

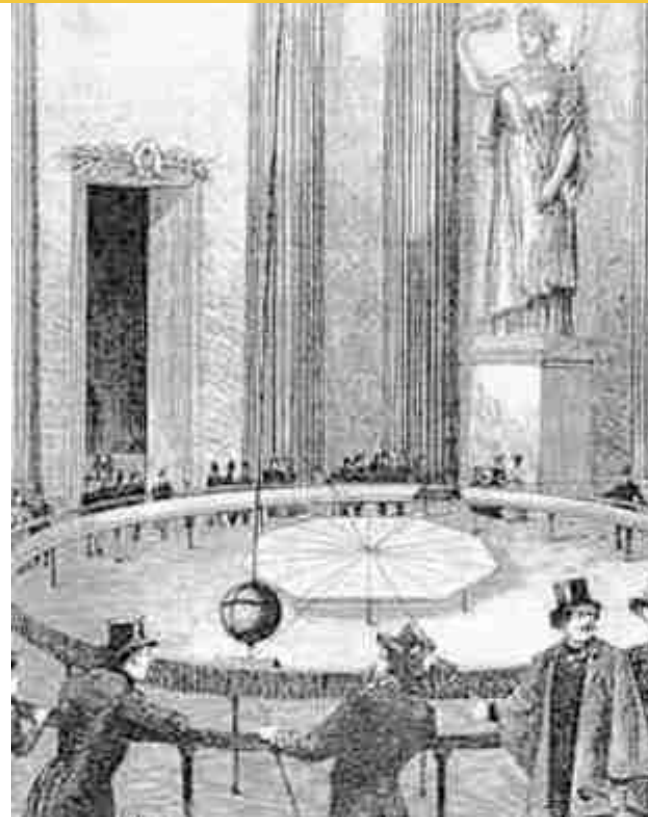
La Historia del Péndulo de Foucault

Sobre la invención del Péndulo de Foucault

La invención del péndulo que lleva el nombre de su creador fue la primera demostración directa de la rotación de la Tierra, hecho del que pocos dudaban, pero que nadie había demostrado experimentalmente hasta entonces. Foucault descubrió el principio del péndulo por casualidad: trabajaba en su torno con una varilla metálica de aproximadamente un metro de largo, cuando por accidente la punta de la varilla comenzó a vibrar en una dirección. Al hacer girar el mandril que sujetaba la varilla, observó que la dirección de la vibración no cambiaba. Foucault dedujo que la oscilación de un péndulo también sería independiente del movimiento de rotación del punto de sujeción al techo, y lo comprobó el 6 de enero de 1851 en su laboratorio en el sótano de su casa, con una masa de 5 kg y un hilo de 2 metros de largo. El lento viraje del plano de oscilación del péndulo es consecuencia de la rotación de la Tierra.

La primera demostración pública de este experimento se realizó en el Observatorio de París, el 3 de febrero de 1851. Foucault envió a los científicos reconocidos de París la siguiente invitación: "Usted está invitado a ver que la Tierra gira, mañana de 3 a 5, en el salón del Meridiano del Observatorio de París".

En marzo de ese mismo año, Foucault instaló en el Panteón de París un péndulo consistente de una bola de 38 cm de diámetro y 28 kilogramos, sostenida por un cable de 67 metros. Bajo el punto de sujeción y centrada en la vertical se colocó una base de madera circular de seis metros de diámetro, cuyo borde se dividió en grados y cuartos de grado, de manera que el público pudiera observar claramente el movimiento del plano de oscilación del péndulo. Por cada oscilación, que tomaba 16 segundos, se observaba un corrimiento a la izquierda de aproximadamente 2.5 mm (en el hemisferio Norte el plano de oscilación del péndulo se ve rotando en el sentido horario). Esta demostración se hizo pública el 27 de marzo con la presencia del presidente de Francia, Louis Napoléon.



Léon Foucault
(Francia, 1819-1868)



Jean Bernard Léon Foucault, nació en París en 1819. Recibió su educación escolar principalmente en su casa. Luego cursó estudios de Medicina, los que abandonó por su temor a la sangre y por no soportar ver el sufrimiento de los pacientes, aunque fue asistente de microscopía por tres años. El resto de su vida se dedicaría a la física. Su muerte ocurrió el 11 de febrero de 1868 en París y fue enterrado en el cementerio de Montmartre.



