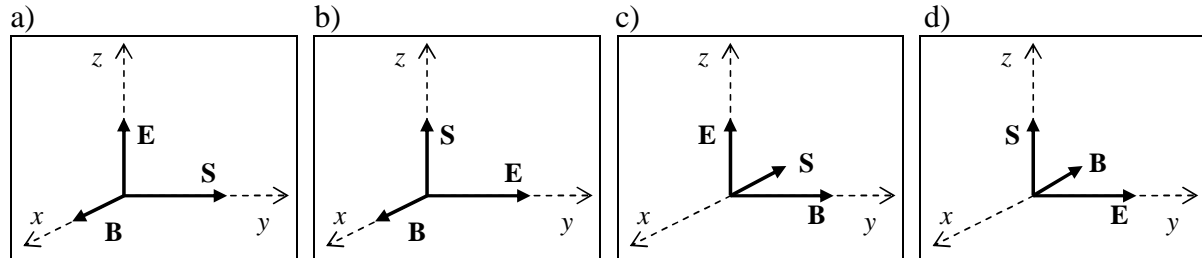


Qüestions d'ones electromagnètiques

1. A les quatre figures es representen els valors instantanis en un punt de l'espai del camp elèctric \mathbf{E} , del camp magnètic \mathbf{B} , i del vector de Poynting \mathbf{S} , d'una ona electromagnètica. Quina representació és INCORRECTE?



2. Una ona electromagnètica es propaga en el sentit negatiu de l'eix de les y . El camp elèctric en un punt de l'espai està dirigit instantàniament en el sentit positiu de l'eix de les x . En aquest punt i en el mateix instant, el camp magnètic està dirigit en el

- sentit negatiu de l'eix de les x
- sentit positiu de l'eix de les y
- sentit positiu de l'eix de les z
- sentit negatiu de l'eix de les z

3. Sabent que el camp elèctric associat a una ona electromagnètica plana, harmònica i linealment polaritzada és de la forma $\mathbf{E}(x,t) = (E_0\mathbf{k})\sin(kx - \omega t)$, determineu quina de les següents afirmacions és certa:

- l'ona avança en el sentit negatiu de les x i el camp magnètic és $\mathbf{B}(x,t) = -(B_0\mathbf{j})\sin(kx - \omega t)$
- l'ona avança en el sentit negatiu de les x i el camp magnètic és $\mathbf{B}(x,t) = (B_0\mathbf{j})\sin(kx - \omega t)$
- l'ona avança en el sentit positiu de les x i el camp magnètic és $\mathbf{B}(x,t) = -(B_0\mathbf{j})\sin(kx - \omega t)$
- l'ona avança en el sentit positiu de les x i el camp magnètic és $\mathbf{B}(x,t) = (B_0\mathbf{j})\sin(kx - \omega t)$

4. Considereu una ona electromagnètica harmònica, plana i linealment polaritzada. Digueu quina afirmació és FALSA:

- El vector de Poynting és perpendicular al camp elèctric.
- El vector de Poynting és paral·lel al camp magnètic.
- El vector de Poynting és paral·lel a la direcció de propagació de l'ona.
- El vector de Poynting té la mateixa direcció i sentit que la velocitat de l'ona.

5. El vector de Poynting d'una ona electromagnètica, harmònica, plana i linealment polaritzada, és $\mathbf{S} = 0.5 \text{ (W/m}^2\text{)} \sin^2(0.73y - 2.19 \times 10^8 t)\mathbf{j}$, en unitats del Sistema Internacional. Quins poden ser els vectors amplitud dels camps elèctric i magnètic?

