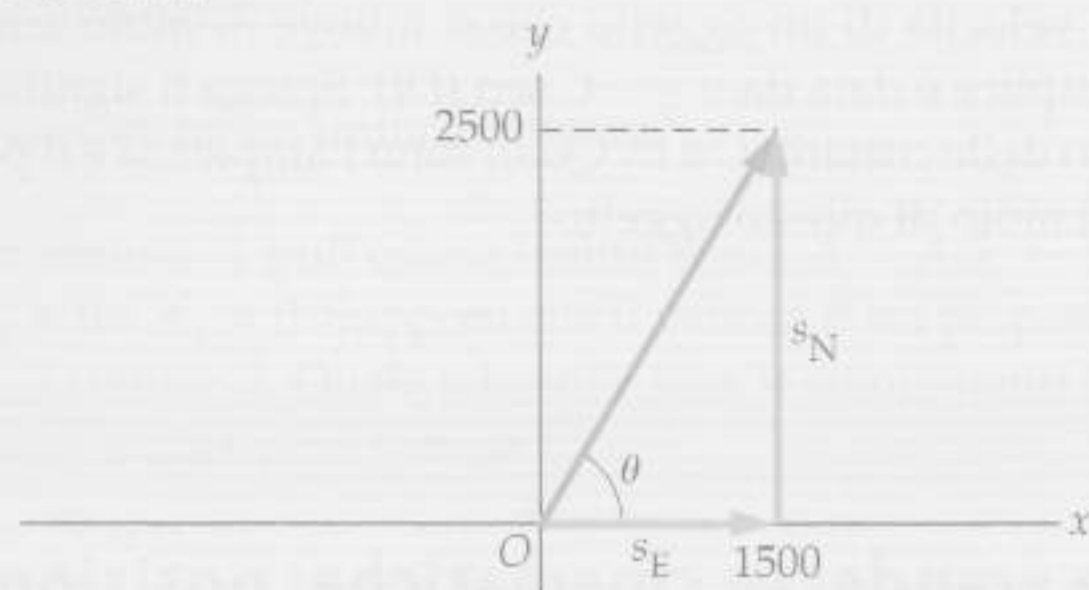


12 PROBLEMA GUIDATO

Vai piano! Tuo padre guida un'automobile per 1500 m verso est e poi per 2500 m verso nord. Se il viaggio è durato 3,0 minuti, quali sono stati il modulo e la direzione della sua velocità media?

SOLUZIONE



Chiamiamo s_E il modulo dello spostamento verso est e s_N il modulo dello spostamento verso nord; scegli un sistema con l'origine degli assi nella posizione iniziale, l'asse x lungo la direzione ovest-est e l'asse y lungo la direzione sud-nord. Calcola il modulo del vettore spostamento:

$$\Delta s = \sqrt{s_E^2 + s_N^2} = \sqrt{(1500 \text{ m})^2 + (2500 \text{ m})^2} = (500\sqrt{3^2 + 5^2})\text{m} = (500\sqrt{34})\text{m} = 2915 \text{ m}$$

Calcola il modulo della velocità media, considerando che $\Delta t = 180 \text{ s}$:

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{2915 \text{ m}}{180 \text{ s}} = 16,2 \text{ m/s}$$

La direzione del vettore velocità è la stessa del vettore spostamento, quindi se θ è l'angolo che il vettore forma con la direzione positiva dell'asse x , ottieni:

$$\theta = \text{tg}^{-1}\left(\frac{s_N}{s_E}\right) = \text{tg}^{-1}\left(\frac{2500 \text{ m}}{1500 \text{ m}}\right) = \text{tg}^{-1}\left(\frac{5}{3}\right) = 59,0^\circ$$

13 Un uomo che fa jogging corre a una velocità di 3,25 m/s in una direzione di $30,0^\circ$ sopra l'asse x .

- a) Determina le componenti x e y del vettore velocità.
b) Come cambiano le componenti della velocità se la velocità dell'uomo si dimezza?

[a) $v_x = 2,81 \text{ m/s}$, $v_y = 1,63 \text{ m/s}$; b) si dimezzano]

14 Attenti allo skateboard! Un ragazzo su uno skateboard parte da fermo e scivola giù da una rampa lunga 15,0 m e inclinata rispetto al piano di $\theta = 20,0^\circ$. Al termine della rampa, 3,00 s dopo la partenza, la sua velocità è di 10,0 m/s. Verifica che l'accelerazione media del ragazzo sullo skateboard è $a_m = g \sin \theta$, dove $g = 9,81 \text{ m/s}^2$.



15 La velocità della Luna. Rispetto al centro della Terra, la posizione della Luna può essere approssimata dal seguente vettore:

$$\vec{r} = (3,84 \cdot 10^8 \text{ m}) \{ \cos[(2,46 \cdot 10^{-6} \text{ rad/s})t]\hat{x} + \sin[(2,46 \cdot 10^{-6} \text{ rad/s})t]\hat{y} \}$$

dove t è misurato in secondi.

- a) Determina il modulo e la direzione della velocità media della Luna nell'intervallo di tempo fra $t = 0$ e $t = 7,38$ giorni. (Questo tempo è un quarto dei 29,5 giorni che la Luna impiega per completare un'orbita).
b) La velocità istantanea della Luna è maggiore, minore o uguale alla velocità media ricavata nel punto a)?

[a) 852 m/s; 135° rispetto all'asse x ; b) maggiore]

Composizione dei moti

16 Vento in poppa. Una barca a vela scivola spinta dal vento con una velocità costante di modulo 4,2 m/s in direzione 32° nord rispetto a ovest. Dopo un viaggio di 25 minuti quale distanza ha percorso la barca:

- a) verso ovest?
b) verso nord?

[a) 5,3 km; b) 3,3 km]

17 Gita in collina. Partendo da ferma, un'automobile accelera a $2,0 \text{ m/s}^2$ su una strada di collina inclinata di $5,5^\circ$ sopra l'orizzontale. Se viaggia per 12 secondi, quale distanza percorre:

- a) in direzione orizzontale?
b) in direzione verticale?

[a) 140 m; b) 14 m]

18 PROBLEMA GUIDATO

Una particella passa dall'origine di un sistema di riferimento con una velocità $\vec{v} = (6,2 \text{ m/s})\hat{y}$ e un'accelerazione $\vec{a} = (-4,4 \text{ m/s}^2)\hat{x}$.

- a) Quali sono le posizioni lungo l'asse x e l'asse y dopo 5,0 s?
b) Quali sono le velocità nella direzione x e nella direzione y dopo lo stesso intervallo di tempo?
c) La velocità della particella nel tempo aumenta, diminuisce o prima aumenta e poi diminuisce?

SOLUZIONE

a) Il moto è uniformemente accelerato lungo l'asse x , mentre è uniforme lungo l'asse y . Applica le leggi del moto per determinare le posizioni. Nella direzione x ottieni:

$$x = \frac{1}{2}a_x t^2 = \frac{1}{2}(-4,4 \text{ m/s}^2)(5,0 \text{ s})^2 = -55 \text{ m}$$

e nella direzione y :

$$y = v_y t = (6,2 \text{ m/s})(5,0 \text{ s}) = 31 \text{ m}$$

b) Calcola la velocità lungo l'asse x :

$$v_x = a_x t = (-4,4 \text{ m/s}^2)(5,0 \text{ s}) = -22 \text{ m/s}$$

La velocità lungo l'asse y si mantiene costante ed è $v_y = 6,2 \text{ m/s}$.

c) Il modulo della velocità totale è dato dall'espressione:

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{(a_x t)^2 + v_y^2}$$

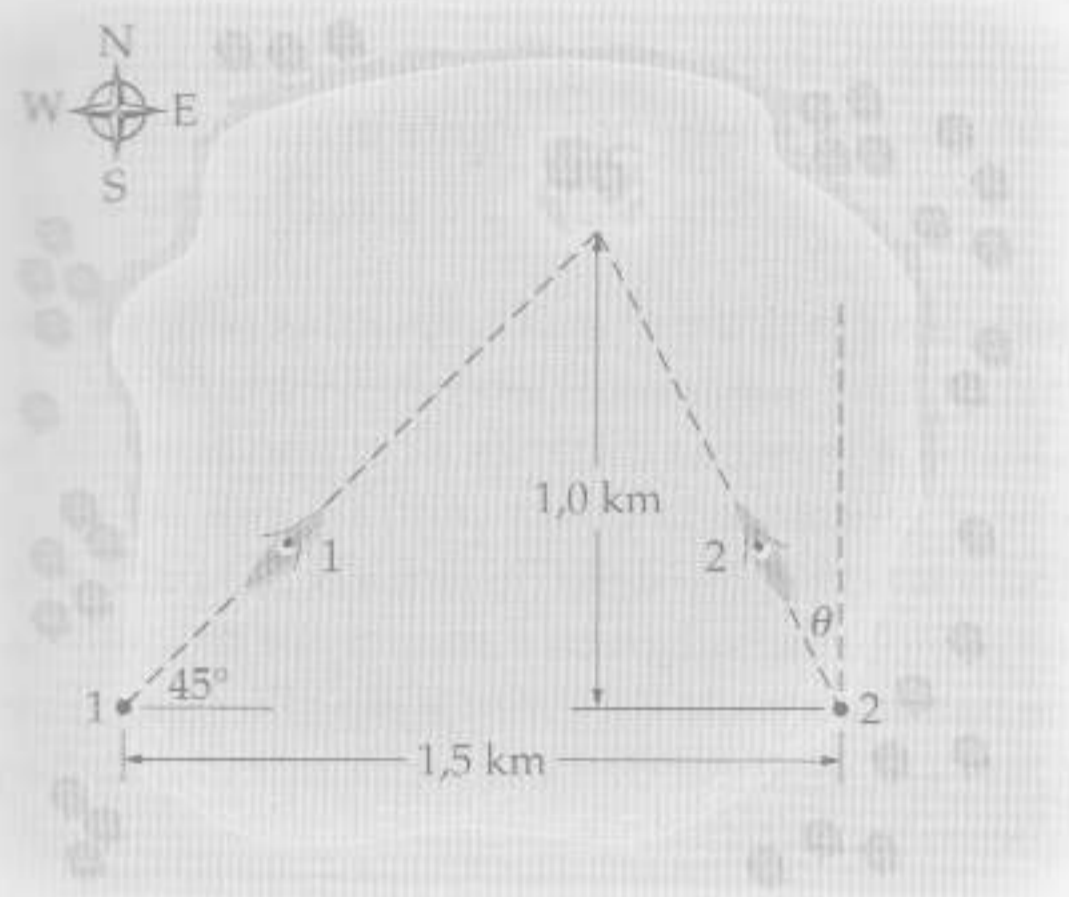
da cui si può dedurre che la velocità della particella aumenta nel tempo.

