

## Interferencia de dos haces de ondas de agua

### Objetivos del experimento

- Análisis de la interferencia mediante la generación de dos ondas de agua circulares en función de la distancia de ambos generadores y de la longitud de onda.
- Análisis de la interferencia de ondas de agua detrás de una rendija doble.
- Comparación de las imágenes de interferencia.

### Fundamentos

Se llama interferencia a la superposición de ondas circulares y coherentes en su lugar de encuentro. En este caso, las ondas pueden ser reforzadas en algunos lugares, mientras que en otros se verán atenuadas o incluso se extinguirán.

El fenómeno de interferencia en un lugar depende del corrimiento que producen, una contra otra, las ondas circulares que interfieren o, mejor dicho, de la variación del camino geométrico de ambas ondas en dicho lugar.

Para una variación del camino geométrico

$$\Delta s = n \cdot \lambda \quad \text{con } n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \quad (\text{I})$$

las variaciones en los caminos de cada onda se suman, esto es, tiene lugar el refuerzo máximo de la onda.

Para una variación del camino geométrico

$$\Delta s = \left( n + \frac{1}{2} \right) \cdot \lambda \quad \text{con } n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \quad (\text{II})$$

las variaciones de los caminos de cada onda se restan, esto es, ambas ondas (suponiendo amplitudes iguales) se extinguen por completo.

Los lugares con idénticas variaciones de camino geométrico se encuentran sobre una hipérbola (ver figura 2) cuyos focos son los puntos generadores. Su posición se describe mediante los ángulos  $\alpha$  (ver figura 3) que forman el eje de ordenadas con las asíntotas.

Para los máximos vale

$$\text{sen } \alpha = n \cdot \frac{\lambda}{d} \quad \text{con } n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \quad (\text{III})$$

y para los mínimos vale

$$\text{sen } \alpha = \left( n + \frac{1}{2} \right) \cdot \frac{\lambda}{d} \quad \text{con } n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \quad (\text{IV})$$

( $d$ : distancia de los puntos generadores,  $\lambda$ : longitud de onda)

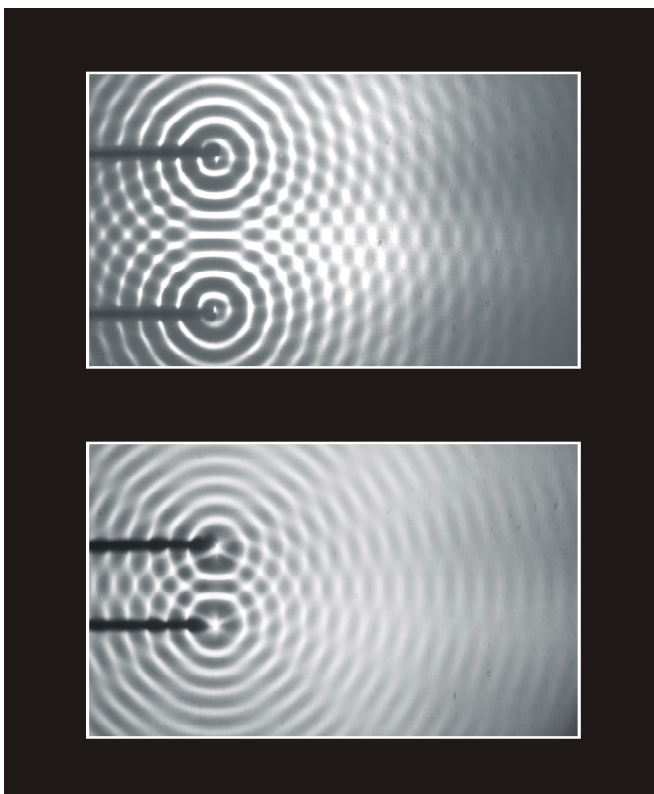


Fig. 1 Interferencia de dos ondas circulares coherentes (fotos)  
Arriba: distancia de los puntos generadores = 8 cm  
Abajo: distancia de los puntos generadores = 4,2 cm

