

# Manual de Instrucciones y Guía de Experimentos

---

## CUBA DE ONDAS

### **OBSERVACIÓN SOBRE LOS DERECHOS AUTORALES**

Este manual está protegido por las leyes de derechos autorales y todos los derechos están reservados. Está permitida y garantizada para instituciones de enseñanza, no obstante, la reproducción de cualquier parte de este manual para que se la suministre y utilice en los laboratorios pero no para su venta. Su reproducción bajo cualquier otra circunstancia, sin la debida autorización de la AZEHEB está terminantemente prohibida.

### **GARANTÍA**

La AZEHEB garantiza este producto contra defectos de fabricación por un periodo de 3 años a partir de la fecha de envío al cliente. La AZEHEB reparará o cambiará el producto defectuoso si se constata que el defecto fue ocasionado por problemas en los materiales que lo componen o por fallas en su fabricación.

Esta garantía no cubre problemas ocasionados por abuso o debidos al uso incorrecto del producto.

La determinación de si el defecto del producto es resultado de una falla de fabricación o si fue ocasionado por uso indebido será llevada a cabo únicamente por la AZEHEB.

#### **Dirección:**

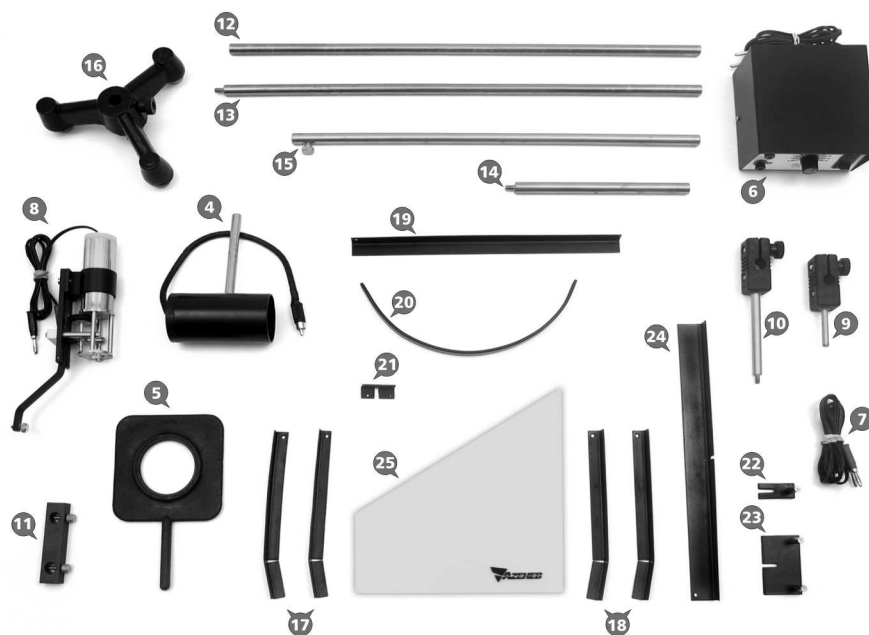
AZEHEB | Laboratórios de Física  
R Arthur Bernardes, 137 - 2º andar  
CEP 36300-076  
São João Del Rey - MG - Brasil

Teléfono: +55 32 3371-3191  
E-mail: [exportacion@azeheb.com](mailto:exportacion@azeheb.com)