CECS

péndulo de Foucault

péndulo de Foucault



Qué es un Péndulo de Foucault

¿Qué es un Péndulo?

Tenemos un péndulo cuando colgamos un objeto en un punto fijo, mediante una cuerda. En reposo, el objeto colgado queda justo bajo la vertical del punto de suspensión. Si se desplaza el cuerpo de esta posición de equilibrio y se le deja libre, éste comenzará a oscilar en forma regular.

El movimiento se produce ya que la suma de las todas las fuerzas que actúan sobre el objeto (la fuerza de gravedad, la tensión del cable de suspensión y la fuerza de roce), no es nula y de este modo el objeto colgado acelera, produciendo la oscilación característica.

Luego de un rato, el roce con el aire haría que el péndulo se detenga. Para que el péndulo siga en movimiento, se requiere un mecanismo que restituya al sistema la energía que se pierde por el roce. En el caso del péndulo de la Costanera de la Ciencia de Valdivia, el mecanismo de restitución de energía es electromagnético y se encuentra en la parte superior de la estructura.

Rotación de la Tierra

En un día, la Tierra da una vuelta completa alrededor de un eje imaginario que pasa por los polos. Este movimiento de rotación, en dirección Oeste-Este, produce la impresión de que es el cielo el que se desplaza sobre nosotros en el sentido opuesto. En particular, vemos el Sol apareciendo por el Este y ocultándose por el Oeste generando la sucesión de días y noches.

Se debe distinguir el tiempo que tarda la Tierra en dar un giro completo respecto a las estrellas distantes sobre su eje Norte-Sur (23 horas 56 minutos), que se denomina día sideral, del tiempo que demora el Sol en ponerse en la misma posición sobre nosotros. Esto último se llama día solar que se divide en 24 horas. Esta diferencia entre el día sideral y el solar se debe a que la Tierra tiene un movimiento de traslación alrededor del Sol, y cada día le toma 4 minutos adicionales en encontrarse en la misma posición respecto del Sol, después de alcanzar la misma posición respecto a las estrellas lejanas.



El péndulo de Foucault y la demostración de la rotación de la Tierra

Si se observa un péndulo, de pié y fijo a la Tierra, luego de varias oscilaciones se verá un pequeño desplazamiento del punto donde el péndulo alcanza su máxima apertura, esto es, se observará un pequeño giro del plano de oscilación del péndulo.

Si nuestro planeta estuviera inmóvil en el espacio, observaríamos que el plano de oscilación del péndulo no cambia. Esta es la argumentación que usó Foucault para mostrar que su experimento finalmente demostraba la rotación de la Tierra.

Consideremos primero un péndulo oscilando justo en el polo Norte. Dado que el eje de rotación de la Tierra pasa por los polos, el piso rota en sentido antihorario, con respecto a las estrellas lejanas. Como el plano de oscilación del péndulo no cambia con respecto a esas estrellas, un observador fijo al suelo, verá el plano de oscilación del péndulo dar una vuelta completa en el sentido horario en ese mismo tiempo. Por su parte, el observador fijo a la Tierra, en el polo Sur, observará que el plano de oscilación del péndulo dará una vuelta completa en el mismo tiempo pero en sentido antihorario.

¿Qué sucede si hacemos el experimento justo en un punto de la línea del Ecuador?

A diferencia, de lo que ocurre en los polos, en el Ecuador el eje de rotación de la Tierra es paralelo al suelo y por lo tanto el suelo no gira con respecto al eje. De esta manera el observador fijo al suelo ve al péndulo oscilar siempre en el mismo plano. Usando un péndulo sobre la Línea del Ecuador no se puede detectar la rotación de la Tierra.

Ahora consideremos un lugar entre el polo Sur y el Ecuador, por ejemplo alguna ubicación en Chile. La base del péndulo, en el suelo, no es paralela ni perpendicular al eje de rotación de la Tierra, por lo tanto el suelo rotará, pero de manera más lenta que en los polos. Así, el observador fijo en la Tierra verá que el plano de oscilación del péndulo gira en sentido antihorario (porque está en el hemisferio Sur), pero tardará más tiempo en dar una vuelta completa.