**Materiales**

1 cubeta de ondas con estroboscopio a motor 401 501

además:

detergente,  
láminas transparentes, marcadores para pizarra,  
cinta adhesiva, regla, transportador

En la cubeta de ondas se generan ondas circulares coherentes mediante, por ejemplo, dos generadores de ondas circulares unidos a la membrana de la alimentación y que producen ondas circulares de igual amplitud y frecuencia. La reflexión de ondas de agua circulares en un obstáculo recto lleva a idéntico resultado. La imagen reflejada del punto generador forma el segundo punto generador.

Si los frentes rectilíneos de ondas chocan contra un obstáculo con dos rendijas estrechas, detrás de ellas surgen igualmente ondas circulares coherentes. La generación doble y la doble rendija generan las mismas imágenes de interferencia.

**Montaje**

El montaje del experimento se muestra en la figura 4.

- Ubicar la cubeta de ondas libre de perturbaciones, ateniéndose siempre a sus instrucciones de uso.
- Conectar, según muestra la figura 5, dos generadores de ondas circulares, para provocar la doble generación, a una distancia de 8 cm.
- Preparar el generador de ondas rectilíneas, el obstáculo con cuatro rendijas y la corredera de obturación.
- Pegar con cinta adhesiva una lámina sobre la pantalla de observación (g).

**Realización**

**a) Interferencia de dos haces por doble generación:**

- Girar la placa del estroboscopio con el tornillo de cabeza moleteada (f) apartándola del paso de la luz, de manera que la hoja de vidrio del fondo de la cubeta sea iluminada por completo.
- Seleccionar con la perilla (e) una frecuencia de aproximadamente 25 Hz y con la perilla (d) elevar con cuidado la amplitud de la excitación hasta que se formen claros frentes de onda (ver instrucciones de uso para la cubeta de ondas).
- Cambiar, de ser necesario, la profundidad de inmersión con el tornillo de ajuste (h1).
- Observar la ubicación y la cantidad de los máximos y los mínimos de interferencia.
- Marcar sobre la lámina la ubicación de los centros de generación y las hipérbolas de interferencia.
- Medir la longitud de onda  $\lambda$ , la distancia de los generadores  $d$ , y averiguar las direcciones  $\alpha$  con las cuales aparecen los mínimos de interferencia. Para determinar la real longitud de onda, considerar la escala de la imagen (ver instrucciones de uso para la cubeta de ondas).
- Disminuir la distancia de los generadores a 4,2 cm y repetir los pasos del experimento.
- Comparar entre sí las imágenes de interferencia.
- Seleccionar frecuencias de aproximadamente 10 a 40 Hz en pasos de 5 Hz. Para cada caso observar longitud de onda, ubicación y cantidad de las hipérbolas de interferencia. Para el análisis cuantitativo dibujar algunas imágenes de interferencia en otras láminas. Comparar entre sí las imágenes de interferencia.

*Indicación: Disminuyendo o aumentando constantemente la frecuencia puede observarse muy bien el cambio de la posición de las hipérbolas de interferencia.*

