



1 Le grandezze vettoriali che descrivono il moto

1 QUANTO?

- Madrid e Chicago si trovano a circa 45° di latitudine Nord e distano 90° di longitudine. Il raggio della Terra è $6 \cdot 10^3$ km.
 - ▶ Quanto vale la distanza percorsa da un volo intercontinentale tra queste due città?
 - ▶ Qual è il modulo del vettore spostamento? [$7 \cdot 10^3$ km; $6 \cdot 10^3$ km]

- 2 Una barca si sposta in un'ora di 3 km verso Nord e di 4 km verso Sud.
 - ▶ Calcola il modulo del suo spostamento totale. [1 km verso Sud]

- 3 Una farfalla vola da un fiore a un altro per 7,0 m verso Sud, poi si sposta verso Est di 3,3 m.

- ▶ Disegna i vettori spostamento e il vettore spostamento risultante.
- ▶ Calcola il modulo del vettore spostamento. [7,7 m]

- 4 Le coordinate della posizione di una particella (x, y) sono $(2,0 \text{ m}, 3,0 \text{ m})$ all'istante $t_0 = 0 \text{ s}$, $(6,0 \text{ m}, 7,0 \text{ m})$ all'istante $t_1 = 2,0 \text{ s}$ e $(13 \text{ m}, 14 \text{ m})$ all'istante $t_2 = 5,0 \text{ s}$.
 - ▶ Calcola la velocità \bar{v} tra t_0 e t_1 .
 - ▶ Calcola la velocità \bar{v} tra t_0 e t_2 . [2,8 m/s; 3,1 m/s]

- 5 Inizialmente una particella si muove verso Ovest con una velocità di 40 m/s e 5 s più tardi con una velocità di 30 m/s.
 - ▶ Calcola il modulo, la direzione e il verso della variazione di velocità Δv .
 - ▶ Determina il modulo e la direzione dell'accelerazione \bar{a} in questo intervallo. [10 m/s; 2 m/s²]

6 ESEMPIO ●●●

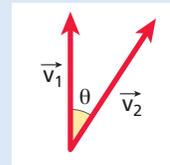
In un campo due trattori partono dallo stesso punto, nello stesso istante, in due direzioni che formano un angolo di 45° . Le rispettive velocità, costanti, hanno modulo $v_1 = 1,27 \text{ m/s}$ e $v_2 = 1,55 \text{ m/s}$.

- ▶ Con che velocità relativa si allontanano l'uno dall'altro?
- ▶ Calcola la distanza relativa tra i due trattori dopo 15,0 s.

■ RISOLUZIONE

- ▶ Scegliamo un sistema di riferimento con \vec{v}_1 diretto lungo l'asse y :

$$\vec{v}_1 \begin{cases} v_{1x} = 0 \\ v_{1y} = v_1 \end{cases} \quad \vec{v}_2 \begin{cases} v_{2x} = v_2 \cos \theta \\ v_{2y} = v_2 \sin \theta \end{cases}$$



La velocità relativa tra i due trattori è la differenza vettoriale tra le loro velocità:

$$\vec{v}_r = \vec{v}_2 - \vec{v}_1 \quad \vec{v}_r \begin{cases} v_{rx} = v_{2x} - v_{1x} = v_2 \cos \theta \\ v_{ry} = v_{2y} - v_{1y} = v_2 \sin \theta - v_1 \end{cases}$$

■ Risultato numerico

$$\begin{aligned} \theta &= 45^\circ \\ v_1 &= 1,27 \text{ m/s} \\ v_2 &= 1,55 \text{ m/s} \end{aligned}$$

$$\vec{v}_r \begin{cases} v_{rx} = (1,55 \text{ m/s}) \frac{\sqrt{2}}{2} = 1,10 \text{ m/s} \\ v_{ry} = (1,55 \text{ m/s}) \frac{\sqrt{2}}{2} - 1,27 \text{ m/s} = -0,17 \text{ m/s} \end{cases}$$

- ▶ Utilizziamo la velocità calcolata in precedenza:

$$\begin{aligned} \Delta s &= v_r \Delta t & v_r &= \sqrt{v_{rx}^2 + v_{ry}^2} \\ \Delta s &= \left(\sqrt{v_{rx}^2 + v_{ry}^2} \right) \Delta t \end{aligned}$$

■ Risultato numerico

$$\Delta t = 15,0 \text{ s}$$

$$\Delta s = \left[\sqrt{(1,10 \text{ m/s})^2 + (-0,17 \text{ m/s})^2} \right] \cdot (15,0 \text{ s}) = 17 \text{ m}$$

7 Un uomo attraversa un fiume percorrendo un ponte il cui profilo può essere approssimato con una semicirconferenza. Il fiume è largo 36 m e camminando a velocità costante impiega 1,8 minuti.

- ▶ Calcola il modulo dello spostamento e la distanza percorsa.
- ▶ Disegna i vettori velocità all'inizio, a metà e alla fine del ponte e calcolane il modulo.

[36 m, 57 m; 0,52 m/s]

8 Una bicicletta viaggia a una velocità costante pari a 21 km/h su un falsopiano avente una pendenza del 2% (cioè tale che in 100 m percorsi orizzontalmente si alza di 2 m).

- ▶ Qual è lo spostamento compiuto, orizzontalmente e verticalmente, dopo 2 minuti?
- ▶ Calcola la distanza percorsa. [0,70 km, 14 m; 0,70 km]

9 Uno sciatore parte da fermo con accelerazione costante lungo una pista di 0,21 km. In fondo alla pista il modulo della sua velocità è di 8,2 m/s.

- ▶ Determina il modulo dell'accelerazione dello sciatore.
- ▶ Calcola le componenti orizzontale e verticale dell'accelerazione se la pista è inclinata di 30° rispetto all'orizzontale.

[0,16 m/s²; 0,14 m/s², 0,080 m/s²]

10 Un ragazzo, durante una caccia al tesoro, cammina in un bosco per 1,4 ore spostandosi di 1,6 km verso Nord, poi di 0,74 km verso Ovest e infine di 0,58 km in direzione Sud-Est, formando un angolo di 30° rispetto al Sud.

