

Guía de problemas capítulo 2

1 Objetivos

- (1) En base a las ecuaciones de Maxwell deducir la velocidad de propagación de las ondas electromagnéticas en el vacío.
- (2) Conocer las propiedades de una OEM 1D.
- (3) Conocer cómo se propagan las ondas de radio sobre la Tierra.
- (4) Conocer el transporte de energía e ímpetu en una OEM y el modelo de fotones.
- (5) Entender las diferencias entre ondas libres y ondas guiadas.

2 Ondas electromagnéticas planas

- (1) Escriba la expresión de un campo eléctrico $\vec{E}(x - ct)$ y de un campo magnético $\vec{B}(x - ct)$, ambos armónicos. Verifique que, si bien se satisfacen las ecuaciones de onda para \vec{E} y \vec{B} , no se satisfacen las ecuaciones de Maxwell en ninguno de los casos siguientes:
 - (a) \vec{E} sólo tiene componente x , y \vec{B} sólo tiene componente z .
 - (b) \vec{E} sólo tiene componente y , y \vec{B} sólo tiene componente y .
 - (c) \vec{E} sólo tiene componente y , y \vec{B} sólo tiene componente z , pero $|\vec{B}| \neq |\vec{E}|/c$.
- (2) Responda las siguientes preguntas:
 - (a) La OEM plana viaja a $300,000\text{km/s}$ en el vacío. En un medio viaja a:
 - (i) menor velocidad
 - (ii) igual velocidad
 - (iii) mayor velocidad
 - (iv) depende del medio
 - (b) No podemos escuchar las ondas electromagnéticas porque:
 - (i) tienen longitudes de onda demasiado cortas.
 - (ii) tienen una frecuencia demasiado baja.
 - (iii) no son ondas mecánicas.
 - (iv) no son ondas longitudinales.

3 Energía, ímpetu de una OEM y fotones

- (3) Como se sabe, en una onda plana electromagnética 1D, $|\vec{B}| = \frac{|\vec{E}|}{c}$ y los campos \vec{B} y \vec{E} se encuentran en fase. Calcule las densidades volumétricas de energía eléctrica y magnética en la onda y encuentre qué relación existe entre ambas.
- (4) Una estación típica de AM radía una onda sinusoidal isótropa, con una potencia media de $50kW$. Hallar el valor máximo de E y de B a una distancia de $50km$ de la antena.
- (5) Una nave espacial a distancia lunar de la Tierra ($380.000km$) emite, hacia ésta última, una potencia de $10W$ en OEM. Hallar el campo eléctrico eficaz E_{ef} en el receptor y la intensidad I_{OEM} , si la nave radía con la siguiente distribución espacial:
- isotrópica.
 - de manera uniforme pero únicamente dentro del ángulo sólido que abarca al planeta, (radio de la Tierra $6.400km$).
- (6) El valor promedio del $|\vec{S}|$ debido a la luz solar, cerca de la Tierra es del orden de los $1400W/m^2$. Calcule el empuje solar promedio sobre una vela de $10m^2$ de superficie utilizada para impulsar una nave espacial, suponiendo que la luz se refleja en forma total en la vela.
- (7) Para la luz del sol del problema 6 encuentre el valor de $|\vec{E}|$ en un día luminoso de playa. Suponga que la onda solar es armónica y calcule la diferencia de potencial eficaz aproximada entre cabeza y pies para un individuo de altura $h = 1,80m$ tostándose al sol. Discuta el resultado.
- (8) La relación de Einstein, $E_{fot} = hf$, da la energía de un fotón (o cuanto de OEM) en función de la frecuencia (f) de la onda. Sea una antena que radía ondas planas en la frecuencia de $10^8 Hz$ y de intensidad $19,88 \times 10^{-2}W/m^2$. Calcule:
- la densidad media del flujo de fotones, es decir $\langle |J_{fot}^{\vec{}}| \rangle$.
 - el número medio de fotones por m^3 (Dato: $h = 6,6 \times 10^{-34} Js$).
- (9) Responda las siguientes preguntas:
- La presión de radiación se debe a
 - el ímpetu lineal por unidad de volumen que transportan las OEM
 - el ímpetu angular por unidad de volumen que transportan las OEM
 - la energía por unidad de volumen que transportan las OEM.
 - La energía por unidad de volumen de una OEM plana armónica progresiva.
 - se reparte en partes iguales entre la u_e y la u_m .
 - está formada por energías eléctrica o magnética pero no ambas a la vez.
 - se transporta con velocidad c en el mismo sentido de la onda.
 - es una función viajera de período mitad que las ondas de \vec{E} o
-