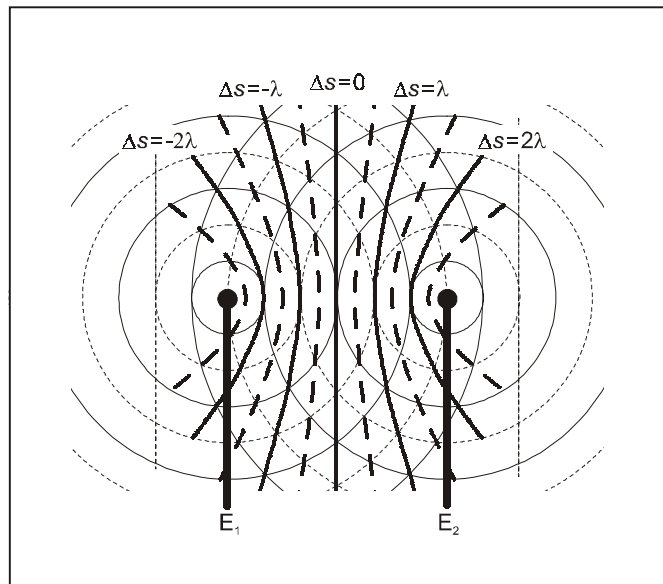
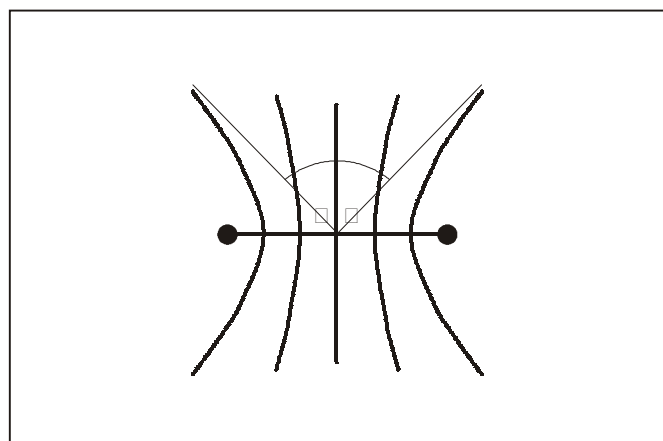


Fig. 2 Representación esquemática de la interferencia de dos ondas circulares coherentes  
E<sub>1</sub>, E<sub>2</sub> puntos generadores de ondas circulares

Fig. 3 Dirección  $\alpha$  de las hipérbolas de interferencia



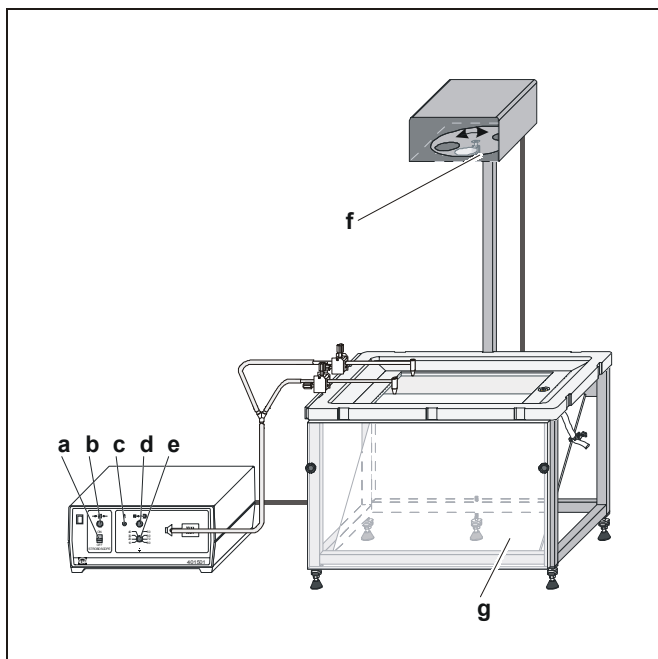


Fig. 4 Montaje para el experimento de interferencia de dos haces  
**a** interruptor del estroboscopio  
**b** perilla (ajuste fino de la frecuencia del estroboscopio)  
**c** pulsador (generación de ondas individuales)  
**d** perilla (selección de amplitud para la generación de ondas)  
**e** perilla (ajuste fino de frecuencia para la generación de ondas)  
**f** tornillo de cabeza moleteada (giro manual de la placa del estroboscopio)  
**g** pantalla de observación