23 Elettrone nel tubo Un elettrone in un tubo a raggi catodici si sta muovendo orizzontalmente alla velocità di $2,10 \cdot 10^7$ m/s, quando le placche di deflessione gli forniscono un'accelerazione verso l'alto di $5,30 \cdot 10^{15}$ m/s².

- a) Quanto tempo impiega l'elettrone a percorrere una distanza orizzontale di 6,20 cm?
 - b) Qual è il suo spostamento verticale durante questo tempo?
- [a) 2,95 ns; b) 2,31 cm]

24 Appuntamento sull'isola Due canoisti cominciano a pagaiare nello stesso momento e si dirigono verso una piccola isola all'interno di un lago, come mostrato in figura. Il canoista 1 pagaia con una velocità di modulo 1,35 m/s e con un angolo di 45° nord rispetto a est.

- Il canoista 2 parte dalla riva opposta del lago, che si trova a 1,5 km di distanza dal punto da cui è partito il canoista 1.
- a) In quale direzione rispetto a nord deve pagaiare il canoista 2 per raggiungere l'isola?
- b) Che velocità deve avere il canoista 2 perché le due canoe raggiungano l'isola nello stesso istante?



[a) 27° ovest rispetto a nord; b) 1,1 m/s]

Moto di un proiettile

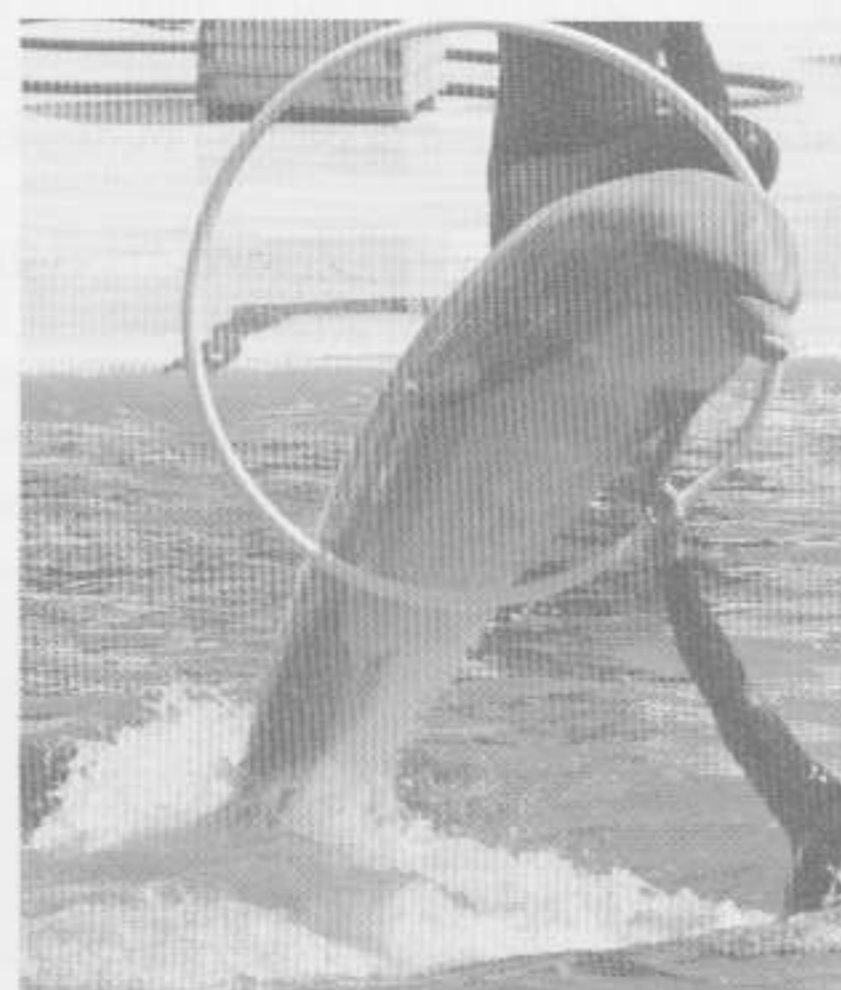
25 Un proiettile viene lanciato con una velocità iniziale di modulo v_0 . Nel punto di massima altezza la sua velocità è $\frac{1}{2}v_0$. Qual è stato l'angolo di lancio del proiettile? [60°]

26 Auguri! Un tappo viene sparato da una bottiglia di champagne con un angolo di 35,0° sopra l'orizzontale. Se il tappo cade a una distanza orizzontale di 1,30 m dopo 1,25 s, qual è il modulo della sua velocità iniziale? [1,27 m/s]

27 Il volo del pallone Un pallone è calciato con una velocità di modulo 9,85 m/s con un angolo di 35,0° sopra l'orizzontale. Se il pallone atterra allo stesso livello da cui era stato calciato, per quanto tempo rimane in aria? [1,15 s]

28 Pumpkin Chunkin Nel Delaware una tradizione del periodo successivo a Halloween è il cosiddetto "Pumpkin Chunkin", nel quale i concorrenti costruiscono dei cannoni con cui lanciare le zucche e gareggiano a chi raggiunge la maggior distanza. In questa competizione le zucche a volte vengono lanciate anche fino a 1250 m. Qual è il modulo della velocità iniziale minima che si richiede per un lancio di questo tipo? [111 m/s]

25 Tuffo nel cerchio Un delfino salta con una velocità iniziale di modulo 12,0 m/s e un angolo di 40,0° sopra l'orizzontale e passa attraverso il centro di un cerchio prima di rituffarsi nell'acqua. Se il delfino si muove orizzontalmente nell'istante in cui passa nel cerchio, a che altezza dall'acqua si trova il centro del cerchio? [3,03 m]



26 Una palla da golf, colpita con una mazza a livello del suolo, atterra 92,2 m più avanti e 4,30 s dopo il lancio. Quali erano la direzione e il modulo della sua velocità iniziale? [44,5°; 30,1 m/s]

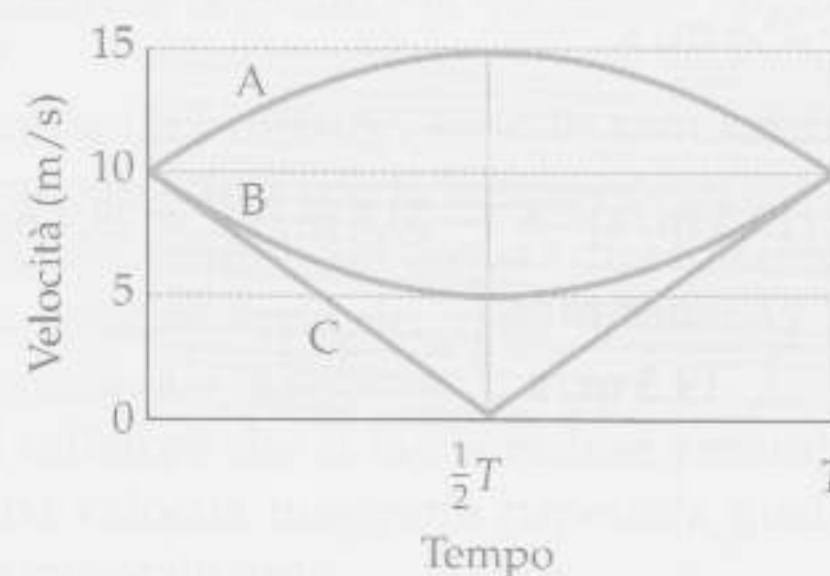
27 Lancio da record La giocatrice di baseball Babe Didrikson detiene il record mondiale per il lancio più lungo (90 metri) effettuato da una donna. Per rispondere alle domande seguenti assumi che la palla sia lanciata con un angolo di 45,0° sopra l'orizzontale, che percorra una distanza orizzontale di 90 m e che sia ricevuta allo stesso livello dal quale è stata lanciata.

