9.5 Un niño está empujando un carrusel. El ángulo que describe el carrusel al girar varía con el tiempo según la ecuación $\theta(t) = \gamma\, t + \beta\, t^3$, $\gamma = 5$ rad/s y $\beta =$ 0,012 rad/s^3. Calcular: a) la velocidad angular del carrusel en función del tiempo; *b*) ¿Qué valor inicial tiene la velocidad angular?; *c*) el valor instantáneo de la velocidad angular ω_z para t = 5 s y la velocidad angular media en el eje *z*, ω_{med-z} en el intervalo de t = 0 a t = 5 0 s. Demuestre que ω_{med-z} no es igual al promedio de las velocidades angulares instantáneas en t = 0 y t = 5 s, y explique por qué.

IDENTIFY and **SET UP:** Use Eq. (9.3) to calculate the angular velocity and Eq. (9.2) to calculate the average angular velocity for the specified time interval.

EXECUTE: $\theta = \gamma t + \beta t^3$; $\gamma = 0.400 \text{ rad/s}$, $\beta = 0.0120 \text{ rad/s}^3$

(a) $\omega_z = \dfrac{d\theta}{dt} = \gamma + 3\beta t^2$

(b) At $t = 0$, $\omega_z = \gamma = 0.400 \text{ rad/s}$

(c) At $t = 5.00 \text{ s}$, $\omega_z = 0.400 \text{ rad/s} + 3(0.0120 \text{ rad/s}^3)(5.00 \text{ s})^2 = 1.30 \text{ rad/s}$

$$\omega_{\text{av-}z} = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{\theta_2 - \theta_1}{t_2 - t_1}$$

For $t_1 = 0$, $\theta_1 = 0$.

For $t_2 = 5.00 \text{ s}$, $\theta_2 = (0.400 \text{ rad/s})(5.00 \text{ s}) + (0.012 \text{ rad/s}^3)(5.00 \text{ s})^3 = 3.50 \text{ rad}$

So $\omega_{\text{av-}z} = \dfrac{3.50 \text{ rad} - 0}{5.00 \text{ s} - 0} = 0.700 \text{ rad/s}.$

EVALUATE: The average of the instantaneous angular velocities at the beginning and end of the time interval is $\frac{1}{2}(0.400 \text{ rad/s} + 1.30 \text{ rad/s}) = 0.850 \text{ rad/s}$. This is larger than $\omega_{\text{av-}z}$, because $\omega_z(t)$ is increasing faster than linearly.

9.15 •• El volante de alta velocidad de un motor giraba a 500 rpm cuando se interrumpió la alimentación eléctrica. El volante tiene una masa de 40.0 kg y un diámetro de 75.0 cm. El motor no recibe electricidad durante 30.0 s y, en ese lapso, el volante disminuye su velocidad por la fricción en los cojinetes de su eje, realizando 200 revoluciones completas. *a*) ¿Con qué rapidez está girando el volante cuando se restablece la alimentación eléctrica? *b*) ¿Cuánto tiempo después de la interrupción eléctrica se habría detenido el volante, si el suministro no se hubiera restablecido, y cuántas revoluciones habría girado el volante en ese tiempo?

IDENTIFY: Apply constant angular acceleration equations.

SET UP: Let the direction the flywheel is rotating be positive.

$\theta - \theta_0 = 200$ rev, $\omega_{0z} = 500$ rev/min $= 8.333$ rev/s, $t = 30.0$ s.

EXECUTE: **(a)** $\theta - \theta_0 = \left(\dfrac{\omega_{0z} + \omega_z}{2}\right)t$ gives $\omega_z = 5.00$ rev/s $= 300$ rpm

(b) Use the information in part (a) to find α_z: $\omega_z = \omega_{0z} + \alpha_z t$ gives $\alpha_z = -0.1111\ \text{rev/s}^2$. Then $\omega_z = 0$,

$\alpha_z = -0.1111\ \text{rev/s}^2$, $\omega_{0z} = 8.333$ rev/s in $\omega_z = \omega_{0z} + \alpha_z t$ gives $t = 75.0$ s and $\theta - \theta_0 = \left(\dfrac{\omega_{0z} + \omega_z}{2}\right)t$

gives $\theta - \theta_0 = 312$ rev.