- ▶ Calcola modulo e componenti del vettore spostamento del ragazzo.
- ▶ Quanto vale la sua velocità media?

[1,2 km, 1,1 km a Nord, 0,45 km a Ovest; 2,1 km/h]

11 Un'automobile che viaggia alla velocità di 24 m/s rallenta uniformemente e si porta, in un intervallo di tempo pari a 6,6 s, alla velocità di 18 m/s, mentre percorre una curva che ne cambia di 90° il vettore velocità.

- ▶ Calcola il modulo dell'accelerazione media.

[5,2 m/s²]

12 Un operatore radar fermo individua una nave a 10 km a Sud della sua posizione. Un'ora dopo la stessa nave è a 20 km a Sud-Est della sua posizione. La nave si muove con velocità costante sempre nella stessa direzione.

- ▶ Calcola la sua velocità durante questo intervallo di tempo.

[15 km/h, a 16j a Sud-Est]

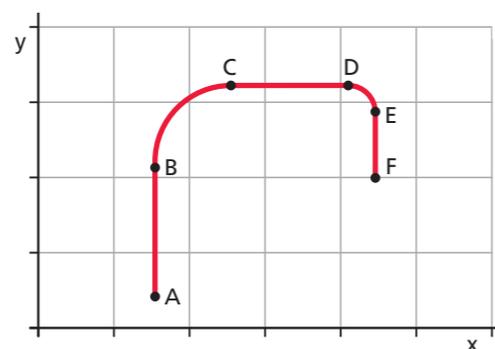
13 Una particella si muove con una velocità pari a $8,4 \cdot 10^4$ m/s. A partire da un certo istante è sottoposta a un'accelerazione di modulo $6,3 \cdot 10^{10}$ m/s² e in ogni istante perpendicolare alla velocità.

- ▶ Dopo quanto tempo la particella avrà invertito la direzione del suo moto? [4,2 · 10⁻⁶ s]



14 La figura mostra il percorso di un'automobile, costruito con segmenti e archi di circonferenza. L'automobile parte ferma dal punto A. Dopo che ha raggiunto il punto B procede con velocità di modulo costante finché non raggiunge il punto E. Infine si ferma nel punto F.

- ▶ Qual è la direzione orientata del vettore velocità \vec{v} nel mezzo di ciascun tratto: AB, BC, CD, DE, EF? (Usa come riferimento l'asse x.)
- ▶ In quali di questi punti l'automobile ha un'accelerazione e quali sono la sua direzione e il suo verso?
- ▶ Confronta i moduli dell'accelerazione per i tratti BC e DE.



[AB 90° , BC 45° , CD 0° , DE -45° , EF 90° ;
AB semiasse +y; BC centro dell'arco di circonferenza,
DE centro dell'arco di circonferenza, EF semiasse -y;
 $a_{DE} > a_{BC}$]

2 Composizione dei moti

3 Il moto di caduta libera dei proiettili

15 QUANTO?

Un'auto percorre a 90 km/h un calvacchia sulla linea ferroviaria ad alta velocità, quando sta passando un treno a 180 km/h.

- ▶ Stima il modulo della velocità relativa tra auto e treno. [2 · 10² km/h]

16 In un grande magazzino la scala mobile sale alla velocità di 1,2 m/s. L'altezza tra i due piani dell'edificio è di 4,0 m e la scala ha un'inclinazione di 30° . Un ragazzo si muove sulla scala mobile alla velocità di 0,80 m/s rispetto a essa.

- ▶ Calcola quanto tempo impiega a salire di un piano. [4,0 s]

17 Un nuotatore risale la corrente di un fiume che scorre a 0,80 m/s. Il nuotatore riesce a mantenere per 2,0 minuti una velocità di 1,3 m/s rispetto all'acqua.

- ▶ Calcola di quanto risale il fiume. [60 m]

18 Il nuotatore del problema 17 nuota nello stesso verso della corrente.

- ▶ Determina di quanto si sposta rispetto alla riva in 3,0 minuti. [0,38 km]

19 Un aereo vola verso Sud alla velocità di 790 km/h, quando incontra una corrente a getto che spira verso Ovest a 250 km/h.

- ▶ Calcola il modulo della velocità dell'aereo rispetto a terra. [~ 830 km/h]

20 Un aereo vola con una velocità di 250 km/h rispetto all'aria ferma. Un vento soffia a 80 km/h nella direzione Nord-Est.

23 ESEMPIO

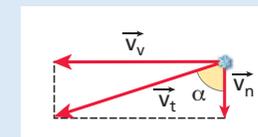
Durante una tempesta di neve i fiocchi cadono con un'inclinazione $\alpha = 85^\circ$ rispetto alla verticale. In assenza di vento i fiocchi cadono con una velocità di 1,4 m/s.

- ▶ Calcola la velocità del vento, sapendo che soffia in direzione orizzontale.

RISOLUZIONE

La velocità totale v_t dei fiocchi è la somma vettoriale della velocità del vento v_v e della velocità di caduta v_n :

$$\vec{v}_t = \vec{v}_v + \vec{v}_n$$



Le velocità della neve e del vento sono perpendicolari:

$$v_n = v_t \cos \alpha \quad v_v = v_t \sin \alpha$$

$$\Rightarrow v_t = \frac{v_n}{\cos \alpha} \Rightarrow v_v = v_n \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = v_n \operatorname{tg} \alpha$$

Risultato numerico

$$\alpha = 85^\circ \quad v_n = 1,4 \text{ m/s}$$

$$v_v = (1,4 \text{ m/s})(\operatorname{tg} 85^\circ) = 16 \text{ m/s}$$

24 Un treno passa in una stazione con una velocità di 25 m/s. Una borsa cade dal portapacchi e arriva sul pavimento con una velocità verticale di 5,5 m/s.

