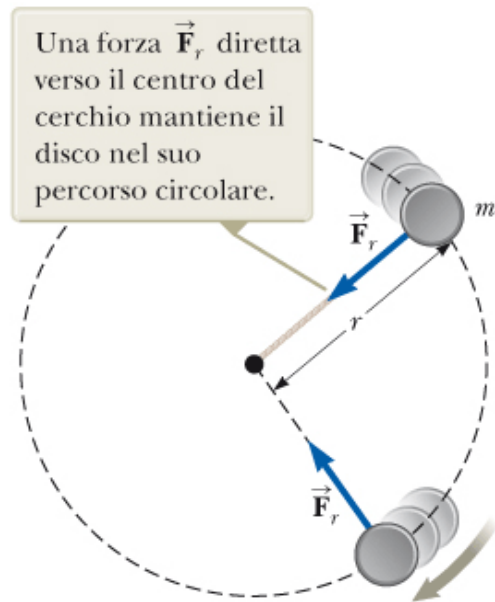


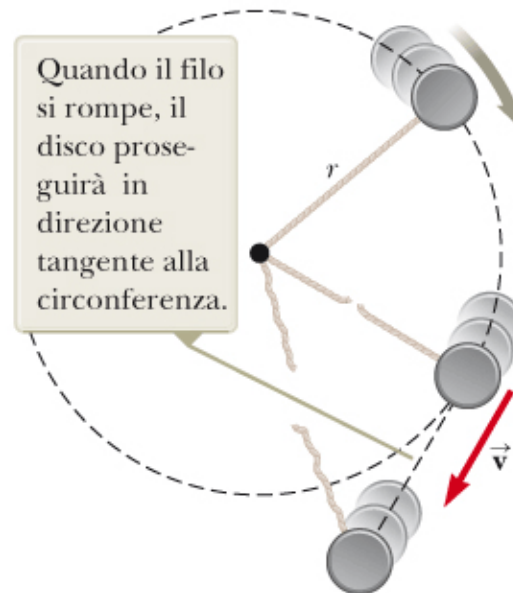
# Moto circolare uniforme ed altre applicazioni delle leggi di Newton

