

Ondas Electromagnéticas

Problemas Resolvidos

VI.1 3º teste 2005/2006

Uma onda plana monocromática propaga-se num meio não magnético ($\mu \simeq \mu_0$). Sabe-se a expressão do campo \vec{E} :

$$\begin{cases} E_x = E_0 \cos \left[\omega t + |\vec{k}| \left(\frac{1}{\sqrt{2}}x - \frac{1}{\sqrt{2}}y \right) \right] \\ E_y = E_0 \cos \left[\omega t + |\vec{k}| \left(\frac{1}{\sqrt{2}}x - \frac{1}{\sqrt{2}}y \right) \right] \\ E_z = \sqrt{2} E_0 \cos \left[\omega t + |\vec{k}| \left(\frac{1}{\sqrt{2}}x - \frac{1}{\sqrt{2}}y \right) - \frac{\pi}{2} \right] \end{cases}$$

onde $\omega = 10^3$ rad/s, $|\vec{k}| = 5 \times 10^{-6}$ m⁻¹

- Determine o índice de refração do meio onde a onda se propaga.
- Determine a direcção de propagação.
- Verifique que a expressão do campo \vec{E} descreve uma onda transversal.
- Determine a polarização da onda.
- Determine a amplitude E_0 sabendo que o valor médio do vector de Poynting é $\langle |\vec{S}| \rangle = 10^{-3}$ W/m².

Resolução

VI.2 3º teste 2004/2005

Uma onda electromagnética plana propaga-se num meio dieléctrico ($\mu_r = 1$). O seu campo \vec{E} é dado por

$$\begin{cases} E_x = E_0 \cos [8 \times 10^5 t + 4 \times 10^{-3} y] \\ E_y = 0 \\ E_z = -E_0 \sin [8 \times 10^5 t + 4 \times 10^{-3} y] \end{cases} \quad (\text{V/m}),$$

onde t vem em segundos, y em metros e $E_0 = 10^{-3}$ V/m. Determine:

- a direcção e o sentido da propagação da onda;
- o índice de refração do meio;
- a polarização da onda;
- o campo \vec{H} da onda;
- o valor médio do vector de Poynting.

Resolução

VI.3 3º teste 2004/2005

Uma onda electromagnética plana propaga-se num meio dieléctrico ($\mu_r = 1$). O seu campo \vec{E} é dado por

$$\begin{cases} E_x = E_0 \cos [6 \times 10^5 t + \alpha x + \sqrt{3} \times 10^{-3} y + \sqrt{3} \times 10^{-3} z] \\ E_y = -2E_0 \cos [6 \times 10^5 t + \alpha x + \sqrt{3} \times 10^{-3} y + \sqrt{3} \times 10^{-3} z] \\ E_z = E_0 \cos [6 \times 10^5 t + \alpha x + \sqrt{3} \times 10^{-3} y + \sqrt{3} \times 10^{-3} z] \end{cases} \quad (\text{V/m}),$$

onde t vem em segundos, x , y e z em metros e $E_0 = 10^{-3}$ V/m. Determine:

- a constante α de modo a que a expressão para \vec{E} corresponda de facto a uma onda plana electromagnética.
- a direcção e o sentido da propagação da onda;

3. o índice de refração do meio;
4. a polarização da onda;
5. o campo \vec{H} da onda;
6. o valor médio do vector de Poynting.

Resolução

VI.4 3º teste 2004/2005

Uma onda electromagnética plana propaga-se num meio dieléctrico ($\mu_r = 1$). O seu campo \vec{E} é dado por

$$\begin{cases} E_x = E_0 \cos \left[8 \times 10^5 t + \frac{4}{\sqrt{3}} \times 10^{-3} x + \frac{4}{\sqrt{3}} \times 10^{-3} y + \frac{4}{\sqrt{3}} \times 10^{-3} z \right] \\ E_y = \delta E_0 \cos \left[8 \times 10^5 t + \frac{4}{\sqrt{3}} \times 10^{-3} x + \frac{4}{\sqrt{3}} \times 10^{-3} y + \frac{4}{\sqrt{3}} \times 10^{-3} z \right] \\ E_z = E_0 \cos \left[8 \times 10^5 t + \frac{4}{\sqrt{3}} \times 10^{-3} x + \frac{4}{\sqrt{3}} \times 10^{-3} y + \frac{4}{\sqrt{3}} \times 10^{-3} z \right] \end{cases} \quad (\text{V/m}),$$

onde t vem em segundos, x , y e z em metros e $E_0 = 10^{-3} \text{ V/m}$. Determine:

1. a constante δ de modo a que a expressão para \vec{E} corresponda de facto a uma onda plana electromagnética.
2. a direcção e o sentido da propagação da onda;
3. o índice de refração do meio;
4. a polarização da onda;
5. o campo \vec{H} da onda;
6. o valor médio do vector de Poynting.

Resolução

Problemas com solução

VI.5 3º teste 2005/2006

Uma onda plana monocromática propaga-se num meio não magnético ($\mu \simeq \mu_0$). Sabe-se a expressão do campo \vec{H} :

$$\begin{cases} H_x = H_0 \cos \left[\omega t - |\vec{k}| \left(\frac{1}{\sqrt{3}} x - \frac{1}{\sqrt{3}} y + \frac{1}{\sqrt{3}} z \right) \right] \\ H_y = 0 \\ H_z = H_0 \cos \left[\omega t - |\vec{k}| \left(\frac{1}{\sqrt{3}} x - \frac{1}{\sqrt{3}} y + \frac{1}{\sqrt{3}} z \right) + \alpha \right] \end{cases}$$

onde $\omega = 2 \times 10^3 \text{ rad/s}$, $|\vec{k}| = 10^{-5} \text{ m}^{-1}$, $H_0 = 10^{-3} \text{ A/m}$.

