

Pêndulo de Foucault

COMPROVAÇÃO DA ROTAÇÃO DA TERRA COM UM PÊNDULO DE FOUCAULT

- Medição da direção da oscilação como função do tempo.
- Determinação da velocidade de rotação.
- Determinação da latitude geográfica.

UE1050250

07/15 JS



Fig. 1 Pêndulo de Foucault

FUNDAMENTOS GERAIS

Um pêndulo de Foucault é um pêndulo de fio longo com grande massa de pêndulo, com cujo auxílio a rotação da terra pode ser demonstrada. Ele remete a *Jean Foucault*, que, em 1851, descobriu em um pêndulo de 2 m de comprimento, que a direção da oscilação se alterava com o passar do tempo. Mais tarde, a experiência foi sendo repetida com pêndulos cada vez mais longos e pesados.

Como a terra gira ao redor de seu próprio eixo, uma força de Coriolis age em relação ao sistema de coordenadas fixo da terra do pêndulo oscilante.

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

m : Massa do corpo do pêndulo

Ω_0 : Vetor da velocidade angular da terra

v : Vetor de velocidade do pêndulo oscilante

transversalmente à direção da oscilação. Ela causa uma rotação do plano de oscilação com uma frequência circular que depende da latitude geográfica φ do ponto de suspensão.

Para que o pêndulo de Foucault seja deslocado apenas por pequenos ângulos α , o corpo do pêndulo se move exclusivamente no plano horizontal estendido, na Fig. 2 entre o eixo que aponta para o norte N e o eixo apontando para o leste E.

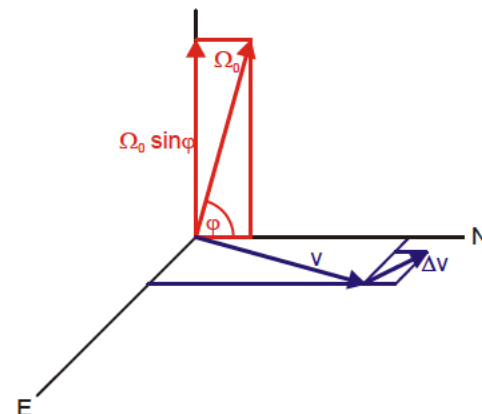


Fig. 2 Representação no sistema de coordenadas fixo da terra do pêndulo de Foucault.

Somente são observados deslocamentos na horizontal, pois o corpo do pêndulo está suspenso por um fio. Por este motivo, somente o componente vertical

$$\Omega(\varphi) = \Omega_0 \cdot \sin\varphi \tag{2}$$

do vetor Ω_0 é relevante. Por isto, a equação do movimento do pêndulo de Foucault oscilante é

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

L : Comprimento do pêndulo, g : Aceleração da gravidade
 \mathbf{e}_v : Vetor unitário horizontal paralelo à direção atual de oscilação
 \mathbf{e}_p : Vetor unitário horizontal perpendicular à direção atual de oscilação

Sua solução pode ser dividida em uma solução para o ângulo de deslocamento α e uma solução para o vetor unitário giratório \mathbf{e}_p paralelo à direção atual de oscilação:

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

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

$\psi(t) = \Omega_0 \cdot \sin\varphi \cdot t + \psi_0$: Direção da oscilação
 \mathbf{e}_E : Vetor unitário horizontal para leste
 \mathbf{e}_N : Vetor unitário horizontal para norte

O plano de oscilação, portanto, gira, com o decorrer do tempo, com a frequência dada na equação (2). No hemisfério norte, a rotação ocorre para a direita e, no hemisfério sul, para a esquerda. Nisto, a velocidade de rotação é máxima nos polos, enquanto não há deslocamento no Equador.

Na experiência, é usado um pêndulo de fio com 1,2 m de comprimento. Para evitar oscilações elípticas, o fio do pêndulo se choca, a cada deslocamento, contra um anel de Charon. A direção da oscilação é lida através de uma projeção de sombra do fio com alta precisão sobre uma escala angular. Já depois de poucos minutos, a rotação do plano de oscilação pode ser observada. Para um tempo de observação mais extenso, o abafamento da oscilação pode ser compensado por uma estimulação eletromagnética infinitamente ajustável.

LISTA DE APARELHOS

- 1 Pêndulo de Foucault @230 V 1000748 (U8403000-230)
ou
- 1 Pêndulo de Foucault @115 V 1000747 (U8403000-115)
- 1 Cronômetro digital 1002811 (U11902)

MONTAGEM

Vide instruções de operação do Pêndulo de Foucault.