de \vec{B} .

- (c) (i) Las ecuaciones de Maxwell se aplican sólo a campos constantes en el tiempo
- (ii) Las ecuaciones de Maxwell no se aplican a campos constantes en el tiempo
- (iii) Un campo eléctrico, constante en el tiempo no puede formar parte de una OEM.
- (iv) Las OEM son ondas transversales
- (v) Sólo las OEM planas son transversales.

4 Propagación de las ondas sobre la Tierra

- (10) Determine la frecuencia crítica para la capa E de la ionósfera para un día típico de invierno al mediodía. Haga el cálculo para los electrones de la capa y también (aparte) para los iones de oxígeno molecular (O_2 con una carga "e" positiva). Saque una conclusión de la disparidad entre las frecuencias halladas.
- (11) En la transmisión de una onda que se refleja en la capa F de la ionósfera en un día de invierno a la medianoche, halle la frecuencia máxima utilizable si:
 - (a) El receptor se encuentra a 200Km del transmisor
 - (b) El receptor se encuentra a 4000Km del transmisorSaque una conclusión de la disparidad entre los resultados de (a) y (b).
- (12) Una antena transmite en una frecuencia de 10MHz en un día de verano al mediodía. Calcule la distancia de la zona de silencio para la capa E y la F2. Elija la respuesta correcta.
- (13) Encuentre la frecuencia mínima que hay que emitir para que la onda salga al espacio exterior, en un día de invierno a las 18Hs.

5 OEM guiadas

- (14) Determine los valores de \mathcal{L} y \mathcal{C} para una línea coaxial sin pérdidas de 75Ω de impedancia característica, cuyos alambres están separados por vacío.
- (15) En el instante $t = 0$, se aplica repentinamente una tensión continua V_0 a una línea bifilar infinita rodeada del vacío. Grafique $v(x)$ e $i(x)$ para un instante arbitrario $t > 0$.
- (16) Responda las siguientes preguntas:
 - (a) En una línea de transmisión el máximo voltaje y la máxima corriente están relacionados por:
 - (i) un factor 1
 - (ii) no están relacionados
 - (iii) la impedancia característica
 - (b) Las leyes de Kirchhoff valen para
 - (i) bajas frecuencias.

-
- (ii) circuitos grandes, en comparación con la longitud de onda.
 - (iii) circuitos pequeños en comparación con la longitud de onda.
 - (iv) Lo que puede no valer es el modelo circuital.
- (17) Por un cable recto cilíndrico de longitud L , resistencia R , radio r y sección transversal $A = \pi r^2$ circula una corriente eléctrica i . Calcule el flujo del vector \vec{S} a través de la superficie del cable y compare el resultado con el calor disipado por efecto Joule.
- (18) Se carga un capacitor de placas paralelas circulares de radio r , separadas por vacío una distancia d . En cierto instante, el valor del campo eléctrico E entre las placas es E_0 .
- (a) Exprese en términos de E_0 el módulo y orientación de \vec{E} en las tres partes de una superficie cerrada Σ con forma de cilindro circular recto de igual radio que las placas y de espesor apenas inferior a d
 - (b) Repita para el vector \vec{B} .
 - (c) Repita para el vector de Poynting \vec{S} .
 - (d) Llamando U la energía almacenada en el capacitor demuestre que hay una corriente de energía I_U , entrante a través de Σ y que su valor es igual al incremento de U como función del tiempo.