# EQUIPO

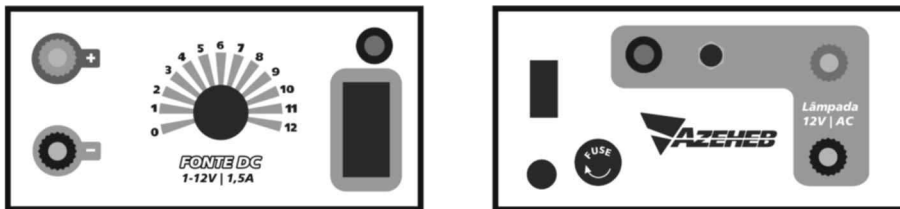


<b>1</b>	01 cuba transparente de 40x30cm sin enmiendas;	<b>11</b>	01 abrazadera con 2 orificios y tornillo de ajuste;
<b>2</b>	01 mesa de metal con patas en forma de H y T para apoyar la cuba y el espejo;	<b>12</b>	01 varilla hembra de 500mm;
<b>3</b>	01 espejo reflector de 36x37cm en panel articulable;	<b>13</b>	01 varilla macho de 500mm;
<b>4</b>	01 fuente de luz con bombilla de 12V y cables de conexión RCA macho;	<b>14</b>	01 varilla de 18cm para el vibrador;
<b>5</b>	01 lente de Ø6cm y distancia focal de 125mm con soporte plástico y cable;	<b>15</b>	01 varilla soporte de 42cm para el vibrador;
<b>6</b>	01 fuente de alimentación variable de 0-12V CC 1,5A y salida fija de 12V-2A CA con protección contra cortocircuitos. Tensión 110/220V mediante interruptor selector;	<b>16</b>	01 base de trípode;
<b>7</b>	01 cable doble para conexión banana / RCA;	<b>17</b>	02 mamparas derechas de 17cm;
<b>8</b>	01 vibrador con control de frecuencia y amplitud;	<b>18</b>	02 mamparas izquierdas de 17cm;
<b>9</b>	01 prensa plástica con varilla de 4cm para vibrador;	<b>19</b>	01 mampara recta de 27cm para reflexión;
<b>10</b>	01 prensa plástica con varilla de 9cm para fuente de luz;	<b>20</b>	01 mampara cóncava/convexa para reflexión;
		<b>21</b>	01 mampara de 3cm;
		<b>22</b>	01 agitador simple;
		<b>23</b>	01 agitador doble;
		<b>24</b>	01 agitador plano de 29cm;
		<b>25</b>	01 trapecio de acrílico transparente;
		<b>26</b>	01 unidad de almacenaje para accesorios de 40x50cm;

# INFORMACIONES GENERALES

## Fuente de Alimentación

Fuente de alimentación con dos salidas (bombilla y vibrador) y protegidas por fusible y relé.



Interruptor e indicador de encendido con LED verde, alimentación para el vibrador variable de 0 a 12V-CC 1,5A y protegido contra cortocircuitos, alimentación para la bombilla de 12V CA - 3A protegida con fusible de 2A, interruptor 127/220.

**Atención: al encender la fuente, gire el potenciómetro en sentido antihorario para que la tensión sea nula.**

Si se exige de la fuente una corriente superior a 1,5A – CC, provocado un cortocircuito, la fuente se apagará automáticamente debido a la actuación de un relé (que enciende un LED rojo) que protege la fuente y el equipo conectados a ella. Para reactivar la fuente debemos deshacer el cortocircuito o la sobrecarga y ajustar la llave normalmente abierta detrás de la fuente, apagando el LED rojo y encendiendo el LED verde.

## Fuente Luminosa

Fuente luminosa: cilíndrica con 8cm de longitud y 50mm de diámetro, cable con 7,5cm de longitud y 0,95cm de diámetro, extensión con 25cm de longitud y 0,95cm de diámetro, abrazadera y bombilla de 12V - 21W con lente condensadora de 8di.

## Accesorios

### Agitadores



agitador plano



agitador doble



agitador simple

### Mamparas



mampara recta



mampara cóncava/convexa

mamparas izquierdas



mampara 3cm

mamparas derechas



trapezio de acrílico

## Ajustes

La cuba de ondas es un equipo utilizado para observar los fenómenos de reflexión, refracción, difracción, interferencia y efecto Doppler en la superficie del agua. Para reproducir estos fenómenos debemos llenar la cuba de agua hasta una profundidad de aproximadamente 6mm, esperar un poco, y en seguida, poner un poco más de agua para compensar la cantidad de líquido absorbida por la espuma. Encienda la fuente de luz y observe la proyección utilizando el espejo articulable bajo la cuba. El principio de funcionamiento del equipo es muy simple: una fuente de luz (bombilla de 12V con lente condensadora), una cuba con agua y un espejo para proyectar la imagen en una pantalla o incluso en una pared blanca a una distancia máxima de 2m.

La buena calidad de la imagen proyectada sobre la mampara depende del nivel de la cuba, es decir, la profundidad del agua en toda la superficie de la cuba debe ser la misma. Para nivelar la cuba mueva las patas niveladoras de la mesa de metal (ajuste grueso) y las patas de la cuba (ajuste fino).