- a) Qual è il modulo della velocità iniziale della palla?
 - b) Per quanto tempo la palla resta in aria?
- [a) 29,7 m/s; b) 4,28 s]

28 Prevedi/Spiega Lanci una palla in aria con velocità iniziale di 10 m/s e un angolo di 60° sopra l'orizzontale. La palla ritorna al livello dal quale era partita in un tempo T .

- a) Quale dei diagrammi A, B, C riportati in figura rappresenta meglio la velocità della palla in funzione del tempo?
- b) Quale fra le seguenti è la spiegazione migliore per la risposta?

- 1) La gravità determina un aumento del modulo della velocità durante il volo.
- 2) Nel punto di massima altezza il modulo della velocità della palla è zero.
- 3) Il modulo della velocità della palla diminuisce durante il volo, ma non si annulla.

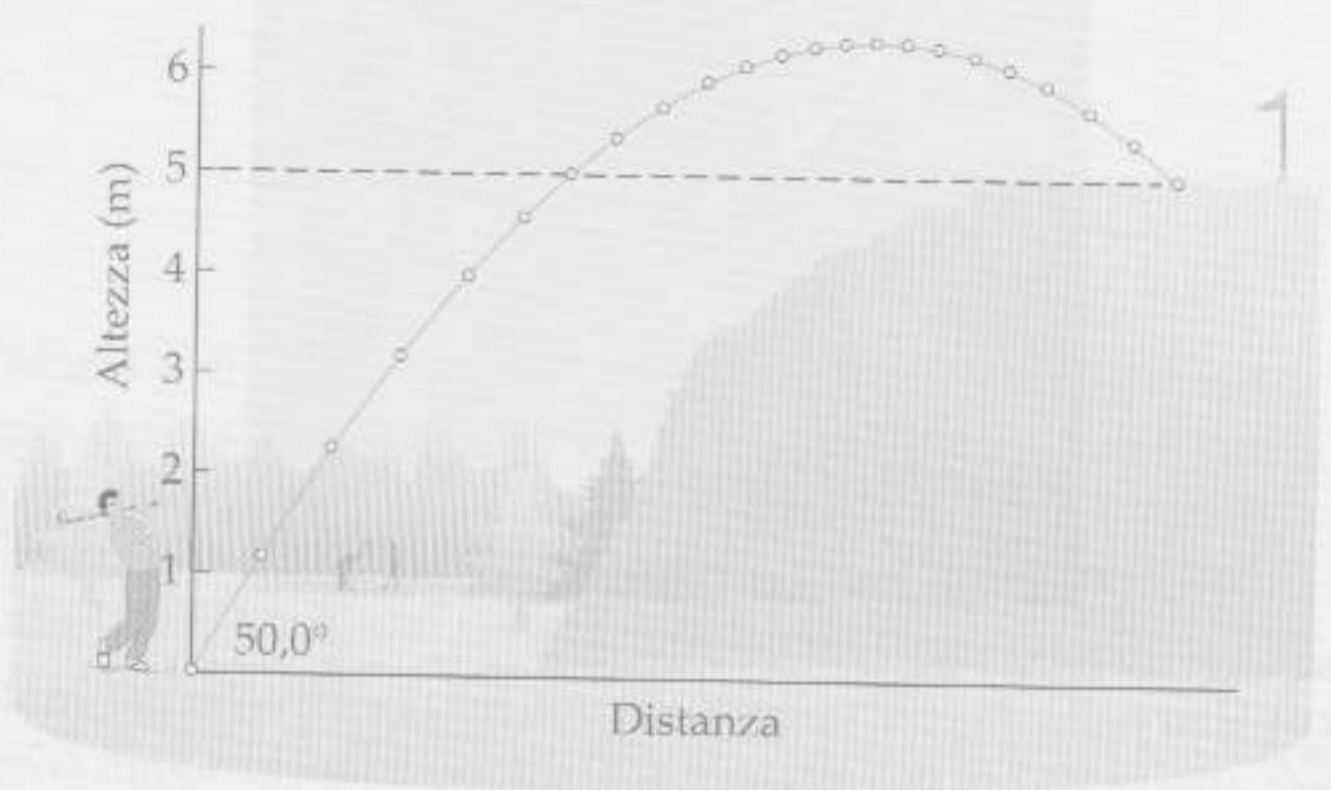


[a) B; b) la 3; la 1 e la 2 sono false]

29 PROBLEMA GUIDATO

Il prato a un livello più alto Un giocatore di golf colpisce una pallina con velocità iniziale di modulo 30,0 m/s e un angolo di 50,0° sopra l'orizzontale. La pallina atterra su un prato che è 5,00 m al di sopra del livello di quello dove era stata battuta.

- Per quanto tempo resta in aria la pallina?
- Quale distanza ha percorso la pallina in direzione orizzontale quando atterra?
- Quali sono il modulo e la direzione della velocità della pallina un istante prima dell'atterraggio?



SOLUZIONE

- a) Poni $y = (v_0 \sin \theta)t - \frac{1}{2}gt^2 = 5,00$ m e sostituisci i valori $v_0 = 30,0$ m/s e $\theta = 50,0^\circ$; ottieni l'equazione di secondo grado in t :

$$4,90t^2 - 22,98t + 5,00 = 0$$

Risolvi l'equazione con la formula risolutiva:

$$t_{1,2} = \frac{22,98 \pm \sqrt{529 - 98}}{9,81} \begin{cases} t_1 = 0,229 \text{ s} \\ t_2 = 4,46 \text{ s} \end{cases}$$

Nell'istante $t = 0,229$ s la palla si sta muovendo verso l'alto, nell'istante $t = 4,46$ s la palla sta scendendo. Scegli il secondo istante, $t = 4,46$ s.

- b) Sostituisci $t = 4,46$ s nell'equazione $x = (v_0 \cos \theta)t$ per calcolare la distanza percorsa dalla pallina in direzione orizzontale:

$$x = (30,0 \text{ m/s})(\cos 50,0^\circ)(4,46 \text{ s}) = 86,0 \text{ m}$$

- c) Utilizza $v_x = v_0 \cos \theta$ per calcolare v_x :

$$v_x = (30,0 \text{ m/s})(\cos 50,0^\circ) = 19,3 \text{ m/s}$$

Sostituisci $t = 4,46$ s in $v_y = v_0 \sin \theta - gt$ per determinare v_y :

$$v_y = (30,0 \text{ m/s})(\sin 50,0^\circ) - (9,81 \text{ m/s}^2)(4,46 \text{ s}) = -20,8 \text{ m/s}$$

Calcola v e θ :

$$v = \sqrt{(19,3 \text{ m/s})^2 + (-20,8 \text{ m/s})^2} = 28,4 \text{ m/s}$$

$$\theta = \text{tg}^{-1}\left(\frac{-20,8 \text{ m/s}}{19,3 \text{ m/s}}\right) = -47,1^\circ$$

- 30 **Passa la palla!** In un incontro di basket un attaccante fa rimbalzare la palla verso il centro. La palla viene lanciata dalle mani del giocatore, a 0,80 m al di sopra del pavimento, con una velocità iniziale di modulo 4,3 m/s e un angolo di 15° sotto l'orizzontale. Che distanza orizzontale copre la palla prima di rimbalzare? [1,3 m]

- 31 Risolvi il problema precedente nel caso in cui la palla sia lanciata con un angolo di 15° sopra l'orizzontale. [2,2 m]

- 32 **Palle di neve** Delle palle di neve vengono lanciate con una velocità di modulo 13 m/s da un balcone alto 7,0 m rispetto al suolo. La palla A è lanciata diritta verso il basso; la palla B invece è lanciata in una direzione che forma un angolo di 25° sopra l'orizzontale.

- a) Quando le palle di neve cadono a terra, il modulo della velocità di A è maggiore, minore o uguale al modulo della velocità di B? Giustifica la risposta.

- b) Verifica la risposta al punto a) calcolando il modulo della velocità di atterraggio di entrambe le palle di neve.

[a] uguale; b) $v_A = v_B = 18$ m/s

- 33 Determina la direzione del moto delle due palle di neve del problema precedente nell'istante in cui toccano terra.

$[\theta_A = -90^\circ; \theta_B = -47^\circ]$

- 34 **Buca!** Un giocatore di golf colpisce la pallina con una velocità iniziale massima di modulo 34,4 m/s.

