

- Calcola a quale distanza cadrebbe la pallina se la tennista effettuasse il servizio (lancio orizzontale) dalla cima della Torre Eiffel, alta $3 \cdot 10^2$ m.
[$4 \cdot 10^2$ m]

- 33 Un ragazzo alto 1,74 m (considera la bocca 15 cm più in basso) si costruisce una cerbottana con la quale tira una pallina alla velocità di 48 m/s. Trascura l'attrito dell'aria.

- A quale distanza da lui cadrà la pallina se non centra il bersaglio? [27 m]

34 **ESEMPIO**

Un tuffatore si lancia orizzontalmente a 4,2 m/s da una scogliera alta 3,6 m rispetto alla superficie dell'acqua.

- Dopo quanti secondi tocca l'acqua dal momento del tuffo?
► Calcola qual è la velocità con cui entra in acqua.

■ **RISOLUZIONE**

- Il tempo di volo dipende solo dall'altezza, dato che la velocità iniziale lungo la verticale è nulla:

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

■ **Risultato numerico**

$$h = 3,6 \text{ m}$$

$$t = \sqrt{\frac{2 \cdot 3,6 \text{ m}}{9,8 \text{ m/s}^2}} = 0,86 \text{ s}$$

- La velocità di impatto è la somma vettoriale delle componenti x e y della velocità:

$$\begin{cases} v_x = v_{0x} \\ v_y = gt = g \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{2gh} \end{cases} \quad v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{v_{0x}^2 + 2gh}$$

■ **Risultato numerico**

$$v_{0x} = 4,2 \text{ m/s}$$

$$v = \sqrt{(4,2 \text{ m/s})^2 + 2(9,8 \text{ m/s}^2)(3,6 \text{ m})} = 9,4 \text{ m/s}$$

- 35 Un aereo viaggia alla velocità di 456 km/h parallelamente al suolo e lascia cadere una cassa di aiuti umanitari. Il paracadute non si apre e la cassa precipita, raggiungendo il suolo dopo 7,00 s. Supponi che la cassa al momento del distacco abbia la stessa velocità dell'aereo. Trascura l'attrito dell'aria.

- Calcola la quota dell'aereo rispetto al suolo.
► Determina le componenti della velocità della cassa quando raggiunge il suolo.

$$[240 \text{ m}; v_x = 456 \text{ km/h}, v_y = 247 \text{ km/h}]$$

- 36 Una pietra lanciata orizzontalmente dalla sommità di una torre tocca il suolo alla distanza di 18 m dalla

base della torre.

- Qual è la velocità con cui è stata lanciata la pietra, se la torre è alta 24 m?
► Calcola il modulo della velocità che ha la pietra subito prima di toccare il suolo. [8,1 m/s; 23 m/s]

- 37 Un proiettile viene lanciato orizzontalmente con una velocità iniziale di 245 m/s. Il fucile si trova a 1,50 m dal suolo.

- Calcola quanto tempo il proiettile trascorre in aria.
► Determina la distanza percorsa dal proiettile prima di toccare il suolo. [0,553 s; 136 m]

38 **ESEMPIO**

Un lanciatore di baseball tira una palla orizzontale a 140 km/h verso la base, che è alla distanza di 18,4 m. Trascura l'attrito dell'aria (anche se un buon battitore tiene in considerazione l'attrito dell'aria).

- Calcola di quanto cade la palla prima di raggiungere la base. ►

■ RISOLUZIONE

Scriviamo le equazioni per la posizione x, y della palla e ricaviamo y in funzione di x e della velocità iniziale v_{0x} :

$$\begin{cases} x = v_{0x} t \\ y = -\frac{1}{2} g t^2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} t = \frac{x}{v_{0x}} \\ y = -\frac{1}{2} g t^2 = -\frac{g x^2}{2 v_{0x}^2} \end{cases}$$

■ Risultato numerico

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$x = 18,4 \text{ m}$$

$$v_{0x} = 140 \text{ km/h} = 38,9 \text{ m/s}$$

$$y = \frac{-(9,8 \text{ m/s}^2)(18,4 \text{ m})^2}{2(38,9 \text{ m/s})^2} = -1,1 \text{ m}$$

- 39** Una freccia viene lanciata orizzontalmente verso il bersaglio, che dista 11 m. La freccia, lanciata con una velocità di 32 m/s, non fa centro e colpisce più in basso. Trascura l'attrito dell'aria.