Escolha do local de montagem:

- Montar o Pêndulo de Foucault em local horizontal sobre base estável livre de choques.
- Evitar incidência de luz solar direta.

Verificação da distância entre esfera do pêndulo e imã elétrico:

- Colocar o disco de ajuste sobre o dispositivo de medição e ajustar o comprimento do pêndulo de forma que a esfera do pêndulo apenas toque o disco de ajuste.
- Verificar esta distância em intervalos maiores, pois o fio do pêndulo pode estender-se por 1 até 2 mm.

Verificação da disposição horizontal:

- Colocar o cilindro de ajuste sobre o dispositivo de medição e enganchar a esfera do pêndulo.
- Girando os pés de ajuste (dois pés simultaneamente!), ajustar o Pêndulo de Foucault de forma que a esfera do pêndulo esteja exatamente no meio do cilindro de ajuste.

Enrolamento do fio de suspensão:

- Deixar o fio com a esfera do pêndulo pender livremente algumas horas para eliminar enrolamentos.

REALIZAÇÃO

- Deslocar o pêndulo com a mão e soltar.
- Fechar a porta de vidro com cuidado.
- Ligar a excitação eletromagnética e observar o pêndulo por, pelo menos, 5 min.
- Ajustar a excitação de forma que o pêndulo não volte ao repouso nem bata na porta de vidro.
- Ajustar a posição angular da fonte de luz para projeção de sombras de forma que a sombra do pêndulo em oscilação se mantenha na marcação vertical da tela de observação.

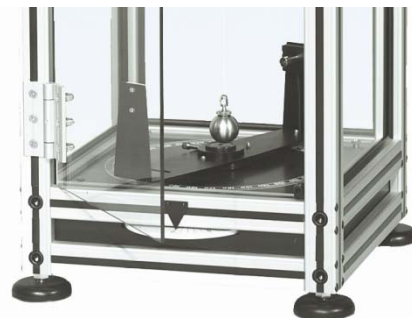


Fig. 3 Fonte de luz para projeção de sombras, tela de observação e placa angular do Pêndulo de Foucault

- Ler a posição do ângulo na placa angular e iniciar a medição do tempo.
- Reajustar a posição angular da fonte de luz a cada 10 minutos, para que novamente a sombra do pêndulo em oscilação se mantenha na marcação vertical da tela de observação.
- Anotar a posição angular juntamente com o tempo medido.

EXEMPLO DE MEDIÇÃO

Tabela 1: Valores de medição do plano de oscilação ψ e do tempo t , registrado na latitude $\varphi = 50^\circ$

t/s	ψ
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°

AVALIAÇÃO

O ângulo de direção ψ do plano de oscilação depende linearmente do tempo, vide Fig. 4. A inclinação da reta através dos pontos de medição é o valor $\Omega(\varphi)$ procurado.

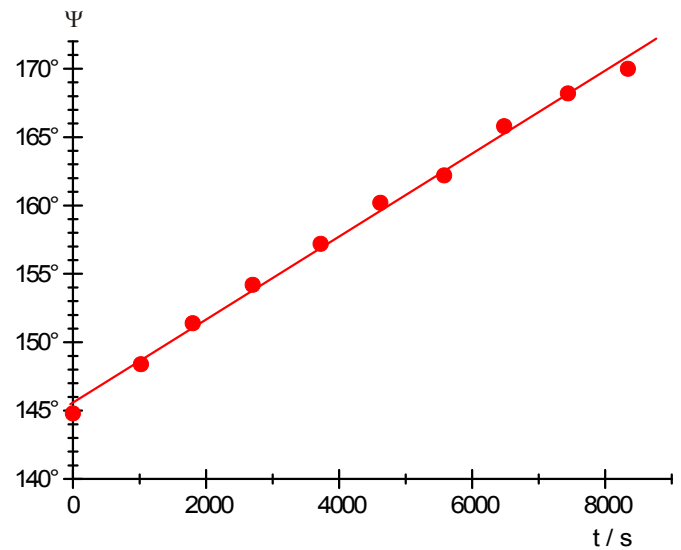


Fig. 4 Ângulo de direção ψ do plano de oscilação em dependência do tempo t , registrado na latitude $\varphi = 50^\circ$

A partir dos dados de medição disponíveis, calcula-se

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

Após reformulação da equação (2), calcula-se, a partir dela, a latitude conforme:

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