

FÍSICA GENERAL III - CURSO 2013  
Práctica 9: **Ec. de Maxwell. Ondas electromagnéticas.**

- 1- Un capacitor de placas plano paralelas está formado por dos discos metálicos de radio  $R = 5\text{ cm}$ , separados una distancia  $d = 1\text{ mm}$ . Suponga que los cables de alimentación son rectos, muy largos, perpendiculares a las placas y soldados al punto central de cada uno de los discos. Suponga además que el capacitor está inicialmente cargado con  $Q_0 = 100\ \mu\text{C}$  y se descarga a través de un resistor de  $R = 10\text{ M}\Omega$ .
- Escriba expresiones para la corriente en el conductor, la carga del capacitor y el campo eléctrico dentro del mismo, como funciones del tiempo.
  - Calule la corriente en el conductor, cuando han transcurrido  $0,4\text{ ms}$  de iniciada la descarga.
  - Determine la corriente de desplazamiento dentro del capacitor en el mismo instante y verifique que coincida con el resultado del apartado *b*.
  - En el mismo instante, determine el campo de inducción magnética  $\vec{B}$  como función de la posición dentro y fuera del capacitor.
- 2- Considere una onda electromagnética plana monocromática y armónica, cuyo campo eléctrico viene dado por

$$\vec{E}(z, t) = E_0 \cos(kz - \omega t)\vec{i}$$

- ¿Cuál es la dirección de propagación? Pruebe que no hubiera sido posible que el campo eléctrico estuviera en la dirección de propagación.
  - ¿En qué dirección y sentido estará el campo de inducción magnética?
  - Encuentre una relación entre las amplitudes de los campos eléctrico y de inducción magnética.
- 3- Determine las amplitudes de los campos eléctrico y magnético de las ondas en los siguientes casos
- Onda de radio recibida a una distancia de  $100\text{ Km}$  de la emisora, cuando la misma emite con una potencia de  $100\text{ Kw}$ .
  - Radiación recibida en un panel solar cuando la intensidad medida en la región es de  $1,4\text{ cal cm}^{-2}\text{ min}^{-1}$ .
  - Radiación emitida por un laser de  $\text{CO}_2$  de  $3\text{ Kw}$ , enfocado sobre un área de  $10^{-5}\text{ cm}^2$ .
- 4- Las caras de un prisma de reflexión total interna forman ángulos de  $45^\circ$ ,  $45^\circ$  y  $90^\circ$  entre ellas. Suponga que el prisma es utilizado en un montaje en que la luz entra perpendicularmente por una de las caras menores. Calcule cuál es

el índice de refracción mínimo del vidrio con que puede construirse el prisma para que el mismo pueda producir reflexión total interna, funcionando tanto en aire como sumergido en agua.

