 0.06 \cdot 10^8 (Hz) \Leftrightarrow f = 6 \cdot 10^6 Hz = 6 MHz$$

$$\omega = 2\pi f = 6.28 \cdot 6 \cdot 10^6 \Leftrightarrow \omega = 37.68 \cdot 10^6 \frac{\text{στροφές}}{\text{sec}}$$

(b)

$$E_m = cB_m \Leftrightarrow B_m = \frac{E_m}{c} = \frac{22}{3 \cdot 10^8} \Leftrightarrow B_m = 7.3 \cdot 10^{-8} T$$

Έχει κατεύθυνση προς την (-Z) κατεύθυνση.

(γ)

$$\left. \begin{aligned} B &= B_m \cos(kx - \omega t) \\ B_m &= 73 nT \\ k &= 0.1256 m^{-1} \\ \omega &= 37.68 \cdot 10^6 rad/sec \end{aligned} \right\}$$

$$\Rightarrow B = 73 \cdot 10^{-9} \cos(0.1256x - 37.6 \cdot 10t)$$

Άσκηση 3

Ποια είναι η μέση τιμή του μέτρου του διανύσματος Poynting σε απόσταση 5 μιλίων από ένα ραδιοφωνικό πομπό, που εκπέμπει ισότροπα με μέση ισχύ 250 kW;

Λύση

$$S_{AV} = I_{AV} = \frac{P_{AV}}{4\pi r^2} = \frac{250 \cdot 10^3 \text{ watt}}{4\pi(5 \cdot 1609)^2} = \frac{250 \cdot 10^3}{10256(25 \cdot 2588881)} = \frac{250 \cdot 10^3}{81290863.4} = 3.07 \cdot 10^{-3} \text{ watt} / m^2$$

Άσκηση 4

Ένα laser για εκπαιδευτικούς σκοπούς He – Ne λειτουργεί σε μια τυπική ισχύ των 5 mW. α) Προσδιορίστε την μέγιστη τιμή του ηλεκτρικού πεδίου σε ένα σημείο, όπου η κάθετος διατομή της δέσμης είναι 4 mm². β) Υπολογίστε την ηλεκτρομαγνητική ενέργεια που περιέχεται σε μήκος 1 m της δέσμης.

Λύση

(α)

Η μέση ισχύς του Laser δια την επιφάνεια της δέσμης μας δίνει την ένταση της ακτινοβολίας του Laser άρα:

$$\left. \begin{array}{l} \frac{P}{A} = \frac{E_m B_m}{2\mu_0} \\ \frac{E_m}{B_m} = c \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{P}{A} = \frac{E_m^2}{2\mu_0 c} E_m = \sqrt{2\mu_0 c \frac{P}{A}} = \sqrt{2 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 3 \cdot 10^8 \frac{5 \cdot 10^{-3}}{4 \cdot 10^{-6}}} \Leftrightarrow$$

$$E_m = \sqrt{(75 \cdot 36) \cdot 10 \cdot 1.25 \cdot 10^{+3}} = \sqrt{942 \cdot 10^{+3}} \Leftrightarrow E_m = 9.7 \cdot 10^{+2} V / m$$

(β)

$$u_{H/M} = \frac{1}{2} E_0 E_m^2 \Leftrightarrow \frac{\text{ενέργεια}}{A \cdot l} = \frac{1}{2} E_0 E_m^2 \Leftrightarrow \frac{\text{ενέργεια}}{A \cdot l} = A \frac{1}{2} E_0 E_m^2 = \frac{1}{2} 4 \cdot 10^{-6} \cdot 8.85 \cdot 10^{-12} \cdot 94.09 \cdot 10^{-9} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \frac{\text{ενέργεια}}{A \cdot l} = 1665.393 \cdot 10^{-22} \frac{joule}{m}$$

Άσκηση 5

Σε ένα τόπο στη Γή, η τιμή rms του μαγνητικού πεδίου που οφείλεται στην ηλιακή ακτινοβολία είναι 1.8 μT . Από αυτή την τιμή υπολογίστε α) την μέση τιμή του ηλεκτρικού πεδίου της ηλιακής ακτινοβολίας β) την μέση πυκνότητα ενέργειας της ηλιακής συνιστώσας της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας στον τόπο αυτό, γ) το μέτρο του διανύσματος Poynting για την ηλιακή ακτινοβολία.