- ▶ Quanto vale il modulo della velocità finale della borsa rispetto alla stazione? [26 m/s]

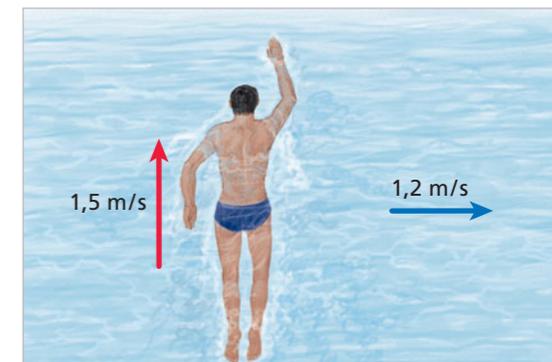
- ▶ In quale direzione e verso dovrebbe puntare l'aereo per dirigersi a Nord?

- ▶ Calcola la velocità dell'aereo rispetto al suolo.

[13j a Ovest rispetto a Nord; 300 km/h]

21 Gabriele attraversa a nuoto un fiume mantenendo una velocità di 1,5 m/s rispetto all'acqua. La velocità della corrente è 1,2 m/s.

- ▶ Calcola il modulo della velocità di Gabriele rispetto a riva. [1,9 m/s]



22 Considera la situazione del problema precedente. Il fiume è largo 30 m.

- ▶ Calcola quanto tempo impiega Gabriele ad attraversare il fiume.

- ▶ Di quanto si sposta verso valle? [20 s; 24 m]

26 Un ragazzo corre, in pianura, sotto la pioggia con l'ombrello aperto a una velocità di 3,5 m/s, mentre la pioggia cade lungo la verticale a 5,3 m/s.

- ▶ Calcola l'angolo di inclinazione ottimale dell'ombrello, rispetto alla verticale.
- ▶ Determina il modulo della velocità delle gocce d'acqua che colpiscono l'ombrello. [33°; 6,4 m/s]

27 Nello scompartimento di un treno, un bambino lancia una palla verso l'alto con velocità 5,1 m/s. La velocità della palla per un osservatore a terra è di 22 m/s.

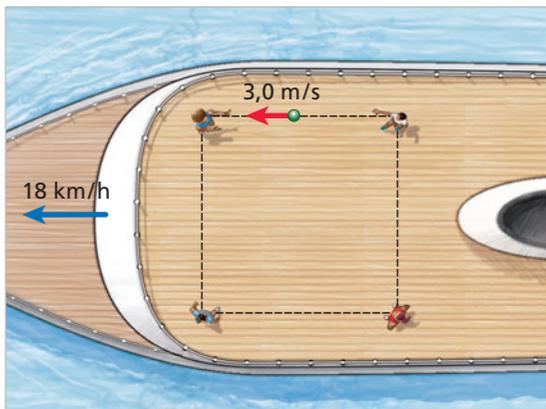
- ▶ Calcola la velocità del treno. [21 m/s]

28 Una canoista che pagaia a una velocità di 0,72 m/s decide di attraversare un fiume largo 92 m. Parte dal punto O e, mantenendo la canoa in direzione perpendicolare alle sponde, approda dall'altro lato del fiume, in un punto che si trova 55 m più a valle del punto di partenza.

- ▶ Determina la velocità della corrente del fiume.
- ▶ Calcola la velocità della canoa. [0,43 m/s; 0,84 m/s]

29 Quattro amici, Alberto (A), Beatrice (B), Carlo (C) e Donatella (D), sono disposti ai vertici di un quadrato e giocano a frisbee sul ponte di una nave. La nave viaggia a 18 km/h e i ragazzi si passano il frisbee a una velocità di 3,0 m/s.

- ▶ Determina il modulo della velocità del frisbee nei vari passaggi rispetto a un peschereccio ancorato in mare. [A → B: 2,0 m/s, B → C: 5,8 m/s, C → D: 8 m/s, D → A: 5,8 m/s]



30 Un nuotatore cerca di attraversare un fiume largo 80 m nuotando a una velocità di 1,6 m/s rispetto all'acqua. Egli raggiunge la riva in un punto 40 m a valle sulla sponda opposta al punto di partenza.

- ▶ Calcola la velocità della corrente del fiume.

- ▶ Determina il modulo della velocità del nuotatore rispetto alla riva.
- ▶ Quale direzione avrebbe dovuto scegliere per arrivare al punto direttamente opposto a quello di partenza? [0,8 m/s; 1,8 m/s; 30° verso monte]

31 Un treno merci si muove con la velocità costante di 10 m/s. Un uomo in piedi su un pianale lancia una palla in aria e la riprende quando cade. Rispetto al pianale la velocità iniziale della palla è di 15 m/s in direzione verticale verso l'alto.

- ▶ Calcola quali sono il modulo, la direzione e il verso della velocità iniziale della palla dal punto di vista di un secondo uomo in piedi sul marciapiede.
- ▶ Quanto tempo resta in aria la palla secondo l'uomo sul treno e secondo l'uomo sul marciapiede ($g = 10 \text{ m/s}^2$)?
- ▶ Qual è la distanza orizzontale percorsa dalla palla al momento in cui viene ripresa, secondo l'uomo sul treno e secondo quello sul marciapiede?
- ▶ Qual è la minima velocità della palla durante il suo volo secondo l'uomo sul treno e secondo quello sul marciapiede?
- ▶ Qual è l'accelerazione della palla secondo l'uomo sul treno e secondo quello sul marciapiede?

[18 m/s, 56° rispetto all'orizzontale nel verso del moto del treno; 3,0 s per entrambi; 0 m, 30 m; 0 m/s, 10 m/s; g per entrambi]

4 Moto di un proiettile lanciato in direzione orizzontale

32 QUANTO?

Nel 2010 il torneo di tennis Roland Garros di Parigi è stato vinto da Francesca Schiavone. La velocità della pallina da tennis del suo miglior servizio raggiunge $2 \cdot 10^2 \text{ km/h}$. Trascura la resistenza dell'aria.



