

## Óptica ondulatoria con microondas

### DEMOSTRACIÓN Y ESTUDIO DE LA INTERFERENCIA, LA DIFRACCIÓN Y LA POLARIZACIÓN CON MICROONDAS

- Medición punto a punto de la intensidad en la difracción de microondas en una rejilla doble
- Determinación de los máximos para diferentes ordenes de difracción
- Determinación de la longitud de onda con una distancia entre rendijas conocida
- Estudio y cambio de la polarización de microondas emitidas

UE3060300

03/18 UD

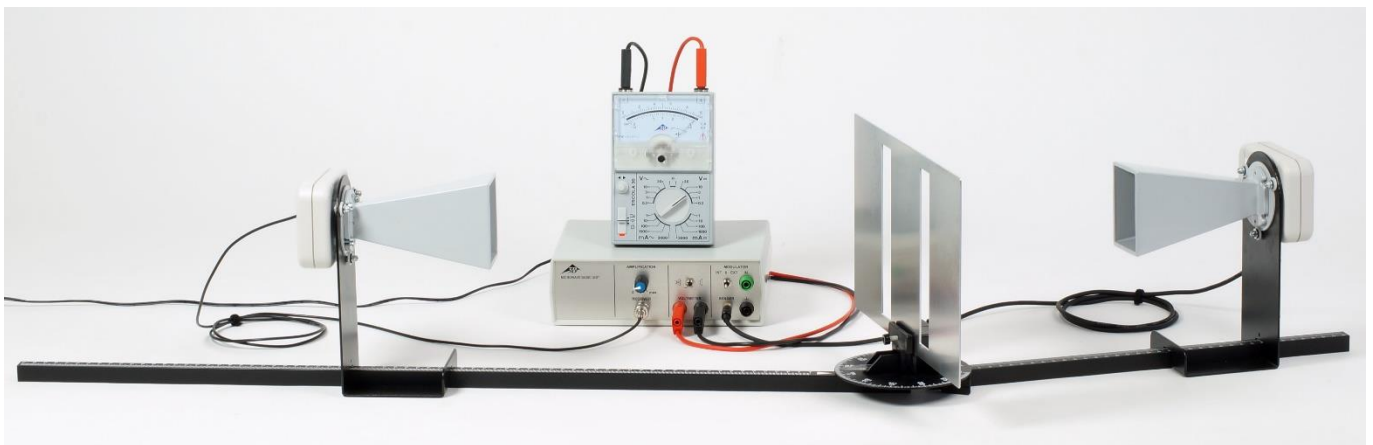


Fig. 1: Configuración de medición para la difracción de microondas en la ranura doble

### FUNDAMENTOS GENERALES

La óptica ondulatoria o física considera la luz como una onda electromagnética transversal y explica así los conceptos de su interferencia, difracción y polarización. Las microondas también son ondas electromagnéticas y muestran los mismos fenómenos, pero sus longitudes de onda son claramente más grandes que las de la luz visible. Por lo tanto se pueden aplicar objetos de difracción y polarización para experimentos de óptica ondulatoria con microondas cuya estructura interna se puede reconocer a simple vista.

En el experimento se estudia la difracción de microondas de una longitud igual a  $\lambda$  en una rejilla doble, cuya distancia entre rendijas  $d$  es de varios centímetros. Se obtiene así la distribución de intensidad típica para la difracción en rendija doble (véase la fig. 5) con máximos bajo el ángulo  $\alpha_m$ , que satisfacen la condición

$$(1) \sin \alpha_m = m \cdot \frac{\lambda}{d}, \quad m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

Claramente la máxima intensidad se mide exactamente cuando el receptor se encuentra detrás del puente entre las rendijas y no en el camino directo que puede ser irradiado directamente por el emisor. Este fenómeno se puede explicar por la interferencia de las ondas parciales de ambas rendijas y es una comprobación clara de la naturaleza ondulatoria de las microondas.

Girando el receptor alrededor de la dirección de radiación se puede comprobar la polarización lineal de las microondas emitidas. Con la orientación cruzada de emisor y receptor la intensidad medida se reduce a cero. Si se coloca una rejilla de polarización a  $45^\circ$  en el paso de los rayos, el receptor vuelve a detectar una onda solo que de una amplitud mucho más baja. La rejilla deja pasar la componente del vector  $E$  de la onda incidente, la cual es paralela a la rejilla de polarización. Por otro lado, de esto se mide la componente que oscila en paralelo con el receptor.

