

Muestra Educativa Anual del Centro Atómico Bariloche e Instituto Balseiro

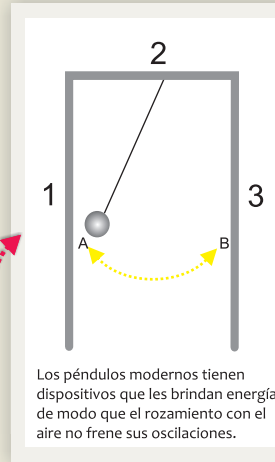
PARA QUE EXPERIMENTES LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA

¿TE GUSTARÍA “VER” CÓMO ROTA LA TIERRA?

Que la Tierra gira sobre sí misma, y nosotros junto con ella, seguramente no es nuevo para vos. El período de una rotación completa ha variado a lo largo del tiempo (por las mareas, terremotos y otros motivos), en la actualidad **un día terrestre** es de **23 horas, 56 minutos y 4 segundos**.

Pero no podemos captar esta rotación con nuestros sentidos en forma directa, solo deducirla. Sin embar- go en 1851, el físico francés Jean-Bernard-León Foucault encontró un modo de “verla”, verificarla, a partir del movimiento de un péndulo. (Si querés conocer la historia, leé el folleto ¿SEGURO QUE LA TIERRA ROTA? Si preferís descubrir cómo se puede “ver” la rotación de la Tierra, seguí por acá...)

¿Por qué se dirá “El Sol sale por el este”, cuando en realidad es la Tierra que al rotar de oeste a este nos conduce a ver el Sol cada mañana?

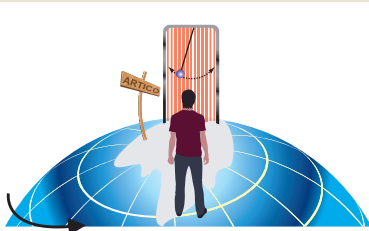


Un péndulo de Foucault consta de una cuerda con un peso en su extremo inferior, y el otro sostenido desde un soporte firme. Si se toma el peso con la cuerda estirada y se lo suelta (sin forzar el movimiento, es decir sin aplicar ninguna fuerza), el péndulo oscilará entre dos puntos, **siempre sobre un mismo plano**.

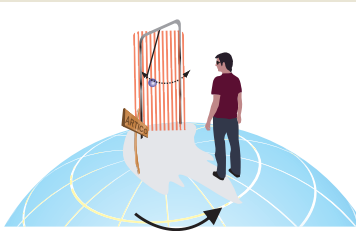
Aquí, oscila entre los puntos A y B, dentro del plano imaginario que determina los soportes 1, 2 y 3.

Si te interesa profundizar por qué no cambia el plano sobre el que oscila, averiguá qué dice la primera ley de Newton.

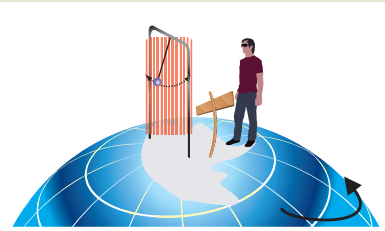
TESTIGO DE LA ROTACIÓN DE LA TIERRA



Imaginá que mirás la Tierra cómodamente desde una nave espacial. En el Polo Norte ves girar -junto al planeta que rota- un péndulo de Foucault y un señor que lo observa.

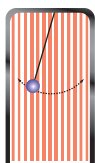


El plano en el que oscila el péndulo está señalado con líneas rojas para mayor claridad, pero en realidad es un plano que determina el péndulo en el aire, es decir que no es un objeto real.

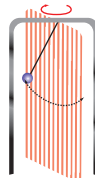


Como notás desde la ventana de la nave, todo lo que está sobre la Tierra gira con ella, incluido el marco que sostiene al péndulo. Pero el punto desde donde se sostiene la cuerda no la arrastra al girar con el planeta; y así, **el péndulo sigue oscilando sobre el plano en el que lo hizo desde el principio, sin quedar “pegado” al movimiento del marco.**

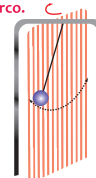
¿En qué dirección parece girar el plano de oscilación en el Hemisferio Sur?



¿Pero qué ve el hombre frente al péndulo? Como todos los humanos sobre la Tierra, él no nota que está rotando junto al planeta.



Simplemente se percibe quieto y parado frente al marco que sostiene al péndulo. Por lo que, desde su punto vista el marco está tan quieto como él y lo que gira es el plano sobre el que oscila el péndulo!



Y como sabemos que, en realidad, ese plano queda definido y no cambia una vez que se pone al péndulo en movimiento, entonces la que gira “debajo” del péndulo es la Tierra.

¿Por qué desde la nave ves girar el marco y desde la Tierra al péndulo con su plano de oscilación? Esto se vincula con los sistemas de referencia (es decir “respecto de qué” giran el marco o el péndulo) y con la fuerza de Coriolis (¡que no es una fuerza!). Son temas fascinantes y complejos que algunas personas incluso estudian desde la filosofía.

¿CUÁNTO DEMORARÁ EN COMPLETAR UNA VUELTA EL PLANO DE OSCILACIÓN DEL PÉNDULO, VISTO POR ALGUIEN EN LA TIERRA? ¿24 HORAS? ¿SEGURO?!

