

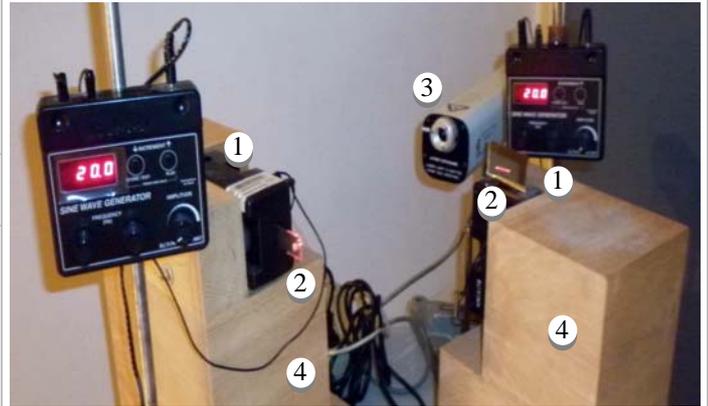
Figuras de Lissajous

1. Principio físico que ilustra

**Movimiento Armónico Simple
Osciladores acoplados**

2. Foto o Esquema

3A80.40



3. Descripción

Esta experiencia trata de la construcción de figuras de *Lissajous* utilizando un haz láser proyectado en una pantalla tras ser reflejado en dos espejos acoplados a sendos osciladores. Mediante dichos osciladores, los espejos realizan Movimientos Armónicos Simples (MAS) perpendiculares entre sí, de forma que la proyección del láser sobre la pantalla conforma las figuras de Lissajous.

4. Web del catálogo: <http://www.ucm.es/theoscarlab>

Transportable: NO

5. Fundamento teórico

Las figuras de Lissajous son el resultado de la composición de dos movimientos armónicos simples (MAS) según dos direcciones perpendiculares. Si denominamos a estas direcciones X e Y podemos describir sus trayectorias individuales como:

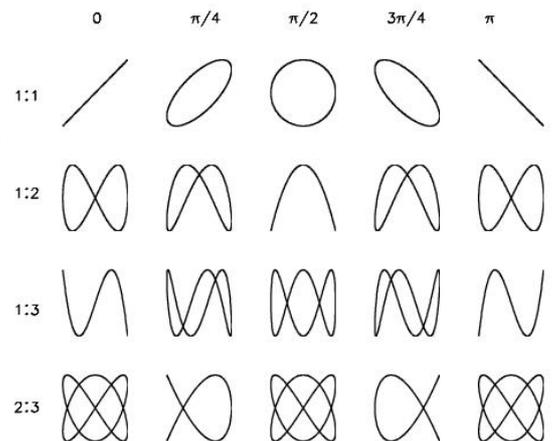
$$X = X_0 \cos(2\pi f_x t); Y = Y_0 (2\pi f_y t + \delta)$$

donde X_0 e Y_0 son las amplitudes de los MAS, f_x y f_y son las frecuencias los MAS y δ es el desfase entre ambas MAS. Eliminando la variable tiempo en las expresiones anteriores se obtiene una ecuación de la trayectoria del tipo:

$$f(X, Y, \delta) = cte$$

que corresponde a las figuras de Lissajous. En la figura se muestran las figuras de correspondientes a relaciones de frecuencias $f_x:f_y$ sencillas (en distintas filas), para algunos desfases (en distintas columnas).

En nuestra experiencia es la proyección del haz láser sobre la pantalla la que realiza esta composición de MAS en direcciones perpendiculares, siendo f_x y f_y las frecuencias con las que vibran los espejos acoplados a los osciladores y δ el desfase entre ambos osciladores.



6. Materiales y montaje

El montaje de esta experiencia, en la implementación que se muestra en la fotografía, es algo elaborado, y requiere del siguiente material:

1. Dos generadores de frecuencia Pasco-WA9867 alimentando sendos osciladores Pasco-WA9857.
2. Dos espejos pequeños.
3. Un láser Griffin He-Ne de 633 nm.
4. Soportes rígidos para los osciladores
5. Soporte ajustable en altura para el láser.
6. Una pantalla móvil.
7. Una regleta para conectar los osciladores y el láser.

Para montar la experiencia, en primer lugar se fijan los espejos a las lengüetas móviles de los osciladores (utilizando por ejemplo cualquier pegamento de contacto), y posteriormente se montan éstos sobre los soportes rígidos (que previenen la vibración). A continuación, se monta el láser sobre otro soporte regulable en altura, y se ajusta en altura como se indica en la fotografía, de forma que el haz láser incida primero en el centro del primer espejo, y el reflejo del haz en éste incida en el centro del segundo espejo. Se coloca entonces la pantalla perpendicular al haz láser tras salir reflejado del segundo, y a una distancia suficiente para que las figuras de aprecien con tamaño suficiente. Alternativamente, el sistema de los osciladores y el espejo se puede montar sobre un banco móvil, observando la proyección del láser sobre una pantalla fija o una pared. Finalmente, se encienden los dos osciladores y se ajustan sus frecuencias para obtener las figuras de Lissajous deseadas.

7. Observaciones

Para el montaje y operación de esta experiencia, utilizando en concreto el material antes mencionado, es necesario tener en cuenta las siguientes observaciones:

- Los osciladores utilizados no están especialmente adaptados a esta experiencia, ya que provienen de la experiencia de las Ondas Estacionarias en una Cuerda. Al fijar los espejos cambia la inercia máxima que tienen que soportar las lengüetas en su MAS. Por lo tanto, durante la operación es necesario ajustar con cuidado la amplitud del MAS de cada oscilador en función de la frecuencia, ya que para algunas frecuencias la lengüeta llega al tope mecánica del oscilador, produciendo movimientos anarmónicos y, por tanto, distorsiones en las figuras de Lissajous.
- Es importante que el haz láser incida en el centro de ambos espejos. De esa forma, cuando el espejo fijado al primer oscilador está vibrando, la imagen del haz laser reflejada en aquel queda completamente contenida en el segundo espejo. De lo contrario, la imagen final puede aparecer cortada en uno de los lados.
- Para ilustrar las distintas figuras como función de los distintos desfases entre osciladores, se puede utilizar el ajuste fino de la frecuencia de los osciladores. Así se pueden introducir desfases entre los osciladores de forma que se cubran de forma continua todos los posibles desfases para una relación de frecuencias dada.
- Es conveniente utilizar pesas (típicamente de 5 kg) para sujetar los soportes de los osciladores, evitando así que aquéllos se muevan debido a la vibración inducida por los osciladores. Alternativamente, se pueden utilizar soportes con regulación en dos direcciones (más caros) y fijos a una mesa especial (también más cara).