► Calcola dove la freccia colpisce il bersaglio.

[58 cm sotto il centro]

- 40** Un veicolo vola orizzontalmente alla quota di 20 km dalla superficie della Luna a una velocità di $2,5 \cdot 10^3$ km/h quando perde un motore. L'accelerazione gravitazionale lunare è di $1,6 \text{ m/s}^2$.

► Quanto tempo impiega il motore a toccare il suolo lunare?
 ► Quale distanza orizzontale avrà percorso il motore quando toccherà il suolo?
 ► Calcola a quale distanza si trova il motore dall'aereo quando il motore tocca il suolo, supponendo che l'aereo continui a volare come se niente fosse accaduto.

[$1,6 \cdot 10^2$ s; $1,1 \cdot 10^2$ km; 20 km]

- 41** Un gabbiano vola orizzontalmente con velocità costante di 9 m/s. A un tratto lascia cadere dal becco una sardina che raggiunge il suolo con una velocità di 19 m/s. Trascura l'attrito dell'aria.

► A quale altezza stava volando il gabbiano?
 ► Calcola la posizione del gabbiano nel momento in cui la sardina ha toccato il suolo.

[~ 14 m; sulla verticale del punto di impatto]

- 42** Durante una partita di baseball, un lanciatore scaglia la palla verso una base con una velocità orizzontale di modulo 24 m/s. La palla raggiunge la base dopo 0,47 s e qui viene presa. Trascura l'attrito dell'aria.

► Calcola a quale distanza dal lanciatore viene presa la palla.
 ► Di quanto è diminuita la quota della palla rispetto all'altezza di lancio?

[11 m; 1,1 m]

5 Moto di un proiettile lanciato in direzione obliqua

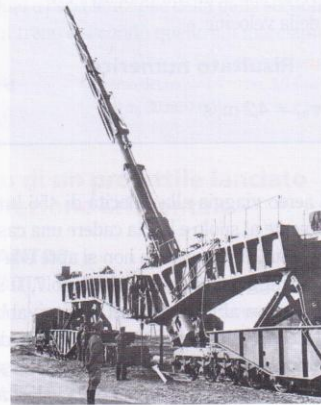
6 Caduta libera parabolica

43 QUANTO?

Il Paris-Geschütz era un cannone costruito dai tedeschi durante la prima guerra mondiale per bombardare Parigi da più di 100 km di distanza.

► Qual era la velocità iniziale del proiettile?
 ► Che altezza raggiungeva il proiettile?

[700 m/s; 50 km]



44 QUANTO?

Un delfino può raggiungere 40 km/h di velocità.

► Calcola la lunghezza massima di un salto fuori dall'acqua.

[13 m]

45 Un pallone è calciato in una direzione che forma un angolo di 60° con il suolo; la sua velocità orizzontale iniziale è 12 m/s. Trascura l'attrito dell'aria.

► Qual è la componente verticale della sua velocità dopo 1 s?

[11 m/s]

46 Le componenti della velocità iniziale di un proiettile sono $v_x = 10 \text{ m/s}$ e $v_y = 40 \text{ m/s}$.

▶ Calcola le componenti dopo 4,1 s.

$$[v_x = 10 \text{ m/s}, v_y = 0 \text{ m/s}]$$

47 Osservando le riprese televisive di un'eruzione si può stimare la velocità verticale v_y dei proiettili lanciati dal vulcano: basta misurare il tempo di volo.

▶ Calcola v_y nel caso in cui si registri un tempo di volo di 7,4 s.

$$[36 \text{ m/s}]$$

48 Le componenti della velocità iniziale di un proiettile sono $v_x = 30 \text{ m/s}$ e $v_y = 40 \text{ m/s}$.

▶ Quanto vale il modulo della sua velocità dopo 1,8 s?