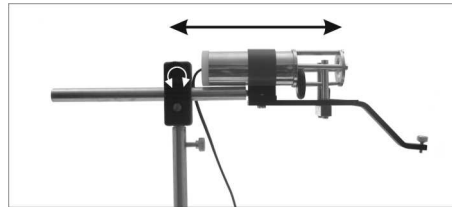
Patas de la mesa de metal



Patas de la cuba



El generador de ondas (denominado vibrador) funciona con un motor de 12V de corriente continua y se lo puede controlar de dos maneras: frecuencia de vibración y amplitud de onda. La frecuencia de vibración es controlada por la fuente de tensión continua y variable de 0 a 12V. La amplitud de onda es controlada por la estructura de fijación del motor que puede moverse hacia adelante o hacia atrás. Para una frecuencia de vibración pequeña debemos trabajar con una amplitud mayor. Es importante trabajar un poco con el equipo poniendo el **agitador simple** (frente de onda circunferencia) en el vibrador y aumentando gradualmente la frecuencia de vibración observando la proyección para ganar experiencia en la utilización del equipo en lo que se refiere a la frecuencia de vibración y amplitud de onda.

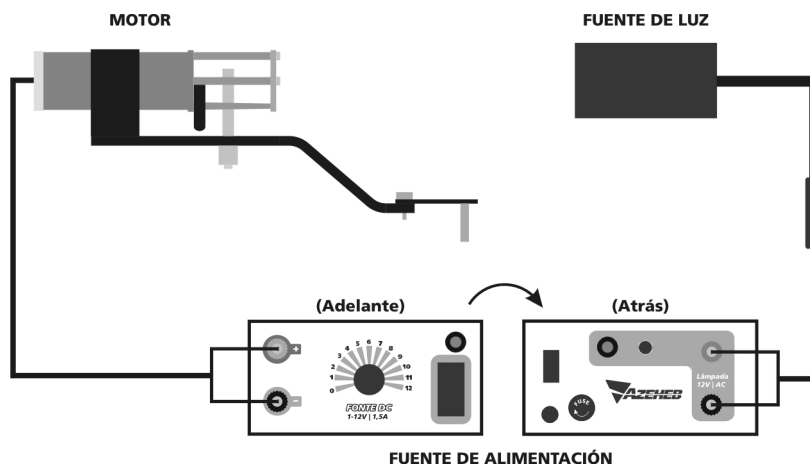


Ajuste de la amplitud

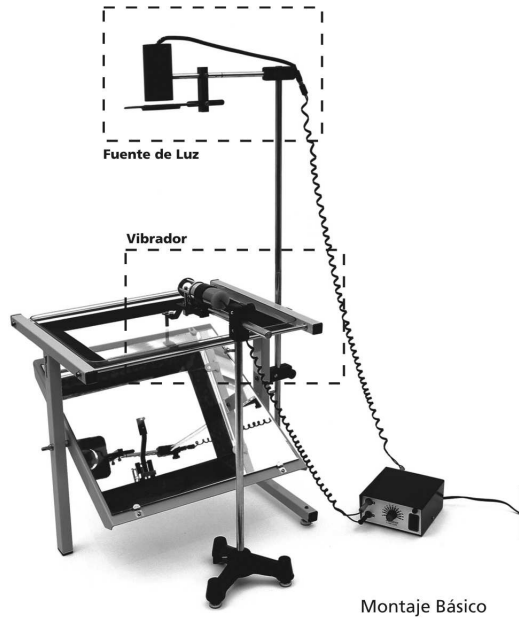
Si la amplitud de onda es muy pequeña y la frecuencia de vibración también, la imagen proyectada no será de buena calidad, lo inverso también es verdadero.

Ahora podemos cambiar la fuente puntual por el **agitador plano** (frente de onda recta). Antes de fijar el agitador plano hay que limpiarlo, principalmente la parte que toca el agua. Al tocar el agua (3mm de profundidad) el agitador debe estar al mismo nivel en toda su extensión. Aumente gradualmente la frecuencia de vibración y observe la proyección. Se notará que no es posible aumentar mucho la frecuencia para poder mantener una buena visión del experimento. Es importante observar también la manera como las ondas atraviesan la cuba, es decir, si están llegando inclinadas al otro lado. Si un lado está llegando antes que el otro es porque la profundidad a ese lado es mayor, entonces, debemos una vez más utilizar el ajuste fino del nivel de la cuba y repetir los procedimientos hasta obtener una buena imagen proyectada.