9.25 En un anuncio se asegura que un centrifugador sólo ocupa 0,127 m de espacio en una mesa de trabajo, y que puede producir una aceleración radial de 3.000 g a 5.000 rpm. Calcule el radio que debe tener el centrifugador. ¿Es verosímil la afirmación del anuncio?

IDENTIFY: Use Eq. (9.15) and solve for r.

SET UP: $a_{\text{rad}} = r\omega^2$ so $r = a_{\text{rad}}/\omega^2$, where ω must be in rad/s

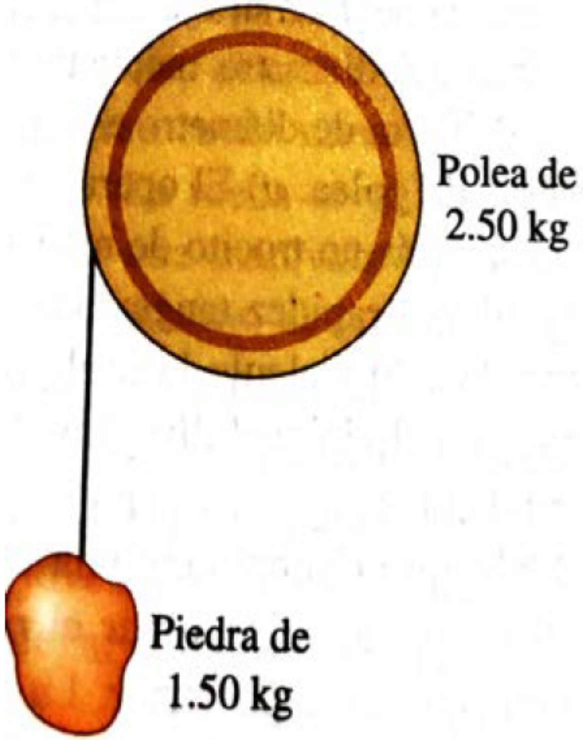
EXECUTE: $a_{\text{rad}} = 3000g = 3000(9.80\text{ m/s}^2) = 29{,}400\text{ m/s}^2$

$$\omega = (5000\text{ rev/min})\left(\frac{1\text{ min}}{60\text{ s}}\right)\left(\frac{2\pi\text{ rad}}{1\text{ rev}}\right) = 523.6\text{ rad/s}$$

Then $r = \dfrac{a_{\text{rad}}}{\omega^2} = \dfrac{29{,}400\text{ m/s}^2}{(523.6\text{ rad/s})^2} = 0.107\text{ m.}$

EVALUATE: The diameter is then 0.214 m, which is larger than 0.127 m, so the claim is *not* realistic.

9.43 Una polea sin fricción tiene la forma de un disco sólido uniforme de masa 2,5 kg y radio 20 cm. Una piedra de 1,50 kg se sujeta a un alambre muy ligero que se enrolla alrededor del borde de la polea (ver figura), y el sistema se libera del reposo. *a*) ¿Qué distancia debe descender la piedra para que la polea tenga 4,5 J de energía cinética?; *b*? ¿Qué porcentaje de la energía cinética total tiene la polea?



IDENTIFY: Apply conservation of energy to the system of stone plus pulley. $v = r\omega$ relates the motion of the stone to the rotation of the pulley.

SET UP: For a uniform solid disk, $I = \frac{1}{2}MR^2$. Let point 1 be when the stone is at its initial position and point 2 be when it has descended the desired distance. Let $+y$ be upward and take $y = 0$ at the initial position of the stone, so $y_1 = 0$ and $y_2 = -h$, where h is the distance the stone descends.

EXECUTE: **(a)** $K_p = \frac{1}{2}I_p\omega^2$. $I_p = \frac{1}{2}M_pR^2 = \frac{1}{2}(2.50\text{ kg})(0.200\text{ m})^2 = 0.0500\text{ kg}\cdot\text{m}^2$.