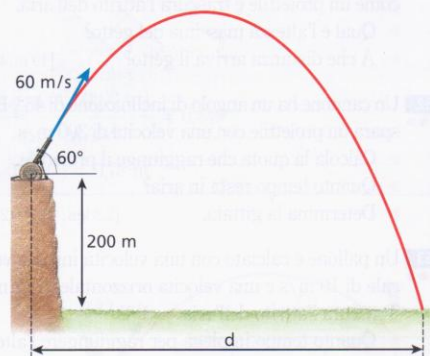
$$[37 \text{ m/s}]$$

49 Un proiettile viene sparato in aria dalla sommità di una rupe di altezza 200 m, che sovrasta una pia-

nura (figura). La sua velocità iniziale ha modulo di 60 m/s e forma un angolo di 60° con l'orizzontale. Trascura la resistenza dell'aria.

▶ Calcola a quale distanza d toccherà terra il proiettile.

$$[408 \text{ m}]$$



50 ESEMPIO

Un giocatore di hockey su ghiaccio colpisce il disco, a livello del ghiaccio, in modo che esso sfiori la sommità di un muro di vetro alto 2,8 m. Il tempo di volo fino a questo punto è 0,65 s e la distanza orizzontale è 12 m.

▶ Calcola il modulo della velocità iniziale del disco.

▶ Qual è la massima quota che esso raggiunge?

RISOLUZIONE

▶ Scriviamo le equazioni per la posizione del disco e ricaviamo le componenti della velocità iniziale:

$$\begin{cases} x = v_{0x}t \\ y = v_{0y}t - \frac{1}{2}gt^2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} v_{0x} = \frac{x}{t} \\ v_{0y} = \frac{y}{t} + \frac{1}{2}gt \end{cases} \quad v_0 = \sqrt{v_{0x}^2 + v_{0y}^2}$$

Risultato numerico

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$x = 12 \text{ m}$$

$$y = 2,8 \text{ m}$$

$$t = 0,65 \text{ s}$$

$$\begin{cases} v_{0x} = \frac{12 \text{ m}}{0,65 \text{ s}} = 18 \text{ m/s} \\ v_{0y} = \frac{2,8 \text{ m}}{0,65 \text{ s}} + \frac{1}{2}(9,8 \text{ m/s}^2)(0,65 \text{ s}) = 7,5 \text{ m/s} \end{cases}$$

$$v_0 = \sqrt{(18 \text{ m/s})^2 + (7,5 \text{ m/s})^2} = 20 \text{ m/s}$$

▶ Nel punto più alto della traiettoria la componente verticale della velocità è nulla. Ricaviamo t e sostituiamo nell'equazione della y :

$$v_y = v_{0y} - gt = 0 \Rightarrow t = \frac{v_{0y}}{g}$$

$$y = v_{0y}t - \frac{1}{2}gt^2 = \frac{v_{0y}^2}{g} - \frac{1}{2} \frac{v_{0y}^2}{g} = \frac{1}{2} \frac{v_{0y}^2}{g}$$

Risultato numerico

$$v_{0y} = 7,5 \text{ m/s}$$

$$y = \frac{(7,5 \text{ m/s})^2}{2(9,8 \text{ m/s}^2)} = 2,9 \text{ m}$$

51 Un idrante espelle un getto d'acqua in una direzione che forma un angolo di 60° con il terreno. L'acqua esce alla velocità di 22 m/s . In queste condizioni, la velocità verticale è 19 m/s , mentre quella orizzontale è 11 m/s . Supponi che l'acqua si muova come un proiettile e trascura l'attrito dell'aria.

- ▶ Qual è l'altezza massima del getto?
- ▶ A che distanza arriva il getto? [19 m; 43 m]

52 Un cannone ha un angolo di inclinazione di 45° . Esso spara un proiettile con una velocità di 300 m/s .

- ▶ Calcola la quota che raggiunge il proiettile.
- ▶ Quanto tempo resta in aria?
- ▶ Determina la gittata. [2,3 km; 43 s; 9,2 km]

53 Un pallone è calciato con una velocità iniziale verticale di 10 m/s e una velocità orizzontale di 12 m/s . Trascura l'attrito dell'aria.

