

Museo de las Ciencias
Príncipe Felipe

Guía del Profesor
Castellano

Exposición

El Péndulo de Foucault



CIUDAD DE LAS ARTES Y LAS CIENCIAS
VALENCIA

INTRODUCCIÓN 2

ANTES DE LA VISITA

Contenidos de la exposición 2

Maqueta del Péndulo de Foucault
Péndulo de Foucault del Museo

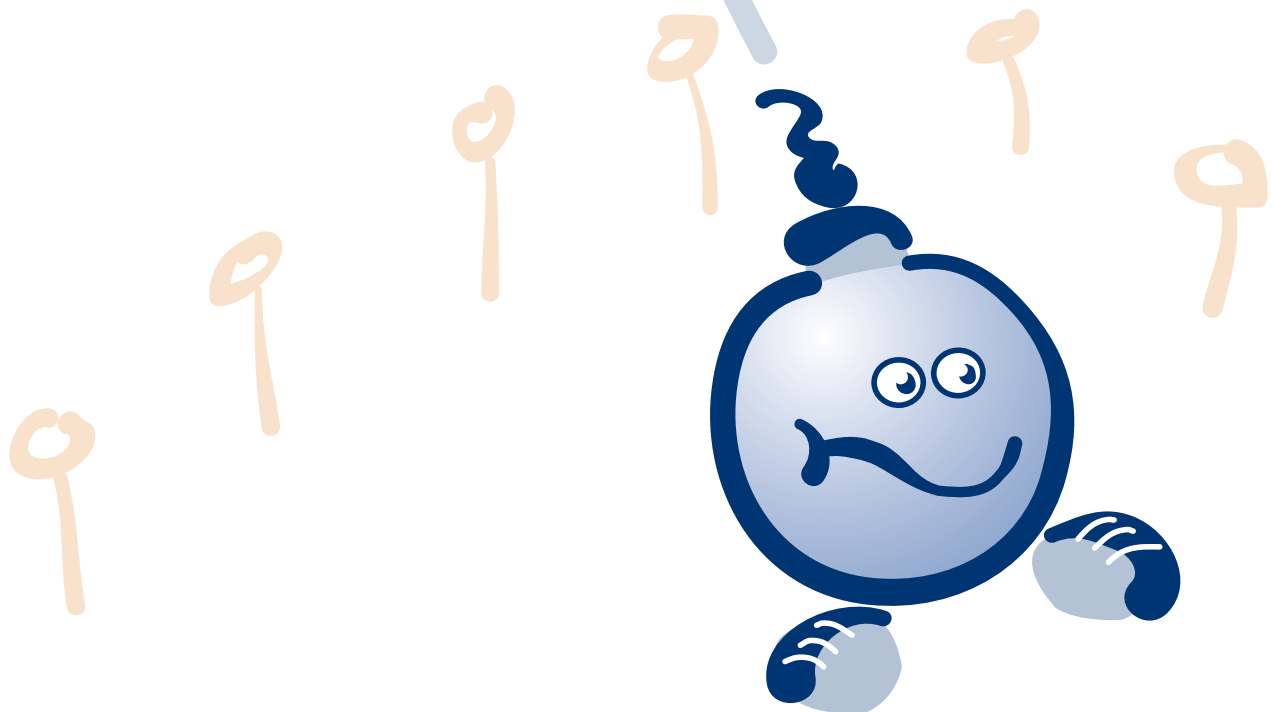
Para saber más 3

Pero se mueve...
El giro de la Tierra
¿Por qué gira la Tierra?
¿Qué la mantiene girando?
Los primeros experimentos de Foucault
El experimento de Foucault en el Panteón de París
El Péndulo de Foucault en el Museo de las Ciencias Príncipe Felipe

DESPUÉS DE LA VISITA

El recorrido en preguntas 11

Actividades 12



Introducción

En la Calle Mayor del Museo de las Ciencias Príncipe Felipe se emplaza una reproducción de grandes dimensiones del famoso Péndulo de Foucault, que rinde homenaje al insigne sabio francés. El visitante podrá conocer el principio que explica su movimiento.

