

Lancio inclinato

REGISTRAZIONE PUNTO PER PUNTO DELLE “PARABOLE DI LANCIO”

- Determinazione della gittata in funzione dell'angolo e della velocità di lancio.
- Calcolo della velocità di lancio sulla base della gittata massima.
- Registrazione punto per punto delle “parabole di lancio” in funzione dell'angolo e della velocità di lancio.
- Conferma del principio di sovrapposizione.

UE1030400

03/16 JS

BASI GENERALI

Il movimento di una sfera lanciata nel campo gravitazionale con un'angolazione rispetto al piano orizzontale è composto, secondo il principio di sovrapposizione, da un movimento a velocità costante nella direzione del lancio e da un movimento di caduta. Ne risulta una curva di volo parabolica, la cui altezza e ampiezza dipendono dall'angolo di lancio α e dalla velocità di lancio v_0 .

Ai fini del calcolo della curva di volo, per semplificare le cose si posiziona l'origine del sistema di coordinate al centro della sfera nel momento iniziale e si trascura l'attrito dell'aria sulla sfera. Quindi in direzione orizzontale la sfera mantiene la propria velocità iniziale

$$v_x(0) = v_0 \cdot \cos \alpha \quad (1)$$

e pertanto raggiunge, nel momento t , la distanza orizzontale

$$x(t) = v_0 \cdot \cos \alpha \cdot t \quad (2)$$

In direzione verticale la sfera, sotto l'influsso del campo gravitazionale, è soggetta all'accelerazione di caduta g . Nel momento t la sua velocità è pertanto

$$v_y(t) = v_0 \cdot \sin \alpha - g \cdot t \quad (3)$$

e la distanza verticale

$$y(t) = v_0 \cdot \sin \alpha \cdot t - \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 \quad (4)$$

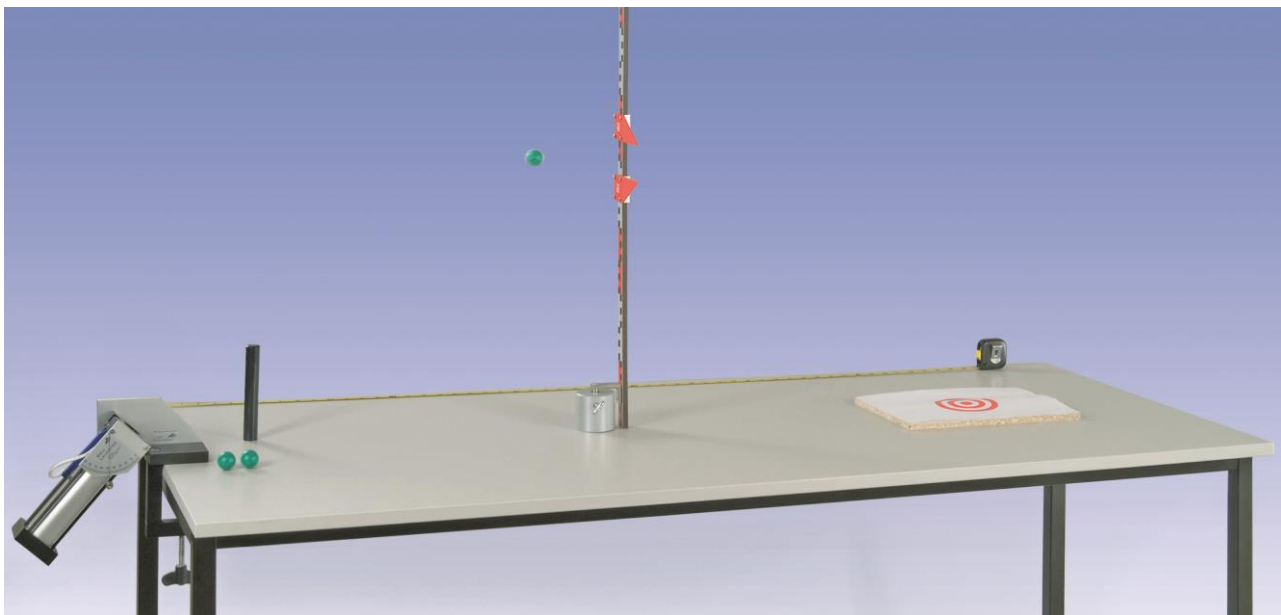


Fig. 1: Disposizione di misurazione per la registrazione punto per punto delle “parabole di lancio”

