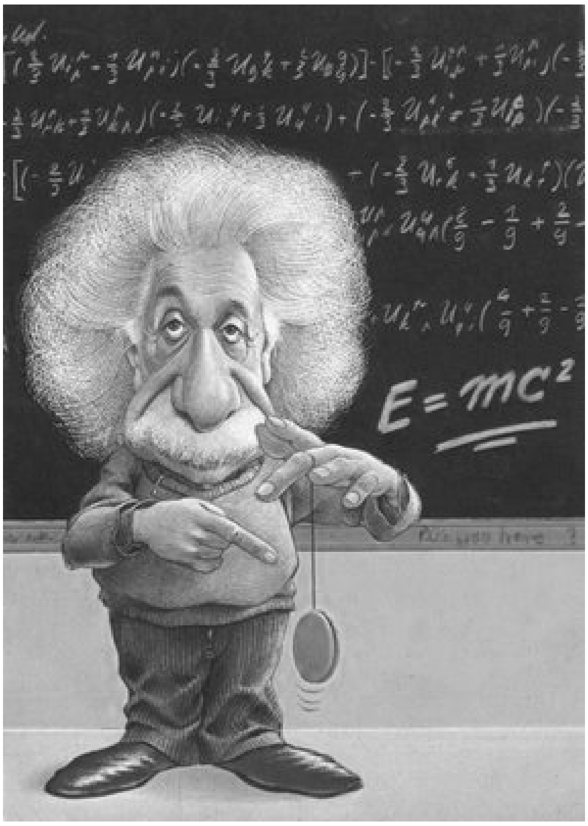
Física General I



Guía de Ejercicios y Problemas

2009

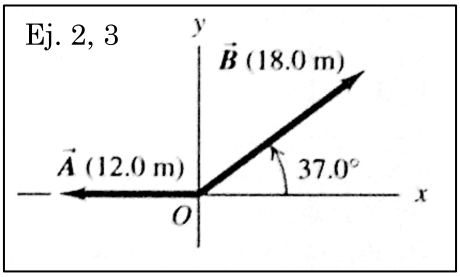
Profesores:

Dr. Diego C. Araneo
Dr. Jorge R. Santos
Lic. Cecilia Fernández Gauna
Lic. Maximiliano Viale

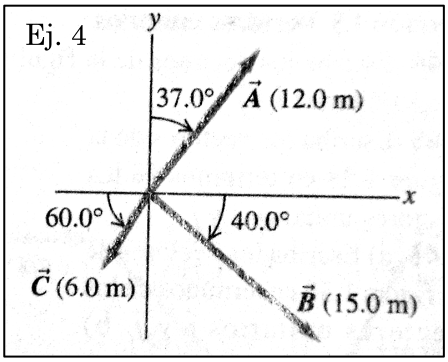
Instituto de Ciencias Básicas
Universidad Nacional de Cuyo

1. Al oír el cascabel de una serpiente usted realiza 2 desplazamientos rápidos de *1.8 m* y *2.4 m*. Haga dibujos a escala aproximada mostrando cómo dichos desplazamientos podrían dar una magnitud resultante de: a) *4.2 m*; b) *0.5 m*; c) *3 m*.

2. Con los vectores $\vec{A}$ y $\vec{B}$ de la figura, use un dibujo a escala para obtener la magnitud y dirección de: a) la resultante $\vec{A}+\vec{B}$; b) la diferencia $\vec{A}-\vec{B}$.



3. Para los vectores $\vec{A}$ y $\vec{B}$ de la figura, obtenga analíticamente la magnitud y dirección de: a) $\vec{A}+\vec{B}$; b) $\vec{B}+\vec{A}$; c) $\vec{A}-\vec{B}$; d) $\vec{B}-\vec{A}$.



4. Calcule las componentes *x* e *y* de los vectores $\vec{A}$, $\vec{B}$ y $\vec{C}$ de la figura.

5. Use un dibujo a escala para obtener las componentes *x* y *y* de los siguientes vectores. Se da I) la magnitud del vector y II) el ángulo que forma con eje +*x*, medido desde el eje +*x* hacia el eje +*y*.
a) Magnitud *9.3 m*, ángulo *60º*
b) Magnitud *22 km*, ángulo *135º*
c) Magnitud *6.35 cm*, ángulo *307º*

6. El vector $\vec{A}$ tiene componente $A_x = 1.30\ cm$, $A_y = 2.25\ cm$; el vector $\vec{B}$ tiene componentes $B_x = 4.10\ cm$, $B_y = -3.75\ cm$. Calcule a) las componentes de la resultante $\vec{A}+\vec{B}$; b) la magnitud y dirección de $\vec{A}+\vec{B}$; c) las componentes del vector diferencia $\vec{B}-\vec{A}$; d) la magnitud y dirección de $\vec{B}-\vec{A}$.

7. Dados dos vectores $\vec{A} = 4\hat{i} + 3\hat{j}$ y $\vec{B} = 5\hat{i} - 2\hat{j}$.
a) Calcule las magnitudes de cada vector
b) Escriba una expresión para $\vec{A}-\vec{B}$ usando vectores unitarios
c) Obtenga la magnitud y dirección de $\vec{A}-\vec{B}$
d) Dibuje un diagrama vectorial que muestre $\vec{A}$, $\vec{B}$ y $\vec{A}-\vec{B}$ y demuestre que coincide con su respuesta (c)

8. a) Obtenga el producto escalar de los vectores $\vec{A}$ y $\vec{B}$ dados en el ejercicio anterior. b) Obtenga el ángulo entre esos dos vectores.

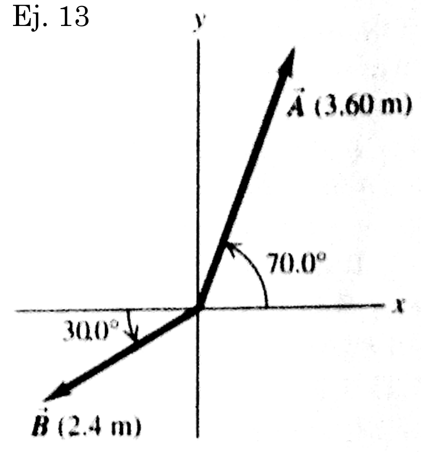
9. Calcule el ángulo entre estos pares de vectores:
a) $\vec{A} = -2\ \hat{i} + 6\ \hat{j}$ y $\vec{B} = 2\ \hat{i} - 3\ \hat{j}$
b) $\vec{A} = 3\ \hat{i} + 5\ \hat{j}$ y $\vec{B} = 10\ \hat{i} + 6\ \hat{j}$
c) $\vec{A} = -4\ \hat{i} + 2\ \hat{j}$ y $\vec{B} = 7\ \hat{i} + 14\ \hat{j}$

10. Para los vectores del Ej. 2, a) obtenga la magnitud y la dirección del producto vectorial $\vec{A} \times \vec{B}$; b) obtenga la magnitud y dirección de $\vec{B} \times \vec{A}$.

11. Obtenga el producto cruz $\vec{A} \times \vec{B}$ (expresado en vectores unitarios o versores) de los vectores del Ej. 7 ¿Qué magnitud tiene el producto vectorial?

12. a) Obtenga la magnitud y dirección de $\vec{R}$, que es la suma de $\vec{A}$, $\vec{B}$ y $\vec{C}$ del Ej. 4. En un diagrama, muestre cómo se forma $\vec{R}$ a partir de los tres vectores. b) Obtenga la magnitud y dirección del vector $\vec{S} = \vec{C} - \vec{A} - \vec{B}$. En un diagrama, muestre como se forma $\vec{S}$ a partir de los tres vectores.

Ej. 13



13. Para los vectores $\vec{A}$ y $\vec{B}$ de la figura,

a) obtenga el producto escalar $\vec{A} \cdot \vec{B}$
b) obtenga el la magnitud y dirección del producto vectorial $\vec{A} \times \vec{B}$

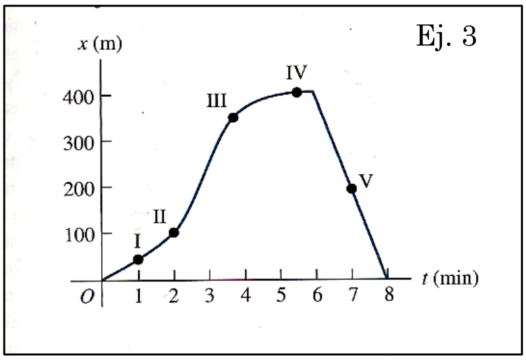
14. Dados los vectores $\vec{A} = -2\hat{\imath} + 3\hat{\jmath} + 4\hat{k}$ y $\vec{B} = 3\hat{\imath} + 1\hat{\jmath} - 3\hat{k}$, a) obtenga la magnitud para la diferencia $\vec{A} - \vec{B}$, empleando vectores unitarios; c) obtenga la magnitud de la diferencia $\vec{A} - \vec{B}$. ¿Es igual que la magnitud $\vec{B} - \vec{A}$? Explique.

15. Dos vectores $\vec{A}$ y $\vec{B}$ tienen magnitudes $A = 3$ y $B = 3$. Su producto vectorial es $\vec{A} \times \vec{B} = 2\hat{\imath} - 5\hat{k}$. ¿Qué ángulo forman $\vec{A}$ y $\vec{B}$?

1. Suponga que usted normalmente conduce por la autopista que va de San Martín a Mendoza con una rapidez media de *105 km/h* y el viaje le toma *2 h 20 min*. Sin embargo, un viernes por la tarde el tráfico le obliga a conducir la misma distancia con una rapidez media de sólo *70 km/h*. ¿Cuánto tiempo más le tardará el viaje?

2. Un Honda Civic viaja en línea recta por la ruta. Su distancia x a un "disco pare" está dada en función del tiempo t por la ecuación $x(t) = \alpha . t^2 - \beta . t^3$, donde $\alpha = 1.5\ m/s^2$ y $\beta = 0.05\ m/s^3$. Calcule la velocidad media del auto para los intervalos: a) $t = 0$ a $t = 2\ s$; b) $t = 0$ a $t = 4\ s$; c) $t = 2$ a $t = 4\ s$.

3. Una profesora de física sale de su casa y camina hacia la universidad. A los *5 min*, comienza a llover y ella regresa a casa. Su distancia con respecto a su casa en función del tiempo se muestra en la figura. ¿En cuál punto rotulado su velocidad es: a) cero? b) constante y positiva? c) de magnitud creciente? d) de magnitud decreciente?



4. Una tortuga camina en línea recta sobre lo que llamaremos eje x con dirección positiva hacia la derecha. La ecuación de la posición de la tortuga en función del tiempo es $x(t) = 50cm + 2\frac{cm}{s}t - 0.0625\frac{cm}{s^2}t^2$. a) Determine la velocidad inicial, posición inicial y aceleración inicial de la tortuga. b) ¿En qué instante t la tortuga tiene velocidad cero? c) ¿Cuánto tiempo después de ponerse en marcha regresa la tortuga al punto de partida? d) ¿En qué instantes t la tortuga está a una distancia de *10 cm* de su punto de partida? ¿Qué velocidad (magnitud y dirección) tiene la tortuga en cada uno de esos instantes? e) Dibuje las gráficas: x-t, v_x-t y a_x-t para el intervalo de $t = 0$ a $t = 40\ s$.

5. Un astronauta salió de la Estación Espacial Internacional para probar un nuevo vehículo espacial. Su compañero mide los siguientes cambios de velocidad, cada uno en un intervalo de *10 s*. Indique la magnitud, el signo y la dirección de la aceleración media en cada intervalo. Suponga que la dirección positiva es a la derecha.

a) Al principio del intervalo, el astronauta se mueve a la derecha sobre el eje x a *15 m/s*, y al final del intervalo se mueve a la derecha a *5 m/s*.

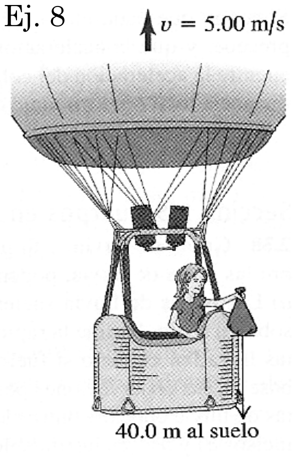
b) Al principio se mueve a la izquierda a *5 m/s* y al final lo hace a la izquierda a *15 m/s*.

c) Al principio se mueve a la derecha a *15 m/s* y al final lo hace a la izquierda a *15 m/s*.

6. En $t = 0$, un automóvil está detenido ante un semáforo. Al encenderse la luz verde, el auto acelera a razón constante hasta alcanzar una rapidez de *20 m/s*, *8 s* después de arrancar. El auto continúa con rapidez constante durante *60 m*. Luego, el conductor ve un semáforo con luz roja en el siguiente cruce y frena a razón constante. El auto se detiene ante el semáforo, a *180 m* de donde estaba en $t = 0$. a) Dibuje las gráficas x-t, v_x-t y a_x-t exactas para el movimiento del auto. b) En un diagrama de movimiento muestre la posición, velocidad y aceleración del auto *4 s* después de que se enciende la luz verde, mientras viaja a rapidez constante y cuando frena.

7. En el instante en que un semáforo se pone en luz verde, un automóvil que esperaba en el cruce arranca con aceleración constante de *3.2* m/s^2. En el mismo instante, un camión que viaja con rapidez constante de *20 m/s* alcanza y pasa al auto. a) ¿A qué distancia de su punto de partida el auto alcanza al camión? b) ¿Qué rapidez tiene el auto en ese momento? c) Dibuje una gráfica *x-t* del movimiento de los dos vehículos, tomando $x = 0$ en el cruce. d) Dibuje una gráfica v_x-t del movimiento de los dos vehículos.

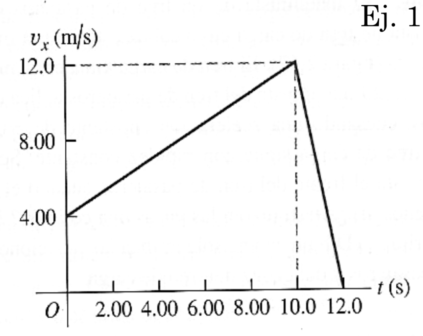
Ej. 8



8. El tripulante de un globo aerostático, que sube verticalmente con velocidad constante de magnitud *5 m/s*, suelta una bolsa de arena cuando el globo está a *40 m* sobre el suelo (ver figura). Después de que se suelta la bolsa está en caída libre. a) Calcule la posición y velocidad de la bolsa a *0.25 s* y *1 s* después de soltarse. b) ¿Cuántos segundos tardará la bolsa en chocar con el suelo después de soltarse? c) ¿Con qué rapidez chocará? d) ¿Qué altura máxima alcanza la bolsa sobre el suelo? e) Dibuje las gráficas a_y-t, v_y-t e y-t para el movimiento.