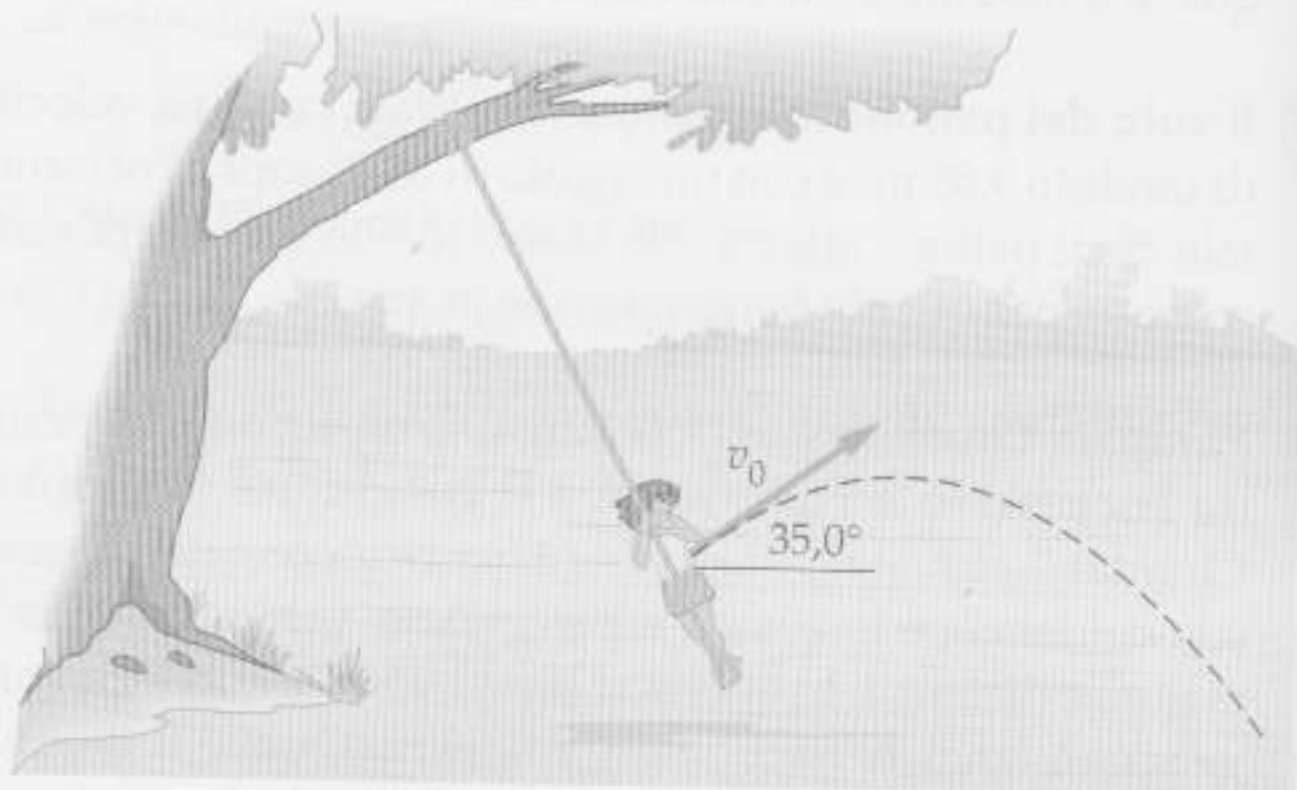
- a) Qual è la massima distanza a cui può essere la buca perché il giocatore la possa centrare con un tiro diretto? (Non tenere conto della distanza che la palla può percorrere rotolando sul green e assumi che il punto da cui viene battuta la palla e il green siano allo stesso livello).

- b) Qual è il modulo della velocità minima della palla in questo tiro diretto?

[a] 121 m; b) $v = v_{0x} = 24,3$ m/s

- 35 **Buca con ostacolo** Qual è l'albero più alto che la palla del problema precedente può superare nel percorso del tiro diretto? [30,2 m]

- 36 **Tuffo rinfrescante** In una calda giornata d'estate una ragazzina dondola su una fune sopra un laghetto, come mostrato in figura. Quando lascia andare la fune, la sua velocità iniziale ha modulo 2,25 m/s e forma un angolo di 35,0° sopra l'orizzontale. Se la ragazzina compie un volo che dura 0,616 s, qual è la sua altezza rispetto all'acqua nell'istante in cui lascia la fune? [1,07 m]



PROBLEMA GUIDATO

Calcio di punizione Un pallone viene calciato con una velocità iniziale di modulo 10,2 m/s in una direzione inclinata di 25,0° sopra l'orizzontale.

- a) Determina il modulo e la direzione del vettore velocità del pallone 0,250 s e 0,500 s dopo che è stato calciato.
- b) Il pallone raggiunge la sua altezza massima prima o dopo 0,500 s? Giustifica la risposta.



SOLUZIONE

a) Conosci $v_0 = 10,2 \text{ m/s}$ e l'angolo di lancio $\alpha = 25,0^\circ$. Calcola la velocità in direzione verticale utilizzando la formula:

$$v_y = gt + v_0 \sin \alpha$$

Calcola v_y nei due istanti richiesti sostituendo prima $t_1 = 0,250 \text{ s}$ e poi $t_2 = 0,500 \text{ s}$ (poni $g = -9,81 \text{ m/s}^2$):

$$\begin{aligned} v_{y1} &= gt_1 + v_0 \sin \alpha = \\ &= (-9,81 \text{ m/s}^2)(0,250 \text{ s}) + (10,2 \text{ m/s})(\sin 25,0^\circ) = \\ &= 1,86 \text{ m/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} v_{y2} &= gt_2 + v_0 \sin \alpha = \\ &= (-9,81 \text{ m/s}^2)(0,500 \text{ s}) + (10,2 \text{ m/s})(\sin 25,0^\circ) = \\ &= -0,59 \text{ m/s} \end{aligned}$$

La velocità nella direzione orizzontale è costante ed è:

$$v_x = v_0 \cos \alpha = (10,2 \text{ m/s})(\cos 25,0^\circ) = 9,24 \text{ m/s}$$

Calcola la velocità totale nei due istanti considerati:

$$\begin{aligned} v_1 &= \sqrt{v_x^2 + v_{y1}^2} = \sqrt{(9,24 \text{ m/s})^2 + (1,86 \text{ m/s})^2} = \\ &= 9,43 \text{ m/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} v_2 &= \sqrt{v_x^2 + v_{y2}^2} = \sqrt{(9,24 \text{ m/s})^2 + (-0,59 \text{ m/s})^2} = \\ &= 9,26 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Determina la direzione della velocità nei due istanti:

$$\theta_1 = \text{tg}^{-1}\left(\frac{v_{y1}}{v_x}\right) = \text{tg}^{-1}\left(\frac{1,86 \text{ m/s}}{9,24 \text{ m/s}}\right) = 11,4^\circ$$

$$\theta_2 = \text{tg}^{-1}\left(\frac{v_{y2}}{v_x}\right) = \text{tg}^{-1}\left(\frac{-0,59 \text{ m/s}}{9,24 \text{ m/s}}\right) = -3,65^\circ$$

- b) La componente verticale della velocità all'istante t_1 è negativa, cioè è diretta verso il basso; quindi la palla ha già cominciato a scendere e ha raggiunto la sua altezza massima prima di tale istante.

- 38 Un secondo pallone viene calciato con la stessa velocità iniziale, in modulo, di quello del problema precedente. Dopo 0,750 s il pallone si trova nel punto più alto della sua traiettoria. Qual era la direzione iniziale del suo moto? [46,2°]

- 39 **I vulcani di Io** Gli astronomi hanno scoperto diversi vulcani su Io, una delle lune di Giove. Uno di questi vulcani, chiamato Loki, erutta lava a un'altezza massima di $2,00 \cdot 10^5 \text{ m}$.
 - a) Sapendo che l'accelerazione di gravità su Io è di $1,80 \text{ m/s}^2$, determina il modulo della velocità iniziale della lava.
 - b) Se questo vulcano fosse sulla Terra, l'altezza massima dell'eruzione di lava sarebbe maggiore, minore o uguale a quella su Io? Giustifica la risposta.

[a) 849 m/s; b) minore]

- 40 **La gara delle balle di fieno** Ogni anno, in Scozia si tengono gli *Highland Games*, una sorta di campionato sportivo simile ai giochi olimpici. Uno dei giochi più popolari è quello in cui i concorrenti, utilizzando dei forconi, devono lanciare una palla di fieno su un percorso in salita. Supponi che, dopo il colpo di forcone, la velocità iniziale della palla di fieno sia $\vec{v} = (1,12 \text{ m/s})\hat{x} + (8,85 \text{ m/s})\hat{y}$.

- a) Qual è il minimo tempo necessario perché la palla di fieno raggiunga una velocità di modulo 5,00 m/s?
- b) Dopo quanto tempo dal lancio la direzione del moto della palla di fieno è di 45° sotto l'orizzontale?
- c) Se la palla di fieno venisse lanciata con la stessa velocità iniziale, ma diretta verso l'alto, il suo tempo di volo aumenterebbe, diminuirebbe o rimarrebbe lo stesso? Giustifica la risposta. [a) 0,405 s; b) 1,02 s; c) aumenterebbe]

Moto di un proiettile: lancio ad angolo zero

- 41 **Prevedi/Spiega** Due tuffatori si lanciano orizzontalmente dalla sporgenza di una scogliera. Il tuffatore 2 si lancia con una velocità doppia di quella del tuffatore 1.

- a) Quando i tuffatori toccano l'acqua, la distanza orizzontale percorsa dal tuffatore 2 è il doppio, quattro volte maggiore o uguale a quella percorsa dal tuffatore 1?
- b) Quale fra le seguenti è la spiegazione migliore per la risposta?

- 1) Il tempo di caduta è lo stesso per entrambi i tuffatori.
- 2) Lo spazio di caduta dipende da t^2 .
- 3) Entrambi i tuffatori, in caduta libera, percorrono la stessa distanza.

[a) il doppio; b) la 1; la 2 è corretta ma non pertinente; la 3 è falsa]

- 42 **Prevedi/Spiega** Due giovani tuffatori si tuffano da una piattaforma in un lago. Il tuffatore 1 si lascia cadere diritto verso il basso, mentre il tuffatore 2 prende la rincorsa sulla piattaforma e si lancia orizzontalmente con velocità iniziale di modulo v_0 .

- a) Al momento dell'entrata in acqua, la velocità del tuffatore 2 è maggiore, minore o uguale rispetto a quella del tuffatore 1?
- b) Quale fra le seguenti è la spiegazione migliore per la risposta?

