

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

**Riassunto** Vogliamo misurare...Abbiamo misurato...Abbiamo ottenuto..

## Obiettivi/Introduzione

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.

PREVISIONE: ci aspettiamo che  $g = 9.780327(1 + A\sin^2 L - B\sin^2 2L) - 3.086 \times 10^{-6}H$  m/s<sup>2</sup>, dove:  $A = 0.0053024$ ,  $B = 0.0000058$ ,  $L$  = latitudine=45.648611 Nord (TS),  $H$  = altezza in metri sopra il livello del mare ~ 200 (valore assunto per UnivTS), cioe'  $g \sim 9.805$  m/s<sup>2</sup>.

TEORIA DI BASE: il moto del pendolo semplice, quando l'ampiezza dell'oscillazione e' piccola, 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. Gli errori saranno dati a livello di 1sigma, cioe' 68%, se non detto altrimenti.

## Acquisizione dati

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

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  $\delta l$  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 3-5 mm);
- IMPORTANTE: la misura di  $T$  e' la piu' delicata: misurare non 1 periodo, ma SEMPRE almeno 5 periodi e poi dividere per 5; 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.
- Ovviamente partire da un piccolo angolo (ma non troppo senno' periodo molto piccolo e misurazione difficile, es. 10 gradi.).

## Misure/Risultati: metodo 1

Misuriamo  $l$  con errore  $\delta l$ . Valutiamo errore relativo  $\delta l/l$ . Facciamo  $N$  misurazioni ripetute di  $T$  (almeno 5, meglio 10) per considerare gli errori accidentali e presentiamo una tabella dove, per ciascuna misurazione, elenchiamo  $t = 5T$  e  $T$ . Alla fine delle  $N$  misurazioni calcoliamo la media  $\bar{T}$ , la deviazione standard  $\sigma_T$  (detta anche dispersione o scarto quadratico medio,  $\sigma_T^2$  e' detta varianza) e l'errore sulla media  $\eta_T = \sigma_T/\sqrt{N}$ . Valutiamo  $\sigma_T/T$  e  $\eta_T/T$ . Il risultato sara'  $g \pm \delta_g$  dove:

$$g = 4\pi^2 \times 1/\bar{T}^2, \quad (1)$$

con errore associato ottenuto dalla formula di propagazione degli errori:

$$\delta_g/g = \sqrt{(\delta_l/l)^2 + 4(\delta_T/\bar{T})^2}, \quad \delta_g = (\delta_g/g) \times g. \quad (2)$$

## Misure/Risultati: metodo 2

Facciamo una sola misurazione del periodo per ogni lunghezza  $l$  (sempre con  $t = 5T$ ), ma ripetiamo per diverse lunghezze ( $NTOT = \text{almeno } 5!$ ). Costruiamo una tabella con  $x = l$  e  $y = T^2$  e il grafico  $y$  vs.  $x$ . In grafico ci si aspetta una retta  $y = mx + q$  con  $q \sim 0$  e  $m \sim 4\pi^2/g$ . I valori  $m$  e  $q$  si ricavano col metodo dei minimi quadrati:

$$m = (\overline{xy} - \bar{x} \times \bar{y}) / (\overline{x^2} - \bar{x}^2), \quad q = \bar{y} - m\bar{x}, \quad (3)$$

a cui possiamo associare gli errori:

$$\delta_m = \sqrt{1/(\overline{x^2} - \bar{x}^2)} \sigma_y / \sqrt{NTOT}, \quad \delta_q = \sqrt{\bar{x}^2 / (\overline{x^2} - \bar{x}^2)} \sigma_y / \sqrt{NTOT}, \quad (4)$$

dove  $\sigma_y/y = 2(\sigma_T/T)$  e  $\sigma_y = (\sigma_y/y) \times y$ . **Come  $\sigma_T$  usiamo quello del primo metodo.**

Controllare che  $q \pm \delta_q$  sia consistente con il valore atteso  $q = 0$ . Il risultato sarà  $g \pm \delta_g$  dove:

$$g = 4\pi^2/m, \quad (5)$$

dove  $\delta_g/g = \delta_m/m$  e  $\delta_g = (\delta_g/g) \times g$ .

NOTA1: in questo 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 è puntiforme, angolo di oscillazione non piccolissimo, attrito), anche cfr. con gli altri “ricercatori”.