

# PROVA: È FACILE

## Studio sperimentale del moto di un grave lanciato

*Questo esperimento è stato eseguito nelle classi II dell'ITI e nelle classi III del Liceo tecnologico durante l'anno scolastico 2002-03.*

### Introduzione

Il moto di un corpo lanciato con velocità iniziale  $V_0$ , può essere affrontato durante lo studio della Cinematica, subito dopo il moto uniforme ed uniformemente accelerato, ma si presta utilmente ad essere ripreso a vari livelli di approfondimento, dopo aver studiato l'energia.

Noi seguiremo un approccio essenzialmente cinematico.

Generalmente gli alunni oppongono una certa «resistenza» ad accettare che il tempo di caduta di un corpo lanciato con velocità parallela al suolo sia uguale a quello della caduta libera indipendentemente dalla velocità iniziale del lancio.

La prima parte dell'esperimento viene dedicata a misurare i tempi di caduta libera di una sfera da un'altezza prefissata  $H$  per essere confrontati con i tempi di caduta della stessa sfera (dalla stessa altezza) qualora essa sia già in moto con velocità  $V_0$  parallela al suolo. Per variare  $V_0$  si fa scivolare la sfera lungo un piano inclinato, facendola partire da varie altezze.

Una volta appurato che i tempi, entro gli errori sperimentali, sono uguali, risolviamo il problema del moto determinando analiticamente la gittata in funzione della velocità iniziale. Vengono misurate dunque le velocità iniziali, calcolate le gittate, e verificate le previsioni teoriche.

Un utile approfondimento, a questo punto, è quello di trattare le componenti del moto dal punto di vista vettoriale. Si sceglie allora una certa velocità di lancio  $V_0$  e si variano le altezze di caduta. Dalla gittata  $X$  e dalle altezze di caduta  $Y$  si ricava la forma della traiettoria e si verifica che si tratta di una parabola.

Si può trattare nello stesso modo il caso in cui la velocità iniziale non sia parallela al suolo, ma inclinata di un angolo  $\alpha$ .

La trattazione teorica del moto di un grave lanciato si può trovare in un qualunque libro di fisica per le scuole superiori (ad es. [ 2 ] ) cui si rimanda per la giustificazione delle formule usate.

### Descrizione dell'apparato sperimentale

#### Materiale

2 rotaie di alluminio PASCO lunghe 2,20 m circa, un cronometro digitale, due fototraguardi a barriera ottica, metro, un

pentolino contenente sabbia, due sfere di acciaio di diametri diversi, un dispositivo a «leva» per misurare i tempi di caduta (Fig. 1).

### Esecuzione della prova

*I parte: «centrare» il pentolino.*

Dopo aver collegato le rotaie unendole con pezzetti di nastro adesivo, si fa scivolare la sfera «grande» usando come guida una delle due scanalature (Fig. 2) predisposte sulle rotaie stesse.

La sfera parte dalle posizioni A, B, C, che distano tra loro 10,0 cm (Fig. 3).

Vengono misurati i tempi che la sfera impiega a percorrere uno spazio  $\Delta s = (0,300 \pm 0,002)$  m, immediatamente prima dello stacco, mediante i due fototraguardi. Ogni prova è ripetuta 2 volte.

Viene misurato anche il tempo di caduta della sfera con cronometri centesimali dall'altezza  $H = (1,835 \pm 0,002)$  m ripetendo varie volte la misura sia nel caso di caduta libera, sia nel caso in cui la sfera venga lasciata partire dalle varie posizioni. Si trova che questi tempi di caduta sono indipendenti, entro l'errore, dalla velocità orizzontale del corpo.

Risolvendo le leggi del moto, calcoliamo le gittate in funzione della velocità di lancio  $V_0$  con la formula:

$gittata = V_0 \sqrt{(2H/g)}$ , dove  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ .

Si trovano i risultati in tabella 1.

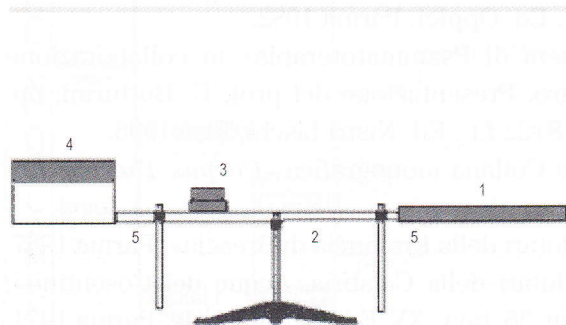


Fig. 1

Legenda:

1. piattello

2. aste

3. contrappeso

4. «bandierina»

5. astine: servono a limitare l'abbassamento del piattello.