- ▶ Quanto tempo impiega per raggiungere l'altezza massima?
- ▶ Quale distanza sull'orizzontale avrà percorso? [1,0 s; 12 m]

54 Un proiettile viene lanciato con la velocità iniziale di 50 m/s e l'inclinazione di 60° rispetto all'orizzontale.

- ▶ Determina modulo e direzione della velocità nel suo punto più alto.
- ▶ Determina modulo, direzione e verso della sua accelerazione. [25 m/s in orizzontale; $9,8 \text{ m/s}^2$ verso il basso]

55 Una palla viene lanciata con un'inclinazione di 30° rispetto all'orizzontale e una velocità iniziale di 30 m/s . Una seconda palla è lanciata con la stessa velocità iniziale, ma a 60° rispetto all'orizzontale.

- ▶ Calcola il tempo che ciascuna palla trascorre in aria.
- ▶ Calcola la distanza percorsa da ciascuna palla prima di ritornare a terra.
- ▶ Traccia le traiettorie delle due palle sullo stesso diagramma. [3,1 s, 5,3 s; 80 m per entrambe]

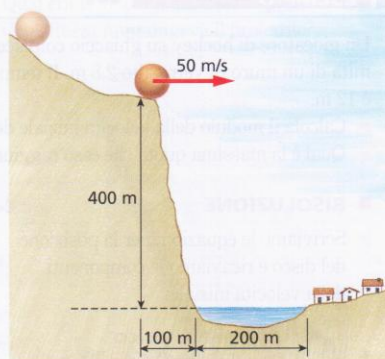
56 Una palla da baseball viene lanciata verso un giocatore con una velocità iniziale di 20 m/s e con un'inclinazione di 45° rispetto all'orizzontale. Nel

momento in cui viene lanciata la palla, il giocatore è a 50 m dal lanciatore e inizia a correre.

- ▶ Determina con quale velocità, in quale direzione e verso deve correre il giocatore per prendere la palla alla stessa altezza dalla quale era stata lanciata. [3,2 m/s verso la palla]

57 Un grosso masso poggia su una rupe che sovrasta di 400 m un piccolo villaggio. Il masso è in una posizione tale che, se rotolasse giù, si distaccherebbe dalla rupe con la velocità di 50 m/s . A valle c'è uno stagno del diametro di 200 m , e la sua riva si trova a 100 m dalla base della rupe. Le prime case del villaggio si trovano sull'altra riva dello stagno. Uno studente sostiene che il masso cadrà nello stagno.

- ▶ Lo studente ha ragione?
- ▶ Calcola quale sarà la velocità del masso quando toccherà il suolo.
- ▶ Calcola la componente orizzontale della velocità.
- ▶ Quanto tempo resterà in aria il masso? [si; 100 m/s; 43 m/s; 6,8 s]



58 Durante una gara di motocross una motocicletta corre in direzione di un fossato. Sul bordo di questo è stata costruita una rampa con un angolo di 10° per permettere alla motocicletta di saltare il fossato che è largo $7,0 \text{ m}$.

- ▶ Calcola la velocità minima che la motocicletta deve avere all'uscita della rampa per superare il fossato. [14 m/s]

59 ESEMPIO

Un fucile spara proiettili che escono dalla canna con una velocità di 250 m/s . Se il proiettile deve colpire un bersaglio distante 100 m , posto allo stesso livello della bocca, il fucile deve mirare a un punto posto sopra il bersaglio. Trascura la resistenza dell'aria.

- ▶ Calcola a quale distanza verticale si trova questo punto.