## LISTA DE APARATOS

1	Equipo de microondas 9,4 GHz @230V	1009951 (U8493600-230)
o		
1	Equipo de microondas 10,5 GHz @115V	1009950 (U8493600-115)
1	Multímetro analógico Escola 30	1013526 (U8557330)
1	Par de cables de experimentación de seguridad, 75 cm, rojo/azul	1017718 (U13816)

## MONTAJE

- Inserte el carril corto en el largo (Fig. 2).
- Lleve el sistema de carriles a la posición de 0° (Fig. 3).
- Monte el soporte de la placa en el cuadrante como se muestra en la figura 3 y fíjelo con el tornillo prisionero.
- Coloque el transmisor a 170 mm en el carril corto y el receptor a 400 mm en el largo. Alinee el transmisor y el receptor horizontalmente de manera que queden paralelos entre sí.
- Conecte el emisor al terminal "Sender" y el receptor al "Receiver" del equipo de servicio.
- Conecte el multímetro analógico al casquillo de 4 mm "Voltmeter" y seleccione un rango de medición de 3 V de tensión continua.

El multímetro muestra la señal amplificada del receptor como una tensión continua proporcional (con la modulación desactivada).

- Desactive el altavoz y lleve el "Modulator" a "0".
- Conecte a la red de corriente el equipo de servicio con la fuente de alimentación incluida en el suministro y estará de inmediato en disposición de funcionamiento.
- Gire el regulador de amplificación para la ganancia de la señal del receptor hasta que el multímetro analógico alcance el valor máximo de 3 V.

## REALIZACIÓN

### Difracción en la rendija doble

- Lleve el emisor a la posición de 250 mm. Alinee el transmisor y el receptor verticalmente de manera que queden paralelos entre sí.
- Fije la placa con la rendija doble en el centro de la ranura del soporte con el tornillo de fijación.

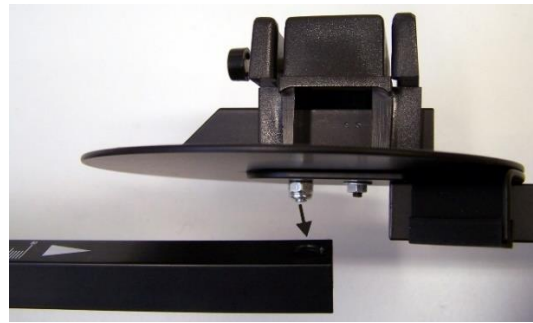


Fig. 2: Inserción del carril corto en el largo

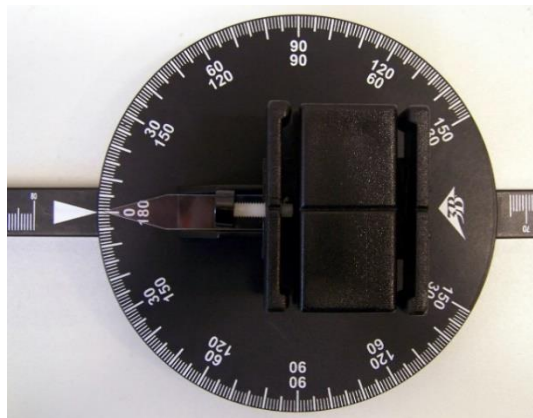


Fig. 3: Posición de 0° del sistema de carriles

### Nota

Entre el emisor y la placa con la doble rendija surgen ahora ondas estacionarias.

- Desplace el emisor un poco hacia la izquierda o la derecha, de manera que el multímetro analógico muestre su valor máximo.
- Regule la ganancia de la señal del receptor de manera que el multímetro analógico vuelva a mostrar un valor de 3 V.
- Sostenga con una mano el carril largo y el receptor mientras que, con la otra, haga girar el carril corto y el emisor en sentido antihorario de modo que la marca del indicador del carril largo señale la marca de 65° del cuadrante. Al hacerlo, sostenga el emisor de manera que no cambie su posición sobre el carril. Anote el valor del ángulo como -65° en la tabla 1.
- Lea la tensión en el multímetro analógico y anote el valor en la tabla 1.
- Repita la medición con incrementos de 2,5° hasta llegar a los 0° y continúe hasta +65° girando el carril corto con el emisor en sentido horario. Anote todos los valores en la tabla 1.

### Polarización

- Monte la configuración de salida (véase "Montaje").
- Coloque el emisor, el receptor y la rejilla de polarización como se muestra en la figura 4a, observe en cada ocasión la indicación del multímetro analógico y anote lo observado.