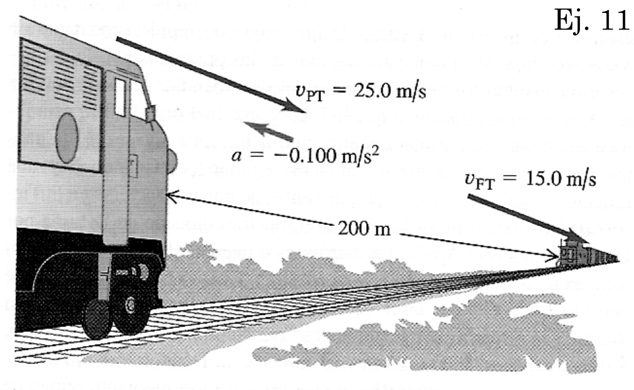
9. Un peñasco es expulsado verticalmente hacia arriba por un volcán, con una rapidez inicial de *40 m/s*. Puede despreciarse la resistencia del aire. a) ¿En qué instante después de ser expulsado el peñasco sube a *20 m/s*? b) ¿En qué instante baja a *20 m/s*? c) ¿Cuándo es cero el desplazamiento con respecto a su posición inicial? d) ¿Cuándo es cero la velocidad del peñasco? e) ¿Qué magnitud y dirección tiene la aceleración cuando el peñasco está: I) Subiendo? II) Bajando? III) En el punto más alto? f) Dibuje las gráficas a_y-t, v_y-t e y-t para el movimiento.

Ej. 10



10. Una gacela corre en línea recta (el eje *x*). En la figura, la gráfica muestra la velocidad de este animal en función del tiempo durante los primeros *12 s*. a) Obtenga la distancia total recorrida y el desplazamiento de la gacela. b) Dibuje una gráfica a_x-t de la gacela en función del tiempo durante los primeros *12 s*.

Ej. 11



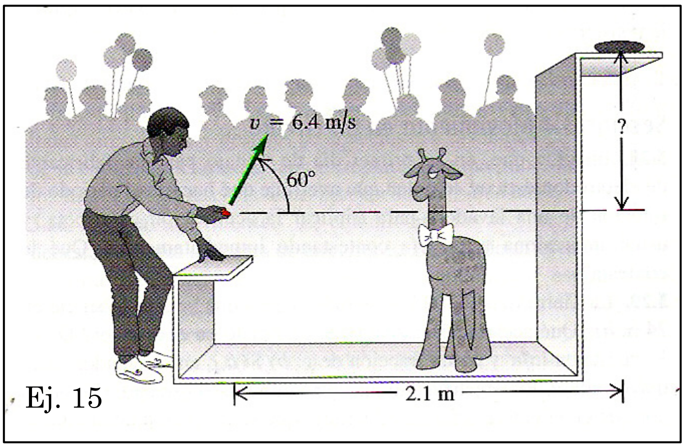
11. El maquinista de un tren de pasajeros que viaja a *25 m/s* avista un tren de carga cuyo cabuz está *200 m* más adelante en la misma vía (ver figura). El tren de carga viaja en la misma dirección a *15 m/s*. El maquinista del tren de pasajeros aplica inmediatamente los frenos, causando una aceleración constante de *–0.1* m/s^2, mientras el tren de carga sigue con rapidez constante. Sea $x = 0$ el punto donde está el frente del tren de pasajeros cuando el maquinista aplica los frenos. a) ¿Atestiguarán las vacas una colisión? b) Si es así, ¿Dónde ocurrirá? c) Dibuje en una sola gráfica las posiciones del frente del tren de pasajeros y del cabuz del tren de carga.

12. Una ardilla tiene coordenadas $(x, y) = (1.1m, 3.4m)$ en $t_1 = 0$ y coordenadas $(5.3\ m, -0.5\ m)$ en $t_2 = 3\ s$. Para este intervalo, obtenga: a) Las componentes de la velocidad media. b) La magnitud y dirección de esta velocidad.

13. Un jet vuela a altitud constante. En el instante $t_1 = 0$, tiene componentes de velocidad $v_x = 90\ m/s$, $v_y = 110\ m/s$. En $t_2 = 30\ s$, las componentes son $v_x = -170\ m/s$, $v_y = 40\ m/s$. a) Dibuje los vectores de velocidad en t_1 y t_2. ¿En qué difieren? b) Para este intervalo, calcule: I) las componentes de la aceleración media, II) la magnitud y dirección de esta aceleración.

14. Un helicóptero militar está en una misión de entrenamiento y vuela horizontalmente con una rapidez de $60\ m/s$ y accidentalmente suelta una bomba (desactivada por suerte) a una altitud de $300\ m$. Puede despreciarse la resistencia del aire. a) ¿Qué tiempo tarda la bomba en llegar al suelo? b) ¿Qué distancia horizontal viaja mientras cae? c) Obtenga las componentes horizontal y vertical de su velocidad justo antes de llegar al suelo. d) Dibuje gráficas x-t, y-t, v_x-t y v_y-t para el movimiento de la bomba. e) ¿Dónde está el helicóptero cuando la bomba toca tierra, si la rapidez del helicóptero se mantuvo constante?

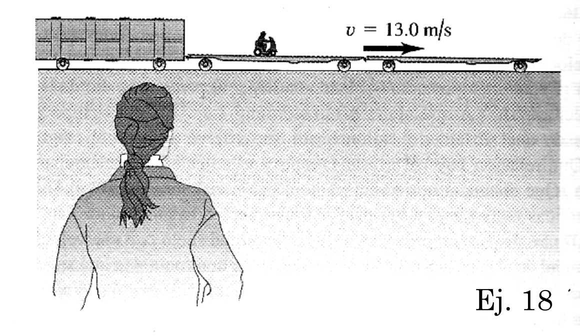
15. En una feria, se gana una jirafa de peluche lanzando una moneda a un platito, el cual está sobre una repisa más arriba del punto en que la moneda sale de la mano y a una distancia horizontal de $2.1\ m$ desde ese punto (ver figura). Si lanza la moneda con velocidad de $6.4\ m/s$, a un ángulo de $60°$ sobre la horizontal, la moneda caerá en el platito. Ignore la resistencia del aire. a) ¿A qué altura está la repisa sobre el punto donde se lanza la moneda? b) ¿Qué componente vertical tiene la velocidad de la moneda justo antes de caer en el platito?



Ej. 15

16. La tierra tiene $6380\ km$ de radio y gira una vez sobre su eje en $24\ h$. a) ¿Qué aceleración radial tiene un objeto en el ecuador? De su respuesta en m/s^2 y como fracción de g. b) Si a_{rad} en el ecuador fuera mayor que g, los objetos saldrían volando hacia el espacio. ¿Cuál tendría que ser el período de rotación para que esto sucediera?

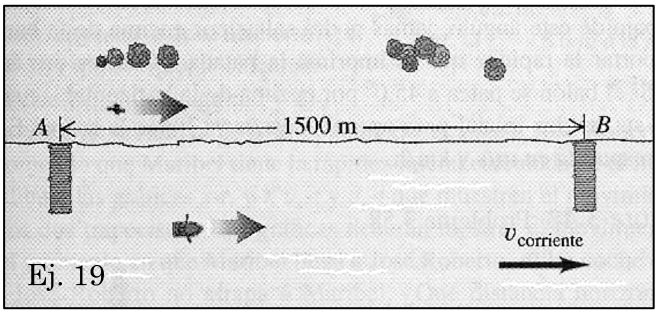
17. Un modelo de rotor de motor de helicóptero tiene cuatro aspas, cada una de $3.4\ m$ de longitud desde el eje central hasta la punta. El modelo se gira en un túnel de viento a $550\ rpm$. a) ¿Qué rapidez lineal tiene la punta del aspa en m/s? b) ¿Qué aceleración radial tiene un aspa, expresada como un múltiplo de la aceleración debida a la gravedad, es decir, g?



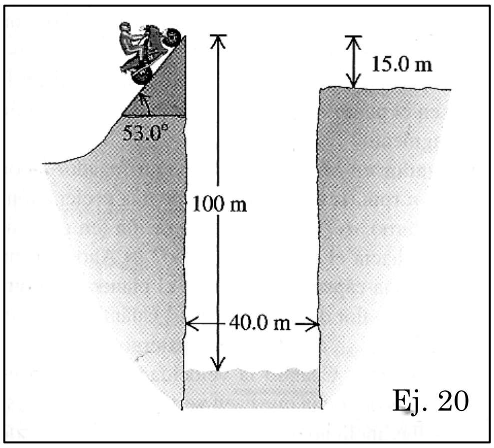
Ej. 18

18. Un vagón abierto de ferrocarril viaja a la derecha con rapidez de *13 m/s* relativa a un observador que está parado en la tierra. Alguien se mueve en motoneta sobre el vagón abierto (ver figura). ¿Qué velocidad (magnitud y dirección) tiene la motoneta relativa al vagón abierto si su velocidad relativa al observador en el suelo es: a) *18 m/s* a la derecha? b) *3 m/s* a la izquierda? c) *0 m/s*?

19. Dos muelles *A* y *B* están situados en un río, *B* está *1500 m* río debajo de *A* (ver la figura). Dos amigos deben ir de *A* a *B* y regresar. Uno rema en un bote con rapidez constante de *4 km/h* relativa al agua, el otro camina por tierra a *4 km/h* constantes. La velocidad del río es *2.8 km/h* en la dirección y sentido de *A* a *B*. ¿Cuánto tardará cada uno en hacer el viaje completo?



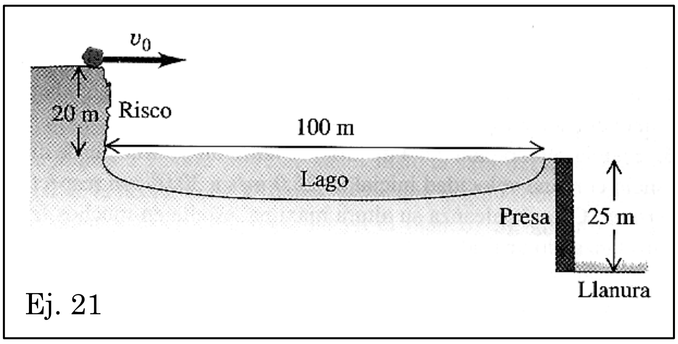
Ej. 19



Ej. 20

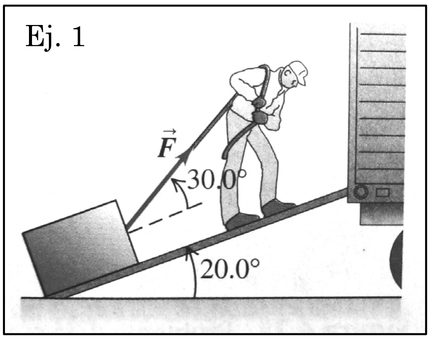
20. Un profesor de física hacía acrobacias audaces en su tiempo libre. Su última acrobacia fue un intento por saltar un río en motocicleta (ver figura). La rampa de despegue está inclinada a 53°, el río tiene 40 m de ancho y la ribera lejana está a 15 m bajo el tope de la rampa. El río está a 100 m debajo de la rampa. Puede despreciarse la resistencia del aire. a) ¿Qué rapidez se necesita en el tope de la rampa para alcanzar apenas el borde de la ribera lejana? b) Si su rapidez era sólo la mitad del valor obtenido en (a), ¿dónde cayó?

21. Un peñasco de *76 kg* está rodando horizontalmente hacia el borde de un acantilado que está *20 m* arriba de la superficie de un lago, como se indica en la figura siguiente. La parte superior de la cara vertical de una represa está a *100 m* del pie del acantilado, al nivel de la superficie del lago. Hay una llanura 25 m debajo del tope de la represa. a) ¿Qué rapidez mínima debe tener la roca al perder contacto con el acantilado para llegar hasta la llanura sin golpear la represa? b) ¿A qué distancia del pie de la represa caerá la roca en la llanura?



Ej. 21

Ej. 1



1. Un hombre arrastra un baúl por la rampa de un camión de mudanzas. La rampa está inclinada *20°* y el hombre tira con una fuerza $\vec{\mathbf{F}}$ cuya dirección forma un ángulo de *30°* con la rampa (ver figura). a) ¿Qué $\vec{\mathbf{F}}$ se necesita para que la componente F_x paralela a la rampa sea *60 N*? b) ¿Qué magnitud tendrá entonces la componente F_y perpendicular a la rampa?

2. ¿Qué fuerza neta se requiere para impartir a un refrigerador de *135 kg* una aceleración de $1.4\ m\ s^{-2}$?

3. Un disco de hockey de *1.16 kg* reposa en el origen ($x = 0$) sobre una cancha horizontal sin fricción. En $t = 0$, un jugador aplica una fuerza al disco, paralela al eje $+x$ y de *0.25 N* de magnitud, luego deja de aplicarla en $t = 2\ s$. a) ¿Qué posición y rapidez tiene el disco en $t = 2\ s$? b) Si se aplica otra vez esa fuerza en $t = 5\ s$, ¿qué posición y rapidez tiene el disco en $t = 7\ s$?

4. Una velocista olímpica puede arrancar con una aceleración caso horizontal de magnitud $15\ m\ s^{-2}$. ¿Qué fuerza horizontal debe aplicar una corredora de *55 kg* a los bloques de salida para producir esa aceleración? ¿Qué cuerpo ejerce la fuerza que impulsa a la corredora: los bloques o ella misma?

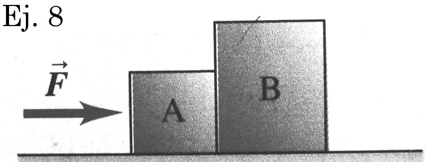
5. Imagine que sostiene un libro que pesa *4 N* en reposo en la palma de su mano. Complete lo siguiente:

a) _________ ejerce una fuerza hacia debajo de magnitud *4 N* sobre el libro.
b) La mano ejerce una fuerza hacia arriba de magnitud ______ sobre _______.
c) ¿La fuerza de (b) es la reacción a la de (a)?
d) La reacción a la fuerza de (a) es una fuerza de magnitud _______ ejercida sobre _________ por _________; su dirección es __________.
e) La reacción a la fuerza de (b) es una fuerza de magnitud _________ ejercida sobre __________ por _________; su dirección es _________.
f) Las fuerzas de (a) y (b) son iguales y opuestas por ______ ley de Newton.
g) Las fuerzas de (b) y (e) son iguales y opuestas por la ______ ley de Newton. Suponga ahora que ejerce una fuerza de *5 N* hacia arriba sobre el libro.
h) ¿Este sigue en equilibrio?

6. Se empuja una botella a lo largo de una mesa y cae por el borde. No desprecie la resistencia del aire. a) ¿Qué fuerzas se ejercen sobre la botella mientras está en el aire? b) ¿Cuál es la reacción a cada fuerza; es decir, qué cuerpo ejerce la reacción y sobre qué cuerpo?

