



1 Il moto di un punto materiale

1 QUANTO?

••• Un pallone nel campo da calcio è puntiforme: il suo diametro è 22 cm, mentre la lunghezza del campo è circa 110 m.

► Se vuoi rappresentare il pallone su un foglio lungo circa 30 cm, quanto deve essere il diametro del cerchietto che rappresenta il pallone? [0,6 mm]

2 QUANTO?

••• Il nucleo di un atomo è puntiforme rispetto all'atomo stesso, dato che il raggio del nucleo è dell'ordine di 10^{-15} m, mentre il raggio dell'atomo è dell'ordine di 10^{-10} m.

► Se usassi un pallone per rappresentare l'atomo,

calcola quale dovrebbe essere il diametro di un oggetto che ne rappresenti il nucleo.

[~ 2 μm (le dimensioni di un batterio)]

3 Una palla da biliardo è stata colpita senza che abbia ricevuto un effetto.

► Qual è la sua traiettoria?

4 Una pallina è attaccata a un filo appeso al soffitto. Se la colpisci e la fai muovere, facendo rimanere teso il filo, quale traiettoria non puoi ottenere?

- A) Un arco circonferenza.
- B) Una circonferenza.
- C) Un segmento di linea retta.
- D) Un'ellisse.

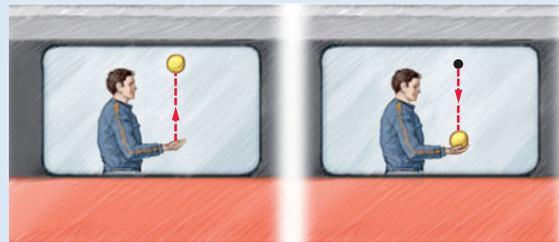
5 ESEMPIO

Sei su un treno che viaggia a 30 m/s. Lanci verticalmente una pallina che sale e scende, tornandoti in mano dopo un secondo.

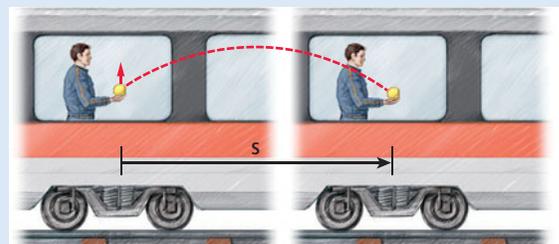
► Qual è stato lo spostamento della pallina?

■ RISOLUZIONE

Nel sistema di riferimento del treno, la pallina ritorna nel punto in cui è partita, per cui lo spostamento è zero. In questo riferimento la traiettoria è un segmento di linea retta.



Nel sistema di riferimento della Terra, lo spostamento è 30 m. In questo riferimento la traiettoria è una linea curva.



6 ESEMPIO

Considera la situazione del problema precedente. Nel riferimento del treno, la legge oraria della pallina lanciata verticalmente è $s(t) = (5 \text{ m/s})t - (5 \text{ m/s}^2)t^2$.

► Dove si trova la pallina mezzo secondo dopo il lancio? E dopo un secondo dal lancio?

■ RISOLUZIONE

Mezzo secondo dopo il lancio:

$$s(0,5) = 5 \cdot 0,5 - 5(0,5)^2 = 1,3 \text{ m}$$

La pallina si trova 1,3 m sopra la tua mano.

Un secondo dopo il lancio:

$$s(1) = 5 \cdot 1 - 5 \cdot 1^2 = 0 \text{ m}$$

La pallina è tornata nella tua mano.

ESERCIZI

7 La legge oraria di un carrello che scende su una rotaia inclinata lunga 7,2 m è $s = 7,2 \text{ m} - (1,2 \text{ m/s}^2)t^2$.
 ► L'origine dell'asse della coordinata s è stata messa in cima o in fondo alla rotaia?

8 Considera il carrello del problema precedente.
 ► Qual è la sua posizione all'istante $t = 2,0 \text{ s}$?
 ► In quale istante di tempo raggiunge il fondo della rotaia? [$s = 2,4 \text{ m}$; $t = 2,4 \text{ s}$]

9 Hai un palloncino di gomma estensibile non molto gonfio, il cui raggio attuale è 5,00 cm. Disegni due punti sulla superficie a distanza 5,00 cm (misurata sulla superficie), cioè a distanza pari al raggio. Ora gonfi il palloncino soffiando $6,00 \text{ dm}^3$ di aria al minuto. I due punti si allontanano, ma la loro distanza resta sempre uguale al raggio del palloncino.
 ► Fissa l'origine in uno dei due punti e scrivi l'equazione del moto dell'altro punto.

$$s = \sqrt[3]{125 \text{ cm}^3 + 23,9 \frac{\text{cm}^3}{\text{s}} \cdot t}$$

2 La velocità

10 QUANTO?
 ► Il 16 novembre 2004 l'X-43, un prototipo di aereo ipersonico senza equipaggio della NASA, ha volato

a 30 km di altezza alla velocità di circa undicimila chilometri all'ora.

► Esprimi questa velocità in m/s. [$3,1 \cdot 10^3 \text{ m/s}$]



11 QUANTO?
 ► Un impulso luminoso si muove a $3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$. Il suono nell'aria si muove a circa $3 \cdot 10^2 \text{ m/s}$, vale a dire un milione di volte più lentamente. Per avere un'idea di quanto il suono sia più lento rispetto alla luce, fa questa analogia: la tua velocità tipica di spostamento è 1 m/s e perciò attraversi una stanza di 3 m in circa 3 s.

► Spostandoti un milione di volte più lentamente, quanti giorni impiegheresti ad attraversare la stanza? [$\sim 35 \text{ giorni}$]

12 ESEMPIO

La crosta terrestre a est del Madagascar si sta spostando con la stessa velocità con cui cresce un'unghia, cioè circa un decimo di millimetro al giorno. Sotto la crosta terrestre c'è un *hotspot*, cioè un flusso di magma che dà origine ad attività vulcanica. La crosta terrestre, passando sopra questo hotspot, viene interessata da flussi di magma e si formano isole vulcaniche. In particolare questo hotspot si è riattivato negli ultimi dieci milioni di anni e ha dato origine alle Isole Mascarene.

► Calcola approssimativamente la lunghezza dell'arcipelago di queste isole.

RISOLUZIONE

La crosta terrestre sull'*hotspot* si muove con velocità v . Nell'intervallo di tempo Δt il suo spostamento s è

$$s = vt$$

Risultato numerico

$$v = 0,1 \text{ mm/giorno} = \frac{0,1 \cdot 10^{-3}}{86400} \text{ m/s} \sim 1 \cdot 10^{-9} \text{ m/s}$$

$$t = 10 \cdot 10^6 \cdot 365 \cdot 86400 \sim 3 \cdot 10^{14} \text{ s}$$

$$s = vt = (1 \cdot 10^{-9} \text{ m/s})(3 \cdot 10^{14} \text{ s}) = 3 \cdot 10^5 \text{ m} = 300 \text{ km}$$

13 Un'automobile transita al km 25 di un'autostrada alle ore 8:25 e transita al km 29 alle ore 8:27.
 ► Qual è la sua velocità media in km/h? [120 km/h]

fiche di vento di 408 km/h.
 ► Converti la velocità del vento in m/s.

[113 m/s]

14 Mentre sulle coste dell'Australia transitava il tornado Olivia, nell'aprile 1996, furono registrate raf-

15 Il limite di velocità sulle autostrade italiane è inferiore o superiore a 50 m/s?

16 L'oca canadese è uno degli uccelli migratori più veloci. Alcuni esemplari hanno percorso quasi 850 km in otto ore e mezza.
 ► Esprimi la loro velocità media in km/h. [$\sim 100 \text{ km/h}$]

17 In autostrada ogni kilometro è contrassegnato da un numero. Guardando fuori dal finestrino, ti accorgi che passano 36 s tra un cartello e l'altro.
 ► A quale velocità stai procedendo? [100 km/h]

18 Durante le Olimpiadi di Atlanta nel 1996, Michael Johnson stabilì il record del mondo sui 200 m col tempo di 19,32 s. Percorse i primi 100 m in 10,12 s.
 ► Calcola la sua velocità media negli ultimi 100 m di gara. [$10,87 \text{ m/s}$]

19 Se cammini in fretta in un bosco, riesci a mantenere una velocità media di circa 4,0 km/h.
 ► Quanto tempo ti occorre per percorrere 500 metri? [$7,5 \text{ min}$]

20 Un'automobile procede a velocità costante di 18 m/s.
 ► Quanto impiega a percorrere il Traforo del Frejus, che è lungo 13 km? [$\sim 12 \text{ min}$]

23 ESEMPIO

Percorri 100 m a 2,0 m/s e poi 100 m a 3,0 m/s.