Antes de la visita

Contenidos de la exposición

Maqueta del Péndulo de Foucault

Un péndulo simple se encuentra sobre una plataforma giratoria. Si se hace oscilar el péndulo y gira lentamente la plataforma sobre la que se encuentra, puede observarse que mientras ésta rota, el plano en el que oscila el péndulo permanece invariable.

Péndulo de Foucault del Museo de las Ciencias Príncipe Felipe

Un gran Péndulo de Foucault de 30 metros de longitud y cuya masa es de 130 kilos sirve para comprobar el giro de la Tierra sobre su eje. El plano de oscilación del Péndulo permanece invariable y, mientras tanto, el suelo gira debajo de él. Al entrar en el Museo, el Péndulo lleva derribadas una serie de bolas desde que se puso en marcha. Al salir, después de la visita, el número de bolas derribadas será mayor.



Antes de la visita

Para saber más

Pero se mueve...

Mirando desde la Tierra, el Sol, la Luna y las estrellas parecen girar lentamente. En la antigüedad se suponía que las estrellas estaban sobre una esfera que giraba alrededor de la Tierra. Sin embargo, Aristarco de Samos (siglo III a. de C.) explicó que el movimiento aparente de las estrellas y planetas se debía al giro diurno de la Tierra alrededor de su eje y al anual de la Tierra alrededor del Sol.

Más tarde, Aristóteles, y luego Tolomeo, negaron que se pudieran hacer experimentos para demostrar ese giro. Esta visión geocéntrica dominó la ciencia europea hasta el siglo XVII. En esa época, se trataba de una cuestión trascendental por motivos religiosos: Giordano Bruno fue acusado de herejía por la Inquisición y sentenciado a muerte en 1600, por afirmar que la Tierra giraba. Su contemporáneo Copérnico había llegado a la misma conclusión, aunque la difundió con mucha prudencia. En cambio Galileo, años después la defendió con contundencia y fue obligado a abjurar públicamente. Aunque se le atribuye una famosa frase dicha en voz baja en el momento de la renuncia: *"Eppur si muove..."* ("Pero se mueve..."), parece que forma parte de la leyenda. No obstante, Galileo mantuvo sus ideas hasta la muerte.

Hoy en día tenemos la absoluta certeza del giro de la Tierra y los astronautas han constatado este hecho viéndola desde las naves espaciales. Foucault fue capaz de convencer a sus contemporáneos de la evidencia de este giro.



Para saber más

El giro de la Tierra

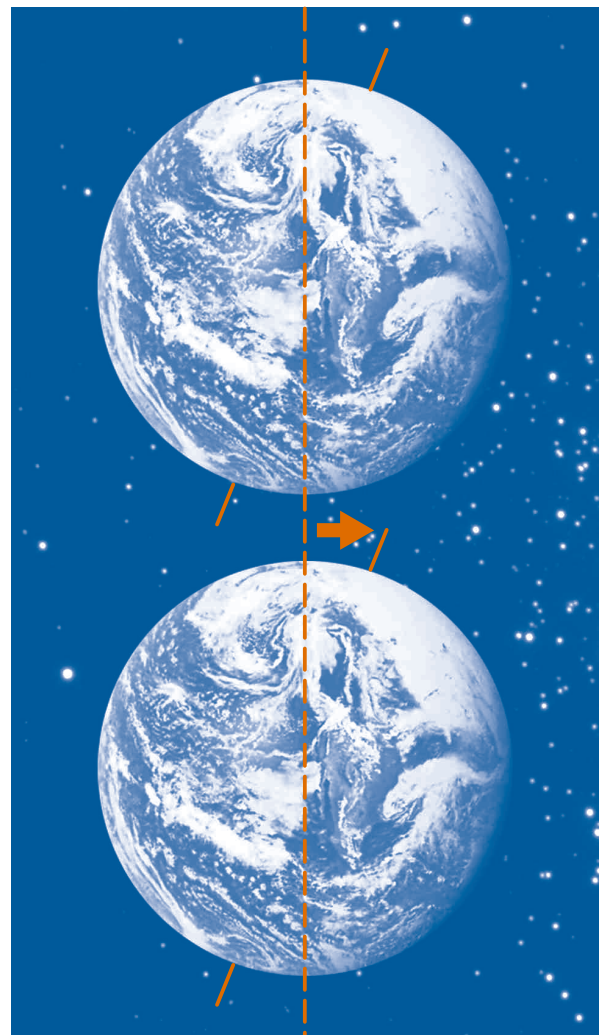
La Tierra es como una esfera con un eje que va del Polo Norte al Polo Sur. Cada 24 horas da una vuelta completa sobre su propio eje, quedando sucesivamente expuesta y oculta al Sol en lo que llamamos día y noche. No percibimos claramente este movimiento de rotación desde la Tierra porque la velocidad siempre es constante y todo lo que nos rodea se mueve con nosotros, como cuando se viaja en un tren.

