

- 12 Un passeggero all'interno di un bus nota che una palla ferma nel corridoio si mette improvvisamente in movimento verso la parte anteriore del veicolo. Che cosa può dedurre sul moto del bus?
- 13 In un sensazionale numero di acrobazia, un motociclista guida la sua moto sulla superficie interna di un grande anello verticale. Com'è possibile, considerando che nel punto più alto della traiettoria circolare il motociclista è "a testa in giù"?



- 14 In una popolare attrazione del luna park le persone si dispongono in piedi, con la schiena contro la parete interna di un cilindro; quando il cilindro inizia a ruotare, le persone si sentono come se fossero spinte contro la parete. Spiega che cosa succede.

PROBLEMI

Moti relativi e sistemi di riferimento

- 1 Due treni A e B viaggiano su binari paralleli in verso opposto; il treno A viaggia alla velocità di 100 km/h rispetto al suolo e il treno B viaggia alla velocità di 190 km/h rispetto ad A. Calcola la velocità del treno B rispetto al suolo. [-90 km/h]
- 2 Due treni A e B viaggiano su binari paralleli nello stesso verso; il treno A viaggia alla velocità di 100 km/h rispetto al suolo e il treno B viaggia alla velocità di 30 km/h rispetto ad A. Calcola la velocità del treno B rispetto al suolo. [130 km/h]
- 3 **Sotto l'ombrello** Colto di sorpresa da un intenso temporale mentre era a passeggio, Carlo corre con il suo ombrello verso la fermata del tram alla velocità di 3 m/s. Se le gocce di pioggia cadono verticalmente con una velocità approssimativamente costante di 10 m/s, di quanti gradi rispetto alla verticale deve inclinare l'ombrello Carlo per non bagnarsi? [17°]
- 4 **In caso di vento** Supponi che, nel problema precedente, le gocce siano trasportate da un vento di 8 m/s, contrario al verso in cui corre Carlo. Quale dovrà essere in questo caso l'inclinazione dell'ombrello? [48°]



- 15 Con riferimento al quesito precedente, quando il cilindro ha raggiunto la sua velocità di regime, il pavimento viene abbassato, lasciando le persone "incollate" alla parete. Da una spiegazione di quanto succede.
- 16 Un passeggero all'interno di un'automobile che affronta una curva "stretta" si sente spinto verso l'esterno della curva. Come lo spieghi? La persona è realmente spinta lontano dal centro della curva?
- 17 Qual è l'errore nella seguente affermazione: "Un satellite rimane in orbita perché la forza centrifuga diretta verso l'esterno bilancia la forza centripeta diretta verso l'interno"?
- 18 Riccardo è fermo sul bordo di una piattaforma rotante. Su di lui agisce la forza di Coriolis?
- 19 Quale sarebbe l'effetto della forza di Coriolis se un velivolo in volo dal polo nord all'equatore volesse seguire la linea di un meridiano?
- 20 Rossana è in cima a una torre posta all'equatore e lascia cadere un sasso dal lato est. Il sasso cadrà esattamente ai piedi della torre?

5. PROBLEMA GUIDATO

Dove cade la gomma? Sara è a bordo di un treno che viaggia su un binario rettilineo con velocità costante $V = 30$ m/s; all'improvviso una gomma cade dalle sue mani, da un'altezza $h = 78$ cm rispetto al pavimento della carrozza. Calcola in quale punto della carrozza la gomma tocca il pavimento, dal punto di vista di Sara e da quello di Melissa, ferma a terra e in linea con Sara nel momento in cui la gomma sfugge dalle sue mani.

SOLUZIONE

Sara è in un sistema che si muove di moto rettilineo uniforme, dunque in un sistema inerziale; quindi, dal suo punto di vista, la gomma cadrà in verticale e toccherà il pavimento ai suoi piedi.

Per Melissa il treno su cui viaggiano Sara e la gomma si muove di moto rettilineo con velocità $V = 30$ m/s. Quindi il moto della gomma sarà dato dalla sovrapposizione di questo moto rettilineo uniforme orizzontale con quello uniformemente accelerato lungo la verticale; la traiettoria della gomma secondo Melissa sarà quindi una parabola e la gomma cadrà a una distanza d dal punto in cui è stata lasciata cadere. Se $h = 78$ cm è l'altezza da cui cade la gomma, puoi scrivere:

$$h = \frac{1}{2}gt^2$$

e ricavare il tempo di volo della gomma:

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

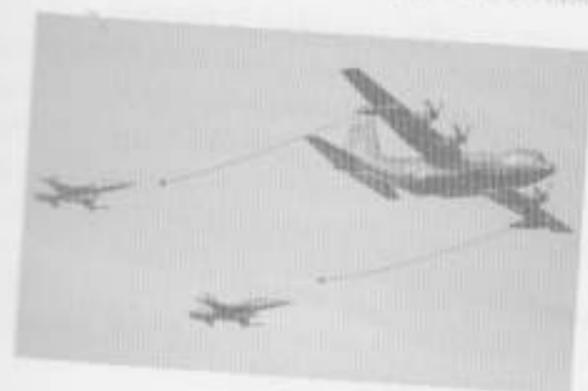
Utilizzando questa espressione puoi calcolare la distanza d :

$$d = Vt = V\sqrt{\frac{2h}{g}} = (30 \text{ m/s})\sqrt{\frac{2(0,78 \text{ m})}{(9,8 \text{ m/s}^2)}} = 12 \text{ m}$$