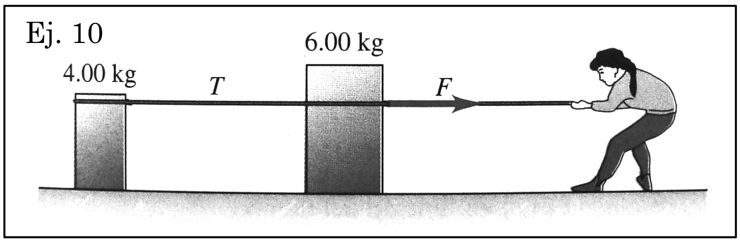
7. La fuerza normal hacia arriba que el piso de un elevador ejerce sobre un pasajero que pesa *650 N* es de *620 N*. ¿Cuáles son las reacciones a estas fuerzas? ¿Está acelerado el pasajero? ¿En qué dirección y qué magnitud tiene ésta aceleración?

Ej. 8



8. Dos cajas *A* y *B*, descansan juntas sobre una superficie horizontal sin fricción (ver figura). Las masas correspondientes son m_A y m_B. Se aplica una fuerza horizontal $\vec{\mathbf{F}}$ a la caja *A* y las dos cajas se mueven hacia la derecha. a) Dibuje los diagramas de cuerpo libre para cada caja. Indique cuales pares de fuerzas, si acaso existieran, son pares de acción-reacción según la tercera ley. b) Si la magnitud de $\vec{\mathbf{F}}$ es menor que el peso total de las dos cajas, ¿hará que se muevan las cajas? Explique.

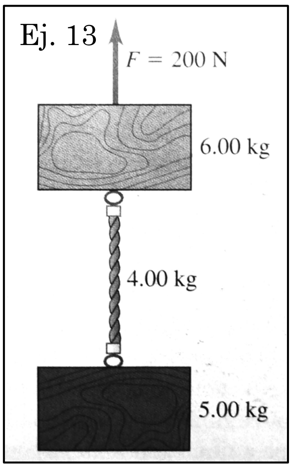
9. Un esquiador de *65 kg* es remolcado cuesta arriba por una ladera nevada con rapidez constante, sujeto a una cuerda paralela al suelo. La pendiente es constante, de 26^o sobre la horizontal, y la fricción es despreciable. a) Dibuje un diagrama de cuerpo libre para el esquiador. b) Calcule la tensión en la cuerda de remolque.



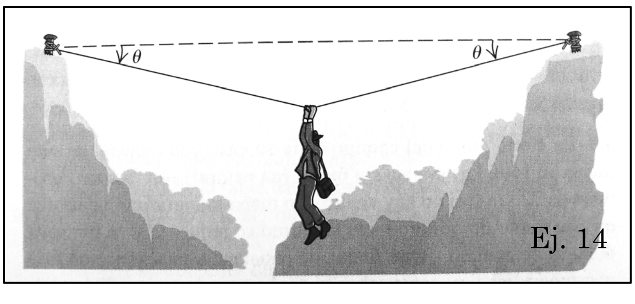
10. Dos cajas, una de *4 kg* y la otra de *6 kg*, descansan en la superficie horizontal sin fricción de un estanque congelado, y están unidas por una soga ligera (ver figura). Una mujer con zapatos especiales para caminar en el hielo le aplica una fuerza horizontal $\vec{\mathbf{F}}$ a la caja de *6 kg*, la cual le genera una aceleración de $2.5\ m\ s^{-2}$. a) ¿Qué aceleración tiene la caja de *4 kg*? b) Dibuje un diagrama de cuerpo libre par la caja de *4 kg* y úselo junto con la segunda ley de Newton para calcular la tensión $\vec{\mathbf{T}}$ en la soga. c) Dibuje un diagrama de cuerpo libre para la caja de *6 kg*. ¿Qué dirección tiene la fuerza neta sobre esta caja? ¿Cuál tiene mayor magnitud, la fuerza $\vec{\mathbf{T}}$ o la $\vec{\mathbf{F}}$? d) Use la parte (c) y la segunda ley de Newton para calcular la magnitud de $\vec{\mathbf{F}}$.

11. Un elevador cargado, cuyos cables están muy desgastados, tiene masa total de *2200 kg*, y los cables aguantan una tensión máxima de *28 N*. a) Dibuje el diagrama de cuerpo libre del elevador. En términos de las fuerzas de su diagrama, ¿qué fuerza neta actúa sobre el elevador? Aplique la segunda ley de Newton al elevador y calcule con qué aceleración máxima puede subir el mismo sin que se rompan los cables. b) ¿Y si el elevador estuviera en la Luna, donde $g = 1.62\ m\ s^{-2}$?

12. Un hombre de *75 kg* se tira desde una plataforma situada *3.1 m* sobre el suelo. Mantiene las piernas rectas al caer pero, al tocar el piso, dobla las rodillas y avanza *0.6 m* más antes de detener su movimiento. a) ¿Qué rapidez tiene al tocar el suelo? b) Tratándolo al hombre como una partícula, ¿con qué aceleración (magnitud y dirección) se frena, si la aceleración se supone constante? c) Dibuje su diagrama de cuerpo libre. En términos de las fuerzas del diagrama, ¿qué fuerza neta actúa sobre él? Use las leyes de Newton y los resultados de la parte (b) para calcular la fuerza media que sus pies ejercen sobre el piso al amortiguar la caída. Exprese la fuerza en N y como múltiplo de su peso.

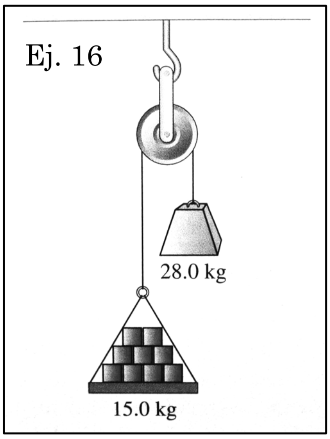


13. Los dos bloques de la figura están unidos por una cuerda gruesa uniforme de *4 kg*. Se aplica una fuerza de *200 N* hacia arriba como se muestra. a) Dibuje un diagrama de cuerpo libre para el bloque de *6 kg*, uno para la cuerda y uno para el bloque de *5 kg*. Para cada fuerza, indique qué cuerpo la ejerce. b) ¿Qué aceleración tiene el sistema? c) ¿Qué tensión hay en la parte superior de la cuerda? ¿Y en su parte media?



14. Un arqueólogo cruza de un risco a otro colgado de una cuerda estirada entre los riscos. Se detiene a la mitad para descansar (ver figura). La cuerda se rompe si su tensión excede *2.5×10⁴ N*, y la masa del arqueólogo es de *90 kg*. a) Si el ángulo θ es de *10º*, calcule la tensión en la cuerda. b) ¿Qué valor mínimo puede tener θ sin que se rompa la cuerda?

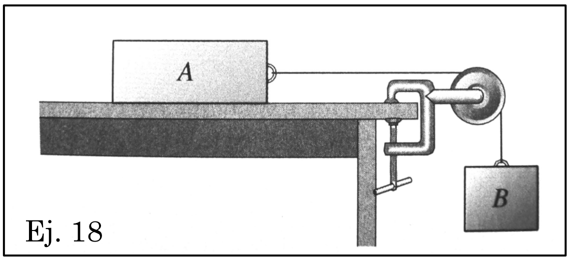
15. Un avión vuela horizontalmente con rapidez constante. Cuatro fuerzas actúan sobre él: su peso $w = mg$; una fuerza hacia adelante $\vec{\mathbf{F}}$ provista por el motor del avión; la resistencia del aire o fuerza de arrastre $\vec{f}$ que actúa en dirección opuesta al vuelo; y una fuerza ascendente de sustentación $\vec{\mathbf{L}}$ provista por las alas, que actúa perpendicular al plano de las alas y a la dirección de vuelo. La fuerza $\vec{f}$ es proporcional al cuadrado de la rapidez. a) Demuestre que $\vec{\mathbf{F}} = \vec{f}$ y $L = w$. b) Suponga que el piloto empuja la palanca de mando del avión para duplicar el valor de $\vec{\mathbf{F}}$, manteniendo una altitud constante. En algún momento, el avión alcanzará una nueva rapidez constante, mayor que la anterior. Compare el nuevo valor de $\vec{f}$ con el anterior. c) ¿Qué tanto mayor que la original es ahora la rapidez del avión?

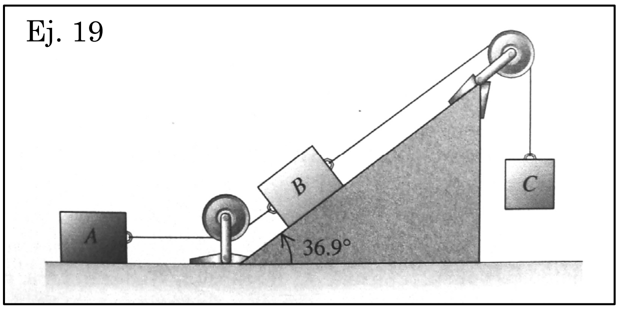


16. Máquina de Atwood. Una carga de *15 kg* de tabiques pende de una cuerda que pasa por una polea pequeña sin fricción y tiene un contrapeso de *28 kg* en el otro extremo (ver figura). El sistema se libera del reposo. a) Dibuje un diagrama de cuerpo libre para la carga y otro para el contrapeso. b) ¿Qué magnitud tiene la aceleración hacia arriba de la carga de tabiques? c) ¿Qué tensión hay en la cuerda mientas la carga se mueve? Compare esa tensión con el peso de la carga y con el contrapeso.

17. Una caja de bananas que pesa *40 N* descansa en una superficie horizontal. El coeficiente de fricción estática entre la caja y la superficie es de *0.4*, y el de fricción cinética, de *0.2*. a) Si no se aplica ninguna fuerza horizontal a la caja en reposo, ¿qué tan grande es la fuerza de fricción ejercida sobre la caja? b) ¿Qué magnitud tiene la fuerza de fricción si un mono aplica una fuerza horizontal de *6 N* a la caja en reposo? c) ¿Qué fuerza horizontal mínima debe aplicar el mono para poner en movimiento la caja? d) ¿Y para que siga moviéndose con velocidad constante una vez que ha comenzado a moverse? e) Si el mono aplica una fuerza horizontal de *18 N*, ¿qué magnitud tiene la fuerza de fricción y que aceleración tiene la caja?

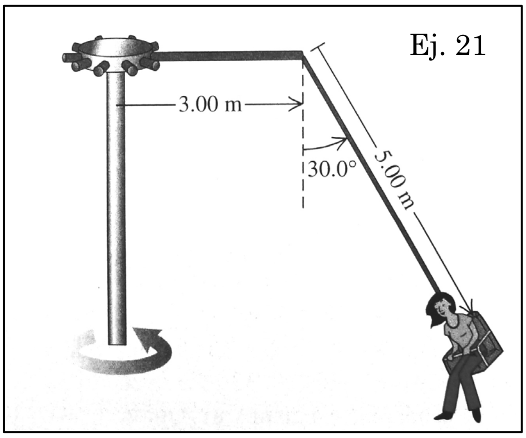
18. Considere el sistema de la figura. El bloque A tiene peso w_A y el B, w_B. Una vez que el bloque se pone en movimiento hacia abajo, desciende con rapidez constante. a) Calcule el coeficiente de fricción cinética entre el bloque A y la mesa. b) Un gato, que también pesa w_A, se queda dormido sobre el bloque A. Si ahora se pone en movimiento hacia abajo el bloque B, ¿qué aceleración (magnitud y dirección) tendrá?





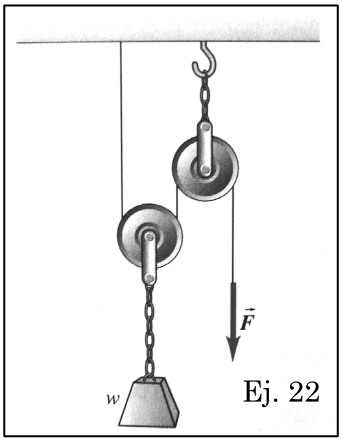
19. Los bloques A, B y C están dispuestos como se indica en la figura y unidos por cuerdas de masa despreciables. Tanto A como B pesan *25 N* cada uno, y el coeficiente de fricción cinética entre cada bloque y la superficie es de *0.35*. El bloque C desciende con velocidad constante. a) Dibuje un diagrama de cuerpo libre que muestre las fuerzas que actúan sobre A, y otro para B. b) Calcule la tensión en la cuerda que une los bloques A y B. c) ¿Cuánto pesa el bloque C? d) Si se cortara la cuerda que une A y B, ¿qué aceleración tendría C?

20. Una piedra de *0.8 kg* se ata a un cordel de *0.9 m*. El cordel se rompe si su tensión excede *600 N*. La piedra se gira en un círculo horizontal sobre una mesa sin fricción; el otro extremo del cordel está fijo. Calcule la rapidez máxima que puede alcanzar la piedra sin romper el cordel.



Ej. 21

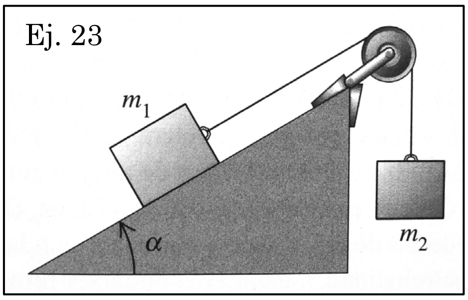
21. El "columpio gigante" de una feria consiste en un eje vertical central con varios brazos horizontales en su extremo superior (ver figura). Cada brazo sostiene un asiento suspendido de un cable de 5 m sujeto al brazo en un punto a *3 m* del eje central. a) Calcule el tiempo de una revolución del columpio si el cable forma un ángulo de *30º* con la vertical. b) ¿El ángulo depende del peso del pasajero para una rapidez de giro dada?



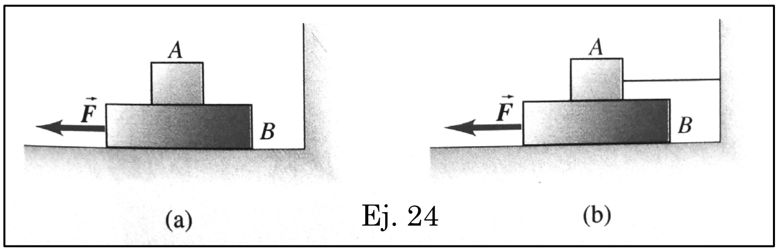
Ej. 22

22. En la figura, un obrero levanta un peso w tirando de una cuerda con una fuerza $\vec{\mathbf{F}}$ hacia abajo. La polea superior está unida al techo con una cadena, y la inferior está unida al peso con otra cadena. En términos de w, determine la tensión en cada cadena y la magnitud de $\vec{\mathbf{F}}$ si el peso sube con rapidez constante. Incluya el o los diagramas de cuerpo libre que usó para obtener sus respuestas. Suponga que los pesos de la cuerda, poleas y cadenas son insignificantes.

