

## UNIDAD 8

## *Equilibrio de cuerpos rígidos*

### PREGUNTAS PARA EL ANÁLISIS

1. El torque y el trabajo son el producto de la distancia por la fuerza. ¿En que son diferentes? ¿Tienen las mismas unidades?
2. ¿Es posible calcular el torque que actúa sobre un cuerpo sin especificar un origen? ¿Es el torque independiente de la ubicación del origen?
3. ¿Puede un objeto estar en equilibrio cuando solamente una fuerza actúa sobre él? ¿Si usted cree que la respuesta es sí, dé un ejemplo que apoye su conclusión.
4. A) Dé un ejemplo en el cual la fuerza neta que actúa sobre un objeto sea cero, con torque neto distinto de cero. B) Dé un ejemplo en el cual el torque neto que actúa sobre un objeto sea cero, con la fuerza neta distinta de cero.
5. Una escalera se apoya inclinada contra una pared. ¿Usted se sentiría más seguro al subir la escalera si le dijeran que el piso no tiene fricción, pero la pared es áspera, o que la pared no tiene fricción, pero el piso es áspero? Justifique su respuesta.
6. Si usted mide que la fuerza neta y el torque neto es cero: a) ¿podría el sistema estar rotando con respecto a usted? b) ¿podría el sistema estar trasladándose respecto a usted?
7. ¿Por qué cuando usted levanta un objeto pesado del piso es conveniente mantener la espalda lo mas vertical posible y utilizar el movimiento de flexión de las rodillas en lugar de mantener la piernas rectas y utilizar el movimiento de flexión de la cintura?
8. ¿Puede un objeto estar en equilibrio si está en movimiento?

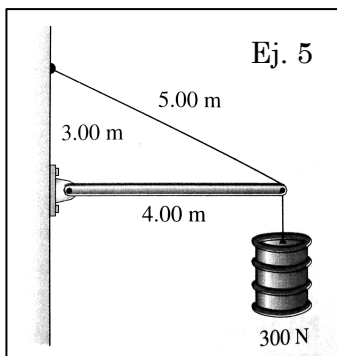
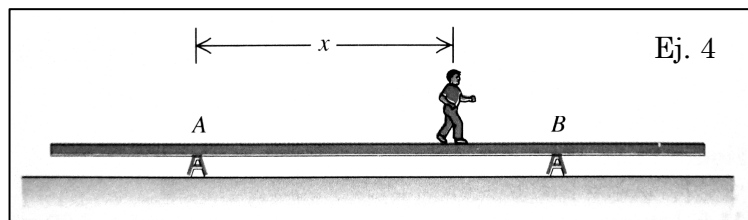
**EJERCICIOS**

1. Una escotilla uniforme de  $300\text{ N}$  en un techo tiene bisagras en un lado. Calcule la fuerza neta hacia arriba requerida para comenzar a abrirla y la fuerza total ejercida por las bisagras sobre ella: a) si la fuerza hacia arriba se aplica en el centro; b) si se aplica en el centro del borde opuesto a las bisagras.

2. Dos personas llevan una tabla uniforme horizontal de  $3\text{ m}$  de longitud que pesa  $160\text{ N}$ . Si una persona aplica una fuerza hacia arriba de  $60\text{ N}$  en un extremo, ¿en qué punto sostiene la tabla la otra persona?