La Tierra siempre gira en la misma dirección; siempre va hacia el Este. Si se pudiera mirar desde el Polo Norte hacia abajo, se vería a la Tierra girar en sentido contrario a las agujas del reloj, hacia el Este, de tal manera que el Sol siempre parece salir por el Este y ponerse por el Oeste.

Todos los puntos de la Tierra tardan 24 horas en dar una vuelta de rotación completa, pero cada punto gira a una velocidad diferente.

Los lugares que están cerca de los polos apenas se mueven, en cambio los que se hallan en el Ecuador giran a una velocidad de 450 metros por segundo, casi 40.000 kilómetros diarios.

Un giroscopio (por cierto, invento del propio Foucault) funcionando puede ilustrar el giro de la Tierra. Su eje al girar es estable pero no se mantiene fijo y experimenta un movimiento de ligera precesión. El eje terrestre tarda 25.800 años en dar una vuelta completa. Esta precesión se debe en gran parte a la atracción gravitatoria del Sol y la Luna sobre el Ecuador. Se piensa que la oscilación del eje terrestre con relación al Sol es una de las causas de las glaciaciones que experimentó la Tierra.



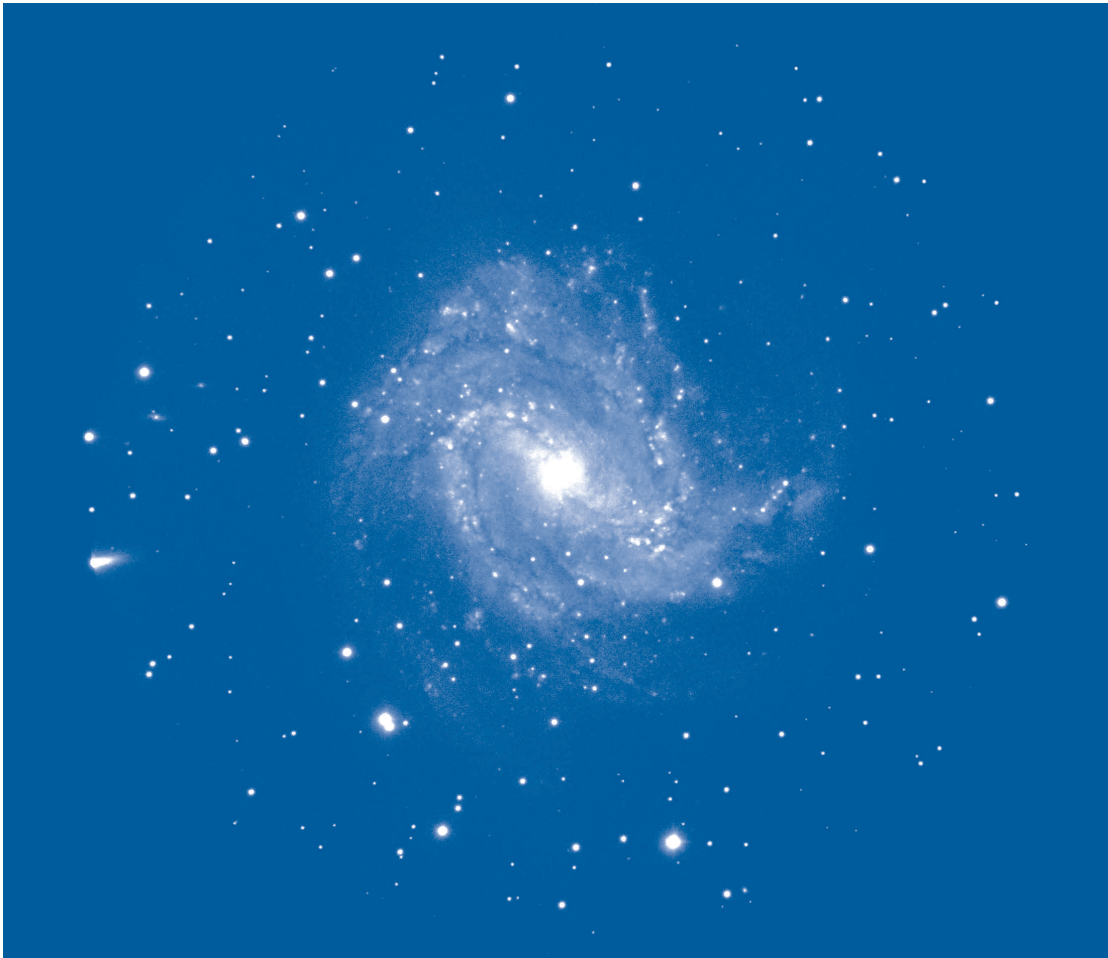
¿Por qué gira la Tierra? ¿Qué la mantiene girando?