Docente: Elisabetta Comini  
Ultimo aggiornamento: 24/02/2025

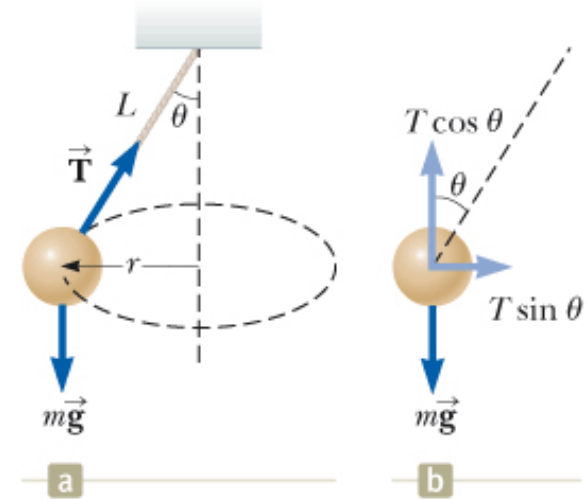
# Moto circolare uniforme



**Figura 6.1** Vista dall'alto del moto di un disco che si muove di moto circolare su di un piano orizzontale.



**Figura 6.2** Il filo che mantiene il disco in moto-circolare si rompe.

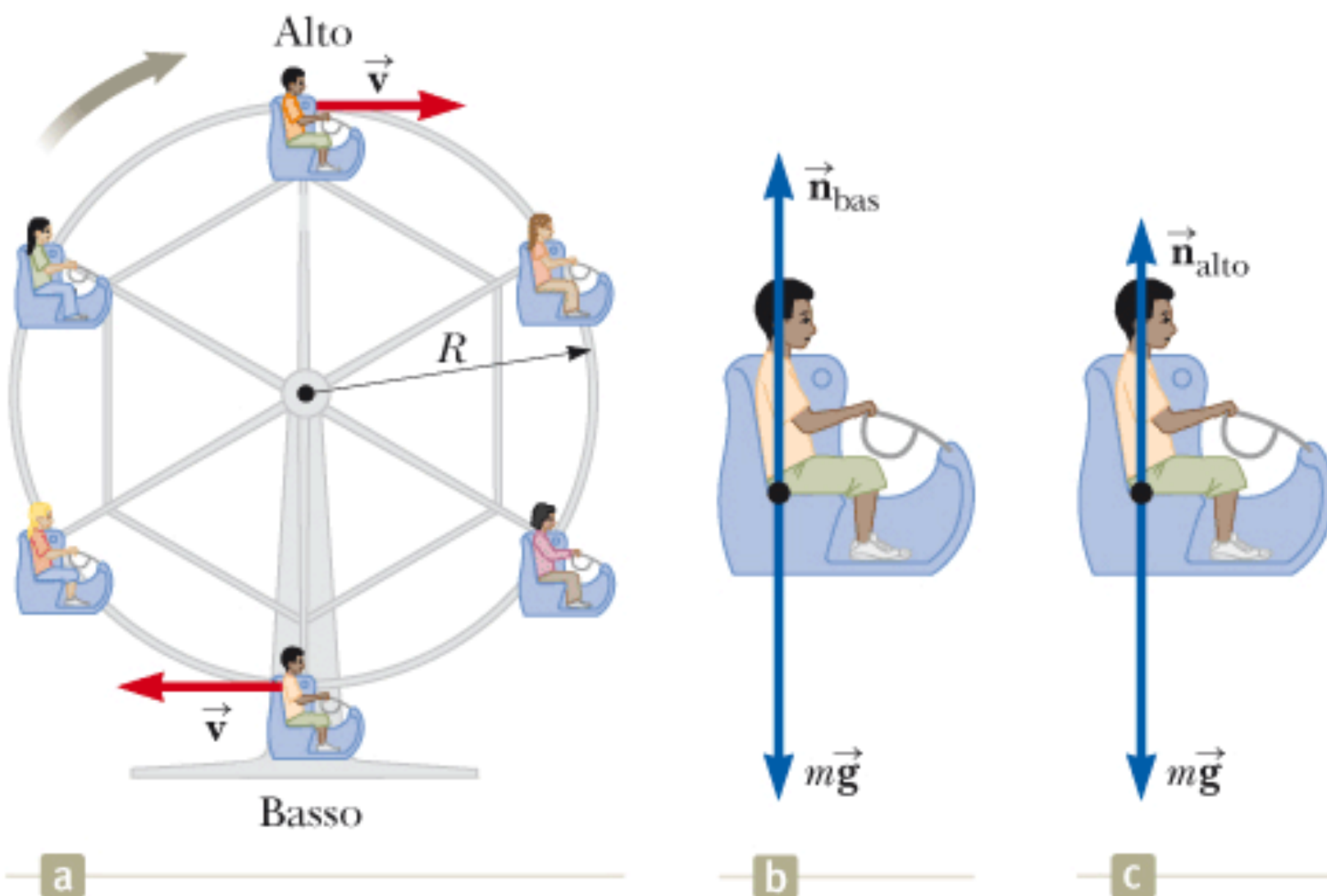


**Figura 6.3** (Esempio 6.1) (a) Un pendolo conico. La traiettoria della pallina è una circonferenza in un piano orizzontale. (b) Forze agenti sulla pallina.

$$\sum F = ma_c = m \frac{v^2}{r}$$

# Domanda

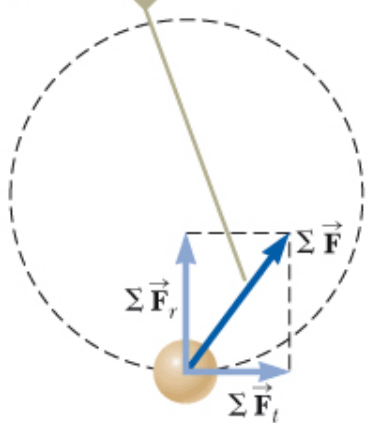
- Siete seduti in una cabina di una ruota panoramica Ferris che gira a velocità costante. La cabina nella quale vi trovate mantiene sempre la stessa corretta orientazione verso l'alto, senza mai rovesciarsi.
- (i) Qual è la direzione della forza normale esercitata su di voi dal seggiolino quando vi trovate nella posizione in cima alla ruota? (a) verso l'alto, (b) verso il basso (c) non è possibile determinarla.
- (ii) Nelle stesse condizioni, qual è la direzione della forza risultante su di voi quando siete in cima alla ruota?



