

## Péndulo de Foucault

### COMPROBACIÓN DE LA ROTACIÓN DE LA TIERRA CON UN PÉNDULO DE FOUCAULT.

- Medición de la dirección de oscilación en función del tiempo.
- Determinación de la velocidad de giro.
- Determinación de la latitud geográfica.

UE1050250

07/15 JS



Fig. 1 Péndulo de Foucault

### FUNDAMENTOS GENERALES

Un péndulo de Foucault es un péndulo simple de hilo largo con una masa pendular grande, por medio del cual se puede demostrar la rotación de la tierra. Se le atribuye a *Jean Foucault*, el cual en el año de 1851 descubrió con un péndulo de 2 m de largo que la dirección de oscilación cambia con el paso del tiempo. Luego se repitió el experimento con hilos más largo y masas más pesadas.

Como la tierra gira alrededor de su propio eje, sobre el eje de coordenadas del péndulo oscilante fijo en el tierra actúa una fuerza de Coriolis

$$(F = 2 \cdot m \cdot \Omega_0 \times v \quad (1)$$

$m$ : Masa del cuerpo del péndulo

$\Omega_0$ : Vector de la velocidad angular de la tierra

$v$ : Vector de velocidad del péndulo oscilante

transversal a la dirección de oscilación. Ésta da por resultado una rotación del plano de oscilación con una frecuencia angular que depende de la latitud geográfica  $\varphi$  del punto de suspensión del péndulo.

Como el péndulo es desviado sólo en un pequeño ángulo  $\alpha$ , el cuerpo del péndulo se mueve solamente en el plano horizontal cubierto por los ejes que muestran hacia el norte N y hacia el oriente E en la Fig. 2.

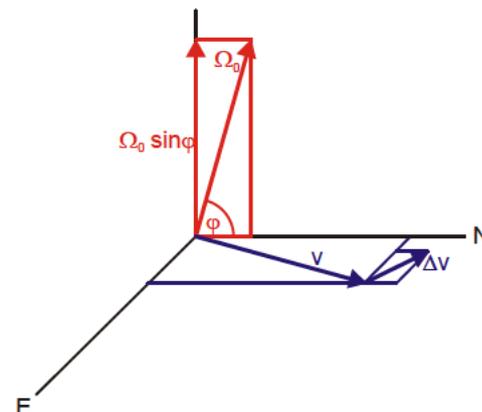


Fig. 2 Representación del péndulo de Foucault en el sistema de coordenadas fijo a la tierra..

Se observan sólo las desviaciones en la horizontal porque el cuerpo del péndulo cuelga de un hilo. Debido a ello, solamente la componente vertical

$$\Omega(\varphi) = \Omega_0 \cdot \sin\varphi \quad (2)$$

del vector  $\Omega_0$  es relevante. Por lo tanto la ecuación de movimiento del péndulo de Foucault oscilante se puede escribir de la siguiente forma:

$$\frac{d^2\alpha}{dt^2} \cdot \mathbf{e}_p + 2 \cdot \Omega_0 \cdot \sin\varphi \cdot \frac{d\alpha}{dt} \cdot \mathbf{e}_v + \frac{g}{L} \cdot \alpha \cdot \mathbf{e}_p = 0 \quad (3)$$

$L$ : Longitud del péndulo,  $g$ : Aceleración de caída libre  
 $\mathbf{e}_p$ : Vector unitario horizontal paralelo a la dirección de oscilación actual  
 $\mathbf{e}_v$ : Vector unitario horizontal perpendicular a la dirección de oscilación actual

Su solución general se puede separar en una solución parcial para el ángulo de desviación  $\alpha$  y otra parcial para el vector unitario giratorio  $\mathbf{e}_p$  paralelo a la dirección de oscilación actual:

$$\alpha(t) = \cos(\omega \cdot t + \beta) \quad \text{con } \omega = \sqrt{\frac{g}{L}} \quad (4a)$$

$$\mathbf{e}_p(t) = \mathbf{e}_E \cdot \cos(\psi(t)) + \mathbf{e}_N \cdot \sin(\psi(t)) \quad (4b)$$

con  $\psi(t) = \Omega_0 \cdot \sin\varphi \cdot t + \psi_0$ : Dirección de oscilación  
 $\mathbf{e}_E$ : Vector unitario horizontal hacia el oriente  
 $\mathbf{e}_N$ : Vector unitario horizontal hacia el norte

Es decir que el plano de oscilación gira con el paso del tiempo con la frecuencia indicada en la Ec (2). En el hemisferio norte la rotación se realiza hacia la derecha, en el hemisferio sur hacia la izquierda, siendo la velocidad de giro máxima en los polos y en el ecuador no se tiene lugar ninguna desviación.

En el experimento se utiliza un péndulo de hilo de 1,2 m de longitud. Para evitar oscilaciones elípticas el hilo del péndulo golpea en cada desviación contra un anillo de Charron. La dirección de la oscilación se lee con gran exactitud por medio de una proyección de sombra sobre una escala angular. Ya después de algunos minutos se puede observar la rotación del plano de oscilación. Para un tiempo largo de observación la amortiguación se puede compensar por medio de una excitación electromagnética ajustable.

## LISTA DE APARATOS

1	Péndulo de Foucault@230 V	1000748 (U8403000-230)
0		
1	Péndulo de Foucault@115 V	1000747 (U8403000-115)
1	Cronómetro digital	1002811 (U11902)

## MONTAJE

Véanse también las instrucciones de uso del péndulo de Foucault.

