

Relazione di Laboratorio 3 - Caduta

Walhout Francesco - Iallorenci Michele

2 settembre 2022

1 Introduzione

Un oggetto soggetto ad un accelerazione costante g che si muove con una velocità iniziale v_0 partendo dalla posizione h_0 obbedisce alla seguente legge oraria:

$$h(t) = \frac{1}{2}gt^2 + v_0t + h_0 \quad (1)$$

Ignorando l'attrito dell'aria e la variazione della forza di gravità, l'altitudine di un oggetto in caduta libera in prossimità della superficie terrestre segue questa legge. Vogliamo quindi testare la validità di questa approssimazione misurando l'altezza dal suolo di un grave in caduta libera, ottenuta analizzando una registrazione video.

1.1 Strumenti utilizzati

- Un grave.
- Uno smartphone o videocamera.
- Un metro a nastro.

2 Misure ed Analisi

2.1 Preparazione

Per poter misurare l'altezza del grave (nel nostro caso una pallina) osservando una registrazione dello stesso è necessario porre un metro a nastro in modo che il grave possa caderci accanto; inoltre è opportuno che il dispositivo di registrazione punti direttamente all'esperimento, in modo da non distorcere l'immagine per gli effetti di prospettiva. Il grave è stato fatto cadere da un'altezza di circa 2 m, ma il valore preciso dell'altezza iniziale non è rilevante, né è rilevante se il peso è stato lasciato cadere da fermo o se ha subito una spinta durante il rilascio: infatti possiamo iniziare a prendere misure della sua posizione in qualsiasi punto della registrazione, scegliendo l'istante iniziale $t = 0$, e quindi l'altezza e la velocità iniziale, arbitrariamente.

La fotocamera che abbiamo utilizzato ha registrato a 120 frame al secondo, restituendo un video di 30 frame al secondo, rallentato quindi di 4 volte, permettendo così di campionare più punti nel breve periodo di caduta.

Un fotogramma della registrazione ottenuta è mostrato in figura 1.

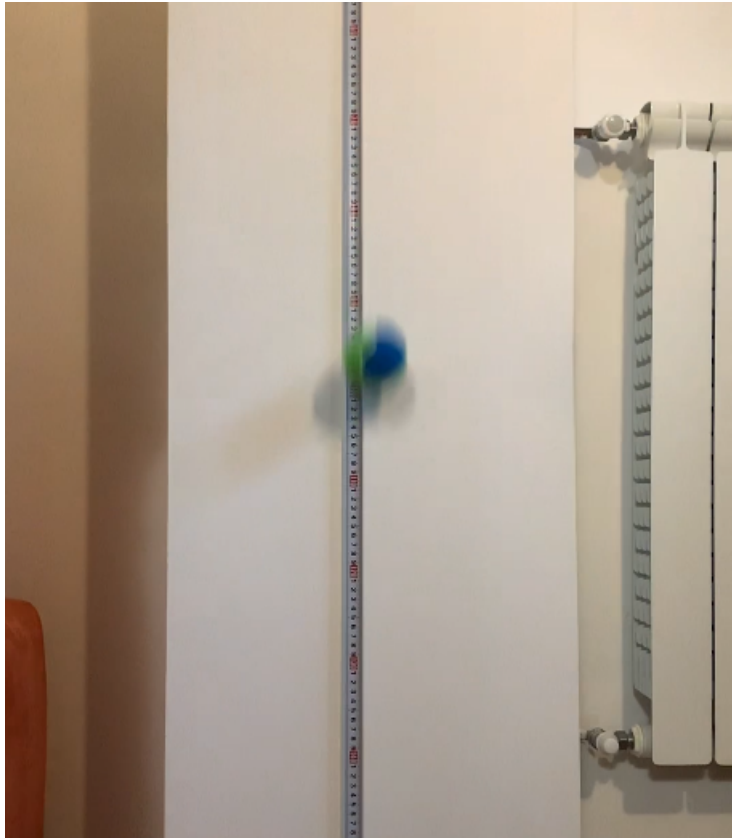


Figura 1: Un fotogramma della registrazione del grave in caduta libera. Si noti la sfocatura dovuta al movimento che abbiamo supposto essere la principale causa di errore di misura.

