

una lectura inequívoca del movimiento de la aguja, y por lo tanto se añadía otra prueba irrefutable de la rotación terrestre.

Foucault llamó "giróscopo" a su rueda, a partir de dos palabras griegas, *gyros*, que significa revolución o vuelta, y *skopein*, visión. La hizo para "ver" la rotación terrestre, y esa rueda (considerada casi mágica en su momento), ha mantenido su nombre, no obstante que se la han dado usos muy diferentes a su propósito original. Foucault mismo fue el primero en pronosticar que su giróscopo tendría importantes aplicaciones como brújula, y de hecho, así fue. Pero esa es otra historia.

#### IV. Actividades

1. Pida a sus alumnos que elaboren un glosario con los siguientes conceptos:
  - Péndulo
  - Movimiento sinoidal
  - Movimiento armónico simple
  - Onda
  - Inercia
  - Inercia rotacional
2. Visitar algún museo donde se observe el funcionamiento de los péndulos. Hacer especial hincapié en su independencia de la masa y del ángulo de lanzamiento.
3. Pedir a los alumnos que diseñen y realicen un experimento en el cual, por medio de control de variables (masa, ángulo de lanzamiento y longitud de la cuerda), demuestren que la única variable capaz de variar el periodo del péndulo es la longitud.
4. El péndulo de Foucault se construyó grande, largo y pesado, con el fin de demostrar la rotación terrestre. ¿Por qué no se puede lograr el mismo objetivo con un péndulo pequeño, corto y ligero? ¿Por qué si el periodo del péndulo no depende de la masa, el péndulo de Foucault funciona con una masa grande? Pida a los alumnos que fundamenten su respuesta con base en los principios físicos del funcionamiento

del péndulo (movimiento armónico simple e inercia rotacional).

5. Investigar un poco más sobre los giróscopos y sus aplicaciones en la fabricación de mecanismos orientadores de torpedos, navegación aérea y marítima, etc. ¿Por qué el nombre original que le puso Foucault a este invento resulta hoy en día obsoleto?
6. Pedir a los alumnos que, de tener uno en casa, traigan un reloj de péndulo (original, sin pilas) al salón. Con cuidado de no maltratarlo ni desbaratarlo, observar con los alumnos el mecanismo de funcionamiento. Una alternativa es visitar algún museo de tipo histórico y localizar los instrumentos de medición utilizados en otras épocas, incluyendo los relojes de péndulo.

#### V. Bibliografía

- Motz and Weaver, *The Story of Physics*, Plenum Press, Nueva York, 1989.
- The How and Why of Mechanical Movements*, Popular Science Publishing company, Nueva York, 1968.
- Hewitt, *Física conceptual*, Addison-Wesley Iberoamericana, 1995.

Esperamos sus comentarios y sugerencias, que pueden hacer con atención a: Rosa María Catalá, al teléfono 56227297, fax 54 24 01 38, correo electrónico [comoves@universum.unam.mx](mailto:comoves@universum.unam.mx)

Los profesores pueden copiar esta guía para su uso en clase. Para cualquier otro uso es necesaria la autorización por escrito del editor de la revista.

# El péndulo maravilloso

De: **Luis O. Manuel**  
(No. 71, p. 26)



#### Maestros:

Esta guía se ha diseñado para que un artículo de cada número de *¿Cómo ves?* pueda trabajarse en clase con los alumnos, de modo que se adapte a los programas de ciencias naturales y a los objetivos generales de estas disciplinas a nivel bachillerato. Esperamos que la información y las actividades propuestas sean un atractivo punto de partida o un novedoso "broche de oro" para dar un ingrediente de motivación adicional a sus cursos.

#### I. Relación con los temarios del Bachillerato UNAM

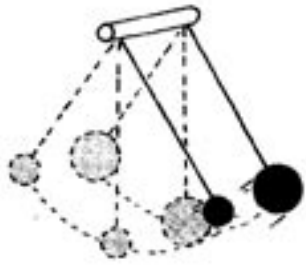
Esta guía pueden utilizarla maestros de geografía y de física de forma separada o en conjunto, ya que tanto en el artículo como en la guía lo que se aborda está estrechamente relacionado con el contenido de ambas materias. También es posible integrar esta información en algún curso de historia o filosofía, donde se analicen los paradigmas científicos y los grandes inventos que revolucionaron en su día la forma de ver el mundo.

