

ESTROBOSCOPIO MECÁNICO: UNA EXPERIENCIA VISUAL

Szigety, Esteban; Tintori Ferreira, María Alejandra; Viau, Javier; Moro, Lucrecia

Universidad Nacional de Mar del Plata, Argentina

e-mail: grupocienciasbasicas@gmail.com

[Recibido en Octubre de 2009, aceptado en Febrero de 2010]

RESUMEN

En este trabajo se describe la construcción de un estroboscopio de ranuras, para ser utilizado en la medición de frecuencias de artefactos de uso cotidiano, como por ejemplo, la frecuencia de parpadeo de distintos dispositivos (televisor, tubo fluorescente, lámpara de bajo consumo) o la frecuencia de rotación de dispositivos mecánicos que ejecutan movimientos circulares uniformes (ventilador, sierras circulares, etc.). Tiene como objetivo principal de enseñanza, además de facilitar el aprendizaje de distintos aspectos que tienen que ver fundamentalmente con los movimientos periódicos, el de combinar contenidos científico-tecnológicos con cuestiones cercanas al estudiante, lo que le proporciona una motivación adicional a la reflexión de la investigación científica.

Palabras claves: Estroboscopio; persistencia de la imagen; enseñanza de la Física; experiencia didáctica.

FUNDAMENTO TEÓRICO

Tanto el cine como la televisión son una sucesión de imágenes fijas. En el cine éstas se proyectan sucesivamente, mientras que en la televisión se producen por impulsos luminosos sobre una pantalla. ¿Por qué tenemos la sensación del movimiento de las imágenes? El movimiento de las imágenes es una ilusión provocada por tres factores:

- La persistencia de imágenes en la retina.
- El fenómeno phi.
- La frecuencia crítica de fluctuación.

Persistencia de imágenes en la retina

La persistencia de una imagen en la retina fue descubierta por el científico belga Joseph Plateau, que demostró cómo una imagen permanece en la retina humana una décima de segundo antes de desaparecer completamente. Cuando un impulso luminoso estimula la retina del ojo, la impresión no desaparece inmediatamente sino que persiste en la retina algo menos de 0,1 segundos. Con una simple experiencia que consiste en observar un foco de luz e inmediatamente cerrar los ojos, puede

comprobarse que la sensación de brillo permanece durante un ínfimo intervalo de tiempo debido a que en la retina sigue impresionada.

El fenómeno phi

Cuando dos imágenes casi idénticas se proyectan sucesivamente con un intervalo de tiempo muy corto se tiene la sensación de estar frente a un objeto que se desplaza de una posición a otra. Éste es un ejemplo del fenómeno phi, que consiste en que el cerebro crea una sensación de movimiento aunque reciba solamente pequeños fragmentos del mismo. Es decir, rellena los huecos entre ellos y crea la ilusión de un continuo, a partir de la simple serie de imágenes estáticas del movimiento.

Mientras la persistencia retiniana produce una superposición de imágenes, el fenómeno phi reconstruye los tramos entre las imágenes sumando las correspondientes unidades (impresiones) una detrás de otra. De esta manera se genera la sensación de movimiento.

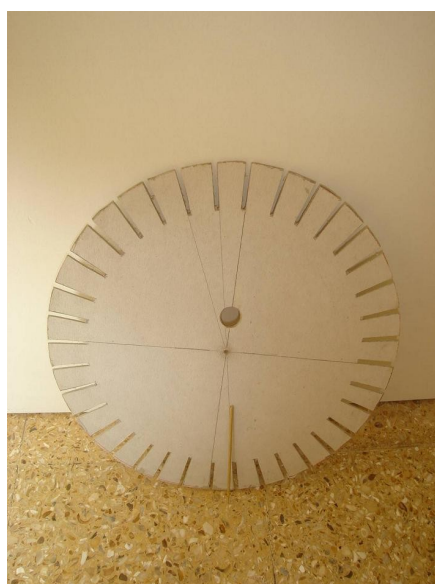
La frecuencia crítica de fluctuación

Se llama así a la frecuencia mínima de parpadeo que tiene que tener una *fente de luz fluctuante* para producir sensación de luz continua en nuestros ojos.

