

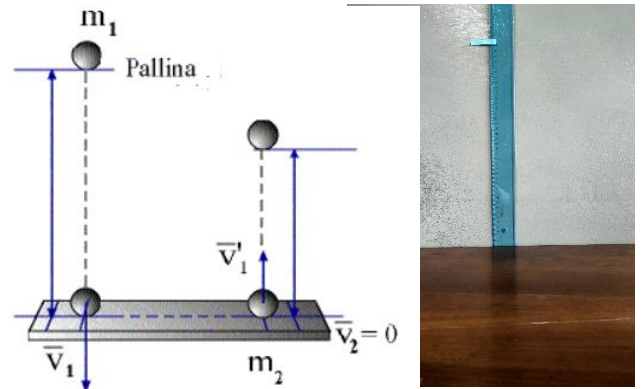
URTO ANAELASTICO

OBIETTIVI

- Calcolare il coefficiente di restituzione dell'urto anelastico di una pallina che rimbalza sul suolo, che si ottiene dal rapporto tra le altezze prima e dopo l'urto.
- Ricavare il tempo di durata dell'urto, tramite considerazioni geometriche sulla traccia rilasciata dalla pallina sulla superficie d'urto.

STRUMENTI UTILIZZATI

- Pallina da ping-pong $2r=(40,00\pm 0,05)\text{mm}$
- Smartphone
- Farina
- Colino
- Calcolatrice
- Calibro ventesimale (la cui sensibilità è di $0,05\text{mm}$)
- Riga (la cui sensibilità è di $0,001\text{ m}$)
- Base in legno
- Tessuto misto seta-cotone



PROCEDIMENTO

Una volta stabilita un'altezza h_0 , nel nostro caso $h_0 = (0,400\pm 0,001)\text{m}$, è necessario far cadere da tale altezza la pallina e misurare l'altezza h' e h'' di rimbalzo (per poter osservare le altezze h' e h'' sulla riga occorre fare un video della caduta della pallina e poi osservarlo a rallentatore). Svolta questa prima parte sperimentale il coefficiente di restituzione lo si ottiene con la seguente formula:

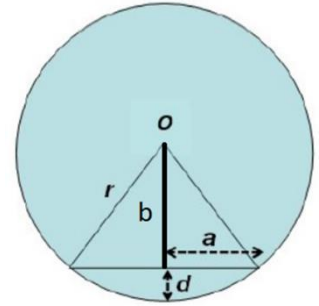
$$e_h = \frac{h'}{h} \qquad e_h = \frac{h''}{h'}$$

Dopodiché sfruttando la conservazione dell'energia meccanica e dunque uguagliando l'energia potenziale all'energia cinetica, è possibile ricavare:

-La velocità con cui la pallina tocca il suolo: $mgh = \frac{1}{2}mv^2$
 $v = \sqrt{2gh}$

-La velocità con cui rimbalza la pallina: $mgh' = \frac{1}{2}mv'^2$
 $v' = \sqrt{2gh'}$

Per poter ricavare la durata dell'urto T , occorre considerare che durante l'urto la pallina si deforma nella parte inferiore per poi tornare alla forma iniziale. Per facilità indichiamo con la lettera d quanto il centro si è abbassato per la durata dell'urto, con a il raggio della circonferenza descritta dalla pallina durante l'urto.



Ipotizziamo inoltre che la forza agente sulla pallina sia costante durante la compressione e durante il ritorno alla forma sferica e che in entrambe le fasi la velocità media sia la media aritmetica tra velocità iniziale e finale, dove una delle due è però nulla, e dunque in entrambe le fasi consideriamo come velocità media la metà della velocità massima calcolata. Dunque in questa seconda fase dell'esperimento è necessario misurare il diametro della pallina ($2r$), cospargere sulla base un sottile strato di farina e infine far cadere la pallina sul telo, misurando il diametro $2a$ della traccia sulla farina.



Raccolti questi dati, sfruttando il teorema di Pitagora è possibile calcolare d e poi ricavare T :

$$b = \sqrt{r^2 - a^2} \rightarrow d = r - b \quad \tau = \frac{d}{v/2} + \frac{d}{v'/2}$$

È opportuno effettuare più misure e successivamente calcolare i valori medi delle grandezze raccolte.

Formule generali per il calcolo dei valori medi e dei loro errori

$$\langle x \rangle = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \langle x \rangle)^2}{N-1}}$$

$$\sigma_{\langle x \rangle} = \frac{\sigma}{\sqrt{N}}$$

FORMULE GENERALI UTILIZZATE PER IL CALCOLO DEGLI ERRORI

$$c = \frac{a}{b} \longrightarrow \sigma_c = \sqrt{\left(\frac{1}{b}\right)^2 \sigma_a^2 + \left(\frac{a}{b^2}\right)^2 \sigma_b^2}$$

$$c = a \times b \longrightarrow \sigma_c = \sqrt{b^2 \sigma_a^2 + a^2 \sigma_b^2}$$

Inoltre l'esperimento è stato svolto una prima volta ricorrendo ad una base di legno ed una seconda volta, utilizzando una base di legno sulla quale è stato appoggiato un panno si seta misto cotone.