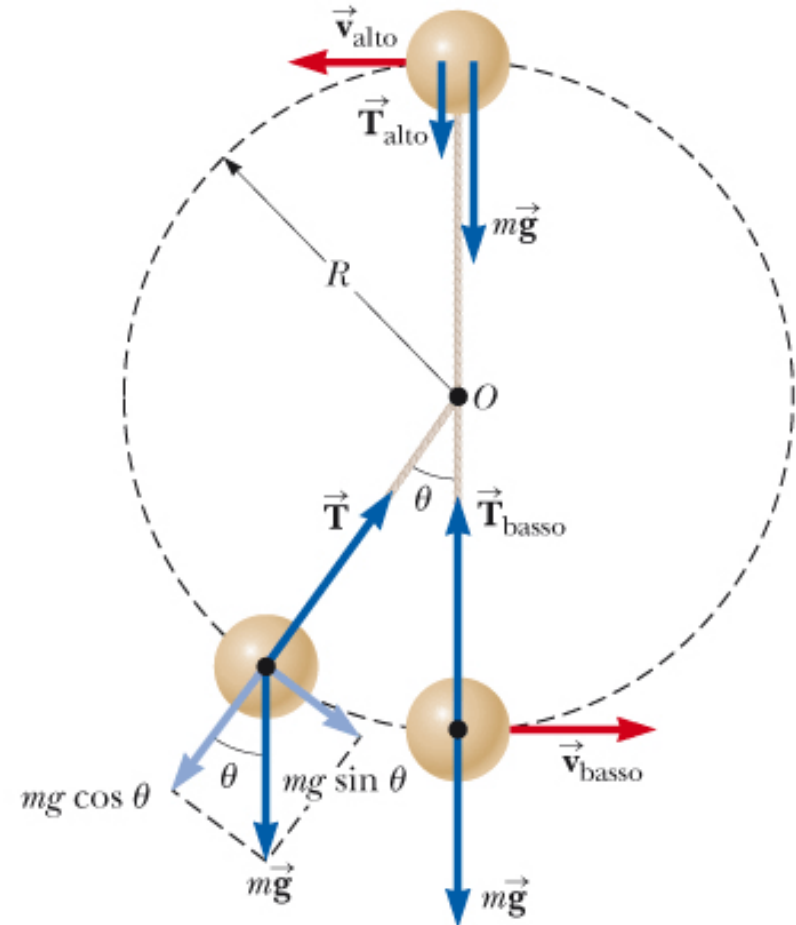
**Figura 6.6** (Esempio 6.5) (a) Un bambino su di una ruota panoramica Ferris. (b) Le forze agenti sul bambino nel punto più basso del giro. (c) Le forze agenti sul bambino sul punto più in alto.

# Moto circolare non uniforme

La forza risultante sul punto è data in questo caso dal vettore somma della forza radiale e della forza tangenziale



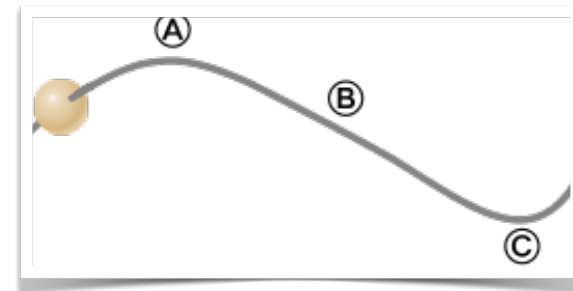
**Figura 6.7** Quando la forza risultante che agisce su un punto materiale che si muove di moto circolare ha una componente tangenziale  $\Sigma F_t$ , la velocità scalare del punto cambia.