## Esquema de Conexión



## Montajes Generales



### Fuente de Luz

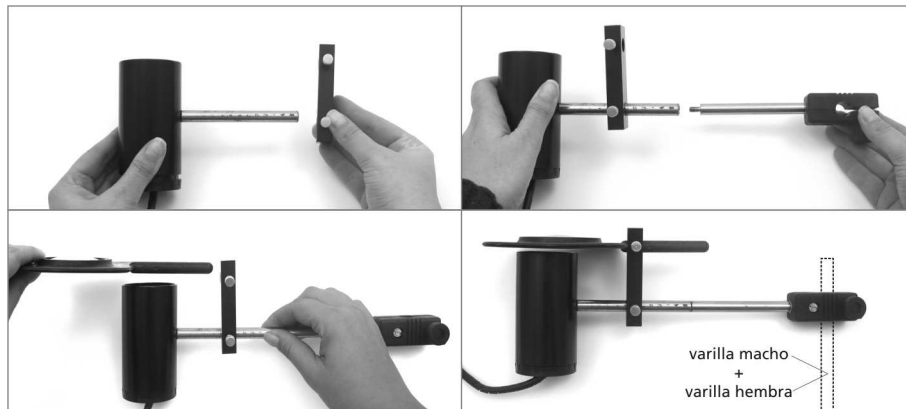
Montaje formado por las piezas:

- 01 fuente de luz con bombilla de 12V y cables de conexión RCA macho;
- 01 prensa plástica con varilla de 9cm para fuente de luz;
- 01 lente de  $\text{Ø}6\text{cm}$  y distancia focal de 125mm con soporte plástico y cable;
- 01 abrazadera con 2 orificios y tornillo de ajuste;
- 01 varilla hembra de 500mm;
- 01 varilla macho de 500mm;

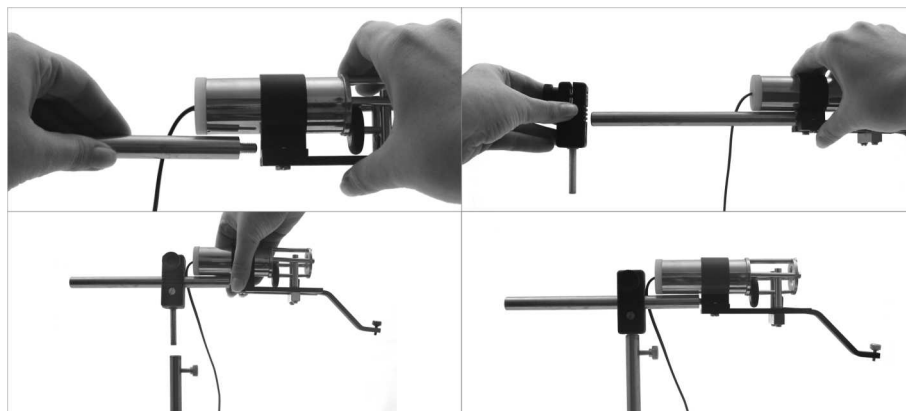
### Vibrador

Montaje formado por las piezas:

- 01 vibrador con control de frecuencia y amplitud;
- 01 prensa plástica con varilla de 4cm para vibrador;
- 01 varilla de 18cm para el vibrador;
- 01 varilla soporte de 42cm para el vibrador;
- 01 base de trípode;