La descripción matemática del movimiento del péndulo en cualquier latitud es un tanto compleja. Con ella se encuentra la fórmula que determina el tiempo (en horas) que tarda el péndulo en efectuar un giro completo. Esta es:

$$T=24/\text{sen}(A),$$

en que A es la latitud donde se encuentra el péndulo. Para la latitud de Valdivia, T resulta ser aproximadamente 36 horas, de manera que el plano de oscilación gira unos 10 grados por hora.

Como funciona el Péndulo CECS

El péndulo está compuesto por tres partes principales: un anclaje con el sistema de recuperación de energía y estabilizador, en la parte superior, la bola de acero, y el cable que la sostiene.

El cable que sostiene la bola es un alambre de acero trenzado de 4mm. de diámetro, la esfera es cromada, contiene plomo en su interior y pesa unos 100 kilogramos.

El sistema de recuperación de energía devuelve la energía que pierde el péndulo por roce con el aire. De no existir este mecanismo, el péndulo dejaría de oscilar al cabo de unas pocas horas.

Este mecanismo está compuesto por cuatro sensores ópticos de movimiento, un circuito electrónico de control, un electroimán (bobina) y un imán. Los sensores ópticos gatillan el circuito de control, que hace circular una corriente en la bobina ubicada cerca del punto de sujeción del péndulo.



Características Técnicas

El péndulo de Foucault que se encuentra en la Costanera de la Ciencia tiene una longitud aproximada de 13 metros y su período de oscilación es de unos 7 segundos. Está ubicado en la Latitud Sur 39°48' 50.57" y Longitud Oeste 73° 14' 55.13". La base del péndulo está a 4.5 metros sobre el nivel del río. Su diseño y construcción se deben al Dr. Miguel Cabrerizo, físico experimental de la Universidad de Granada, España. El Dr. Cabrerizo es un reconocido diseñador de experimentos de física para público general.

A la latitud señalada, el plano de oscilación del péndulo debería dar un giro completo en el sentido anti-horario en 37,5 horas. Esto implica que, visto desde la Tierra, el plano de oscilación del péndulo gira 9,6 grados por hora en el sentido contrario al de los punteros de un reloj.

El campo magnético generado por la bobina produce una fuerza sobre el imán unido al cable y que está en la región interior de la bobina. Esta fuerza compensa el roce con el aire y así el péndulo puede oscilar indefinidamente.

El sistema de estabilización consiste en un anillo metálico colocado en la parte superior del péndulo, conocido como anillo de Charron. El cable en su movimiento de oscilación hace contacto con el interior del anillo. Esto obliga al péndulo a moverse siempre en un plano, evitando que describa una trayectoria elíptica, como resultado de perturbaciones, tales como corrientes de aire o vibraciones del edificio. Sin embargo, dado que el cable permanece en contacto con el anillo de Charron brevemente en cada período, el plano de la oscilación deja de girar en relación al suelo durante ese tiempo. La consecuencia de esto es que la rotación del plano de oscilación "se frene" y una vuelta completa tarde levemente más de lo esperado.

En la base se puede observar los puntos cardinales y una graduación que permite medir el desplazamiento del plano de oscilación.

Historia de este Péndulo

En principio, fabricar un péndulo no es una tarea difícil. Sin embargo, si se busca tener una exhibición permanente, como la que se observa aquí, es necesario contar con sistemas de recuperación de energía y de estabilización, lo que introduce serias dificultades técnicas.

En enero del 2007, se instaló un péndulo de Foucault de 12 metros de longitud en el hall del CECS, pero sin el anillo de Charron, y con un sistema de sensores ópticos y de recuperación de energía distintos a los actuales. Esta configuración resultó ser inestable por lo que en octubre de 2007 fue reemplazada por el péndulo actual, que permaneció en el hall del CECS hasta el 15 de abril del 2011, para luego ser trasladado a su ubicación actual, la Costanera de la Ciencia.