- ▶ Calcola a quale distanza cadrebbe la pallina se la tennista effettuasse il servizio (lancio orizzontale) dalla cima della Torre Eiffel, alta $3 \cdot 10^2 \text{ m}$. [4 · 10² 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.

la 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

$$\begin{aligned} g &= 9,8 \text{ m/s}^2 \\ x &= 18,4 \text{ m} \\ v_{0x} &= 140 \text{ km/h} = 38,9 \text{ m/s} \end{aligned}$$

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

- 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 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?

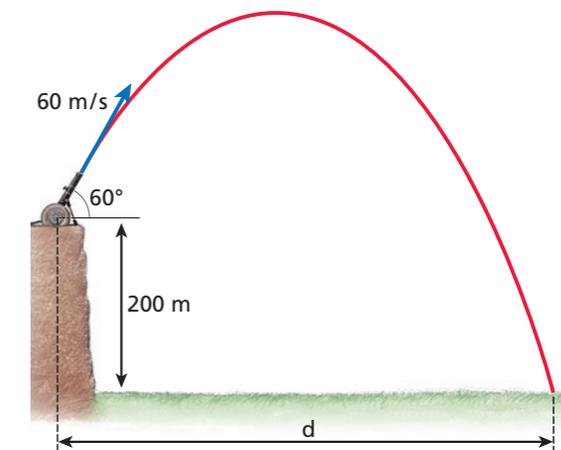
[37 m/s]

- 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 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:

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

■ Risultato numerico

$$\begin{aligned} g &= 9,8 \text{ m/s}^2 \\ x &= 12 \text{ m} \\ y &= 2,8 \text{ m} \\ t &= 0,65 \text{ s} \end{aligned}$$

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

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

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

$$\begin{aligned} v_y = v_{0y} - g t = 0 &\Rightarrow t = \frac{v_{0y}}{g} \\ y = v_{0y} t - \frac{1}{2} g t^2 &= \frac{v_{0y}^2}{g} - \frac{1}{2} \frac{v_{0y}^2}{g} = \frac{1}{2} \frac{v_{0y}^2}{g} \end{aligned}$$

■ 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]

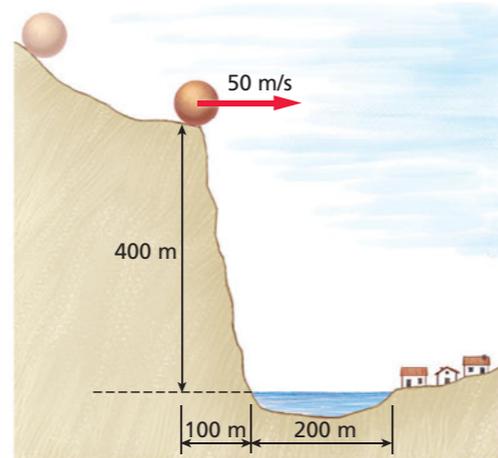
56 Una palla da baseball viene lanciata verso un giocatore con una velocità iniziale di 20 m/s e con un'inclinazione di 45° rispetto all'orizzontale. Nel

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 distaccerebbe 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]

■ RISOLUZIONE

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

$$G = \frac{2v_0^2}{g} \sin \theta \cos \theta = \frac{2v_0^2}{g} \frac{\sin 2\theta}{2} \Rightarrow \sin 2\theta = \frac{gG}{v_0^2} \Rightarrow 2\theta = \arcsen \frac{gG}{v_0^2} \Rightarrow \theta = \frac{1}{2} \arcsen \frac{gG}{v_0^2}$$

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 $3,0 \text{ s}$ 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 $2,3 \cdot 10^2 \text{ m}$. 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.

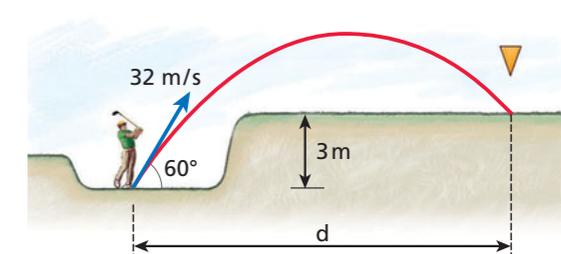
- Calcola le velocità di atterraggio nei due casi.
- Cosa puoi concludere? [90 m/s, 90 m/s]

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 .

$$\left[h = \frac{1}{2} \frac{v_0^2}{g} \sin^2 \theta \right]$$

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?

[$2 \cdot 10^3 \text{ m/s}$]

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]

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

- Calcola il modulo della velocità del bordo esterno del cestello.

[$2,5 \text{ m/s}$]

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.

68 **ESEMPIO** ●●●

Un lanciatore del disco lancia il disco ruotando il braccio per metà di un giro completo. Considera che il braccio sia lungo 86 cm e che il mezzo giro sia compiuto in 0,19 s.

► Calcola la velocità di partenza del disco.

■ **RISOLUZIONE**

Nel moto circolare uniforme velocità, periodo e raggio della rotazione sono legati dalla relazione

$$v = \frac{2\pi r}{T}$$

■ **Risultato numerico**

$$r = 86 \text{ cm} \quad \frac{T}{2} = 0,19 \text{ s}$$

$$v = \frac{2\pi(0,86 \text{ m})}{2(0,19 \text{ s})} = 14 \text{ m/s}$$

69 ●●● Una girandola di diametro 28 cm, grazie all'azione del vento, gira con una velocità costante di 10 giri/s.

► Qual è la velocità di un punto sul bordo esterno. [8,8 m/s]

70 ●●● Una ruota compie 124 giri al minuto.

► Calcola il periodo del moto. [0,484 s]

71 ●●● Il sistema GPS per determinare la posizione degli oggetti si basa su una flotta di 31 satelliti, ciascuno dei quali ruota attorno alla Terra su un'orbita praticamente circolare con un periodo di 12 ore. Il raggio dell'orbita è $2,66 \cdot 10^4$ km.