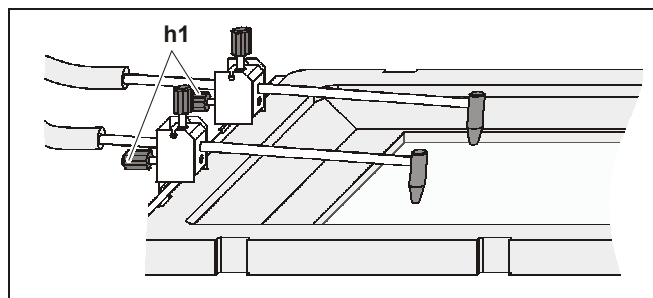


Fig. 5 Conexión del generador doble  
**h1** tornillo de ajuste (selección de la profundidad de inmersión)

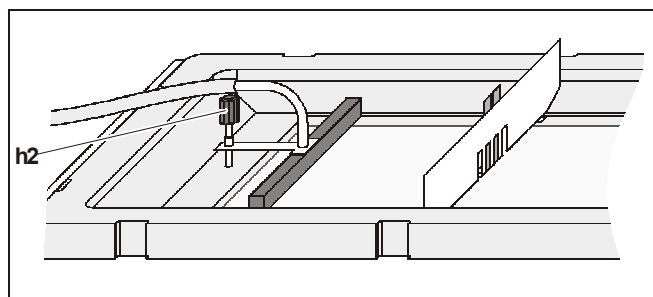
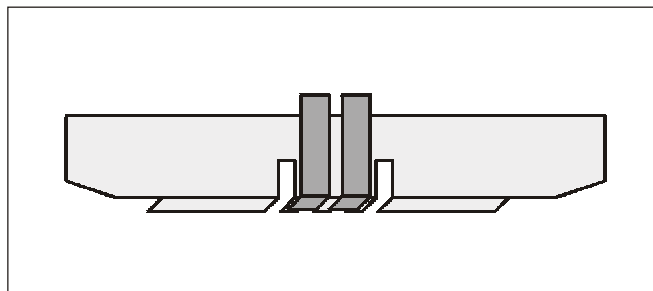


Fig. 6 Conexión del generador de ondas rectilíneas y montaje del experimento sobre interferencia de dos haces detrás de una rendija doble  
**h2** tornillo de ajuste (selección de la profundidad de inmersión)

### b) Interferencia de dos haces en doble rendija:

- Extraer el generador de ondas circulares y ubicar el obstáculo con cuatro rendijas exactamente en la mitad de la cubeta de ondas, bajo la lámpara.
- Conectar, de acuerdo con la figura 6, el generador de ondas rectilíneas de forma paralela al obstáculo, a 5 cm de distancia.
- Con las correderas de obturación angosta, según muestra la figura 7, tapar ambas rendijas internas (distancia entre centros de rendija: 4,2 cm).
- Seleccionar una frecuencia de aproximadamente 25 Hz y elevar con cuidado la amplitud de la excitación hasta que se formen claros frentes de onda (ver instrucciones de uso para la cubeta de ondas).
- Cambiar, de ser necesario, la profundidad de inmersión con el tornillo de ajuste (**h2**).
- Observar la ubicación y la cantidad de los máximos y los mínimos de interferencia.
- Trazar sobre una lámina la ubicación de la rendija y las hipérbolas de interferencia.
- Medir la longitud de onda  $\lambda$ , la distancia entre centros de rendija  $d$ , y averiguar las direcciones  $\alpha$  con las cuales aparecen los mínimos de interferencia.
- Comparar la imagen de interferencia con la del generador doble (distancia = 4,2 cm,  $f = 25$  Hz).
- Tapar, según muestra la figura 7, la segunda y la cuarta rendija, o bien ambas rendijas externas, variar la distancia entre centros de rendija  $d$  y repetir en cada caso los pasos del experimento.
- Comparar los patrones de interferencia de ambas imágenes de interferencia.
- Seleccionar frecuencias de aproximadamente 10 a 40 Hz en pasos de 5 Hz. Para cada caso observar longitud de onda, ubicación y cantidad de las hipérbolas de interferencia. Para el análisis cuantitativo dibujar algunas imágenes de interferencia en otras láminas. Comparar entre sí las imágenes de interferencia.

