



Física 3

Campo de formación básica (CFB): Ingeniería Eléctrica / Metalúrgica

Total de horas: 48 (asignatura cuatrimestral)

Cuerpo docente: Dr. Juan Pedrosa (TN)

Clase 6 (práctica de OEM)

Ejercicio 0. Explicar qué es una onda plana monocromática y polarizada, e identificar explícitamente la dirección y velocidad de propagación, su frecuencia y longitud de onda. En el caso en que la onda plana sea electromagnética, demostrar que los campos E y B son perpendiculares entre sí y (ambos) perpendiculares a la dirección de propagación de la onda. **AYUDA:** utilizar las ecuaciones de Maxwell.

Ejercicio 1. Una onda electromagnética plana está formada por un campo eléctrico de amplitud $E_0 = 3 \text{ V/m}$ y una frecuencia $f = 1 \text{ MHz}$. Determinar la función, solución de la ecuación de onda, que representa al campo eléctrico \vec{E} si la onda avanza en el eje y y el campo está polarizado en el eje z . Calcular asimismo la dirección del campo magnético.

Ejercicio 2. Una antena emite una onda electromagnética de frecuencia $f = 50 \text{ kHz}$.

1. Calcular su longitud de onda.
2. Determinar la frecuencia de una onda sonora de la misma longitud de onda.

DATOS: $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ y $v_{\text{SONIDO}} = 340 \text{ m/s}$.

Ejercicio 3. El espectro visible en el aire está comprendido entre las longitudes de onda $\lambda = 380 \text{ nm}$ (violeta) y $\lambda = 780 \text{ nm}$ (rojo).

1. Calcular las frecuencias asociadas a estos extremos de radiación electromagnética. ¿Cuál de ellas se propaga a mayor velocidad?
2. Determinar el intervalo de longitudes de onda correspondiente al espectro visible en el agua, cuyo índice de refracción es $n_{\text{AGUA}} = 4/3$. **NOTA:** considerar $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$.

Ejercicio 4. Una onda electromagnética tiene, en el vacío, una longitud de onda de $\lambda = 5 \cdot 10^{-7} \text{ m}$.

1. Determinar la frecuencia y el número de onda correspondientes

2. Si dicha onda entra en un determinado medio, su velocidad se reduce a $v_{MEDIO} = \frac{3}{4}c$. Determinar el índice de refracción del medio y la frecuencia y la longitud de onda en dicho medio.
NOTA: considerar $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$.

Ejercicio 5. Un rayo de luz amarilla de longitud de onda en el aire $\lambda_{AIRE} = 580 \text{ nm}$, pasa a un cierto cristal en el que su longitud de onda pasa a ser de $\lambda_{CRISTAL} = 5 \cdot 10^{-7} \text{ m}$.

1. Calcular razonadamente frecuencia y velocidad de propagación en cada medio.
2. Si el rayo refractado forma un ángulo $\theta = 30^\circ$ con la normal a la frontera que separa a los dos medios, calcular con qué ángulo incidió el rayo. **AYUDA:** realizar un esquema de rayos.

Ejercicio 6. Considerar una onda electromagnética constituida por el siguiente campo eléctrico $\vec{E} = E_0 \cos[(10 \text{ m}^{-1}) \cdot x + (3 \cdot 10^9 \text{ s}^{-1}) \cdot t] \hat{z}$.

1. Determinar su longitud de onda y periodo.
2. Enunciar la dirección y el sentido de propagación de la misma.
3. Calcular el campo magnético \vec{B} asociado a esta onda y el vector de Poynting \vec{S} correspondiente.

Ejercicio 7. Escribir una expresión para el campo eléctrico y magnético que constituyen una onda electromagnética plana, cuyo campo eléctrico está contenido en el plano xy y se propaga desde el origen hasta el punto $P = (0, 3, 3)$. Si la frecuencia angular de la onda es $\omega = 100\pi [\text{rad/s}]$, la velocidad de la luz es c y la magnitud del campo eléctrico es E_0 , hallar la potencia promedio que transporta esta onda.