La persistencia retiniana y el fenómeno phi conjuntamente imponen una condición a cualquier fuente luminosa que produzca imágenes o impulsos. Su frecuencia de fluctuación tiene que tener un valor mínimo (crítico) para que se pueda apreciar la luz emitida como continua. Esta frecuencia es de 50 veces por segundo; una frecuencia inferior produce parpadeo.

El estroboscopio

El estroboscopio es un dispositivo que permite visualizar un objeto que gira, oscila o ejecuta un movimiento periódico como si estuviera en reposo (Haber-Schaim et al., 1980). En particular el tipo más sencillo de estroboscopio consiste en un disco con un



número N de ranuras equidistantes separadas por zonas opacas, como se ilustra en la figura 1. Al mirar a través del disco del estroboscopio, el observador ve al objeto en una posición diferente cada vez que pasa una ranura delante de sus ojos. Así, cada observación del objeto corresponde a la imagen que se visualiza a través de cada ranura que pasa delante del ojo. De esta manera, el estroboscopio actúa como un dispositivo que toma distintas muestras de un objeto en intervalos de tiempo regulares. Debido a los tres factores mencionados, los distintos destellos se convierten en una única imagen tal como ocurre con los fotogramas de una película cuando se proyecta. Al visualizar mediante un estroboscopio objetos que ejecutan movimientos periódicos y haciendo que el intervalo de observación a través de las ranuras (frecuencia del estroboscopio) coincida con el período

Figura 1.- Imagen de un estroboscopio a ranuras.

del movimiento o un múltiplo de éste, se logra estabilizar una imagen, que al observador se manifestará como estática, permitiendo ver al objeto en reposo, cuando en realidad se encuentra en movimiento.

PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCIÓN Y AJUSTE DEL ESTROBOSCOPIO

Materiales

Para la construcción del estroboscopio se requiere disponer de los siguientes elementos: cartón de 3 mm de espesor, lápiz, cúter, compás, regla, transportador, varilla de madera.

Construcción

El primer paso consiste en dibujar con el compás una circunferencia de 20 ó 30 cm de diámetro en el cartón. Luego con el uso del transportador se dibuja sobre la circunferencia de cartón N marcas equidistantes angularmente entre ellas, y con el cúter se recortan en forma de ranuras. La cantidad de ranuras queda a elección del alumno, solo hay que tener en cuenta que mientras mayor sea el número N de ranuras, menor será la frecuencia de giro del estroboscopio a los efectos de la medición.



Figura 2.- Forma de operar manualmente el estroboscopio.

En el centro del disco ranurado hay que realizar un orificio por donde se pasa la varilla de madera, la cual servirá de soporte para poder manipular el estroboscopio.

A la mitad del radio se debe realizar un orificio en el cartón que permita introducir un dedo, con el objetivo de poder impulsarlo y ser tomado como referencia para apreciar la cantidad de vueltas que el mismo ejecuta, según se puede observar en la figura 2.

Ajuste y medición

Para realizar una medición, en primer lugar se debe tomar un punto de referencia o una marca sobre el objeto que se analiza. Representado por una X en la figura 3.

Luego se hace girar el disco ranurado delante del objeto en rotación y se observa a través de las ranuras como se muestra en las figuras 2 y 3.

El tiempo que tarda una ranura del estroboscopio en pasar de una posición A (figura 3) a la adyacente B se llama periodo de la ranura (T_{ranura}), mientras que llamaremos periodo del objeto (T_{objeto}) al tiempo que el objeto analizado tarda en realizar una revolución.