23. Un bloque de masa m_1 se coloca en un plano inclinado con ángulo α, conectado a un bloque colgante de masa m_2 mediante un cordel que pasa por una polea pequeña sin fricción (ver figura). Los coeficientes de fricción estática y cinética son μ_s y μ_k. Determine la masa m_2 tal que el bloque de m_1: a) sube y b) baja por el plano con rapidez constante una vez puesto en movimiento. c) ¿En qué intervalo de valores de m_2 los bloques permanecen en reposo si se sueltan del reposo?

Ej. 23


24. El bloque A de la figura pesa *1.2 N*, y el B, *3.6 N*. El coeficiente de fricción cinética entre todas las superficies es de *0.3*. Determine la magnitud de la fuerza horizontal $\vec{\mathbf{F}}$ necesaria para arrastrar el bloque B a la izquierda con rapidez constante: a) si A descansa sobre B y se mueve con él (Fig. a); b) si A no se mueve (Fig. b).

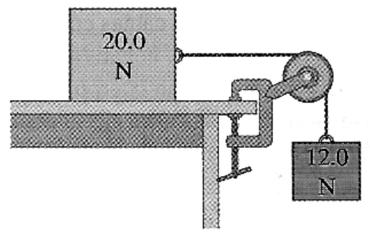


Ej. 24

UNIDAD 4	*Trabajo y Energía*

1. Un obrero empuja horizontalmente una caja de *30 kg* una distancia de *4.5 m* en un piso plano, con velocidad constante. El coeficiente de fricción cinética entre el piso y la caja es de *0.25*. a) ¿De qué magnitud debe ser la fuerza que tiene que aplicar el obrero? b) ¿Cuánto trabajo efectúa dicha fuerza sobre la caja? c) ¿Cuánto trabajo efectúa la fricción sobre la caja? d) ¿Cuánto trabajo realiza la fuerza normal sobre la caja? ¿Y la gravedad? e) ¿Qué trabajo total se efectúa sobre la caja?

2. Dos bloques están conectados por un cordón muy liviano que pasa por una polea sin masa y sin fricción (ver figura). Al viajar a rapidez constante, el bloque de *20 N* se mueve *75 cm* a la derecha y el bloque de *12 N* se mueve *75 cm* hacia abajo. Durante este proceso, ¿Cuánto trabajo efectúa: a) Sobre el bloque de *12 N*, I) la gravedad? II) la tensión en el cordón? b) Sobre el bloque de *20 N*, I) la gravedad? II) la tensión en el cordón? III) la fricción? IV) la fuerza normal? c) Obtenga el trabajo total efectuado sobre cada bloque.



Ej. 2

3. Use el teorema trabajo-energía para resolver los siguientes problemas. Utilice las leyes de Newton para comprobar sus respuestas. Ignore la resistencia del aire en todos los casos.

a) Una rama cae desde la parte superior de una secuoya de *95 m* de altura, partiendo del reposo. ¿Con qué rapidez se mueve justo antes de golpear contra el suelo?

b) Un volcán expulsa una roca directamente hacia arriba *525 m* en el aire. ¿Con qué rapidez se movía la roca justo al salir del volcán?

c) Una esquiadora que se mueve a *5 m/s* llega a una gran zona horizontal de nieve áspera, cuyo coeficiente de fricción cinética con los esquíes es de *0.22*. ¿Qué tan lejos viaja ella sobre esta zona antes de detenerse?

d) Suponga que la zona áspera de c), sólo tiene *2.9 m* de longitud. ¿Con qué rapidez se movería la esquiadora al llegar al final de dicha zona?

e) En la base de una colina congelada sin fricción que se eleva *25°* sobre la horizontal, un trineo tiene una rapidez de *12 m/s* hacia la colina. ¿A qué altura vertical sobre la base llegará antes de detenerse?

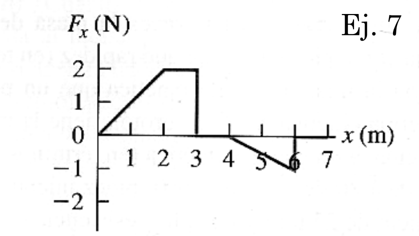
4. Imagine que pertenece a la cuadrilla de rescate andino y debe enviar hacia arriba una caja de suministros por una pendiente de ángulo constante α, de modo que llegue a un esquiador varado que está a una distancia vertical h sobre la base de la pendiente. La pendiente es resbalosa, pero hay cierta fricción presente, cuyo coeficiente cinético es μ_k. Use el teorema trabajo-energía para calcular la rapidez mínima que debe impartir en el empujón inicial, a la caja en la base de la pendiente para que llegue al esquiador. Exprese su respuesta en términos de g, h, μ_k y α.

5. Un bloque de hielo con masa de *2 kg* se desliza *0.75 m* hacia abajo por un plano inclinado a un ángulo de *36.9°* bajo la horizontal. Si el bloque parte del reposo, ¿cuál será su rapidez final? Puede despreciarse la fricción.

6. Una vaca terca intenta salirse del establo mientras usted la empuja cada vez con más fuerza para impedirlo. En coordenadas cuyo origen es la puerta del establo, la vaca camina de $x = 0$ a $x = 6.9\ m$, mientras usted aplica una fuerza con componente *x*: $F_x = -[20N - (3\frac{N}{m})x]$ ¿Cuánto trabajo efectúa sobre la vaca la fuerza que usted aplica durante este desplazamiento?

7. A un automóvil a escala de *2 kg* controlado por radio, se aplica una fuerza $\vec{\mathbf{F}}$ paralela al eje x; mientras el auto se mueve por una pista recta. La componente x de la fuerza varía con la coordenada x del auto, como se indica en la figura adjunta. Calcule el trabajo efectuado por la fuerza $\vec{\mathbf{F}}$ cuando el auto se mueve de:

a) $x = 0$ a $x = 3\ m$
b) $x = 3\ m$ a $x = 4\ m$
c) $x = 4\ m$ a $x = 7\ m$
d) $x = 0$ a $x = 7\ m$
e) $x = 7\ m$ a $x = 2\ m$

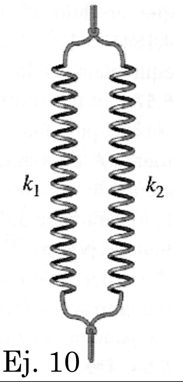


Ej. 7

8. Un albañil ingenioso construye un dispositivo para lanzar ladrillos hacia arriba de la pared donde está trabajando. Se coloca un ladrillo sobre un resorte vertical comprimido con fuerza constante $k = 450\ N/m$ y masa despreciable. Al soltarse el resorte, el ladrillo es empujado hacia arriba. Si un ladrillo con masa de *1.8 kg* debe alcanzar una altura máxima de *3.6 m* sobre su posición inicial, ¿qué distancia deberá comprimirse el resorte? (El ladrillo pierde contacto con el resorte cuando este recupera su longitud no comprimida ¿Por qué?)

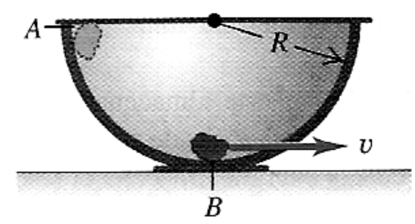
9. Un elevador vacío tiene masa de *600 kg* y está diseñado para subir con rapidez constante una distancia vertical de *22 m* (5 pisos) en *16 s*. Es impulsado por un motor capaz de suministrar *40 hp* al elevador. ¿Cuántos pasajeros como máximo pueden subir en el elevador? *Suponga una masa de 65 kg por pasajero.*

10. Dos resortes están en paralelo si son paralelos entre sí y están conectados en sus extremos (ver figura). Es posible pensar en esta combinación como equivalente a un solo resorte. La constante de fuerza del resorte equivalente se denomina constante de fuerza *efectiva*, k_{efe}, de la combinación. a) Demuestre que la constante de fuerza efectiva de esta combinación es $k_{efe} = k_1 + k_2$. b) Generalice este resultado para *N* resortes en paralelo.



Ej. 10

11. Dos resortes sin masa están conectados en serie cuando se unen uno después del otro, punta con cola. a) Demuestre que la constante de fuerza efectiva de una combinación en serie está dada por: $\frac{1}{k_{efe}} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2}$ (*Sugerencia: para una fuerza dada la distancia total de estiramiento del resorte individual equivalente es la suma de las distancias* *estiradas por los resortes en combinación. Además, cada resorte debe ejercer la misma fuerza, ¿sabe usted por qué?)* b) Generalice este resultado para N resortes en serie.



Ej. 12

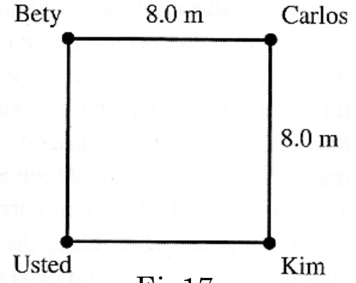
12. Una piedra con masa de *0.2 kg* se libera del reposo en el punto A, en el borde de un tazón hemisférico de radio R = *0.5 m* (ver figura). Suponga que la piedra es pequeña en comparación con R, así que puede tratarse como partícula y suponga que la piedra que la piedra se desliza en vez de rodar. El trabajo efectuado por la fricción sobre la piedra al bajar del punto A al punto B en la base del tazón es de *0.22 J*. a) Entre los puntos A y B, ¿cuánto trabajo es efectuado sobre la piedra por: I) la fuerza normal? II) la gravedad? b) ¿Qué rapidez tiene la piedra al llegar a B? c) De las tres fuerzas que actúan sobre la piedra cuando esta se desliza hacia abajo por el tazón, ¿cuáles (si acaso) son constantes y cuáles no lo son? Explique su respuesta. d) Justo cuando la piedra llega al punto B, ¿cuál es la fuerza normal sobre ella?

13. Una piedrita de *0.12 kg* está atada a un hilo sin masa de *0.8 m* de longitud, formando un péndulo que oscila con un ángulo máximo de *45°* con la vertical. La resistencia del aire es despreciable. a) ¿Qué rapidez tiene la piedra cuando el hilo pasa por la posición vertical? b) ¿Qué tensión hay en el hilo cuando forma un ángulo de *45°* con la vertical? c) ¿Y cuándo pasa por la vertical?

14. Una fuerza de *800 N* estira cierto resorte una distancia de *0.2 m*. a) ¿Qué energía potencial tiene el resorte cuando se estira *0.2 m*? b) ¿Y cuando se comprime *5 cm*?

15. Un queso de *1.2 kg* se coloca en un resorte vertical con masa despreciable y constante de fuerza k = *1800 N/m* que está comprimido *15 cm*. Cuando se suelta el resorte, ¿qué altura alcanza el queso sobre su posición original? *(El queso y el resorte no están unidos).*

16. En un experimento, una de las fuerzas ejercidas sobre un protón es $\vec{\mathbf{F}} = -\alpha x^2 \hat{\mathbf{i}}$, donde $\alpha = 12\dfrac{N}{m^2}$. a) ¿Cuánto trabajo efectúa $\vec{\mathbf{F}}$ cuando el protón se desplaza sobre la recta del punto *(0.1 m, 0)* al punto *(0.1 m, 0.4 m)*? b) ¿Y sobre la recta del punto *(0.1 m, 0)* al punto *(0.3 m, 0)*? c) ¿Y sobre la recta del punto *(0.3 m, 0)* al punto *(0.1 m, 0)*? d) ¿$\vec{\mathbf{F}}$ es una fuerza conservativa? Explique su respuesta. Si $\vec{\mathbf{F}}$ es conservativa ¿cuál es su función de energía potencial? Sea U = *0* cuando $x = 0$.

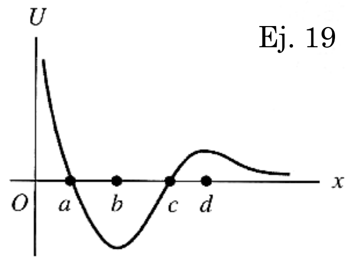


Ej. 17

17. Usted y tres amigos están parados en las esquinas de un cuadrado de *8 m* de lado, en el piso de un gimnasio (ver figura). Toman su libro de física y lo empujan de una persona a otra. La masa del libro es de *1.5 kg* y el coeficiente de fricción cinética entre el libro y el piso es $\mu_k = 0.25$. a) El libro se desliza de usted a Bety y luego de Bety a Carlos a lo largo de las líneas que conectan a estas personas. ¿Qué trabajo realiza la fricción durante este desplazamiento? b) Usted desliza el libro hacia Carlos a lo largo de la diagonal del cuadrado. ¿Qué trabajo realiza la fricción durante este desplazamiento? c) Usted desliza el libro a Kim, quien se lo devuelve. ¿Qué trabajo total realiza la fricción durante este movimiento del libro? d) ¿La fuerza de fricción sobre el libro es conservativa o no conservativa? Explique su respuesta.

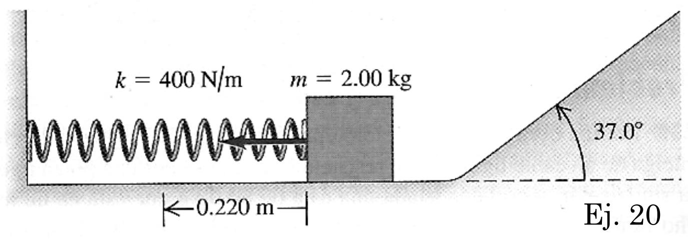
18. Una fuerza paralela al eje *x* actúa sobre una partícula que se mueve sobre el eje *x*. La fuerza produce una energía potencial *U(x)* dada por $U(x) = \alpha x^4$, donde $\alpha = 1.2\frac{J}{m^4}$. ¿Qué magnitud y dirección tiene la fuerza cuando la partícula está en $x = -0.8\ m$?

19. Una canica se mueve sobre el eje *x*. La función de energía potencial se muestra en la figura siguiente. a) ¿En cuál de las coordenadas *x* marcadas es cero la fuerza sobre la canica? b) ¿Cuál de esas coordenadas es una posición de equilibrio estable? c) ¿Y de equilibrio inestable?



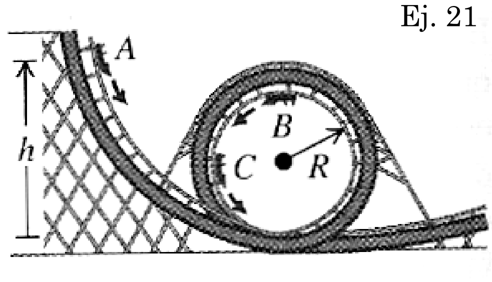
Ej. 19

20. Un bloque de *2 kg* se empuja contra un resorte con masa despreciable y constante de fuerza *k = 400 N/m*, comprimiéndolo *0.22 m*. Al soltarse el bloque, se mueve por una superficie sin fricción que primero es horizontal y luego sube a *37°* (ver figura). a) ¿Qué rapidez tiene el bloque al deslizarse sobre la superficie horizontal después de separarse del resorte? b) ¿Qué altura alcanza el bloque antes de pararse y regresar?