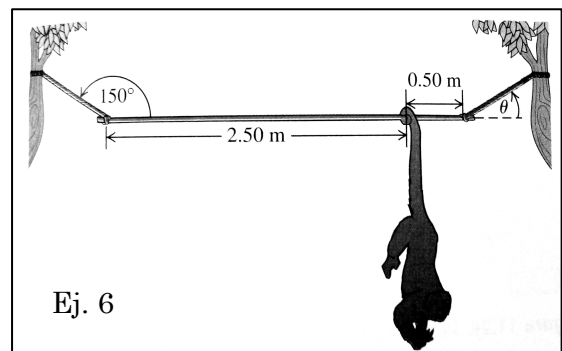
3. Una escalera uniforme de  $5\text{ m}$  de longitud que pesa  $160\text{ N}$  descansa contra una pared vertical sin fricción con su base a  $3\text{ m}$  de la pared. El coeficiente de fricción estática entre la base de la escalera y el suelo es de  $0.4$ . Un hombre de  $740\text{ N}$  sube lentamente la escalera. a) ¿Qué fuerza de fricción máxima puede ejercer el suelo sobre la escalera en su base? b) ¿A cuánto asciende esa fuerza cuando el hombre ha trepado  $1\text{ m}$  a lo largo de la escalera? c) ¿Hasta dónde puede trepar el hombre antes de que la escalera resbale?

4. Una viga uniforme de aluminio de  $9\text{ m}$  de longitud pesa  $300\text{ N}$  y descansa simétricamente en dos apoyos separados  $5\text{ m}$  (ver figura). Un niño que pesa  $600\text{ N}$  parte de  $A$  y camina hacia la derecha. a) Dibuje en la misma gráfica dos curvas que muestren las fuerzas  $F_A$  y  $F_B$  ejercidas hacia arriba sobre la viga en  $A$  y  $B$  en función de la coordenada  $x$  del niño. Use  $1\text{ cm} = 100\text{ N}$  verticalmente y  $1\text{ cm} = 1\text{ m}$  horizontalmente. b) Según la gráfica, ¿qué tanto después de  $B$  puede estar el niño sin que se incline la viga? c) ¿A qué distancia del extremo derecho de la viga debe estar  $B$  para que el niño pueda caminar hasta el extremo sin inclinar la viga?

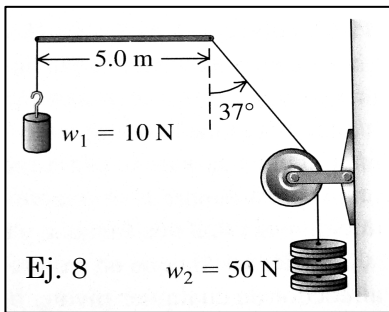
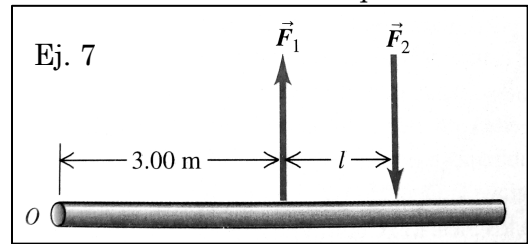


5. La viga horizontal de la figura pesa  $150\text{ N}$ , y su centro de gravedad está en su centro. Calcule: a) La tensión en el cable, b) Las componentes horizontal y vertical de la fuerza ejercida por la pared sobre la viga.

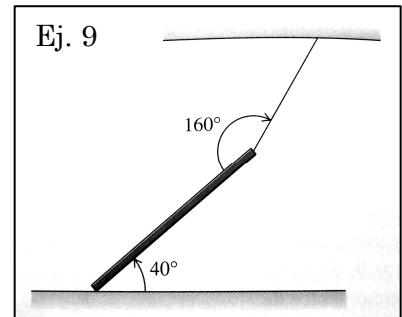
6. En un zoológico, una varilla uniforme de  $240\text{ N}$  y  $3\text{ m}$  de longitud se sostiene en posición horizontal con dos cuerdas en sus extremos (ver figura). La cuerda izquierda forma un ángulo de  $150^\circ$  con la varilla, y la derecha forma un ángulo  $\theta$  con la horizontal. Un mono aullador de  $90\text{ N}$  cuelga inmóvil a  $0.5\text{ m}$  del extremo derecho de la varilla y nos estudia detenidamente. Calcule  $\theta$  y las tensiones en las cuerdas.