Λύση

(α)

Η rms τιμή του Μ.Π με το πλάτος του συνδέεται με :

$$B_{rms} = \frac{B_m}{\sqrt{2}} \Leftrightarrow B_m = \sqrt{2} B_{rms} = \sqrt{2} \cdot 1.8 \cdot 10^{-6} \Leftrightarrow B_m = 2.55 \cdot 10^{-6} T$$

Η ενεργός τιμή του Η.Π είναι ίση με :

$$E_{rms} = \frac{E_m}{\sqrt{2}} = \frac{B_m}{\sqrt{2}} = \frac{2.55 \cdot 10^{-6} \cdot 3 \cdot 10^8}{\sqrt{2}} = \frac{7.65 \cdot 10^2}{1.414} = 5.41 \cdot 10^2 = 541 Nt / Cb$$

(β)

$$u_{H/M} = \frac{1}{2} \epsilon_0 \left(\frac{E_m}{\sqrt{2}} \right)^2 = \frac{1}{2} 8.85 \cdot 10^{-12} \left(\frac{B_m c}{\sqrt{2}} \right)^2 \Leftrightarrow u_{H/M} = \frac{1}{2} (4.425) \cdot 10^{-12} \cdot (2.55 \cdot 10^{-6} \cdot 3 \cdot 10^8)$$

$$\Leftrightarrow u_{H/M} = \frac{1}{2} (4.425) \cdot 10^{-12} \cdot (58.52 \cdot 10^4) \Leftrightarrow u_{H/M_{AV0}} = \frac{1}{2} 258.96 \cdot 10^{-8} \text{ joule} / m^3 = 129.48 \cdot 10^{-8} \text{ joule} / m^3$$

$$\Leftrightarrow u_{H/M_{AV0}} = \frac{1}{2} 258.96 \cdot 10^{-8} \text{ joule} / m^3 = 129.48 \cdot 10^{-8} \text{ joule} / m^3$$

(γ)

$$S_{AV} = c \cdot u_{AV} = 3 \cdot 10^8 \cdot 129.48 \cdot 10^{-8} \text{ Watt} / m^2 \Leftrightarrow S_{AV} = 389 \text{ Watt} / m^2$$

Άσκηση 6

Ο Ήλιος παρέχει στην επιφάνεια της Γης 1000 περίπου W/m^2 στο ορατό μέρος του Η/Μ φάσματος. α) Υπολογίστε την ολική ισχύ που προσπίπτει σε οροφή διαστάσεων $8 \text{ m} \times 20 \text{ m}$. β) Εάν υποτεθεί ότι η οροφή είναι τέλειος απορροφητής, υπολογίστε την πίεση της ακτινοβολίας καθώς και την δύναμη που ασκεί η ακτινοβολία επάνω στην οροφή

Λύση

(α)

Η ένταση της Η.Μ ακτινοβολίας του ήλιου δίνεται απο την σχέση:

$$I = S_{AV0} = \frac{P}{A} \quad (1)$$

Εάν $A = 160 \text{ m}^2$ τότε από (1) έχω:

$$S_{AV} = \frac{P}{A} \Leftrightarrow$$

$$\left. \begin{aligned} \Leftrightarrow P_{o\lambda} &= AS_{AV} \\ S_{AV} &= 1000 \text{ W} / \text{m}^2 \end{aligned} \right\}$$

$$P_{o\lambda} = 160 \cdot 1000 = 160000 \text{ Watt}$$

(β)