9. **Punti di vista diversi** Monica è su una nave che sta si sta muovendo lungo il molo di un porto, alla velocità di 2 m/s, verso Oriana che si trova all'estremità del molo. Monica cammina sulla tolda con una velocità di 1,5 m/s diretta da poppa a prua. A un certo istante, che puoi considerare come istante iniziale, Monica si trova a una distanza di 45 m dalla prua della nave e a 200 m da Oriana.
- a) Assumendo la posizione di Oriana come origine, scrivi l'equazione del moto di Monica dal punto di vista di Oriana.
- b) Assumendo poi la posizione di Monica come origine, scrivi l'equazione del moto di Oriana dal punto di vista di Monica.
- c) In entrambi i casi considera come verso positivo quello che va da Monica a Oriana.
- d) Determina, infine, a che distanza da Oriana si troverà Monica quando avrà raggiunto la prua della nave.
- [c) -95 m]

Composizione delle velocità.
Il principio di relatività

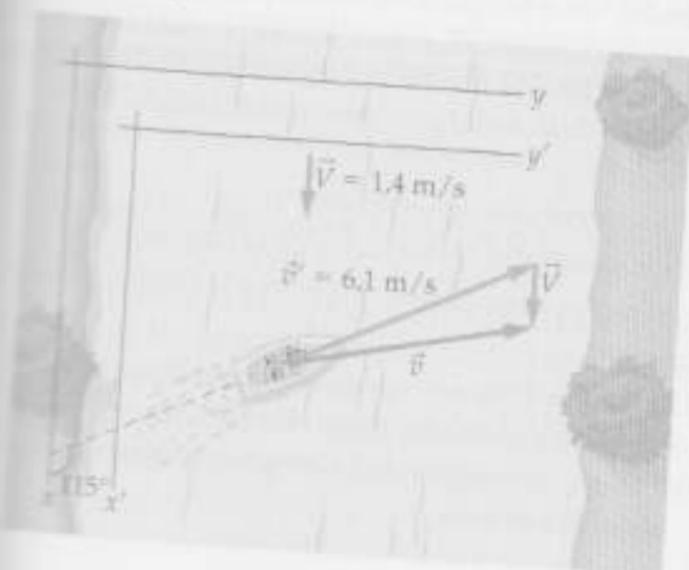
10. **Rifornimento in volo** La fotografia seguente mostra un KC-130 mentre si appresta a rifornire di carburante due caccia in volo. Se la velocità del KC-130 rispetto al terreno è di 125 m/s verso est, qual è la velocità dei caccia che vengono riforniti:
- a) rispetto al terreno?
- b) rispetto al KC-130?



[a) 125 m/s verso est; b) zero]

11. **Assistente di volo** Mentre un aereo sulla pista con una velocità di 16,5 m/s, un assistente di volo si dirige verso la coda dell'aereo con una velocità di 1,22 m/s. Qual è la velocità dell'assistente di volo rispetto al terreno?
- [15,3 m/s]

12. **Barca in fiume** Con riferimento al Problema 2 della teoria, calcola il tempo che la barca impiega per raggiungere la sponda opposta, se il fiume è largo 35 m.
- [6,4 s]



10. **Tapis roulant** Mentre ti stai affrettando per salire sul tuo volo nell'aeroporto della tua città, incontri una pedana mobile lunga 85 m, che si muove alla velocità di 2,2 m/s rispetto al suolo.
- a) Se, camminando sul suolo, impieghi 68 s per percorrere 85 m, quanto tempo impiegherai a percorrere la stessa distanza sulla pedana? Assumi di camminare alla stessa velocità sulla pedana e sul suolo.
- b) Quanto tempo impiegheresti a percorrere gli 85 m della pedana se, una volta salito su di essa, ti voltassi immediatamente dall'altra parte e cominciassi a camminare nella direzione opposta con una velocità di 1,3 m/s rispetto alla pedana?
- [a) 25 s; b) 90 s]

11. **Acqua-scooter** Immagina di guidare un acqua-scooter, con un angolo di 35° controcorrente, su un fiume che scorre a una velocità di 2,8 m/s. Se la tua velocità rispetto alla riva è di 9,5 m/s con un angolo di 20° controcorrente, qual è la velocità dell'acqua-scooter rispetto all'acqua? (Gli angoli sono misurati rispetto all'asse x).
- [11 m/s]