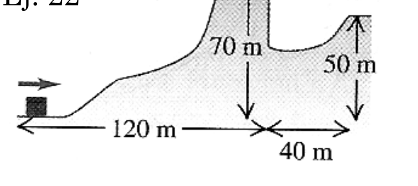
Ej. 20

21. Un carrito de un juego de un parque de diversiones rueda sin fricción por la vía de la figura, partiendo del reposo en *A* a una altura *h* sobre la base rizo. Trate el carrito como partícula. a) ¿Qué valor mínimo debe tener *h* (en términos de *R*) para que el carrito se desplace por el rizo sin caer en la parte superior (el punto *B*)? b) Si *h = 3.5 R* y *R = 20 m*. Calcule la rapidez, aceleración radial y aceleración tangencial de los pasajeros cuando el carrito está en el punto *C*, en el extremo de un diámetro horizontal. Haga un diagrama a escala aproximada de las componentes de la aceleración.

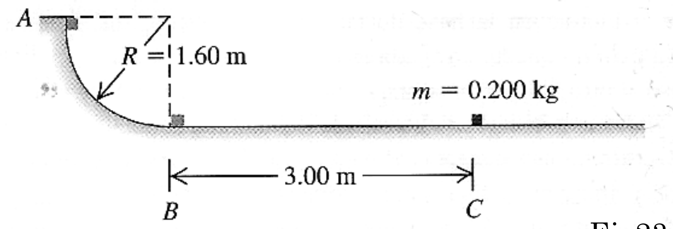


Ej. 21

22. Un bloque de *2.8 kg* que se desliza por la colina cubierta de hielo de la figura siguiente. La cima de la colina es horizontal y está *70 m* más arriba que su base. ¿Qué rapidez mínima debe tener el bloque en la base de la colina para no quedar atrapado en la fosa del otro lado de la colina?

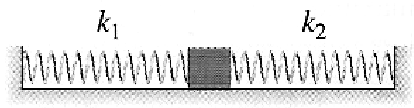
Ej. 22


23. En un puesto de carga de camiones de una oficina de correos, un paquete pequeño de *0.2 kg* se suelta del reposo en el punto *A* de una vía que forma un cuarto de círculo con radio de *1.6 m* (ver figura). El paquete es tan pequeño, relativo a dicho radio, que puede tratarse como partícula. El paquete se desliza por la vía y llega al punto *B* con rapidez de *4.8 m/s*. A partir de aquí el paquete se desliza *3 m* sobre una superficie horizontal hasta el punto *C*, donde se detiene. a) ¿Qué coeficiente de fricción cinética tiene la superficie horizontal? b) ¿Cuánto trabajo realiza la fricción sobre el paquete al deslizarse este por el arco circular entre *A* y *B*?



Ej. 23

24. Un bloque de *3 kg* está unido a dos resortes ideales horizontales, cuyas constantes de fuerza son k_1 = *25 N/cm* y k_2 = *20 N/cm* (ver figura). El sistema está inicialmente en equilibrio sobre una superficie horizontal sin fricción. Ahora el bloque se empuja *15 cm* a la derecha y se suelta del reposo. a) ¿Cuál es la rapidez máxima del bloque? ¿En qué parte del movimiento ocurre la rapidez máxima? b) ¿Cuál es la compresión máxima del resorte *1*?



Ej. 24

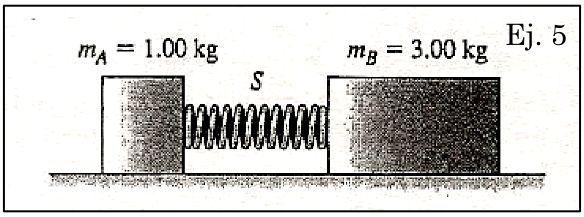
1. a) ¿Que magnitud tiene la cantidad de movimiento de un camión de *10000 kg* que viaja con rapidez de *12 m/s*? b) ¿Con qué rapidez tendría que viajar una vagoneta de *2000 kg* para tener: I) la misma cantidad de movimiento? II) ¿la misma energía cinética?

2. a) Demuestre que la energía cinética K y la magnitud de la cantidad de movimiento p de una partícula de masa m están relacionas por la expresión $K = p^2/2m$. b) Un cardenal de *0.04 kg* y una pelota de béisbol de *0.145 kg* tiene la misma energía cinética. ¿Cuál tiene mayor magnitud de cantidad de movimiento? ¿Cuánto vale el cociente de la magnitud de la cantidad de movimiento del cardenal y de la pelota? c) Un hombre de *700 N* y una mujer de *450 N* tienen la misma cantidad de movimiento. ¿Cuál tiene mayor energía cinética? ¿Cuánto vale el cociente de la energía cinética del hombre y de la mujer?

3. Una pelota de golf de *0.045 kg* se mueve a *9 m/s* en la dirección x, y una de béisbol de *0.145 kg* lo hace a *7 m/s* en la dirección $-y$. ¿Qué magnitud y dirección tiene la cantidad de movimiento total del sistema formado por las dos pelotas?

4. Un bate golpea una pelota de *0.145 kg*. Justo antes del impacto, la bola viaja horizontalmente a la derecha a *50 m/s*, y sale del bate viajando a la izquierda a *65 m/s* con un ángulo de *30°* arriba de la horizontal. Si la pelota y el bate están en contacto durante *1.75 ms*, calcule las componentes horizontal y vertical de la fuerza media que actúa sobre la pelota.

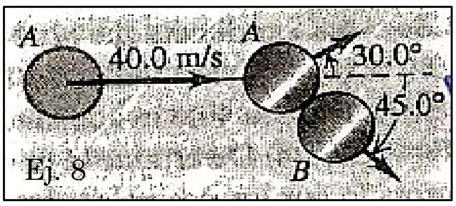
5. El bloque A de la figura tiene una masa de *1 kg*, y el B, de *3 kg*. A y B se juntan a la fuerza, comprimiendo un resorte S entre ellos; luego, el sistema se suelta del reposo en una superficie plana sin fricción. El resorte, de masa despreciable, esta suelto y cae a la superficie después de extenderse. B adquiere una rapidez de *1.2 m/s*. a) ¿Qué rapidez final tiene A? b) ¿Cuánta energía potencial se almacenó en el resorte comprimido?

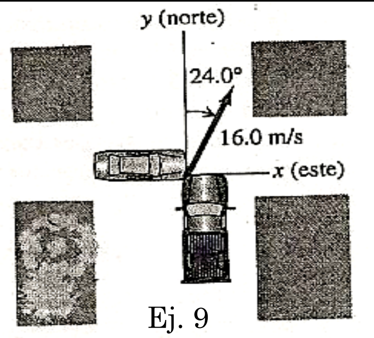


6. Un hombre de *70 kg* está parado en una gran plancha de hielo sin fricción, sosteniendo una roca de *15 kg*. Para salir del hielo, el hombre avienta la roca de modo que adquiere una velocidad relativa a la tierra de *12 m/s*, a *35°* arriba de la horizontal. ¿Qué rapidez tiene el hombre después de lanzar la roca?

7. Luis y Ana patinan juntos a *3 m/s*. Luis insiste en preguntar a Ana cuanto pesa. Molesta, ella se empuja de Luis de modo que se acelera hasta moverse a *4 m/s* y él se frena hasta moverse a *2.25 m/s* en la misma dirección. La fricción, en el sentido físico, es despreciable en este drama. Si Luis pesa *700 N* ¿Cuánto pesa Ana?

8. Un disco de hockey B descansa sobre hielo liso y es golpeado por otro disco, A que viajaba a *40 m/s* y se desvía *30°* respecto a su dirección original. B adquiere una velocidad a *45°* respecto a la velocidad original de A (ver figura). Los discos tienen la misma masa a) Calcule la rapidez de cada uno después del choque. b) ¿Qué fracción de la energía cinética original de A se disipa durante el choque.





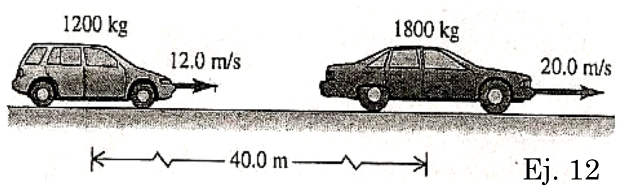
Ej. 9

9. En el cruce de la Avenida Texas y el Paseo Universitario, un auto compacto de *950 kg* que viajaba al este por el Paseo choca una camioneta de *1900 kg* que viajaba al norte por la Avenida Texas y pasó por alto el semáforo (ver figura). Los dos vehículos quedan pegados después del choque, y se deslizan a *16 m/s* en dirección *24°* al este del norte. Calcule la rapidez de cada vehiculo antes del choque. El choque tiene lugar durante una tormenta; las fuerzas de fricción entre los vehículos y el pavimento húmedo son despreciables.

10. Una bala de *5 g* se dispara horizontalmente a un bloque de madera de *1.2 kg* que descansa en una superficie horizontal. El coeficiente de fricción cinética entre el bloque y la superficie es de *0.2*. La bala queda incrustada en el bloque, que se desliza *0.23 m* por la superficie antes de detenerse. ¿Que rapidez tenía la bala inicialmente?

11. Los bloques *A* (masa *2 kg*) y *B* (masa *10 kg*) se mueven en una superficie horizontal sin fricción. En un principio, el bloque *B* está en reposo y el *A* se mueve hacia él a *2 m/s*. Los bloques están equipados con protectores de resorte ideal. El choque es de frente, así que todos los movimientos antes y después del choque están en una línea recta. a) Calcule la energía máxima almacenada en los protectores de resorte y la velocidad de cada bloque en ese momento. b) Calcule la velocidad de cada bloque una vez que se han separado.

12. Una camioneta de *1200 kg* avanza en una autopista recta a *12 m/s*. Otro auto, de masa *1800 kg* y rapidez *20 m/s*, tiene su centro de masa *40 m* adelante del centro de masa de la camioneta (ver figura). a) Determine la posición del centro de masa del sistema formado por los dos vehículos. b) Calcule la magnitud de la cantidad total de movimiento del sistema, a partir de los datos anteriores. c) Calcule la rapidez del centro de masa del sistema. d) Calcule la cantidad de movimiento total del sistema, usando la rapidez del centro de masa. Compare su resultado con el de la parte (b).

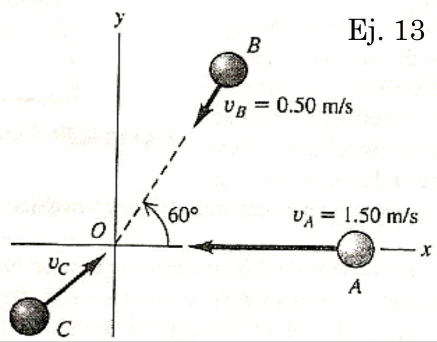


Ej. 12

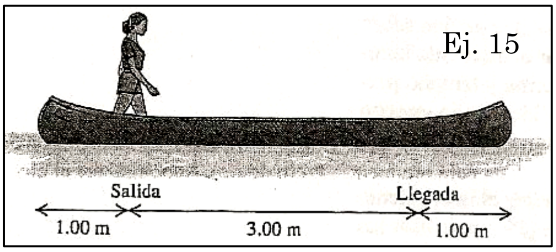
Problemas

13. Las esferas *A*, de *0.02 kg*, *B*, de *0.03 kg* y *C*, de *0.05 kg*, se acercan al origen deslizándose sobre una mesa neumática sin fricción (ver figura). Las velocidades iniciales de *A* y *B* se indican en la figura. Las tres esferas llegan al origen simultáneamente y se pegan. a) ¿Qué componentes *y* y *x* debe tener la velocidad de *C* si después del choque los tres objetos tienen una velocidad de *0.5 m/s* en la dirección *+x*? b) Si C tiene la velocidad obtenida en la parte (a), cómo cambia la energía cinética del sistema de las tres esferas como resultado del choque?

Ej. 13



14. Una esfera de plomo de *20000 kg* cuelga de un gancho atada a un alambre delgado de *3.5 m* de longitud, y puede oscilar en un círculo completo. De repente, un dardo de acero de *5 kg* la golpea horizontalmente, incrustándose en ella. ¿Qué rapidez inicial mínima debe tener el dardo para que la combinación describa un rizo circular completo después del choque?



15. Una mujer de *45 kg* está parada en una canoa de *60 kg* y *5 m* de longitud, y comienza a caminar desde un punto a *1 m* de un extremo hacia un punto a *1 m* del otro extremo (ver figura). Si puede despreciarse la resistencia al movimiento de la canoa en el agua, ¿Qué distancia se mueve la canoa?

16. Un proyectil de *20 kg* se dispara con un ángulo de *60º* sobre la horizontal y rapidez de *80 m/s*. En el cenit de la trayectoria el proyectil estalla en dos fragmentos de igual masa; uno cae verticalmente con rapidez inicial cero. Haga caso omiso de la resistencia del aire. a) ¿A que distancia del punto de disparo cae el otro fragmento si el terreno es plano? b) ¿Cuánta energía se libera en la explosión?

1. Un aspa de ventilador gira con velocidad angular dada por $\omega_z(t) = \gamma - \beta t^2$, donde $\gamma = 5\ rad/s$ y $\beta = 0.8\ rad/s^3$. a) Calcule la aceleración angular en función del tiempo. b) Calcule la aceleración angular instantánea α_z en $t = 3\ s$ y la aceleración angular media $\alpha_{m\text{-}z}$ para el intervalo de $t = 0$ a $t = 3\ s$. ¿Qué diferencia hay entre estas cantidades? Si son diferentes, ¿por qué lo son?

2. Una rueda gira en torno a un eje que está en la dirección del *eje z*. La velocidad angular θ_z es de $-6\ rad/s$ en $t = 0$, aumenta linealmente con el tiempo y es de $8\ rad/s$ en $t = 7\ s$. Hemos considerado positiva la rotación antihoraria. a) ¿La aceleración angular durante este intervalo de tiempo es positiva o negativa? b) ¿Durante qué intervalo de tiempo está aumentando la rapidez de la rueda? ¿Y disminuyendo? c) Determine el desplazamiento angular de la rueda en $t = 7\ s$.

3. Un ventilador eléctrico se apaga, y su velocidad angular disminuye uniformemente de *500 rpm* a *200 rpm* en *4 s*. a) Calcule la aceleración angular en rev/s^2 y el número de revoluciones que el motor giró en el intervalo de *4 s*. b) ¿Cuántos segundos más tardara el motor en parar si la aceleración angular se mantiene constante en el valor calculado en (a)?

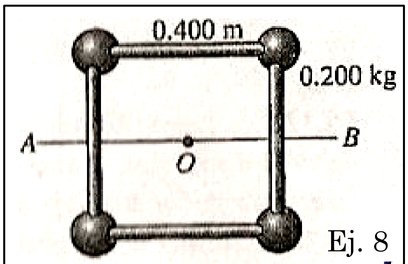
4. En $t = 0$, la velocidad angular de una rueda de afilar era de $24\ rad/s$, y tuvo una aceleración angular constante de $30\ rad/s^2$ hasta que un interruptor de circuito se abrió en $t = 2\ s$. A partir de ese momento, la rueda giro *432 rad* con aceleración angular constante hasta parar. a) ¿Qué ángulo total giró la rueda entre $t = 0$ y el instante en que se detuvo? b) ¿En qué tiempo se detuvo? c) ¿Qué aceleración tenía al irse frenando?