2.2 Misurazione

Per misurare le altezze abbiamo aperto il file della registrazione con un programma di editing; dato che le tacche sul metro a nastro risultavano illeggibili per la risoluzione insufficiente della registrazione, i dati sono stati presi nelle "screen coordinates" fornite dal programma di editing, e poi convertiti in metri utilizzando la lunghezza conosciuta del metro a nastro per determinare il rapporto di conversione. L'origine è stata posta nell'ultima posizione registrata del peso, prima dell'impatto col suolo, i tempi invece sono stati ottenuti moltiplicando il numero di frame trascorsi dal primo istante campionato per $\frac{1}{120}s$, ovvero l'inverso del framerate.

Nel video la pallina risulta sfocata dato che vediamo il sovrapporsi delle posizioni occupate da essa durante il tempo di esposizione della videocamera, abbiamo quindi misurato metà dell'ampiezza di questo spostamento, ovvero metà dell'alone sfocato visibile attorno al peso in movimento, e dopo averlo diviso per $\sqrt{12}$ (sotto l'ipotesi che l'errore causato da questo spostamento si distribuisca uniformemente) lo abbiamo utilizzato come incertezza di misura, risulta quindi $\sigma_h = 0.003m$

2.3 Elaborazione dei dati

Abbiamo eseguito il fit dei dati secondo l'equazione 1 utilizzando la funzione `curve_fit` della libreria `scipy`; per il parametro h_0 è stata utilizzata l'altezza misurata per il primo istante di caduta, quindi il fit ha ottimizzato solo i parametri g e v_0 . I dati sovrapposti al fit ottenuto sono mostrati in figura 2.

I valori che il fit restituisce per i parametri sono $v_0 = (-3.15 \pm 0.01) \text{ m s}^{-1}$ e $g = (-11.5 \pm 0.1) \text{ m/s}^2$

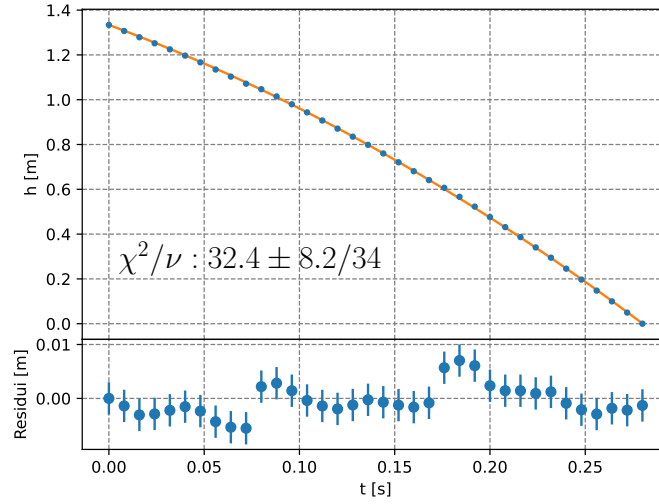


Figura 2: Altezza del grave in funzione del tempo.

3 Conclusioni

Osservando il grafico dei residui è evidente che il fit sia soddisfacente e che quindi gli errori commessi dal trascurare la forza di attrito e altre possibili perturbazioni sono trascurabili, tuttavia il valore ottenuto dal fit per l'accelerazione di gravità non è compatibile con quello conosciuto di circa -9.8 m/s^2 . Questo errore non è attribuibile all'attrito con l'aria, che porterebbe a misurare un'accelerazione assoluta minore, altre possibili cause di errore sistematico sono il framerate di registrazione della telecamera il quale potrebbe essere diverso da quello riportato oppure gli effetti di prospettiva che possono aver distorto il metro utilizzato come riferimento o ingrandito il peso che si trovava più vicino alla telecamera rispetto a quest'ultimo.