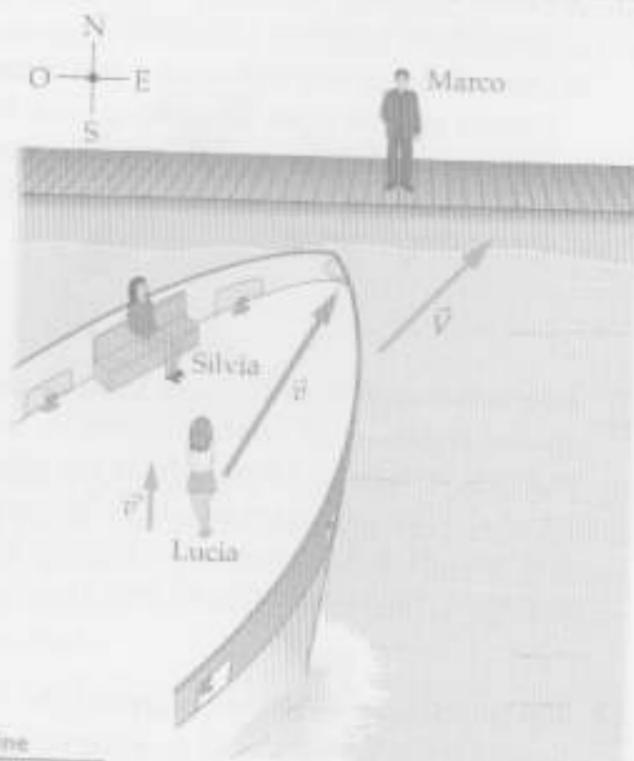
12. **Acqua-scooter e fiume** Nel problema precedente, supponi che l'acqua-scooter si muova a una velocità di 12 m/s rispetto all'acqua.
- a) Secondo quale direzione devi dirigere l'acqua-scooter se la tua velocità rispetto alla riva deve essere perpendicolare alla sponda del fiume?
- b) Se aumenti la velocità dell'acqua-scooter rispetto all'acqua, l'angolo determinato nel punto a) aumenta, diminuisce o rimane lo stesso? Giustifica la risposta.
- [a) 13°; b) diminuisce]

13. **Stabilisci la rotta** Il pilota di un aereo vuole fare rotta verso nord, ma c'è un forte vento di maestrale che soffia verso est a 65 km/h.
- a) Qual è la direzione lungo la quale il pilota deve dirigere l'aereo se la sua velocità di crociera rispetto all'aria è pari a 340 km/h?
- b) Se il pilota decidesse di diminuire la velocità del velivolo rispetto all'aria, ma volesse continuare a fare rotta verso nord, l'angolo ricavato al punto a) aumenterebbe o diminuirebbe? Motiva opportunamente la risposta.



[a) 11° da nord a ovest; b) aumenterebbe]

- 14 **In attesa al porto** Lucia cammina da un'estremità a un'altra di un traghetto che sta attraccando. La velocità di Lucia è $1,50 \text{ m/s}$ in direzione nord rispetto a Silvia, che è seduta a prendere il sole sul traghetto, e $4,30 \text{ m/s}$ in direzione 30° da nord verso est rispetto a Marco, che aspetta sulla banchina del porto. Qual è la velocità del traghetto rispetto a Marco? [$3,09 \text{ m/s}$, $46,0^\circ$]



online
 Risoluzione

Sistemi non inerziali e forze apparenti

- 15 **Il peso dell'astronauta** Supponi che un razzo venga lanciato con un'accelerazione di $30,5 \text{ m/s}^2$. Qual è il peso apparente di un astronauta di massa 92 kg a bordo di questo razzo? [$3,7 \text{ kN}$]



- 16 **Una bilancia nella tempesta** Sulla prua di una nave che viaggia nel mare in tempesta, un marinaio conduce un esperimento che consiste nello stare in piedi su una bilancia pesapersona. In acque calme la bilancia segna $81,65 \text{ kg}$, mentre durante la tempesta il marinaio rileva una lettura massima di $102,06 \text{ kg}$ e una minima di $62,60 \text{ kg}$. Calcola la massima accelerazione verso l'alto e la massima accelerazione verso il basso rilevata dal marinaio. [$2,5 \text{ m/s}^2$; $-2,3 \text{ m/s}^2$]

- 17 **Il pendolo in ascensore 1** Un pendolo di lunghezza L è appeso al soffitto di un ascensore. Quando l'ascensore è fermo, il periodo del pendolo è T . Il periodo del pendolo aumenta, diminuisce o rimane lo stesso se l'ascensore:
 a) sale con velocità costante?
 b) sale con accelerazione costante?

[a] rimane lo stesso; b) diminuisce]

18 PROBLEMA GUIDATO

Un sistema per dimagrire Se ti pesi in casa, la tua bilancia indica $76,66 \text{ kg}$. Se ti pesi in un ascensore in movimento la bilancia segna $64,41 \text{ kg}$. Quali sono il modulo e il verso dell'accelerazione dell'ascensore?

SOLUZIONE

La bilancia è tarata in kilogrammi, ma non misura masse bensì pesi, quindi una massa $m_1 = 76,66 \text{ kg}$ significa in realtà un peso $P_1 = m_1 g$ e una massa $m_2 = 64,41 \text{ kg}$ significa in realtà un peso $P_2 = m_2 g$.

Applica la seconda legge della dinamica considerando la forza peso che agisce su di te e la reazione vincolare esercitata su di te dal pavimento, che misuri con la bilancia:

$$m_1 a = P_1 - P_2 = (m_1 - m_2)g$$

Ricava l'accelerazione:

$$a = \frac{(m_1 - m_2)g}{m_1} = \frac{(76,66 \text{ kg} - 64,41 \text{ kg})(9,81 \text{ m/s}^2)}{76,66 \text{ kg}} = 1,57 \text{ m/s}^2$$

Questa accelerazione è diretta verso il basso.

- 19 **Esperimento in ascensore** In un esperimento di fisica sali su una bilancia pesapersona situata in un ascensore. Sebbene il tuo peso normale sia di 610 N , la bilancia al momento segna 730 N .

