Pendolo di Foucault

DIMOSTRAZIONE DELLA ROTAZIONE TERRESTRE CON UN PENDOLO DI FOUCAULT

- Misurazione della direzione di oscillazione in funzione del tempo.
- Determinazione della velocità di rotazione.
- Determinazione della latitudine geografica.

UE1050250

07/15 JS

Fig. 1 Pendolo di Foucault

BASI GENERALI

Il pendolo di Foucault è un semplice pendolo, composto da un peso di grande massa appeso a un filo molto lungo, utilizzato per dimostrare la rotazione terrestre. Il suo nome deriva da *Jean Foucault*, che nel 1851 scoprì, su un pendolo lungo 2 m, che la direzione di oscillazione cambia nel tempo. In seguito, l'esperimento venne ripetuto con pendoli sempre più lunghi e pesanti.

Siccome la Terra ruota attorno al proprio asse, nel sistema di coordinate riferito alla Terra del pendolo oscillante agisce una forza di Coriolis.

$$\boldsymbol{F} = 2 \cdot m \cdot \boldsymbol{\Omega}_0 \times \boldsymbol{v} \qquad (1)$$

m: massa del corpo del pendolo
Ω_0: vettore della velocità angolare della Terra
$\boldsymbol{v}$: vettore della velocità del pendolo oscillante

in direzione trasversale rispetto alla direzione di oscillazione. Essa genera una rotazione del piano di oscillazione con periodo che dipende dalla latitudine geografica φ del punto di sospensione.

Spostando il pendolo di Foucault di un piccolo angolo α, il corpo del pendolo si muove esclusivamente sul piano orizzontale formato in Fig. 2 dall'asse N rivolto a nord e dall'asse E rivolto a est.

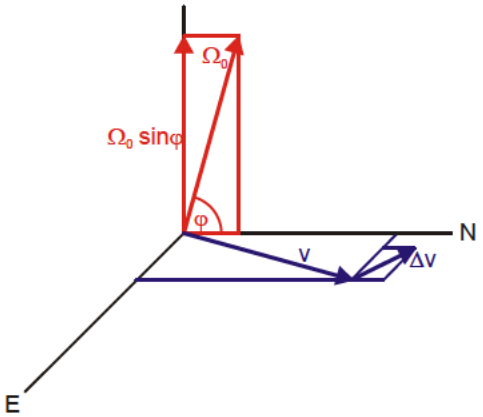

Fig. 2 Rappresentazione nel sistema di coordinate riferito alla Terra del pendolo di Foucault.

Poiché il corpo del pendolo è appeso a un filo, si osservano solo deviazioni in senso orizzontale. Per questa ragione solo la componente verticale

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

del vettore $\mathbf{\Omega}_0$ è rilevante. L'equazione di moto del pendolo di Foucault oscillante è pertanto

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

L: lunghezza del pendolo, g: accelerazione di caduta
$\boldsymbol{e}_p$: vettore unitario orizzontale parallelo alla direzione di oscillazione attuale
$\boldsymbol{e}_v$: vettore unitario orizzontale perpendicolare alla direzione di oscillazione attuale

la cui soluzione può suddividersi in una soluzione per l'angolo di deviazione α e una soluzione per il versore $\boldsymbol{e}_p$ parallelo alla direzione di oscillazione attuale:

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

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

con $\psi(t) = \Omega_0 \cdot \sin\varphi \cdot t + \psi_0$: direzione di oscillazione
$\boldsymbol{e}_E$: versore orizzontale verso est
$\boldsymbol{e}_N$: versore orizzontale verso nord

Con il passare del tempo, il piano di oscillazione ruota quindi con la frequenza indicata nell'equazione (2). Nell'emisfero settentrionale si ha una rotazione verso destra, in quello meridionale verso sinistra. La velocità di rotazione è massima ai poli, mentre in corrispondenza dell'Equatore non vi è alcuna deviazione.

Nell'esperimento su utilizza un pendolo costituito da un filo lungo 1,2 m. Per impedire oscillazioni ellittiche, ad ogni spostamento il filo del pendolo urta un anello di Charron. La direzione di oscillazione può essere letta con estrema precisione tramite una proiezione in ombra del filo su una scala angolare. Già dopo pochi minuti è possibile osservare la rotazione del piano di oscillazione. Per ottenere un tempo di osservazione più lungo, lo smorzamento dell'oscillazione può essere compensato mediante un'eccitazione elettromagnetica regolabile di continuo.

ELENCO DEGLI STRUMENTI

1	Pendolo di Foucault @230 V	1000748 (U8403000-230)
o		
1	Pendolo di Foucault @115 V	1000747 (U8403000-115)
1	Cronometro digitale	1002811 (U11902)

MONTAGGIO

Consultare a tale scopo anche le istruzioni per l'uso del pendolo di Foucault.

