

Corso di Laurea in Fisica
Esperimentazioni di Fisica I, a.a. 2016-2017

Scheda dell'Esercitazione n. 7: – Misurazioni dell'accelerazione di gravità.

Scopo dell'esperienza

Misurare l'accelerazione di gravità utilizzando il metodo del piano inclinato.

Materiale a disposizione

Piano con angolo di inclinazione regolabile. Carrello montato su quattro ruote. Cronometro con risoluzione di 0.01 s. Livella elettronica per la misurazione dell'angolo del piano inclinato con l'orizzontale con risoluzione di 0.1°.

Traguardi ottici e sistema di acquisizione dei tempi con risoluzione 10 μs

Procedura e misure sperimentali

Nel dispositivo a disposizione il carrello può percorrere la distanza L di circa 1 m (da misurare con la fettuccia metrica inserita nel piano inclinato) tra le due “battute” all'inizio e alla fine della guida inclinata (vedi la figura).

1. Inclinare il piano di un angolo α (le inclinazioni suggerite sono: 3.5°, 4.5°, 5.5°, 6.5°, 7.5° circa – comunque non superare i 10°) e utilizzando il cronometro a mano, misurare il tempo necessario al carrello per percorrere lo spazio L . Si utilizzi per la partenza la posizione in cui il carrello è “a battuta”; la posizione finale è quella in cui il carrello urta il blocco posto a fine guida. Il rumore provocato dall'urto del carrello con il blocco a fine corsa è utile come segnale per l'arresto manuale del cronometro. Ripetere la misurazione dell'intervallo temporale almeno 10 volte giudicando in base alla precisione della misura se sia il caso di aumentare il numero delle misurazioni.
2. Completato il punto 1 prima di cambiare l'inclinazione del piano posizionare i due traguardi ottici nella guida: il primo, quello più in alto (lo start), attorno alla posizione corrispondente a 50 – 60 cm, il secondo (lo stop) verso la fine della guida, controllando che i LED spia siano sensibili al passaggio del carrello. Misurate le grandezze Δx e L come mostrato nella figura. Le posizioni dei traguardi non vanno cambiate fino al completamento di tutta l'esperienza.
NB L per la misurazione con il cronometro a mano è differente da L per la misurazione con i traguardi ottici!
3. Misurare con il programma “cronometro” il tempo di percorrenza tra i traguardi ripetendo la misurazione 5 volte registrando i valori ottenuti. Si ricordi che il carrello deve partire sempre dalla “battuta”.
4. Cambiare l'inclinazione del piano inclinato e ripetere le operazioni indicate nel punto 1 e nel punto 3.

Analisi dei dati

Dati acquisiti con il cronometro a mano. Indicando con L lo spazio percorso dal carrello, α l'angolo di inclinazione del piano, Δt l'intervallo di tempo di percorrenza e μ il coefficiente di attrito volvente il modello matematico da utilizzare per l'analisi dei dati, supponendo che il moto inizi a $\Delta t=0$ con velocità nulla, e che sia possibile confondere il seno di α con il suo arco (per $\alpha < 10^\circ$ si ha lo 0.5% di differenza percentuale tra arco e il suo seno) è:

$$\frac{1}{\Delta t^2} = \frac{g(\alpha - \mu)}{2L}$$

Questa relazione, lineare tra $1/\Delta t^2$ e α , permette di stimare l'accelerazione di gravità e il coefficiente di attrito volvente μ con le loro incertezze tramite un *fit* lineare. E' istruttivo anche valutare g per ogni misurazione eseguita trascurando l'attrito (ponendo cioè $\mu=0$).

Dati acquisiti con i traguardi ottici. Se il grave percorre un uno spazio Δx prima che si inizi a contare il tempo, si dimostra che la relazione precedente si modifica nel seguente modo:

$$\frac{1}{\Delta t^2} = \frac{g(\alpha - \mu)}{2L \left(\sqrt{1 + \frac{\Delta x}{L}} - \sqrt{\frac{\Delta x}{L}} \right)^2}$$

Inoltre, utilizzando i traguardi ottici, le misure dei tempi hanno incertezze percentuali inferiori a quelle sugli angoli quindi è opportuno invertire la relazione precedente per eseguire un fit di α in funzione di $1/\Delta t^2$. Il modello matematico da usare diviene:

$$\alpha = \frac{2L \left(\sqrt{1 + \frac{\Delta x}{L}} - \sqrt{\frac{\Delta x}{L}} \right)^2}{g} \frac{1}{\Delta t^2} + \mu$$

Questa relazione, lineare tra α , e $1/\Delta t^2$ permette di stimare l'accelerazione di gravità e il coefficiente di attrito volvente μ con le loro incertezze tramite un fit lineare.

Nota 1. Durante ogni discesa del carrello, parte dell'energia potenziale si trasforma in energia di rotazione delle quattro ruote. Tenendo conto che le ruote sono approssimativamente cilindriche di diametro 25 mm e massa 3 g, valutare l'effetto delle ruote sull'accelerazione del carrello.

Nota 2. Per facilitare il calcolo delle incertezze su g è si forniscono le espressioni delle seguenti derivate utili per il calcolo dei coefficienti di sensibilità:

$$\frac{d}{dL} \left[L \left(\sqrt{1 + \frac{\Delta x}{L}} - \sqrt{\frac{\Delta x}{L}} \right)^2 \right] = 1 - \sqrt{\frac{\Delta x}{\Delta x + L}}$$

$$\frac{d}{d\Delta x} \left[L \left(\sqrt{1 + \frac{\Delta x}{L}} - \sqrt{\frac{\Delta x}{L}} \right)^2 \right] = - \frac{\left(\sqrt{\frac{\Delta x}{\Delta x + L}} - 1 \right)^2}{\sqrt{\frac{\Delta x}{\Delta x + L}}}$$