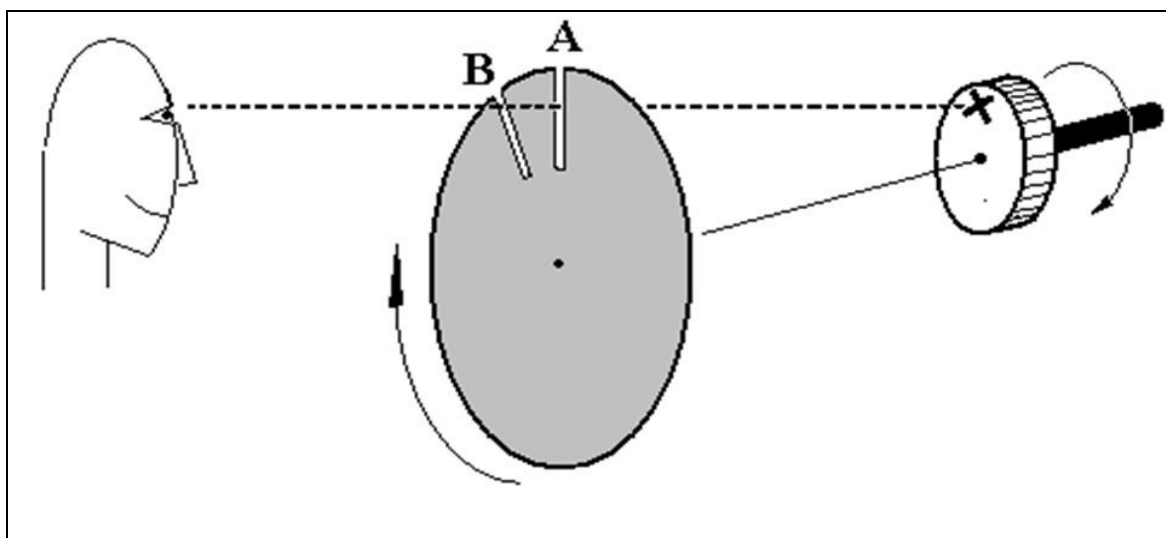


Figura 3.- Disposición esquemática del observador, el estroboscopio y el dispositivo de medida.

Al tiempo que tarda el disco ranurado en realizar una revolución lo llamaremos periodo del estroboscopio (T_{estro}) y está relacionado con T_{ranura} según la siguiente expresión:

$$T_{\text{estro}} = N \cdot T_{\text{ranura}}$$

Donde N es el número de ranuras que tiene el estroboscopio.

La idea consiste en hacer girar el estroboscopio hasta encontrar una frecuencia en la que el objeto analizado parezca que está en reposo, mirándolo a través de las ranuras en movimiento.

Para esta frecuencia se cumple que $T_{\text{ranura}} = T_{\text{objeto}}$, lo cual equivale a decir $T_{\text{estro}}/N = T_{\text{objeto}}$. Como el periodo y la frecuencia están relacionados por $f = 1/T$, se cumple que $f_{\text{objeto}} = N \cdot f_{\text{estro}}$.

De esta manera se pueden obtener dos expresiones útiles para trabajar con el estroboscopio construido. Conociendo el número de ranuras y el tiempo que tarda el estroboscopio en realizar una revolución, se puede calcular la frecuencia de movimiento del objeto analizado. Obsérvese que el aumento del número de ranuras (N), permite disminuir la frecuencia de rotación del estroboscopio.

En el caso de tener que medir la frecuencia de muestreo de un televisor o el parpadeo de un tubo fluorescente, se debe observar el objeto en estudio a través del estroboscopio variando la frecuencia de giro hasta que las observaciones brinden una imagen detenida.

ACTIVIDADES Y PROCEDIMIENTOS PARA LA UTILIZACIÓN DEL ESTROBOSCOPIO

Materiales y trabajo grupal

Para la realización de la experiencia se necesita un cronómetro y un artefacto bajo estudio (televisor, tubo fluorescente, ventilador, etc.).

Esta experiencia requiere de un trabajo grupal, debido a la simultaneidad de tareas que se deben realizar para llevarla a cabo.

El cuadro 1 resume un instructivo acerca de los procedimientos y actividades previstas para la realización de la experiencia por parte de los alumnos.

Procedimiento	Actividades
a) Encender la fuente de luz o el artefacto mecánico que ejecute un movimiento circular uniforme (MCU), en este último caso realizar con una lapicera una marca llamativa que sirva de referencia.	a) Identificar las variables dependientes e independientes involucradas en la experiencia.
b) Colocar el disco ranurado frente a la fuente de luz o al artefacto con MCU. Hacer girar el estroboscopio en sentido de las agujas del reloj tratando de mantener una velocidad constante. En el instante en que la rueda dentada muestre una imagen detenida del objeto observado, disparar el cronómetro.	b) Realizar una tabla en la cual se pueda apreciar la cantidad de mediciones, el intervalo de tiempo en que la rueda parece estar detenida y la cantidad de vueltas que realiza la rueda durante este intervalo de tiempo. (tabla 1)
c) Manteniendo la frecuencia de rotación, contar un cierto número de vueltas en un intervalo de tiempo.	c) Completar la tabla 1 con las mediciones realizadas.
d) Repetir los procedimientos 3 y 4 por lo menos tres veces.	d) Procesar los datos obtenidos con el fin de calcular la frecuencia de la fuente de luz o del artefacto con MCU.