► Calcola il modulo della velocità di un satellite in km/h. [$1,39 \cdot 10^4$ km/h]

72 ●●● Una ruota gira con una frequenza di 2,8 Hz.

► Qual è la velocità di un punto posto a 16 cm dal centro. [2,8 m/s]

73 ●●● Nel 1959 R.F. Gray sopportò per 5 secondi un'accelerazione di 31 g.

► Quanti giri al minuto deve fare una centrifuga per produrre un'accelerazione di 31 g su una persona posta a 5 metri dal centro? [74 giri/min]

74 ●●● Durante la fase di centrifugazione, in cui il bucato viene asciugato, il cestello di una lavatrice ruota a 1000 giri al minuto. Il cestello ha un diametro di 56 cm.

► Calcola l'accelerazione centripeta in unità g che agisce sulla parte più esterna del cestello. [~ 310g]

75 ●●● Una particella percorre una traiettoria circolare di 5 metri di raggio con velocità costante di 15 m/s.

► Quanto vale il modulo della sua accelerazione? [45 m/s²]

76 **ESEMPIO** ●●●

Un argano è costituito da un rullo di diametro 28 cm, sul quale si avvolge un cavo d'acciaio lungo 16 m, e impiega 1'37" ad avvolgerlo completamente.

► Calcola la frequenza di rotazione del rullo.

■ **RISOLUZIONE**

La velocità del cavo è

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

La frequenza e la velocità tangenziale sono legate dalla relazione

$$v = 2\pi r f \Rightarrow f = \frac{v}{2\pi r} = \frac{\Delta s}{2\pi r \Delta t} = \frac{\Delta s}{\pi d \Delta t}$$

■ **Risultato numerico**

$$\begin{aligned} \Delta s &= 16 \text{ m} \\ \Delta t &= 1'37'' = 97 \text{ s} \\ d &= 28 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$f = \frac{16 \text{ m}}{\pi \cdot (0,28 \text{ m})(97 \text{ s})} = 0,19 \text{ Hz}$$

77 ●●● Due ruote, aventi rispettivamente raggio 7,3 cm e 12,4 cm, sono collegate tramite una cinghia.

► Calcola quanti giri compie la ruota grande mentre la piccola ne compie 271. [160]

78 ●●● Le ruote di un'automobile hanno un diametro di 57 cm. Durante un controllo in officina le ruote

sono poste su rulli, in modo che l'auto stia ferma sul posto pur avendo le ruote che girano come se si andasse a 60 km/h. Un punto sul battistrada si muove quindi di moto circolare uniforme.

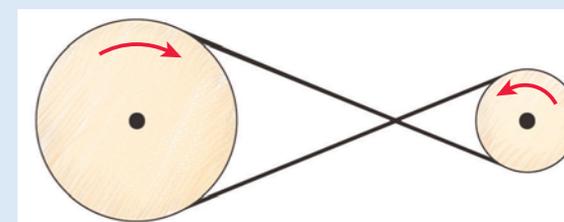
► Quanto vale la frequenza?
► Qual è il periodo del moto?

[9,3 Hz; 0,11 s]

79 **ESEMPIO** ●●●

Due ruote, rispettivamente di raggio 13 cm e 24 cm, sono collegate da una cinghia come in figura. La frequenza della prima ruota è di 1,4 Hz.

► Calcola la frequenza della seconda ruota.
► Qual è l'accelerazione centripeta di un punto sul bordo della seconda ruota?

■ **RISOLUZIONE**

► Le velocità dei bordi delle due ruote sono uguali, anche se ruotano in senso opposto:

■ **Risultato numerico**

$$\begin{aligned} r_1 &= 13 \text{ cm} \\ r_2 &= 24 \text{ cm} \\ f_1 &= 1,4 \text{ Hz} \end{aligned}$$

► L'accelerazione centripeta di un punto sul bordo è

■ **Risultato numerico**

$$\begin{aligned} r_2 &= 24 \text{ cm} \\ f_2 &= 0,76 \text{ Hz} \end{aligned}$$

$$v_1 = v_2 \quad \begin{cases} v_1 = 2\pi r_1 f_1 \\ v_2 = 2\pi r_2 f_2 \end{cases} \Rightarrow f_2 = f_1 \frac{r_1}{r_2}$$

$$f_2 = (1,4 \text{ Hz}) \frac{(13 \text{ cm})}{(24 \text{ cm})} = 0,76 \text{ Hz}$$

$$a = \frac{v_2^2}{r_2} = \frac{(2\pi r_2 f_2)^2}{r_2} = 4\pi^2 r_2 f_2^2$$

$$a = 4\pi^2 (0,24 \text{ m})(0,76 \text{ s}^{-1})^2 = 5,5 \text{ m/s}^2$$

80 ●●● Una giostra del luna park ruota a velocità uniforme. La distanza dei ragazzi dal centro di rotazione è di 3,4 m e il modulo dell'accelerazione centripeta è di 4,6 m/s².

► Qual è la frequenza di rotazione della giostra? [0,19 Hz]

81 ●●● In una gara di sci gli sciatori affrontano curve con velocità fino a 96 km/h. L'accelerazione a cui sono sottoposti non deve superare i 2,5 g.

► Calcola il raggio minimo delle curve. [29 m]

82 ●●● Un'automobile percorre una curva di raggio 40 m. La forza d'attrito tra la strada e i pneumatici è tale che la massima accelerazione possibile verso l'interno della curva è di 0,60 g.

► Calcola la massima velocità con cui l'automobile può affrontare la curva. [55 km/h]

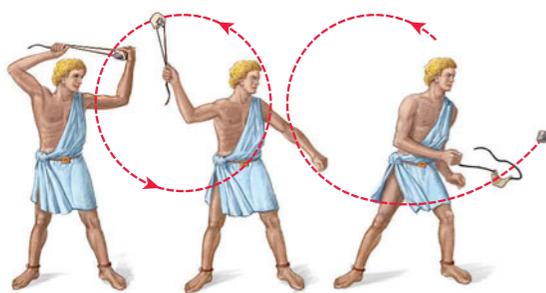
83 ●●● Un ragazzo fa ruotare una palla legata a una corda descrivendo una circonferenza di raggio orizzontale di 1,5 m.