■ **RISOLUZIONE**

Ricordando che $\sin 2\theta = 2 \sin \theta \cos \theta$, calcoliamo l'angolo di tiro θ dalla gittata G :

$$G = \frac{2 v_0^2}{g} \sin \theta \cos \theta = \frac{2 v_0^2}{g} \frac{\sin 2\theta}{2} \Rightarrow \sin 2\theta = \frac{gG}{v_0^2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 2\theta = \arcsen \frac{gG}{v_0^2} \Rightarrow \theta = \frac{1}{2} \arcsen \frac{gG}{v_0^2}$$

Il punto di mira è

$$y = G \operatorname{tg} \theta$$

■ **Risultato numerico**

$$v_0 = 250 \text{ m/s}$$

$$G = 100 \text{ m}$$

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$\theta = \frac{1}{2} \arcsen \frac{(9,8 \text{ m/s}^2)(100 \text{ m})}{(250 \text{ m/s})^2} = 0,449^\circ$$

$$y = (100 \text{ m})(\operatorname{tg} 0,449^\circ) = 0,78 \text{ m}$$

60 Una palla da baseball è colpita dalla mazza e 3,0 s più tardi viene presa a 30 m di distanza. Trascura la resistenza dell'aria.

- ▶ Qual è la massima quota che ha raggiunto, se la palla si trova a 1 m dal suolo quando è stata colpita?
- ▶ Qual era il modulo della velocità quando è stata presa?
- ▶ Calcola con quale angolo rispetto all'orizzontale si è allontanata dalla mazza.

[12 m; 10 m/s orizzontale, 15 m/s verticale; 56°]

61 Un proiettile viene lanciato con un angolo di 30° rispetto all'orizzontale e con una velocità di 60 m/s da una rupe alta $2,3 \cdot 10^2$ m. Dalla stessa rupe viene lanciato un secondo proiettile con un angolo di 60° e con la stessa velocità del primo. Trascura l'attrito dell'aria.

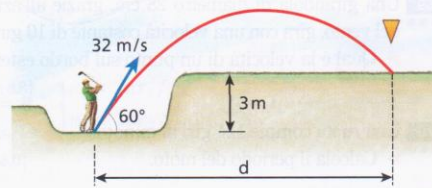
- ▶ Calcola le velocità di atterraggio nei due casi.
- ▶ Cosa puoi concludere? [90 m/s, 90 m/s]

62 Un proiettile viene lanciato con velocità di modulo v_0 che forma un angolo θ rispetto all'orizzontale. Trascura l'attrito dell'aria.

- ▶ Esprimi la quota massima raggiunta dal proiettile in funzione di θ e v_0 .

$$h = \frac{1}{2} \frac{v_0^2}{g} \sin^2 \theta$$

63 Un giocatore di golf deve lanciare la pallina fuori dal bunker di sabbia che si trova a una quota di 3 m inferiore a quella della buca che deve raggiungere (figura). Il giocatore lancia la pallina con una velocità di 32 m/s e un angolo di 60° rispetto all'orizzontale. Trascura l'attrito dell'aria.



- ▶ Calcola a quale distanza d dal punto di lancio la pallina toccherà terra. [~ 89 m]

7 Il moto circolare uniforme

64 QUANTO?

Il turbocompressore di un motore automobilistico può ruotare fino a 200 000 giri al minuto. Le palette della turbina hanno un raggio di 10 cm.

- ▶ Qual è la velocità tangenziale del bordo? [$2 \cdot 10^3$ m/s]

65 QUANTO?

Una ginnasta ruota appesa alla sbarra e compie una rotazione completa in 2 s.

- ▶ Stima l'accelerazione centripeta di un punto del suo corpo a distanza di 1 m dall'asse di rotazione. [10 m/s^2]

66 QUANTO?

Il TGV Atlantique viaggia a circa 300 km/h.

- ▶ Quale è il raggio minimo delle curve del tracciato se l'accelerazione centripeta deve essere inferiore a 1 m/s^2 ? [7 km]

In una centrifuga per insalata il cestello ha un raggio di 14 cm. Il cestello ruota con moto circolare uniforme avente un periodo di 0,35 s.

- ▶ Calcola il modulo della velocità del bordo esterno del cestello. [2,5 m/s]