### Elección del lugar de exposición:

- El péndulo de Foucault se coloca en un lugar horizontal con una base estable libre de vibraciones y sacudidas.
- Se debe evitar la insolación directa.

### Comprobación de la distancia entre la esfera del péndulo y el electromán:

- Se coloca el disco de ajuste sobre el dispositivo de medición y se ajusta la longitud del péndulo de tal forma que la esfera del péndulo apenas si toque el disco de ajuste.
- En intervalos largos se comprueba esta distancia porque el hilo del péndulo se puede estirar en 1 a 2 mm.

### Comprobación de la orientación horizontal:

- Se inserta el cilindro de ajuste en el dispositivo de medición y se deja que la esfera del péndulo cuelgue de él.
- Se orienta el péndulo de Foucault girando las patas de ajuste (¡dos patas al mismo tiempo!) de tal forma que la esfera del péndulo cuelgue exactamente por el centro del cilindro de ajuste.

### Trenzado del filo colgante:

- Se deja colgar libremente unas horas el hilo con la esfera del péndulo acoplada para evitar que el hilo se tuerza o se trence.

## REALIZACIÓN

- Con cuidado se desvía con la mano el péndulo de la vertic y se deja libre.
- Se cierra la puerta de vidrio con cuidado.
- Se conecta la excitación electromagnética y se observa el péndulo por lo menos durante 5 minutos.
- La excitación se ajusta de tal forma que la oscilación del péndulo no se detenga y que tampoco golpee contra la puerta de vidrio.

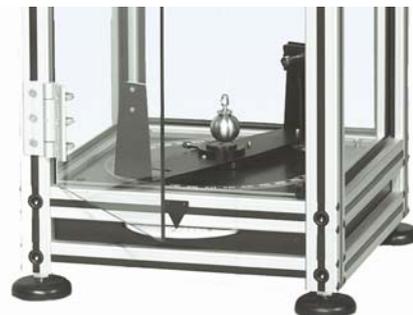


Fig. 3 Fuente luminosa para la proyección de la sombra, pantalla de observación y disco angular del péndulo de Foucault

- Se ajusta la posición angular de la fuente luminosa para la proyección de la sombra de tal forma que la sombra del péndulo oscilante en la pantalla de observación permanezca en la marca vertical. Se lee la posición en el disco escala angular y se inicia la medición del tiempo.
- Cada 10 minutos se reajusta la posición angular de la fuente luminosa, así que la sombra del péndulo oscilante permanezca siempre en la marca vertical.
- Se anota la posición angular junto a la medición del tiempo.

**EJEMPLO DE MEDICION**

Tabla 1: Valores de medida del plano de oscilación  $\psi$  y del tiempo  $t$  registrados en la latitud geográfica de  $\varphi = 50^\circ$

$t/s$	$\psi$
0,0	179,6°
662,4	181,6°
1200,0	183,2°
1833,6	185,0°
3024,0	188,0°
3660,0	190,0°
4260,0	192,2°
5178,0	195,2°
5820,0	197,4°

**EVALUACIÓN**

El ángulo de dirección  $\psi$  del plano de oscilación depende linealmente del tiempo, véase la Fig. 4. La pendiente de las rectas que pasan por los puntos de medida es el valor buscado  $\Omega(\varphi)$ .

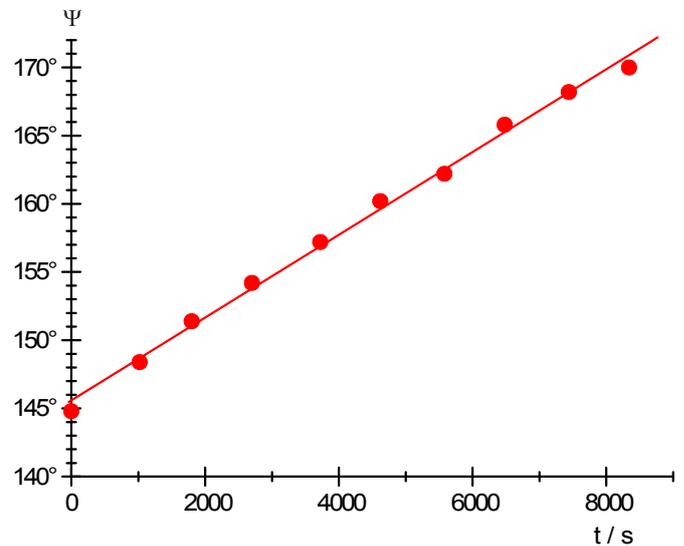


Fig. 4 Orientación angular  $\psi$  del plano de oscilación en dependencia con el tiempo  $t$ , registrada en la latitud geográfica de  $\varphi = 50^\circ$

De los datos de medida presentes, se determina que

$$\Omega(\varphi) = (0,0030 \pm 0,0003) \text{ }^\circ/\text{s}$$

Después de transformar la Eq (2) se calcula de ella la latitud geográfica, de acuerdo con:

$$\varphi = \frac{180^\circ}{\pi} \cdot \arcsin\left(\frac{86400 \text{ s}}{360^\circ} \cdot \Omega(\varphi)\right) = 46^\circ \pm 4^\circ$$