**Fuente de Luz**



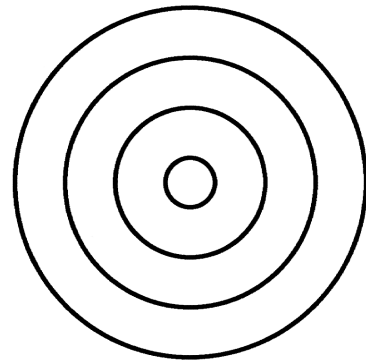
**Vibrador**

# EXPERIMENTOS

## Relación entre Frecuencia y Longitud de Onda

### Procedimientos

1. Monte la cuba de ondas como se muestra en el esquema de montaje y ajuste la distancia del espejo a la mampara de proyección aproximadamente 1,5m.
2. Vierta aproximadamente 6mm de agua en la cuba y ajuste el nivel moviendo las patas niveladoras en la base del marco de sustentación de la cuba.
3. Ponga el vibrador en el lado más alto de la cuba.
4. Ponga la fuente de luz en el lado más bajo de la cuba.
5. Fije el agitador simple (fuente puntual) al vibrador y ajústelo para que la punta quede en la superficie del agua (a 3mm de profundidad). Para realizar ese ajuste debemos mover las patas niveladoras de la base de trípode.
6. Con la fuente de alimentación apagada, gire el potenciómetro hacia la izquierda (tensión cero).
7. Encienda la fuente, observe la proyección y haga algún eventual ajuste, si es necesario.
8. Encienda el vibrador girando el potenciómetro lentamente hasta obtener una frecuencia mediana de vibración.
9. ¿Por qué la cresta es la región más clara y el valle la más oscura?



\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

10. ¿La distancia entre dos regiones claras consecutivas representa qué grandeza de la onda?  
\_\_\_\_\_
11. Aumente gradualmente la frecuencia de vibración. ¿La longitud de onda aumentó o disminuyó? \_\_\_\_\_
12. Las grandezas *frecuencia* y *longitud de onda* son \_\_\_\_\_.  
(directamente proporcionales / inversamente proporcionales)
13. ¿La velocidad de propagación es la misma en todas las direcciones? Justifique su respuesta.  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
14. ¿La velocidad de propagación depende de las grandezas *frecuencia* y *longitud de onda*? Justifique su respuesta.  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_



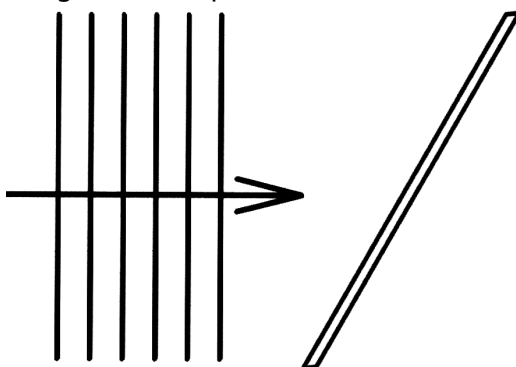
## Reflexión de una Onda en Obstáculo Recto

### Procedimientos

1. Instale la mampara recta en la cuba como se muestra en el dibujo.



2. Con la punta de un bolígrafo toque la superficie del líquido. El toque de la punta del bolígrafo sobre la superficie del líquido generará una onda transversal con frente de onda en forma de circunferencia que se propagará a lo largo de la superficie del agua. Al alcanzar la mampara, la onda va a sufrir una reflexión.
3. Observe el comportamiento de la onda incidente y de la onda reflejada.
4. Repita el experimento algunas veces para entender bien el fenómeno de reflexión.
5. Cambie el ángulo de incidencia de la onda en relación a la mampara y repita los procedimientos 2, 3 y 4.
6. Fije el agitador plano (fuente recta) al vibrador y ajústelo para que quede en la superficie del agua (a 3mm de profundidad).
7. Encienda el vibrador girando el potenciómetro en sentido horario y en seguida en sentido contrario hasta obtener, como máximo, dos vibraciones y observe el comportamiento de la onda reflejada.
8. Repita el procedimiento algunas veces para entender bien el fenómeno de reflexión.



9. En la reflexión, ¿la velocidad de las ondas incidente y reflejada es igual? Justifique su respuesta.  

---

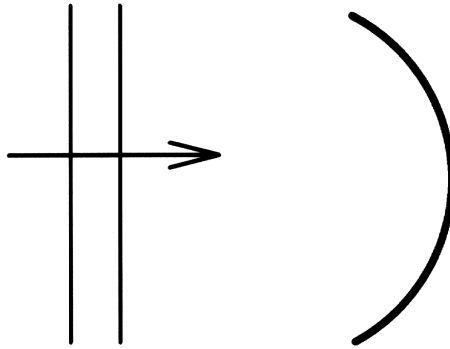
---
10. Compare el ángulo de incidencia con el ángulo de reflexión.  