$\omega = \sqrt{\dfrac{2K_p}{I_p}} = \sqrt{\dfrac{2(4.50\text{ J})}{0.0500\text{ kg}\cdot\text{m}^2}} = 13.4\text{ rad/s}$. The stone has speed $v = R\omega = (0.200\text{ m})(13.4\text{ rad/s}) = 2.68\text{ m/s}$.

The stone has kinetic energy $K_s = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}(1.50\text{ kg})(2.68\text{ m/s})^2 = 5.39\text{ J}$. $K_1 + U_1 = K_2 + U_2$ gives

$0 = K_2 + U_2$. $0 = 4.50\text{ J} + 5.39\text{ J} + mg(-h)$. $h = \dfrac{9.89\text{ J}}{(1.50\text{ kg})(9.80\text{ m/s}^2)} = 0.673\text{ m}$.

(b) $K_{tot} = K_p + K_s = 9.89\text{ J}$. $\dfrac{K_p}{K_{tot}} = \dfrac{4.50\text{ J}}{9.89\text{ J}} = 45.5\%$.

EVALUATE: The gravitational potential energy of the pulley doesn't change as it rotates. The tension in the wire does positive work on the pulley and negative work of the same magnitude on the stone, so no net work on the system.

9.49 ¿Sobre qué eje tendrá una esfera uniforme de madera el mismo momento de inercia que una esfera de pared delgada, hueca, de plomo de igual masa y radio, con el eje a lo largo de su diámetro?

9.67 Se ha sugerido que las plantas eléctricas deberían aprovechar las horas de bajo consumo (por ejemplo, después de media noche) para generar energía mecánica y almacenarla hasta que se necesite durante los periodos de carga máxima, como a mediodía. Una propuesta consiste en almacenar la energía en enormes volantes que giren sobre cojinetes casi sin fricción. Considere un volante de hierro (con densidad 7800 kg/m^3) en forma de disco uniforme de 10 cm de espesor. *a*) ¿Qué diámetro debería tener ese disco para almacenar 10 MJ de energía cinética al girar a 90 rpm en torno a un eje perpendicular al disco y que pasa por su centro?; *b*) ¿Qué aceleración centrípeta tendría un punto en su borde al girar con esta velocidad?

IDENTIFY: $K = \frac{1}{2}I\omega^2$. $a_{rad} = r\omega^2$. $m = \rho V$.

SET UP: For a disk with the axis at the center, $I = \frac{1}{2}mR^2$. $V = t\pi R^2$, where $t = 0.100$ m is the thickness of the flywheel. $\rho = 7800\ \text{kg/m}^3$ is the density of the iron.

EXECUTE: **(a)** $\omega = 90.0\ \text{rpm} = 9.425\ \text{rad/s}$. $I = \dfrac{2K}{\omega^2} = \dfrac{2(10.0\times10^6\ \text{J})}{(9.425\ \text{rad/s})^2} = 2.252\times10^5\ \text{kg}\cdot\text{m}^2$.

$m = \rho V = \rho\pi R^2 t$. $I = \dfrac{1}{2}mR^2 = \dfrac{1}{2}\rho\pi t R^4$. This gives $R = \left(2I/\rho\pi t\right)^{1/4} = 3.68\ \text{m}$ and the diameter is 7.36 m.

(b) $a_{rad} = R\omega^2 = 327\ \text{m/s}^2$

EVALUATE: In $K = \frac{1}{2}I\omega^2$, ω must be in rad/s. a_{rad} is about $33g$; the flywheel material must have large cohesive strength to prevent the flywheel from flying apart.

9.83 Una bailarina gira a 72 rpm alrededor de un eje que pasa por su centro con los brazos extendidos (ver figura). Mediciones biomédicas indican que la distribución de la masa del cuerpo humano es como sigue: cabeza: 7 %, brazos: 13 % (para ambos) y tronco y piernas: 80 %. Suponga que usted es esa bailarina. En base a esta información y considerando su altura, calcule: a) su momento de inercia alrededor de su eje de rotación; b) su energía cinética de rotación.