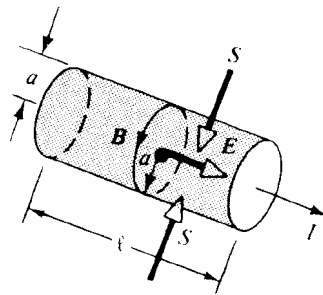
Αφού η οροφή είναι τέλειος απορροφητής τότε:

$$P = \frac{S}{c} = \frac{1000}{3 \cdot 10^8} = 3.33 \cdot 10^{-6} \text{ N} / \text{m}^2$$

$$P = \frac{F}{A} \Leftrightarrow F = P \cdot A = 3.33 \cdot 10^{-6} \cdot 160 \Leftrightarrow F = 532.8 \cdot 10^{-6} \text{ Nt}$$

Άσκηση 7

Ένα μακρύ ευθύγραμμο σύρμα αντίστασης R , ακτίνας a και μήκους l διαρρέεται από ρεύμα I . Υπολογίστε το διάνυσμα Poynting.



Λύση

Το διάνυσμα Poynting συνδέεται με το πλάτος του Η/Π και του Μ/Π με την σχέση:

$$S_{AV} = \frac{E_m B_m}{\mu_0} = \frac{EB}{\mu_0} \quad (1)$$

Από τον νόμο του Ampere γνωρίζω ότι ο ρευματοφόρος αγωγός δημιουργεί Μ.Π στον γύρω χώρο του σύμφωνα με την σχέση:

$$\oint B ds = \mu_0 I \Leftrightarrow B 2\pi a = \mu_0 I \Leftrightarrow B = \frac{\mu_0 I}{2\pi a} \quad (2)$$

Από (1),(2) έχω:

$$\left. \begin{aligned} S_{AV} &= \frac{E}{\mu_0} \frac{\mu_0 I}{2\pi a} = \frac{EI}{2\pi a} \\ E &= \frac{V}{l} = \frac{IR}{l} \end{aligned} \right\} \Leftrightarrow S_{AV} = \frac{I^2 R}{2\pi a l}$$

Άσκηση 8

Ένα ραδιοφωνικό κύμα μεταφέρει 25 W/m^2 ισχύος ανά μονάδα επιφάνειας. Μια επίπεδη επιφάνεια εμβαδού A είναι κάθετη προς την διεύθυνση διάδοσης του κύματος. Υπολογίστε την πίεση ακτινοβολίας στην επιφάνεια, αν αυτή είναι τέλειος απορροφητής.

Λύση

$$S_{AV} = \frac{P}{A}$$

Αφού η επιφάνεια είναι τέλειος απορροφητής τότε η πίεση που ασκεί στην επιφάνεια είναι:

$$P = \frac{S}{c} = \frac{25W / m^2}{3 \cdot 10^8 m / sec} = 8.33 \cdot 10^{-8} Nt / m^2$$

Άσκηση 9

Προσδιορίστε την ορμή ανά μονάδα όγκου σε ένα laser He-Ne χαμηλής ισχύος (2mW) αν η δέσμη έχει διάμετρο 2.5 mm.

Λύση

Η ορμή ενός Η.Μ κύματος δίνεται από την σχέση :

$$\left. \begin{aligned} p &= \frac{U}{c} & (1) \\ P &= \frac{U}{t} \Leftrightarrow U = P \cdot t & (2) \end{aligned} \right\}$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow^{(1),(2)} p &= \frac{P \cdot t}{c} \Leftrightarrow p = \frac{P \cdot l}{c^2} \Leftrightarrow p = \frac{P \cdot A \cdot l}{A \cdot c^2} \Leftrightarrow \frac{p}{V} = \frac{P}{A \cdot c^2} \Leftrightarrow \frac{p}{V} = \frac{2 \cdot 10^{-3}}{9 \cdot 10^{16} \pi r^2 m^2} = \\ &= \frac{0.22 \cdot 10^{-3}}{10^{16} \cdot 3.14 \cdot (1.25 \cdot 10^{-3})^2} \Leftrightarrow \frac{p}{V} = \frac{0.22 \cdot 10^{-3}}{3.14 \cdot 1.56 \cdot 10^{10}} \Leftrightarrow \frac{p}{V} = 0.044 \cdot 10^{-13} \frac{joule \cdot sec}{m^4} \end{aligned}$$