#### II. "Buenas vibraciones"

Suspenda una piedra en el extremo de una cuerda. Con esta sencilla operación ha construido un péndulo simple. Si lo separa de su punto de reposo y lo suelta, el dispositivo se mecerá hacia adelante y hacia atrás (oscilará) con tal regularidad que será evidente por qué desde hace varios cientos de años y hasta hace muy poco, el péndulo se utilizó para controlar el movimiento de los relojes en todo el mundo. Entre muchos de sus descubrimientos, Galileo Galilei fue quien encontró que el tiempo de una oscilación del péndulo (periodo) es independiente de la masa o del ángulo de lanzamiento del mismo. En otras palabras: el periodo depende sólo del largo de la cuerda del péndulo y de la aceleración de la gravedad, no de qué tan grande o pesado sea el extremo del mismo (véase figura 1).

De lo anterior se desprende que un péndulo largo tiene un periodo más largo que un péndulo corto, es decir, que oscila más lentamente que un péndulo de cuerda corta.

Cuando caminamos, permitimos que nuestras piernas se balanceen con ayuda



**Figura 1. Dos péndulos de la misma longitud tienen el mismo periodo independientemente de la masa.**

de la gravedad, de forma equivalente a como lo hace un péndulo. Las personas con piernas largas tienden a caminar de manera más pausada que las de piernas cortas (que tienen que dar más pasos para recorrer la misma distancia). Esto resulta muy notable en animales con piernas largas como las jirafas, caballos o avestruces, que corren con pasos muy largos, en comparación con animales que también corren rápido, pero que tienen que dar muchísimos pasos cortos para igualar la distancia, como es el caso de los ratones, los hámsters o los conejos.

La oscilación del péndulo es un movimiento vibratorio que también se conoce como "movimiento armónico simple". Si se coloca un péndulo lleno de arena sobre una banda sin fin y se hace oscilar, la figura que se traza sobre el papel en la banda en reposo es una línea recta. Algo mucho más interesante ocurre si la banda se pone en movimiento: el lápiz de la punta del péndulo dibuja un movimiento sinoidal, mismo que ilustra la naturaleza vibratoria del péndulo.

Ahora bien, el movimiento del péndulo se debe a la inercia rotacional del mismo. Recordemos que la tercera ley de Newton o ley de la inercia establece que un objeto mantiene su estado de movimiento si no recibe una fuerza exterior. Es decir, lo que está en reposo tiende a quedarse en reposo y lo que se mueve en línea recta, tiende a seguirse moviendo en línea recta. Para el caso del péndulo aplica una ley similar: un objeto que rota sobre su eje, tiende a mantenerse en rotación sobre ese eje, por lo que la

resistencia de un objeto a cambiar su estado rotacional de movimiento es justamente esa inercia rotacional.

Como en el caso de la inercia lineal, la inercia rotacional también depende de la masa del objeto. Pero a diferencia de la lineal, la inercia rotacional depende además de la distribución de la masa. A mayor distancia entre el centro de masa de un objeto y el eje sobre el cual ocurre la rotación, existe mayor inercia rotacional.

Un péndulo largo tiene mayor inercia rotacional que un péndulo corto. Podríamos decir que es "más flojo", de manera que oscila más lentamente que un péndulo de cuerda corta. Para correr, una persona tiende a doblar sus piernas, alterando la distribución de su centro de masa y reduciendo su inercia rotacional (figura 2). Intente correr sin doblar las piernas y entenderá un poco mejor porqué Foucault tuvo que utilizar un péndulo muy largo y de gran masa para demostrar la rotación de la Tierra; justamente lo que quería evidenciar era que el péndulo oscila en un lugar que a su vez da vueltas sobre su propio eje. Eso se logra mucho mejor con un péndulo de gran inercia rotacional, como el que construyó.