IDENTIFY: We know (or can calculate) the masses and geometric measurements of the various parts of the body. We can model them as familiar objects, such as uniform spheres, rods, and cylinders, and calculate their moments of inertia and kinetic energies.

SET UP: My total mass is $m = 90$ kg. I model my head as a uniform sphere of radius 8 cm. I model my trunk and legs as a uniform solid cylinder of radius 12 cm. I model my arms as slender rods of length 60 cm. $\omega = 72$ rev/min $= 7.5$ rad/s. For a solid uniform sphere, $I = 2/5\,MR^2$, for a solid cylinder, $I = \frac{1}{2}MR^2$, and for a rod rotated about one end $I = 1/3\,ML^2$.

EXECUTE: **(a)** Using the formulas indicated above, we have $I_{tot} = I_{head} + I_{trunk+legs} + I_{arms}$, which gives $I_{tot} = \frac{2}{5}(0.070m)(0.080\text{ m})^2 + \frac{1}{2}(0.80m)(0.12\text{ m})^2 + 2\left(\frac{1}{3}\right)(0.13m)(0.60\text{ m})^2 = 3.3\text{ kg}\cdot\text{m}^2$ where we have used $m = 90$ kg.

(b) $K_{rot} = \frac{1}{2}I\omega^2 = \frac{1}{2}(3.3\text{ kg}\cdot\text{m}^2)(7.5\text{ rad/s})^2 = 93\text{ J}$.

EVALUATE: According to these estimates about 85% of the total I is due to the outstretched arms. If the initial translational kinetic energy $\frac{1}{2}mv^2$ of the skater is converted to this rotational kinetic energy as he goes into a spin, his initial speed must be 1.4 m/s.

10.21 Una esfera sólida se libera a partir del reposo y baja por una ladera que forma un ángulo de 65° con la horizontal. *a*) ¿Qué valor mínimo debe tener el coeficiente de rozamiento entre la ladera y la esfera para que no haya deslizamiento?; *b*) ¿El coeficiente de rozamiento calculado en el apartado a) bastaría para evitar que una esfera hueca (como un balón de fútbol) deslice sin rodar? Justifique su respuesta. c) En el apartado a), ¿por qué usamos el coeficiente de rozamiento estático y no el coeficiente de rozamiento dinámico?

Identify: Apply $\sum \vec{F}_{\text{ext}} = m\vec{a}_{\text{cm}}$ and $\sum \tau_z = I_{\text{cm}}\alpha_z$ to the motion of the ball.

(a) Set Up: The free-body diagram is given in Figure 10.23a.

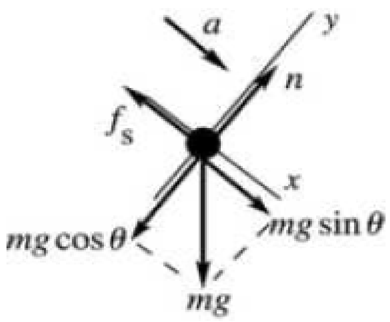


Figure 10.23a

Execute: $\sum F_y = ma_y$

$n = mg\cos\theta$ and $f_s = \mu_s mg\cos\theta$

$\sum F_x = ma_x$

$mg\sin\theta - \mu_s mg\cos\theta = ma$

$$g(\sin\theta - \mu_s\cos\theta) = a \qquad \text{(eq. 1)}$$

Set Up: Consider Figure 10.23b.

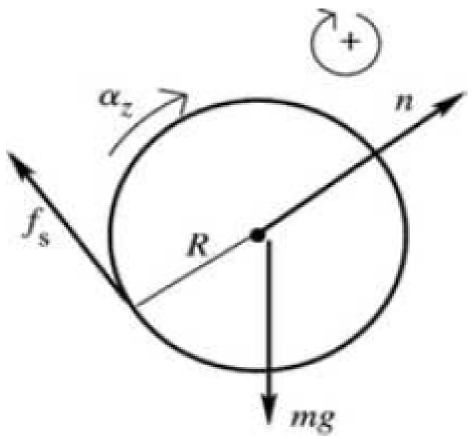


Figure 10.23b

n and mg act at the center of the ball and provide no torque.