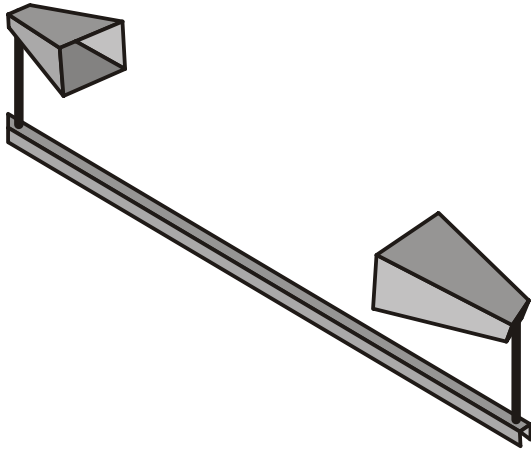


Fig. 4a: Colocación paralela del emisor y el receptor

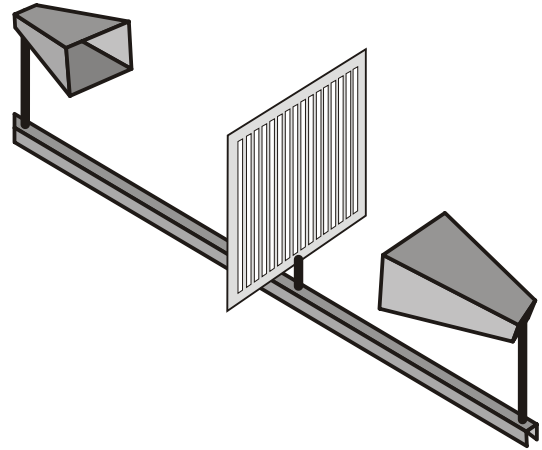


Fig. 4d: Rejilla de polarización orientada verticalmente entre el emisor y el receptor ubicados en paralelo horizontalmente

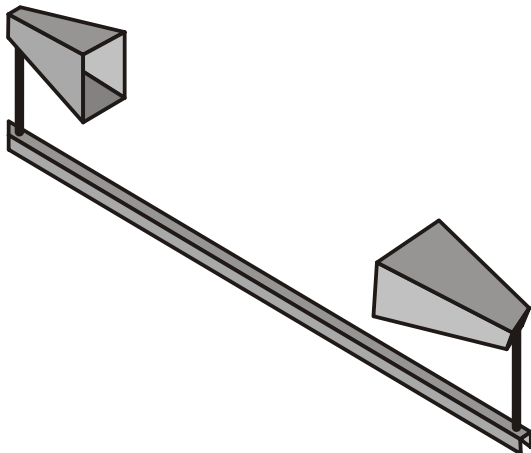


Fig. 4b: Colocación en cruz del emisor y el receptor

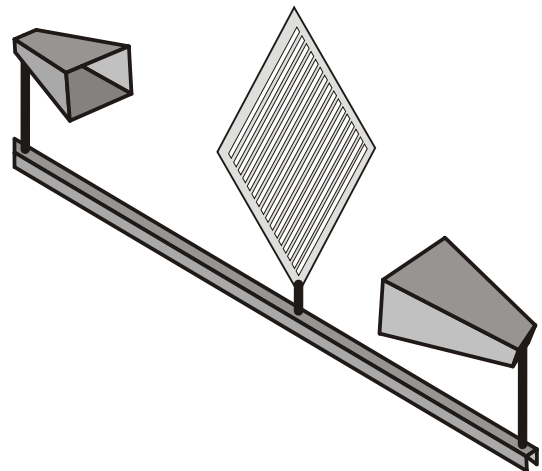


Fig. 4e: Rejilla de polarización orientada en diagonal entre el emisor y el receptor ubicados en paralelo horizontalmente

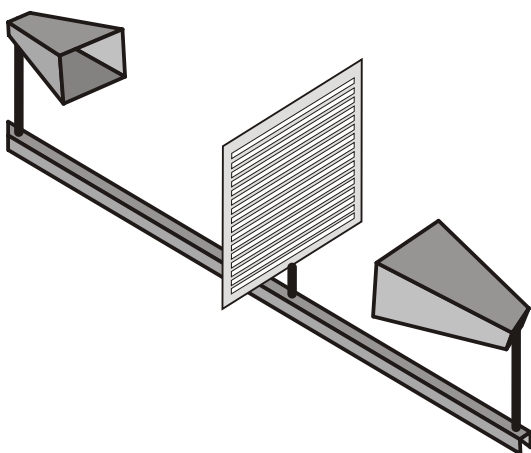


Fig. 4c: Rejilla de polarización orientada horizontalmente entre el emisor y el receptor ubicados en paralelo también horizontalmente