Il fototraguardo viene posizionato immediatamente sopra alla bandierina; quando la sfera tocca il piattello, la bandierina si alza ed interrompe il conteggio del tempo.

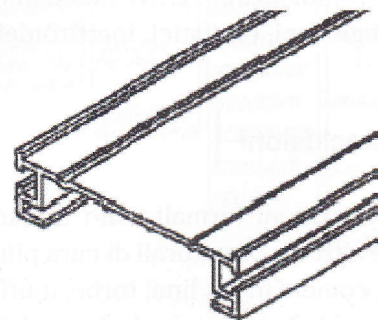
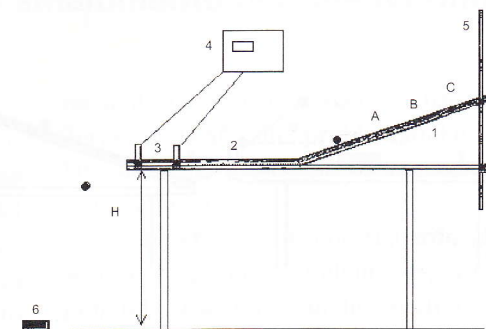


Fig. 2 Particolare della rotaia con scanalature.

Fig. 3

Legenda:

- 1. rotaia inclinata
  - 2. rotaia orizzontale
  - 3. fototraguardi
  - 4. cronometro
  - 5. asta di sostegno della rotaia
  - 6. pentolino
- Le lettere A, B, C indicano le posizioni da cui parte la sfera.



Se trascuriamo l'errore su  $Y$  rispetto all'incertezza con cui è nota  $X^2$  ed interpoliamo con il metodo dei minimi quadrati  $X^2$  in funzione di  $Y$ , otteniamo il valore  $g = 8,9 \text{ m/s}^2$  per l'accelerazione di gravità. Tale valore si discosta del 9% dal valore dichiarato. Il risultato non è brillante, ma è accettabile dal momento che abbiamo preso in considerazione distanze piccole, dunque affette da errori percentuali sensibili.

partenza	velocità $V_0$ (m/s)	gittata (m)
A	$1,26 \pm 0,01$	$0,77 \pm 0,01$
B	$1,65 \pm 0,02$	$1,01 \pm 0,01$
C	$2,26 \pm 0,03$	$1,38 \pm 0,02$

Si invitano i ragazzi a misurare sul pavimento le distanze corrispondenti alle gittate previste ed a porre nei punti così trovati il pentolino riempito di sabbia per un paio di cm.

A questo punto si lascia andare la sfera dalle posizioni A, B, C (Fig. 3) e si osserva (con grande soddisfazione degli alunni) che la sfera «centra» il pentolino.

Ovviamente il buon risultato viene interpretato come una conferma dell'indipendenza e della simultaneità dei moti in direzione parallela al suolo ( $X$ ) e perpendicolare al suolo ( $Y$ ).

Lasciando andare dalle medesime posizioni la sfera «piccola», si osserva che a volte essa tocca il bordo del pentolino, non cade proprio nel centro.

Poiché la sfera «piccola» risente di un attrito volvente maggiore, la sua velocità allo stacco è leggermente minore di quella misurata per la sfera «grande» e quindi anche la gittata è minore.

Ripetendo la prova dopo aver misurato la velocità della sfera «piccola», la previsione è rispettata.

Potendo aumentare sensibilmente  $H$  (noi abbiamo lanciato il corpo in cortile dalla finestra del laboratorio) la misura dei tempi di caduta può essere fatta dagli studenti con un cronometro al decimo di secondo verificando così che il tempo di caduta è indipendente dalla traiettoria seguita dalla sfera.

II parte: determinazione della traiettoria e studio del moto.

Fissando la velocità iniziale  $V_0 = (2,19 \pm 0,04) \text{ m/s}$  abbiamo variato l'altezza di caduta  $Y$  ponendo il dispositivo «a leva» su supporti ad altezze diverse.