Scelta del luogo di installazione:

- Sistemare il pendolo di Foucault su un piano orizzontale con base stabile.
- Evitare l'esposizione diretta ai raggi del sole.

Verifica della distanza fra la sfera del pendolo e l'elettromagnete:

- Posizionare il disco di regolazione sul dispositivo di misura e regolare la lunghezza del pendolo in modo che la sfera tocchi esattamente il disco.
- Verificare tale distanza a intervalli prolungati, poiché il filo del pendolo può estendersi fino a 1-2 mm.

Verifica dell'allineamento orizzontale:

- Inserire il cilindro di regolazione nel dispositivo di misura e appendere la sfera del pendolo.
- Allineare il pendolo di Foucault ruotando i piedini di regolazione (due contemporaneamente!) in modo tale che la sfera penda esattamente al centro del cilindro di regolazione.

Torsioni del filo di sospensione:

- Lasciare per alcune ore che il filo con la sfera del pendolo possa pendere liberamente per eliminare torsioni.

ESECUZIONE

- Spostare il pendolo con la mano e rilasciarlo.
- Chiudere con cautela lo sportello in vetro.
- Attivare l'eccitazione elettromagnetica e osservare il pendolo per almeno 5 minuti.
- Regolare l'eccitazione di modo che il pendolo non si fermi né sbatta contro lo sportello in vetro.
- Impostare la posizione angolare della sorgente luminosa rispetto alla proiezione in ombra facendo sì che sullo schermo di osservazione l'ombra del pendolo oscillante resti entro la marcatura verticale.

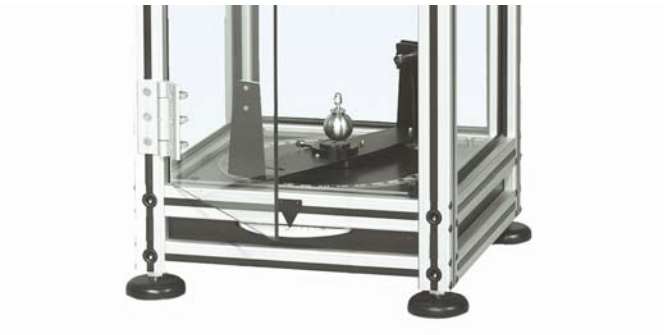

Fig. 3 Sorgente luminosa rispetto alla proiezione in ombra, schermo di osservazione e disco goniometrico del pendolo di Foucault

- Leggere la posizione angolare sul disco goniometrico e avviare la misurazione del tempo.
- Regolare la posizione angolare della sorgente luminosa all'incirca ogni 10 minuti di modo che di nuovo l'ombra del pendolo oscillante rimanga sulla marcatura verticale.
- Annotare la posizione angolare unitamente al tempo di misura.

ESEMPIO DI MISURAZIONE

Tabella 1: Valori di misurazione del piano di oscillazione ψ e del tempo *t*, registrati alla latitudine geografica φ = 50°

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°

ANALISI

L'angolo di orientamento ψ del piano di oscillazione dipende linearmente dal tempo, v. Fig. 4. La pendenza delle rette passanti per i punti di misura è il valore ricercato Ω(φ).

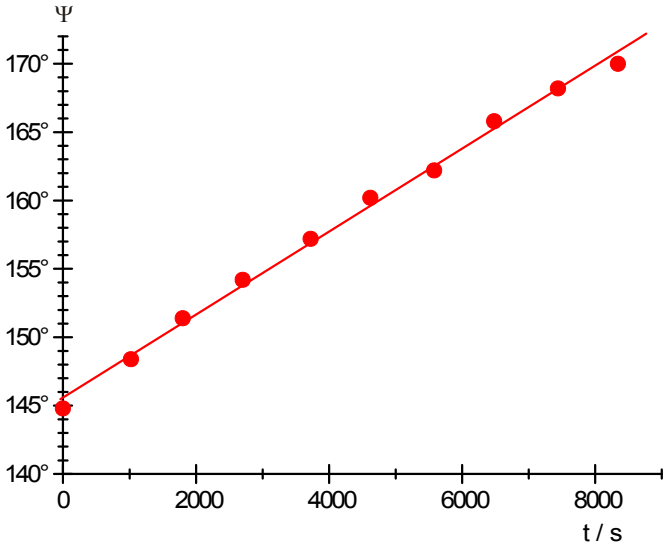

Fig. 4 Angolo di orientamento ψ del piano di oscillazione in funzione del tempo *t* , registrato alla latitudine geografica φ = 50°

Dai dati di misurazione disponibili si rileva

Ω(φ) = (0,0030 ± 0,0003) °/s

Dalla conversione dell'equazione (2) si calcola a latitudine geografica in base a

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

© Copyright 2015 3B Scientific GmbH