Fig. 7 Rendija doble con una distancia de 4,2 cm entre centros de rendija



**Ejemplo de medición**

En la figura 1 se muestran dos fotos con ejemplos de medición.

Tabla 1: Direcciones  $\alpha$  de las hipérbolas de interferencia 1 a 3 para mínimos de interferencia con  $\lambda = 1,1$  cm y diferente distancia de generadores  $d$

$\frac{d}{\text{cm}}$	Experimento			Ecuación (III)		
	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$
8,0	5°	12°	22°	3,9°	11,9°	20,1°
4,2	7°	22°	39°	7,5°	23,1°	40,9°

En la figura 8 se muestran dos fotos con ejemplos de medición para la interferencia mediante doble generación e interferencia en doble rendija.

**Resultados**

**a) Interferencia de dos haces con generador doble:**

Las ondas circulares generadas mediante el generador doble se superponen en el lugar de su encuentro. Las zonas sin movimiento ondulatorio muestran anulación de la onda (mínimos).

Los mínimos y máximos yacen en hipérbolas con los puntos generadores como focos. Se verifican de manera experimental las nociones sobre ubicación de las hipérbolas expuestas en los Fundamentos:

Los patrones de interferencia dependen de los generadores y de la longitud de onda. A medida que crece la distancia de los generadores o que decrece la longitud de onda, aumenta la cantidad de hipérbolas y éstas se abren más.

**b) Interferencia de dos haces en doble rendija:**

Las imágenes de interferencia que surgen detrás de una doble rendija son iguales a las del generador doble. Según el

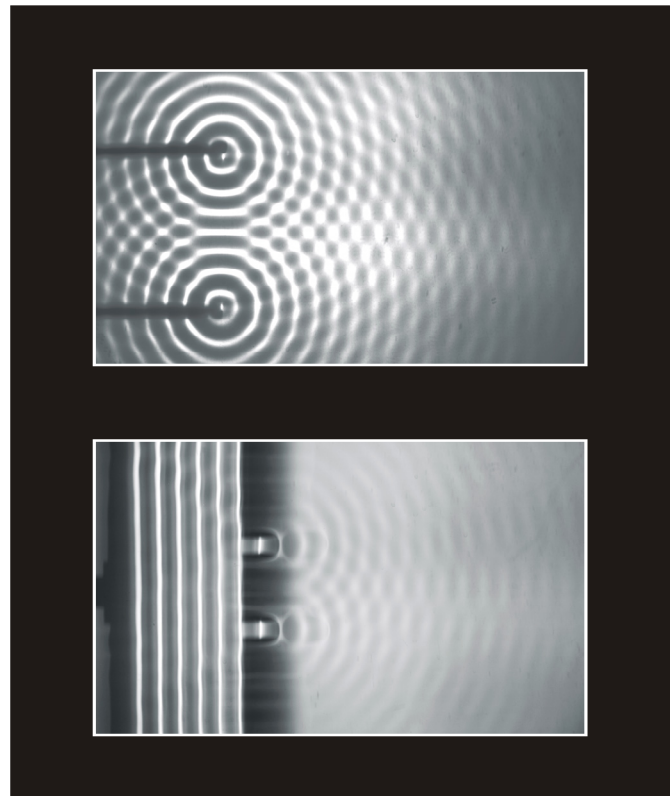


Fig. 8 Interferencia de dos haces con ondas de agua (fotos)  
 Arriba: generación doble  
 Abajo: difracción en la rendija doble

rendijas dos nuevas ondas circulares de igual frecuencia y amplitud (ondas circulares coherentes). La estructura de la interferencia es idéntica a la del generador doble.

Los patrones de interferencia dependen de la distancia entre centros de rendija y de la longitud de onda. A medida que crece la distancia entre centros de rendija o que decrece la longitud de onda, aumenta la cantidad de hipérbolas y éstas se abren más.