¿En los polos Norte y Sur **SÍ** demora unas 24 horas, pero en otras latitudes **NO**. ¿Por qué?, porque se suman otros efectos físicos que generan un movimiento muy complejo en el plano de oscilación (¡sin “infringir” la primera ley de Newton!).

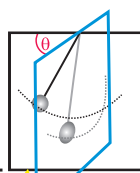
PASANDO EN LIMPIO:

- Si estás en el Polo (Norte o Sur) y observás al péndulo oscilando, verás que el plano que describe parece girar completando la vuelta en el mismo tiempo que demora nuestro planeta en realizar una rotación sobre sí mismo (unas 24hs).
- La física indica que no es posible que el péndulo cambie el plano sobre el que empezó a oscilar (por la primera ley de Newton). Entonces, podés deducir que sólo *te parece* que el plano de oscilación está girando y que en realidad los que giran son vos y la Tierra juntos.
- Cuando llevás el péndulo a otras latitudes, el plano de oscilación demora más de 24 horas en completar una vuelta. Esto ocurre porque se suman otros efectos relacionados con la ubicación del péndulo respecto del eje de rotación de la Tierra.

VELOCIDAD ANGULAR Y UNA FÓRMULA MUY PRÁCTICA

La velocidad angular es un modo de “medir” la rapidez con la que algo gira. En el caso del péndulo...

Suponé que ponés a oscilar tu péndulo alineado con la X. Su velocidad angular será cuántos grados se aparta de esa posición inicial al cabo de cierto tiempo.



Por ejemplo, cuánto mide el ángulo (θ) que se forma entre el plano de oscilación cuando comienza el movimiento y el plano en el que el péndulo oscila luego de una hora, expresada en grados o radianes por hora.

Momento en que comienza a oscilar

Luego de una hora de haber comenzado a oscilar

Así, en los polos el plano de oscilación del péndulo completa una vuelta (es decir 360°) en 24 hs. $\frac{360^\circ}{24 \text{ hs}} = 15^\circ/\text{hs}$.

Es decir que en los polos la velocidad angular del péndulo es de 15° por hora, ¡que es la misma que la velocidad angular de la Tierra!

Claro, porque en realidad la que gira es la Tierra, ¡no el plano de oscilación del péndulo!

En otras latitudes, se suman otros efectos físicos por los que el plano parece disminuir su velocidad angular.

Este entlentecimiento se manifiesta en la *velocidad angular* del plano de oscilación del péndulo. Y para describirlos se necesitan ecuaciones matemáticas complejas, pero simplificándolas un poco, podés hacer algunas cuentas sencillas que te dan una idea muy aproximada de cuánto demora en distintas partes del planeta... y develar algo peculiar que ocurre en el Ecuador.

¿¿POLO NORTE O SUR 24, ECUADOR INFINITO?!

Las siguientes fórmulas te permiten calcular qué ocurre con el péndulo en latitudes distintas a los Polos.

T: tiempo que demora el plano de oscilación en realizar una vuelta completa.

24hs: duración del día terrestre (“redondeado”).

λ : latitud.

$$T = \frac{24 \text{ hs}}{\text{sen} \lambda}$$

θ : ángulo que cubre el plano de oscilación en una hora.

$$\theta = 15 \text{ sen} \lambda$$

Jugar con las fórmulas puede llevar a resultados sorprendentes.

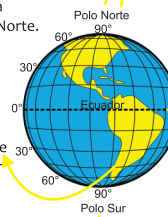
Para jugar con estas fórmulas, seguí acá

$$T = 24 \text{ hs} \div \text{sen} 90^\circ$$

$$T = 24 \text{ hs} \div 1$$

$T = 24 \text{ hs}$, el tiempo que demora el plano de oscilación en realizar una vuelta completa en el Polo Norte.

Imagen Globo Terráqueo mod./ imagen autor Djexplo, bajo licencia Creative C. Genérica de Atrib./Compartir-Igual 3.0



La latitud de Bariloche es $41^\circ 8'$, para facilitar las cuentas podés redondearlo a 42° . Hací los cálculos de T y θ para la ciudad. En el Instituto Balseiro hay un péndulo de Foucault con el que podés corroborar tus resultados.

$\theta = 15^\circ \div \text{sen} 90^\circ$
 $\theta = 15^\circ$.
 $\theta = 15^\circ$, el ángulo que cubre el plano de oscilación en una hora, en el Polo Norte.

La latitud del Ecuador es 0, y $\text{sen} 0 = 0$. Entonces, ¿cuánto demora el plano de oscilación en realizar una vuelta completa? **Sugerencia:** vas a encontrar una pista si primero resolvés la ecuación del ángulo (θ) que cubre el plano de oscilación.

En el polo Sur T y θ son los mismos que en el Polo Norte, pero el giro se da en sentido contrario. En un polo el plano de oscilación del péndulo se ve como si girara según las agujas del reloj, y en el otro en sentido antihorario. ¿En cuál cada uno?

NOS PRESENTAMOS:

En el Laboratorio de Resonancias Magnéticas tenemos como principal actividad la investigación de propiedades magnéticas en materiales con potenciales aplicaciones tecnológicas. Dentro de nuestras actividades de comunicación pública, brindamos charlas demostrativas sobre los usos del magnetismo en la vida diaria.

Horacio Salva - salva@cab.cnea.gov.ar

Contacto