Ejercicio 8. Dos ondas electromagnéticas son emitidas por dos fuentes diferentes, de modo tal que

$$E_1(x, t) = E_{10} \cos(kx - \omega t) \hat{y}$$

y

$$E_2(x, t) = E_{20} \cos(kx - \omega t + \phi) \hat{y}$$

1. Calcular el vector de Poynting asociado a la onda electromagnética resultante
2. Encontrar la intensidad de la onda.
3. Repetir el cálculo si el sentido de propagación de la segunda onda electromagnética fuese opuesta a la primera

$$E_1(x, t) = E_{10} \cos(kx - \omega t) \hat{y}$$

y

$$E_2(x, t) = E_{20} \cos(kx + \omega t + \phi) \hat{y}$$

Ejercicio 9. Una onda electromagnética plana propagándose en el vacío tiene un campo magnético dado por:

$$\vec{B} = B_0 f(ax + bt) \hat{y}$$

$$\text{donde } f(u) = \begin{cases} 1 & \text{si } 0 \leq x \leq 1 \\ 0 & \sim \end{cases}$$

donde a y b son constantes positivas

1. ¿Cuál debe ser la relación entre a y b para cumplir con las Ecuaciones de Maxwell?
2. Determinar el valor de $|\vec{E}|$ de esta onda electromagnética. ¿En qué dirección y sentido se propaga la onda?
3. Determinar la magnitud y la dirección del flujo de energía llevada por la onda. Expresar el resultado en función de B_0 y constantes universales.

Ejercicio 10. Una onda plana electromagnética armónica con una longitud de onda de $\lambda = 0,12 \text{ m}$ se desplaza en el vacío en la dirección z positiva. Oscila a lo largo del eje x de manera que en $t = 0$ y $z = 0$, el campo E tiene un valor máximo de $E(0,0) = +6 \text{ V/m}$.

1. Escribir una expresión para $\vec{E}(z, t)$.
2. Calcular el campo magnético de la onda asociada.

Ejercicio 11. Una onda luminosa plana, armónica y polarizada linealmente tiene una intensidad de campo eléctrico dada por:

$$E_z = E_0 \cos \pi 10^{15} \left(t - \frac{x}{0,65c} \right)$$

mientras viaja en un trozo de vidrio.

1. Calcular la frecuencia de la luz y su longitud de onda.
2. Calcular el índice de refracción del cristal.

Ejercicio 12. Calcular el índice de refracción de un medio si quisiéramos reducir la velocidad de la luz en un 10 % comparada con su velocidad en el vacío.

Ejercicio 13. Dada una interfaz entre agua ($n_{\text{AGUA}} = 4/3$) y vidrio ($n_{\text{VIDRIO}} = 3/2$), calcular el ángulo de transmisión para un haz incidente en el agua a 45° . Si el haz transmitido regresa de tal forma que ahora incide en la interfaz, demostrar que $\theta_t = 45^\circ$.

Ejercicio 14. La luz de longitud de onda de 600 nm en el vacío entra a un bloque de vidrio en donde $n_v = 1,5$. Calcular su longitud de onda en el vidrio. ¿De qué color aparecerá para alguien sumergido en el vidrio? **AYUDA:** ver tabla 3.4 del Hecht.

Ejercicio 15. Un haz de rayos láser incide en una interfaz aire-líquido a un ángulo de 55° . Se observa que el rayo refractado es transmitido a 40° . ¿Cuál es el índice de refracción del líquido?

Ejercicio 16. La luz incide en aire sobre una interfaz aire-vidrio. Si el índice de refracción del vidrio es 1,7 averiguar el ángulo incidente tal que el ángulo de transmisión sea igual a $\frac{1}{2}\theta_i$.

Ejercicio 17. Demostrar que en incidencia normal en la frontera entre dos dieléctricos se cumple que:

$$[t_{\parallel}]_{\theta_i=0} = [t_{\perp}]_{\theta_i=0} = \frac{2n_i}{n_i + n_t}$$

Ejercicio 18. Utilizar las ecuaciones de Fresnel para demostrar que la luz incidente a $\theta_p = \frac{1}{2}\pi - \theta_t$ da como resultado un haz de luz reflejado que está realmente polarizada.