- $\mathbf{E}_0 = (13.7 \text{ N/C})\mathbf{i}$; $\mathbf{B}_0 = (4.56 \times 10^{-8} \text{ T})\mathbf{k}$
- $\mathbf{E}_0 = (25.2 \text{ N/C})\mathbf{i}$; $\mathbf{B}_0 = (3.7 \times 10^{-8} \text{ T})\mathbf{k}$
- $\mathbf{E}_0 = (13.7 \text{ N/C})\mathbf{k}$; $\mathbf{B}_0 = (4.56 \times 10^{-8} \text{ T})\mathbf{i}$
- $\mathbf{E}_0 = (25.2 \text{ N/C})\mathbf{k}$; $\mathbf{B}_0 = (3.7 \times 10^{-8} \text{ T})\mathbf{i}$

6. L'antena d'una emissora de ràdio emet ones harmòniques esfèriques amb una potència mitjana de 10 kW. Si el senyal ens arriba amb una intensitat de 10^{-4} W/m^2 , a quina distància ens trobem de l'emissora?

- a) 350 m
- b) 790 m
- c) 2821 m
- d) 14350 m

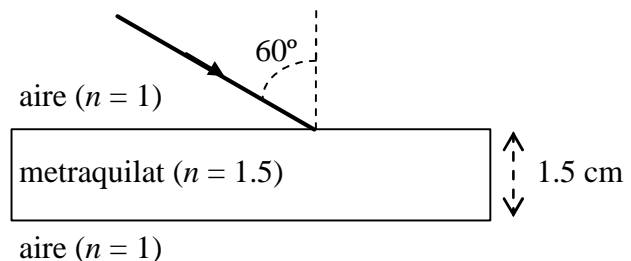
7. Una emissora de ràdio emet uniformement en totes direccions. Si estem a 100 m de la font, la intensitat que rebem és $I_1 = 0.1 \text{ W/m}^2$. Quina serà la intensitat que mesurarem si ens allunyem a 200 m de la font?

- a) 0.025 W/m^2
- b) 0.05 W/m^2
- c) 0.1 W/m^2
- d) 0.125 W/m^2

8. Per mesurar l'índex de refracció d'un vidre enviem (a través de l'aire) un raig de llum que forma un angle de 30° amb l'eix perpendicular a la superfície del vidre. Mesurem un angle de 20° del raig refractat respecte d'aquest mateix eix. Tenint en compte que l'índex de refracció de l'aire és pràcticament 1, quin és l'índex de refracció del vidre?

- a) 1.46
- b) 1.23
- c) 0.68
- d) L'angle del raig refractat mai pot ser inferior a l'angle del raig incident

9. Un raig de llum es propaga per l'aire i incideix sobre una làmina de metraquilat de 1.5 cm de gruix que té un índex de refracció $n = 1.5$. Com s'indica a la figura, l'angle d'incidència format pel raig i la normal a la làmina és de 60° . Quin angle formarà el raig amb la superfície de la làmina (no amb la normal) quan, després de travessar-la, torni a propagar-se per l'aire?



- a) 0°
- b) 30°
- c) 60°
- d) 90°

10. Es fabrica una cable de fibra òptica amb un nucli de quars d'índex de refracció 1.45 envoltat per una capa d'índex 1.47. Si s'envia llum que té una longitud d'ona λ_0 a l'aire, quina de les afirmacions següents és certa?

- a) L'angle crític perquè hi hagi reflexions totals internes és de 80.5° .
- b) La longitud d'ona de la llum dins al nucli de quars és la mateixa que a l'aire.
- c) La freqüència de la llum al nucli de quars és diferent que a l'aire.
- d) La llum no es propagarà pel cable fent reflexions totals internes perquè l'índex de refracció de la capa és més gran que el del nucli.

11. Un feix de llum natural no polaritzada que és propaga amb una intensitat de 8 W/m^2 en la direcció de l'eix de les x , incideix sobre una làmina polaritzadora. Si l'eix de transmissió (també anomenat de polarització) de la làmina forma un angle de 30° amb l'eix de les y , quina és la intensitat de la llum polaritzada que surt de la làmina?