- Qual è stata la tua velocità media nei 200 m percorsi?
- La velocità media è la media delle velocità?

RISOLUZIONE

► La velocità media è il rapporto tra lo spostamento complessivo e il tempo totale:

$$\bar{v} = \frac{\Delta s_T}{\Delta t_T} = \frac{\Delta s_1 + \Delta s_2}{\Delta t_1 + \Delta t_2}$$

I tempi di percorrenza dei primi e degli ultimi 100 m sono:

$$\Delta t_1 = \frac{\Delta s_1}{v_1} \quad \Delta t_2 = \frac{\Delta s_2}{v_2}$$

Risultato numerico

$$\Delta s_1 = \Delta s_2 = 100 \text{ m}$$

$$v_1 = 2,0 \text{ m/s}$$

$$v_2 = 3,0 \text{ m/s}$$

$$\Delta t_1 = \frac{100 \text{ m}}{2,0 \text{ m/s}} = 50 \text{ s} \quad \Delta t_2 = \frac{100 \text{ m}}{3,0 \text{ m/s}} = 33 \text{ s}$$

$$\bar{v} = \frac{100 \text{ m} + 100 \text{ m}}{50 \text{ s} + 33 \text{ s}} = \frac{200 \text{ m}}{83 \text{ s}} = 2,4 \text{ m/s}$$

► La media v_m delle due velocità è

$$v_m = \frac{1}{2}(v_1 + v_2)$$

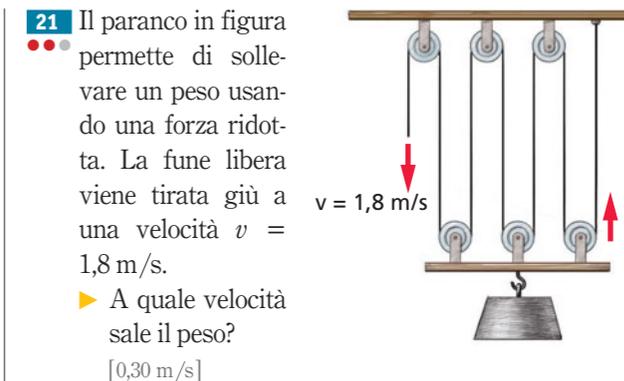
Risultato numerico

$$v_1 = 2,0 \text{ m/s}$$

$$v_2 = 3,0 \text{ m/s}$$

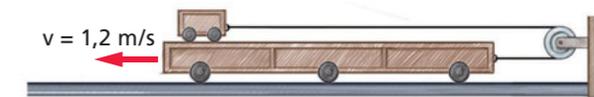
$$v_m = \frac{1}{2}(2,0 \text{ m/s} + 3,0 \text{ m/s}) = \frac{1}{2} \cdot 5 \text{ m/s} = 2,5 \text{ m/s}$$

Quindi la media delle due velocità è diversa dalla velocità media.



21 Il paranco in figura permette di sollevare un peso usando una forza ridotta. La fune libera viene tirata giù a una velocità $v = 1,8 \text{ m/s}$.
 ► A quale velocità sale il peso? [$0,30 \text{ m/s}$]

22 Un carrello è sopra un altro carrello molto lungo e i due carrelli sono collegati da una fune (figura). Il carrello lungo si muove in avanti con velocità 1,2 m/s.
 ► Qual è la velocità del carrello piccolo rispetto al pavimento?
 ► Qual è la velocità del carrello piccolo rispetto all'altro carrello? [$-1,2 \text{ m/s}$; $-2,4 \text{ m/s}$]



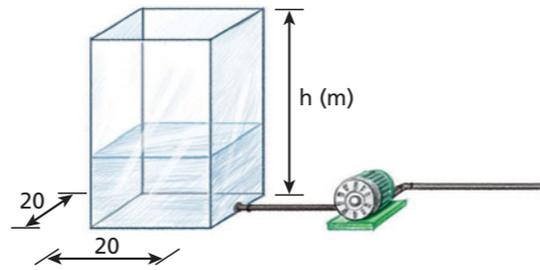
24 Percorri 100 m in 40 s e poi 100 m in 60 s.
 ► Qual è stata la tua velocità media nei 200 m percorsi? [2,0 m/s]

25 Un nastro trasporta oggetti di forma sferica, di raggio 5 cm, distanziati mediamente di 2 cm l'uno dall'altro e li fa cadere in uno scatolone. Lo scatolone può contenere 180 oggetti e viene riempito in un minuto.
 ► A quale velocità si muove il nastro trasportatore? [0,36 m/s]

26 Ti alleni a correre e vuoi mantenere una velocità media di 6,0 m/s per 1800 m. Percorri i primi 500 m a 5,0 m/s.
 ► Quale velocità devi mantenere nel secondo tratto

per ottenere la velocità media che ti eri prefissato sull'intero percorso? [6,5 m/s]

27 Una pompa spinge 6,0 litri d'acqua al minuto dentro un recipiente a sezione quadrata di lato 20 cm.
 ► A quale velocità sale il livello dell'acqua? [0,25 m/s]



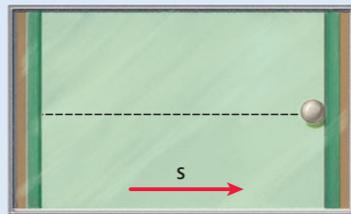
3 Il grafico spazio-tempo

28 ESEMPIO

Un software simula una palla da biliardo che rimbalza perpendicolarmente tra due sponde distanti sul monitor 20 cm. Il modulo della velocità non cambia e tra un rimbalzo e l'altro passano 2,5 s.
 ► Costruisci una tabella spazio-tempo e poi disegna il grafico per i primi 10 s del moto.

RISOLUZIONE

Scegliamo un sistema di riferimento come quello mostrato. All'istante iniziale $t = 0$ s la palla è a contatto con la sponda a sinistra.



Il modulo della velocità è

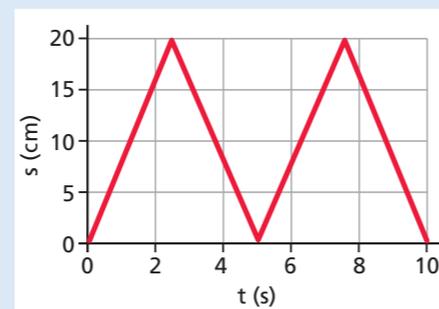
$$v = \frac{20 \text{ cm}}{2,5 \text{ s}} = 8,0 \text{ cm/s}$$

Scegliamo $\Delta t = 0,5$ s e costruiamo la tabella spazio-tempo.

t (s)	s (cm)	t (s)	s (cm)
0,0	0	5,0	0
0,5	4,0	5,5	4,0
1,0	8,0	6,0	8,0
1,5	12,0	6,5	12,0
2,0	16,0	7,0	16,0
2,5	20,0	7,5	20,0
3,0	16,0	8,0	16,0
3,5	12,0	8,5	12,0
4,0	8,0	9,0	8,0
4,5	4,0	9,5	4,0
		10,0	0

R Rimbalzo

Il grafico spazio-tempo è quello illustrato nella figura qui sotto.