- a) L'accelerazione dell'ascensore è verso l'alto, verso il basso oppure è nulla? Giustifica la risposta.
 b) Calcola il modulo dell'accelerazione dell'ascensore.
 c) Puoi dire qualcosa sulla velocità dell'ascensore?

[a] verso l'alto; b) $1,9 \text{ m/s}^2$; c) aumenta se l'ascensore sale e diminuisce se l'ascensore scende]

- 20 **La forza di Nathalie** Determina il modulo della forza esercitata da Nathalie, la cui massa è 50 kg , sul pavimento di un ascensore nei seguenti casi:

- a) l'ascensore è fermo;
 b) l'ascensore sale con velocità costante $v = 1 \text{ m/s}$;
 c) l'ascensore scende con velocità costante $v = 1 \text{ m/s}$;
 d) l'ascensore sale con accelerazione costante $a = 2 \text{ m/s}^2$;
 e) l'ascensore scende con accelerazione costante $a = 2 \text{ m/s}^2$.

[a] 490 N ; b) 490 N ; c) 490 N ; d) 590 N ; e) 390 N]

- 21 **Al buio!** Una lampada di massa $5,00 \text{ kg}$ è appesa al soffitto di un ascensore di massa 600 kg . L'ascensore è accelerato verso l'alto da una forza costante di 6860 N e la lampada si trova a $2,00 \text{ m}$ dal pavimento dell'ascensore. Calcola:

- a) l'accelerazione dell'ascensore;
 b) la tensione del cavo che regge la lampada;
 A un certo punto il cavo si spezza e la lampada cade a terra. Calcola:

- c) l'accelerazione dell'ascensore immediatamente dopo che si è rotto il cavo che regge la lampada;
 d) il tempo impiegato dalla lampada a cadere sul pavimento dell'ascensore.

[a] $1,54 \text{ m/s}^2$; b) $56,7 \text{ N}$; c) $1,63 \text{ m/s}^2$; d) $0,57 \text{ s}$]

Sistemi di riferimento rotanti

- 22 **Provette in centrifuga** Le provette di una ultracentrifuga che ruota a 1000 giri al secondo contengono un liquido in cui sono sospese delle molecole di massa dell'ordine di 10^{-22} kg. Se una di queste molecole si trova a 0,1 m dal centro di rotazione, quanto vale la forza centrifuga che agisce su di essa? [4 · 10⁻¹⁶ N]



- 23 **Ruota panoramica** Una ruota panoramica di raggio 9,5 m compie un giro ogni 36 secondi. Determina la direzione e il modulo dell'accelerazione di un passeggero:

- a) quando si trova nel punto più alto della ruota;
 b) quando si trova nel punto più basso della ruota.

[a) 0,29 m/s² verso il basso;
 b) 0,29 m/s² verso l'alto]

- 24 Supponi che la ruota panoramica del problema precedente cominci a decelerare di 0,22 rad/s² quando il passeggero si trova nel punto più alto. Determina la direzione e il modulo dell'accelerazione del passeggero in quell'istante.

[1,72° sotto la direzione del moto; 2,1 m/s²]

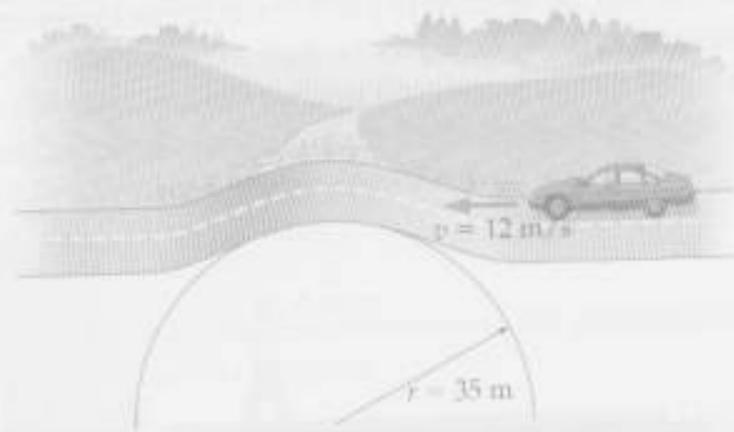
- 25 a) Mentre giri su una ruota panoramica il tuo peso apparente è diverso a seconda che ti trovi nel suo punto più alto o nel suo punto più basso. Spiega perché.

- b) Calcola il tuo peso apparente nel punto più alto e nel punto più basso della ruota, sapendo che il raggio della ruota è 7,2 m, che essa completa un giro ogni 28 s e che la tua massa è 55 kg.

[b) 520 N nel punto più alto;
 360 N nel punto più basso]

26 PROBLEMA GUIDATO

Peso apparente Un automobilista, mentre sta viaggiando a una velocità costante di 12 m/s, incontra un dosso di sezione circolare, come mostrato in figura. Se il raggio di curvatura del dosso è 35 m, determina il peso apparente dell'automobilista, la cui massa è 67 kg, nell'istante in cui si trova sulla cima del dosso.