- 5- Considere una esfera de vidrio de índice de refracción  $n = 1.57$  sobre la cual incide un rayo luminoso en una dirección cualquiera. Verifique que luego de dos refracciones, el rayo emergente queda siempre contenido en un mismo plano con el rayo incidente. Calcule la desviación del rayo emergente respecto de la dirección de incidencia, caracterizada por algún parámetro que usted crea conveniente <sup>1</sup>. Discuta la condición de máxima desviación.
- 6- A partir del análisis del problema anterior, y teniendo en cuenta que las gotas de lluvia mientras caen pueden considerarse esféricas con muy buena aproximación, discuta el funcionamiento del arco iris. Como ayuda recuerde que la luz se propaga por los medios a diferente velocidad según sea su color. Analice, además, en qué sentido la gota se comporta como un prisma.
- 7- Cierta fibra óptica consiste de un cilindro transparente de índice de refracción  $n_1$ , rodeado por una delgada capa de otro material transparente de índice de refracción  $n_2 < n_1$ . La transmisión de luz a través de la fibra ocurre por sucesivas reflexiones totales internas.
  - a) Suponiendo que la fibra tiene los extremos cortados perpendicularmente a su eje, calcule el ángulo máximo admisible con respecto a dicho eje, con que puede incidir un rayo sobre un extremo y ser transmitido.
  - b) Suponiendo que  $n_1 = 1.55$ ,  $n_2 = 1.49$ , el radio interior de la fibra es  $R = 0.0046 \text{ mm}$  y su longitud es  $l = 2 \text{ m}$ , calcule el número de reflexiones internas que experimenta el rayo a lo largo de la fibra cuando incide con el ángulo límite admisible.
- 8- Cierta clase de vidrio tiene índices de refracción  $n_1 = 1.650$  para la luz azul y  $n_2 = 1.615$  para la luz roja. Si un haz que posee estos dos colores incide sobre una lámina de este vidrio con un ángulo de incidencia de  $60^\circ$  respecto de la normal:
  - a) Calcule el ángulo entre los rayos azul y rojo dentro del vidrio.
  - b) Calcule el espesor que debiera tener el vidrio, para que los rayos emergentes se separen  $1 \text{ cm}$ .
- 9- En el fondo de una pecera de  $40 \text{ cm}$  de profundidad se coloca un espejo plano. Calcule las profundidades aparentes de un pequeño pez y de su imagen a través del espejo, cuando el pez se encuentra a  $20 \text{ cm}$  de profundidad.

---

<sup>1</sup>Por ejemplo, la dirección de incidencia puede caracterizarse por el ángulo que forma con la dirección normal en el punto de contacto. Una vez elegido este ángulo como parámetro, usted puede calcular la desviación del rayo emergente respecto del incidente como una función de dicho parámetro.

- 10-** Un observador que mira desde lo alto sobre la superficie de un lago cristalino, verifica que un objeto sumergido parece estar a  $6\text{ m}$  de profundidad cuando es observado a  $27^\circ$  con respecto a la vertical.
- ¿Cuál será la verdadera profundidad del objeto?
  - ¿Cuál será la profundidad aparente para un observador que mira el mismo objeto justo desde arriba?
- 11-** Una fuente luminosa yace en el fondo de un estanque de  $5\text{ m}$  de profundidad. Un detector colocado también en el fondo del estanque, verifica una imagen intensa de la fuente reflejada internamente en la superficie del agua, por lo que cabe suponer que se trata de un caso de reflexión total. ¿Cuál será la mínima distancia admisible entre el detector y la fuente para que sea posible este efecto?
- 12-** Considere un haz de luz natural cuyos rayos son paralelos, que incide oblicuamente sobre la interfaz entre dos medios transparentes. Suponga que el índice de refracción del medio de procedencia de la luz es menor que el del medio de transmisión. Pruebe que si el haz reflejado es linealmente polarizado, el mismo forma un ángulo recto con el haz transmitido<sup>2</sup>.
- 13-** Un observador que mira la luz del sol reflejada en la superficie de un estanque, verifica que la misma es linealmente polarizada.
- Determine el ángulo que forman los rayos del sol con la vertical del lugar.
  - Determine el plano de polarización de la luz reflejada en relación con las referencias geométricas del problema.
- 14-** Tres polarizadores alineados se interponen en el camino de un haz de luz natural. El primero y el tercero se mantienen fijos, con sus ejes de polarización perpendiculares entre sí, mientras que el segundo se hace girar.
- Deduzca una expresión para la intensidad luminosa relativa como función del ángulo del segundo polarizador, en la región comprendida entre el segundo y el tercer polarizador.
  - Repita el análisis para la región posterior al tercer polarizador.
  - Grafique las funciones obtenidas en las partes *a* y *b*.

---

<sup>2</sup>El ángulo de incidencia para el cual se cumple esta condición, se conoce como ángulo de Brewster. Un modo práctico para deducir el valor del ángulo de Brewster, consiste en recordar esta propiedad y combinarla con la ley de Snell. Verifique que este procedimiento es mucho más directo que la deducción a partir de las expresiones de Fresnel.