

Física III – Segundo parcial

Constantes utilizadas: $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \frac{\text{C}^2}{\text{N m}^2}$, $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \frac{\text{T m}}{\text{A}}$.

Ecuación de ondas

La ecuación de onda describe la propagación de una perturbación ψ que se propaga en el espacio y el tiempo t . Si la propagación ocurre en la dirección x , esta ecuación toma la forma:

$$\frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2} = v^2 \frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2}, \quad (1)$$

donde v es la rapidez (constante) con la que se propaga la perturbación, la cual depende de las propiedades del medio. En este caso $\psi = \psi(x, t)$.

Para el caso de una perturbación que se propaga en el espacio, la ecuación de onda toma la forma:

$$\frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2} = v^2 \nabla^2 \psi, \quad (2)$$

donde $\psi = \psi(\vec{r}, t) = \psi(x, y, z, t)$.

Ejercicio 1

Verificar que las siguientes expresiones de las intensidades de los campos eléctrico (E) y magnético (B) satisfacen las ecuaciones de onda correspondientes.

$$\begin{aligned} E &= E_0 \cos(kx - \omega t), \\ B &= B_0 \cos(kx - \omega t). \end{aligned}$$

Además, conteste las siguientes preguntas:

- ¿Con qué rapidez se propagan las ondas electromagnéticas?
- ¿Cuál es la relación entre las amplitudes de los campos eléctrico y magnético?
- ¿Pueden las expresiones de E y de B reescribirse como funciones del argumento $x - ct$? ¿Por qué?
- ¿En qué dirección se propagan E y B ?

Ejercicio 2

Suponga que usted está ubicado a 180 m de un transmisor de radio.

- ¿A cuántas longitudes de onda del transmisor de radio si la estación se llama 1150 AM? (Las frecuencias de la banda AM están en kHz).
- ¿Qué pasaría si la estación fuera de 98.1 FM? (Las frecuencias de la banda FM están en MHz).

Ejercicio 3

Un pulso de radar vuelve al receptor después de un tiempo total de recorrido de 4.0×10^{-4} s. ¿A qué distancia está el objeto que reflejó la onda?

Ejercicio 4

El anuncio de una noticia importante se transmite por ondas de radio a un auditorio de personas sentadas junto a sus aparatos de radio a 100 km de la estación, y por ondas sonoras a las personas que están sentadas en la sal de noticias, a 3m del locutor. ¿Quién recibe la noticia primero? Justifique su respuesta.

Dato: Suponga que la velocidad del sonido es de $343 \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

Ejercicio 5

Una onda electromagnética en el vacío tiene una amplitud de campo eléctrico de $220 \frac{\text{V}}{\text{m}}$. Calcule la amplitud del campo magnético correspondientes.

Ejercicio 6

La Figura 1 muestra una onda electromagnética senoidal plana que se propaga en la dirección x . Suponga que la longitud de onda es de 50 m, y que el campo eléctrico vibra en el plano xy con un amplitud de $22 \frac{\text{V}}{\text{m}}$. Calcule

- la frecuencia de la onda y
- la magnitud y dirección de \vec{B} cuando el campo eléctrico tiene su valor máximo en la dirección negativa de las y .
- Escriba una expresión para \vec{B} utilizando el vector unitario correcto, con valores numéricos para \vec{B} , k y ω , y con su magnitud de la forma:

$$B = B_0 \cos(kx - \omega t)$$

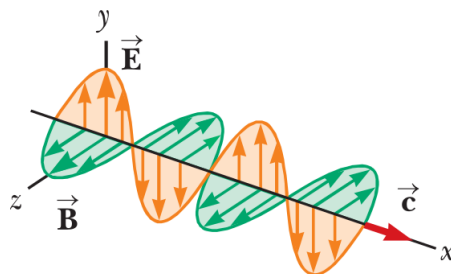


Figura 1: Esquema de una onda electromagnética.

Ejercicio 7

Escriba las expresiones para los campos eléctrico y magnético de una onda electromagnética senoidal plana que tiene una frecuencia de 3 GHz y que se desplaza en la dirección positiva de las x . La amplitud del campo eléctrico es de $300 \frac{\text{V}}{\text{m}}$.

Ejercicio 8

En unidades del SI, el campo eléctrico de una onda electromagnética se describe por

$$E_y = 100 \frac{\text{N}}{\text{C}} \sin(1.0 \times 10^7 x - \omega t)$$

Determine:

- la amplitud de las oscilaciones del campo magnético correspondientes,
- la longitud de onda λ y
- la frecuencia f .

Ejercicio 9

¿Cuánta energía electromagnética por metro cúbico contiene la luz solar, si la intensidad de esta en la superficie de la Tierra en un día despejado es de $1000 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$.

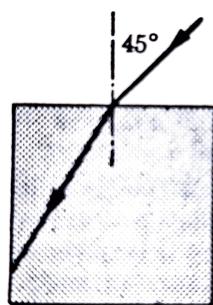
Ejercicio 10

¿Cuál es la magnitud promedio del vector de Poynting a 8 km de un transmisor de radio que difunde de manera isotrópica con una potencia promedio de 250 kW? Calcule también las intensidades máximas del campo eléctrico y del campo magnético.

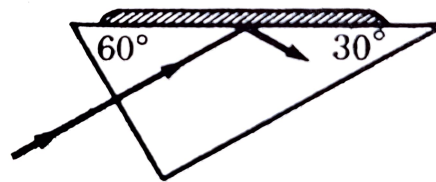
Ejercicio 11

Una fuente de luz monocromática emite 100 W de energía electromagnética de manera uniforme en todas direcciones.

- Calcule la densidad de energía del campo eléctrico promedio a 1 m de la fuente.
- Calcule la densidad de energía del campo magnético promedio a la misma distancia de la fuente.
- Determine la intensidad de la onda en esta ubicación.



(a)



(b)

Figura 2

Ejercicio 12

Un rayo de luz incide con un ángulo de 45° sobre la superficie superior de un cubo de vidrio como el de la Figura 2a. El índice de refracción del vidrio es de 1.414. ¿Se refleja totalmente el rayo en la cara vertical?

Ejercicio 13

Un rayo de luz incide normalmente sobre la cara menor de un prisma cuyos ángulos son $30^\circ - 60^\circ - 90^\circ$, como el de la Figura 2b. Se coloca una gota de líquido sobre la hipotenusa del prisma. Si el índice de refracción del prisma es de 1.5, calcule el índice máximo de refracción que puede tener el líquido si la luz ha de reflejarse totalmente.

Ejercicio 14

Dos orificios separados por 0.5 mm están iluminados por un haz de láser helio-neón que emite luz monocromática de longitud de onda de 0.6328×10^{-6} m. Una pantalla está ubicada 5 m detrás de aquella que contiene a los orificios. ¿Cuál es la separación de las franjas de interferencia sobre la pantalla?