SOLUZIONE

Chiamo $v = 12$ m/s la velocità dell'auto e $r = 35$ m il raggio della curva e poniti dal punto di vista di un osservatore inerziale esterno. La somma della forza peso P e della reazione vincolare N esercitata dall'auto sull'automobilista (numericamente uguale alla forza peso di costui, misurata da un'eventuale bilancia posta sull'auto), per la seconda legge della dinamica, deve essere uguale alla forza centripeta F_{cp} :

$$F_{cp} = ma_{cp} = \frac{mv^2}{r} = P - N = mg - N$$

Ricava N :

$$N = mg - \frac{mv^2}{r} = m \left(g - \frac{v^2}{r} \right) = (67 \text{ kg}) \left[(9,81 \text{ m/s}^2) - \frac{(12 \text{ m/s})^2}{35 \text{ m}} \right] = 382 \text{ N}$$

- 27 **Con riferimento al problema precedente, che velocità deve avere l'automobile perché le persone sedute al suo interno si sentano "senza peso"?** [18,5 m/s]

PROBLEMI DI RIEPILOGO

- 28 **Prevedi/Spiega** Mentre sei su un ascensore che si muove verso l'alto con velocità costante, cominci a giocare a freccette.

- a) Per centrare il bersaglio devi mirare più in alto, più in basso oppure nello stesso punto rispetto a quando giochi a freccette a terra?

- b) Quale fra le seguenti è la spiegazione migliore per la risposta?

- 1) L'ascensore sale nel tempo in cui la freccetta si muove verso il bersaglio.
- 2) L'ascensore si muove con velocità costante, perciò le leggi di Newton si applicano dentro all'ascensore nello stesso modo che a terra.
- 3) Devi mirare più in basso, per compensare la velocità dell'ascensore diretta verso l'alto.

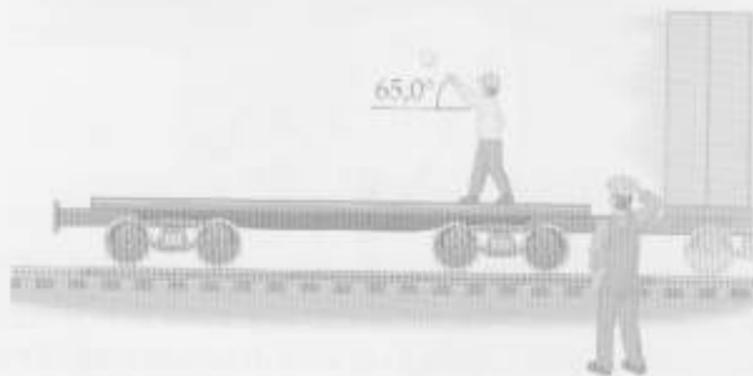
[a) nello stesso punto;
 b) la 2; la 1 non è rilevante, la 3 è falsa]

- 29 **Senza peso all'equatore** A Quito, in Ecuador, vicino all'equatore, il tuo peso è circa due etti di meno che a Barrow, in Alaska, vicino al polo Nord. Determina il periodo di rotazione della Terra che sarebbe necessario per farti sentire senza peso all'equatore. [1 ora e 24 minuti]

- 30 **La velocità delle gocce di pioggia** Il passeggero di un autobus nota che, quando il mezzo è fermo, fuori del suo finestrino la pioggia sta cadendo verticalmente. Quando l'autobus si muove con velocità costante il passeggero osserva che le gocce d'acqua cadono secondo un angolo di 15° rispetto alla verticale.

- a) Qual è il rapporto fra la velocità delle gocce di pioggia e quella dell'autobus?
 b) Calcola la velocità delle gocce di pioggia sapendo che la velocità dell'autobus è 18 m/s. [a) 3,7; b) 67 m/s]

- 31** **Verso la punta o verso la coda?** Due studenti eseguono un esperimento. Michele si muove trasportato da un carrello attaccato a un treno che viaggia a $8,35 \text{ m/s}$ su una rotaia dritta e orizzontale; Corrado è fermo a terra vicino alla rotaia. Quando Michele lancia la palla con un angolo iniziale di $65,0^\circ$ al di sopra dell'orizzontale, rispetto al suo punto di vista, Corrado vede la palla salire dritta verso l'alto e poi cadere in un punto a terra.
- a) Michele ha lanciato la palla verso la punta del treno o verso la coda? Giustifica la risposta.
 b) Qual è stata la velocità iniziale del lancio di Michele?
 c) Qual è stata la velocità iniziale della palla vista da Corrado?
- [a) verso la coda; b) $19,8 \text{ m/s}$; c) $17,9 \text{ m/s}$]



- 32** **Velocità relative** Due aerei rullano sulla pista, mentre si avvicinano al terminal. Il primo aereo si muove con una velocità di modulo 12 m/s verso nord. Il secondo aereo procede invece con una velocità di modulo $7,5 \text{ m/s}$ in una direzione inclinata di 20° a nord rispetto a ovest.
- a) Quali sono la direzione e il modulo della velocità del primo aereo rispetto al secondo? (Poni la direzione positiva dell'asse y verso nord).
 b) Quali sono la direzione e il modulo della velocità del secondo aereo rispetto al primo?
- [a) 12 m/s ; 53° a nord rispetto a est;
 b) 12 m/s ; 53° a sud rispetto a ovest]