29 Il vincitore di una gara giovanile di 800 m piani ha fatto registrare i seguenti passaggi:

t (s)	s (m)	t (s)	s (m)
0	0	70	500
13	100	84	600
26	200	97	700
42	300	109	800
57	400		

► Calcola la sua velocità media nel tratto compreso tra 200 m e 400 m.
 ► Disegna il grafico spazio-tempo della gara. [6,5 m/s]

30 Disegna il grafico di un carrello che si muove su una rotaia e la cui tabella spazio-tempo è la seguente:

t (s)	s (m)	t (s)	s (m)	t (s)	s (m)
0,0	-1,00	0,8	0,28	1,6	0,92
0,1	-0,81	0,9	0,40	1,7	0,96
0,2	-0,62	1,0	0,50	1,8	0,98
0,3	-0,45	1,1	0,60	1,9	1,00
0,4	-0,28	1,2	0,68	2,0	1,00
0,5	-0,13	1,3	0,76		
0,6	0,02	1,4	0,82		
0,7	0,16	1,5	0,88		

31 Considera il seguente grafico spazio-tempo.
 ► Descrivi il moto rappresentato.
 ► Determina il valore della velocità negli istanti $t_1 = 0,5$ s e $t_2 = 3$ s. [$\bar{v}_1 = -4$ m/s; $v_2 = +4$ m/s]



32 Un carrello percorre 12 m a 6 m/s e poi 12 m a 4 m/s.
 ► Calcola la velocità media sul percorso e disegna il grafico del moto del carrello. [$\bar{v} = 4,8$ m/s]

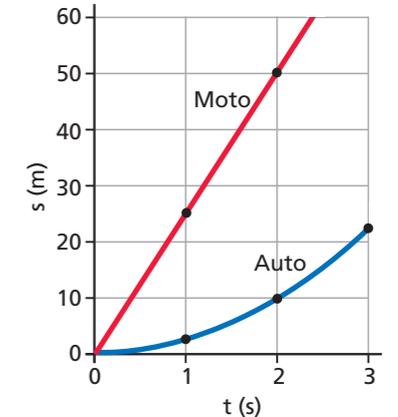
33 Un carrello si muove lungo una rotaia dotata di respingenti ai suoi estremi. La rotaia è lunga 4,8 m ed è priva di attrito. All'istante iniziale il carrello è a metà

della rotaia e si muove con velocità $v_0 = 0,60$ m/s. Ogni volta che il carrello urta un respingente inverte la sua velocità senza cambiarne il modulo.

► Disegna il grafico del moto del carrello fino all'istante in cui ha percorso due volte la rotaia.

34 Due automobili viaggiano su corsie parallele in versi opposti, ma con la stessa velocità (in valore assoluto). All'istante $t = 0$ s la loro distanza è 600 m. Dopo 25 s le due auto si incrociano.
 ► Determina la velocità delle due auto e disegna il grafico del loro moto. [$v = 12$ m/s]

35 Una moto e un'auto partono dall'origine delle coordinate: la moto si muove con velocità costante, mentre l'auto si muove con accelerazione costante. Le posizioni nei primi tre secondi sono riportate nel grafico seguente.



► Scrivi le leggi orarie della moto e dell'auto.
 ► Determina dopo quanto tempo l'auto raggiunge la moto. [$s_{\text{moto}} = (25 \text{ m/s})t$; $s_{\text{auto}} = (2,5 \text{ m/s}^2)t^2$; 10 s]

36 Un oggetto che si muove in linea retta ha $v_0 = 0,5$ m/s a $t = 0$ s; tiene questa velocità per un secondo poi, improvvisamente, la sua velocità passa a 1,5 m/s; tiene questa velocità per un secondo poi, sempre all'improvviso, passa a 2,5 m/s; resta a 2,5 m/s per un secondo e passa poi a 3,5 m/s. E così via. In altre parole, l'oggetto tiene costante per un secondo la sua velocità, e improvvisamente l'aumenta di un metro al secondo.
 ► Disegna il grafico della velocità per questo oggetto fino a $t = 5$ s.
 ► Disegna il grafico del suo moto, sempre fino a $t = 5$ s.
 ► Questo grafico è una spezzata, ma a che cosa assomiglia? E perché?

4 Il moto rettilineo uniforme

37 QUANTO?

- Un satellite geostazionario orbita attorno alla Terra a una distanza di circa $36 \cdot 10^3$ km.
- ▶ Quanto tempo impiega un segnale radio, che viaggia alla velocità della luce $c = 3 \cdot 10^8$ m/s, a raggiungere il suolo? [$1 \cdot 10^{-1}$ s]

38 QUANTO?

- Se lanci un grido di fronte a una lontana parete rocciosa, dopo qualche istante puoi percepirne l'eco. Il suono si propaga a 340 m/s e dopo 3 s senti l'eco.
- ▶ Quanto dista la parete? [$5 \cdot 10^2$ m]

- 39 Stai camminando a velocità costante lungo un rettilineo. Percorri due metri ogni secondo. Fai partire il cronometro quando ti trovi a 70 m dall'inizio

42 ESEMPIO

Il grafico a fianco descrive il moto di una persona lungo un corridoio.

▶ Qual è l'equazione del moto?

■ RISOLUZIONE

Il grafico è a pendenza costante, per cui si tratta di un moto uniforme. La legge del moto uniforme è

La posizione s_0 al tempo $t = 0$ s è

La velocità v è data dalla pendenza del grafico:

L'equazione del moto è

della strada (dove hai messo l'origine della coordinata s).

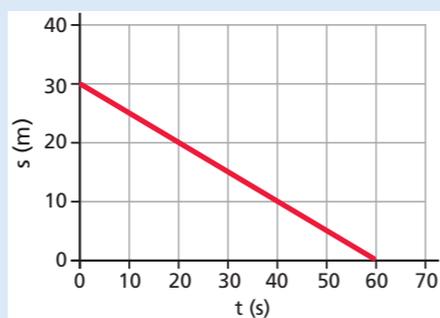
- ▶ Scrivi l'equazione del moto. [$s = 70 \text{ m} + (2 \text{ m/s})t$]

- 40 Il rettilineo dell'esercizio precedente è lungo 300 m; arrivato in fondo ti giri e torni indietro con lo stesso passo, facendo ripartire il cronometro.

- ▶ Scrivi la nuova equazione del moto. [$s = 300 \text{ m} - (2 \text{ m/s})t$]

- 41 Un'automobile procede alla velocità costante di 100 km/h. Nell'istante $t_0 = 0$ s transita al kilometro 50.

- ▶ A quale kilometro si troverà l'automobile nell'istante $t_1 = 15$ minuti? [Al km 75]



$$s = s_0 + vt$$

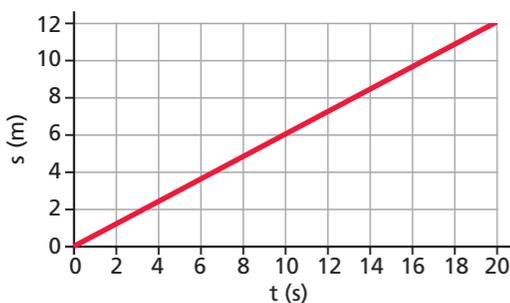
$$s_0 = 30 \text{ m}$$

$$v = \frac{v_f - v_i}{\Delta t} = \frac{0 \text{ m} - 30 \text{ m}}{60 \text{ s}} = -0,50 \text{ m/s}$$

$$s = 30 \text{ m} - (0,50 \text{ m/s})t$$

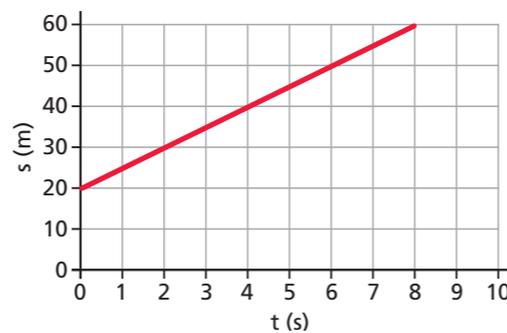
- 43 Il grafico seguente descrive il moto di una valigia lungo il nastro trasportatore di un aeroporto.

- ▶ Qual è l'equazione del moto?
- ▶ Quanti metri percorre fra gli istanti $t_1 = 2$ s e $t_2 = 7$ s? [$s = (0,6 \text{ m/s})t$; 3 m]



- 44 Il grafico seguente descrive il moto di un ciclista lungo un rettilineo.

- ▶ Scrivi la sua legge oraria. [$s = 20 + (5 \text{ m/s})t$]



- 45 L'equazione del moto di un carrello che si muove lungo una rotaia orizzontale è

$$s = (2,5 \text{ m/s})t + 7 \text{ m}$$

- ▶ Qual è la velocità del carrello?
- ▶ Quanto tempo impiega il carrello a percorrere 5 m?
- ▶ Qual è la posizione del carrello agli istanti $t_1 = 0$ s e $t_2 = 4$ s? [$2,5 \text{ m/s}$; 2 s; $s_1 = 7 \text{ m}$, $s_2 = 17 \text{ m}$]

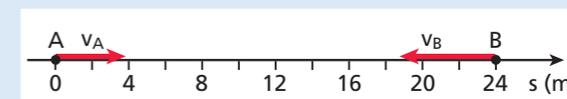
47 ESEMPIO

Due carrelli, A e B , partono contemporaneamente dagli estremi di una pista rettilinea lunga 24 m. Hanno velocità opposte, ma il carrello B è 1,4 volte più rapido dell'altro. I carrelli si urtano dopo 5,0 s.