► Quale deve essere la velocità della palla affinché l'accelerazione centripeta sia uguale in modulo all'accelerazione di gravità?

► A questa velocità quanti giri al minuto compie la palla? [3,8 m/s; 24 giri/min]

84 ●●● Il Davide di Michelangelo rappresenta l'omonimo personaggio biblico che uccise il gigante Golia lanciando una pietra con la frombola (fionda). La frombola consiste in un laccio di cuoio con una tasca in cui inserire la pietra. Per lanciare la pietra si fa prima ruotare il laccio e poi si lascia un capo del laccio che libera la pietra (figura alla pagina seguente). Una frombola è lunga 54 cm e viene fatta ruotare a 9 giri al secondo.

- Calcola la gittata massima trascurando l'attrito dell'aria. [95 m]



- 85 Due trenini viaggiano nello stesso verso su due rotaie circolari concentriche, rispettivamente di raggio 1,12 m e 1,58 m, con velocità pari a 0,21 m/s e 0,22 m/s. All'istante $t = 0$ s i due trenini sono allineati sullo stesso raggio.

- Dopo quanto tempo si troveranno nuovamente allineati?
► Calcola l'angolo tra i due allineamenti.

[130 s; 317°]

- 86 Un ciclista sta pedalando con una cadenza di 75 pedalate al minuto. Ha una corona (ruota dentata sui pedali) da 42 denti e un pignone (ruota dentata sulla ruota posteriore) da 14 denti. La ruota ha un diametro di 0,71 m.

- A quale velocità sta procedendo? [30 km/h]

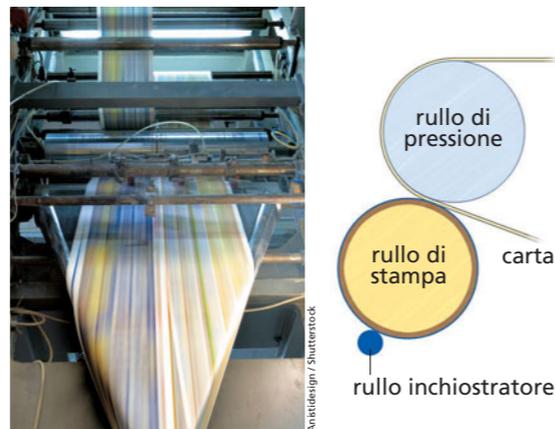
- 87 Una particella percorre una circonferenza di 4 cm di raggio. Essa impiega 8 s per compiere un giro.

- Disegna in scala la traiettoria della particella e indica le posizioni corrispondenti a intervalli di 1 s. Traccia i vettori spostamento per questi intervalli di 1 s. Essi coincidono con i vettori velocità media per questi intervalli.
► Determina graficamente la variazione della velocità media $\Delta \bar{v}$ per due intervalli consecutivi di 1 s.
► Confronta il rapporto $\Delta \bar{v} / \Delta t$ misurato in questo modo con l'accelerazione istantanea calcolata in base all'espressione $a_r = v^2 / r$.

[$\Delta \bar{v} / \Delta t = 2,4 \text{ cm/s}^2$; $a_r = 2,5 \text{ cm/s}^2$]

- 88 Per stampare i quotidiani si utilizza un sistema detto rotativa, basato su un sistema di rulli sui quali è riportata la matrice della pagina da stampare. Uno schema semplice è mostrato in figura. Il rullo inchiostatore ha un diametro di 18 cm, mentre il rullo di stampa ha un diametro di 214 cm e stampa 10 fogli ogni giro. Un quotidiano è costituito in media da 18 fogli e ha una tiratura di 122000 copie.

- Calcola la frequenza di rotazione del rullo inchiostatore se il quotidiano viene stampato in una notte (8 ore). [91 Hz]

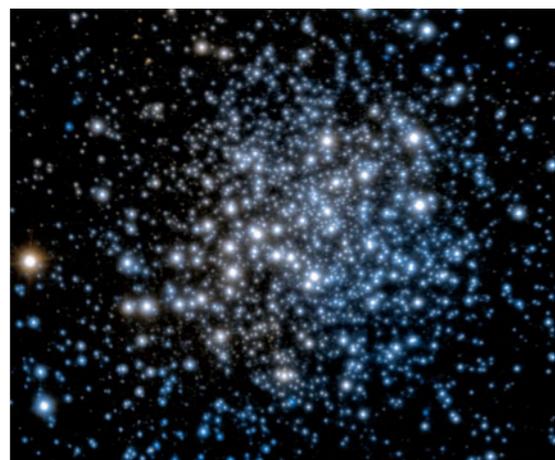


- 89 Un aereo vola a 54 m/s in orizzontale quando esegue una picchiata in caduta libera. Dopo aver perso $1,1 \cdot 10^3$ m di quota, interrompe la caduta descrivendo un arco di circonferenza di raggio $9,1 \cdot 10^2$ m (cabrata).

- Quanto vale l'accelerazione all'inizio della cabrata? [27 m/s²]

- 90 Una pulsar è una stella di neutroni che emette radiazioni pulsanti a causa della rapida rotazione intorno al suo asse. Nel gruppo Terzan 5 della costellazione del Sagittario si trova una delle pulsar più veloci, che ruota con una frequenza di 0,72 kHz. Il diametro di questa pulsar è di 16 km.

- Calcola la velocità tangenziale di un punto sull'equatore della stella.
► Qual è il valore minimo dell'accelerazione di gravità alla superficie, in unità di g ?

[$36 \cdot 10^6 \text{ m/s}$; $\sim 1,7 \cdot 10^{10} g$]

PROBLEMI FINALI

91 La legge del fuoricampo

- Nel baseball, un *home run* è una battuta grazie alla quale il battitore manda la palla fuori dal campo, segnando in tal modo un punto per la propria squadra. La distanza minima tra il battitore e la recinzione di fondo è circa 120 m.