Se cree que nuestro sistema solar se originó a partir de una enorme nube giratoria de gas y polvo. A medida que fue girando, se fue aplastando hasta formar un disco. Hipotéticamente, el Sol se formó en el centro del disco y la Tierra y los otros planetas acabaron en órbita alrededor de éste. Como la nube original estaba girando, la Tierra y los otros planetas también lo hicieron.

Todos los objetos del Universo están girando, algunas veces lentamente; otras, muy rápidamente. Cuando las nebulosas o las estrellas se colapsan, giran más rápidamente, de la misma manera que un patinador sobre hielo cuando acerca los brazos al cuerpo. Nuestro Sol da una vuelta en aproximadamente un mes, pero, si pudiéramos contraerlo, su giro aumentaría cientos de veces por segundo.

En lo que se refiere a la Tierra y a otros planetas, el valor del giro está determinado por varias causas. Un factor es la masa.

Además, al principio de la historia de nuestro sistema solar, algunos planetas fueron alcanzados por grandes fragmentos y es posible que la colisión de éstos modificase su velocidad de giro.



Para saber más

Los primeros experimentos de Foucault

Inicialmente, Foucault colocó un pequeño péndulo en una plataforma giratoria. Hizo que oscilara y puso la plataforma en movimiento. El péndulo se mantuvo oscilando todo el tiempo en su plano inicial, a pesar de que la base en la que estaba colocado giraba.

A continuación, construyó un pequeño péndulo de dos metros de largo que sujetaba una bola de cinco kilogramos. Antes de que la amplitud de las oscilaciones se amortiguara completamente, observó que el péndulo parecía girar en el sentido de las agujas del reloj.

Convencido del principio, construyó un segundo péndulo con un cable de 11 metros en el Observatorio de París, demostrando su teoría. Foucault presentó este experimento a sus colegas el 3 de febrero de 1851, teniendo tal impacto, que el Príncipe Luis Napoleón Bonaparte le pidió que ofreciera una demostración pública el 26 de marzo del mismo año en el mismísimo Panteón de París.