- 33** **La velocità del surfista** Supponi di orientare l'asse x di un sistema di riferimento bidimensionale lungo la spiaggia di Waikiki (famosa per le sue onde adatte allo sport del surf). Le onde si avvicinano alla riva con una velocità $\vec{v} = (1,3 \text{ m/s})\hat{y}$. I surfisti si muovono più rapidamente delle onde, ma in una direzione che forma un certo angolo θ rispetto alla spiaggia. L'angolo è scelto in modo che i surfisti si avvicinino a riva con la stessa velocità delle onde.
- a) Se un surfista ha una velocità di modulo $v' = 7,2 \text{ m/s}$ rispetto alla spiaggia, qual è la direzione del suo moto rispetto alla direzione positiva dell'asse x ?
 b) Qual è la velocità del surfista rispetto alle onde?
 c) Se il modulo della velocità del surfista aumenta, l'angolo calcolato al punto a) aumenta o diminuisce? Giustifica la risposta.



[a) 10° ; b) $(7,1 \text{ m/s})\hat{i} - (\text{m/s})\hat{j}$; c) diminuisce]

- 34** **Attento alla valigia!** Giovanni ha appoggiato la sua pesante valigia sul pavimento del treno su cui sta viaggiando. Se il treno, che inizialmente viaggiava alla velocità di 20 m/s , si arresta in uno spazio $s = 400 \text{ m}$ con decelerazione costante, quale deve essere il coefficiente d'attrito statico μ_s tra valigia e pavimento affinché la valigia non si sposti in avanti?
- [a) $0,07$]

- 35** **Una centrifuga di un laboratorio** ha una velocità angolare di 6050 giri/min e un'accelerazione centripeta massima uguale a $6840 g$ (ossia 6840 volte l'accelerazione di gravità).
- a) Qual è il diametro della centrifuga?
 b) Quale forza deve esercitare il fondo della provetta che contiene il campione su 15 g di campione in queste condizioni?
- [a) $0,334 \text{ m}$; b) $1,05 \text{ N}$]

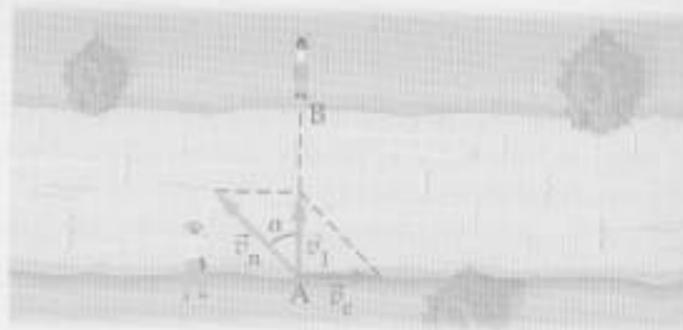
- 36** **Palla rotante** Mario fa ruotare una palla di massa $0,52 \text{ kg}$ legata a una corda di lunghezza $4,5 \text{ m}$, facendole percorrere una circonferenza su un piano approssimativamente orizzontale.
- a) Se la massima tensione a cui la corda può essere sottoposta prima di rompersi è 11 N , qual è la massima velocità angolare consentita alla palla?
 b) Se la corda è accorciata, la massima velocità angolare ricavata nel punto a) aumenta, diminuisce o rimane costante? Motiva la risposta.
- [a) $2,2 \text{ rad/s}$; b) aumenta]

37 PROBLEMA GUIDATO

Le avventure di Indiana Jones Con il suo binocolo, Indiana Jones vede una fanciulla in pericolo sulla sponda opposta del Rio delle Amazzoni, che in quel punto è largo $1,00 \text{ km}$. Egli può nuotare in una direzione inclinata di un angolo α rispetto alla direzione perpendicolare alla sponda, in modo che la corrente renda trasversale il suo moto, oppure può attraversare il fiume puntando direttamente alla posizione di fronte a lui. Nel secondo caso la corrente lo farà approdare più a valle e Indiana, dopo essere approdato, dovrà ritornare a piedi verso la posizione della ragazza. Sapendo che la velocità di Indiana quando nuota in acqua ferma è di $2,50 \text{ km/h}$ e quando cammina è di $4,00 \text{ km/h}$ e che la velocità della corrente è di $2,00 \text{ km/h}$, determina il valore dell'angolo α e stabilisci qual è il percorso più rapido.

SOLUZIONE

Indica con A la posizione iniziale di Indiana e con B quella della ragazza. Nel caso in cui Indiana decida di raggiungere la ragazza direttamente a nuoto egli dovrà dirigersi in una direzione inclinata di un angolo α rispetto alla congiungente AB, in modo che la somma vettoriale \vec{v}_1 tra la velocità di nuoto $v_n = 2,50 \text{ km/h}$ e la velocità della corrente $v_c = 2,00 \text{ km/h}$ sia diretta proprio lungo AB. La situazione è rappresentata nella figura seguente.