- 1) Entrambi i tuffatori sono in caduta libera, quindi entrano in acqua con la stessa velocità.
- 2) Quando entrano in acqua i due tuffatori hanno la stessa velocità verticale, ma il tuffatore 2 ha una velocità orizzontale maggiore.
- 3) Il tuffatore che si lascia cadere verticalmente acquista una velocità maggiore rispetto a quello che si lancia orizzontalmente.

[a) maggiore; b) la 2; la 1 e la 3 sono false]

43 Un brutto tiro Un arciere tira una freccia orizzontalmente verso un bersaglio lontano 15 m. L'arciere scocca la freccia esattamente in direzione del centro del bersaglio, ma lo colpisce 52 cm più in basso. Qual era il modulo della velocità iniziale della freccia? [46 m/s]

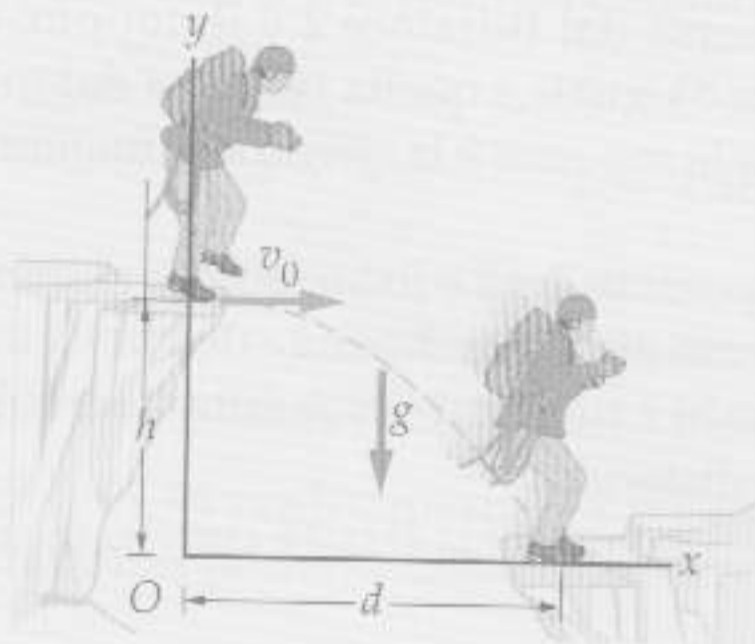
44 Le cascate Victoria Il grande fiume Zambesi forma le imponenti cascate Victoria nell'Africa centro-meridionale, alte approssimativamente 108 m. Se, appena prima di precipitare nella cascata, il fiume scorre orizzontalmente con una velocità di 3,60 m/s, qual è il modulo della velocità dell'acqua quando colpisce il fondo? Assumi che l'acqua sia in caduta libera. [46,2 m/s]

45 Gravità su Zircon Un astronauta sul pianeta Zircon lancia un sasso orizzontalmente con una velocità di modulo 6,95 m/s. Il sasso, lanciato da un'altezza di 1,40 m dal suolo, atterra a una distanza orizzontale di 8,75 m dall'astronauta. Qual è il valore dell'accelerazione di gravità su Zircon? [1,77 m/s²]

46 PROBLEMA GUIDATO

Saltare un crepaccio Un alpinista nella traversata di un costone di ghiaccio si trova di fronte un crepaccio. Il lato opposto del crepaccio è 2,75 m più in basso e dista orizzontalmente 4,10 m. Per attraversare il crepaccio, l'alpinista prende la rincorsa e salta in direzione orizzontale.

- Qual è la minima velocità iniziale necessaria per attraversare con sicurezza il crepaccio?
- In che punto atterra l'alpinista, se la sua velocità iniziale è 6,00 m/s?
- Qual è la sua velocità nell'istante in cui atterra?



SOLUZIONE

Scegli il sistema di riferimento mostrato in figura. L'alpinista salta da $x_0 = 0$ e $y_0 = h = 2,75$ m. Il punto di atterraggio per la domanda a) è $x = d = 4,10$ m e $y = 0$. Osserva che la posizione y dell'alpinista diminuisce di h e quindi $\Delta y = -h = -2,75$ m.

Le velocità iniziali sono $v_{0x} = v_0$ e $v_{0y} = 0$. Infine, per la scelta del sistema di coordinate, puoi scrivere $a_x = 0$ e $a_y = -g$.

a) Poni $y = h - \frac{1}{2}gt^2 = 0$ (condizione di atterraggio) e dall'equazione ricava il tempo t :

$$y = h - \frac{1}{2}gt^2 = 0 \rightarrow t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

Sostituisci il valore di t nell'equazione del moto $x = v_0t$ e risolvila rispetto alla velocità iniziale v_0 :

$$x = v_0t = v_0\sqrt{\frac{2h}{g}} \rightarrow v_0 = x\sqrt{\frac{g}{2h}}$$

Sostituisci i valori numerici nell'espressione ottenuta:

$$v_0 = x\sqrt{\frac{g}{2h}} = (4,10 \text{ m})\sqrt{\frac{9,81 \text{ m/s}^2}{2(2,75 \text{ m})}} = 5,48 \text{ m/s}$$

b) Sostituisci $v_0 = 6,00$ m/s nell'espressione $x = v_0\sqrt{\frac{2h}{g}}$:

$$x = v_0\sqrt{\frac{2h}{g}} = (6,00 \text{ m/s})\sqrt{\frac{2(2,75 \text{ m})}{9,81 \text{ m/s}^2}} = 4,49 \text{ m}$$

c) Poiché la componente x della velocità non cambia puoi determinare v_x ; inoltre dalla relazione $v_y^2 = -2g\Delta y$ puoi calcolare v_y (scegli il segno $-$ per la radice quadrata, perché l'alpinista si muove verso il basso):

$$v_x = v_0 = 6,00 \text{ m/s}$$

$$v_y = \pm\sqrt{-2g\Delta y} = -\sqrt{-2(9,81 \text{ m/s}^2)(-2,75 \text{ m})} = -7,35 \text{ m/s}$$

Utilizza il teorema di Pitagora per determinare il modulo della velocità:

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{(6,00 \text{ m/s})^2 + (-7,35 \text{ m/s})^2} = 9,49 \text{ m/s}$$

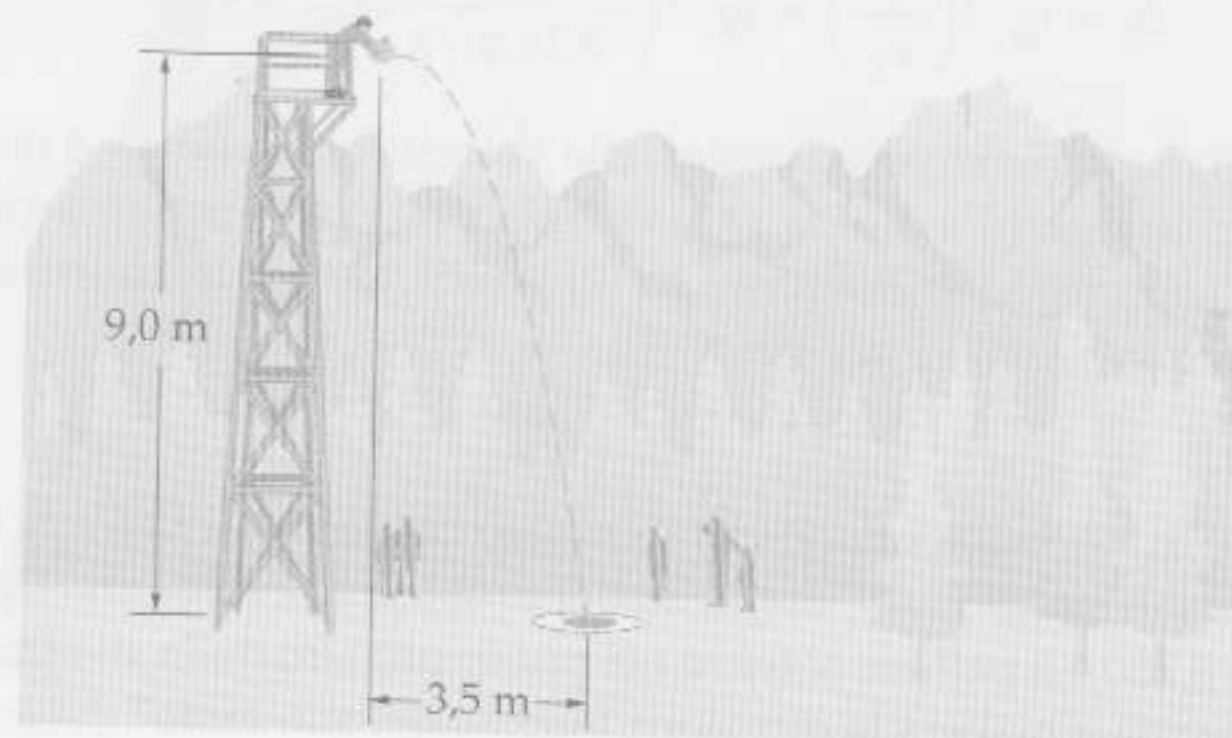
47 Partita di baseball Giocando in interbase, un giocatore di baseball raccoglie una palla da terra e la lancia alla seconda base. La palla viene lanciata orizzontalmente, con una velocità di modulo 22 m/s, direttamente verso il punto A, come mostrato in figura. La palla, dopo 0,45 s, raggiunge il giocatore in seconda base, che la riceve nel punto B.