▶ Calcola le velocità dei due carrelli.

■ RISOLUZIONE

Scegliamo il sistema di riferimento:



Le equazioni del moto sono:

$$s_A = s_{A0} + v_A t \quad s_B = s_{B0} + v_B t$$

■ Risultati numerici

Lunghezza della pista = 24 m.

Posizione iniziale di A : $s_{A0} = 0$ m.

Posizione iniziale di B : $s_{B0} = 24$ m.

Velocità di B con verso opposto a quella di A .
Modulo della velocità di $B = 1,4$ volte quello di A :

$$v_B = -1,4 v_A \Rightarrow \begin{cases} s_A = v_A t \\ s_B = 24 \text{ m} - 1,4 v_A t \end{cases}$$

All'istante $t = 5$ s i carrelli si scontrano e quindi:

$$s_A = s_B \Rightarrow v_A \cdot (5,0 \text{ s}) = 24 \text{ m} - 1,4 \cdot v_A \cdot (5,0 \text{ s})$$

Risolviendo l'equazione si ottiene:

$$v_A = 2 \text{ m/s} \text{ e quindi } v_B = -2,8 \text{ m/s}$$

- 48 Luca e Marco fanno una gara in bici: Luca procede a 3,0 m/s e Marco a 5,0 m/s. Marco concede a Luca un vantaggio di 300 m.
- ▶ Dopo quanto tempo si incontrano? [2,5 min]

- 49 Due carrelli, A e B , si muovono a velocità costante lungo rotaie parallele. L'equazione del moto di A è $s_A = (2 \text{ m/s})t - 7 \text{ m}$. L'equazione del moto di B è invece $s_B = (-2 \text{ m/s})t + 3 \text{ m}$.

- ▶ Qual è la distanza iniziale (cioè a $t = 0$ s) tra i due carrelli?
- ▶ Dove e quando i due carrelli si incrociano?
- ▶ Disegna il grafico del moto tra $t = 0$ s e $t = 5$ s. [10 m; $s = -2 \text{ m}$, $t = 2,5$ s]

- 50 Due carrelli A e B si muovono a velocità costante lungo rotaie parallele. Il carrello A ha velocità

(5,0 m/s). Il carrello B si muove in verso opposto. All'istante $t = 0$ s i due carrelli distano 36,0 m. Dopo 6,0 s i due carrelli si incrociano.

- ▶ Calcola la velocità del carrello B .
- ▶ Scrivi l'equazione del moto per ciascun carrello e disegna il grafico.
- ▶ In quale posizione avviene l'incrocio? [$v_B = -1 \text{ m/s}$; $s_A = (5 \text{ m/s})t$, $s_B = 36 \text{ m} - (1 \text{ m/s})t$; $s = 30 \text{ m}$]

- 51 Due carrelli A e B si muovono a velocità costante lungo rotaie parallele. Il carrello A ha velocità 5,0 m/s. All'istante $t = 0$ s, il carrello B si muove nello stesso verso del primo, è più lento, ma si trova 24 m più avanti. Dopo 6,0 s il carrello A sorpassa il carrello B .
- ▶ Calcola la velocità del carrello B .

- Scrivi l'equazione del moto per ciascun carrello e disegna il grafico.
- In quale posizione avviene il sorpasso?
 $[v_B = -1 \text{ m/s}; s_A = 5 \text{ (m/s)t}; s_B = 24 \text{ m} + (1 \text{ m/s)t}; s = 30 \text{ m}]$

5 L'accelerazione

- 52 QUANTO?**
 ●●● Un centometrista di buon livello accelera nei primi 4 s, arrivando a una velocità di circa 12 m/s, che poi mantiene sostanzialmente per il resto della corsa.
 ► Valuta la sua accelerazione media. $[3 \text{ m/s}^2]$
- 53 QUANTO?**
 ●●● Il proiettile di un fucile è accelerato dai gas dell'esplosione mentre percorre la canna: possiamo valutare che il tempo durante il quale il proiettile percorre la canna sia dell'ordine del millisecondo. La velocità finale del proiettile è dell'ordine di 10^3 m/s .
 ► Stima l'accelerazione media del proiettile. $[10^6 \text{ m/s}^2 (\sim 10^5 g)]$
- 54** Un'automobile passa da 10 m/s a 22 m/s in 3,0 s.
 ●●● ► Qual è la sua accelerazione? $[4,0 \text{ m/s}^2]$

59 ESEMPIO ●●●

Un'auto viaggia a 90 km/h, frena e rallenta uniformemente fino a 40 km/h in 4,0 s.

- Quanto spazio percorre durante la frenata?
- Qual è la sua decelerazione?

■ RISOLUZIONE

- Durante la frenata la decelerazione è costante, quindi l'auto si muove con una velocità media

Lo spazio di frenata è

■ Risultato numerico

$$v_i = 90 \text{ km/h} = \frac{90}{3,6} \text{ m/s} = 25 \text{ m/s}$$

$$v_f = 40 \text{ km/h} = 11 \text{ m/s}$$

$$\Delta t = 4,0 \text{ s}$$

- La decelerazione è

■ Risultato numerico

$$v_i = 25 \text{ m/s}$$

$$v_f = 40 \text{ km/h} = 11 \text{ m/s}$$

$$\Delta t = 4,0 \text{ s}$$

- 55** Un arco da gara accelera la freccia da 0 m/s a 50 m/s in 50 cm.
 ●●● ► Calcola quanto vale l'accelerazione media della freccia. $[2,5 \cdot 10^3 \text{ m/s}^2]$



- 56** Un'auto parte da ferma e si muove con accelerazione costante $a = 2,5 \text{ m/s}^2$.
 ●●● ► Quanto tempo impiega a raggiungere una velocità di 24 m/s? $[9,6 \text{ s}]$

- 57** Un treno si muove alla velocità $v = 25 \text{ m/s}$. Poi decelera con $a = -0,8 \text{ m/s}^2$ per 15 s.
 ●●● ► Qual è la sua velocità finale? $[13 \text{ m/s}]$

- 58** Nel parco a tema Ferrari di Abu Dhabi un'attrazione sarà il roller F1 Coaster, in grado di raggiungere la velocità di una monoposto. Nella fase iniziale un motore da più di ventimila cavalli spingerà il vago-
 ●●● ► Esprimi questa accelerazione in unità g . $[1,4 g]$

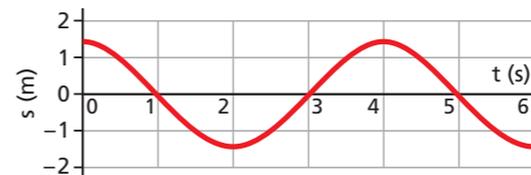
- 60** Un'automobile che si sta muovendo con velocità 100 km/h frena con decelerazione $a = -3,2 \text{ m/s}^2$ fino a fermarsi.
 ●●● ► Quanto tempo dura la frenata?
 ► Qual è lo spazio di frenata? $[8,7 \text{ s}; \sim 120 \text{ m}]$

- 61** Durante un test su pista, una monoposto di Formula 1 passa da 200 km/h a 300 km/h in 4,8 s.
 ●●● ► Calcola l'accelerazione media.
 ► Supponi che l'accelerazione sia costante e calcola lo spazio che percorre mentre passa da 200 km/h a 300 km/h. $[5,8 \text{ m/s}^2; \sim 330 \text{ m}]$

- 62** Al termine del rettilineo del Circuito di Shanghai, le monoposto di Formula 1 frenano violentemente, passando da 316 km/h a 79 km/h in 2,72 s.
 ●●● ► Calcola la decelerazione in m/s^2 .
 ► Calcola lo spazio di frenata. $[-24,2 \text{ m/s}^2; 149 \text{ m}]$

- 63** Un pallone cade da circa 3 m e arriva a terra con velocità 7,8 m/s. Rimbalza sul pavimento deformandosi e risale verso l'alto con velocità 6,4 m/s; torna giù e rimbalza nuovamente risalendo con velocità 5,3 m/s. E così via. Durante ogni rimbalzo il pallone resta a contatto con il terreno per 0,04 s.
 ●●● ► Calcola il valore e il segno dell'accelerazione in unità g durante i primi due rimbalzi.
 ► Disegna uno schizzo del grafico accelerazione-tempo. $[\text{Se consideriamo } a = +g \text{ durante la caduta, si ha: } a_1 = -36g, a_2 = -30g]$

- 64** Il seguente grafico spazio-tempo è quello di un'altalena che sta oscillando.
 ●●●



L'altalena è stata spostata di 1,5 m dalla posizione centrale di equilibrio e lasciata andare. In 4,0 s l'altalena ha effettuato un'oscillazione.

