Il Moto Parabolico

Basi teoriche

- Galileo spiegò che il moto parabolico non è altro che la composizione di due moti: un moto rettilineo uniforme lungo l'asse x ed un moto rettilineo uniformemente accelerato lungo l'asse y.

- Nell'esperienza di laboratorio che eseguiremo prenderemo in esame il moto parabolico con velocità iniziale orizzontale, le cui equazioni sono:

$$\begin{cases} x = Vo_x t \\ y = -\frac{1}{2} g t^2 + \mathrm{h}_0 \end{cases}$$

- La traiettoria seguita sarà una parabola con concavità rivolta verso il basso la cui equazione è:

$$y = -\frac{g}{2Vo_x^2} x^2 + \mathrm{h}_0$$

- Definiamo *gittata* la distanza orizzontale massima raggiunta dal corpo alla stessa quota dal punto di lancio. In questo caso si può calcolare determinando l'intersezione della parabola con l'asse x:

$$G = Vo_x \sqrt{\frac{2h_0}{g}}$$

- Chiamiamo *tempo di volo* il tempo che intercorre tra il momento in cui la pallina si stacca dal piano e quello in cui tocca terra.

$$t_{volo} = \sqrt{\frac{2h_0}{g}}$$

Obiettivi

- Misurare il tempo di volo e verificare la compatibilità con il valore atteso teoricamente
- Studiare la traiettoria del moto del corpo

Materiale necessario

- Biglia
- Piano inclinato
- Un foglio di carta carbone
- fogli A4
- Una tavoletta di legno con supporto verticale
- Foto-traguardi

Descrizione dell'esperienza

Per studiare il moto parabolico con velocità iniziale orizzontale faremo scendere una pallina lungo un piano inclinato posato su un tavolo da laboratorio. La biglia scenderà lungo una guida che nella parte terminale curva e diventa orizzontale.

Prima parte: determinazione del tempo di volo, misura della gittata

Determineremo il tempo di volo come differenza tra il tempo totale, che cronometreremo, ed il tempo che impiega la pallina a scendere lungo il piano inclinato, per misurare il quale useremo i foto- traguardi montati all'inizio e alla fine del piano.

Per misurare la gittata useremo come rilevatore della posizione in cui la pallina tocca terra un foglio di carta carbone posato sopra un foglio A4

Nel dettaglio ecco le operazioni da seguire:

1. Inclinare il piano con un angolo α e posizionarlo in modo che la guida termini all'estremità del tavolo.
2. Fissare all'inizio e alla fine del piano delle fotocellule che ci serviranno per calcolare il tempo (tempo 1) della pallina da quando viene lasciata a quando si stacca dal piano.
3. Segnare sul pavimento x_0, che corrisponde al punto in cui la biglia si stacca dal piano.
4. Fissare con dello scotch un foglio bianco A4 con sopra un foglio di carta carbone che servirà per trovare i punti in cui la biglia tocca terra.
5. Posizionare la biglia in cima al piano inclinato e lasciarla cadere.
6. Misurare con un cronometro il tempo totale della pallina da quando viene lasciata a quando tocca terra.
7. Ripetere per 4-5 volte, affinché vengano individuati 4-5 punti e 4-5 tempi.

Seconda parte: studio della traiettoria

Per studiare la traiettoria determineremo le coordinate di almeno tre punti intermedi che useremo insieme alle coordinate del punto inziale e del punto finale per determinare, tramite un foglio elettronico, l'equazione della traiettoria. Il rilevatore di posizione sarà una tavoletta di legno fissata ad un sostegno in posizione verticale in modo che la biglia nel suo percorso dopo aver lasciato il tavolo la colpisca. Selezioneremo tre diverse distanze x dal punto x_0 e per ciascuna eseguiremo le operazioni che seguono.

1. Posizionare il rilevatore ad un'opportuna distanza x compresa tra x_0 e G regolando l'altezza a cui è sospesa la tavoletta in modo che la biglia, cadendo, lo colpisca.
2. Posizionare la biglia in cima al piano inclinato e lasciarla cadere.
3. Individuati i 4-5 punti in cui la biglia colpisce il rilevatore sul foglio, misurare la loro altezza.

Ripetere questa operazione per almeno tre diverse distanze.

Raccolta dei dati

I dati raccolti fanno riferimento alla seguente situazione sperimentale:

angolo del piano $(30° \pm 1°)$, tratto orizzontale circa 13 cm.

Prima parte: determinazione del tempo di volo, misura della gittata

Tempo di volo

tempi			
fotocellula		totale	
t [s]	E(t) [s]	t [s]	E(t) [s]
0,593	0,001	0,97	0,01
0,581	0,001	0,93	0,01
0,587	0,001	0,93	0,01
0,568	0,001	0,97	0,01
0,552	0,001	0,92	0,01

Gittata

x cm	Ex cm
59,5	0,2
66,5	0,2
63,0	0,2
64,3	0,2
62,6	0,2

Seconda parte: studio della traiettoria

	x cm	Ex cm	y cm	Ey cm
posizione iniziale	0,0	0,2	87,5	0,2
gittata	59,5	0,2	0,0	0,2
	66,5	0,2	0,0	0,2
	63,0	0,2	0,0	0,2
	64,3	0,2	0,0	0,2
	62,6	0,2	0,0	0,2
posizioni intermedie	43,5	0,2	38,0	0,2
			41,5	0,2
			39,0	0,2
			38,5	0,2
	36,5	0,2	50,5	0,2
			51,6	0,2
			53,6	0,2
			49,5	0,2
	49,0	0,2	38,5	0,2
			39,0	0,2
			39,5	0,2
			38,0	0,2

