

## EXPERIMENTO 9

### MICROONDAS I: INTRODUCCIÓN - REFLEXIÓN - ONDAS ESTACIONARIAS

#### 1. Objetivos

En este primer contacto del alumno con el estudio de las Ondas Electromagnéticas, se debe superar la barrera de comprensión que siempre existe entre aquellos fenómenos que son observables a simple vista (por ejemplo ondas en sistemas mecánicos) y aquéllos que lo son indirectamente mediante el uso de instrumentos apropiados.

A través de un enfoque fenomenológico teórico-experimental, se pretende familiarizarse con la generación, propagación y detección de ondas electromagnéticas, en este caso específico microondas.

En forma similar al caso de una cuerda vibrante, por reflexión podremos además producir ondas estacionarias y medir la longitud de onda.

#### 2. Bases Teóricas

Las ondas electromagnéticas juegan un rol preponderante en muchos aspectos de nuestra vida. La luz visible que nos contacta con el mundo que nos rodea, las ondas de radio y televisión que nos comunican, los Rayos X que ayudan a detectar nuestras enfermedades, son los ejemplos más familiares de ondas electromagnéticas.

Toda onda es una perturbación de alguna propiedad física que se propaga. Una onda electromagnética es una perturbación de un campo eléctrico E, que necesariamente va acompañada de una perturbación de un campo magnético B, de tal modo que ambas perturbaciones se propagan (en el vacío) a la velocidad  $C \approx 300.000 \text{ Km/s}$ , lo que se denomina "velocidad de la luz" y es una constante fundamental de la Física (Fig. 1).

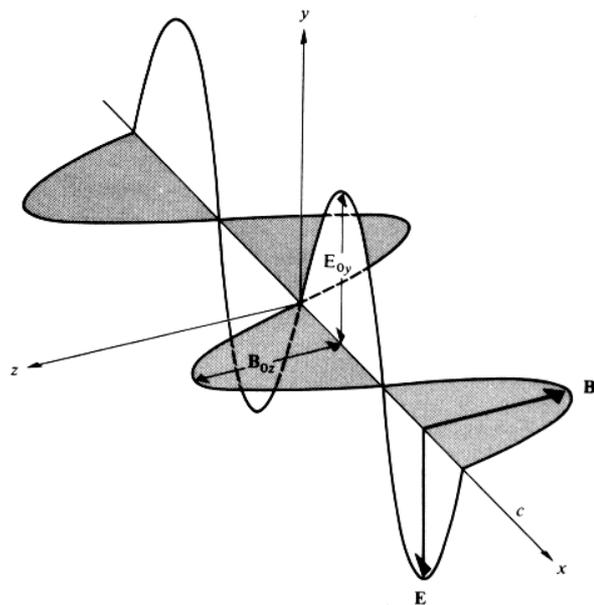


Fig. 1

¿Cómo puede generarse una onda electromagnética? Una forma bastante familiar a todos nosotros (ondas de radio) es a través de hacer oscilar electrones en una antena (Fig. 2) En efecto, los electrones que oscilan en la antena producen al mismo tiempo un campo eléctrico

oscilante y un campo magnético oscilante, los que, conforme a las leyes fundamentales del electromagnetismo, se continúan generando el uno al otro, propagándose así en el espacio.

Toda la radiación electromagnética conocida, abarca un espectro de frecuencias (y por lo tanto de longitud de onda) de más de 20 órdenes de magnitud (ver última lámina, Fig. 3).

Las microondas son ondas electromagnéticas que abarcan un rango de longitudes de onda entre algunos milímetros hasta un par de decenas de centímetros.

Por esta característica constituyen una herramienta valiosa para el estudio de los fenómenos ondulatorios, como transición entre las ondas mecánicas, generalmente visibles a simple vista; y la luz visible que corresponde a longitudes de onda mucho más pequeñas (del orden de los micrones). Por otra parte, las microondas tienen una gran importancia práctica puesto que se utilizan en forma preponderante en los sistemas modernos de comunicación (por ejemplo, comunicaciones telefónicas).

Dado que el campo eléctrico  $E$  ejerce una fuerza aún sobre cargas en reposo, mientras que el campo magnético  $B$  ejerce una fuerza sólo sobre cargas en movimiento (y esa fuerza es tanto menor cuanto menor la velocidad de la carga), muchas veces basta con considerar solamente el campo eléctrico  $E$  en una onda electromagnética (esto simplifica mucho el análisis).

