

Laboratorio di Fisica

Esperienza: misure, pendoli e gravità
– Liceo Massimo D’Azeglio di Torino –

Descrizione Prima esperienza di laboratorio di fisica in cui lo studente prende confidenza con i concetti di misura, errore ed incertezza attraverso la misura del periodo di oscillazione di un pendolo.

Scopi dell’esperimento

1. Verificare la proporzionalità tra il periodo di oscillazione di un pendolo T e la lunghezza del filo L .
2. Calcolare il valore dell’accelerazione di gravità g .

Strumenti e materiale:

- filo o lenza da pesca e pallina di ferro con apposito supporto
- bilancia di precisione
- cronometro (smartphone personale)
- righello e calibro

Richiami teorici La descrizione accurata del moto di un pendolo fisico (ovvero considerando la massa del filo) richiede strumenti fisico-matematici avanzati. Entro certi limiti, tuttavia, è possibile approssimare il pendolo fisico ad un pendolo matematico, assumendo quindi che la massa sia tutta concentrata in un punto, il baricentro del grave appeso al filo.

Un pendolo matematico di lunghezza L , per angoli di oscillazione dell’ordine di qualche grado, si muove di moto armonico con un periodo di oscillazione T . Il quadrato del periodo è direttamente proporzionale alla lunghezza del filo, in particolare sussiste la relazione seguente:

$$T^2 = kL \quad (1)$$

dove k è un valore che non dipende dalle caratteristiche del pendolo, ma dal valore di accelerazione di gravità del luogo in cui avviene l’esperimento. Questa relazione può essere verificata sperimentalmente rappresentando su un grafico i valori di T^2 in funzione di quelli di L .

Inoltre, è possibile ricavare il valore della accelerazione g nel laboratorio dalla costante k . Queste due grandezze sono legate dalla seguente relazione:

$$k = \frac{4\pi^2}{g}. \quad (2)$$

Il valore g è spesso assunto costante e uguale a $9,81 \text{ m/s}^2$. In verità questo è un valore medio, perché l’accelerazione di gravità varia con la posizione sul globo terrestre. Oltre ad un valore sperimentale, si può stimare il valore atteso (detto anche teorico) mediante la seguente formula empirica:

$$g_a = [9,7803184 \cdot (1 + A \sin^2 \lambda - B \sin^2 2\lambda) - 3,086 \cdot 10^{-6} \cdot h] \text{ m/s}^2 \quad (3)$$

dove $A = 0,0053024$, $B = 0,0000059$, λ è la latitudine e h è l’altezza sul livello del mare in metri. Avendo misurato i valori di T e L , è possibile confrontare il valore atteso g_a con il valore sperimentale g calcolabile come:

$$g = 4\pi^2 \frac{L}{T^2}. \quad (4)$$

Svolgimento: presa dati

1. Descrivere gli strumenti utilizzati e per ognuno determinare sensibilità e portata.
2. Misurare la lunghezza del pendolo L_1 e la massa della pallina m_1 effettuando 5 misure per calcolarne la media.
3. Mettere il pendolo in oscillazione, trovando il modo migliore per ripetere le condizioni di partenza. N.B. l'angolo di partenza deve essere inferiore a circa 10 gradi (rispetto alla verticale).
4. Misurare il periodo di oscillazione T_1 effettuando almeno 30 misure (N.B. è meglio scartare le prime due o tre oscillazioni perché probabilmente affette dalla accelerazione iniziale) e riportare TUTTI i dati in tabella. Esempio di tabella:

$$L_1 = (0,51 \pm 0,01)\text{m}$$

	1	2	3	4	...	29	30
T_1 [s]	1,22	1,13	1,15	1,16	...	1,50	1,23

5. Variare la lunghezza del filo, misurarla (L_2) e ripetere le misure di tempo per ricavare T_2 riportandoli in una seconda tabella.
6. Variare nuovamente la lunghezza del filo e riportare i valori per L_3 e T_3 in una terza tabella.
7. Rilevare con lo smartphone la latitudine e l'altitudine del laboratorio di fisica.

Svolgimento: analisi dati

1. Calcolare i valori medi delle misure ripetute per avere una stima accurata della grandezza. Per ogni valore di tempo T_i , calcolare l'incertezza assoluta come $\Delta T = (T_{max} - T_{min})/2$ e similmente per la misura di lunghezza.
2. Calcolare il quadrato dei valori di periodo T^2 e la loro incertezza assoluta come $\Delta T^2 = 2 \cdot T \cdot \Delta T$.
3. Per ogni coppia di valori (L_i, T_i^2) calcolare il corrispondente valore di g_i e per ognuno calcolare l'incertezza assoluta Δg_i con la formula di propagazione delle incertezze.
4. Quindi riportare tutti questi i valori in una tabella come quella seguente:

i	L [m]	ΔL [m]	T [s]	ΔT [s]	T^2 [s ²]	ΔT^2 [s ²]	g [m/s ²]	Δg [m/s ²]
1	0,51	0,01	1,23	0,01	1,51	0,02	9,80	0,22
2	0,25	0,01	1,10	0,02	1,21	0,04	9,81	0,34
3	0,10	0,01	1,03	0,03	1,06	0,06	9,78	0,12

5. Rappresentare su un grafico le tre coppie di punti (L_i, T_i^2). Disegnare anche le barre di incertezza di lunghezza ΔT^2 verso l'alto e verso il basso.
6. Trarre delle conclusioni sulla relazione tra le due grandezze.
7. Calcolare mediante la formula il valore atteso g_a .
8. Trarre delle conclusioni confrontando i tre valori sperimentali con quello atteso, tenendo conto dell'incertezza sperimentale (per semplicità, assumiamo nulla l'incertezza del valore atteso).