---

## Reflexión en Obstáculo Cóncavo

### Procedimientos

1. Ponga la mampara cóncava/convexa en la cuba como se muestra en el dibujo.



2. Encienda el vibrador girando el potenciómetro en sentido horario y en seguida en sentido contrario hasta obtener, como máximo, dos vibraciones.
3. Observe el comportamiento de las ondas incidente y reflejada en el obstáculo cóncavo. ¿Qué se observa?

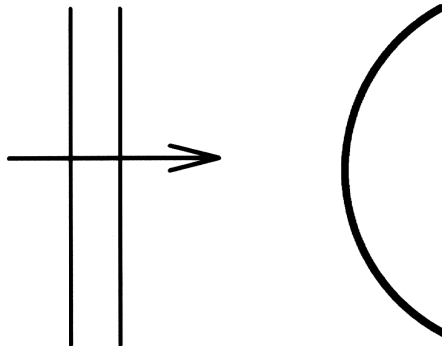
---

---

## Reflexión en Obstáculo Convexo

### Procedimientos

1. Cambie la posición de la mampara cóncava/convexa.



2. Encienda el vibrador girando el potenciómetro en sentido horario y en seguida en sentido contrario hasta obtener, como máximo, dos vibraciones.
3. Observe el comportamiento de las ondas incidente y reflejada en el obstáculo convexo. ¿Qué se observa?

---

---

# Refracción de Onda Bidimensional

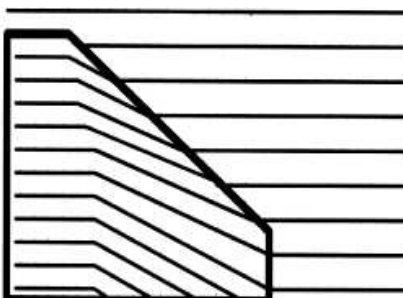
## Procedimientos

1. Fije el agitador plano (fuente recta) al vibrador y ajústelo para que quede en la superficie del agua, a 3mm de profundidad.
2. Ajuste el nivel del agua en la cuba moviendo las patas niveladoras en la base del marco de sustentación de la cuba. En el experimento de refracción el nivel de la cuba de agua es muy importante.
3. Encienda el vibrador girando el potenciómetro lentamente hasta obtener una frecuencia mediana y una frente de onda bien definida y recta que llegue al otro lado de la cuba bien paralela. Si la frente de onda recta llega al otro lado de la cuba inclinada, deberemos realizar un ajuste fino en el nivel del agua de la cuba moviendo las patas niveladoras de su marco de sustentación.

4. Ajuste la amplitud de la onda (pág. 2) para que la imagen proyectada salga bien nítida.



5. Ponga la placa de acrílico dentro de la cuba. La cantidad de agua en la cuba debe tener una profundidad tal que sobre el acrílico la altura máxima de agua sea de 2mm. La placa de acrílico de 4mm en el interior de la cuba generará dos medios para la propagación de la onda, una región más profunda (6mm) y otra menos profunda (2mm).



6. Compare las longitudes de onda en las dos regiones, la más profunda y la menos profunda.

7. ¿La frecuencia se modifica con el cambio del medio de propagación?

\_\_\_\_\_

8. ¿La longitud de onda se modifica con el cambio del medio de propagación?

\_\_\_\_\_

9. ¿En qué profundidad es mayor la longitud de onda?

\_\_\_\_\_

10. ¿En qué profundidad es mayor la velocidad de propagación?

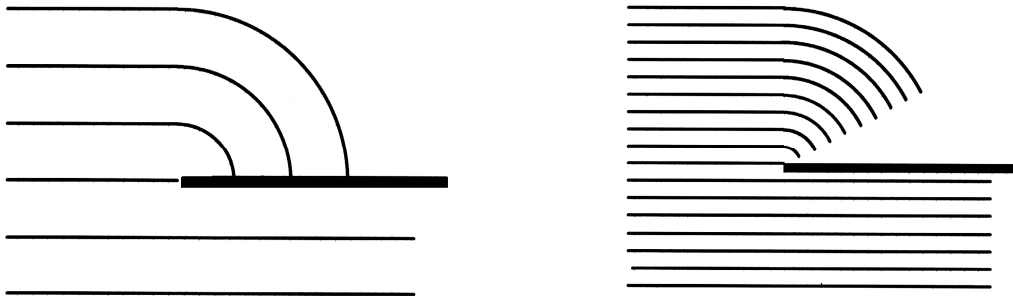
11. Observe el comportamiento de las ondas incidente y refractada y comente acerca del fenómeno de la refracción.