- a) Determine o índice de refração do meio onde a onda se propaga.
- b) Determine a direcção de propagação.
- c) Determine o valor da **fase constante** α , para que a expressão do campo \vec{H} descreva de facto uma onda transversal.
- d) Determine a polarização da onda.
- e) Determine o campo \vec{E} .

Solução

Outros Problemas

VI.6 3º teste 2003/2004

Uma onda electromagnética plana propaga-se num meio dieléctrico ($\mu_r = 1$). O seu campo \vec{H} é dado por

$$\begin{cases} H_x = H_0 \cos [6 \times 10^5 t + \sqrt{3} \times 10^{-3} x + \sqrt{3} \times 10^{-3} y + \alpha z] \\ H_y = H_0 \cos [6 \times 10^5 t + \sqrt{3} \times 10^{-3} x + \sqrt{3} \times 10^{-3} y + \alpha z] \\ H_z = -2H_0 \cos [6 \times 10^5 t + \sqrt{3} \times 10^{-3} x + \sqrt{3} \times 10^{-3} y + \alpha z] \end{cases} \quad (\text{A/m}) ,$$

onde t vem em segundos e x , y e z em metros. Determine:

1. a constante α de modo a que a expressão de \vec{H} corresponda de facto a uma onda plana electromagnética;
2. a direcção e o sentido da propagação da onda;
3. o campo \vec{E} da onda;
4. a polarização da onda;
5. o valor médio do vector de Poynting.

VI.7 3º teste 2003/2004

Uma onda electromagnética plana propaga-se num meio dieléctrico ($\mu_r = 1$). O seu campo \vec{E} é dado por

$$\begin{cases} E_x = E_0 \sin [2 \times 10^6 t + 1 \times 10^{-2} y] \\ E_y = 0 \\ E_z = E_0 \cos [2 \times 10^6 t + 1 \times 10^{-2} y] \end{cases} \quad (\text{V/m}) ,$$

onde t vem em segundos e y em metros. Determine:

1. a direcção e o sentido da propagação da onda;
2. o índice de refração do meio;
3. o campo \vec{H} da onda;
4. a polarização da onda;
5. o valor médio do vector de Poynting.

VI.8 3º teste 2003/2004

Uma onda plana electromagnética, com comprimento de onda $\lambda = 100 \text{ nm}$, propaga-se no sentido negativo do eixo dos y . Sabe-se que o valor médio da densidade de energia electromagnética é 10^{-10} J/m^3 e que a onda tem polarização linear. O meio material onde a onda se propaga é não magnético ($\mu \simeq \mu_0$) e tem constante dieléctrica $\epsilon = 2 \epsilon_0$.

1. Qual o índice de refração do meio?
2. Qual a frequência angular da onda?
3. Qual o vector de onda?
4. Qual a amplitude do campo \vec{E} ?
5. Escreva a expressão do campo \vec{E} , sabendo que a direcção do campo \vec{H} é segundo o eixo do x .

VI.9 3º teste 2004/2005

Uma onda electromagnética plana propaga-se num meio dieléctrico ($\mu_r = 1$). O seu campo \vec{E} é dado por

$$\begin{cases} E_x = E_0 \cos [6 \times 10^4 t + \sqrt{3} \times 10^{-3} x + \alpha y - \sqrt{3} \times 10^{-4} z] \\ E_y = -2E_0 \cos [6 \times 10^4 t + \sqrt{3} \times 10^{-3} x + \alpha y - \sqrt{3} \times 10^{-4} z] \\ E_z = -E_0 \cos [6 \times 10^4 t + \sqrt{3} \times 10^{-3} x + \alpha y - \sqrt{3} \times 10^{-4} z] \end{cases} ,$$

onde t vem em segundos, x , y e z em metros e $E_0 = 10^{-3}$ V/m. Determine:

1. a constante α de modo a que a expressão para \vec{E} corresponda de facto a uma onda plana electromagnética.
2. a direcção e o sentido da propagação da onda;
3. o índice de refração do meio;
4. a polarização da onda;
5. o campo \vec{H} da onda;
6. o valor médio do vector de Poynting.

VI.10 3º teste 2004/2005

Uma onda plana monocromática propaga-se num meio não magnético ($\mu \simeq \mu_0$). Sabe-se a expressão do campo \vec{E} :

$$\begin{cases} E_x = E_0 \cos \left[\omega t - |\vec{k}| \left(\frac{1}{\sqrt{2}} x + \frac{1}{\sqrt{2}} y \right) \right] \\ E_y = -E_0 \cos \left[\omega t - |\vec{k}| \left(\frac{1}{\sqrt{2}} x + \frac{1}{\sqrt{2}} y \right) \right] \\ E_z = \alpha E_0 \sin \left[\omega t - |\vec{k}| \left(\frac{1}{\sqrt{2}} x + \frac{1}{\sqrt{2}} y \right) \right] \end{cases}$$

onde $\omega = 10^3$ rad/s, $|\vec{k}| = 5 \times 10^{-6}$ m⁻¹

- a) Determine o índice de refração do meio onde a onda se propaga.
 - b) Determine a direcção de propagação.
 - c) Verifique que a expressão do campo \vec{E} descreve uma onda transversal.
 - d) Determine α para que a onda descreva uma polarização circular esquerda.
 - e) Determine a amplitude E_0 sabendo que o valor médio do vector de Poynting é $\langle |\vec{S}| \rangle = 10^{-3}$ W/m².
- Se não determinou α apresente o resultado em função deste parâmetro.