ELABORAZIONE DATI

Perdita di energia cinetica durante l'urto BASE IN LEGNO

DATI RACCOLTI	Altezza di partenza h_0	Altezza dopo il 1° urto	Altezza dopo il 2° urto
I	$h_0 = (0,400 \pm 0,001) \text{m}$	$h_1' = (0,276 \pm 0,001) \text{m}$	$h_1'' = (0,187 \pm 0,001) \text{m}$
II		$h_2' = (0,273 \pm 0,001) \text{m}$	$h_2'' = (0,191 \pm 0,001) \text{m}$
III		$h_3' = (0,273 \pm 0,001) \text{m}$	$h_3'' = (0,197 \pm 0,001) \text{m}$

$\langle h' \rangle = (0,274 \pm 0,002) \text{ m}$

$\langle h'' \rangle = (0,192 \pm 0,005) \text{ m}$

Velocità

$v = (2,801 \pm 0,003) \text{ m/s}$

$v' = (2,319 \pm 0,005) \text{ m/s}$

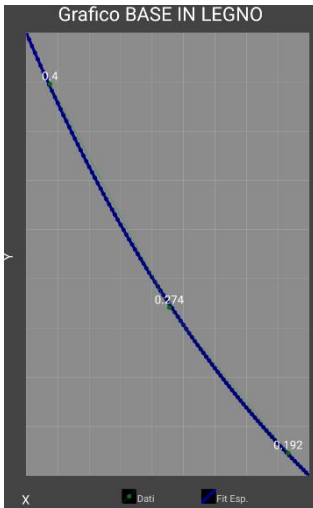
$v'' = (1,941 \pm 0,022) \text{ m/s}$

Coefficienti di restituzione:

$e_{h1} = (0,685 \pm 0,003)$

$e_{h2} = (0,700 \pm 0,015)$

$\langle e_h \rangle = (0,693 \pm 0,011)$



Considerazioni:

- L'altezza dopo ogni urto è descritta dalla legge: $h = h_0 e^{bx}$

Risultati del fit:

$h_0 = (0,398 \pm 0,003) \text{ m}$
 $b = (-0,367 \pm 0,007)$

Perdita di energia cinetica durante l'urto BASE IN LEGNO + TESSUTO

DATI RACCOLTI	Altezza di partenza h_0	Altezza dopo il 1° urto	Altezza dopo il 2° urto
I	$h_0 = (0,400 \pm 0,001) \text{ m}$	$h_1' = (0,168 \pm 0,001) \text{ m}$	$h_1'' = (0,076 \pm 0,001) \text{ m}$
II		$h_2' = (0,176 \pm 0,001) \text{ m}$	$h_1' = (0,080 \pm 0,001) \text{ m}$
III		$h_3' = (0,172 \pm 0,001) \text{ m}$	$h_1' = (0,076 \pm 0,001) \text{ m}$

$\langle h' \rangle = (0,172 \pm 0,0003) \text{ m}$

$\langle h'' \rangle = (0,077 \pm 0,0016) \text{ m}$

Velocità

$v = (2,801 \pm 0,003) \text{ m/s}$

$v' = (1,837 \pm 0,013) \text{ m/s}$

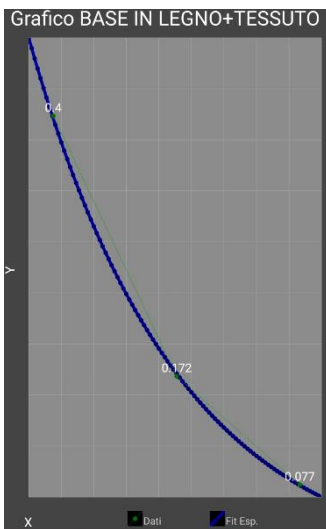
$v'' = (1,229 \pm 0,011) \text{ m/s}$

Coefficienti di restituzione:

$e_{h1} = (0,430 \pm 0,006)$

$e_{h2} = (0,448 \pm 0,011)$

$\langle e_h \rangle = (0,439 \pm 0,014)$



Considerazioni:

- L'altezza dopo ogni urto è descritta dalla legge: $h = h_0 e^{bx}$

Risultati del fit:

$h_0 = (0,397 \pm 0,006) \text{ m}$
 $b = (-0,82 \pm 0,01)$

Durata dell'urto T → BASE IN LEGNO

$$2a_1 = (5,36 \pm 0,05) \text{ mm}$$

$$\langle 2a \rangle = (5,35 \pm 0,04) \text{ mm}$$

$$2a_2 = (5,40 \pm 0,05) \text{ mm}$$

$$b = (19,82 \pm 0,03) \text{ mm}$$

$$2a_3 = (5,28 \pm 0,05) \text{ mm}$$

$$d = (0,18 \pm 0,001) \text{ mm}$$

$$T = (2,84 \cdot 10^{-4} \pm 5,41 \cdot 10^{-5}) \text{ s}$$

Durata dell'urto T → BASE IN LEGNO + TESSUTO

$$2a_1 = (6,32 \pm 0,05) \text{ mm}$$

$$\langle 2a \rangle = (6,36 \pm 0,03) \text{ mm}$$

$$2a_2 = (6,40 \pm 0,05) \text{ mm}$$

$$b = (19,75 \pm 0,03) \text{ mm}$$

$$2a_3 = (6,36 \pm 0,05) \text{ mm}$$

$$d = (0,25 \pm 0,001) \text{ mm}$$

$$T = (4,51 \cdot 10^{-4} \pm 6,38 \cdot 10^{-5}) \text{ s}$$

CONCLUSIONI

L'esperimento proposto ci ha permesso di calcolare il coefficiente di restituzione dell'urto anelastico di una pallina da ping-pong che rimbalza al suolo, andando a calcolare il rapporto fra le altezze prima e dopo l'urto. Inoltre nella seconda parte dell'esperimento, partendo dalla traccia che la pallina lascia dopo l'urto sulla superficie, è stato possibile calcolare il tempo di durata dell'urto. Confrontando i risultati ottenuti utilizzando una base in legno, con i dati ottenuti utilizzando una base in legno e tessuto, possiamo affermare che i materiali dei corpi che urtano influenzano il valore del coefficiente di restituzione dell'urto anelastico e della durata dell'urto. Inoltre i risulta ottenuti sperimentalmente sono compatibili con i valori del fit.