7. Dos fuerzas de igual magnitud y dirección opuesta que actúan sobre un objeto en dos puntos distintos forman un “par”. Dos fuerzas antiparalelas de magnitud  $F_1 = F_2 = 800\text{ N}$  se aplican a una viga como se muestra en la figura. a) ¿Qué distancia  $l$  debe haber entre las fuerzas para que produzcan un momento de torsión neto de  $6.4\text{ N m}$  alrededor del extremo izquierdo de la varilla? b) ¿El sentido de éste momento de torsión es horario o antihorario? c) Repita (a) y (b) para un pivote en el punto de la varilla donde se aplica  $\vec{F}_2$ .

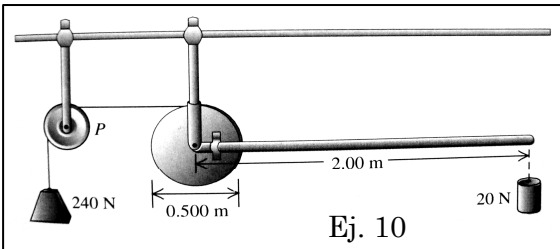


8. Se debe aplicar una sola fuerza adicional a la barra de la figura para mantenerla en equilibrio en la posición mostrada. Puede despreciarse el peso de la barra. a) Calcule las componentes vertical y horizontal de la fuerza requerida. b) ¿Qué ángulo debe formar ésta fuerza con la barra? c) ¿Qué magnitud debe tener? d) ¿Dónde debe aplicarse?

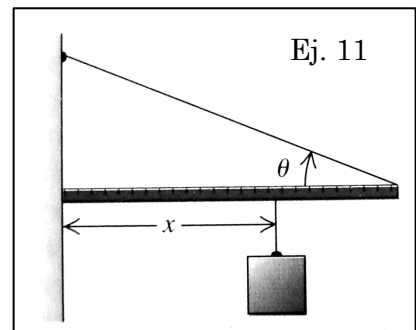


9. Una viga uniforme de  $250\text{ kg}$  se sostiene con un cable unido al techo, como muestra la figura. El extremo inferior de la viga descansa en el piso. a) Calcule la tensión en el cable. b) ¿Qué coeficiente de fricción estática mínimo debe haber entre la viga y el piso para que la viga permanezca en esa posición?

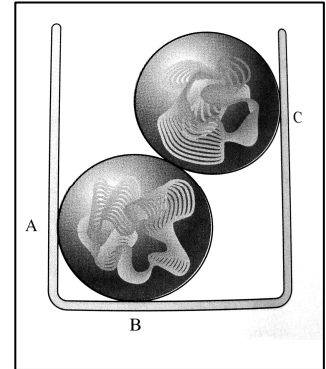
10. Un disco circular de  $0.5\text{ m}$  de diámetro que pivotea en torno a un eje horizontal que pasa por su centro, tiene un cordón enrollado en su borde. El cordón pasa por una polea sin fricción  $P$  y está unido a un objeto que pesa  $240\text{ N}$ . Una varilla uniforme de  $2\text{ m}$  de longitud se sujeta al disco, con un extremo en su centro. El aparato está en equilibrio con la varilla horizontal (ver figura). ¿Cuánto pesa la varilla? b) ¿Qué dirección de equilibrio tiene la varilla si un segundo objeto que pesa  $20\text{ N}$  se cuelga de su otro extremo (línea punteada)? Es decir, ¿qué ángulo forma entonces la varilla con la horizontal?