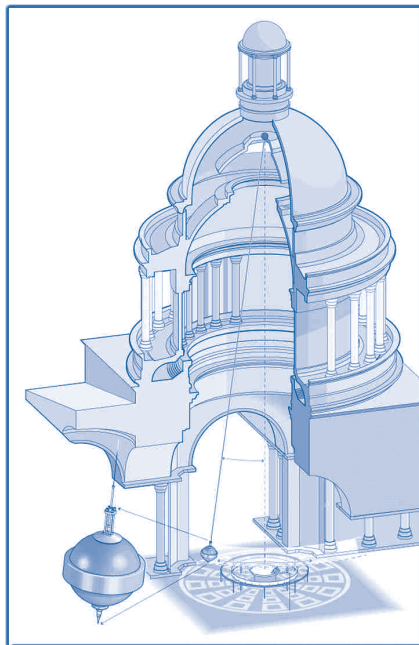


El experimento de Foucault en el Panteón de París: *“Vous êtes invités à venir voir tourner la Terre...”* (“*Están ustedes invitados a ver girar a la Tierra...*”)

Dentro del domo del Panteón de París, Foucault suspendió un péndulo de 67 metros de largo del que colgaba una bala de cañón de 28 kilos. Prestó gran atención a que el cable fuera perfectamente simétrico. Colocó un estilete debajo de la bala y esparció arena en el recorrido potencial de la misma. Separó la bala hacia un lado y la sujetó con una cuerda hasta que permaneció inmóvil. Quemó la cuerda y el péndulo empezó a oscilar dejando una huella en la arena. A los pocos minutos ésta se empezó a ensanchar. El experimento fue un éxito. La Tierra giraba “bajo” el péndulo.

En otoño de 1995, la esfera de hierro original que utilizó Foucault fue desempolvada y colgada del domo del Panteón como en 1851. Allí, en el barrio latino de París, al final de la calle Soufflot, cerca del bulevar Saint Michel, puede verse en la actualidad.

Un dispositivo semejante se utiliza en el Museo de las Ciencias Príncipe Felipe de Valencia.



Para saber más

El Péndulo de Foucault en el Museo de las Ciencias Príncipe Felipe de Valencia

A los 20 años, el famoso escritor Umberto Eco, autor de la novela “El Péndulo de Foucault”, quedó fascinado al verlo en el Observatorio de París. A nosotros nos puede pasar lo mismo en el Museo. Colgada del techo, se encuentra una masa de 130 kilos unida a un cable de 30 metros.

Por medio de un sistema de bolas que el Péndulo va haciendo caer en una plataforma, vemos que el plano de oscilación de la masa del Péndulo se desplaza lentamente en el sentido de las agujas del reloj. Sin embargo, esto constituye una ilusión. Es el suelo del Museo el que realmente se desplaza “bajo” el Péndulo.

El Péndulo (soporte, cable y bola) está unido al edificio y, simultáneamente, éste lo está a nuestro planeta, girando alrededor de su eje aproximadamente una vez cada 24 horas. La Tierra también gira alrededor del Sol una vez cada año. El Sol gira alrededor del centro de nuestra Galaxia (Vía Láctea) una vez cada 250 millones de años.

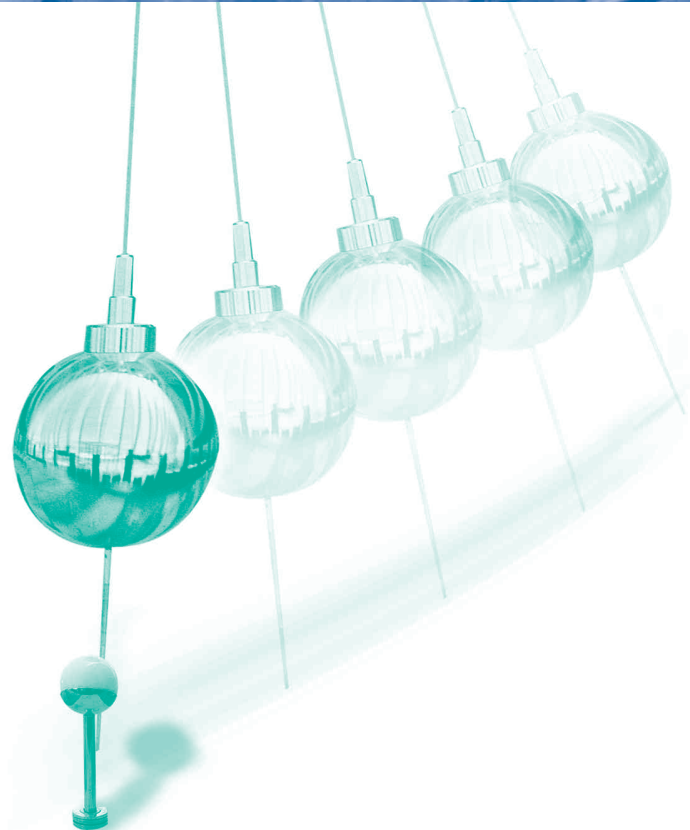
El Péndulo de Foucault ignora todos estos movimientos. Se alinea con el Universo.