- Qual è la velocità minima che il battitore deve imprimere alla palla per segnare un *home run*?

[$v = 34 \text{ m/s}$]

92 Il più grande anello del mondo

- Il 21 ottobre 2008 al laboratorio CERN di Ginevra è stato completato LHC (*Large Hadron Collider*), il più grande acceleratore di particelle del mondo. Questo è un anello lungo 27 km, posto 100 metri sottoterra, in cui vengono fatte circolare particelle subatomiche a velocità prossime a quella della luce ($3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$). Questa macchina è stata costruita per studiare le proprietà delle particelle, facendole scontrare tra loro per osservarne il comportamento.

- A quale accelerazione centripeta devono essere sottoposte le particelle per rimanere confinate entro l'anello e non distruggere LHC?

[$a_c = 3,3 \cdot 10^{12} \text{ m/s}^2$]

93 I limiti del cuore

- La $F_{c_{\max}}$ è la frequenza cardiaca massima, in battiti al minuto, cui può essere sottoposto senza rischi il cuore umano. Essa dipende dall'età secondo la formula: $F_{c_{\max}} = 208 - 0,7 \cdot (\text{età})$.

- Calcola la frequenza minima del battito cardiaco per un ragazzo di 15 anni. [3,3 battiti/s]

94 Record al GP

- La velocità massima mai registrata durante un Gran Premio è stata di 369,9 km/h, toccata da

Antonio Pizzonia sul tracciato di Monza. Una ruota posteriore di un'automobile da Formula 1 ha un diametro (compreso il copertone) di circa 660 mm.

- Quanto vale l'accelerazione centripeta dell'esterno del copertone? [$3,20 \cdot 10^4 \text{ m/s}^2$]

95 L'uomo volante

- Le *wingpack* sono ali rigide allacciate dietro la schiena utilizzate per la prima volta nel 1999 da Alban Geissler. Lanciandosi da 8900 m d'altezza, ha percorso 35 km in 14 minuti, attraversando il Canale della Manica.

- Calcola la velocità media mantenuta durante la caduta. [150 km/h]



96 Vortice di dati

- L'*hard disk* di un computer è il serbatoio in cui vengono immagazzinati i file dell'utente e i programmi installati. I dati vengono letti e memorizzati da una testina che scorre su un disco di metallo in rotazione (diametro di 9,5 cm). Per problemi costruttivi la velocità di rotazione è solitamente fissata a 7200 giri al minuto.

- Determina la velocità tangenziale del bordo del disco.
► Calcola l'accelerazione centripeta a cui è sottoposto il materiale sul bordo del disco.

[$v = 36 \text{ m/s}$; $2,7 \cdot 10^4 \text{ m/s}^2$]

97 La marcia ideale

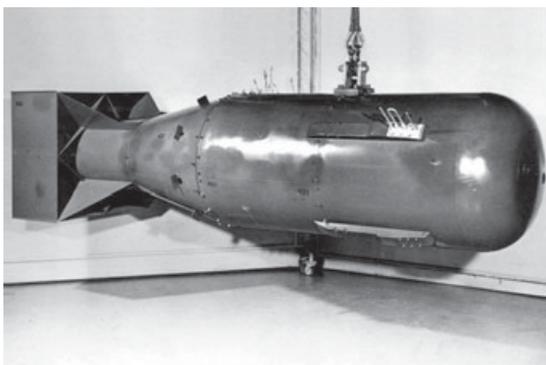
- Quando si guida un'automobile a velocità costante, è consigliabile scegliere la marcia per cui i giri del motore si mantengono a circa $2 \cdot 10^3$ giri/min. Considera un'automobile che viaggia a 110 km/min, che abbia una marcia con un rapporto tra i giri del motore e quelli della ruota di $3/2$ e che utilizzi uno dei modelli più diffusi di copertone (diametro = 660 mm).
- ▶ Calcola i giri del motore.
 - ▶ Quanto vale la differenza percentuale rispetto al regime ottimale? [2300 giri/s; 15%]

98 Lancio «perfetto»

- La quota minima per l'apertura di un paracadute è di 750 m. Un paracadute militare mantiene una velocità di discesa di circa 7 m/s.
- ▶ Determina lo spostamento del punto di atterraggio con un vento laterale di 3 m/s. [320 m]

99 La prima bomba atomica

- Alle 8:14 del 6 agosto 1945 venne utilizzata per la prima volta una bomba nucleare in un'azione di guerra. Little Boy fu sganciata da un bombardiere B-29 (Enola Gay) che volava a 9467 m di quota e a una velocità di 528 km/h. La detonazione avvenne a 580 m dal suolo per massimizzarne l'effetto distruttivo. Trascura l'attrito dell'aria.
- ▶ Calcola la traiettoria di Little Boy (in unità del Sistema Internazionale).
 - ▶ Dopo quanti secondi dal lancio avvenne la detonazione? [$P = (147 \cdot t; 9467 - 4,9 \cdot t^2); 43$ s]



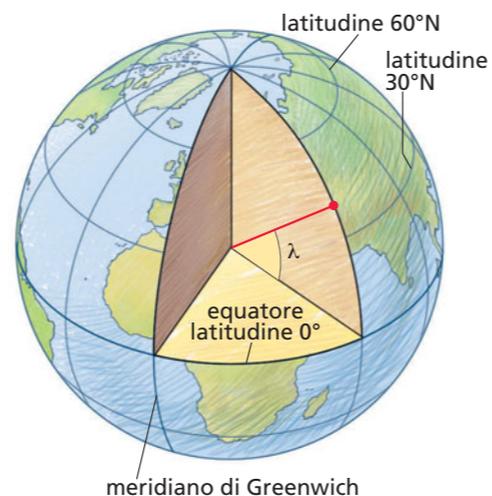
United States Department of Energy

100 È più accelerato un orso polare o un leone?

- Il diametro della Terra è $1,3 \cdot 10^7$ m. Un corpo sulla superficie terrestre si muove con moto circolare uniforme attorno all'asse di rotazione terrestre.