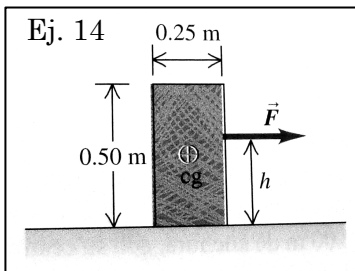
11. Un extremo de un metro uniforme se coloca contra una pared vertical (ver figura); el otro extremo se sostiene con un cordón ligero que forma un ángulo  $\theta$  con el metro. El coeficiente de fricción estática entre el extremo del metro y la pared es de  $0.4$ . a) ¿Qué valor máximo puede tener el ángulo  $\theta$  si el metro debe permanecer en equilibrio? b) Sea  $\theta = 15^\circ$ . Un bloque que pesa lo mismo que el metro se suspende de él a una distancia  $x$  de la pared. ¿Qué valor mínimo de  $x$  permite al metro seguir en equilibrio? c) Si  $\theta = 15^\circ$ , ¿qué valor debe tener  $\mu_e$  para que el bloque pueda suspenderse a  $x = 10\text{ cm}$  del extremo izquierdo del metro sin que éste resbale?



**12.** En el brazo humano, el antebrazo y la mano pivotean en torno a la articulación del codo. Consideremos un modelo simplificado en donde el músculo bíceps está unido al antebrazo a  $3.8\text{ cm}$  del codo. Supondremos que la mano y el antebrazo juntos pesan  $15\text{ N}$  y que su centro de gravedad está a  $15\text{ cm}$  del codo (menos de la mitad de la distancia a la mano). El antebrazo se mantiene en posición horizontal formando un ángulo recto con el brazo, y el bíceps ejerce su fuerza en dirección perpendicular al antebrazo. a) Dibuje un diagrama de cuerpo libre para el antebrazo y determine la fuerza ejercida por el bíceps cuando la mano está vacía. b) Ahora la persona sostiene una pesa de  $80\text{ N}$  en la mano, manteniendo horizontal el antebrazo. Suponga que el centro de gravedad de esta pesa está a  $33\text{ cm}$  del codo. Dibuje un diagrama de cuerpo libre para el antebrazo y determine la fuerza que ahora ejerce el bíceps. Explique por qué el bíceps necesita ser muy fuerte. c) En las condiciones de la parte (b), determine la magnitud y dirección de la fuerza que la articulación del codo ejerce sobre el antebrazo. d) Sosteniendo la pesa de  $80\text{ N}$ , la persona levanta el antebrazo hasta que forma un ángulo de  $53^\circ$  con la horizontal. Si el bíceps sigue ejerciendo su fuerza perpendicularmente al antebrazo, ¿qué magnitud tiene la fuerza cuando el antebrazo está en ésta posición? ¿La fuerza aumentó o disminuyó respecto a su valor en la parte (b)? Explique esto y compruebe su respuesta haciendo la prueba con su propio antebrazo.



**13.** Dos canicas uniformes de  $75\text{ g}$  y  $2\text{ cm}$  de diámetro se apilan como se muestra en la figura, en un recipiente de  $3\text{ cm}$  de anchura. a) Calcule la fuerza que el recipiente ejerce sobre las canicas en los puntos de contacto  $A$ ,  $B$  y  $C$ . b) ¿Que fuerza ejerce cada canica sobre la otra?



**14.** La placa de la figura tiene una masa de  $30\text{ kg}$  y es arrastrada sobre una superficie horizontal con rapidez constante por una fuerza  $\vec{F}$ . El coeficiente de fricción cinética es de  $0.35$ . a) Calcule la magnitud de  $\vec{F}$ . b) Determine el valor de  $h$  con el cual la placa apenas comenzará a volcarse.

**15.** Antes de colocarse en su agujero, un poste uniforme de  $5700\text{ N}$  y  $9\text{ m}$  de longitud forma cierto ángulo distinto de cero con la vertical. Un cable vertical unido  $2\text{ m}$  debajo del extremo superior del poste lo mantiene fijo con su base apoyada en el suelo. a) Calcule la tensión en el cable y la magnitud y dirección de la fuerza ejercida por el suelo sobre el poste. b) ¿Por qué no necesitamos el ángulo que el poste forma con la vertical, en tanto no sea cero?