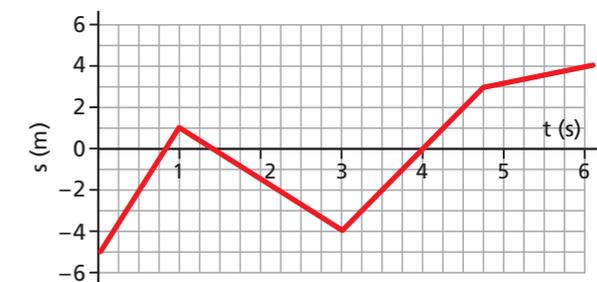
- In quali intervalli di tempo l'accelerazione è positiva e in quali intervalli di tempo è negativa?

- 65** Un elettrone che si muove nel cannone elettronico di un tubo a raggi catodici è sottoposto a un'accelerazione di $1,0 \cdot 10^{14} \text{ m/s}^2$, mentre percorre 1,0 cm. L'elettrone percorre poi a velocità costante i restanti 10 cm che lo separano dallo schermo.
 ●●●

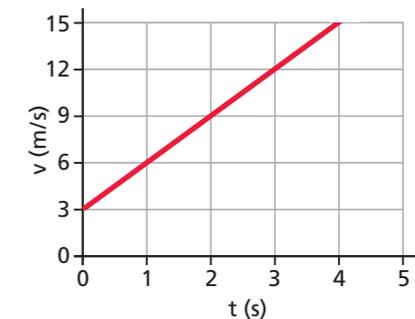
- Calcola il tempo totale che l'elettrone impiega per arrivare sullo schermo. $[85 \text{ ns}]$

6 Il grafico velocità-tempo

- 66** Nel grafico è riportato il moto di un carrello.
 ●●● ► Disegna il corrispondente grafico della velocità.



- 67** Il grafico riporta l'andamento della velocità di un corpo in funzione del tempo.
 ●●● ► Scrivi la legge velocità-tempo del corpo. $[v = 3 \text{ m/s} + (3 \text{ m/s})t]$



- 68** La tabella seguente riporta i dati del moto di un carrello su una rotaia.
 ●●●

t (s)	s (m)	t (s)	s (m)	t (s)	s (m)
0,00	0,00	2,25	-2,64	4,50	1,69
0,25	-1,17	2,50	-2,19	4,75	1,86
0,50	-2,06	2,75	-1,68	5,00	1,88
0,75	-2,71	3,00	-1,13	5,25	1,72
1,00	-3,13	3,25	-0,56	5,50	1,38
1,25	-3,34	3,50	0,00	5,75	0,81
1,50	-3,38	3,75	0,53	6,00	0,00
1,75	-3,25	4,00	1,00		
2,00	-3,00	4,25	1,39		

- Disegna il grafico spazio-tempo.
- Costruisci la colonna delle velocità.
- Disegna il grafico velocità-tempo.

7 Il moto rettilineo uniformemente accelerato

69 QUANTO?

Il Thrust Air 2000 è un prototipo di montagne russe in cui la navicella che ospita i passeggeri è accelerata da 0 km/h a 130 km/h in meno di 2 s.

- ▶ Quanto vale la sua accelerazione? [2 · 10 m/s²]



Un motociclista frena e diminuisce la sua velocità di 40 km/h in 4 s.

- ▶ Quanto vale la sua decelerazione? [3 m/s²]

Un'auto parte da ferma con accelerazione 1,5 m/s² per 4,0 s e poi continua con accelerazione 2,5 m/s² per 2,0 s.

- ▶ Qual è la velocità finale dell'auto? [11 m/s]

Un'auto parte da ferma e aumenta la sua velocità di 2,8 m/s ogni secondo, fino a raggiungere la velocità $v = 21$ m/s.

- ▶ Quanti metri percorre durante questa accelerazione? [79 m]

Una pallina, che è partita da ferma, rotola giù lungo una rampa con accelerazione 0,96 m/s². La rampa è lunga 12 m.

- ▶ Quanto tempo impiega ad arrivare in fondo? [5,0 s]

Un'auto viaggia a 64 km/h, frena e decelera fino a scendere a 30 km/h. Mentre sta frenando l'auto percorre 60 m.

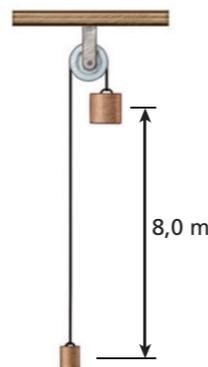
- ▶ Qual è il valore della sua decelerazione? [-2,1 m/s²]

Mentre sale lungo un piano inclinato, un carrello è sottoposto a un'accelerazione costante verso il basso di 0,80 m/s². Il carrello è lanciato verso l'alto con velocità iniziale 4,0 m/s.

- ▶ Determina dopo quanto tempo il carrello torna al punto di partenza.
- ▶ Determina qual è la distanza massima dal punto di partenza. [10 s; 10 m]

Attaccati a una carrucola (figura) ci sono due oggetti diversi, che inizialmente distano 8,0 m. L'oggetto più pesante scende con accelerazione 1,0 m/s², tirando su l'oggetto più leggero.

- ▶ Calcola dopo quanto tempo i due oggetti si incrociano. [2,8 s]



Un'auto, che si sta muovendo con velocità 30 m/s, frena con decelerazione costante $a = -5,0$ m/s², fino a fermarsi.

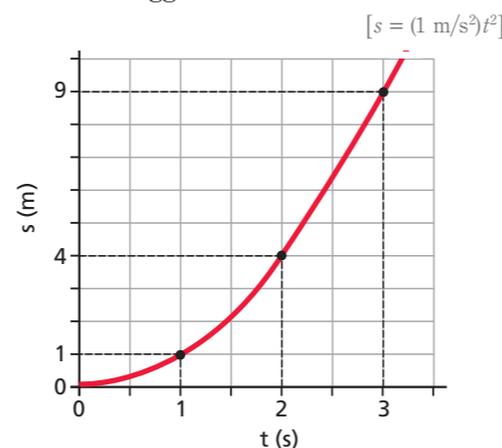
- ▶ Calcola quanto tempo dura la frenata.
- ▶ Calcola quanto è lunga la frenata. [6,0 s; 9 m]

Un'automobile accelera in modo costante e passa da 8,5 m/s a 13,6 m/s nello spazio di 35 m.

- ▶ Calcola la sua accelerazione. [1,6 m/s²]

Il seguente grafico spazio-tempo è relativo al moto di un carrello.

- ▶ Determina la legge oraria del carrello.

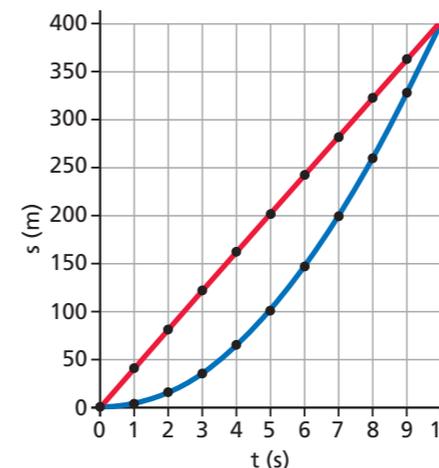


Stai viaggiando in auto a 16 m/s; acceleri e dopo 5,0 s la tua velocità è 24 m/s.

- ▶ Quanto spazio hai percorso durante l'accelerazione? [100 m]

Nel grafico della pagina seguente sono riportate le leggi orarie di un'auto di rapinatori (linea rossa) e di un'auto della polizia (linea blu). Nell'istante in cui i malviventi sfrecciano a 40 m/s accanto all'auto della polizia, i poliziotti partono da fermi con accelerazione costante di 8,0 m/s².

- ▶ Determina dopo quanti secondi e dopo quanti metri l'auto della polizia raggiunge quella dei rapinatori.



Stima dal grafico a quale istante di tempo la distanza fra le due auto è massima. [10 s, 400 m]

Un'automobile sta muovendosi alla velocità di 72 km/h, quando si trova davanti un'altra auto ferma alla distanza di 30 m. L'auto frena, decelerando di 5,0 m/s ogni secondo.

- ▶ Riuscirà a evitare l'urto con l'auto ferma?
- ▶ Se non ci riesce, con quale velocità impatta?
- ▶ Se invece riesce a fermarsi prima, a quale distanza dall'auto ferma si arresta?

