Corso di Laurea in Fisica

Esperimentazioni di Fisica I, a.a. 2017-2018

Scheda dell'Esercitazione n. 8: – Stima del raggio di girazione di un pendolo composto e dell'accelerazione di gravità.

Scopo dell'esperienza

Misurare il periodo di un pendolo composto in funzione della posizione dell'asse di oscillazione stimando il raggio di girazione e l'accelerazione di gravità.

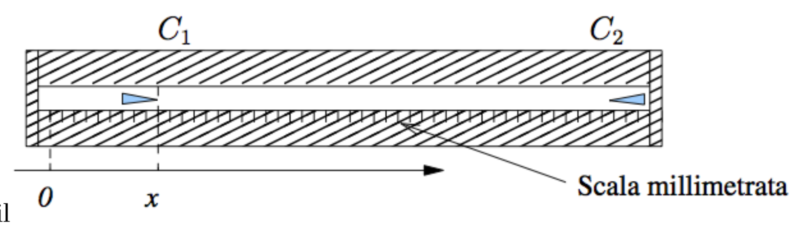
Materiale a disposizione

Pendolo composto con posizione variabile dell'asse di oscillazione (*coltelli* C_1 e C_2). Sistema di acquisizione dati per la misura del periodo con risoluzione di 10^{-5} s e velocità del pendolo.

Procedura.

- Controlli preliminari

1. Controllare che il piano del supporto dei coltelli sia " a bolla", eventualmente agire sulle tre viti di regolazione poste sotto il piano di supporto.
2. Controllare che il coltello C_2 sia nella posizione estrema come indicato in figura. Il coltello C_2 deve essere lasciato in questa posizione fino alla fine della misurazione.



3. Posizionare il pendolo con il coltello C_1 sul supporto dello stativo. Utilizzare la scala millimetrata incisa lungo il pendolo per misurare la posizione del coltello C_1.
4. Accendere il calcolatore a disposizione e attivare (se non già attivo) il programma *"Data Studio" tra le* opzioni scegliere l'esperimento "Traguardi *e pendolo*". Il programma fornisce una tabella con la velocità al momento del passaggio attraverso il traguardo e il periodo del pendolo.
5. Verificare che la costante inserita nel programma e associata alla velocità sia 1.20 E-2 (in fase di analisi si dovrà dividere per 10 il valore della velocità dato dal programma) e che la velocità sia calcolata con 6 cifre significative.

- Misurazioni

1. Misurare il periodo T del pendolo in funzione della posizione x del coltello C_1, circa 15 posizioni ugualmente spaziate, partendo da $x=0$. *NON SUPERARE IL VALORE* **1.7 s** *DEL PERIODO*

   Acquisire circa un centinaio di periodi per ogni posizione del coltello C_1. Prestare attenzione agli effetti sistematici dovuti alle oscillazioni troppo ampie controllando con un grafico a barre che, con l'ampiezza di oscillazione scelta, il pendolo sia in regime di oscillazioni quasi isocrone. Si potrà correggere l'effetto dell'ampiezza di oscillazione in fase di analisi usando l'informazione della velocità.
2. Eseguire un'analisi preliminare dei dati ottenendo il grafico dei periodi T misurati verso la posizione x del coltello C_1. Identificare sul grafico la zona del minimo relativo con un intervallo di circa 6 cm centrato (approssimativamente) sul valore di x del minimo di T.
3. Infittire le misurazioni nella zona del minimo (una decina, equi-spaziate) aumentando la precisione della misurazione acquisendo circa 200 periodi.

- Analisi dati

Il modello matematico che descrive la dipendenza di T da x è:

$$T(x) = 2\pi\sqrt{\frac{I_G + m(x-x_G)^2}{mg|x-x_G|}} = 2\pi\sqrt{\frac{(x_g-x_G)^2+(x-x_G)^2}{g|x-x_G|}} = 2\pi\sqrt{\frac{r_g^2+(x-x_G)^2}{g|x-x_G|}} \qquad (1)$$

dove x_G è la coordinata del centro di massa del pendolo, x_g la coordinata che individua il raggio di girazione a cui corrisponde la durata minima del periodo ($T(x_g)=T_{min}$) e r_g è il raggio di girazione del pendolo ($r_g=|x_g-x_G|$). La funzione *T(x) è* mostrata nella figura in basso (curva indicata con "Andamento previsto").

Per ottenere la stima dei parametri che compaiono nella (1), si utilizza lo sviluppo in serie di potenze di $T(x)$ attorno a x_g (dove si trova il minimo di $T(x)$), troncato al secondo ordine:

$$T(x) \simeq 2\pi\sqrt{\frac{2r_g}{g}}\left(1+\frac{(x-x_g)^2}{4r_g^2}\right) = T_{min}\left(1+\frac{(x-x_g)^2}{4r_g^2}\right) \qquad (2)$$

lo sviluppo (2) permette di eseguire un fit parabolico $T(x)=a+bx+cx^2$ (con MMQ) ai dati raccolti nella "zona del minimo" (punto 3 delle misurazioni).

Prima di eseguire il fit è opportuno correggere il valore T dei periodi con il fattore correttivo: $1/\left(1+\left(vT/8\pi d\right)^2\right)$

dove v è la velocità acquisita, e d è la distanza tra l'asse di oscillazione e fascio laser del traguardo.

Eseguito il fit si dimostra che i parametri nella (1) sono dati da:

$$x_g = \frac{b}{2c};\; T_{min} = a - \frac{b^2}{4c};\; r_g = \frac{\sqrt{4ac-b^2}}{4c}; \quad x_G = \frac{\sqrt{4ac-b^2}-2bc}{4c}$$

E' possibile stimare anche l'accelerazione di gravità come:

$$g = \frac{32\pi^2 c}{(4ac-b^2)^{3/2}}$$

- Relazione

Nella relazione riportare:

1) almeno un grafico a colonne che mostri l'andamento del periodo di oscillazione non corretto e corretto
2) almeno un istogramma dei periodi non corretti
3) almeno un istogramma dei periodi misurati corretti per l'ampiezza confrontati con una distribuzione normale
4) Nell'analisi dei dati, oltre ai risultati indicare esplicitamente come sono state valutate le incertezze prestando attenzione alla correlazione dei parametri. I coefficienti di sensibilità necessari si trovano nella nota "Il pendolo e la misura di g" disponibile in rete.

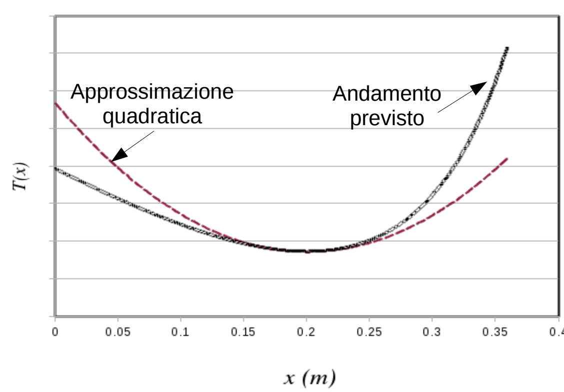


Figura. Andamento del periodo del pendolo in funzione della coordinata della sospensione lungo il pendolo. La coordinata del centro di massa si trova a circa 0.47 m