ELENCO DEGLI STRUMENTI

1 Apparecchio di lancio	1002654 (U10360)
1 Supporto per apparecchio di lancio	1002655 (U10361)
1 Scala per altezza, 1 m	1000743 (U8401560)
1 Set indicatori per scale	1006494 (U8401570)
1 Piede a barilotto, 1 kg	1002834 (U13265)
1 Metro a nastro tascabile, 2 m	1002603 (U10073)

La curva di volo della sfera ha forma parabolica in quanto soddisfa l'equazione

$$y(x) = \tan \alpha \cdot x - \frac{1}{2} \cdot \frac{g}{(v_0 \cdot \cos \alpha)^2} \cdot x^2 \tag{5}$$

Nel momento

$$t_1 = \frac{v_0 \cdot \sin \alpha}{g} \tag{6}$$

la sfera raggiunge il punto più elevato della parabola e nel momento

$$t_2 = 2 \cdot \frac{v_0 \cdot \sin \alpha}{g} \tag{7}$$

ritorna nuovamente all'altezza di partenza 0. L'altezza della parabola è quindi

$$h = y(t_1) = \frac{v_0^2}{2 \cdot g} \cdot \sin^2 \alpha \tag{8}$$

e l'ampiezza

$$s = x(t_2) = 2 \cdot \frac{v_0^2}{g} \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha \tag{9}$$

Nell'esperimento si misurano punto per punto le curve di volo di una sfera di legno in funzione dell'angolo e della velocità di lancio con l'impiego di una scala per altezza con due indicatori (ved. fig. 3). La componente orizzontale x della curva di volo si ricava dalla distanza X orizzontale rispetto al bordo destro del supporto determinata con un metro a nastro:

$$x = X + 110 \text{ mm} \tag{10}$$

La componente verticale y si calcola a partire dalle posizioni Y_1 e Y_2 dei due indicatori con l'assunzione che la sfera voli esattamente in mezzo. A questo proposito si deve considerare che il punto zero della misurazione dell'altezza corrisponde all'altezza del bordo superiore del tavolo, mentre la sfera parte 37,5 mm al di sopra dello stesso:

$$y = \frac{Y_2 + Y_1}{2} - 37,5 \text{ mm} \tag{11}$$

Lo scostamento massimo del valore calcolato dal valore reale è pari a

$$\Delta y = \frac{Y_2 - Y_1}{2} - 12,5 \text{ mm} \tag{12}$$

MONTAGGIO

- Bloccare il supporto per l'apparecchio di lancio sulla parte frontale di un tavolo lungo almeno 2 m e montare l'apparecchio di lancio secondo le istruzioni per l'uso
- Srotolare il metro a nastro - a partire dal bordo destro del supporto per l'apparecchio di lancio - e fissarlo sul tavolo.
- Disporre sul tavolo il bersaglio di figura 2 su una base di 25 mm di spessore a una certa distanza dall'apparecchio di lancio.
- Montare posteriormente una parete "di raccolta" per la sfera che rimbalza.