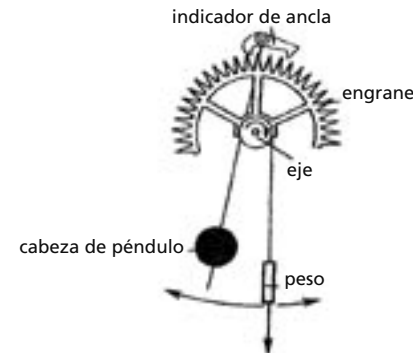


**Figura 2. Al doblar las piernas, un corredor reduce su inercia rotacional.**

### III. El péndulo y los relojes

Como ya dijimos, Galileo descubrió que cualquier fenómeno que se repite de forma periódica se puede utilizar para medir el tiempo, siempre y cuando la duración del periodo se mantenga constante y con exactitud. En los primeros aparatos para medir el

tiempo se utilizaban péndulos como el que se ilustra en la figura 3. El peso que mueve al reloj por mecanismo de péndulo se aplica a la circunferencia del eje, causando que rote y que indique las horas transcurridas por medio de un engrane y un indicador de ancla. En los relojes mecánicos que sucedieron a los primeros relojes sencillos de péndulo, el principio de funcionamiento es similar, pero cuenta con un mecanismo mucho más sofisticado de engranes y poleas; al "dar cuerda" al reloj se almacena la energía necesaria y ésta se libera por medio de impulsos periódicos del mecanismo. Los engranes y las poleas en un reloj mecánico equivalen, mecánicamente hablando, al movimiento del péndulo y por eso miden el tiempo.

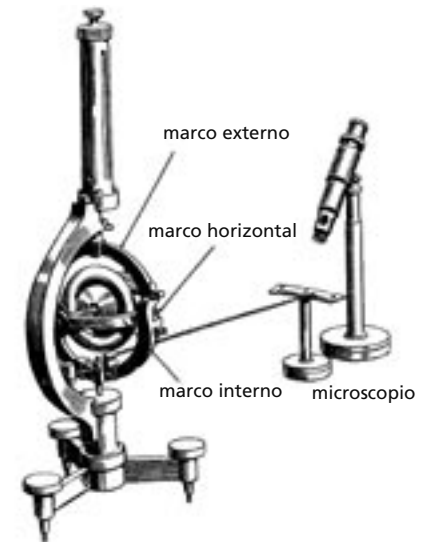


**Figura 3. Mecanismo de reloj de péndulo.**

### IV. Foucault: del péndulo al giróscopo

Como explica el artículo de referencia, en 1851 Jean-Baptiste León Foucault presentó la primera prueba visible de la rotación de la Tierra. Para ello usó un enorme péndulo, colgado de un cable libre de torsión (esto es importante). Dada la enorme inercia rotacional del péndulo, éste mantuvo su oscilación sobre el mismo plano, mientras que debajo el planeta giraba majestuosamente. Este fenómeno es hoy visible, hora tras hora, en algunos péndulos similares montados en algunos museos de ciencias y en el edificio de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), en Nueva York.

Pero la historia no acaba ahí. Para entonces, y por medio de la observación del movimiento de los trompos y otros juguetes similares, ya se sabía que una rueda en rotación montada sobre un eje mantiene su posición en el espacio. Foucault aprovechó esta observación y puso una rueda metálica con eje en un marco con forma de anillo, también de metal. Adaptó la rueda con eje enmarcada por el anillo a un dispositivo manual capaz de hacerlo girar a gran velocidad, enmarcado por segunda vez por un aro de metal sostenido por un hilo de seda.



**Figura 4. Dispositivo con giróscopo inventado por Foucault para validar su demostración de la rotación terrestre.**

Por debajo del segundo marco circular, ajustó una aguja indicadora muy larga y delgada, y finalmente, para poder hacer una lectura de la desviación debida a la rotación terrestre, colocó una escala micrométrica a la distancia de la punta de la aguja, misma que se leía por medio de un microscopio. Cuando Foucault accionó su dispositivo, la rueda giratoria —delicadamente suspendida—, permaneció en su posición imperturbable, mientras el mundo giraba a su alrededor. Durante su giro, la rueda era el centro de su propio universo, regida bajo la ley de su propia inercia. A través de la lente del microscopio se hacía