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

# Difracción de Onda Bidimensional

## Procedimientos

1. Con el mismo montaje del experimento anterior, retire la placa de acrílico y ponga la mampara izquierda en el lado derecho de la cuba (con la punta curvada de la mampara sobre la espuma).



2. Encienda el vibrador, girando el potenciómetro lentamente hasta obtener una frecuencia mediana y una frente de onda recta y bien definida. Para mejorar la observación del fenómeno de difracción debemos trabajar con una amplitud mayor y una frecuencia menor.
3. Ajuste la amplitud de la onda para que la imagen de la onda proyectada salga bien nítida.
4. ¿Por qué detrás del obstáculo la frente de onda es circular?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

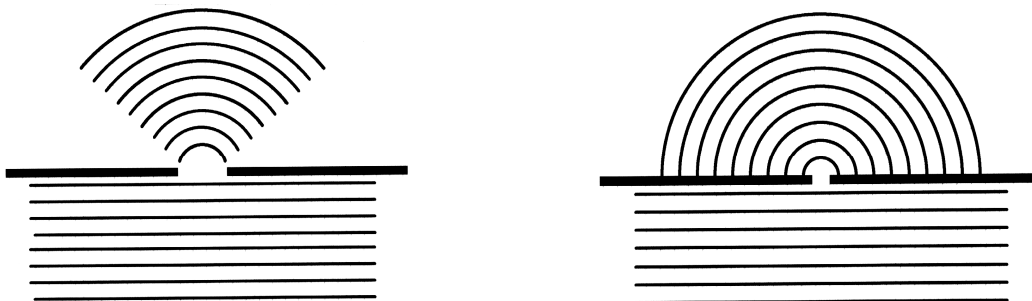
5. Aumente la frecuencia del vibrador y observe el fenómeno de difracción. ¿Por qué cuando aumentamos la frecuencia debemos reducir la amplitud de la onda?
6. ¿El fenómeno de difracción depende de la longitud de onda?

\_\_\_\_\_

7. Explique el comportamiento del fenómeno de difracción de acuerdo con la variación de la longitud de onda.

\_\_\_\_\_

8. Ponga dos mamparas (una izquierda y una derecha) en la cuba, dejando un espacio entre ellas como se muestra en la figura.



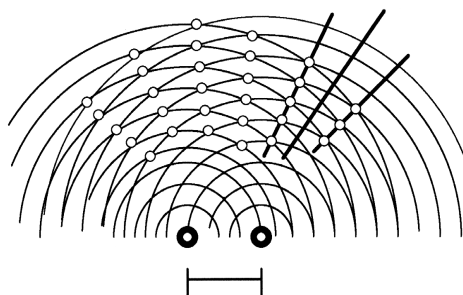
9. Encienda el vibrador en baja frecuencia y observe el fenómeno de difracción.
10. Aumente lentamente la frecuencia de la onda y observe el comportamiento del fenómeno de difracción.

- 11.** Con una frecuencia mediana, reduzca de 5 en 5mm el espacio entre las mamparas.
- 12.** ¿El fenómeno de difracción depende del tamaño del espacio entre las dos mamparas?
- 
- 13.** Explique el comportamiento del fenómeno de difracción de acuerdo con la reducción del espacio entre las mamparas.
- 
- 14.** Repita los experimentos anteriores y observe el comportamiento del fenómeno de difracción en relación a la longitud de onda y al espacio dejado entre las mamparas. ¿A qué conclusión se llega?
- 
- 
-

# Interferencia de Ondas Bidimensionales con Dos Fuentes Puntuales

## Procedimientos

1. Con el mismo montaje de la experiencia anterior sustituya el agitador plano por el agitador doble.
2. Encienda el vibrador girando el potenciómetro lentamente hasta obtener una frecuencia mediana.
3. Observe el fenómeno de interferencia.
4. Ajuste la frecuencia de vibración para obtener, en la proyección de la imagen de interferencia, apenas dos líneas de interferencia destructiva.