EXECUTE: $\sum\tau = \tau_f = \mu_s mg\cos\theta R;\ I = \frac{2}{5}mR^2$

$\sum\tau_z = I_{cm}\alpha_z$ gives $\mu_s\, mg\cos\theta R = \frac{2}{5}mR^2\alpha$

No slipping means $\alpha = a/R$, so $\mu_s g\cos\theta = \frac{2}{5}a$ (eq.2)

We have two equations in the two unknowns a and μ_s. Solving gives $a = \frac{5}{7}g\sin\theta$ and

$\mu_s = \frac{2}{7}\tan\theta = \frac{2}{7}\tan 65.0^\circ = 0.613.$

(b) Repeat the calculation of part (a), but now $I = \frac{2}{3}mR^2$. $a = \frac{3}{5}g\sin\theta$ and

$\mu_s = \frac{2}{5}\tan\theta = \frac{2}{5}\tan 65.0^\circ = 0.858$

The value of μ_s calculated in part (a) is not large enough to prevent slipping for the hollow ball.

(c) EVALUATE: There is no slipping at the point of contact. More friction is required for a hollow ball since for a given m and R it has a larger I and more torque is needed to provide the same α. Note that the required μ_s is independent of the mass or radius of the ball and only depends on how that mass is distributed.

10.37 Calcule el módulo del momento angular del segundero de un reloj alrededor de un eje que pasa por el centro de la esfera. La manecilla tiene una longitud de 15 cm y una masa de 6 g. Trate la manecilla como una varilla delgada que gira con velocidad angular constante alrededor de uno de sus extremos.

IDENTIFY and SET UP: Use $L = I\omega$.

EXECUTE: The second hand makes 1 revolution in 1 minute, so $\omega = (1.00 \text{ rev/min})(2\pi \text{ rad/1 rev})(1 \text{ min}/60 \text{ s}) = 0.1047 \text{ rad/s}$.

For a slender rod, with the axis about one end, $I = \frac{1}{3}ML^2 = \frac{1}{3}(6.00\times10^{-3}\text{ kg})(0.150\text{ m})^2 = 4.50\times10^{-5}\text{ kg}\cdot\text{m}^2$.

Then $L = I\omega = (4.50\times10^{-5}\text{ kg}\cdot\text{m}^2)(0.1047\text{ rad/s}) = 4.71\times10^{-6}\text{ kg}\cdot\text{m}^2/\text{s}$.

EVALUATE: $\vec{L}$ is clockwise.

IDENTIFY: $\omega_z = d\theta/dt$. $L_z = I\omega_z$ and $\tau_z = dL_z/dt$.

10.47 Un pequeño bicho de 10 g se encuentra sobre el extremo de una barra delgada y uniforme que inicialmente está en reposo en una mesa horizontal lisa. El otro extremo de la barra pivotea en torno a un clavo incrustado en la mesa, y puede girar libremente sin rozamiento. La masa de la barra es de 50 g, y su longitud de 100 cm. El bicho salta en dirección horizontal, perpendicular a la barra, con una velocidad de 20 cm/s con respecto a la mesa .Calcular: *a*) la velocidad angular de la barra inmediatamente después del salto del insecto; *b*) la energía cinética total del sistema inmediatamente después del salto, y *c*) ¿De dónde proviene la energía?

(a) IDENTIFY and SET UP: Apply conservation of angular momentum $\vec{L}$, with the axis at the nail. Let object A be the bug and object B be the bar. Initially, all objects are at rest and $L_1 = 0$. Just after the bug jumps, it has angular momentum in one direction of rotation and the bar is rotating with angular velocity ω_B in the opposite direction.