- A quale distanza si trova il giocatore in seconda base?
- Qual è la distanza AB di caduta verticale?



[a) 9,9 m; b) 0,99 m]

48 Il lancio della zucca 1 A Denver i bambini portano le loro vecchie zucche di Halloween sulla cima di una torre e fanno a gara a chi centra con la zucca un bersaglio al suolo. Supponi che la torre sia alta 9,0 m e che il bersaglio sia posto a una distanza orizzontale di 3,5 m dal punto di lancio. Se la zucca viene lanciata orizzontalmente, quale velocità iniziale deve avere per centrare il bersaglio? [2,6 m/s]



56 Il lancio della zucca 2 Se nel problema precedente si lancia la zucca con una velocità iniziale di modulo $3,3 \text{ m/s}$, quali sono il modulo e la direzione della sua velocità: a) dopo $0,75 \text{ s}$?

b) un istante prima che essa tocchi terra?
 [a) $8,1 \text{ m/s}$; -66° ; b) 14 m/s ; -76°]

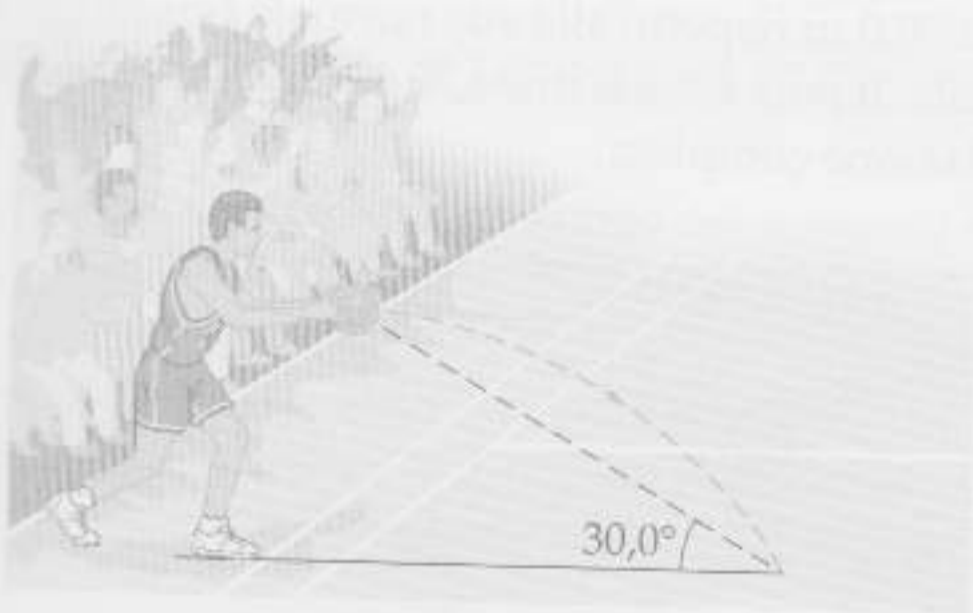
57 Tuffi dal trampolino Un nuotatore si tuffa orizzontalmente da un trampolino con una velocità iniziale di modulo $3,32 \text{ m/s}$ e tocca l'acqua a una distanza orizzontale di $1,78 \text{ m}$ dalla fine del trampolino.

a) A quale altezza rispetto all'acqua si trova il trampolino?
 b) Se il nuotatore si tuffa con una velocità minore, impiega più tempo, meno tempo o lo stesso tempo per raggiungere l'acqua?
 [a) $1,41 \text{ m}$; b) lo stesso tempo]

58 Ricezione da record Il 25 Agosto 1894 il ricevitore della squadra di Chicago William Schriver riuscì a prendere una palla da baseball lanciata dalla cima del Washington Monument (170 m , 898 scalini).

a) Se la palla fu lanciata orizzontalmente dalla cima del monumento con una velocità di modulo $5,00 \text{ m/s}$, a quale distanza dal monumento cadde?
 b) Quali erano il modulo e la direzione della velocità della pallina nell'istante in cui venne presa?
 [a) $29,4 \text{ m}$; b) $57,8 \text{ m/s}$; 85° sotto l'orizzontale]

59 Passa la palla! Una palla da basket viene lanciata orizzontalmente con una velocità iniziale di $4,20 \text{ m/s}$. La linea retta che unisce il punto di lancio della palla e il punto in cui essa atterra forma un angolo di $30,0^\circ$ con il piano orizzontale, come mostrato in figura. Qual è l'altezza del punto di lancio?
 [1,20 m]



Moto circolare

60 Converti in radianti i seguenti angoli espressi in gradi: 30° , 45° , 90° , 180° .

61 Converti in gradi i seguenti angoli espressi in radianti: $\pi/6$; $0,70\pi$; $1,5\pi$; 5π .

62 Big Ben Determina il modulo della velocità angolare della lancetta dei minuti e della lancetta delle ore del famoso orologio di Londra la cui campana principale è conosciuta come "Big Ben".

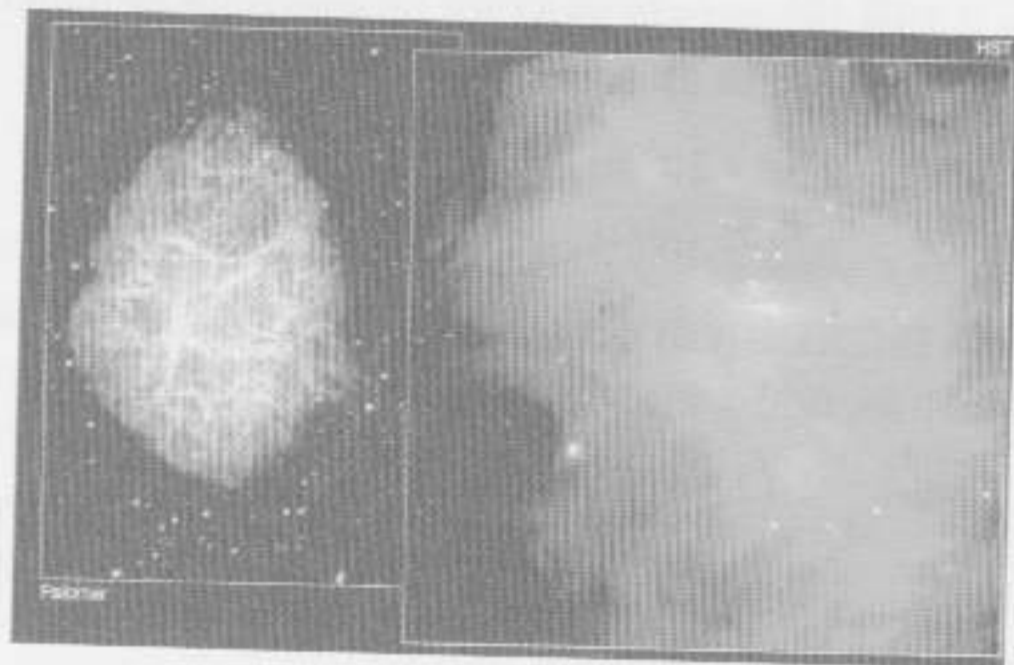
$[\omega_{\text{min}} = 1,745 \cdot 10^{-3} \text{ rad/s}$; $\omega_{\text{h}} = 1,454 \cdot 10^{-4} \text{ rad/s}]$

63 Disponi i moduli delle velocità angolari dei seguenti oggetti in ordine crescente: lo pneumatico di un'automobile che ruota a $2,00 \cdot 10^3$ gradi/s, un trapano che ruota a $400,0$ giri/min e l'elica di un aereo che ruota a $40,0$ rad/s.

[pneumatico, elica, trapano]

57 Quanto ruota la ruota? Un puntino di vernice disegnato sulla gomma della ruota di una bicicletta si muove su una traiettoria circolare di raggio $0,33 \text{ m}$. Quando il puntino ha percorso una distanza lineare di $1,95 \text{ m}$, di quale angolo ha ruotato la ruota? Fornisci la risposta in radianti. [5,9 rad]

58 La nebulosa del Cancro Uno degli oggetti maggiormente osservati nel cielo è la nebulosa del Cancro, ciò che resta dell'esplosione di una supernova osservata nel 1054 dai Cinesi. Nel 1968 fu scoperta una pulsar (una stella di neutroni che ruota rapidamente, emettendo una pulsazione di onde radio per ogni giro) che si trova nel centro della nebulosa del Cancro. Il periodo di questa pulsar è 33 ms . Qual è il modulo della velocità angolare (in rad/s) della pulsar della nebulosa del Cancro? [190 rad/s]



A sinistra un'immagine a colori reali della nebulosa del Cancro; nel particolare in falsi colori riportato a destra, la pulsar è la stella di sinistra della coppia di stelle che si trova al centro del riquadro.

59 Prevedi/Spiega Due bambini, Andrea e Lucia, salgono sulla stessa giostra. Andrea è a una distanza R dall'asse di rotazione della giostra, Lucia a una distanza $2R$ dall'asse.

- Il periodo di rotazione di Andrea è maggiore, minore o uguale a quello di Lucia?
- Quale fra le seguenti è la spiegazione migliore per la risposta?
 - Il periodo di rotazione di Andrea è maggiore perché lui si muove più lentamente di Lucia.
 - Il periodo di rotazione di Lucia è maggiore perché lei si muove su una circonferenza di lunghezza maggiore.
 - Tutti i punti della giostra impiegano lo stesso tempo per compiere una rotazione completa attorno all'asse.