- a) 8 W/m^2
- b) 6 W/m^2
- c) 4 W/m^2
- d) 2 W/m^2

12. Un feix de llum polaritzada que és propaga amb una intensitat de 8 W/m^2 en la direcció de l'eix de les x , incideix sobre una làmina polaritzadora. Si el camp elèctric del feix incident està polaritzat en la direcció de l'eix de les y i l'eix de transmissió (també anomenat de polarització) de la làmina forma un angle de 60° amb l'eix de les y , quina és la intensitat de la llum polaritzada que surt de la làmina?

- a) 8 W/m^2
- b) 6 W/m^2
- c) 4 W/m^2
- d) 2 W/m^2

13. Un feix de llum no polaritzada travessa dos filtres polaritzadors disposats de manera que els seus eixos de transmissió (també anomenats de polarització) formen un angle de 60° . Si la intensitat de la llum abans de travessar-los es I_0 , la intensitat després de fer-ho és

- a) $2I_0$
- b) $I_0/2$
- c) $I_0/4$
- d) $I_0/8$

14. Un feix de llum no polaritzada d'intensitat I_0 travessa dos filtres polaritzadors disposats de manera que els seus eixos de transmissió (o polarització) formen un angle de 30° . Quina fracció de la intensitat inicial I_0 travessarà els dos filtres?

- a) $1/4 = 0.25$
- b) $3/8 = 0.375$
- c) $1/3 = 0.333$
- d) $1/2 = 0.5$

15. Dues fonts coherents emeten ones electromagnètiques en fase amb una longitud d'ona λ . Si d_1 i d_2 són les distàncies de les fonts a un punt P , quina afirmació és certa?

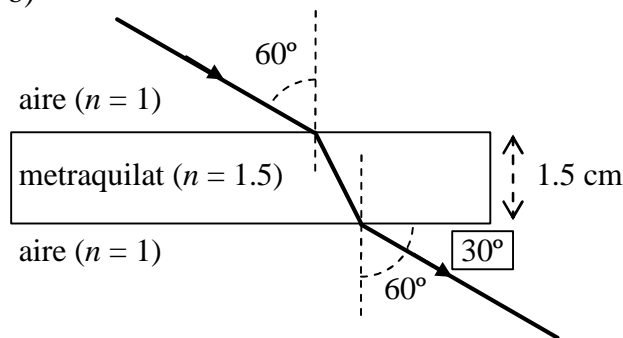
- a) Hi haurà interferència destructiva al punt P si $d_2 - d_1 = 0$
- b) Hi haurà interferència constructiva al punt P si $d_2 - d_1 = \lambda$
- c) Hi haurà interferència destructiva al punt P si $d_2 - d_1 = 2\lambda$
- d) Hi haurà interferència constructiva al punt P si $d_2 - d_1 = \lambda/2$

16. Considereu dos focus emissors d'ones electromagnètiques coherents que emeten en fase. Si d_1 i d_2 són les distàncies dels focus a un punt P , quina de les afirmacions següents és FALSA?

- a) Si $d_2 - d_1 = 0$, al punt P hi ha interferència constructiva.
- b) Si $d_2 - d_1 = \lambda/2$, les ones al punt P estan desfasades π
- c) Si $d_2 - d_1 = 3\lambda$, al punt P hi ha interferència destructiva.
- d) Si $d_2 - d_1 = 4\lambda$, les ones al punt P estan en fase.