Guardando la figura puoi osservare che:

$$\sin \alpha = \frac{v_c}{v_n} = \frac{2,00 \text{ km/h}}{2,50 \text{ km/h}} = 0,800$$

da cui:

$$\alpha = 53,1^\circ$$

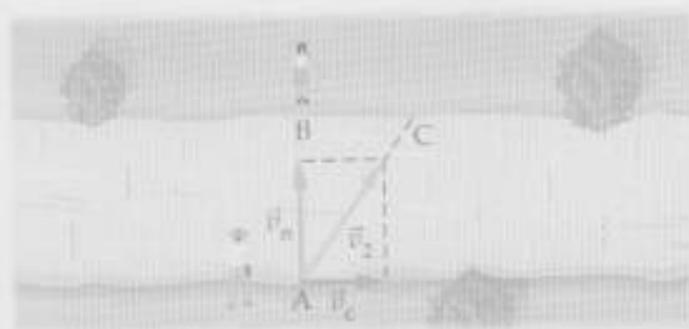
Calcola la velocità v_1 :

$$v_1 = v_n \cos \alpha = (2,50 \text{ km/h}) \cos 53,1^\circ = 1,5 \text{ km/h}$$

Chiamo $h = 1,00 \text{ km}$ la larghezza del fiume e calcola il tempo impiegato ad attraversarlo:

$$t_1 = \frac{h}{v_1} = \frac{1,00 \text{ km}}{1,5 \text{ km/h}} = \frac{1}{1,5} \text{ h} = \frac{2}{3} \text{ h} = 40 \text{ min} = 2400 \text{ s}$$

La situazione in cui Indiana decide, invece, di puntare direttamente alla posizione di fronte a lui, e quindi di farsi trasportare dalla corrente, è rappresentata nella figura seguente.



Se Indiana decide di farsi trasportare dalla corrente, impiegherà un tempo t_{AC} ad attraversare il fiume e un tempo t_{BC} a percorrere la strada sulla riva; quindi il tempo totale per arrivare dalla fanciulla sarà:

$$t_2 = t_{AC} + t_{BC}$$

Il tempo di attraversamento del fiume è:

$$t_{AC} = \frac{h}{v_n}$$

Durante questo tempo la corrente ha trascinato a valle Indiana di un tratto:

$$d = v_c t_{AC} = v_c \frac{h}{v_n}$$

Quindi, se $v_p = 4 \text{ km/h}$ è la velocità con cui Indiana cammina, il tempo per tornare alla posizione in cui si trova la ragazza è:

$$t_{BC} = \frac{d}{v_p} = \frac{v_c h}{v_n v_p}$$

Chi puoi calcolare il tempo totale per questo secondo percorso:

$$\begin{aligned} t_2 &= t_{AC} + t_{BC} = \frac{h}{v_n} + \frac{v_c h}{v_n v_p} = \frac{h}{v_n} \left(1 + \frac{v_c}{v_p} \right) = \\ &= \frac{1,00 \text{ km}}{2,50 \text{ km/h}} \left(1 + \frac{2,00 \text{ km/h}}{4,00 \text{ km/h}} \right) = \frac{3}{5} \text{ h} = \\ &= 36 \text{ min} = 2160 \text{ s} \end{aligned}$$

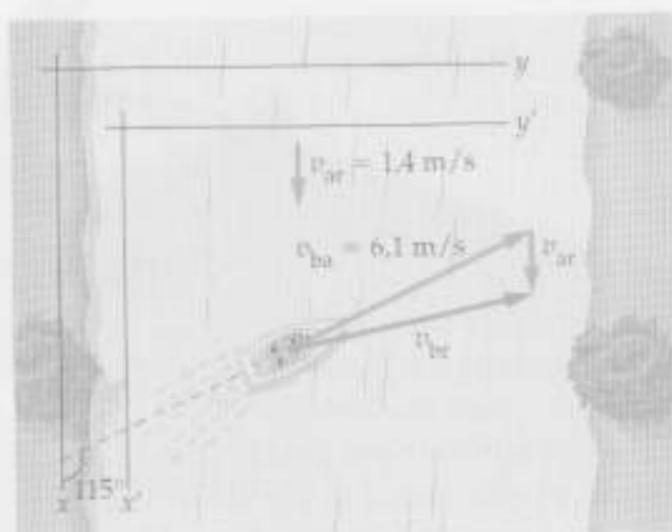
In questo caso il tempo impiegato è minore; dunque Indiana Jones farà bene a preferire il secondo percorso.

38 Chi arriva primo? Mattia e Francesco conducono attraverso un fiume due moto d'acqua identiche, in grado di produrre la stessa velocità rispetto all'acqua. Mattia dirige la moto verso la sponda opposta ed è trascinato a valle dalla corrente. Francesco dirige il suo mezzo in direzione opposta a quella della corrente, in modo da formare un angolo di 35° con la perpendicolare alla sponda, e approda sulla riva opposta in una posizione frontale rispetto a quella di partenza.

- Chi dei due impiegherà meno tempo ad attraversare il corso d'acqua?
- Calcola il rapporto fra i tempi impiegati da Mattia e da Francesco per attraversare il fiume.

[a) Mattia; b) 0,82]

39 Considera la situazione presentata nel problema 2 della teoria e illustrata in figura.



- Quale rotta deve seguire la barca se deve attraccare in un punto della sponda opposta esattamente di fronte al punto da cui è partita?
- Quanto tempo impiega la barca per questo attraversamento, se il fiume è largo $25,0 \text{ m}$?
- Supponi che il modulo della velocità della barca aumenti, ma che si voglia attraccare esattamente di fronte al punto di partenza; rispetto alla direzione determinata al punto a) la prua della barca deve essere diretta più verso la sorgente, più a valle o nella stessa direzione?