[a) uguale; b) la 3; la 1 e la 2 sono false]

60 La lancetta delle ore di un certo orologio è lunga $8,2 \text{ cm}$. Calcola il modulo della velocità tangenziale della punta della lancetta. [12 $\mu\text{m/s}$]

61 La velocità del frisbee Il bordo esterno di un frisbee in rotazione, di diametro 29 cm , ha una velocità tangenziale di $3,7 \text{ m/s}$. Qual è la velocità angolare del frisbee? [26 rad/s]

62 La velocità del CD Un CD, che ha diametro $12,0 \text{ cm}$, ruota con un periodo di $2,00 \cdot 10^{-1} \text{ s}$.

- Qual è la velocità angolare del disco?
- Qual è la velocità tangenziale di un punto sul bordo del disco?
- Un punto vicino al centro del disco ha una velocità angolare maggiore, minore o uguale alla velocità angolare determinata nel punto a)?

[a) $31,4 \text{ rad/s}$; b) $1,9 \text{ m/s}$; c) uguale]

63 PROBLEMA GUIDATO

L'atomo di idrogeno di Bohr Il modello di Bohr per l'atomo di idrogeno descrive l'elettrone come una piccola particella che si muove su un'orbita circolare attorno a un protone stazionario. Nell'orbita di minore energia la distanza fra protone ed elettrone è $5,29 \cdot 10^{-11}$ m e la velocità tangenziale dell'elettrone è $2,18 \cdot 10^6$ m/s.

- Qual è la velocità angolare dell'elettrone?
- Quante orbite attorno al protone compie un elettrone in un secondo?
- Qual è l'accelerazione centripeta dell'elettrone?

SOLUZIONE

Chiama $r = 5,29 \cdot 10^{-11}$ m la distanza tra il protone e l'elettrone e $v = 2,18 \cdot 10^6$ m/s la velocità tangenziale dell'elettrone.

- a) Calcola la velocità angolare dell'elettrone:

$$\omega = \frac{v}{r} = \frac{2,18 \cdot 10^6 \text{ m/s}}{5,29 \cdot 10^{-11} \text{ m}} = 4,12 \cdot 10^{16} \text{ rad/s}$$

- b) Calcola il numero di orbite dell'elettrone attorno al protone in 1 secondo, cioè la frequenza del moto:

$$f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{4,12 \cdot 10^{16} \text{ rad/s}}{2\pi} = 6,56 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$$

- c) L'accelerazione centripeta dell'elettrone è:

$$a_{cp} = \frac{v^2}{r} = \frac{(2,18 \cdot 10^6 \text{ m/s})^2}{5,29 \cdot 10^{-11} \text{ m}} = 8,98 \cdot 10^{22} \text{ m/s}^2$$

- 64 **L'accelerazione del CD** Un CD, che ha un diametro di 12,0 cm, accelera uniformemente da zero a 4,00 giri/s in 3,00 s. Determina l'accelerazione tangenziale di un punto sul margine esterno del disco, nell'istante in cui la sua frequenza è:

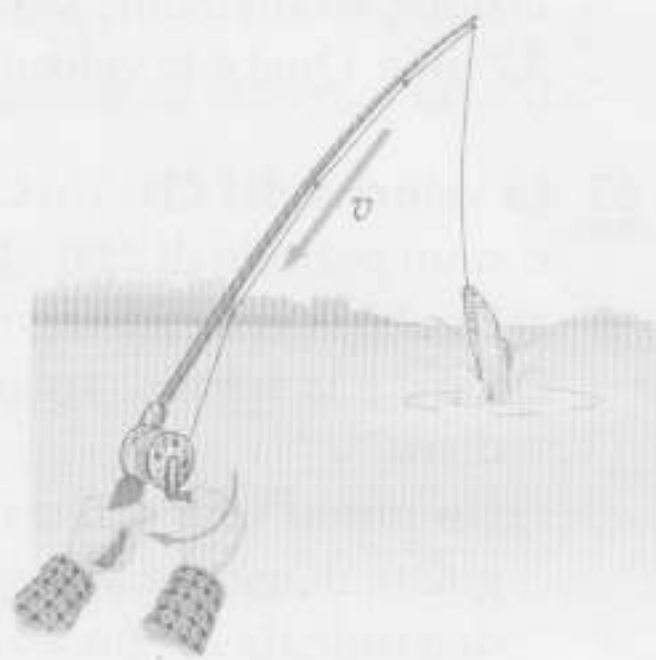
- 2,00 giri/s;
- 3,00 giri/s. [a) $0,503 \text{ m/s}^2$; b) $0,503 \text{ m/s}^2$]

- 65 Un CD di diametro 12,0 cm ruota a 5,05 rad/s.
- Calcola il modulo della sua velocità lineare.
 - Calcola l'accelerazione centripeta di un punto nel suo margine esterno.
 - Considera un punto del CD che si trova a metà fra il centro e il margine esterno; senza ripetere i calcoli svolti in a) e in b), determina la velocità lineare e l'accelerazione centripeta di questo punto.

[a) $0,303 \text{ m/s}$; b) $1,53 \text{ m/s}^2$; c) $0,152 \text{ m/s}$, $0,765 \text{ m/s}^2$]

- 66 **Abbocca!** Gianni, dopo che un grosso pesce ha abboccato alla sua lenza, riavvolge il mulinello della canna da pesca compiendo 3,0 giri completi ogni secondo.

- Se il raggio del mulinello è di 3,7 cm, qual è il modulo della velocità lineare della lenza mentre viene riavvolta?
- Come cambierebbe la risposta alla domanda a) se il raggio del mulinello fosse raddoppiato?



[a) $0,70 \text{ m/s}$; b) sarebbe il doppio]

Moto armonico semplice

- 67 **Dov'è la biglia?** Una biglia rotola su un binario circolare di raggio 0,62 m con velocità angolare costante di modulo 1,3 rad/s in verso antiorario. Se la posizione angolare della biglia a $t = 0$ è $\theta = 0$, determina la componente x della posizione della biglia negli istanti $t = 2,5$ s, $t = 5,0$ s e $t = 7,5$ s. Poni $\theta = 0$ in corrispondenza della direzione positiva dell'asse x .

[$t = 2,5$ s: $x = -0,62$ m; $t = 5,0$ s: $x = 0,61$ m;
 $t = 7,5$ s: $x = -0,59$ m]

- 68 Un oggetto che si muove di moto armonico semplice ha una velocità massima di modulo 4,3 m/s e un'accelerazione massima di $0,65 \text{ m/s}^2$. Determina:

- l'ampiezza del moto;
- il periodo del moto. [a) 28 m; b) 42 s]

69 PROBLEMA GUIDATO

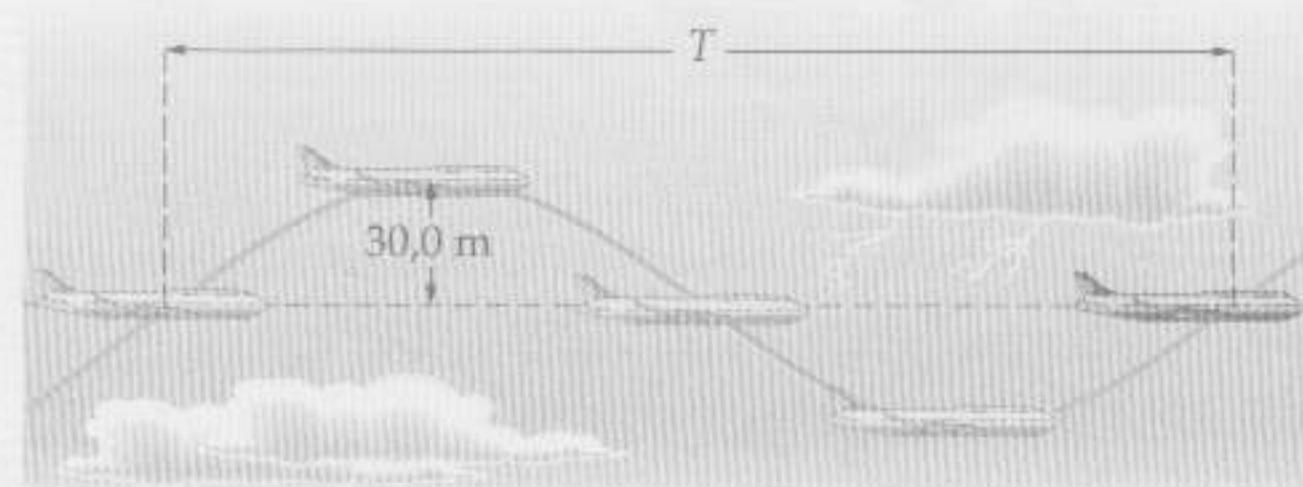
Turbolenza! Il 29 dicembre 1997 il 747 della United Airlines in volo da Tokio a Honolulu venne investito da una violenta turbolenza 31 minuti dopo il decollo. I dati della "scatola nera" indicarono che, a causa della turbolenza, il 747 aveva oscillato in alto e in basso con un'ampiezza di 30,0 m e un'accelerazione massima di $1,8g$.

Considerando il moto di oscillazione dell'aereo come un moto armonico semplice, calcola:

- il tempo impiegato per compiere un'oscillazione completa;
- la massima velocità verticale dell'aereo.