Elaborazione dati

Prima parte: determinazione del tempo di volo, misura della gittata

Tempo di volo

Tempo di volo misurato

fotocellula		totale		t di volo	
t [s]	E(t) [s]	t [s]	E(t) [s]	t [s]	E(t) [s]
0,593	0,001	0,97	0,01	0,38	0,01
0,581	0,001	0,93	0,01	0,35	0,01
0,587	0,001	0,93	0,01	0,34	0,01
0,568	0,001	0,98	0,01	0,41	0,01
0,552	0,001	0,95	0,01	0,4	0,01
		t di volo	medio	0,38	0,04

Tempo di volo teorico

$$t_{volo} = \sqrt{\frac{2h_0}{g}}$$

Possiamo calcolare l'errore sul tempo di volo con la formula: $\Delta t_{volo} = \frac{\Delta h_0}{\sqrt{2gh_0}}$

L'altezza iniziale è $h_0 = (87{,}5 \pm 0{,}2)cm$

Otteniamo quindi

$(0{,}4224 \pm 0{,}0005)s$

Gittata

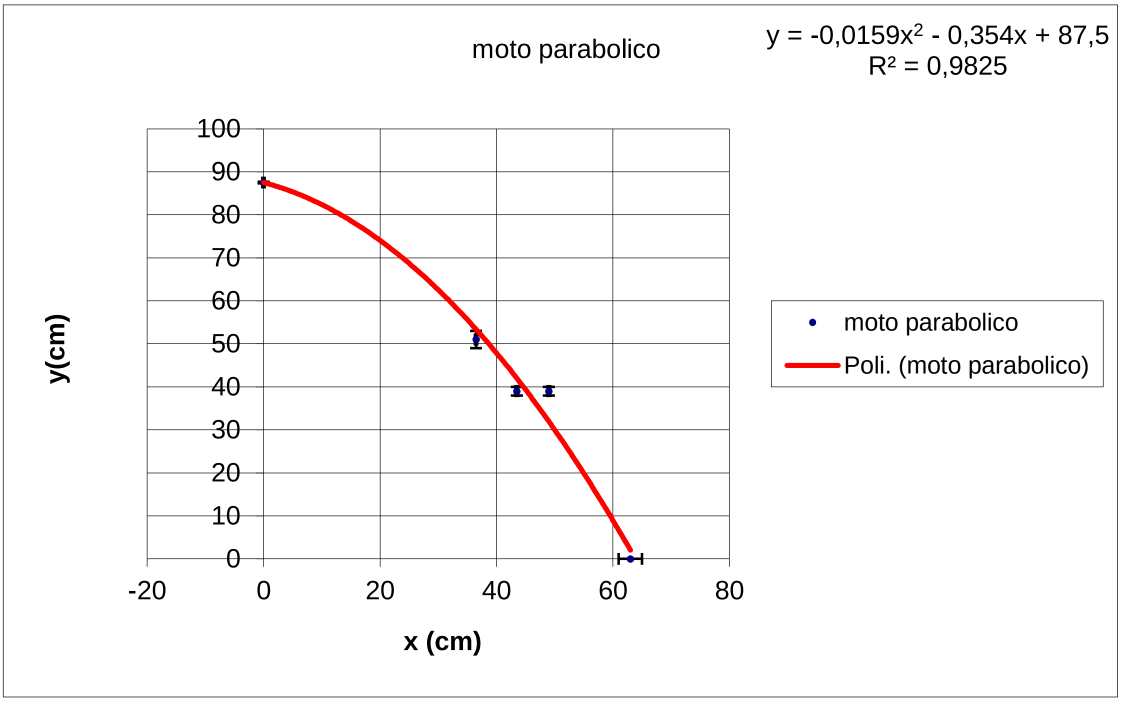
gittata	
x	Ex
cm	cm
59,5	0,2
66,5	0,2
63,0	0,2
64,3	0,2
62,6	0,2
Media	Errore statistico
cm	cm
63	2

Seconda parte: studio della traiettoria

Coordinate per il grafico ottenute facendo la media tra i dati raccolti per ogni distanza

x	Ex	y	Ey
cm	cm	cm	cm
0,0	0,2	87,5	0,2
36,5	0,2	51	2
43,5	0,2	39	1
49,0	0,2	39	1
63	2	0,0	0,2

Analisi della traiettoria



Verifica obiettivi, conclusioni

Per quanto riguarda il tempo di volo abbiamo ottenuto come valore sperimentale $(0{,}38 \pm 0{,}04)s$, compatibile entro l'errore con il valore determinato teoricamente $(0{,}4224 \pm 0{,}0005)s$.

Come gittata del nostro lancio abbiamo determinato $(63 \pm 2)cm$.

L'equazione della traiettoria risulta ben approssimata con una parabola di equazione

$y = -0{,}0159x^2 - 0{,}354x + 87{,}5$

simile a quanto previsto dalla teoria, a parte il termine in x che compare probabilmente a causa dell'incertezza dei dati sperimentali.