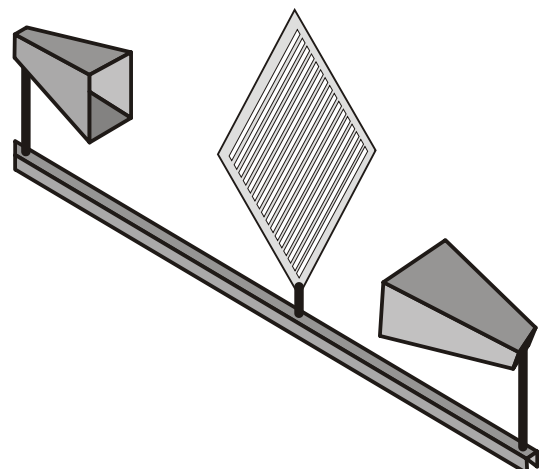


Fig. 4f: Rejilla de polarización orientada en diagonal entre el emisor y el receptor ubicados en cruz

### EJEMPLO DE MEDICIÓN

Tabla 1: Difracción de microondas en la rejilla doble.  
Tensiones medidas en función del ángulo de giro

$\alpha$	$U/V$	$\alpha$	$U/V$	$\alpha$	$U/V$
-65,0°	0,40	-20,0°	2,90	25,0°	1,00
-62,5°	0,65	-17,5°	2,85	27,5°	0,30
-60,0°	1,10	-15,0°	2,25	30,0°	0,45
-57,5°	0,90	-12,5°	1,65	32,5°	1,00
-55,0°	0,70	-10,0°	0,35	35,0°	1,40
-52,5°	0,60	-7,5°	0,55	37,5°	1,85
-50,0°	0,70	-5,0°	1,75	40,0°	2,10
-47,5°	1,00	-2,5°	2,75	42,5°	1,75
-45,0°	1,50	0,0°	2,95	45,0°	1,10
-42,5°	2,00	2,5°	2,55	47,5°	0,75
-40,0°	2,25	5,0°	1,65	50,0°	0,75
-37,5°	2,00	7,5°	0,35	52,5°	0,60
-35,0°	1,50	10,0°	0,50	55,0°	0,60
-32,5°	0,80	12,5°	1,80	57,5°	0,85
-30,0°	0,45	15,0°	2,40	60,0°	0,85
-27,5°	0,40	17,5°	2,85	62,5°	0,45
-25,0°	1,20	20,0°	2,90	65,0°	0,40
-22,5°	2,40	22,5°	2,35	-	-

Tabla 2: Posición de la máxima intensidad como función del orden de difracción  $m$

$m$	$\alpha_m$	$\sin \alpha_m$
-3	-60,0°	-0,87
-2	-40,0°	-0,64
-1	-20,0°	-0,34
0	0,0°	0,00
1	20,0°	0,34
2	40,0°	0,64
3	60,0°	0,87

- Trace el ángulo  $\alpha_m$  de difracción máxima en un diagrama  $\sin \alpha_m - m$  en función del orden de difracción  $m$  (Fig. 6).

Los valores de medición se encuentran en una recta original, cuya pendiente  $a$  corresponde al cociente  $\lambda/d$  según la ecuación (1). Con una distancia de rejilla  $d = 10,5$  cm, se obtiene para la longitud de onda  $\lambda$  y la frecuencia  $f$  de las microondas:

$$a = \frac{\lambda}{d} \Leftrightarrow \lambda = a \cdot d = 0,302 \cdot 10,5 \text{ cm} = 3,17 \text{ cm} \Rightarrow$$

$$(4) \quad f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{3,17 \text{ cm}} = 9,5 \cdot \text{GHz}$$

El valor concuerda hasta en un 1% con el nominal  $f = 9,4$  GHz.

### EVALUACIÓN

#### Difracción en la rendija doble

- Reste, dado el caso, de las tensiones  $U$  medidas (tabla 1) la calibración (en este caso: 0,30 V)

$$(2) \quad U' = U - U_{\text{off}} = U - 0,30 \text{ V},$$

normalice el valor a  $\alpha = 0^\circ$ ,

$$(3) \quad U'_{\text{max}} = U_{\text{max}} - U_{\text{off}} = 2,95 \text{ V} - 0,30 \text{ V} = 2,65 \text{ V},$$

y represente gráficamente los valores resultantes  $U' / U'_{\text{max}}$  en función del ángulo  $\alpha$  (Fig. 5).