Fig. 2: Bersaglio per l'atterraggio della sfera

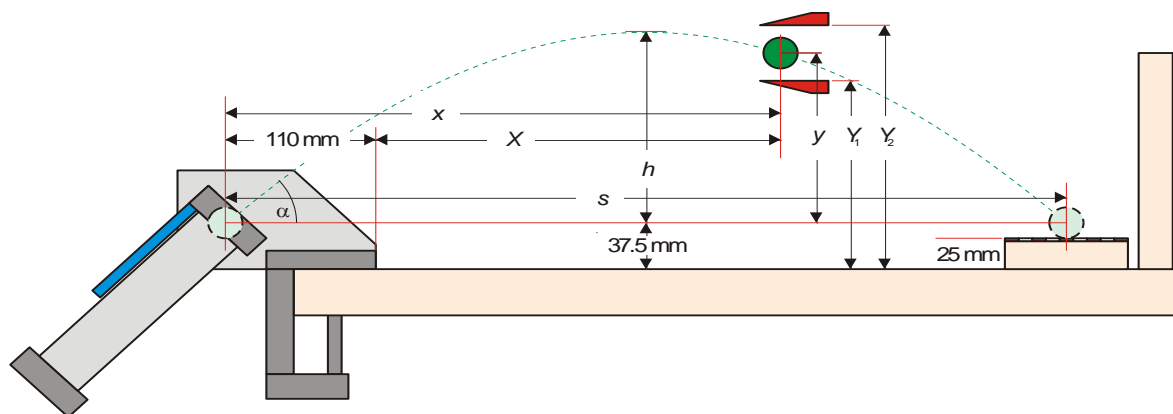


Fig. 3: Rappresentazione schematica

AVVERTENZE PER LA SICUREZZA

Anche se l'energia di lancio della sfera è molto bassa, la sfera non deve in nessun caso colpire gli occhi.

- Non guardare mai nella canna dell'apparecchio di lancio!
- Si deve controllare la posizione della sfera soltanto attraverso i fori laterali dell'apparecchio di lancio.
- Prima del lancio accertarsi che non si trovino persone nella traiettoria.

ESECUZIONE

Determinazione della gittata in funzione dell'angolo di lancio

- Impostare l'angolo di lancio $\alpha = 30^\circ$.
- Disporre il bersaglio a circa 1 m di distanza.
- Caricare l'apparecchio di lancio secondo le istruzioni per l'uso fino al tensionamento minimo.
- Lanciare la sfera e seguire la traiettoria della sfera.
- Spostare il bersaglio verso il punto di impatto della sfera.
- Ripetere il lancio della sfera e correggere la posizione del bersaglio finché la sfera non atterra nel centro del bersaglio.
- Determinare la distanza X del centro del bersaglio e inserirla nella tab. 1.
- Effettuare in successione la misurazione anche per gli angoli di lancio $\alpha = 45^\circ, 60^\circ$ e 75° .
- Nella Tab. dalle distanze X secondo (10) calcolare le gittate s .

Determinazione della gittata massima in funzione della velocità di lancio:

- Impostare l'angolo di lancio $\alpha = 45^\circ$.
- Caricare l'apparecchio di lancio secondo le istruzioni per l'uso fino al tensionamento medio.
- Lanciare la sfera e seguire la traiettoria della sfera.
- Spostare il bersaglio verso il punto di impatto della sfera.
- Ripetere il lancio della sfera e correggere la posizione del bersaglio finché la sfera non atterra nel centro del bersaglio.
- Determinare la distanza X del centro del bersaglio e inserirla nella tab. 2.
- Effettuare la misurazione anche per il massimo tensionamento della molla.
- Nella tab. 2 dalle distanze X secondo (10) calcolare le gittate massime s_{max} .

Registrazione punto per punto delle "parabole di lancio" in funzione dell'angolo di lancio.

