

CAMPOS Y ONDAS (E0202) – 2023

ELECTROMAGNETISMO APLICADO (E1202) - 2023

TRABAJO PRÁCTICO Nº 11

*REFLEXIÓN Y REFRACCIÓN DE ONDAS PLANAS. ONDAS ESTACIONARIAS. VECTOR DE POYNTING.
RELACIÓN DE ONDA ESTACIONARIA*

PROBLEMA 1

Considere una onda plana que se propaga en un medio sin pérdidas de constantes relativas μ_1 y ϵ_1 . Sea la onda de campo eléctrico paralela al eje "y", de amplitud E_{i0} y viaja en el sentido positivo de las x . La onda incide normalmente en una superficie perfectamente conductora en el punto $x = 0$. (a) Grafique a una distancia de al menos dos longitudes de onda (λ) de la superficie de separación de los medios, la envolvente de la onda resultante de campo eléctrico (incidente más reflejada); (b) Idem (a) para la onda de campo magnético; (c) ¿A qué distancia, medida en longitudes de onda, de la superficie de separación se encuentran los nodos de la onda de campo eléctrico y a qué distancia los vientres?; (d) Idem (c) para la onda de campo magnético.

PROBLEMA 2

Sea una onda plana que se propaga en el aire (considerarlo como un medio sin pérdidas y de constantes μ_0 y ϵ_0) en dirección de x positivas y con una variación temporal sinusoidal. La onda incidente del campo eléctrico es $\mathbf{E}_i(x,t) = 10 \text{ mV/m} \cos(\omega t - \beta x)$ y se refleja con incidencia normal sobre la superficie límite infinita, de separación con el medio 2, siendo éste agua destilada ($\sigma_2 \approx 0$, $\mu_{r2} = 1$ y $\epsilon_{r2} = 81$). (a) Determinar la expresión de la onda reflejada del campo eléctrico en función del tiempo y del espacio $\mathbf{E}_r(x,t)$; (b) Determinar la relación de onda estacionaria (ROE); (c) Dibujar las envolventes de la onda resultante de la composición de la incidente con la reflejada.

PROBLEMA 3

Compute y grafique las curvas de la amplitud del campo eléctrico resultante debido a dos ondas planas con variaciones temporales sinusoidales, que se propagan respectivamente, en el sentido positivo y negativo del eje x . Efectúe dichos cálculos para tres instantes: $t = 0$, $T/8$, y $T/4$, donde T es el período de la onda ($T = 1/f$). Ambas ondas tienen solamente componentes E_y . La onda que viaja en el sentido positivo de las x tiene una amplitud $E_0 = 1 \text{ V/m}$, y la otra onda tiene una amplitud $E_1 = 0,4 \text{ V/m}$. Extienda la gráfica a una distancia de al menos una longitud de onda (λ) en el sentido de las x . En el punto $x = 0$, la diferencia de fase entre ambas ondas es $\vartheta = 180^\circ$. Determinar (a) En qué dirección se mueve un punto de fase constante; (b) La relación de onda estacionaria (ROE); (c) El coeficiente de reflexión, suponiendo que la onda de menor amplitud es la reflejada de la de mayor amplitud.

PROBLEMA 4

Considere un medio sin pérdidas de constantes relativas; $\mu_r = 1$ y $\epsilon_r = 3$, y una onda plana que se propaga en dicho medio. Las ondas de E y H tienen variaciones temporales sinusoidales, y el valor pico del campo eléctrico $E_0 = 6 \text{ V/m}$. Encuentre (a) la velocidad de propagación de la onda; (b) el valor pico del vector de Poynting; (c) el valor medio del vector de Poynting; (d) la impedancia intrínseca del medio; (e) el valor pico del campo magnético H .

PROBLEMA 5

Considere una onda que incide normalmente sobre la superficie terrestre, si se considera que la onda incide sobre la tierra ($\sigma_{\text{tierra}} = 0,01 \text{ S/m}$, $\mu_{r\text{-tierra}} = 1$ y $\epsilon_{r\text{-tierra}} = 24,85$) o el agua de mar ($\sigma_{\text{agua}} = 5 \text{ S/m}$, $\mu_{r\text{-agua}} = 1$ y $\epsilon_{r\text{-agua}} = 81$). Calcular el factor de pérdidas e indicar como se comporta cada uno de los medios para frecuencias de $f_1 = 1 \text{ kHz}$, $f_2 = 10 \text{ MHz}$ y $f_3 = 30 \text{ GHz}$.

PROBLEMA 6

Considere una onda que incide normalmente sobre la superficie de la tierra, la que presenta las siguientes características: $\sigma_{\text{tierra}} = 0,01 \text{ S/m}$, $\mu_{r\text{-tierra}} = 1$ y $\epsilon_{r\text{-tierra}} = 24,85$. Si, para la onda incidente, se consideran frecuencias de $f_1 = 1 \text{ kHz}$, $f_2 = 10 \text{ MHz}$ y $f_3 = 30 \text{ GHz}$. Determinar: (a) la impedancia intrínseca de la tierra; (b) los coeficientes reflexión y transmisión; (c) el ROE; (d) graficar para distintos instantes de tiempo las ondas de campo eléctrico (incidente más reflejada y la transmitida) y obtener la envolvente; (e) Idem (d) para la onda de campo magnético.

PROBLEMA 7

Una onda plana que se propaga en el espacio libre con una variación temporal sinusoidal, se refleja con incidencia normal sobre un plano infinito, perfectamente conductor, produciendo una onda estacionaria. La amplitud E del campo eléctrico de la onda incidente es 12 mV/m. Determinar: **(a)** la distancia medida desde el plano, a la que el vector de Poynting tiene un máximo; **(b)** El valor medio del vector de Poynting; **(c)** El valor máximo del vector de Poynting.

PROBLEMA 8

Para el enunciado del PROBLEMA 2 (onda plana que se propaga en el aire con $\mathbf{E}_i(\mathbf{x},t) = 10 \text{ mV/m} \cos(\omega t - \beta x)$, y que se refleja en una superficie límite infinita de agua destilada: $\sigma_2 \approx 0$, $\mu_{r2} = 1$ y $\epsilon_{r2} = 81$), **(a)** calcular el valor medio de las densidades de potencia de: la onda incidente, la onda reflejada y la onda transmitida. **(b)** Qué relaciones estima que existen entre estas densidades de potencia? Verifíquelo para el ejemplo.

PROBLEMA 9

Un cable coaxial de longitud l transmite una dada cantidad de energía, desde el generador de *fem* ε constante, hasta la carga, cuya resistencia es R_c . La conductividad específica del conductor central y de la malla externa del cable coaxial es σ . **(a)** Para tener una idea de la distribución de energía en el espacio, halle el vector de Poynting \mathbf{P} en una sección perpendicular al eje del cable, ubicada a una distancia genérica z_l del extremo de la carga. **(b)** Analice los sentidos de las componentes del vector \mathbf{P} .

Referencia: A.V.Netushil y K.M.Polivanov, *Principios de Electrotecnia*, Tomo 3, pág.205; Grupo Editor de Buenos Aires, 1980.

PREGUNTAS TEÓRICAS

(a) Es posible que la amplitud de campo eléctrico de la onda reflejada sea mayor que la amplitud de la onda incidente? Por qué? Ídem para el campo magnético.

(b) Es posible que la amplitud de campo eléctrico de la onda transmitida sea mayor que la amplitud de la onda incidente? Por qué? Ídem para el campo magnético.