La oscilación del Péndulo según la latitud

Supongamos que colocamos un péndulo sobre el Polo Norte y lo ponemos a oscilar. A alguien situado directamente sobre el Polo, le parece que el péndulo traza repetidamente un arco en el mismo plano. Mientras, la Tierra gira lentamente en sentido contrario al de las agujas del reloj. Como gira en torno a su eje cada 23,93 horas, para un observador terrestre en el Polo, el plano del Péndulo parece experimentar un giro de 360° en ese tiempo. En el Ecuador, el plano del Péndulo no giraría y Foucault no hubiera podido realizar su experimento. En las latitudes intermedias el periodo tiene valores intermedios. Así, en Valencia (de latitud $39^\circ 29' \text{ N}$), el plano del Péndulo tarda 37 horas y 37 minutos en dar una vuelta completa. En Castellón (de latitud $39^\circ 59' \text{ N}$), este tiempo es de 37 horas y 16 minutos y en Alicante ($38^\circ 20' \text{ N}$), se emplean 38 horas y 35 minutos.

En general, se puede calcular el tiempo de giro del plano del Péndulo en un lugar dividiendo 23,93 horas por el seno de la latitud de en dicho lugar.



Para saber más

¿Qué mantiene al Péndulo oscilando?

La atracción gravitatoria y un electroimán mantienen al Péndulo oscilando. La fuerza gravitatoria lo empuja hacia la parte baja de su trayectoria. Sin embargo, de no ser por el electroimán, la resistencia del aire y el rozamiento del cable lo detendrían.

Como el Péndulo de Foucault es prácticamente un péndulo simple de grandes dimensiones, la longitud del cable determina su periodo; es decir, el tiempo que tarda en dar una oscilación completa. También depende de la aceleración de la gravedad, aunque es independiente de la masa. La fórmula matemática que expresa estas relaciones es:

$$T = 2\pi \sqrt{l/g}$$

Siendo “l” la longitud y “g” la aceleración de la gravedad. Aplicando esta expresión se obtiene para el Péndulo del Museo un periodo de aproximadamente 11 segundos.



Después de la visita

El recorrido en preguntas

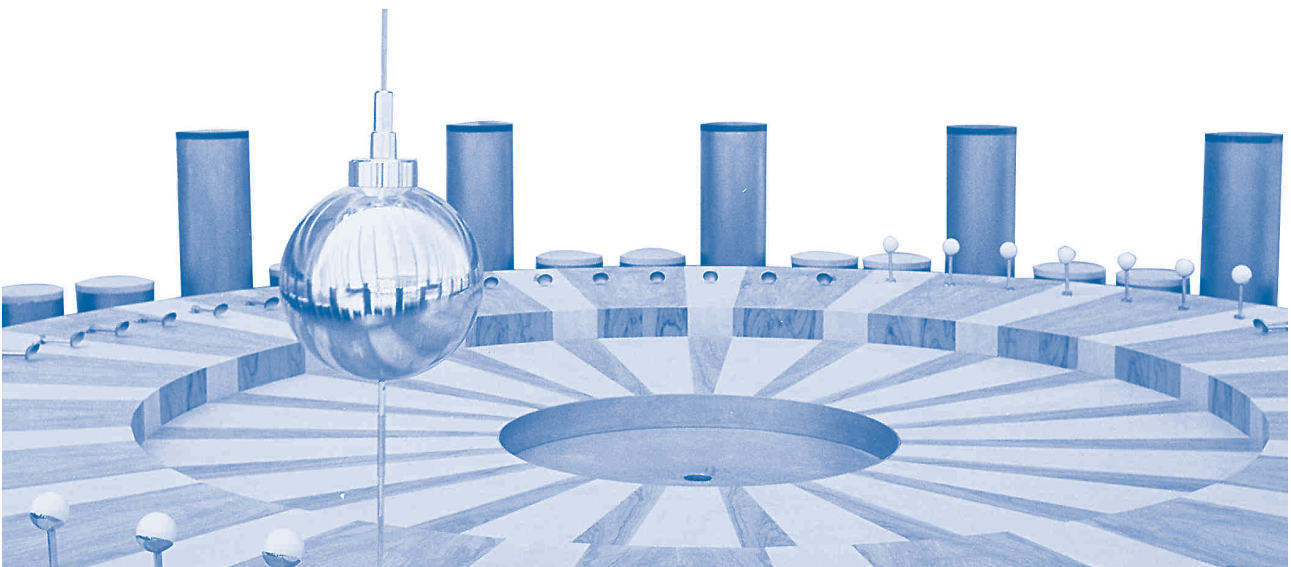
- 1.- Sitúate en la maqueta del Péndulo de Foucault y hazlo oscilar.
Impulsa suavemente la plataforma giratoria.
¿Qué puede decirse del plano de oscilación?