EXECUTE: $L_2 = m_A v_A r - I_B \omega_B$ where $r = 1.00\text{ m}$ and $I_B = \frac{1}{3} m_B r^2$

$L_1 = L_2$ gives $m_A v_A r = \frac{1}{3} m_B r^2 \omega_B$

$$\omega_B = \frac{3 m_A v_A}{m_B r} = 0.120\text{ rad/s}$$

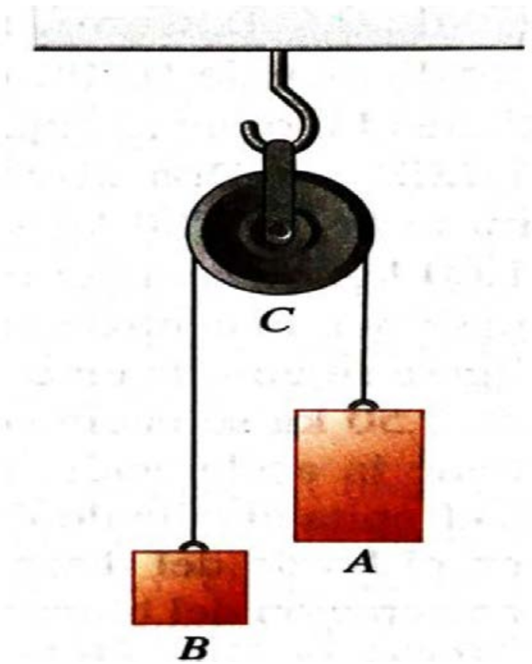
(b) $K_1 = 0$; $K_2 = \frac{1}{2} m_A v_A^2 + \frac{1}{2} I_B \omega_B^2 =$

$\frac{1}{2}(0.0100\text{ kg})(0.200\text{ m/s})^2 + \frac{1}{2}\left(\frac{1}{3}[0.0500\text{ kg}][1.00\text{ m}]^2\right)(0.120\text{ rad/s})^2 = 3.2 \times 10^{-4}\text{ J}.$

(c) The increase in kinetic energy comes from work done by the bug when it pushes against the bar in order to jump.

EVALUATE: There is no external torque applied to the system and the total angular momentum of the system is constant. There are internal forces, forces the bug and bar exert on each other. The forces exert torques and change the angular momentum of the bug and the bar, but these changes are equal in magnitude and opposite in direction. These internal forces do positive work on the two objects and the kinetic energy of each object and of the system increases.

10.59 La figura muestra una máquina de Atwood. Encuentre las aceleraciones lineales de los bloques A y B, la aceleración angular de la polea C, y la tensión en cada lado de la cuerda si no hay deslizamiento entre la cuerda y la polea. Sean las masas de los bloques A y B de 4 kg y 2 kg respectivamente, el momento de inercia de la polea en torno a su eje es 0,22 kg m^2, y el radio de esta 0,12 m.



IDENTIFY: Blocks A and B have linear acceleration and therefore obey the linear form of Newton's second law $\sum F_y = ma_y$. The wheel C has angular acceleration, so it obeys the rotational form of Newton's second law $\sum \tau_z = I\alpha_z$.

SET UP: A accelerates downward, B accelerates upward and the wheel turns clockwise. Apply $\sum F_y = ma_y$ to blocks A and B. Let $+y$ be downward for A and $+y$ be upward for B. Apply $\sum \tau_z = I\alpha_z$ to the wheel, with the clockwise sense of rotation positive. Each block has the same magnitude of acceleration, a, and $a = R\alpha$. Call the T_A the tension in the cord between C and A and T_B the tension between C and B.