- Identifique los valores máximos con el respectivo orden de difracción  $m$  y anótelos en la tabla 2 junto con los ángulos  $\alpha_m$ .
- Calcule para cada caso el seno del ángulo  $\alpha_m$  y anótelos también en la tabla 2.

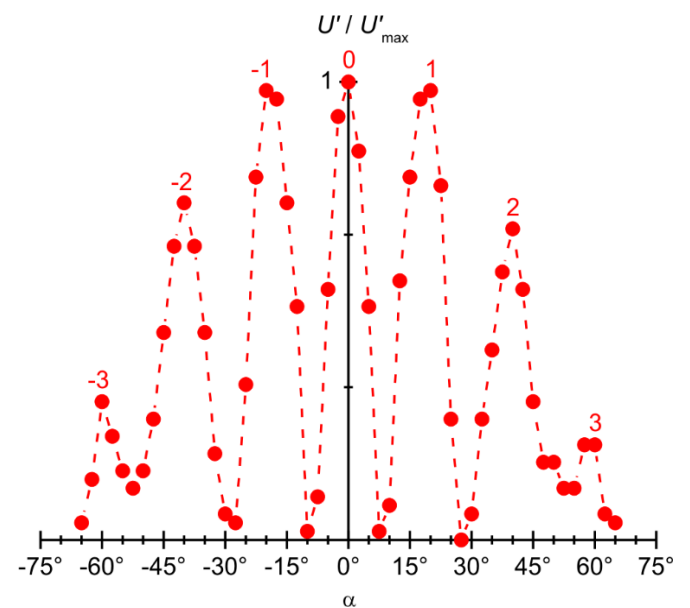


Fig. 5: Distribución de intensidad en la difracción de microondas en una rendija doble. La línea cortada sirve como guía visual.

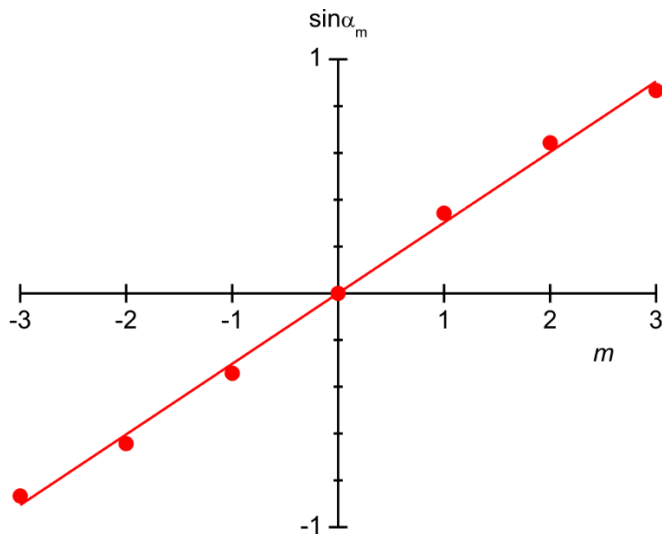


Fig. 6: Posiciones de los máximos de intensidad en función del orden de difracción  $m$

### Polarización

Con la orientación en paralelo del emisor y el receptor (Fig. 4a) el multímetro analógico muestra la máxima tensión. Con la orientación en cruz (Fig. 4b) esta es igual a cero. Las microondas enviadas son ondas transversales polarizadas linealmente.

Con la orientación horizontal de la rejilla de polarización, colocada entre el emisor y el receptor emplazados en paralelo horizontalmente (Fig. 4c) el multímetro analógico muestra la máxima tensión. Con orientación en vertical este valor es igual a cero (Fig. 4d). La rejilla de polarización actúa como un filtro de polarización.

Con la orientación en diagonal de la rejilla de polarización colocada entre el emisor y el receptor ubicados en paralelo entre sí (Fig. 4e) o en cruz (Fig. 4f), el multímetro analógico muestra tensiones entre cero y su valor máximo. La rejilla permite el paso de la componente E del vector de la microonda de llegada, que oscila en paralelo con la rejilla de polarización. De esto, por su parte, se mide la componente oscilante que se dirige hacia el receptor en paralelo.