Un'auto della polizia è ferma col motore acceso quando è sorpassata da un'auto che viaggia a una velocità costante v . Il poliziotto impiega 1,0 s a reagire e poi inizia a inseguire l'auto con un'accelerazione di 6,0 m/s². La raggiunge dopo 11 s dalla partenza.

- ▶ Calcola la velocità dell'auto. [30 m/s]

88 ESEMPIO

Dopo aver eseguito una verticale, una tuffatrice si lascia cadere dal trampolino di 12 m.

- ▶ Calcola la velocità con cui arriva in acqua.

RISOLUZIONE

Scegliamo un sistema di riferimento con l'origine nel punto iniziale del moto e con il verso positivo verso il basso.

Un carrello si trova su una rotaia inclinata lunga 12 m. La sua accelerazione è costante ed è pari a 0,60 m/s². Il carrello inizialmente è lasciato andar giù, senza spinte, dalla cima della rotaia.

- ▶ Calcola dove si trova dopo 4,0 s.
- ▶ Determina la velocità del carrello a metà della rotaia.
- ▶ Determina quanto tempo impiega il carrello ad arrivare in fondo alla rotaia.

Il carrello è ora in fondo alla rotaia. Viene lanciato in su con velocità 3,5 m/s.

- ▶ Determina la posizione del carrello dopo 4,0 s dal lancio.
- ▶ La velocità iniziale di 3,5 m/s è sufficiente a far arrivare il carrello in cima alla rotaia?

[A 7,2 m dal fondo; 2,7 m/s; 6,3 s; a 9,2 m dal fondo; no, il carrello arriva a 1,8 m dalla cima]

8 Il moto di caduta libera

85 QUANTO?

Una moneta è lanciata in aria con la velocità iniziale di 5 m/s.

- ▶ Per quanto tempo sale? [0,5 s]

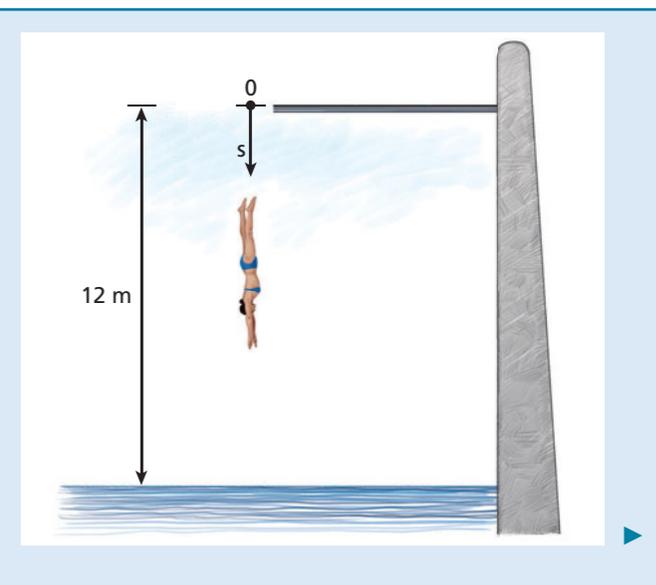
86 QUANTO?

Un corpo è lasciato cadere da fermo.

- ▶ Quanto spazio percorre nel primo secondo di caduta? [5 m]

L'accelerazione di gravità è 9,8 m/s².

- ▶ Esprimi g in km/h al secondo. [$g = 35$ km/h al s]



La velocità finale è legata alla velocità iniziale, all'accelerazione g e allo spazio percorso h dalla relazione

$$v_f^2 = v_i^2 + 2gh \Rightarrow v_f = \sqrt{v_i^2 + 2gh}$$

■ Risultato numerico

$v_i = 0 \text{ m/s}$
 $h = 12 \text{ m}$
 $g = 9,8 \text{ m/s}^2$

$$v_f = \sqrt{(0 \text{ m/s})^2 + 2 \cdot (9,8 \text{ m/s}^2) \cdot 12 \text{ m}} = 15 \text{ m/s}$$

89 Un tuffatore temerario si butta da una scogliera alta 18 m. La resistenza dell'aria è trascurabile.

► Calcola la velocità con cui arriva in acqua. [19 m/s]

90 Un oggetto lanciato verso l'alto impiega 2,5 s per tornare al punto iniziale.

► A quale altezza è arrivato? [7,7 m]

91 Un sasso lasciato cadere in un pozzo impiega 0,95 s a raggiungere il fondo.

► Quanto è profondo il pozzo?
 ► Se il sasso è scagliato giù con velocità 2,8 m/s, quanto tempo impiega ad arrivare in fondo?

[4,4 m; 0,71 s]

92 Una ragazza compie un salto in alto con velocità 3,5 m/s.

► Calcola a quale altezza arriva.
 ► Se il salto fosse effettuato sulla Luna, dove la gravità è $1,6 \text{ m/s}^2$, a quale altezza arriverebbe?

[63 cm; 3,8 m]

93 Ci sono tre piattaforme: una a quota 11,0 m, la seconda a una quota doppia e la terza a una quota tripla. All'istante $t = 0 \text{ s}$ un sasso viene lasciato cadere dalla piattaforma più alta.

► In quali istanti devono essere lasciati cadere altri due sassi, rispettivamente dalla seconda e dalla prima piattaforma, affinché i tre sassi giungano a terra contemporaneamente?

[Il sasso che parte dalla piattaforma a metà deve essere lasciato cadere dopo 0,48 s, l'altro dopo 1,10 s]

94 Ci sono due piattaforme: la più bassa è posta a quota 44,1 m, l'altra è 21,0 m più in alto. Un vaso cade dalla piattaforma bassa con velocità iniziale nulla; nello stesso istante un sasso è scagliato giù, con velocità iniziale non nulla, dalla piattaforma più alta.

► Calcola quale deve essere la velocità da dare al sasso, in modo che colpisca il vaso nell'istante in cui questo tocca terra. [7,0 m/s]

9 Cinematica e sicurezza stradale

95 QUANTO?

Un conducente viaggia a 130 km/h in autostrada. Improvvisamente l'auto davanti frena.

► Quanti metri percorre prima di iniziare a frenare?

[4 · 10 m]

96 Andrea transita in moto a 75 km/h lungo un filare di pioppi in fiore. Poiché è allergico, starnutisce e tiene gli occhi chiusi per 1,5 s.

► Quanti metri percorre durante lo starnuto senza accorgersene? [31 m]

97 Una frenata sicura deve evitare il bloccaggio delle ruote. In una particolare situazione sappiamo che per un'automobile che viaggia a 100 km/h ciò può avvenire in 52 m.

► Trova la decelerazione durante la frenata.
 ► Calcola quanto tempo dura la frenata.
 ► Determina quanto sarebbe stata lunga la frenata, con la medesima decelerazione, se la velocità iniziale fosse stata di 125 km/h. [$-7,4 \text{ m/s}^2$; 3,7 s; 81 m]

98 In questo problema valutiamo in modo approssimativo i vantaggi derivanti dall'uso della cintura di sicurezza anche per i passeggeri seduti dietro l'autista. Un'automobile viaggia a 90 km/h, l'autista perde il controllo, sbanda e l'auto si schianta contro un albero. L'automobile si deformerà di circa un metro e questo è il piccolo spazio che ha per decelerare da 90 km/h a zero.

► Determina il valore della decelerazione ed esprimilo in unità g .

I passeggeri seduti nei sedili posteriori dell'auto viaggiano a 90 km/h e si fermeranno nello schianto. Se i passeggeri sono attaccati ai sedili dell'auto tramite le cinture di sicurezza, allora subiranno la stessa decelerazione dell'auto. Se i passeggeri non sono attaccati ai sedili dell'auto tramite le cinture,

durante lo schianto continueranno a muoversi a 90 km/h fino a urtare lo schienale del sedile anteriore e si fermeranno nello spazio della deformazione dei sedili e del loro corpo, in circa 15 cm.

► Determina in questo caso il valore della decelerazione. [$-32g$; $-210g$]

PROBLEMI FINALI

99 Primatista felino

L'animale terrestre più veloce sulla corta distanza è il ghepardo. Esso è in grado di percorrere fino a 640 m in 20 s.

► A quale velocità media, in km/h, riesce a correre un ghepardo? [115 km/h]



100 Misura casalinga

Per calcolare la distanza a cui è caduto un fulmine è sufficiente misurare dopo quanto tempo dal lampo si sente il tuono. Difatti nella vita quotidiana la propagazione della luce si può considerare istantanea, mentre la velocità del suono nell'aria vale circa 340 m/s. Considera il caso in cui tra lampo e tuono intercorrano 3,2 s.