Άσκηση 10

Ένας πομπός μικροκυμάτων εκπέμπει μονοχρωματικά ηλεκτρομαγνητικά κύματα. Το πλάτος του ηλεκτρικού πεδίου σε απόσταση 1 km από τον πομπό είναι 6.0 V/m. Εάν υποτεθεί ότι ο πομπός είναι σημειακή πηγή και εάν δεν ληφθούν υπ' όψιν τα κύματα που ανακλώνται από την Γή α) υπολογίστε το μέγιστο μαγνητικό πεδίο σε αυτή την απόσταση και β) την ολική ισχύ την εκπεμπόμενη από τον πομπό.

Λύση

(α)

Οποιαδήποτε χρονική στιγμή ισχύει ότι:

$$\frac{E_m}{B_m} = C \Leftrightarrow B_m = \frac{E_m}{C} = \frac{6.0}{3 \cdot 10^8} = 2 \cdot 10^{-8} T$$

(β)

Ισχύει ότι το διάνυσμα Poynting είναι:

$$S = \frac{E_m B_m}{2\mu_{\chi 0}} = \frac{P}{A} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow P = \pi r^2 \frac{E_m B_m}{2\mu_{\chi 0}} \Leftrightarrow P = (3.14) \cdot (10^3)^2 \frac{(6.0) \cdot (2 \cdot 10^{-8})}{2 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7}} \Leftrightarrow P = \frac{6.0}{4} \cdot 10^5 = 1.5 \cdot 10^5 Watt$$

Άσκηση 11

Ένα επίπεδο φύλλο απείρων διαστάσεων κείται στο επίπεδο yz και διαρρέεται από αρμονικό ρεύμα του οποίου η γραμμική πυκνότητα έχει μέγιστη τιμή 5 A/m. α) Υπολογίστε την μέγιστη τιμή του εκπεμπόμενου μαγνητικού και ηλεκτρικού πεδίου. β) Ποια είναι η μέση ισχύς που προσπίπτει σε μια άλλη επίπεδη επιφάνεια 3 m² που είναι παράλληλη προς το φύλλο;

Λύση

(α)

Από τον νόμο του Ampere έχω:

$$\oint B \cdot ds = \mu_0 I \Leftrightarrow \oint B \cdot ds = \mu_0 j l \Leftrightarrow 2Bl = \mu_0 j l \Leftrightarrow B = \frac{\mu_0 j}{2} \quad (1)$$

Από (1) καταλαβαίνουμε ότι εάν το ξ πάρει την μέγιστη τιμή του τότε και το Μ.Π παίρνει την μέγιστη τιμή του B_m

Άρα

$$B_m = \frac{\mu_0}{2} j_m = 4\pi \cdot 10^7 \frac{1}{2} 5 = 10\pi \cdot 10^{-7} \Leftrightarrow B_m = 31.4 \cdot 10^{-7} T$$

$$\frac{E_m}{B_m} = c \Leftrightarrow E_m = (3 \cdot 10^8) \cdot (31.4 \cdot 10^{-7}) = 94.2 \cdot 10 \Leftrightarrow E_m = 942 V/m$$

(β)

$$S_{AN} = \frac{B_m E_m}{2\mu_0} = \frac{(31.4 \cdot 10^{-7})(942)}{2 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7}} \Leftrightarrow P = \frac{29578.8}{8\pi} \cdot 3 \Leftrightarrow P = 3532.5 \text{ watt}$$

