MISURAZIONE DI ACCELERAZIONE DI GRAVITA' (g) CON ESPERIMENTO DEL PENDOLO IN LABORATORIO

Riassunto

Vogliamo misurare....Abbiamo fatto...misurazioni...Abbiamo ottenuto...

Introduzione/Obiettivi

Scopo: misurare g accelerazione di gravita', usando le oscillazioni di un pendolo in laboratorio, sulla base delle conoscenze di teoria degli errori e di statistica di un corso di Fisica I.

Ci aspettiamo che:

$$g = 9.780327(1 + Asin^2L - Bsin^2 2L) - 3.086 \times 10^{-6}H \quad \text{m/s}^2 \tag{1}$$

where: $A = 0.0053024$, $B = 0.0000058$, L = latitudine=45.648611 Nord (TS), H = altezza in metri sopra il livello del mare$\sim$ 200 (valore assunto per UnivTS), cioe' $g \sim 9.805$ m/s^2.

Gli errori saranno dati a livello di 1sigma, cioe' 68%., se non detto altrimenti.

Contenuti teorici

Teoria di base: moto del pendolo semplice, quando l'ampiezza dell'oscillazione e' piccola (< circa 5 - 7 gradi), e' assimilabile ad un moto armonico con $T = 2\pi\sqrt{l/g}$, dove T e' il periodo dell'oscillazione e l e' la lunghezza del pendolo. Useremo due approcci.

PRIMO METODO. Useremo l'equazione $g = 4\pi^2 \times l/T^2$, dove faremo misure ripetute di T per considerare gli errori accidentali. Quindi, date N misure di T (risultato $\overline{T} \pm \delta_T$, $\delta_T = \eta_T = \sigma_T/\sqrt{N}$) si avra':

$$\mathbf{g = 4\pi^2 \times l/\overline{T}^2}, \tag{2}$$

con errore associato ottenuto dalla formula di propagazione degli errori:

$$\delta_g = \sqrt{(4\pi^2\overline{T}^{-2})^2\delta l^2 + (-8\pi^2 l\overline{T}^{-3})^2\delta_T^2}, \tag{3}$$

dove δl e' l'errore della misura non ripetuta di l. Il risultato sara' $g \pm \delta_g$.

SECONDO METODO. Fare $NTOT$ misurazioni di T per diverse lunghezze l. Costruire la tabella e il grafico y vs. x, dove $y = T^2$ e $x = l$. Ci si aspetta una retta $y = mx + q$ con $q \sim 0$ e $m \sim 4\pi^2/g$. Quindi:

$$\mathbf{g = 4\pi^2/m}. \tag{4}$$

I valori m e q si ricavano col metodo dei minimi quadrati:

$$m = (\overline{xy} - \overline{x} \times \overline{y})/(\overline{x^2} - \overline{x}^2) \tag{5}$$

$$q = \overline{y} - m\overline{x}, \tag{6}$$

a cui possiamo associare gli errori:

$$\delta_m = \sqrt{1/(\overline{x^2} - \overline{x}^2)}\sigma_y/\sqrt{NTOT} \tag{7}$$

$$\delta_q = \sqrt{\overline{x^2}/(\overline{x^2} - \overline{x}^2)}\sigma_y/\sqrt{NTOT}. \tag{8}$$

dove, dato che $y = T^2$ e $\sigma_y/y = 2\sigma_T/T$, $\sigma_y = 2y\sigma_T/T$ (come σ_T usare quello del primo metodo).

Controllare che $q \pm \sigma_q$ e' consistente con il valore atteso $q = 0$.

Il valore di g sara' quindi $g = 4\pi^2/m$. Per il calcolo dell'errore associato, si consideri che si avra' che m e g devono avere lo stesso errore relativo (dalla formula di propagazione degli errori), quindi $\delta_g = g * \delta_m/m$.

Acquisizione dati

MATERIALI E STRUMENTI. Brevissima descrizione del laboratorio. Oggetti usati: filo, pallina mettallo, metro avvolgibile, calibro...

DESCRIZIONE DELLA MISURAZIONE (eventualmente con disegno). **Accorgimenti pratici**:

- per misurare la lunghezza l si considera $l = l_{filo-libero} + D/2$, dove D e' il diametro della pallina;
- l'errore δl deve tenere in conto non solo della tacca dello strumento, ma anche della difficolta' della misurazione, es. di stabilire il centro della sferetta, tenere filo teso... (almeno 3 mm);
- IMPORTANTE: misurare non 1 periodo, ma SEMPRE almeno 5 (10) periodi e poi dividere per 5 (10); questo e' determinante per ridurre gli errori su T; 4. eliminare misura se chiaramente sbagliata: ad es. una volta avete misurato 6 invece di 5 periodi...
- Cominciare la misurazione dei tempi non appena lasciata andare la pallina, ma dopo 1 o 2 oscillazioni, quando il moto si e' regolarizzato.

  TABELLA, GRAFICI, CALCOLI

  PRIMO METODO. Misuriamo l con errore δl. Valutiamo $\delta l/l =$. Facciamo N misurazioni di T (es. 10) e presentiamo una tabella dove, per ciascuna misurazione, elenchiamo $t = 5T$ e T. Al termine caloliamo $\overline{T}$, σ_T e η_T. Valutiamo $\sigma_T/T =$ e $\eta_T/T =$. Usiamo le formule sopra per calcolare g e l'errore associato.

  SECONDO METODO. Facciamo una misurazione del periodo per ogni lunghezza l, ma ripetiamo per diverse lunghezze (es. 10). Presentiamo una tabella con $x = l$ e $y = T^2$. Gli errori tipici saranno δl e σ_T, il secondo calcolato nel metodo precedente. Ricaviamo la retta dei minimi quadrati e calcoliamo g. Presentiamo il relativo grafico.

  NOTA1: in teoria, nel secondo metodo sarebbe interessante fare N misure per ogni l, ma i tempi si allungano troppo. NOTA2: provare a fare una misurazione con una grande ampiezza di oscillazione...e riportare la misura nel grafico y vs. x ...cosa notate?

Risultati e discussione

Discutere risultato ottenuto ed eventuali problemi (es. massa non e' puntiforme, angolo di oscillazione non piccolissimo, attrito), anche cfr. con gli altri “ricercatori”.

PRIMO METODO
Dare L, deltaL, deltaL/L

5T	T	Fare <T>	(T-<T>)^2

Calocare sigmaT, eta_T=sigma_T/sqrt(N), eta_T/<T>.

Calcolare g e sigma_g.

SECONDO METODO
Dare deltaL

5T	T	T^2=y	L=x	x^2	xy	(y-<y>)^2

Calocare <xy>,<x>,<y>,<x^2>. Calcolare g.
Calcolare sigma_y, sigma_q/q. Calcolare err_g