Para hacer aún más simple nuestro estudio introductorio de las ondas electromagnéticas, utilizaremos un generador compuesto por una pequeña antena (construida en base a un diodo) que emite una onda linealmente polarizada. Esto significa que el campo eléctrico oscila siempre en un mismo plano y en una misma dirección (paralela a la dirección de la pequeña antena del equipo). La antena está colocada en una cavidad resonante de 10.525 GHz, con lo que se obtiene un haz de ondas electromagnéticas coherentes de longitud de onda fija de 2.85 cm.

La detección de las microondas emitidas por el transmisor se realiza por medio de un receptor de características similares que responde a la componente de la señal que está polarizada a lo largo del eje de su propia antena (diodo) y produce un voltaje de corriente continua que puede ser leído en una escala. Un detalle que debe tenerse en cuenta en los experimentos es que, siendo el diodo detector un elemento de respuesta no lineal, la lectura del voltímetro no es proporcional ni al campo eléctrico  $E$  (amplitud) ni a la intensidad ( $\approx E^2$ ), sino que en general refleja algún valor intermedio.

El equipo que utilizaremos permite variar la distancia entre transmisor y receptor, el ángulo entre sus ejes y el ángulo relativo de las dos antenas (emisora y receptora). En este primer experimento investigaremos primero la respuesta del detector y la forma de propagación (tenemos ondas esféricas o planas?).

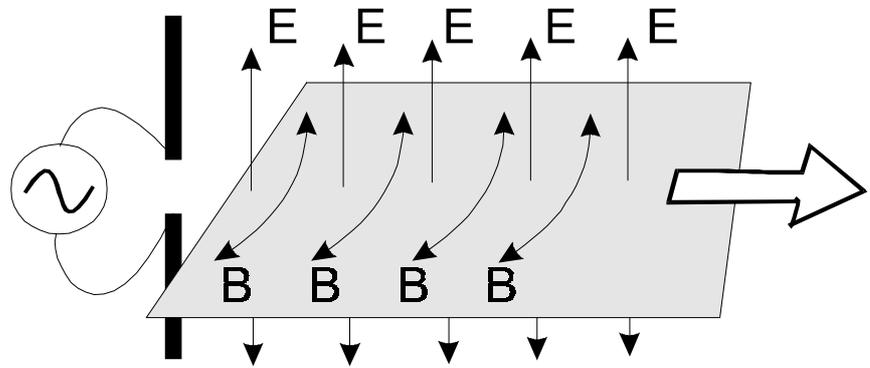


Fig 2

Luego, podremos estudiar cómo se reflejan las ondas en una lámina metálica cuyos electrones libres se comportan como pequeñas antenas que, al ser excitadas por la onda incidente, emitirán a su vez ondas electromagnéticas. Intuitivamente puede verse que, si la onda incidente es plana (es decir el frente de onda es un plano perpendicular a la dirección de propagación), las ondas incidentes y reemitidas por los electrones de la lámina se superpondrán constructivamente sólo en la dirección tal que el ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión (Fig. 4).

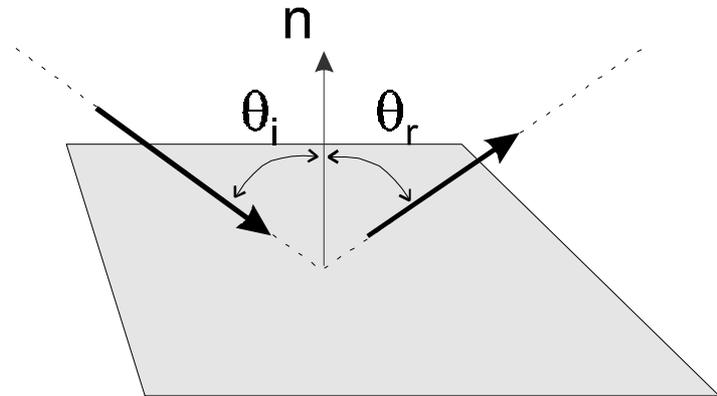


Fig. 4

Por último, produciendo una reflexión en un ángulo de  $0^\circ$  (la lámina perpendicular a la dirección de propagación), podremos producir entre el transmisor y la lámina reflectora una onda estacionaria, de la misma manera que para una cuerda vibrante, y medir en la misma la longitud de onda.

### 3. Procedimiento

- (i) Montar el equipo como se indica en la Fig. 5.
- (ii) Variar la distancia  $R$  y registrar las lecturas de señal.