EXECUTE: For A, $\sum F_y = ma_y$ gives $m_A g - T_A = m_A a$. For B, $\sum F_y = ma_y$ gives $T_B - m_B g = m_B a$. For the wheel, $\sum \tau_z = I\alpha_z$ gives $T_A R - T_B R = I\alpha = I(a/R)w$ and $T_A - T_B = \left(\dfrac{I}{R^2}\right)a$. Adding these three equations gives $(m_A - m_B)g = \left(m_A + m_B + \dfrac{I}{R^2}\right)a$. Solving for a, we have

$$a = \left(\frac{m_A - m_B}{m_A + m_B + I/R^2}\right)g = \left(\frac{4.00\text{ kg} - 2.00\text{ kg}}{4.00\text{ kg} + 2.00\text{ kg} + (0.300\text{ kg}\cdot\text{m}^2)/(0.120\text{ m})^2}\right)(9.80\text{ m/s}^2) = 0.730\text{ m/s}^2.$$

$$\alpha = \frac{a}{R} = \frac{0.730\text{ m/s}^2}{0.120\text{ m}} = 6.08\text{ rad/s}^2.$$

$$T_A = m_A(g - a) = (4.00\text{ kg})(9.80\text{ m/s}^2 - 0.730\text{ m/s}^2) = 36.3\text{ N}.$$

$$T_B = m_B(g + a) = (2.00\text{ kg})(9.80\text{ m/s}^2 + 0.730\text{ m/s}^2) = 21.1\text{ N}.$$

EVALUATE: The tensions must be different in order to produce a torque that accelerates the wheel when the blocks accelerate.

10.63 Dos discos metálicos, uno de radio R_1 = 2,5 cm y masa M_1 = 0,8 kg y el otro de radio R_2 = 5 cm y masa M_2 = 1,60 kg, se sueldan entre sí y se montan en un eje sin rozamiento que pasa por su centro común, como en el problema 9.77. a) Una cuerda ligera se enrolla en el borde del disco de menor tamaño, y un bloque de 1,5 kg se cuelga del extremo libre de la cuerda. ¿Cuál es la aceleración hacia abajo del bloque una vez que se suelta?; *b*) Repita el cálculo del apartado *a*), ahora con la cuerda enrollada en el borde del disco de mayor tamaño. ¿En qué caso es mayor la aceleración del bloque? ¿Es lógica la respuesta?

IDENTIFY: Apply $\sum \vec{F} = m\vec{a}$ to the block and $\sum \tau_z = I\alpha_z$ to the combined disks.

SET UP: For a disk, $I_{\text{disk}} = \frac{1}{2}MR^2$, so I for the disk combination is $I = 2.25 \times 10^{-3}\ \text{kg} \cdot \text{m}^2$.

EXECUTE: For a tension T in the string, $mg - T = ma$ and $TR = I\alpha = I\dfrac{a}{R}$.

Eliminating T and solving for a gives $a = g\dfrac{m}{m + I/R^2} = \dfrac{g}{1 + I/mR^2}$, where m is the mass of the hanging block and R is the radius of the disk to which the string is attached.

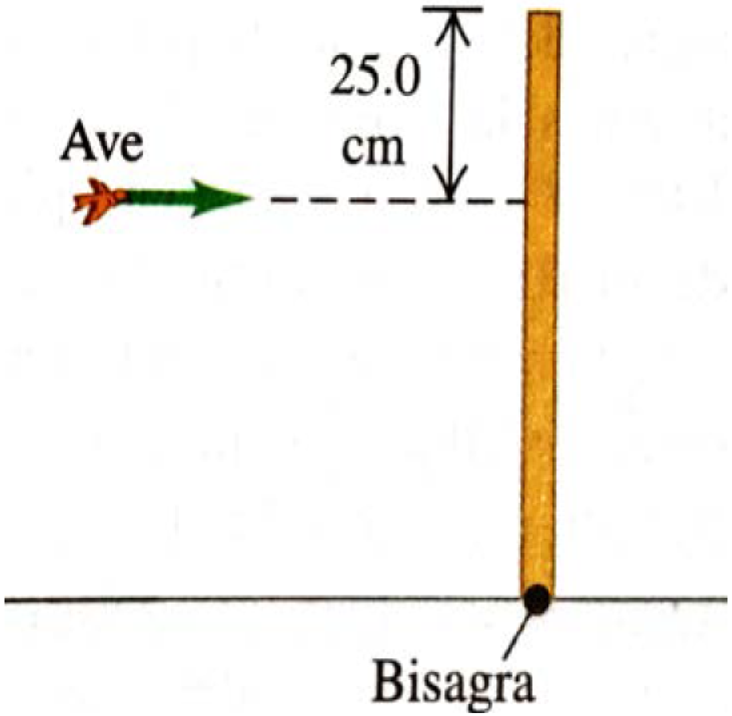
(a) With $m = 1.50\ \text{kg}$ and $R = 2.50 \times 10^{-2}\ \text{m}$, $a = 2.88\ \text{m/s}^2$.