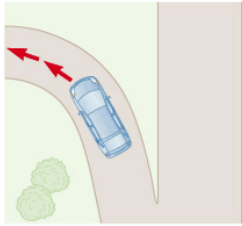
**Figura 6.9** (Esempio 6.6) Le forze agenti su una sfera di massa  $m$  connessa ad un filo di lunghezza  $R$  e in rotazione su una circonferenza verticale con centro in  $O$ . Le forze agenti sulla sfera sono mostrate quando la sfera si trova nel punto più in alto, in quello più in basso e in una posizione generica.

# Domanda

- Una perlina scivola liberamente lungo un filo metallico curvo giacente su una superficie orizzontale a velocità scalare costante come mostrato in Figura.
- Si disegnino i vettori che rappresentano la forza esercitata dal filo sulla perlina nei punti A, B e C.
- Si supponga che la perlina nella Figura si muova con accelerazione tangenziale costante mentre si sposta verso destra. Si disegnino i vettori che rappresentano le forze sulla perlina nei punti A, B e C.



# Moto in sistemi di riferimento accelerati



a

Nel sistema di riferimento del passeggero, compare una forza che lo spinge verso la portiera di destra, ma è una forza apparente.



Forza apparente

b

Rispetto al sistema di riferimento della Terra, il seggiolino dell'auto applica al passeggero una forza reale (d'attrito) verso sinistra, provocandone il cambiamento di direzione mantenendolo fermo rispetto all'auto.

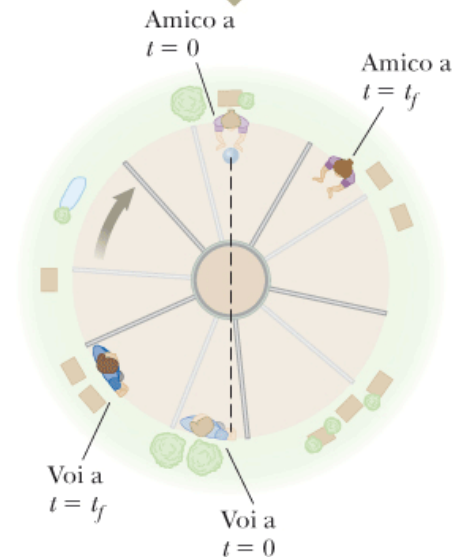


Forza reale

c

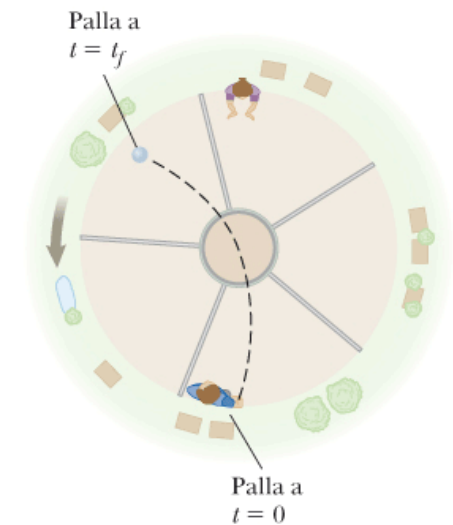
**Figura 6.10** (a) Un'auto sta affrontando un'uscita in curva. Che cosa spinge il passeggero sul seggiolino anteriore a muoversi verso la portiera di destra? (b) Sistema di riferimento del passeggero. (c) Sistema di riferimento della Terra.

Nell'istante  $t_f$ , quando la palla raggiunge il lato opposto della piattaforma rotante, il vostro amico non è più lì per poterla raccogliere. Secondo questo osservatore, la palla si muove in linea retta, in accordo con le leggi di Newton.



a

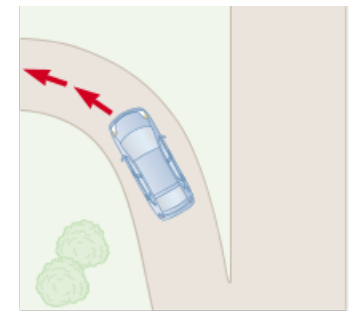
Dal punto di vista del vostro amico, la palla si sposta lateralmente durante il suo percorso. Il vostro amico, allora, introduce una forza apparente per spiegare questo spostamento dal percorso che si aspettava.