Abbiamo ripetuto la misura dei tempi 2 volte, calcolato la gittata  $X$ , le componenti della velocità e le velocità totali ottenendo i risultati in tab. 2 e 3.

Gli alunni costruiscono la traiettoria, verificano che si tratta di una parabola, calcolano le componenti della velocità e disegnano il vettore velocità nei vari punti della traiettoria, osservando che è tangente ad essa.

Con i dati in tabella si ottengono i grafici delle figure. 4, 5 e 6.

$t$ medio (s)	$X = V_0 t$ (m)	$Y$ (m)
0,271	0,59	0,285
0,363	0,80	0,535
0,431	0,94	0,775
0,498	1,09	1,050
0,534	1,17	1,270

$V_x = V_0$ (m/s)	$V_y = 2Y/t$ (m/s)	$V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2}$ (m/s)
2,19	2,10	3,04
2,19	2,95	3,67
2,19	3,60	4,21
2,19	4,22	4,75
2,19	4,76	5,24

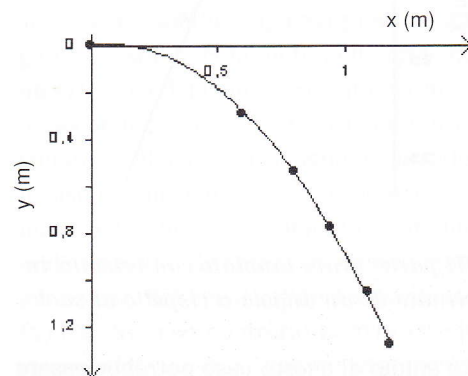


Fig. 4 Grafico della traiettoria.

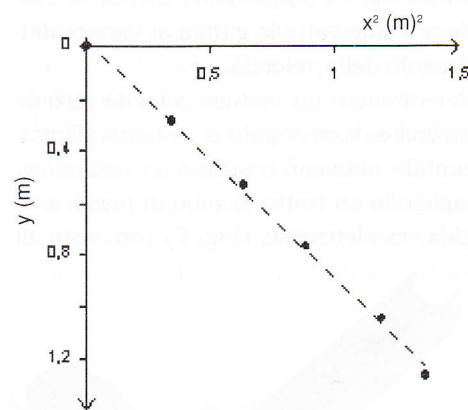
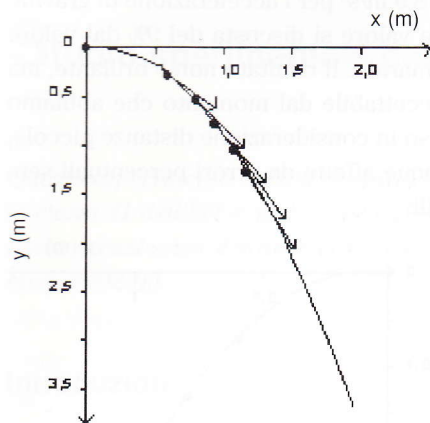


Fig. 5 Grafico di Y in funzione di X<sup>2</sup>.

Fig. 6 Vettori velocità spiccati nei punti della traiettoria.



III parte: grave lanciato con velocità inclinata di un angolo  $\alpha$  rispetto al suolo.

Lo studio di questo caso potrebbe essere condotto come nella II parte, ma il tratto più interessante della traiettoria, ovvero quello iniziale, quando il corpo sale, non si può determinare poiché non possiamo misurare il tempo di volo con il dispositivo a leva. Ci proponiamo invece di studiare come varia la gittata al variare dell'angolo della velocità.

Per ottenere un vettore velocità iniziale inclinato di un angolo  $\alpha$  rispetto all'orizzontale, abbiamo costruito un «cannone» tagliando un tratto di tubo di plastica rigida da elettricisti (Fig. 7) provvisto di

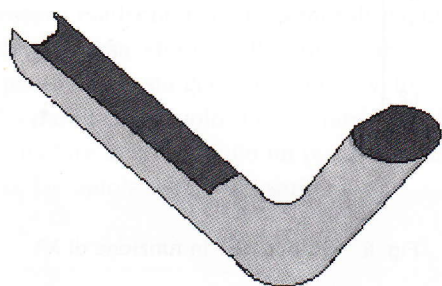


Fig. 7 «Cannone».