- Impostare l'angolo di lancio $\alpha = 30^\circ$ e posizionare il bersaglio in modo che la sfera atterri nel centro con tensionamento minimo della molla.
- Montare la scala per altezza nel piede a barilotto e disporla a $X = 100$ mm
- Disporre la coppia di indicatori a $Y_1 = 110$ mm e $Y_2 = 140$ mm.
- Lanciare la sfera con il minimo tensionamento della molla e verificare se atterra senza impedimenti nel centro del bersaglio.
- Correggere eventualmente la posizione dell'indicatore finché la sfera non atterra nel centro del bersaglio.
- Inserire i valori X, Y_1 e Y_2 nella tab. 3 e in base ad essi calcolare x, y e Δy .
- Aumentare le distanze X in stadi da 50 mm e correggere rispettivamente la posizione dell'indicatore finché la sfera con tensionamento minimo della molla atterra nel centro del bersaglio.
- Effettuare le misurazioni anche per gli angoli di lancio $\alpha = 45^\circ, 60^\circ$ e 75° e riportare i risultati nelle tab. 4, 5 e 6.
- Se è disponibile sufficiente spazio per gli esperimenti eseguire misurazioni anche per altri tensionamenti della molla.

ESEMPIO DI MISURAZIONE

Determinazione della gittata in funzione dell'angolo di lancio

Tab. 1: Gittata in funzione dell'angolo di lancio alla minima velocità di lancio

α	X / mm	s / mm
30°	920	1030
45°	1100	1210
60°	910	1020
75°	465	575

Tab. 2: Gittata massima in funzione della velocità di lancio

Tensionamento molla	X / mm	s_{max} / mm	$v_0 / \text{m/s}$
1	1100	1210	3,45
2	2230	2340	4,79
3	4490	4600	6,72

Registrazione punto per punto delle “parabole di lancio” in funzione dell’angolo di lancio.

Tab. 3: coordinate della curva di volo rispetto all'angolo di lancio $\alpha = 30^\circ$:

X / mm	x / mm	Y ₁ / mm	Y ₂ / mm	y / mm	Δy / mm
100	210	110	140	87,5	2,5
150	260	135	165	112,5	2,5
200	310	155	185	132,5	2,5
250	360	165	195	142,5	2,5
300	410	175	205	152,5	2,5
350	460	180	210	157,5	2,5
400	510	185	215	162,5	2,5
450	560	185	215	162,5	2,5
500	610	180	210	157,5	2,5
550	660	175	205	152,5	2,5
600	710	165	200	145,0	5
650	760	150	185	130,0	5
700	810	140	170	117,5	2,5
750	860	120	155	100,0	5

Tab. 4: coordinate della curva di volo rispetto all'angolo di lancio $\alpha = 45^\circ$:

X / mm	x / mm	Y ₁ / mm	Y ₂ / mm	y / mm	Δy / mm
0	110	120	155	100	5
50	160	160	195	140	5
100	210	195	225	172,5	2,5
150	260	225	260	205	5
200	310	255	290	235	5
250	360	275	310	255	5
300	410	295	330	275	5
350	460	310	345	290	5
400	510	325	355	302,5	2,5
450	560	330	360	307,5	2,5
500	610	330	360	307,5	2,5
550	660	325	355	302,5	2,5
600	710	320	350	297,5	2,5
650	760	310	340	287,5	2,5
700	810	290	320	267,5	2,5
750	860	270	305	250	5
800	910	245	285	227,5	7,5
850	960	220	255	200	5
900	1010	185	225	167,5	7,5
950	1060	145	190	130	10
1000	1110	110	150	92,5	7,5

Tab. 5: coordinate della curva di volo rispetto all'angolo di lancio $\alpha = 60^\circ$:

X / mm	x / mm	Y ₁ / mm	Y ₂ / mm	y / mm	Δy / mm
0	11	195	245	182,5	12,5
50	16	260	305	245	10
100	21	310	350	292,5	7,5
150	26	370	410	352,5	7,5
200	31	405	440	385	5
250	36	440	485	425	10
300	41	465	495	442,5	2,5
350	46	480	510	457,5	2,5
400	51	480	510	457,5	2,5
450	56	475	505	452,5	2,5
500	61	460	490	437,5	2,5
550	66	435	470	415	5
600	71	405	445	387,5	7,5
650	76	355	400	340	10
700	81	310	355	295	10
750	86	245	295	232,5	12,5
800	91	170	240	167,5	22,5