► Calcola la distanza alla quale il fulmine è caduto a terra. [1,1 km]



101 Canti nel blu

Le balene per comunicare utilizzano vocalizzi, non udibili dall'orecchio umano perché di tono troppo basso, chiamati infrasuoni. Questi riescono a essere percepiti a centinaia di chilometri di distanza. Considera due cetacei, uno di questi si trova di fronte a Barcellona e l'altro al largo della Sardegna, 400 km a est. Nell'acqua il suono si propaga alla velocità di 1430 m/s.

► Calcola il tempo necessario ai due cetacei per scambiarsi un messaggio. [9 min]



102 Gara di crescita

Gli esseri umani esprimono la massima velocità di crescita durante l'adolescenza, raggiungendo 10 cm/anno. In natura i record di sviluppo appartengono alle piante: per esempio, il bambù cresce fino a 1 m/giorno.

► Calcola il rapporto tra le velocità di crescita di un essere umano e del bambù. [$3 \cdot 10^{-4}$]



103 La velocità dei terremoti

Un'onda sismica si propaga nel granito alla velocità di $1,9 \cdot 10^4 \text{ km/h}$.

► Quanti secondi impiega per attraversare un blocco di granito di 12 km? [2,3 s]

104 Un aereo supersonico

- L'aereo con equipaggio più veloce al mondo è il Lockheed SR-71 Blackbird, che ha raggiunto 3660 km/h volando a un'altezza di oltre 24 km.
- ▶ A quella velocità, quanto impiega a percorrere 1 km?
- ▶ Quale distanza percorre in 1 min? [0,984 s; 61,0 km]



105 Il record di distanza

- Le sonde spaziali Voyager 1 e Voyager 2 sono state lanciate dalla NASA nel 1977 per fare osservazioni ravvicinate dei pianeti giganti. Dopo aver inviato a Terra immagini straordinarie, le sonde hanno continuato il loro viaggio verso i confini del Sistema Solare per studiare le caratteristiche di quelle regioni buie e fredde dello spazio. All'inizio del 2010 Voyager 1 dista $1,7 \cdot 10^{10}$ km dalla Terra. Molti degli strumenti di bordo continuano a funzionare correttamente e a inviare segnali verso Terra. I segnali viaggiano alla velocità della luce, cioè $3,0 \cdot 10^8$ m/s.
- ▶ Calcola quante ore impiegano i segnali a raggiungere la Terra. [~ 16 h]

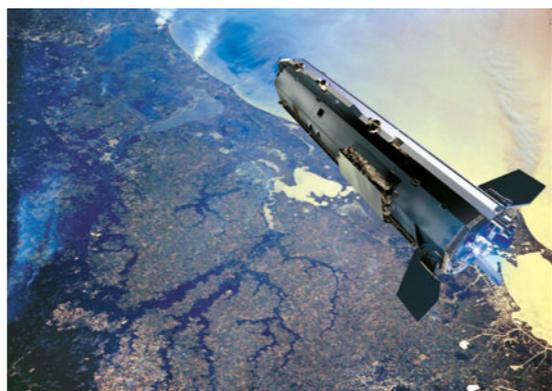


106 Un record fantastico!

- Gli cnidari, o celenterati, sono animali acquatici a simmetria centrale, come le idre e le meduse; sembrano animali indifesi, ma in realtà sono muniti di un'arma di offesa micidiale. Nei tentacoli, infatti, hanno cellule specializzate che sono in grado di eiettare capsule urticanti, dette nematociti, con una rapidità senza uguali nel mondo animale. Mediante una particolare telecamera ad altissima velocità nel 2006 si è misurato che un nematocita in $0,7 \mu\text{s}$ è accelerato a una velocità finale di 18,6 m/s.
- ▶ Calcola l'accelerazione media in unità g . [$2,7 \cdot 10^6 g$]

107 Un motore tranquillo

- Nel marzo 2009 l'Agenzia Spaziale Europea ESA ha lanciato il veicolo spaziale GOCE, che misurerà con precisione mai ottenuta prima la gravità terrestre. Il sistema di propulsione di GOCE è basato su un motore a ioni di xeno che imprime al veicolo un'accelerazione massima di $1,7 \cdot 10^{-5}$ m/s².
- ▶ Calcola l'aumento di velocità del veicolo spaziale in 24 h di funzionamento. [1,5 m/s]



108 Guidando sotto la pioggia

- Un'automobile che viaggia a 120 km/h su terreno asciutto frena in circa 140 m, tenendo anche conto dei tempi di risposta del guidatore e della meccanica del sistema frenante. In caso di pioggia i tempi d'arresto aumentano del 20%.
- ▶ Calcola i tempi di frenata.
- ▶ Calcola la decelerazione su terreno asciutto e su terreno bagnato. [8,4 s; 10 s; - 4,0 m/s²; - 3,3 m/s²]

109 Lingua da caccia

- I camaleonti cacciano gli insetti catturandoli con la loro lingua appiccicosa, che viene lanciata alla velocità di 20 km/h. La lunghezza della lingua dipende dalla specie e dall'età dell'animale, ma si può conside-

rare mediamente di 25 cm. Il diametro della punta appiccicosa è di 1,5 cm. Un insetto posto a 25 cm dalla bocca del camaleonte si muove in direzione perpendicolare alla lingua nell'istante in cui parte l'attacco.



110 Vento in poppa

- Le correnti a getto sono venti perenni che soffiano da ovest verso est a 11 km di quota. La loro velocità varia dai 50 km/h d'estate a 120 km/h d'inverno. Queste correnti sono comunemente utilizzate dalle compagnie aeree per risparmiare tempo sui voli di linea. La distanza tra Parigi e New York è di 5800 km, e gli aerei intercontinentali viaggiano a circa 900 km/h di velocità di crociera.
- ▶ Calcola la differenza di tempo tra andata e ritorno su questa rotta per un volo invernale. [1 h 24m]

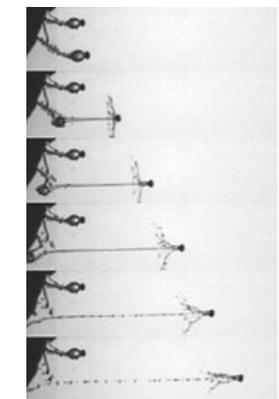
111 Decollo sul filo del rasoio

- Per potersi staccare dal terreno un Boeing 747 deve raggiungere la velocità di 290 km/h. Le piste di decollo degli aeroporti per questi velivoli sono lunghe fino a 4800 m.
- ▶ Qual è l'accelerazione minima che deve mantenere un Boeing 747 per decollare? [0,7 m/s²]



112 Un cannone speciale

- Per riprodursi i funghi spargono nell'ambiente le loro spore. Molti di essi le lasciano cadere e si affidano al vento per diffonderle tutto intorno. Un particolare tipo di fungo, però, usa un sistema veramente speciale. Mediante un «microcannone» chimico eietta le spore a una distanza di oltre 2 m e a una velocità di 25 m/s. Utilizzando telecamere ad altissima velocità, in grado di riprendere 250 000 immagini al secondo, nel 2008 si è scoperto che le spore sono accelerate fino a 180 000 g .
- ▶ Calcola la durata della fase di accelerazione. [$1,4 \cdot 10^{-5}$ s]



113 Il moto di un ghiacciaio

- Un ghiacciaio può scorrere con la velocità di circa mezzo millimetro al secondo.
 - ▶ Quanto vale questa velocità in metri al giorno?
 - ▶ Quanto vale la portata (in m³/giorno) se il ghiacciaio è alto 80 m e largo 1,2 km?
- [43 m/giorno; circa 4 milioni di m³/giorno]

114 Prossima fermata: spazio

- Uno dei progetti fantascientifici più audaci è la creazione di un ascensore spaziale con cui portare equipaggi in orbita attorno alla Terra a basso costo. L'altezza che si ipotizza è di 36500 km, che corrisponde alle orbite in cui si trovano i satelliti meteo-



rologici e per le comunicazioni. Il trasporto di esseri umani deve avvenire con accelerazione non troppo elevata. Bisogna inoltre prevedere che da metà percorso l'ascensore deve decelerare ($a \Rightarrow -a$).