Dado que  $E$  varía como  $1/R$  y la intensidad  $I$  varía como  $1/R^2$ , ¿Puede decir si la lectura es proporcional a  $E$  o a  $I$ ?

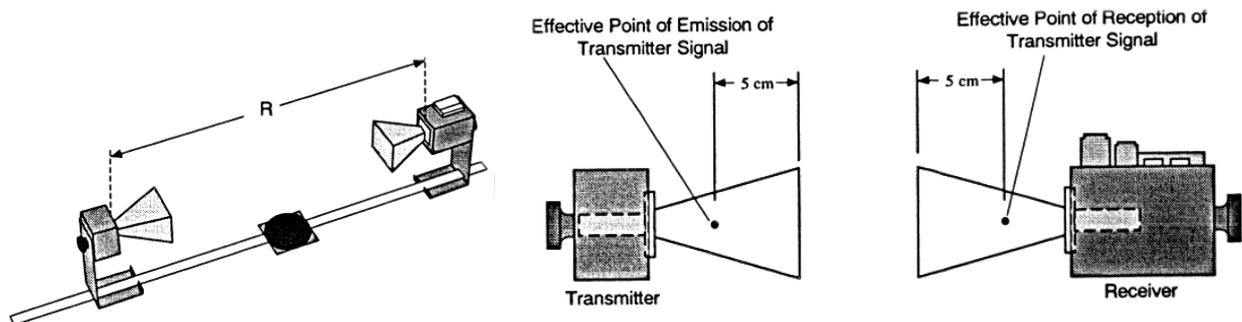


Fig. 5

- (iii) Girar la antena del receptor respecto de la del transmisor y leer la señal para varios ángulos. ¿Qué se observa y por qué?
- (iv) Colocar el transmisor lo más cerca posible del eje del goniómetro. Girar el brazo del goniómetro correspondiente al receptor y leer la señal para varios ángulos.

En base a los resultados, ¿en qué medida la onda emitida por el transmisor se puede considerar esférica o plana?

(v) Colocar una pantalla metálica en el eje del goniómetro y estudiar la relación entre ángulo de incidencia y de reflexión de la onda (Fig. 6).

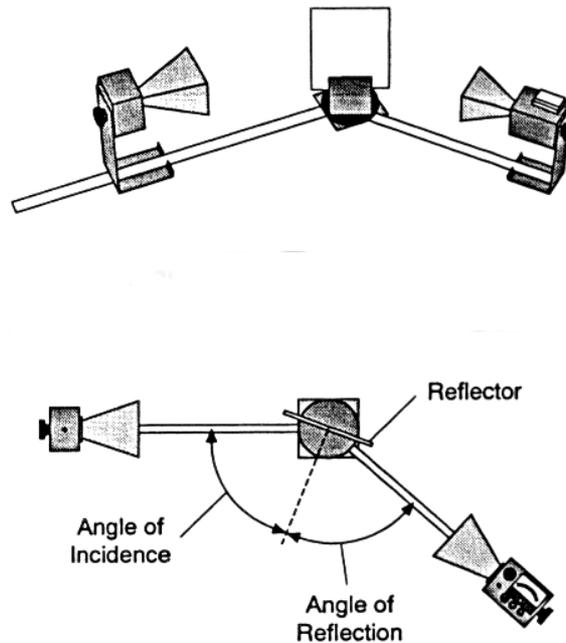


Fig. 6

¿Qué relación se encuentra entre  $\phi_i$   $\phi_r$ ?

¿Por qué es necesario encontrar el máximo en la lectura del receptor?

(vi) Armar el equipo como en la Fig. 7. Producir una onda estacionaria y con la sonda detectora buscar los nodos y antinodos. Obtener  $\lambda$ . Con la frecuencia dada  $\nu = 10.525$  GHz obtener la velocidad de la luz  $c = \lambda\nu$ .

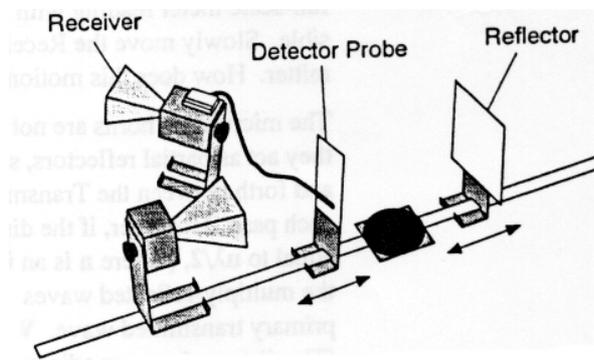


Fig. 7