- 2.- Anota cuántas bolas han caído al entrar en el Museo. Anota la hora.

- 3.- ¿Cuántos segundos tardará la masa del Péndulo en completar una oscilación completa?
(Mídelo con tu propio cronómetro)

- 4.- Registra cuántas bolas han caído al salir y cuántas quedan por caer. Anota la hora.

- 5.- ¿Cuánto tardará el plano del Péndulo en dar una vuelta?



Después de la visita

Actividades

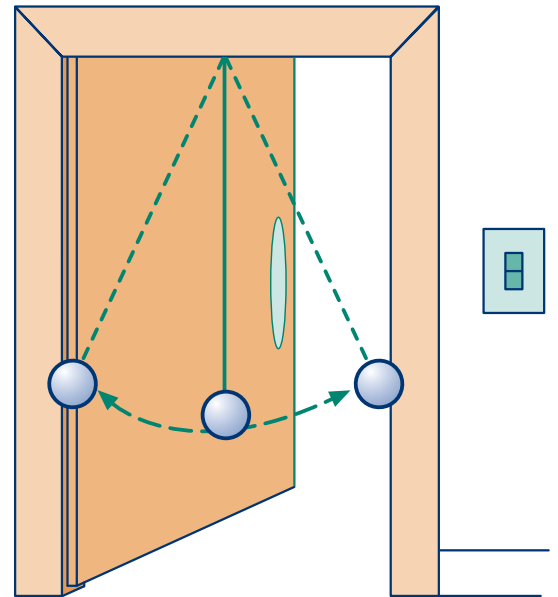
1. Péndulo simple

MATERIALES

Un hilo largo de nylon o semejante, objetos de diferente masa y de dimensiones no muy grandes y cinta aislante o cinta adhesiva.

¿CÓMO TIENES QUE HACERLO?

- Cuelga el hilo del dintel de una puerta, sujetándolo firmemente con cinta adhesiva. Coloca uno de los objetos en el otro extremo del hilo.
- Separa ligeramente el péndulo de la posición vertical y suéltalo para que empiece a oscilar. Con un cronómetro mide el tiempo que emplea en dar diez oscilaciones (ida y vuelta) y divídelo entre diez. Así se obtiene el período, que es el tiempo que se emplea en dar una sola oscilación. Anota el valor de éste.
- Repite el proceso anterior cambiando la masa del péndulo pero sin modificar su longitud. ¿Qué diferencias aprecias en los valores que obtienes?
- Mide ahora el periodo dejando fija la masa, pero cambiando la longitud del péndulo. ¿Qué diferencias observas ahora?