- ▶ Calcola il tempo necessario alla salita supponendo $a = (3/2)g$. [53 min]

115 Caduta con il freno

I paracadutisti che si lanciano da alta quota non mantengono un'accelerazione costante per tutta la caduta. A causa dell'attrito con l'aria la discesa passa da un moto accelerato a uno a velocità costante con $v = 180$ km/h. Considera un paracadutista che si lancia da 4000 m e che raggiunge la velocità massima di caduta in 15 s. Il paracadute viene aperto, per motivi di sicurezza, a 1000 m di quota.

- ▶ Calcola l'accelerazione media dopo 15 s.
- ▶ Calcola il tempo impiegato a raggiungere la quota di apertura del paracadute.
- ▶ Calcola l'accelerazione media tra 4000 m e 1000 m. [3,3 m/s²; 68 s; 0,74 m/s²]

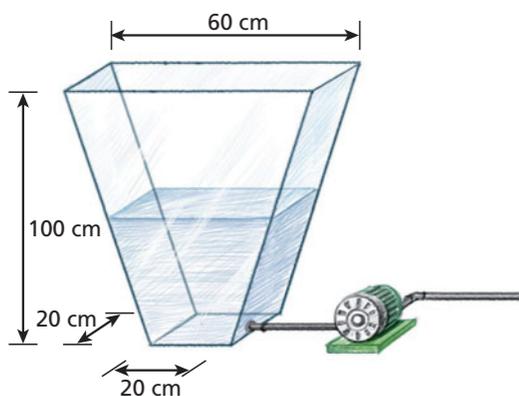
116 Balzo felino

I gatti riescono a saltare fino a 1,6 m di altezza. La spinta viene fornita sia dalle gambe posteriori sia dai muscoli della schiena per uno spazio di accelerazione di circa 30 cm.

- ▶ Calcola la velocità a 30 cm.
- ▶ Quanto vale l'accelerazione tra 0 cm e 30 cm?
- ▶ Esprimi l'accelerazione in g . [5 m/s; 42 m/s²; 4,3g]

117 Come cresce il livello?

Una pompa spinge 6,0 litri d'acqua al minuto dentro un recipiente la cui forma è quella riportata in figura. Il recipiente ha una base quadrata di lato 20 cm. Procedendo verso l'alto la sezione diventa rettangolare: un lato resta 20 cm, l'altro lato au-



menta fino ad arrivare a 60 cm, quando l'altezza è a 100 cm.

A causa dell'allargarsi della sezione, la velocità di salita dell'acqua non è costante, ma diminuisce man mano che l'acqua sale. Indica con s l'altezza (variabile) dell'acqua.

- ▶ Determina la relazione tra s e la velocità v di salita dell'acqua.
- ▶ Il livello s dell'acqua cresce in funzione del tempo secondo la legge:

$$s = 50\sqrt{(1 + 0,01 \cdot t)} - 1$$

- ▶ con s espresso in centimetri e t in secondi.
- ▶ Determina quanto tempo impiega il recipiente a riempirsi.
- ▶ Disegna il grafico spazio-tempo.

$$[v = 5/(20 + 0,4 \cdot s) \text{ cm/s}; 800 \text{ s}]$$

L'ARTE DELLA STIMA

118 Bombardamento di neutrini

Nel settembre 2006 è stato svolto un esperimento scientifico tra i laboratori del CERN, a Ginevra, e quelli del Gran Sasso. Dal CERN sono stati mandati fasci di particolari particelle (neutrini) poi analizzate dai laboratori italiani. I neutrini hanno la caratteristica di passare indenni attraverso la materia solida, per cui la loro traiettoria può essere considerata rettilinea. La velocità a cui viaggiano i neutrini è praticamente quella della luce ($3 \cdot 10^8$ m/s).

- ▶ Stima il tempo impiegato dai neutrini a raggiungere il Gran Sasso. [$2 \cdot 10^{-6}$ s]

119 Digestione lenta

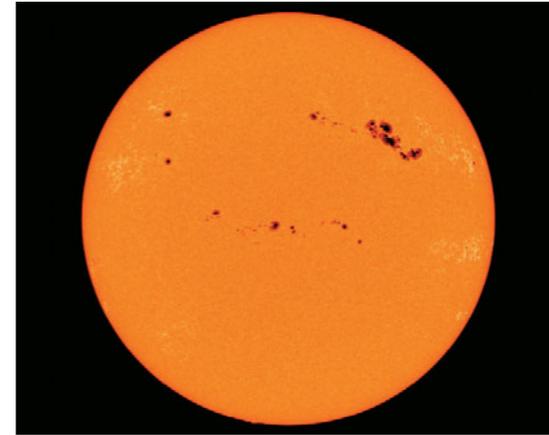
L'intestino tenue umano assorbe i nutrienti del cibo digerito dallo stomaco. Ha inizio nel colon e termina all'altezza dell'appendice ed è lungo 7 m. Il cibo lo attraversa in circa 3 ore grazie ai movimenti ondulatori dei fasci muscolari che lo ricoprono.

- ▶ Stima la velocità media del cibo nell'intestino tenue. [$6 \cdot 10^{-4}$ m/s]

120 Il Sole «sporco»

Le macchie solari sono regioni della superficie del Sole a temperatura più bassa dell'ambiente circostante (5000 °C contro 6000 °C). Questi «difetti» appaiono periodicamente sulla superficie della nostra stella e vengono facilmente osservate dai telescopi.

- ▶ Stima dopo quanto tempo dalla sua comparsa è possibile osservare una macchia solare dalla Terra. [8 min]



121 Coast-to-coast

Nel 1869 la ferrovia collegò la costa del Pacifico a quella atlantica degli Stati Uniti. Per attraversare il continente si impiegavano quattro giorni.

- ▶ Stima la velocità media. [50 km/h]



122 Il nastro trasportatore sottomarino

«Nastro trasportatore» è il nome che viene dato al meccanismo di funzionamento della Corrente del Golfo del Messico. L'acqua calda scorre sulla superficie del mare dal Golfo del Messico fino alle coste del nord Europa, dove si raffredda, inabissandosi e formando una corrente di ritorno. La velocità media della Corrente del Golfo del Messico di circa 0,8 m/s.

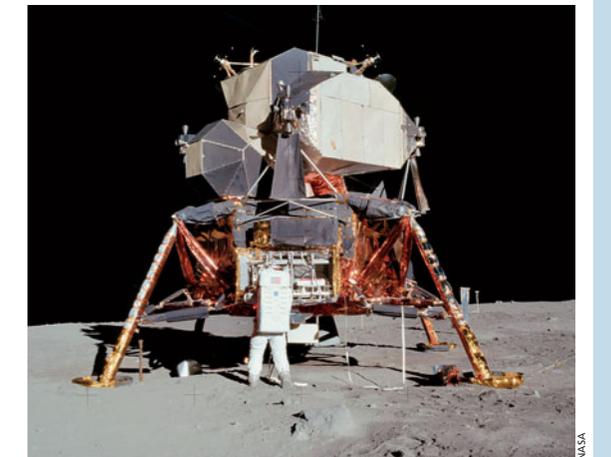
- ▶ Stima la durata complessiva in giorni di un giro completo del nastro trasportatore. [$2 \cdot 10^2$ giorni]

123 Viaggio spaziale

La prima missione spaziale che portò l'uomo sulla Luna fu l'Apollo 11. L'equipaggio impiegò circa

3 giorni a percorrere la distanza che ci separa dal nostro satellite.

- ▶ Stima la velocità media della navicella in km/h.
- ▶ Stima quanto impiegherebbe una navicella, alla stessa velocità, a raggiungere il Sole. [$5 \cdot 10^3$ km/h; 3 anni]



124 La scorciatoia navale

L'apertura del canale di Suez ha portato a un enorme risparmio di tempo e denaro nei commerci marittimi tra l'Asia e l'Europa. Una nave portacontainer di medie dimensioni viaggia alla velocità media di 30-40 km/h e consuma 10 tonnellate (t) di combustibile al giorno.

- ▶ Stima la quantità di combustibile che si risparmia nella rotta Singapore-Marsiglia. [120 t]

125 Pony Express in toga

Il servizio postale romano (Cursus publicus) fu il più avanzato dell'epoca e rimase ineguagliato fino al XIX secolo. I messaggeri cambiavano cavallo ogni 8-9 miglia e percorrevano fino a 270 km in 24 ore.

- ▶ Stima il tempo necessario per inviare un messaggio da Costantinopoli a Roma.
- ▶ Stima il numero di cavalli necessari. [9 giorni; $2 \cdot 10^2$ cavalli]