Άσκηση 12

Μια ορθογώνια επιφάνεια διαστάσεων $120 \text{ cm} \times 40 \text{ cm}$ είναι παράλληλη και απέχει 4.4 m από ένα πολύ μεγάλο αγώγιμο φύλλο το οποίο διαρρέεται από αρμονικά μεταβαλλόμενο επιφανειακό ρεύμα που έχει μέγιστη τιμή ίση με 10 A/m . α) Υπολογίστε την μέση ισχύ που προσπίπτει στο μικρότερο φύλλο. β) Ποια ισχύ ανά μονάδα επιφάνειας ακτινοβολείται από το ρευματοφόρο φύλλο;

Λύση

(α)

Το Μ.Π που δημιουργείται γύρω από άπειρω διαστάσεων ρευματοφόρο αγωγό δίνεται από την σχέση;

$$B = \mu_0 \frac{j}{2} \Leftrightarrow B_m = \mu_0 \frac{j_m}{2} = 2\pi \cdot 10^{-7} \cdot 10 \Leftrightarrow B_m = 6.28 \cdot 10^{-6} T$$

Επομένως το πλάτος του ηλεκτρικού πεδίου δίνεται από την σχέση :

$$E_m = c \cdot B_m = 3 \cdot 10^8 \cdot 6.28 \cdot 10^{-6} \Leftrightarrow E_m = 18.84 \cdot 10^2 V/m$$

Η ένταση της Η/Μ ακτινοβολίας είναι ίση με :

$$I = \frac{P}{A} = \frac{B_m E_m}{2\mu_0} \Leftrightarrow P = \frac{B_m E_m}{2\mu_0} A = \frac{(6.28 \cdot 10^{-6})(18.84 \cdot 10^2)}{2 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7}} \cdot 4800 \cdot 10^{-4} \Leftrightarrow P = 2260.8 \text{ Watt}$$

(β)

Η ισχύς ανά μονάδα επιφάνειας δίνεται από το μέτρο του μέσου διανύσματος Poynting:

$$S_{AV} = \frac{P}{A} = \frac{E_m B_m}{2\mu_0} = \frac{118.31 \cdot 10^{-4}}{25.12 \cdot 10^{-7}} = 4.71 \cdot 10^3 \text{ Watt} / \text{m}^2$$

Άσκηση 13

Ποιο είναι το μήκος μιας κεραίας ημικύματος, αν πρόκειται να εκπέμπει ραδιοφωνικά κύματα συχνότητας 20 MHz;

Λύση

Το μήκος της κεραίας είναι

$$l = \frac{\lambda}{2} \quad (1)$$

$$f \cdot \lambda = c \Rightarrow \lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{20 \cdot 10^6} \Leftrightarrow \lambda = 1.5 \cdot 10 \text{ m} \Leftrightarrow \lambda = 15 \text{ m}$$

Άρα από την (1) το μήκος της κεραίας είναι **l=7.5m**

Άσκηση 14

Σε ένα οικισμό πρόκειται να κατασκευαστεί μια εγκατάσταση που θα μετατρέπει την ηλιακή ακτινοβολία σε ηλεκτρική ισχύ. Ο οικισμός χρειάζεται ισχύ 1 MW και το σύστημα της εγκατάστασης έχει απόδοση 30%. Πόσο πρέπει να είναι το εμβαδόν μιας επιφάνειας που είναι τέλειος απορροφητής και θα χρησιμοποιηθεί στην εγκατάσταση, εάν υποθεθεί σταθερή ροή ενέργειας 1000 W / m²;

Λύση

Το μέσο διάνυσμα Poynting είναι ίσο με:

$$S_{av} = \frac{P}{A} \quad (1)$$

Στην (1) το P είναι η προσπίπτουσα ηλιακή ισχύς.