5. El rotor principal de un helicóptero gira en un plano horizontal a *90 rpm*. La distancia entre el centro del eje del rotor y cada punta es de *5 rpm*. Calcule la rapidez de la punta de la hoja en el aire: a) si el helicóptero está en tierra; b) si el helicóptero asciende verticalmente a $4\ m/s$.

6. Un volante de *0.3 m* de radio parte del reposo y acelera con aceleración angular constante de $0.6\ rad/s^2$. Calcule la magnitud de las aceleraciones tangencial y radial, y de la aceleración resultante de un punto en su borde: a) al principio; b) después de girar *60º*; c) después de girar *120º*.

7. En $t = 3\ s$, un punto en el borde de una rueda de *0.2 m* de radio tiene una rapidez tangencial de $50\ m/s$ mientras la rueda se frena con aceleración tangencial de magnitud constante de $10\ m/s^2$. a) Calcule la aceleración angular constante de la rueda. b) Calcule las velocidades angulares en $t = 3$ s y $t = 0$. c) ¿Qué ángulo giró la rueda entre $t = 0$ y $t = 3\ s$? d) ¿En qué instante la aceleración radial es igual a *g*?

8. Cuatro esferas pequeñas, que pueden considerarse como punto con masa de *0.2 kg* cada una, están dispuestas en un cuadrado de *0.4 m* de lado, conectadas por varillas ligeras (ver figura). Calcule el momento de inercia del sistema alrededor de un eje: a) que pasa por el centro de cuadrado, perpendicular a su plano (que pasa por *O* en la figura); b) que bisecta el cuadrado (pasa por la línea *AB* en la figura); c) que pasa por los centros de las esferas superior izquierda e inferior derecha y por el punto *O*.



Ej. 8

9. Una hélice de avión tiene un diámetro de *2.08 m* (de punta a punta) y masa de *117 kg*, y gira a *2400 rpm* alrededor de un eje que pasa por su centro. a) ¿Qué energía cinética rotacional tiene? Trate la hélice como varilla delgada. b) Si no girara, ¿Qué distancia tendría que caer libremente la hélice para adquirir esa energía.

10. El volante de un motor a gasolina debe ceder *500 J* de energía cinética cuando su velocidad angular se reduce de *650 rpm* a *520 rpm*. ¿Qué momento de inercia se requiere?

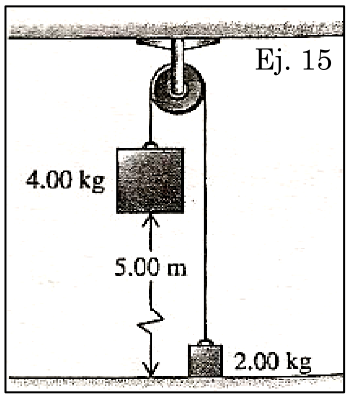
11. Una lámina de acero rectangular delgada tiene lados que miden a y b, y una masa de M. Use el teorema de los ejes paralelos para calcular el momento de inercia de la lámina alrededor de un eje perpendicular al plano de la lámina y que pasa por una esquina.

Problemas

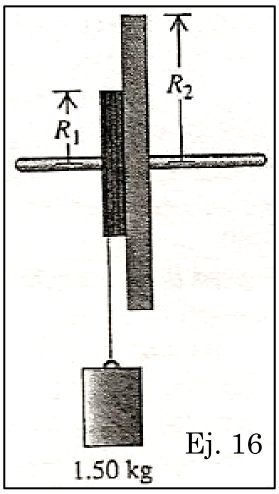
12. El volante de una troqueladora tiene un momento de inercia de $16\ kg\ m^2$ y gira a *300 rpm*, suministrando la energía necesaria para una operación de troquelado rápido. a) Calcule la rapidez en *rpm* que tendrá el volante después de una operación que requiere *400 J* de trabajo. b) ¿Qué potencia constante debe alimentarse al volante (en *watts*) para que recupere su rapidez inicial en *5 s*?

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

14. Un metro de *0.160 kg* pivotea sobre un extremo de modo que puede girar sin fricción alrededor de un eje horizontal. El metro que sostiene en posición horizontal y se suelta. Al pasar por la vertical calcule: a) el cambio de energía potencial gravitacional que ha habido; b) la rapidez angular del metro; c) la rapidez lineal del extremo opuesto del eje. d) Compare la respuesta de la parte (c) con la rapidez de una partícula que ha caído *1 m* desde el reposo.

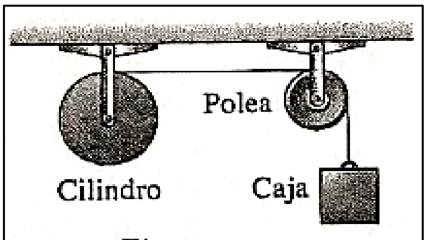


15. La polea de la figura tiene *0.16 m* de radio y su momento de inercia es de $0.48\ kg\ m^2$. La cuerda no resbala en la polea. Use métodos de energía para calcular la rapidez del bloque de *4 kg* justo antes de golpear el piso.



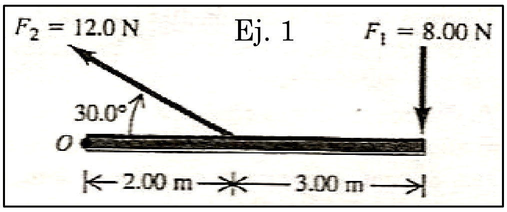
16. Dos discos metálicos, con radios $R_1 = 2.5\ cm$ y $R_2 = 5\ cm$ y masas $M_1 = 0.8\ kg$ y $M_2 = 1.6\ kg$, se sueldan juntos y se montan en un eje sin fricción que pasa por su centro común (ver figura). a) ¿Qué momento de inercia total tienen los discos? b) Un hilo ligero se enrolla en el disco más chico y se cuelga de él un bloque de *1.5 kg*. Si el bloque se suelta del reposo a una altura de *2 m* sobre el piso, ¿Qué rapidez tiene justo antes de golpear el piso? c) Repita la parte (b) pero ahora con el hilo enrollado en el disco grande. ¿En que caso alcanza mayor rapidez el bloque? Explique su respuesta.

17. En la figura siguiente, el cilindro y la polea giran sin fricción en torno a ejes horizontales estacionarios que pasan por su respectivo centro. Se enrolla una cuerda ligera en el cilindro, la cual pasa por la polea y tiene una caja de *3 kg* suspendida de su extremo libre. No hay deslizamiento entre la cuerda y la superficie de la polea. El cilindro uniforme tiene masa de *5 kg* y radio de *40 cm*. La polea es un disco uniforme con masa de *2 kg* y radio de *20 cm*. La caja se suelta desde el reposo y desciende mientras la cuerda se desenrolla del cilindro. Calcule la rapidez que tiene la caja cuando ha caído *1.5 m*.



Ej. 17

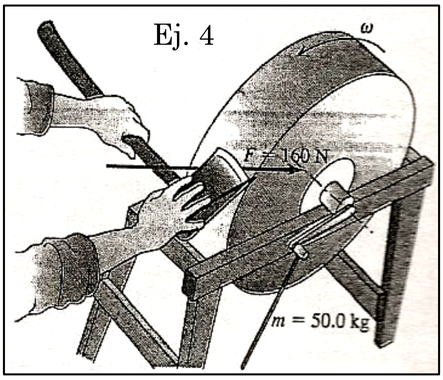
1. Calcule el momento de torsión neto alrededor del punto *O* para las dos fuerzas aplicadas como en la figura. La varilla y las dos fuerzas están en el plano de la página.



2. Una fuerza que actúa sobre una pieza mecánica es de $\vec{\mathbf{F}} = (-5N)\hat{\mathbf{i}} + (4N)\hat{\mathbf{j}}$. El vector del origen al punto de aplicación de la fuerza es $\vec{\mathbf{r}} = (-0.45m)\hat{\mathbf{i}} + (0.15m)\hat{\mathbf{j}}$. a) Haga un dibujo que muestre $\vec{\mathbf{r}}$, $\vec{\mathbf{F}}$ y el origen. b) Use la regla de la mano derecha para determinar la dirección del momento de torsión. c) Calcule el vector de momento de torsión producido por la fuerza. Verifique que la dirección del momento de torsión sea la misma que obtuvo en (b).

3. El volante de un motor tiene momento de inercia de *2.5 kg m²* alrededor de su eje de rotación. a) ¿Qué momento de torsión constante se requiere para que alcance un rapidez angular de *400 rpm* en *8 s*, partiendo del reposo? b) ¿Qué energía cinética final tiene?

4. Una piedra de afilar en forma de disco sólido de *0.52 m* de diámetro y masa de *50 kg* gira a *850 rpm*. Usted presiona un hacha contra el borde de la piedra con una fuerza normal de *160 N* (ver figura), y la piedra se detiene en *7.5 s*. Calcule el coeficiente de fricción entre el hacha y la piedra. Ignore la fricción de los cojinetes.



5. Una piedra cuelga del extremo libre de un cable enrollado en el borde exterior de una polea. La polea es un disco uniforme de *10 kg* y *50 cm* de radio que gira sobre cojinetes sin fricción. Se determina que la piedra recorre *12.6 m* en los primeros *3 s* partiendo del reposo. Calcule a) la masa de la piedra; b) la tensión en el cable.

6. Un casco esférico hueco de *2 kg* rueda sin resbalar bajando una pendiente de *38º*. a) Calcule la aceleración, la fuerza de fricción y el coeficiente de fricción mínimo para que no resbale. b) ¿Cómo cambiarían sus respuestas a la parte (a) si la masa aumentara el doble (*4 kg*)?

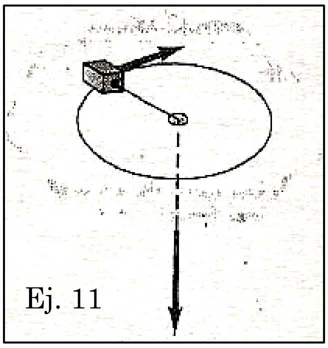
7. Una esfera sólida se suelta del reposo y baja por una ladera que forma un ángulo de *65º* debajo de la horizontal. a) ¿Qué valor mínimo debe tener el coeficiente de fricción estática entre la ladera y la bola para que no haya deslizamiento? b) ¿El coeficiente calculado en la parte (a) bastaría para evitar que una esfera hueca (como un balón de futbol) resbale? Justifique su respuesta. c) En la parte (a), ¿por qué usamos el coeficiente de fricción estática y no el de fricción cinética?

8. Una piedra de afilar de *1.5 kg* con forma de cilindro sólido tiene *0.1 m* de radio. a) ¿Qué momento de torsión constante la llevará del reposo a una rapidez angular de *1200 rpm* en *2.5 s*? b) ¿Qué ángulo habrá girado en ese tiempo? c) Use la ecuación $W = \tau\, \Delta\theta$ para calcular el trabajo efectuado por el momento de torsión. d) ¿Qué energía cinética tiene la piedra al girar *1200 rpm*? Compare esto con el resultado de la parte (c).

9. La hélice de un avión tiene una longitud de *2.08 m* (de punta a punta) y masa de *117 kg*. Al arrancarse, el motor del avión aplica un momento de torsión constante de *1950 N m* a la hélice, que parte del reposo. a) Calcule la aceleración angular de la hélice, tratándola como varilla delgada. b) Calcule la rapidez angular de la hélice después de *5 rev*. c) ¿Cuánto trabajo efectúa el motor durante las primeras *5 rev*? d) ¿Qué potencia media desarrolla el motor durante ese tiempo? e) ¿Qué potencia media instantánea desarrolla el motor en el instante que la hélice ha girado *5 rev*?

10. Una mujer de *50 kg* esta parada en el borde de un disco grande de *110 kg* con radio de *4 m* que gira *0.5 rev/s* alrededor de un eje que pasa por su centro. Calcule la magnitud de la cantidad de movimiento angular total del sistema mujer-disco. (Suponga que la mujer puede tratarse como punto).

11. Un bloque de *0.025 kg* en una superficie horizontal sin fricción esta atado a un cordón sin masa que pasa por un agujero en la superficie (ver figura). El bloque inicialmente esta girando a una distancia de *0.3 m* del agujero, con rapidez angular de *1.75 rad/s*. Ahora se tira del cordón desde abajo, acortando el radio del círculo que describe el bloque a *0.15 m*. El bloque puede tratarse como partícula. a) ¿Se conserva la cantidad de movimiento angular? Explique. b) ¿Qué valor tiene ahora la rapidez angular? c) Calcule el cambio de energía cinética del bloque. d) ¿Cuánto trabajo se efectúo al tirar el cordón?



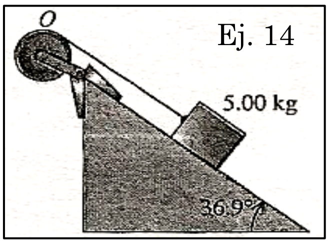
Ej. 11

12. Una tornamesa de madera de *120 kg* con forma de disco plano tiene *2 m* de radio y gira inicialmente alrededor de un eje vertical que pasa por su centro con rapidez angular de *3 rad/s*. De repente, un paracaidista de *70 kg* se posa sobre la tornamesa en un punto cerca del borde. a) Calcule la rapidez angular de la tornamesa después que el paracaidista se posa sobre ella (suponga que el paracaidista puede tratarse como una partícula). b) Calcule la energía cinética del sistema antes y después de la llegada del paracaidista. ¿Por qué no son iguales estas energías?

13. Una barra metálica delgada uniforme, de *2 m* de longitud y con un peso de *90 N*, cuelga verticalmente del techo en un pivote sin fricción colocado en el extremo superior. De repente, una pelota de *3 kg*, que viaja inicialmente a *10 m/s* en dirección horizontal, golpea a la barra *1.5 m* abajo del techo. La pelota rebota en dirección opuesta con rapidez de *6 m/s*. a) Calcule la rapidez angular de la barra inmediatamente después del choque. b) Durante el choque, ¿por qué se conserva la cantidad de movimiento angular pero no la lineal?

Problemas

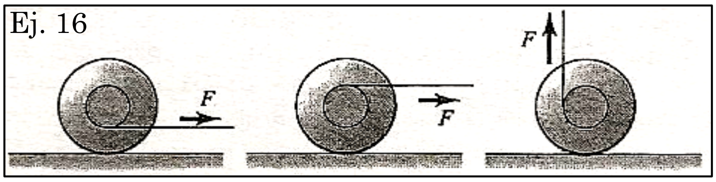
14. Un bloque de masa *m = 5 kg* baja deslizándose por una superficie inclinada *36.9º* respecto a la horizontal (ver figura). El coeficiente de fricción cinética es *0.25*. Un hilo atado al bloque está enrollado en un volante de *25 kg* y con su eje fijo en *O* y momento de inercia respecto al eje de *0.5 kg m²*. El hilo tira sin resbalar a una distancia perpendicular de *0.2 m* respecto a ese eje. a) ¿Qué aceleración tiene el bloque? b) ¿Qué tensión hay en el hilo?