Tab. 6: coordinate della curva di volo rispetto all'angolo di lancio $\alpha = 75^\circ$:

X / mm	x / mm	Y ₁ / mm	Y ₂ / mm	y / mm	Δy / mm
0	110	310	430	332,5	47,5
50	160	450	510	442,5	17,5
100	210	525	570	510	10
150	260	575	605	552,5	2,5
200	310	575	610	555	5
250	360	540	585	525	10
300	410	470	525	460	15
350	460	360	440	362,5	27,5
400	510	225	320	235	35

ANALISI

Determinazione della gittata in funzione dell'angolo di lancio

La figura 4 rappresenta graficamente la dipendenza della gittata s dall'angolo di lancio α sulla base dei valori di misura della tab.1. La curva disegnata attraverso i punti di misura è stata calcolata per $v_0 = 3,42$ m/s secondo (9).

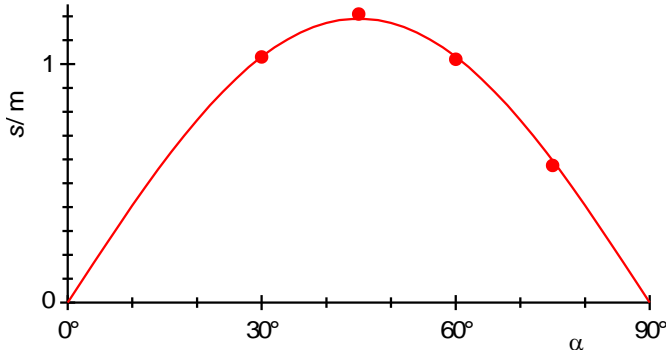


Fig. 4: Gittata in funzione dell'angolo di lancio

In corrispondenza dell'angolo di lancio $\alpha = 45^\circ$ viene raggiunta l'ampiezza s_{\max} di tutte le curve di volo.

Determinazione della gittata massima s_{\max} in funzione della velocità di lancio v_0 :

Dalla gittata massima s_{\max} ottenuta a 45° può essere calcolata la velocità di lancio v_0 . Grazie all'equazione 9, vale

$$v_0 = \sqrt{g \cdot s_{\max}}$$

I risultati sono riportati nella tab. 2.

Registrazione punto per punto delle "parabole di lancio" in funzione dell'angolo di lancio.

La fig. 5 mostra le curve elencate nelle tab. da 3 a 6 in rappresentazione grafica. Un'analisi precisa mostra che le curve di volo si scostano leggermente dalla forma parabolica, perché si deve considerare l'attrito dell'aria della sfera.

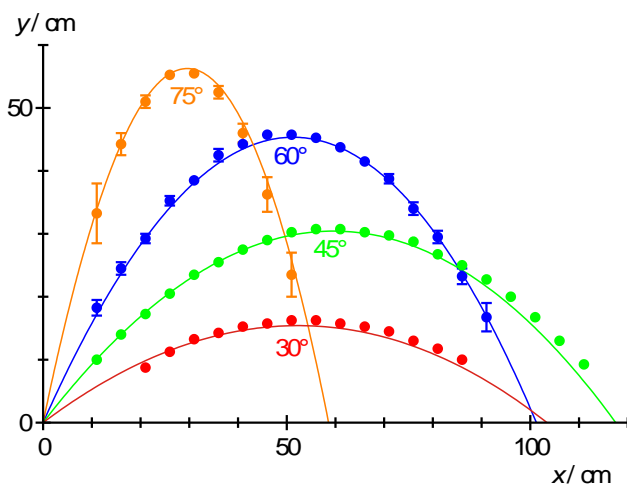


Fig. 5: Parabole di lancio misurate e calcolate tenendo conto dell'attrito dell'aria a velocità di lancio minima e a diversi angoli di lancio.