5. Observe la línea ventral central (interferencia constructiva).
6. Observe la línea nodal de primera orden (interferencia destructiva).
7. Aumente la frecuencia para obtener más líneas nodales y ventrales
8. Observe la línea ventral de primera orden (interferencia constructiva).
9. Varíe la longitud de onda y observe lo que sucede con el número de líneas nodales.
10. Repita los experimentos anteriores y observe el comportamiento del fenómeno de interferencia. ¿A qué conclusión se llega?

---

---

---

---

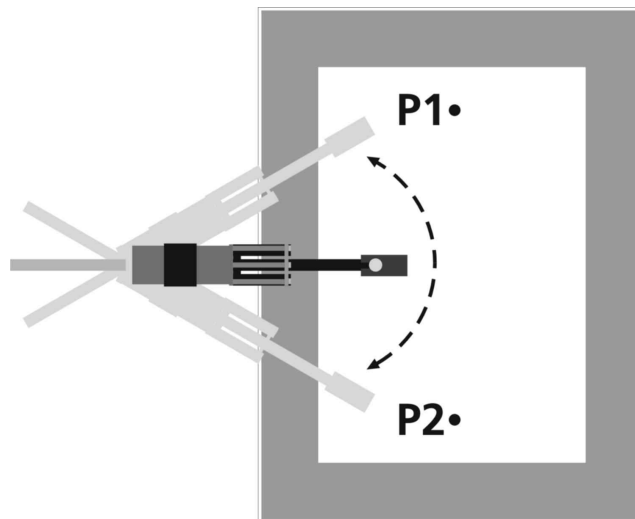
# Efecto Doppler

## Procedimientos

1. Con el mismo montaje de la experiencia anterior sustituya el agitador doble por el agitador simple (fuente puntual).



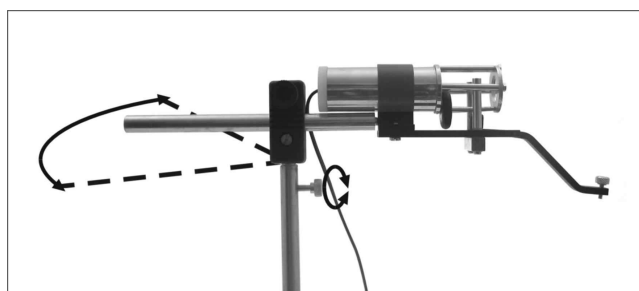
2. Encienda el vibrador girando el potenciómetro lentamente hasta obtener una frecuencia mediana y una frente de onda proyectada bien nítida.
3. Deje el agitador simple vibrando en la superficie del agua generando frentes de ondas circulares. Defina dos posiciones P1 y P2 en la cuba, de tal modo que los puntos queden simétricos en relación a la fuente puntual.



Fuente puntual y punto P2 ambos en reposo.

La frecuencia de vibración de la fuente es igual a la frecuencia de la onda llegando al punto P2.

4. La fijación del cable del vibrador permite un leve ajuste que da condiciones de rotación, permitiendo un movimiento de traslación de la fuente puntual;



5. Gire lentamente el cable del vibrador para provocar un desplazamiento de la fuente puntual, como se muestra en la foto anterior.

Fuente puntual que se aproxima del punto P2 que está en reposo.

6. Cuando la fuente puntual se aproxima del punto P2 en reposo, la longitud de onda \_\_\_\_\_ . (aumenta / disminuye)
7. La frecuencia de la onda en el punto P2 es \_\_\_\_\_ (mayor / menor) que la frecuencia emitida por la fuente puntual.

Fuente puntual que se aleja del punto P1 que está en reposo.

8. Cuando la fuente puntual se aleja del punto P1 en reposo, la longitud de onda \_\_\_\_\_ . (aumenta / disminuye)
9. La frecuencia de la onda en el punto P1 es \_\_\_\_\_ (mayor / menor) que la frecuencia de la fuente puntual.
10. Repita los experimentos anteriores y comente acerca del efecto Doppler.

---

---

---

---