- ▶ Determina l'espressione che lega l'accelerazione centripeta del corpo e la sua latitudine (λ).

$$[a_c = 3,4 \cdot 10^{-2} \cdot \cos \lambda \text{ m/s}^2]$$

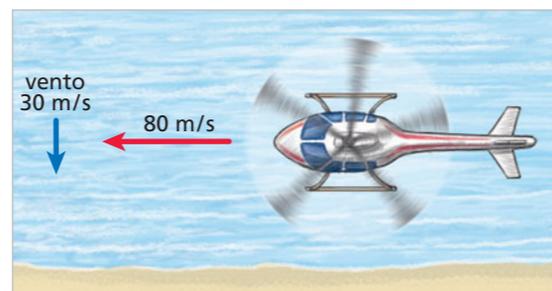
**101 Un tiro morbido**

- Un calcio di rigore viene effettuato a una distanza di 11 m dalla linea di porta (altezza 2,44 m). Il *cucchiaio*, o pallonetto, è un tiro lento e centrale. Considera un calcio di rigore a cucchiaio in cui la palla (diametro 22 cm) raggiunge un'altezza massima di 3 m e atterra 1 m oltre la linea di porta. Trascura l'attrito dell'aria.
- ▶ Calcola le componenti del vettore velocità della palla al momento del calcio.
 - ▶ Quanto vale il tempo di volo della palla?
 - ▶ La palla riesce a passare sotto la traversa?

$$[\vec{v} = (7,7 \text{ m/s}, 7,7 \text{ m/s}); 1,6 \text{ s}; \text{si}]$$

102 Vento di mare

- Un elicottero della guardia costiera vola a 80 m/s mentre dal mare soffia un vento teso a 30 m/s perpendicolarmente alla spiaggia. Il pilota vuole sorvolare una spiaggia nel senso della sua lunghezza.
- ▶ Come deve orientare l'elicottero mantenendo una velocità rispetto all'aria di 80 m/s?
 - ▶ Qual è la velocità dell'elicottero rispetto alla spiaggia? [74 m/s]

**L'ARTE DELLA STIMA****103 La Terra si ferma**

- Stima il modulo del vettore velocità rispetto al terreno che avrebbe un corpo posto all'equatore se la Terra smettesse improvvisamente di ruotare su sé stessa. [$5 \cdot 10^2$ m/s]

104 Tornado!

- I tornado, o trombe d'aria, sono vortici d'aria che si formano in presenza di forti sbalzi di temperatura e umidità nei differenti strati dell'atmosfera. I tornado vengono classificati, secondo la velocità del vento, dalla scala Fujita.
- ▶ Stima l'accelerazione centripeta dell'aria sul bordo di un tornado F3 con diametro di base di 150 m. [$4 \cdot 10$ m/s²]



National Severe Storms Laboratory (NSL)

105 Il segreto del cobra sputatore

- I cobra sputatori attaccano i loro nemici mirando agli occhi e causando cecità permanente. La distanza massima che raggiunge il veleno è di 2 m.
- ▶ Stima la velocità a cui viene spruzzato. [~ 5 m/s]



Lucian Coman/Shutterstock

106 L'anno più lungo

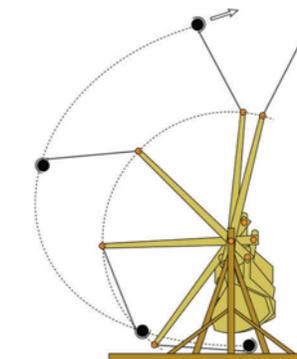
- L'anno galattico è il periodo di tempo impiegato dal Sole per completare una rivoluzione intorno al centro della Via Lattea. La velocità del Sole lungo la

sua orbita è stimata in 220 km/s e dalla sua nascita ha percorso tra le 20 e le 25 orbite.

- ▶ Stima il raggio dell'orbita del Sole attorno al centro galattico. [$2 \cdot 10^{17}$ km]

107 L'antenateo dei cannoni

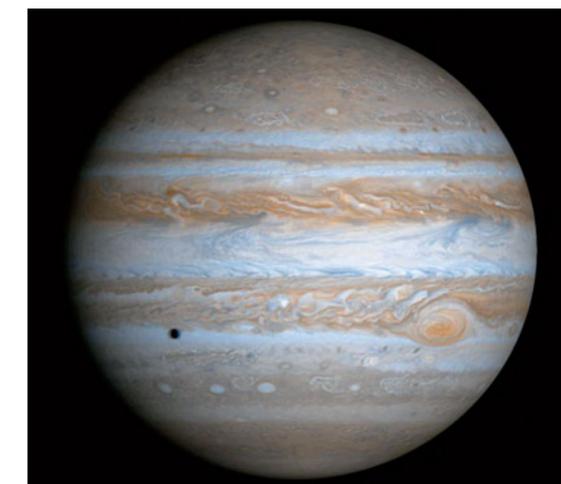
- Il trabucco è stato una delle armi d'assedio più importanti durante il medioevo. Un trabucco era in grado di scagliare pietre con un angolo di lancio di circa 20° fino a 300 m di distanza.
- ▶ Stima la velocità dei proiettili al momento del lancio. [70 m/s]



Wikimedia Commons

108 Una macchia su Giove

- La Grande Macchia Rossa è un enorme vortice posto 22° a Sud dell'equatore di Giove, che ruota con un periodo di circa 6 giorni terrestri. È presente da almeno 300 anni e le sue prime descrizioni affidabili risalgono a Giovanni Cassini. La macchia ha una forma ellittica, con assi pari a circa $3 \cdot 10^4$ km e $1,3 \cdot 10^4$ km. Approssima la Grande Macchia Rossa con una circonferenza avente raggio pari alla media degli assi.
- ▶ Stima l'accelerazione centripeta della polvere sul bordo della Grande Macchia Rossa. [$3 \cdot 10^{-3}$ m/s²]



NASA/JPL/University of Arizona