Άρα:

$$\frac{P_{οικ}}{P_{\eta\lambda}} = 0.3 \Leftrightarrow P_{\eta\lambda} = \frac{P_{οικ}}{0.3} = \frac{10^6}{0.3} = 0.3 \cdot 10^7 \text{ Watt}$$

Άρα :

$$S_{av} = \frac{0.3 \cdot 10^7}{A} \Leftrightarrow A = \frac{0.3 \cdot 10^7}{10^3} \Leftrightarrow A = 0.3 \cdot 10^4 \text{ m}^2$$

Άσκηση 15

Ένα μικροκύμα γραμμικά πολωμένο μήκους κύματος 1.5 cm διαδίδεται κατά την θετική κατεύθυνση του άξονα x. Το διάνυσμα του ηλεκτρικού πεδίου έχει πλάτος 175 V/m και ταλαντώνεται στο επίπεδο xy. α) Υποθέστε ότι η συνιστώσα του μαγνητικού πεδίου του κύματος μπορεί να γραφεί υπό την μορφή $B = B_o \sin(kx - \omega t)$ και δώστε τιμές στα B_o , k , και ω . Επίσης προσδιορίστε σε ποιο επίπεδο ταλαντώνεται το διάνυσμα του μαγνητικού πεδίου. β) Υπολογίστε το διάνυσμα Poynting. γ) Πόση πίεση ακτινοβολίας θα ασκεί αυτό το κύμα αν κατευθύνεται προς ένα φύλλο που είναι τέλειος ανακλαστής και προσπίπτει κάθετα σε αυτό; δ) Ποια επιτάχυνση θα αποκτούσε ένα φύλλο 500 g με διαστάσεις $1\text{ m} \times 0.75\text{ m}$;

Λύση

(α)

Εφόσον το κύμα διαδίδεται στην διεύθυνση του άξονα x το Η.Π θα ταλαντώνεται στην διεύθυνση του άξονα y
οποιαδήποτε χρονική στιγμή t ισχύει ότι:

$$\frac{E_m}{B_m} = c \Leftrightarrow B_m = \frac{E_m}{c} = \frac{175}{3 \cdot 10^8} = 58.3 \cdot 10^{-8} \text{ T}$$

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{6.28}{1.5 \cdot 10^{-2}} = 4.18 \cdot 10^2 \text{ m}^{-1}$$

$$\lambda f = c \Leftrightarrow 2\pi\lambda f = 2\pi c \Leftrightarrow \lambda\omega = 2\pi c \Leftrightarrow \omega = \frac{2\pi c}{\lambda} = \frac{6.28 \cdot 3 \cdot 10^8}{1.5 \cdot 10^{-2}} = 12.56 \cdot 10^{10} \text{ rad/sec}$$

Το Μ.Π λοιπόν γράφεται ως:

$$\vec{B} = (58.3 \cdot 10^{-8}) \sin(4.18 \cdot 10^2 x - 12.5 \cdot 10^{10} t) \hat{z}$$

Ταλαντώνεται το $\vec{B}$ στο πεδίο xz

(β)

$$S_{AV} = \frac{B_m E_m}{2\mu_0} = \frac{(58.3 \cdot 10^{-8})(175)}{2 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7}} \Leftrightarrow S_{AV} = 406.15 \cdot 10^{-1} \Leftrightarrow S_{AV} = 40.6 W / m^2$$

(γ)

Εάν το φύλλο είναι τέλειος ανακλαστής τότε:

$$P = \frac{2S}{c} = \frac{2 \cdot 40.6}{3 \cdot 10^8} = 27 \cdot 10^{-8} Nt / m^2$$

(δ)

$$P = \frac{F}{A} \Leftrightarrow m \cdot \gamma = P \cdot A \Leftrightarrow \gamma = \frac{PA}{m} = \frac{27 \cdot 10^{-8} \cdot 0.75}{500 \cdot 10^{-3}} \Leftrightarrow \gamma = 4.05 \cdot 10^{-7} m / sec^2$$