b

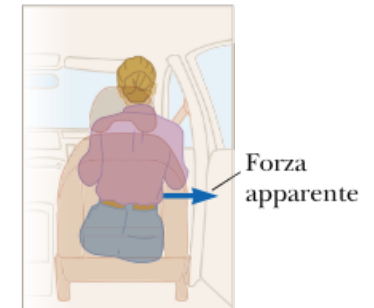
# Domanda

- Si consideri il passeggero nell'auto che sta percorrendo una curva a sinistra, come nella Figura. Quale delle seguenti affermazioni è corretta, riguardo alle forze che agiscono sul piano orizzontale, se il passeggero è a contatto con la portiera di destra?
- Il passeggero è tenuto in equilibrio da forze reali che agiscono verso destra e da forze reali che agiscono verso sinistra.
- Il passeggero è soggetto a forze reali che agiscono solo verso destra.
- Il passeggero è soggetto a forze reali che agiscono solo verso sinistra.
- Nessuna di queste affermazioni è corretta.



a

Nel sistema di riferimento del passeggero, compare una forza che lo spinge verso la portiera di destra, ma è una forza apparente.



Forza  
apparente

b

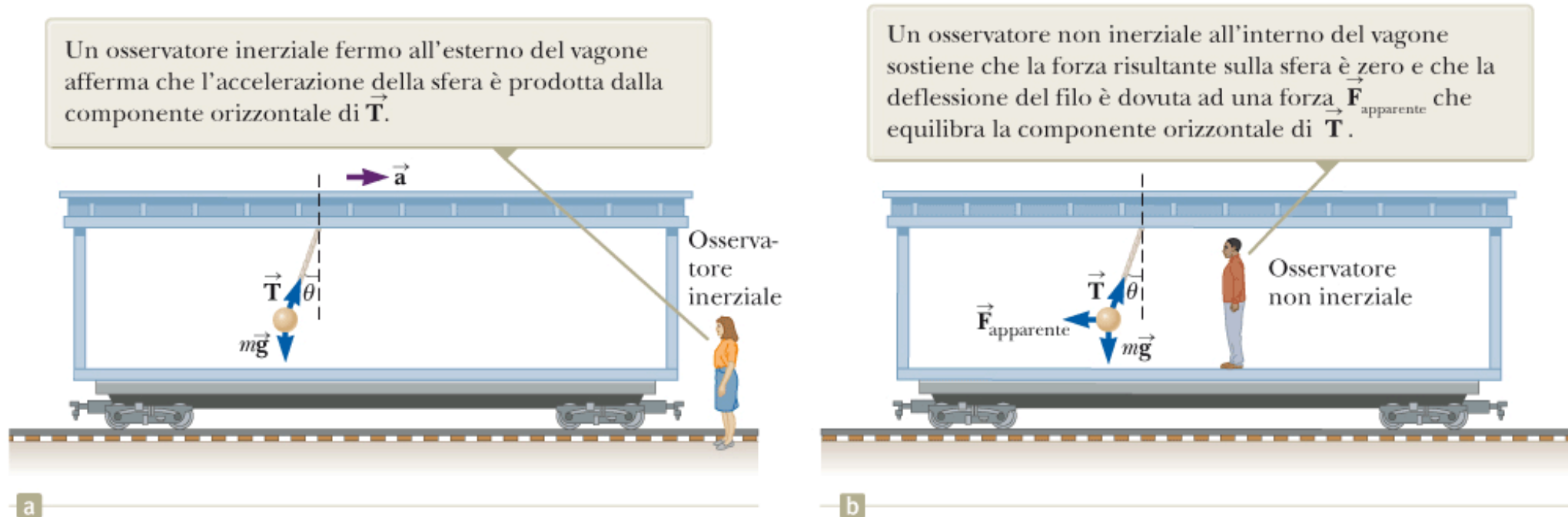
Rispetto al sistema di riferimento della Terra, il seggiolino dell'auto applica al passeggero una forza reale (d'attrito) verso sinistra, provocandone il cambiamento di direzione mantenendolo fermo rispetto all'auto.