[a) $\theta = 103^\circ$; b) $t = 4,2 \text{ s}$; c) più a valle]

40 In attesa sul molo Giulia e Martina remano su due barche che si avvicinano a un approdo. La velocità di Giulia misurata da Martina è $2,15 \text{ m/s}$ in direzione $47,0^\circ$ da nord verso est. Leonardo, che si trova sul molo, stabilisce, invece, che la velocità di Giulia è $0,775 \text{ m/s}$ in direzione nord. Qual è la velocità (in modulo e direzione) di Martina misurata da Leonardo?

[1,72 m/s, $66,2^\circ$ da sud verso ovest]

41 Il pendolo in ascensore 2 Un pendolo di lunghezza l è appeso al soffitto di un ascensore. Esprimi il periodo di questo pendolo se l'ascensore:

- accelera verso l'alto con accelerazione a ;
 - accelera verso il basso con un'accelerazione il cui modulo è minore di g .
- Fornisci le risposte in funzione di l , g e a .

$$[a) T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g+a}}; b) T_2 = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g-a}}]$$

1. Moti relativi e sistemi di riferimento

Quando diciamo che un'auto viaggia a 110 km/h, stiamo in realtà fornendo un'informazione incompleta: dovremmo anche dire rispetto a quale sistema di riferimento la velocità dell'auto ha quel valore. Probabilmente sottintendiamo che la velocità di 110 km/h sia relativa alla strada, come mostrato in figura 1a, ma in fisica il sistema di riferimento va sempre specificato in modo esplicito. Cambiando sistema di riferimento, infatti, la velocità dell'auto cambia. Se, ad esempio, fossimo su un'altra auto, quella rossa in figura 1b, e ci muovessimo in direzione opposta con una velocità di 90 km/h, la velocità dell'auto blu rispetto a noi sarebbe:

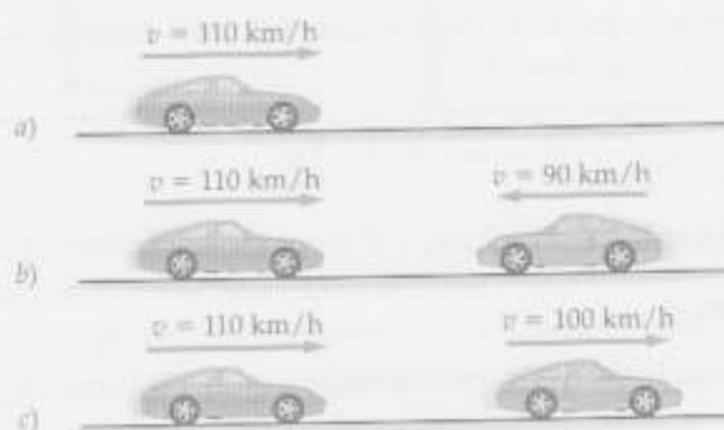
$$110 \text{ km/h} + 90 \text{ km/h} = 200 \text{ km/h}$$

Se, al contrario, con la nostra auto rossa ci muovessimo con una velocità di 100 km/h nella stessa direzione dell'auto blu (fig. 1c), la sua velocità rispetto a noi sarebbe:

$$110 \text{ km/h} - 100 \text{ km/h} = 10 \text{ km/h}$$

La velocità e la posizione di un corpo dipendono dal sistema di riferimento. In altri termini, non esiste un moto assoluto: **il moto è sempre relativo.**

Il moto di un corpo è sempre relativo a un sistema di riferimento. Cambiando il sistema di riferimento, il moto cambia.



◀ FIGURA 1 Il moto è relativo

a) L'auto blu viaggia a 110 km/h rispetto alla strada.
b) La velocità dell'auto blu rispetto all'auto rossa, che viaggia a 90 km/h in direzione opposta è 200 km/h.
c) La velocità dell'auto blu, rispetto all'auto rossa, che viaggia a 100 km/h nella stessa direzione, è 10 km/h.

Non solo la velocità, ma anche la posizione e la traiettoria di un corpo appaiono in generale diverse se osservate in sistemi di riferimento diversi.

Supponiamo, ad esempio, di lasciar cadere una palla di gomma sul pavimento stando fermi in piedi. Notiamo che la palla va diritta verso il basso, tocca terra vicino al nostro piede e ritorna quasi al livello della nostra mano. Iniziamo ora a camminare, o a pattinare, a velocità costante, lasciamo cadere la palla mentre camminiamo e osserviamo il moto con attenzione (fig. 2). Il moto della palla ci apparirà uguale a quello precedente: la palla va diritta verso il basso, tocca terra vicino al nostro piede, rimbalza diritta verso l'alto e ritorna al livello della mano. Per un osservatore che ci vede camminare, la palla segue invece una traiettoria parabolica, risultante dalla combinazione del moto verticale della palla rispetto a noi e del nostro moto orizzontale rispetto al terreno.



◀ FIGURA 2 Caduta libera in due diversi sistemi di riferimento

Quando lasciamo cadere una palla mentre stiamo camminando, correndo o pattinando a velocità costante, rispetto a noi la palla cade diritta verso il basso dal punto dal quale l'abbiamo lasciata. Per una persona ferma, invece, la palla segue una traiettoria parabolica, che risulta dalla combinazione del moto verticale della palla rispetto a noi e del moto orizzontale nostro rispetto al terreno.