SOLUZIONE

La figura illustra il moto di oscillazione del 747 con un'ampiezza di 30,0 m rispetto alla sua normale traiettoria di volo orizzontale. Il periodo del moto, T , è il tempo necessario per un'oscillazione completa.



Conosci l'accelerazione massima e l'ampiezza del moto; utilizzando questi dati e l'equazione del moto armonico semplice puoi determinare le altre caratteristiche del moto.

- a) Scrivi l'equazione che lega a_{\max} e la pulsazione ω :

$$a_{\max} = A\omega^2$$

Dall'equazione ricava ω ed esprimi ω in funzione di T :

$$\omega = \sqrt{\frac{a_{\max}}{A}} = \frac{2\pi}{T}$$

Risolvi l'equazione rispetto a T e sostituisci i valori numerici di g e A :

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{a_{\max}/A}} = \frac{2\pi}{\sqrt{1,8g/A}} = \frac{2\pi}{\sqrt{1,8(9,81 \text{ m/s}^2)/(30,0 \text{ m})}} = 8,2 \text{ s}$$

70 Calcola la massima velocità verticale utilizzando

$$v_{\max} = A\omega = 2\pi A/T:$$

$$v_{\max} = A\omega = \frac{2\pi A}{T} = \frac{2\pi(30,0 \text{ m})}{8,2 \text{ s}} = 23 \text{ m/s}$$

71 **L'altalena del cardellino** Un cardellino di 30,0 g si posa su un ramo sottile e oscilla su e giù con un moto armonico semplice di ampiezza 0,0335 m e periodo 1,65 s.

- Qual è la massima accelerazione del cardellino? Esprimi la risposta come frazione dell'accelerazione di gravità g .
- Qual è la massima velocità del cardellino?
- Nell'istante in cui il cardellino è soggetto all'accelerazione massima, la sua velocità è massima o minima?

[a) 0,0495g; b) 0,128 m/s; c) minima]

72 **L'ombra che cammina** Un piolo fissato su un piatto rotante si muove con velocità lineare di modulo costante uguale a 0,77 m/s, su una traiettoria circolare di raggio 0,23 m. Il piolo proietta la propria ombra sul muro. Determina le seguenti grandezze relative al moto dell'ombra del piolo:

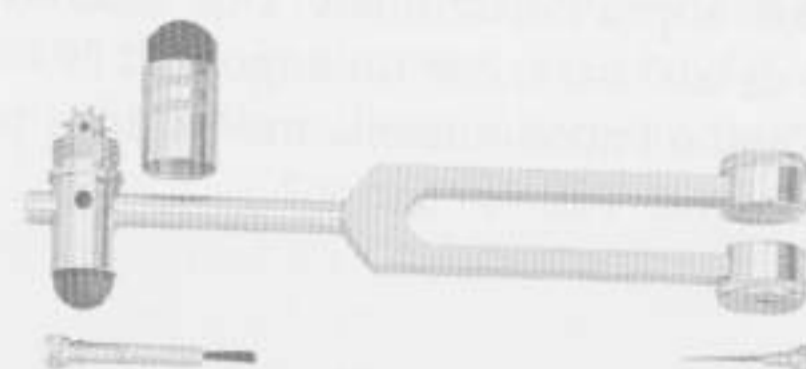
- il periodo;
- l'ampiezza;
- il modulo della velocità massima e il modulo dell'accelerazione massima.

[a) 1,9 s; b) 0,23 m; c) 0,77 m/s; 2,6 m/s²]

72 **Il diapason in neurologia** I diapason vengono utilizzati nella diagnosi di malattie nervose note con il nome di poli-neuropatie delle fibre grandi. Queste patologie, che possono essere originate dal diabete o dall'esposizione ai metalli pesanti, spesso si manifestano attraverso una ridotta sensibilità alle vibrazioni. Il diapason in figura ha una frequenza di 128 Hz. Se le punte del diapason si muovono con un'ampiezza di 1,25 mm, determina:

- la loro velocità massima;
- la loro accelerazione massima. Esprimi la risposta come multiplo di g .

[a) 1,01 m/s; b) 82,4g]



73 **Il moto dei pistoni** I pistoni di un motore a combustione interna sono sottoposti a un moto approssimabile a un moto armonico semplice. Se l'ampiezza del moto è 3,5 cm e il motore gira a 1700 giri/min, determina:

- l'accelerazione massima dei pistoni;
- il modulo della loro velocità massima.

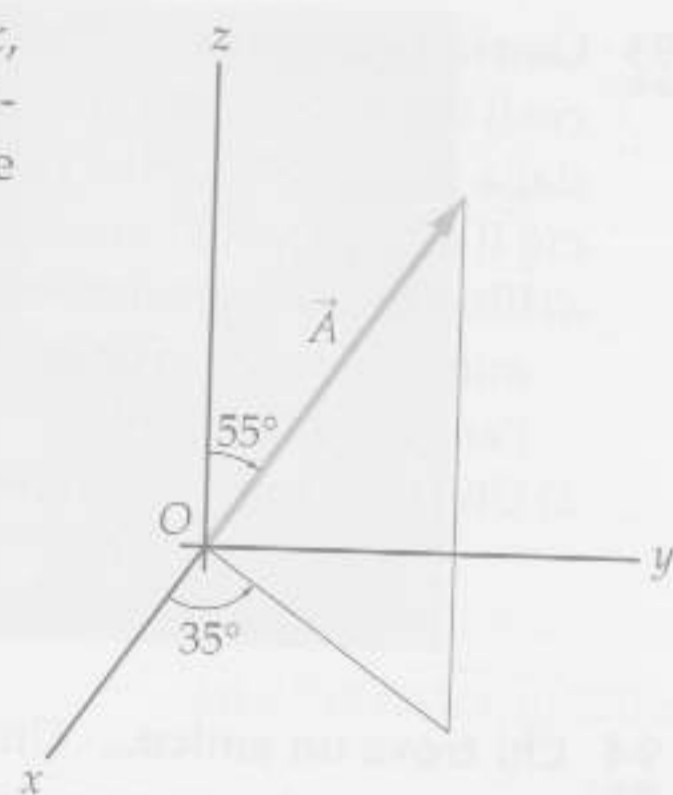
[a) 1,1 km/s²; b) 6,2 m/s]

PROBLEMI DI RIEPILOGO

74 Determina il modulo e la direzione del vettore $2\vec{A} + \vec{B}$, essendo $\vec{A} = (12,1 \text{ m})\hat{x}$ e $\vec{B} = (-32,2 \text{ m})\hat{y}$. [40,3 m; -53,1°]

75 Le componenti del vettore \vec{A} sono tali che $A_x < 0$ e $A_y < 0$. L'angolo che individua la direzione di \vec{A} è compreso fra 0° e 90°, fra 90° e 180°, fra 180° e 270° o fra 270° e 360°?

76 Determina le componenti x , y e z del vettore \vec{A} disegnato in figura, sapendo che $A = 65 \text{ m}$.



[$A_x = 44 \text{ m}$; $A_y = 31 \text{ m}$; $A_z = 37 \text{ m}$]

77 **Confronta le accelerazioni** Un atomo in un solido oscilla con una frequenza di 10^{12} Hz e un'ampiezza di 0,10 Å (l'angstrom, simbolo Å, è un'unità di misura non SI: $1 \text{ Å} = 10^{-10} \text{ m}$). Calcola la massima accelerazione dell'atomo e confrontala con l'accelerazione di gravità. [$4 \cdot 10^{14} \text{ m/s}^2 = (4 \cdot 10^{13})g$]

78 **Attenzione: palle di neve in caduta** Un bambino lancia orizzontalmente una palla di neve da una terrazza; un altro bambino dalla stessa terrazza lancia una palla di neve dritta verso il basso. Durante il volo l'accelerazione della seconda palla è maggiore, minore o uguale a quella della prima palla? Giustifica la risposta.

79 **Colpo basso** Una palla da tennis viene colpita in modo da lasciare la racchetta con una velocità di modulo 4,87 m/s in direzione orizzontale. Quando la palla colpisce il campo, si trova a una distanza orizzontale dalla racchetta di 1,95 m. Calcola a quale altezza si trovava la palla nell'istante in cui è stata colpita dalla racchetta. [0,786 m]

80 Sapendo che $\vec{A} - \vec{B} = (-51,4 \text{ m})\hat{x}$, che $\vec{C} = (62,2 \text{ m})\hat{x}$ e che $\vec{A} + \vec{B} + \vec{C} = (13,8 \text{ m})\hat{x}$, determina i vettori \vec{A} e \vec{B} . [$\vec{A} = (-49,9 \text{ m})\hat{x}$; $\vec{B} = (1,5 \text{ m})\hat{x}$]

81 **La velocità del pallone** Un pallone è lanciato orizzontalmente con una velocità iniziale $\vec{v}_0 = (16,6 \text{ m/s})\hat{x}$. Trascurando la resistenza dell'aria, l'accelerazione del pallone è costante ed è $\vec{a} = (-9,81 \text{ m/s}^2)\hat{y}$.

- Scrivi in termini di componenti il vettore velocità del pallone dopo 1,75 s dal lancio.
- Determina il modulo e la direzione del vettore velocità in quell'istante.

[a) $(16,6 \text{ m/s})\hat{x} + (-17,2 \text{ m/s})\hat{y}$; b) 23,9 m/s; -46,0°]