Forza  
reale



# Moto in sistemi di riferimento accelerati



**Figura 6.12** (Esempio 6.7) Come si vede, una piccola sfera appesa al soffitto di un vagone che sta accelerando verso destra, viene deflessa.

$$\text{Osservatore inerziale} \begin{cases} (1) \quad \sum F_x = T \sin \theta = ma \\ (2) \quad \sum F_y = T \cos \theta - mg = 0 \end{cases}$$

$$\text{Osservatore non inerziale} \begin{cases} \sum F'_x = T \sin \theta - F_{\text{apparente}} = 0 \\ \sum F'_y = T \cos \theta - mg = 0 \end{cases}$$

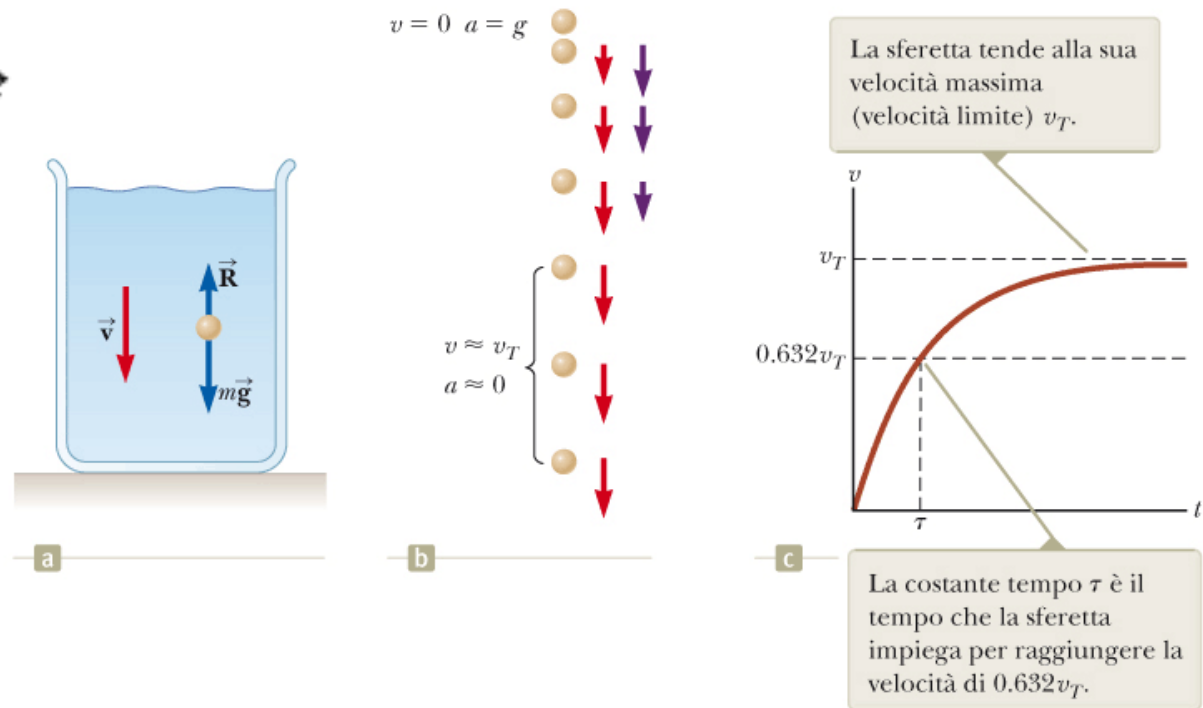
# Moto in presenza di forze frenanti

- Il mezzo esercita una forza frenante sul corpo che lo sta attraversando.
- **forza frenante** esercitata dall'aria su di un veicolo in moto (chiamata resistenza dell'aria)
- **forza viscosa** che agisce sui corpi che si muovono in un liquido

# Forza frenante proporzionale alla velocità del corpo

$$\mathbf{R} = -b\vec{v}$$

**Figura 6.13** (a) Una sferetta sta cadendo attraverso un liquido. (b) Diagramma del moto della sferetta mentre cade. Sono mostrati i vettori velocità (in rosso) ed i vettori accelerazione (in viola) per ogni immagine della sferetta successiva alla prima. (c) Grafico velocità-tempo della sferetta.



