Electromagnetismo - Lic. Física

Año 2022

Prof: O. Civitarese — JTP: D.G. Actis — Ay. Dipl: P. Sotomayor

Práctica 6 — Ondas electromagnéticas

Ondas planas. Condiciones de Fresnel. Efecto piel. Polarización.

Problema 1. Ondas planas Una onda plana monocromática en una región del espacio libre de fuentes, se describe por un campo eléctrico de la forma $\mathbf{E} = E_0 \cos(\omega t - kz)\hat{\mathbf{x}}$.

a) Determine el campo magnético en todo el espacio. ¿Se encuentra en fase con $\mathbf{E}$?

b) ¿En qué dirección y sentido se propaga esta onda?

c) A partir de la Ley de Ampère-Maxwell, halle la relación de dispersión para el vacío, es decir, encuentre la relación entre ω y k.

d) Calcule la intensidad de la densidad de energía electromagética en todo el espacio y halle su promedio temporal, calcule el vector de Poynting en cada instante y halle su promedio temporal. Verifique el teorema de Poynting.

e) ¿Cómo se modifican los resultados si en vez de una onda viajera tenemos una onda estacionaria $\mathbf{E} = E_0 \cos(\omega t)\cos(kz)\,\hat{\mathbf{x}}$

Problema 2. Una carga puntual q describe un movimiento armónico simple de frecuencia ω y amplitud a.

a) Escriba las densidades de carga y de corriente de este sistema.

b) Obtenga los potenciales retardados ϕ y $\mathbf{A}$ en función de la distancia a la posición de equilibrio de la carga, y del tiempo.

c) Determine la forma de los campos eléctrico y magnético en la zona de radiación.

d) Determine el promedio temporal de la potencia radiada, en función de la dirección.

e) Considere el modelo atómico presentado en el problema 2 de la práctica 3, y considere un átomo que se encontraba inicialmente polarizado con momento dipolar $\vec{p}_0$. Estime la dinámica de $\vec{p}(t)$ y la longitud de onda de la radiación emitida. Tip: obtenga la frecuencia a partir de la fuerza restitutiva.

Problema 3. Dipolo magnético Por una espira circular de radio R circula una corriente alterna de la forma $I(t) = I_0 \cos(\omega t)$. Este sistema representa un modelo simple para un momento magnético $\mathbf{m}(t) = m_0 \cos(\omega t)\,\hat{\mathbf{z}}$, donde $m_0 = \pi R^2 I_0$. Encuentre los campos de radiación para un dipolo magnético oscilante en esta aproximación. Calcule la intensidad en función del ángulo, la potencia total radiada y la resistencia de radiación.

Problema 4. Considerando un medio lineal, temporal y espacialmente local, caracterizado por ϵ, μ y σ:

a) Halle la solución de onda plana. Dé la relación entre el índice de refracción del medio y sus parámetros característicos.

b) Analice la relación de amplitud y fase entre el campo eléctrico y el magnético.

c) Determine la velocidad de fase y la velocidad de grupo en función de la frecuencia.

d) Dé una expresión para la longitud de penetración característica δ. Analice la dependencia con la frecuencia y los límites de buen y mal conductor.

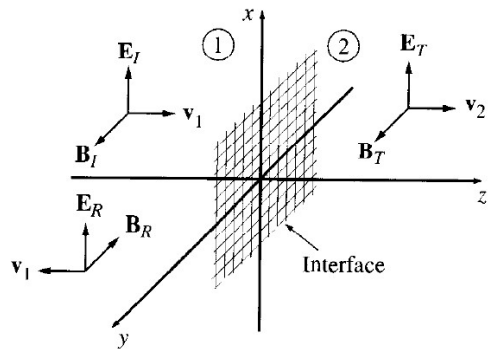
e) La mayoría de los hornos de microondas funcionan a una frecuencia $f = 2{,}45$ GHz. Para esta frecuencia, la carne de vaca puede ser descripta por $\epsilon/\epsilon_0 \approx 49$ y $\sigma \approx 2\,\Omega/m$. Calcule la longitud de penetración δ haciendo las aproximaciones que correspondan. Compare con el caso de cocción con ondas de radiación térmica (en el infrarrojo, $f \approx 50$ THz) suponiendo que ϵ aumenta con la longitud de onda y σ no varía.

Problema 5. Una onda electromagnética linealmente polarizada monocromática de frecuencia ω e intensidad I_0 incide normalmente en la superficie plana de separación entre dos medios no conductores de permitividades ε_1 y ε_2, y permeabilidades $\mu_1 \approx \mu_2 \approx \mu_0$ como muestra la Figura.

a) Hallar los campos $\mathbf{E}$, $\mathbf{B}$ en todo el espacio.

b) Determine las intensidades de las ondas reflejada y trasmitida y los correspondientes coeficientes de transmisión y reflexión.

c) ¿Cómo se modifica el resultado si el medio 2 es un conductor de conductividad $\sigma \gg \omega\varepsilon_1$?



Problema 6. Relaciones de Fresnel A partir de las condiciones de contorno de los campos electromagnéticos, deducir la relación entre las direcciones de propagación de las ondas incidente, reflejada y refractada, y la relación entre la amplitud de los campos, según su estado de polarización. Considere ambos medios lineales, espacial y temporalmente locales, y no conductores.

Problema 7. Reflexión total interna Considere un dieléctrico que ocupa la región $x < 0$ de índice de refracción n, mientras que la región $x > 0$ está vacía. Si desde el dieléctrico incide sobre la interfase una onda plana, tal que el ángulo respecto de la normal es $\theta > \arcsin(1/n)$, halle los campos eléctrico y magnético en el vacío.