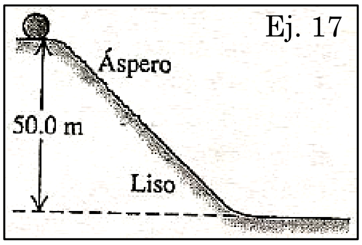


Ej. 14

15. Una canica sólida uniforme de radio *r* parte del reposo con su centro de masa a una altura h sobre el punto mas bajo de una pista con rizo de radio *R*. La canica rueda sin resbalar. La fricción de rodamiento y la resistencia del aire son despreciables. a) ¿Qué valor mínimo debe tener *h* para que la canica no se salga de la pista en la parte superior del rizo? (*Nota: r no es despreciable en comparación con R*) b) ¿Qué valor debe tener *h* si la pista está bien lubricada, haciendo despreciable la fricción?

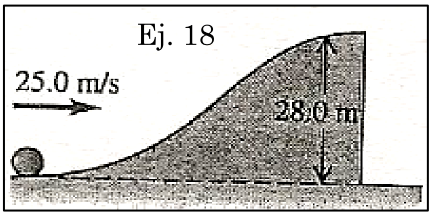
16. La figura muestra tres yoyos idénticos que inicialmente están en reposo en una superficie horizontal. Se tira del cordel de cada uno en la dirección indicada. Siempre hay suficiente fricción para que yoyo ruede sin resbalar. Dibuje un diagrama de cuerpo libre para cada yoyo. ¿En qué dirección girara cada uno? Explique sus respuestas.



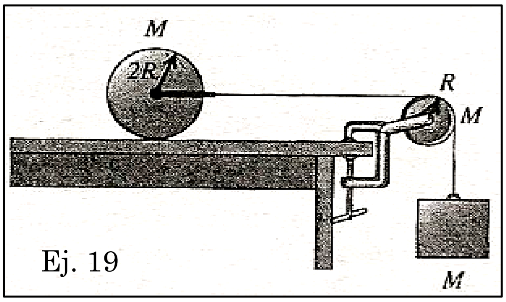


17. Un peñasco esférico, sólido y uniforme, parte del reposo y baja rodando por la ladera de una colina de *50 m* de altura (ver figura). La mitad superior de la colina es lo bastante áspera como para que el peñasco ruede sin resbalar, pero la mitad inferior esta cubierta de hielo y no hay fricción. Calcule la rapidez de traslación del peñasco al llegar al pie de la colina.

18. Una esfera sólida uniforme rueda sin resbalar subiendo una colina, como se muestra en la figura. En la cima, se está moviendo horizontalmente y después se cae por un acantilado vertical. a) ¿A qué distancia del pie del acantilado cae la esfera y con qué rapidez se está moviendo justo antes de tocar el suelo? b) Observe que, al tocar tierra la esfera, tiene mayor rapidez trasnacional que cuando estaba en la base de la colina. ¿Implica esto que la esfera obtuvo energía de algún lado? Explique.



19. Un cilindro sólido uniforme de masa M y radio $2R$ descansa en una mesa horizontal. Se ata un hilo mediante un yugo a un eje sin fricción que pasa por el centro del cilindro de modo que éste puede girar sobre el eje. El hilo pasa por una polea con forma de disco de masa M y radio R montada en un eje sin fricción que pasa por su centro. Un bloque de masa M se suspende del extremo libre del hilo (ver figura). El hilo no resbala en la polea, y el cilindro rueda sin resbalar sobre la mesa. Si el sistema se libera del reposo ¿Qué aceleración hacia abajo tendrá el bloque?

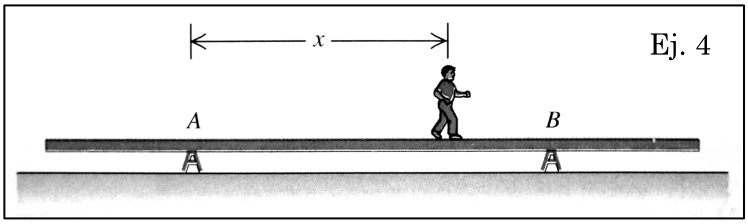


UNIDAD 8 *Equilibrio de cuerpos rígidos*

1. Una escotilla uniforme de *300 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.

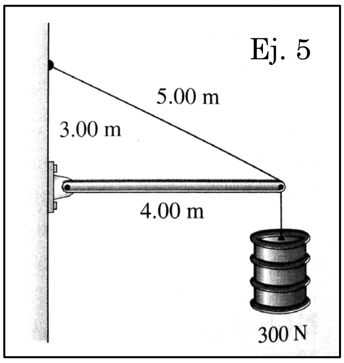
2. Dos personas llevan una tabla uniforme horizontal de *3 m* de longitud que pesa *160 N*. Si una persona aplica una fuerza hacia arriba de *60 N* en un extremo, ¿en qué punto sostiene la tabla la otra persona?

3. Una escalera uniforme de *5 m* de longitud que pesa *160 N* descansa contra una pared vertical sin fricción con su base a *3 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 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 m* a lo largo de la escalera? c) ¿Hasta dónde puede trepar el hombre entes de que la escalera resbale?



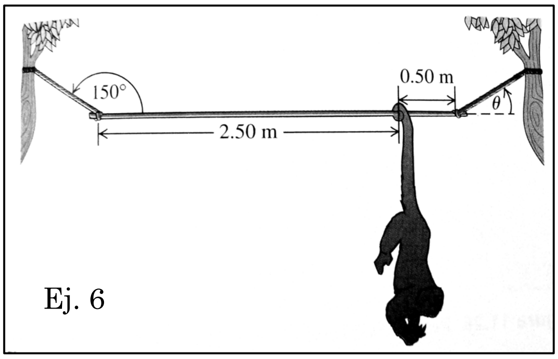
Ej. 4

4. Una viga uniforme de aluminio de *9 m* de longitud pesa *300 N* y descansa simétricamente en dos apoyos separados *5 m* (ver figura). Un niño que pesa *600 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 cm = 100 N* verticalmente y *1 cm = 1 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?



Ej. 5

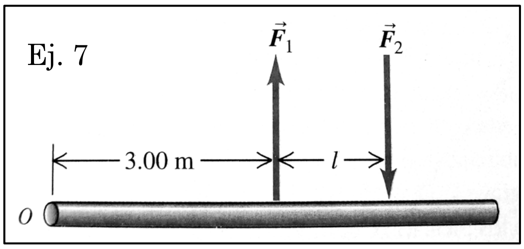
5. La viga horizontal de la figura pesa *150 N*, y su centro de gravedad está en su centro. Calcule: a) La tensión en el cable, b) Las componentes horizontal y vertical de la fuerza ejercida por la pared sobre la viga.



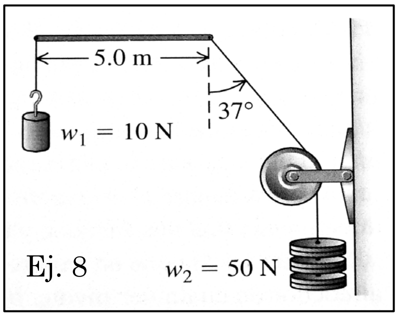
Ej. 6

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

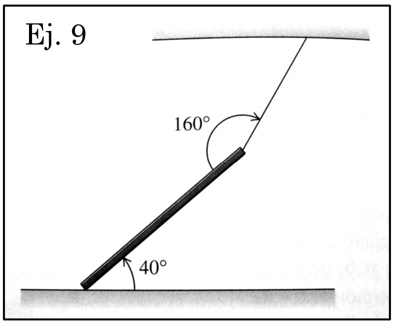
7. Dos fuerzas de igual magnitud y dirección opuesta que actúan sobre un objeto en dos puntos distintos forman un “par”. Dos fuerzas antiparalelas de magnitud $F_1 = F_2 = 800\ N$ se aplican a una viga como se muestra en la figura. a) ¿Qué distancia *l* debe haber entre las fuerzas para que produzcan un momento de torsión neto de *6.4 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 $\vec{\mathbf{F}}_2$.



Problemas

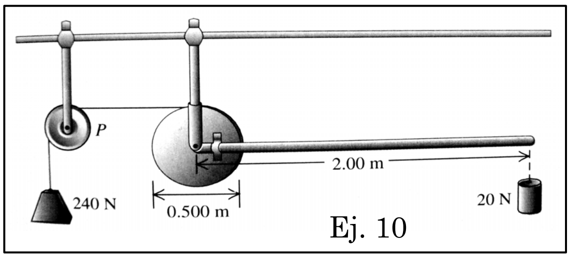


8. Se debe aplicar una sola fuerza adicional a la barra de la figura para mantenerla en equilibrio en la posición mostrada. Puede despreciarse el peso de la barra. a) Calcule las componentes vertical y horizontal de la fuerza requerida. b) ¿Qué ángulo debe formar ésta fuerza con la barra? c) ¿Qué magnitud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

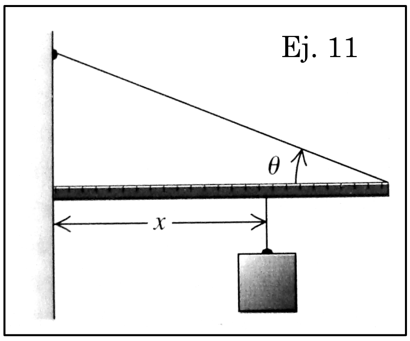


9. Una viga uniforme de *250 kg* se sostiene con un cable unido al techo, como muestra la figura. El extremo inferior de la viga descansa en el piso. a) Calcule la tensión en el cable. b) ¿Qué coeficiente de fricción estática mínimo debe haber entre la viga y el piso para que la viga permanezca en ésa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

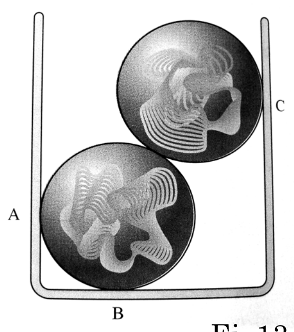
10. Un disco circular de *0.5 m* de diámetro que pivotea en torno a un eje horizontal que pasa por su centro, tiene un cordón enrollado en su borde. El cordón pasa por una polea sin fricción *P* y está unido a un objeto que pesa *240 N*. Una varilla uniforme de *2 m* de longitud se sujeta al disco, con 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 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 θ 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 θ si el metro debe permanecer en equilibrio? b) Sea $\theta = 15°$. 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 $\theta = 15°$, ¿qué valor debe tener μ_e para que el bloque pueda suspenderse a x = *10 cm* del extremo izquierdo del metro sin que éste resbale?

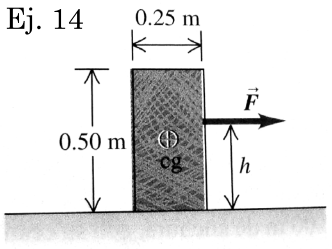


12. En el brazo humano, el antebrazo y la mano pivotean en torno a la articulación del codo. Consideremos un modelo simplificado en donde el músculo bíceps está unido al antebrazo a *3.8 cm* del codo. Supondremos que la mano y el antebrazo juntos pesan *15 N* y que su centro de gravedad está a *15 cm* 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 N* en la mano, manteniendo horizontal el antebrazo. Suponga que el centro de gravedad de esta pesa está a *33 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 N*, la persona levanta el antebrazo hasta que forma un ángulo de *53º* 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.



Ej. 13

13. Dos canicas uniformes de *75 g* y *2 cm* de diámetro se apilan como se muestra en la figura, en un recipiente de *3 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?

Ej. 14


14. La placa de la figura tiene una masa de *30 kg* y es arrastrada sobre una superficie horizontal con rapidez constante por una fuerza $\vec{\mathbf{F}}$. El coeficiente de fricción cinética es de *0.35*. a) Calcule la magnitud de $\vec{\mathbf{F}}$. 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 N* y *9 m* de longitud forma cierto ángulo distinto de cero con la vertical. Un cable vertical unido *2 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?

UNIDAD 9	*Gravitación*

1. Un satélite de *2150 kg* empleado en una red de teléfonos celulares está en una órbita circular a una altura de *780 km* sobre la superficie terrestre. ¿Qué fuerza gravitacional actúa sobre él? ¿Qué fracción es ésta de su peso en la superficie?

2. Una nave interplanetaria pasa por el punto en el espacio en el que se cancelan exactamente las fuerzas gravitacionales que el Sol y la Tierra ejercen sobre la nave. a) ¿A qué distancia del centro de la Tierra está la nave? b) ¿Qué sucede, si sucede algo, cuando la nave pasa por el punto descrito en (a). Explique. *Nota: La distancia media entre la Tierra y el Sol es de* 1.50×10^{11} *m, mientras que las masas de la Tierra y el Sol son respectivamente* 5.97×10^{24} *kg y* 1.99×10^{30} *kg.*

3. Cuatro masas idénticas de *800 kg* cada una se colocan en las esquinas de un cuadrado que mide *10 cm* por lado. ¿Qué fuerza gravitacional neta (magnitud y dirección) actúa sobre una de las masas, debida a las otras tres?

4. La masa de Venus es el *81.5%* de la de la Tierra, y su radio es el *94.9%* del de la Tierra. a) Calcule la aceleración debida a la gravedad en la superficie de Venus con estos datos. b) ¿Cuánto pesa una roca de *5 kg* en la superficie de Venus?

5. Las estrellas de neutrones, como la que está en el centro de la nebulosa del Cangrejo, tienen aproximadamente la misma masa que el Sol pero un diámetro mucho más pequeño. Si una persona pesa *675 N* en la Tierra, ¿cuánto pesaría en la superficie de una estrella de neutrones que tiene la misma masa que el Sol y un diámetro de *20 km*?

6. Cierto satélite de comunicaciones en órbita atrae a la Tierra con una fuerza de *19 kN*, y la energía potencial gravitacional Tierra-satélite (relativa a cero a una separación infinita) es de -1.39×10^{11} *J*. a) Calcule la altura del satélite sobre la superficie terrestre. b) Determine la masa del satélite.

7. Calcule la rapidez de escape de una nave: a) de la superficie de Marte; b) de la superficie de Júpiter. c) ¿Por qué la rapidez de escape de la nave es independiente de su masa?
Nota: La masa y el radio de Marte y Júpiter son respectivamente: 6.42×10^{23} *kg,* 1.90×10^{27} *kg,* 3.40×10^{6} *m y* 6.91×10^{7} *m.*

8. Un satélite terrestre se mueve en una órbita circular con rapidez orbital de *6200 m/s*. a) Calcule su período. b) Calcule la aceleración radial del satélite en su órbita.

9. Se desea colocar un satélite en órbita circular *780 km* sobre la superficie terrestre, ¿qué rapidez orbital se le debe impartir?