Respostes

1. b) No satisfà $\mathbf{S} = (\mathbf{E} \times \mathbf{B})/\mu_0$
2. c) $\mathbf{u} = -\mathbf{j}$; $\mathbf{E} = E\mathbf{i} \rightarrow \mathbf{B} = (\mathbf{u} \times \mathbf{E})/\mu_0 = [(-\mathbf{j}) \times (E\mathbf{i})]/\mu_0 = (E/\mu_0)(-\mathbf{j} \times \mathbf{i}) = (E/\mu_0)\mathbf{k}$
3. c) $\mathbf{E}(x,t) \rightarrow$ l'ona es propaga en la direcció de l'eix de les x
 $\mathbf{E}(x,t) = f(kx - \omega t) \rightarrow$ es propaga en el sentit positiu $\rightarrow \mathbf{u} = \mathbf{i}$
 $\mathbf{B} = (\mathbf{u} \times \mathbf{E})/\mu_0 = [\mathbf{i} \times (E_0\mathbf{k})\sin(kx - \omega t)]/\mu_0 = (E_0/\mu_0)(\mathbf{i} \times \mathbf{k})\sin(kx - \omega t) = (E_0/\mu_0)(-\mathbf{j})\sin(kx - \omega t)$
4. b) $\mathbf{S} = (\mathbf{E} \times \mathbf{B})/\mu_0 \rightarrow \mathbf{S}$ és perpendicular a \mathbf{E} i \mathbf{B} (que són mútuament perpendiculars).
5. c) $\mathbf{S} = S_0 \sin^2(kx - \omega t)\mathbf{u} = 0.5 \text{ (W/m}^2\text{)} \sin^2(0.73y - 2.19 \times 10^8 t)\mathbf{j}$
 on $S_0 = E_0 B_0/\mu_0 = 0.5 \text{ W/m}^2$ (només ho compleixen a i c)
 $\mathbf{u} = (\mathbf{E}_0 \times \mathbf{B}_0)/|\mathbf{E}_0 \times \mathbf{B}_0| = (\mathbf{n}_E \times \mathbf{n}_B) = \mathbf{j}$ (només ho compleixen c i d)
6. b) $I = P/(4\pi r^2) \rightarrow r = [P/(4\pi I)]^{1/2} = [(10 \times 10^3 \text{ W})/(4\pi \times 10^{-4} \text{ W/m}^2)]^{1/2} = 2821 \text{ m}$
7. a) $P = I_1 4\pi r_1^2 = I_2 4\pi r_2^2 \rightarrow I_2 = I_1 r_1^2 / r_2^2 = (0.1 \text{ W/m}^2)(100 \text{ m})^2 / (200 \text{ m})^2 = 0.025 \text{ W/m}^2$
8. a) $n_2 \sin q_2 = n_1 \sin q_1$ amb $n_1 = 1$, $q_1 = 30^\circ$, $q_2 = 20^\circ \rightarrow n_2 = n_1 \sin q_1 / \sin q_2 = 1.46$
9. b)



10. d)
11. c) Si I_0 és la intensitat d'un feix de llum natural (no polaritzada) que incideix sobre una làmina polaritzadora, la intensitat de la llum que surt és $I = I_0/2$
12. d) Si I_1 és la intensitat d'un feix de llum polaritzada que incideix sobre una làmina polaritzadora, l'eix de transmissió de la qual forma un angle q amb el camp elèctric del feix incident, la intensitat de la llum que surt és, d'acord amb la llei de Malus,
 $I_2 = I_1 \cos^2 q = (8 \text{ W/m}^2)(\cos 60^\circ)^2 = (8 \text{ W/m}^2)(1/2)^2 = 2 \text{ W/m}^2$
13. d) Tenint en compte les dues qüestions anteriors,
 després del primer filtre $I_1 = I_0/2$,
 i després del segon $I_2 = I_1 \cos^2 60^\circ = (I_0/2)(1/2)^2 = I_0/8$
14. b) Com a la qüestió anterior, $I_2 = I_1 \cos^2 30^\circ = (I_0/2)(\sqrt{3}/2)^2 = (3/8)I_0 = 0.375I_0$
15. b) En el cas d'ones que provenen de focus que emeten en fase, si $\Delta d = n\lambda$, a P estan en fase i es produeix interferència constructiva, si $\Delta d = (n+1/2)\lambda$, a P estan desfasades π (oposició de fase) i la interferència és destructiva.
16. c) Veure la resposta a la qüestió anterior.