(b) With $m = 1.50\ \text{kg}$ and $R = 5.00 \times 10^{-2}\ \text{m}$, $a = 6.13\ \text{m/s}^2$.

The acceleration is larger in case (b); with the string attached to the larger disk, the tension in the string is capable of applying a larger torque.

EVALUATE: $\omega = v/R$, where v is the speed of the block and ω is the angular speed of the disks. When R is larger, in part (b), a smaller fraction of the kinetic energy resides with the disks. The block gains more speed as it falls a certain distance and therefore has a larger acceleration.

10.85 Un ave de 500 g vuela horizontal y distraídamente a 2,25 m/s, hacia una barra vertical estacionaria, golpeándola a 25 cm de la parte superior (ver figura). La barra es uniforme, de longitud 0,75 m y masa 1,5 kg, y tiene una bisagra en la base. El choque aturde al ave, de modo que después del choque cae hacia el suelo (y pronto se recupera para continuar volando felizmente). ¿Cuál es la velocidad angular de la barra, *a*) justo después de que es golpeada por el ave, y *b*) cuando ésta llega al suelo?



IDENTIFY: Apply conservation of angular momentum to the collision between the bird and the bar and apply conservation of energy to the motion of the bar after the collision.

SET UP: For conservation of angular momentum take the axis at the hinge. For this axis the initial angular momentum of the bird is $m_{\text{bird}}(0.500\text{ m})v$, where $m_{\text{bird}} = 0.500\text{ kg}$ and $v = 2.25\text{ m/s}$. For this axis the moment of inertia is $I = \frac{1}{3}m_{\text{bar}}L^2 = \frac{1}{3}(1.50\text{ kg})(0.750\text{ m})^2 = 0.281\text{ kg}\cdot\text{m}^2$. For conservation of energy, the gravitational potential energy of the bar is $U = m_{\text{bar}}gy_{\text{cm}}$, where y_{cm} is the height of the center of the bar. Take $y_{\text{cm},1} = 0$, so $y_{\text{cm},2} = -0.375\text{ m}$.

EXECUTE: **(a)** $L_1 = L_2$ gives $m_{\text{bird}}(0.500\text{ m})v = (\frac{1}{3}m_{\text{bar}}L^2)\omega$.

$$\omega = \frac{3m_{\text{bird}}(0.500\text{ m})v}{m_{\text{bar}}L^2} = \frac{3(0.500\text{ kg})(0.500\text{ m})(2.25\text{ m/s})}{(1.50\text{ kg})(0.750\text{ m})^2} = 2.00\text{ rad/s}.$$

(b) $U_1 + K_1 = U_2 + K_2$ applied to the motion of the bar after the collision gives

$$\tfrac{1}{2}I\omega_1^2 = m_{\text{bar}}g(-0.375\text{ m}) + \tfrac{1}{2}I\omega_2^2.\quad \omega_2 = \sqrt{\omega_1^2 + \frac{2}{I}m_{\text{bar}}g(0.375\text{ m})}.$$

$$\omega_2 = \sqrt{(2.00\text{ rad/s})^2 + \frac{2}{0.281\text{ kg}\cdot\text{m}^2}(1.50\text{ kg})(9.80\text{ m/s}^2)(0.375\text{ m})} = 6.58\text{ rad/s}$$

EVALUATE: Mechanical energy is not conserved in the collision. The kinetic energy of the bar just after the collision is less than the kinetic energy of the bird just before the collision.