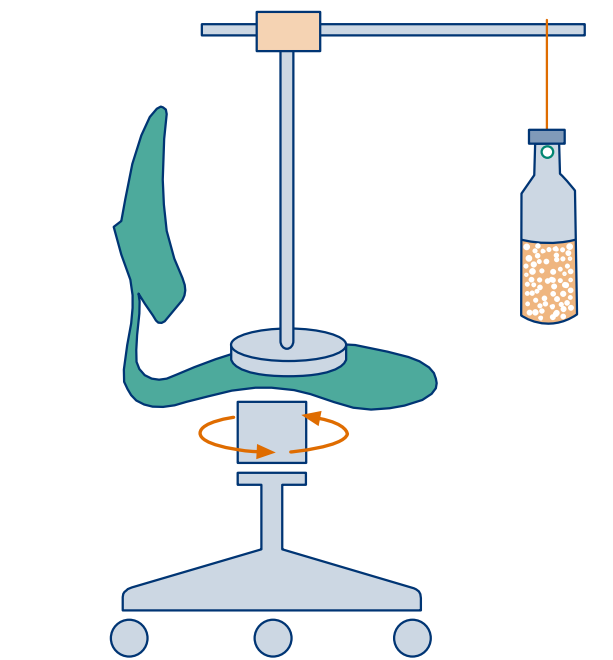
2. Construye tu propio Péndulo de Foucault

MATERIALES

Una botella pequeña de plástico con tapón de rosca, una hembrilla, una cuerda larga, arena, un embudo, un pie de soporte, dos varillas metálicas, una nuez doble, una silla giratoria y un taladro.

¿CÓMO TIENES QUE HACERLO?

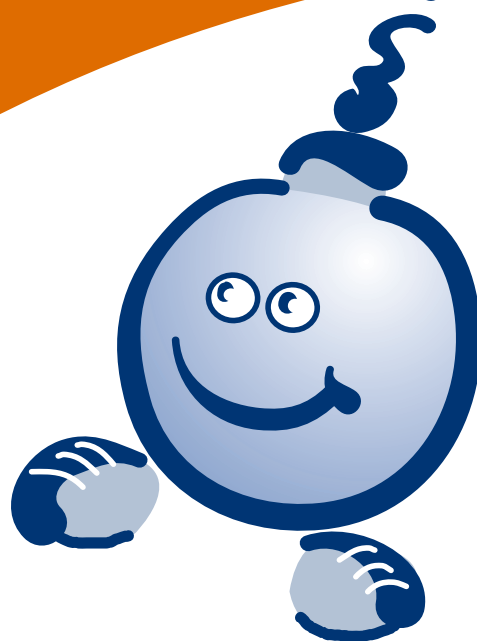
- Con el embudo, llena de arena las dos terceras partes de la botella.
- Perfora el tapón, en su parte central, con el taladro y pasa la cuerda por el agujero.
- Ata el extremo de la cuerda a la hembrilla de tal forma que, al tapar la botella, la hembrilla quede dentro e impida que la cuerda se salga. Y a continuación, enrosca el tapón.
- El péndulo ya está listo.
- Coloca el pie de soporte sobre la silla giratoria y fija la varilla al pie. Utilizando la nuez doble, acopla la segunda varilla de forma que ambas queden perpendiculares.
- Ata el extremo de la cuerda del péndulo a la varilla como se muestra en la figura.
- Pon el péndulo a oscilar. Observa la dirección del plano de oscilación.
- Gira lentamente el taburete. ¿Qué le ocurre a la dirección del plano de oscilación cuando giras lentamente la silla?



HEMBRILLA

TALADRO





**CIUDAD DE LAS ARTES
Y LAS CIENCIAS**

ESTA CIUDAD ES OTRO MUNDO

SOM divulgació



**GENERALITAT
VALENCIANA**



**CIUDAD DE LAS ARTES Y LAS CIENCIAS
VALENCIA**

MUSEO DE LAS CIENCIAS PRÍNCIPE FELIPE • Ciudad de las Artes y las Ciencias
Av. Autopista del Saler, n.º 7 • 46013 Valencia (España)

Empresa certificada ISO 9001 (n.º 5000383) / ISO 14001 (n.º 5000383-MA) BVQi