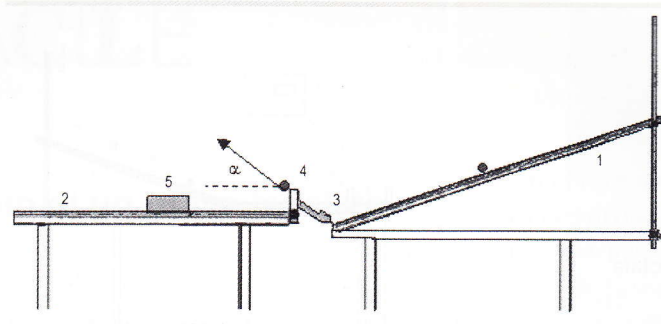


Fig. 8

Legenda:

- 1. rotaia inclinata
- 2. rotaia orizzontale
- 3. «cannone»
- 4. fototrugardo
- 5. pentolino

gomito e montato con due morsetti alla fine della rotaia inclinata (Fig. 8). Questa volta la misura della velocità iniziale non può essere fatta con due fototrugardi, a causa della brevità del tratto di tubo. Abbiamo dunque misurato il tempo  $\Delta t$  di oscuramento di una sola fotocellula, posta nel punto di stacco della sfera, e calcolato la velocità con la formula  $V_0 = 2R/\Delta t$ , dove  $R = (2,0 \pm 0,1)$  cm è il raggio della sfera.

Dalla soluzione di un semplice problema di massimo si sa che con un angolo di lancio di  $45^\circ$  (con  $H = 0$ ) si ottiene la gittata massima. Non è possibile affrontare la trattazione matematica con una classe III liceo, ma è possibile arrivare al risultato simulando con un foglio elettronico il moto del corpo e «misurando» la gittata sul grafico della traiettoria, al variare dell'angolo.

Gli alunni si accorgono facilmente che si ottiene il massimo per un angolo di  $45^\circ$  (e che con angoli complementari la gittata è uguale).

Non disponendo del foglio elettronico, si può calcolare la gittata in funzione dell'angolo di lancio e costruire per punti la funzione. Si ottiene:

$$\text{gittata} = 2 V_0^2 \sin \alpha \cos \alpha / g$$

e si giunge ugualmente al risultato.

Per esplorare sperimentalmente il problema, occorre mantenere la velocità di lancio  $V_0$  costante qualunque sia l'angolo, e misurare la gittata sul piano orizzontale passante per la bocca del «cannone». Ab-

biamo mantenuto la velocità costante procedendo per tentativi, usando la sfera più grande.

La gittata è stata determinata dalla distanza tra la bocca del «cannone» e il segno lasciato dalla pallina nel pentolino contenente sabbia.

Abbiamo ottenuto i risultati in tab. 5 da cui si può vedere che le gittate sperimentali sono compatibili con quelle teoriche.

### Conclusione

Lo studio del moto di un grave lanciato realizzato con materiale reperibile in un laboratorio scolastico (in assenza delle rotaie PASCO si può costruire una guida con un profilato in plastica come in [1]), permette di sperimentare un fenomeno intuitivamente difficile e si presta ad essere analizzato a vari livelli di approfondimento.

In questa sede non sono stati affrontati argomenti di natura energetica, che possono essere utilmente introdotti nel calcolo della velocità di lancio  $V_0$  a seconda delle altezze di rilascio [1].

Desideriamo ringraziare Annamaria Schiavone per la disponibilità che ci ha dimostrato.

Susanna Arvati  
Claudio Pelizzardi

Insegnanti di Fisica e Laboratorio presso I.S.I.S.S. «C. Anti» - Villafranca di Verona

### Bibliografia

- [1] A. Pistelli, S. Guatelli; *Studio di un moto bidimensionale*, in *Didattica delle scienze* n. 199, gennaio 1999, pag. 22.
- [2] A. Caforio, A. Ferilli, *Physica*, vol. 1, ed. Le Monnier, 1987.

Tabella 5

angolo $\alpha$ ( $^\circ$ )	$V_0$ (m/s)	gittata sperimentale (cm)	gittata teorica (cm)
$30 \pm 1$	$2,29 \pm 0,04$	$47 \pm 1$	$46,3 \pm 2,5$
$45 \pm 1$	$2,27 \pm 0,04$	$53 \pm 1$	$52,5 \pm 1,8$
$60 \pm 1$	$2,27 \pm 0,04$	$46 \pm 1$	$45,5 \pm 2,5$