Cuadro 1.– Actividades y procedimientos previstos para la experiencia.

RESULTADOS Y COMENTARIOS

Esta experiencia fue instrumentada en el Colegio Dr Arturo Illia, institución que depende de la Universidad Nacional de Mar del Plata, Argentina. Estuvo dirigida a alumnos de enseñanza secundaria (16–17 años de edad), en la clase de Física durante el desarrollo del tema movimiento circular uniforme (MCU).

La tabla 1 muestra algunos de los resultados obtenidos por diferentes grupos de alumnos cuando realizaron la experiencia.

Medición	Intervalo del tiempo registrado en el que el objeto observado parece estar en reposo s +/- 0,2 s	Cantidad de vueltas correspondiente al intervalo de tiempo +/- 1 vuelta	Número de ranuras del estroboscopio
1º	42,0	76	30
2º	42,0	75	30
3º	30,0	53	30
4º	15,0	40	20
5º	15,0	23	36

Tabla 1.– Registro de mediciones directas para obtener la frecuencia de muestreo de un televisor.

PROCESAMIENTO DE LAS MEDICIONES REALIZADAS

Cálculo de las frecuencias de rotación del estroboscopio según la expresión

$$f = \frac{\text{número de vueltas}}{\text{tiempo}}$$

La propagación de los errores, se realizó según la expresión de suma de errores relativos.

La tabla 2 corresponde a los valores experimentales que se encuentran en la tabla 1.

Medición	Frecuencia de rotación del estroboscopio $f = \frac{\text{número de vueltas}}{\text{tiempo}}$ Hz	Frecuencia de muestreo ($f_{\text{objeto}} = N \cdot f_{\text{estro}}$) Hz	Promedio Hz
1º	1,810 +/- 0,018	54 +/- 1	53,9 +/- 1,7
2º	1,786 +/- 0,018	54 +/- 1	
3º	1,77 +/- 0,05	53,0 +/- 1,4	
4º	2,7 +/- 0,1	53 +/- 2	
5º	1,53 +/- 0,09	55 +/- 3	

Tabla 2.- Resultados obtenidos para la frecuencia de muestreo de un televisor.

En un televisor la frecuencia con que se refresca la imagen de la pantalla es de 50Hz, este resultado se encuentra de acuerdo con el obtenido en la medición de la experiencia realizada. Todos los resultados obtenidos poseen una incerteza porcentual menor al 5%, precisión esperada para un laboratorio de ciencias escolar. Respecto a la exactitud de las medidas, basándonos en los resultados que ofrecen los fabricantes de cada objeto observado, los errores no superan el 2%. Esto muestra que el estroboscopio construido puede arrojar resultados muy útiles para ser utilizado en experiencias escolares.

BIBLIOGRAFÍA

HABER-SCHAIM, U., CROSS, J., DODGE, J., WALTER, J., *Physical Science Study Committee (PSSC) Física*, Barcelona: Reverté S.A., 1980.

Agradecimiento: Proyecto 15/G251 UNMdP.

MECHANICAL STROBOSCOPE: A VISUAL EXPERIENCE

SUMMARY

The construction of a stroboscope from slots to be used in the measuring of everyday devices frequency is described in this paper. Examples of this assess are: blinking frequency of different devices such as television sets, fluorescent electric light, low-energy lamps or rotation frequency from mechanical devices with steady circular movements such as ventilators, circular chainsaws, etc. Apart from facilitating the learning of different aspects closely related to regular movements, the main teaching objective of this research is to combine technical-scientific contents with issues connected to the students. This provides an additional motivation to the scientific research reflection.

Keywords: *stroboscope; image persistence; physics teaching; didactic experience.*