<sup>1</sup>Su un corpo immerso in un liquido agisce anche la *forza di galleggiamento* (forza di Archimede). Questa forza ha un valore costante e la sua intensità è uguale al valore del peso della massa di liquido spostata. Questa forza cambia il peso apparente del corpo di un fattore costante, quindi in questa trattazione la ignoreremo. Discuteremo la forza di Archimede nel Capitolo 14.

$$\sum F_y = ma \rightarrow mg - bv = ma$$

$$\frac{dv}{dt} = g - \frac{b}{m}v$$

$$mg - bv_T = 0 \quad \text{or} \quad v_T = \frac{mg}{b}$$

$$\frac{dv}{dt} = \frac{d}{dt} \left[ \frac{mg}{b} (1 - e^{-bt/m}) \right] = \frac{mg}{b} \left( 0 + \frac{b}{m} e^{-bt/m} \right) = g e^{-bt/m}$$

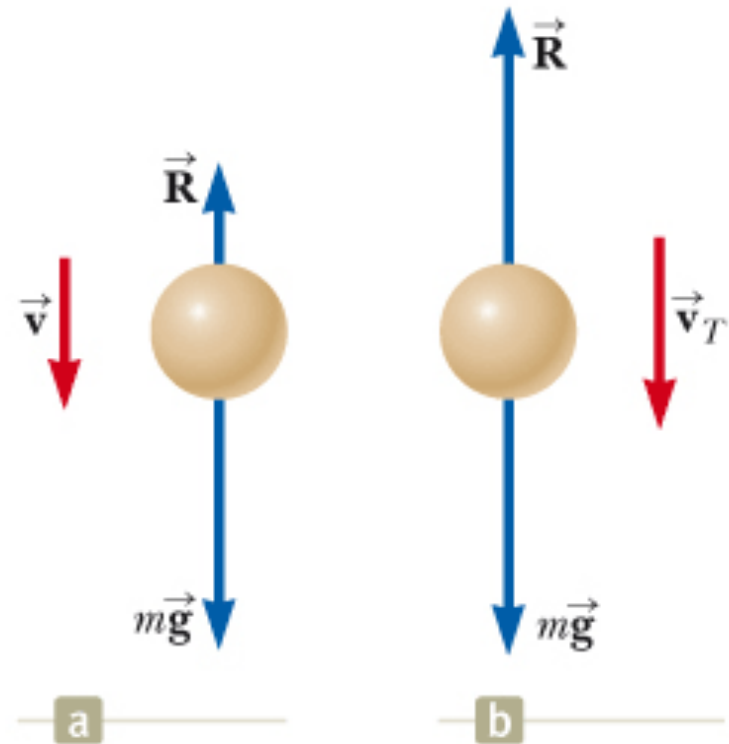
Forza frenante proporzionale al quadrato della velocità del corpo

$$R = \frac{1}{2} D \rho A v^2$$

$$\sum F = mg - \frac{1}{2} D \rho A v^2$$

$$a = g - \left( \frac{D \rho A}{2m} \right) v^2$$

$$v_T = \sqrt{\frac{2mg}{D \rho A}}$$



**Figura 6.14** (a) Un oggetto che cade attraverso l'aria risente di una forza frenante  $\vec{R}$  e di una forza gravitazionale  $\vec{F}_g = m\vec{g}$ . (b) L'oggetto raggiunge la velocità limite quando la forza risultante agente su di esso è zero e cioè  $\vec{R} = -\vec{F}_g$  o  $R = mg$ .

# Domanda

- Una palla da baseball e una palla da basket di massa uguale, inizialmente a riposo, sono lasciate cadere in aria in modo che inizialmente l'estremo più in basso di ciascuna palla si trovi a circa 1 m di altezza dal suolo. Quale delle due tocca terra per prima?
- La palla da baseball tocca per prima.
- La palla da basket tocca per prima.
- Ambedue toccano terra nello stesso istante.