10. Suponga que la órbita de la Tierra en torno al Sol es circular. Use el radio y el período orbitales de la Tierra para calcular la masa del Sol. *Nota: El radio y el período orbitales de la Tierra son respectivamente:* 1.50×10^{11} *m y 365.3 días.*

Problemas

11. Se realiza un experimento en el espacio lejano con dos esferas uniformes, una de *25 kg* y la otra de *100 kg*. El radio de las dos esferas es el mismo, $r = 0.2$ *m*. Las esferas se sueltan del reposo con sus centros separados *40 m*, y aceleran una hacia la otra por su atracción gravitacional mutua. (Haga caso omiso de todas las demás fuerzas gravitacionales) a) Explique por qué se conserva la cantidad de movimiento lineal. b) Cuando sus centros están separados *20 m*; I) ¿qué rapidez tiene cada esfera? II) ¿con qué magnitud de velocidad relativa se acerca una esfera a la otra? c) ¿A qué distancia de la posición inicial del centro de la esfera de *25 kg* chocan las superficies de las dos esferas?

12. Suponga que la órbita de la Luna es circular. A partir del periodo orbital observado de *27.3 días*, calcule la distancia de la Luna al centro de la Tierra. Suponga que los movimientos de la Luna sólo están determinados por la fuerza gravitacional que la Tierra ejerce sobre ella, y use la masa de la Tierra dada en el *ejercicio 2.*

13. Muchos satélites se mueven en un círculo en el plano ecuatorial de la Tierra y están a tal altura que siempre permanecen sobre el mismo punto. a) Determine la altura de estos satélites sobre la superficie terrestre (Decimos que una órbita así es geosincrónica). b) Explique, con un dibujo, por qué las señales de éstos satélites no pueden llegar directamente a receptores terrestres situados a más de *81.3º* de latitud norte.

14. a) Los asteroides tienen densidades medias del orden de $2500\ kg/m^3$ y radios desde *470 km* hasta menos de *1 km*. Suponiendo que un asteroide tiene una distribución esféricamente simétrica de masa, estime el radio del asteroide más grande del que podría escapar con sólo saltar. *Sugerencia: Puede estimar su rapidez de salto relacionándola con la altura máxima que puede saltar en la Tierra.* b) Europa, una de las cuatro lunas grandes de Júpiter, tiene un radio de *1570 km*. La aceleración debida a la gravedad en su superficie es de $1.33\ m/s^2$. Calcule su densidad media.

15. Hay dos ecuaciones para calcular el cambio en la energía potencial gravitacional U del sistema de una masa m y la Tierra. Una es $U = mgy$ y la otra es $U = -\frac{Gm_T m}{r}$. La primera sólo es correcta si la fuerza gravitacional es constante dentro del cambio de altura Δy. La segunda siempre es correcta. En realidad, la fuerza gravitacional nunca es exactamente constante dentro de ningún cambio de altura pero, si la variación es pequeña, podemos despreciarla. Considere la diferencia en U entre una masa en la superficie terrestre y a una distancia h arriba de ella usando ambas ecuaciones, y determine el valor de h con el que la primer ecuación tiene un error de *1%*. Exprese h como una fracción del radio de la Tierra y también como valor numérico.

UNIDAD 10	*Movimiento oscilatorio*

1. En un laboratorio de física, se conecta un deslizador de riel de aire de *0.2 kg* al extremo de un resorte ideal de masa despreciable y se pone a oscilar. El tiempo entre la primera vez que el deslizador pasa por la posición de equilibrio y la segunda vez que pasa por ese punto es de *2.6 s*. Determine la constante de fuerza del resorte.

2. Un oscilador armónico tiene una masa de *0.5 kg* y un resorte ideal con $k = 140\ N/m$. Calcule: a) el período; b) la frecuencia; c) la frecuencia angular.

3. Un bloque de *2 kg*, que se desliza sin fricción, se conecta a un resorte ideal con $k = 300\ N/m$. En $t = 0$, el resorte no está estirado ni comprimido y el bloque se mueve en la dirección negativa a *12 m/s*. Calcule: a) la amplitud; b) el ángulo de fase. c) Escriba una ecuación para la posición en función del tiempo.

4. El desplazamiento en función del tiempo de una masa de *1.5 kg* en un resorte está dado por la ecuación $x(t) = (7.4cm)\cos[(4.16s^{-1})t - 2.42]$. Calcule: a) el tiempo que tarda una vibración completa; b) la constante de fuerza del resorte; c) la rapidez máxima de la masa; d) la fuerza máxima que actúa sobre la masa; e) la posición, rapidez y aceleración de la masa en $t = 1\ s$, y la fuerza que actúa sobre la masa en ese momento.

5. Un oscilador armónico tiene frecuencia angular ω y amplitud A. a) Calcule la magnitud del desplazamiento y de la velocidad cuando la energía potencial elástica es igual a la energía cinética. *Suponga que* $U = 0$ *en el equilibrio*. b) ¿Cuántas veces sucede eso en cada ciclo? ¿Cada cuánto sucede? c) En un instante en que el desplazamiento es igual a $A/2$, ¿qué fracción de la energía total del sistema es cinética y qué fracción es potencial?

6. Un objeto se mueve en MAS. Cuando está desplazado *0.6 m* a la derecha de su posición de equilibrio, tiene una velocidad de *2.2 m/s* a la derecha y una aceleración de $8.4\ m/s^2$ a la izquierda. ¿A qué distancia de este punto se desplazará el objeto antes de detenerse momentáneamente para iniciar su movimiento a la izquierda?

7. Imagine que quiere determinar el momento de inercia de una pieza mecánica complicada, respecto a un eje que pasa por su centro de masa, así que la cuelga de un alambre a lo largo de ese eje. El alambre tiene una constante de torsión de *0.45 N m/rad*. Usted gira un poco la pieza alrededor del eje y la suelta, cronometrando *125 oscilaciones* en *265 s*. ¿Cuánto vale el momento de inercia buscado?

8. Se tira de un péndulo simple de *0.24 m* de longitud para moverlo *3.5º* a un lado y se suelta. a) ¿Cuánto tarda la pesa del péndulo en alcanzar su rapidez máxima? b) Cuánto tarda si el ángulo es de *1.75º* en vez de *3.5º*?

9. Después de posarse en un planeta desconocido, un explorador espacial construye un péndulo simple con longitud de *50 cm* y determina que efectúa *100 oscilaciones* completas en *136 s*. ¿cuánto vale g en ese planeta?

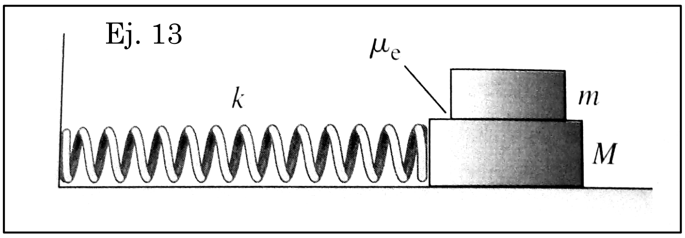
10. Queremos colgar un aro delgado de un clavo horizontal y hacer que tenga una oscilación completa con ángulo pequeño una vez cada *2 s*. ¿Qué radio debe tener el aro?

11. Una llave inglesa de *1.8 kg* está pivotada a *0.25 m* de su centro de masa y puede oscilar como péndulo físico. El periodo para oscilaciones de ángulo pequeño es de *0.94 s*. a) ¿Qué momento de inercia tiene la llave respecto a un eje que pasa por el pivote? b) Si la llave inicialmente se desplaza *0.4 rad* de la posición de equilibrio, ¿qué rapidez angular tiene al pasar por dicha posición?

12. Un huevo duro (cocido) de *50 g* se mueve en el extremo de un resorte con $k = 25\ N/m$. Su desplazamiento inicial es de *0.3 m*. Una fuerza amortiguadora $F_x = -bv_x$ actúa sobre el huevo, y la amplitud del movimiento disminuye a *0.1 m* en *5 s*. Calcule la constante de amortiguación b.

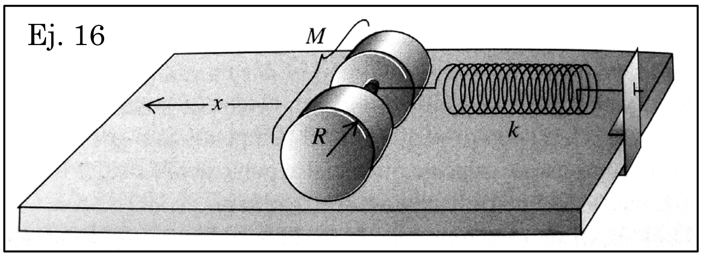
Problemas

13. Un bloque de masa M descansa en una superficie sin fricción y está conectado a un resorte horizontal con constate de fuerza k. El otro extremo del resorte está fijo a una pared (ver figura). Un segundo bloque de masa m está sobre el primero. El coeficiente de fricción estática entre los bloques es μ_e. Determine la amplitud de la oscilación máxima que no permite que el bloque superior resbale.

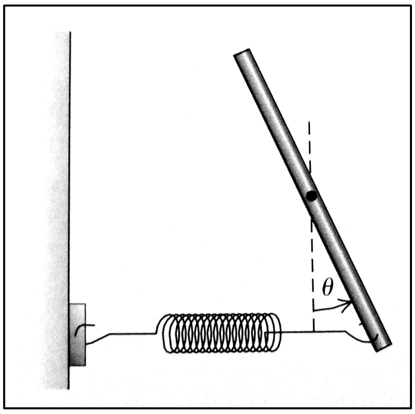


14. Un bloque de masa m_1, unido a un resorte horizontal con constante de fuerza k, se mueve en MAS con amplitud A_1 y periodo T_1. a) En el instante en que el bloque pasa por su posición de equilibrio, se divide repentinamente en dos piezas idénticas. Una permanece unida al resorte y la otra es empujada rápidamente a un lado. En términos de A_1 y T_1, ¿qué amplitud y periodo tiene el MAS después de partirse el bloque? b) Repita la parte (a) para la situación en la que el bloque se divide cuando está en $x = A_1$.

15. En el planeta Newtonia, un péndulo simple tiene masa de *1.25 kg* y longitud de *185 cm* cuando se suelta del reposo, tarda *1.42 s* en describir un ángulo de *12.5°* hasta un punto en el que otra vez tiene rapidez cero. Se determinó que la circunferencia de Newtonia es de *51400 km*. Calcule la masa del planeta.



16. Dos cilindros sólidos idénticos conectados a lo largo de su eje común por una varilla corta y ligera tienen radio R y masa total M, y descansan sobre una mesa horizontal. Un resorte con constante de fuerza k tiene un extremo sujeto a un soporte fijo y el otro a un anillo sin fricción en el centro de masa de los cilindros (ver figura). Se tira de los cilindros hacia la izquierda una distancia x, estirando el resorte, y se sueltan. Hay suficiente fricción entre la mesa y los cilindros para que éstos rueden sin resbalar al oscilar horizontalmente. Demuestre que el movimiento del centro de masa de los cilindros es armónico simple y calcule su periodo en términos de M y k. *Sugerencia: El movimiento es armónico simple si* a_x *y* x *están relacionados por la ecuación* $a_x = -\omega^2 x$*, y el periodo es* $T = 2\pi/\omega$. *Aplique* $\sum \tau_z = I_{cm}\alpha_z$ *y* $\sum F_x = Ma_{cm-x}$ *a los cilindros a fin de relacionar* a_{cm-x} *con el desplazamiento* x *de los cilindros respecto a su posición de equilibrio.*



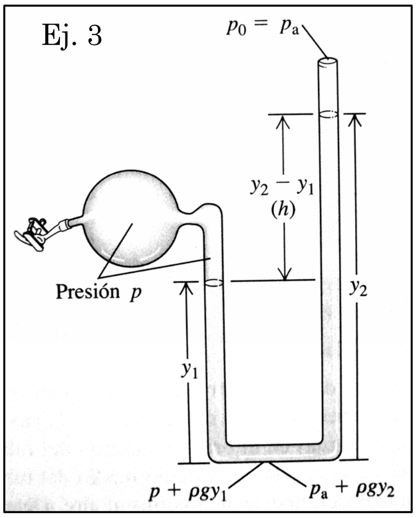
17. Una varilla metálica delgada y uniforme con masa M

pivotea sin fricción sobre un eje que pasa por su punto medio y es perpendicular a la varilla. Un resorte horizontal con constante de fuera k se conecta al extremo inferior de la varilla, y el otro extremo del resorte se fija a un soporte rígido. La varilla se desplaza un ángulo pequeño θ respecto a la vertical (ver figura) y se suelta. Demuestre que se mueve en MAS angular y calcule su periodo. *Sugerencia: Suponga que* θ *es suficientemente pequeño para que las aproximaciones* $sen(\theta) \approx \theta$ *y* $cos(\theta) \approx 1$ *sean válidas. El movimiento es armónico simple si* $\frac{d^2\theta}{dt^2} = -\omega^2\theta$ *y el periodo es entonces* $T = 2\pi/\omega$.

UNIDAD 11 *Mecánica de fluidos*

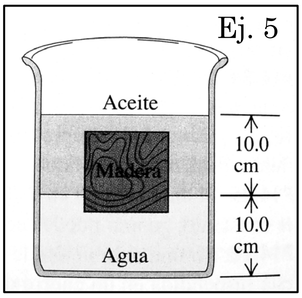
1. Imagine que compra una pieza rectangular de metal de *5×15×30 mm* y masa de *0.0158 kg*. El vendedor le dice que es de oro. Para verificarlo, usted calcula la densidad media de la pieza. ¿Qué valor obtiene? ¿Fue una estafa?

2. En la alimentación intravenosa, se inserta una aguja en una vena del brazo del paciente y se conecta un tubo entre la aguja y un depósito de fluido (densidad *1050 kg/m³*) que está a una altura *h* sobre el brazo. El depósito está abierto a la atmósfera por arriba. Si la presión manométrica dentro de la vena es de *5980 Pa*, ¿qué valor mínimo de *h* permite que entre fluido en la vena? *Suponga que el diámetro de la aguja es lo bastante grande como para despreciar la viscosidad del fluido.*



3. El líquido del manómetro de tubo abierto de la figura es mercurio, y_1 *= 3 cm* y y_2 *= 7 cm*. La presión atmosférica es de *980 milibares*. a) ¿Qué presión absoluta hay en la base del tubo en U? b) ¿Y en el tubo abierto *4 cm* abajo de la superficie libre? c) ¿Qué presión absoluta tiene el aire del tanque? d) ¿Qué presión manométrica en pascales tiene el gas?

4. Una muestra de mineral pesa *17.5 N* en el aire pero, si se cuelga de un hilo ligero y se sumerge por completo en agua, la tensión en el hilo es de *11.2 N*. Calcule el volumen total y la densidad de la muestra.



5. Un bloque cúbico de madera de *10 cm* por lado flota en la interfaz entre aceite y agua con su superficie inferior *1.5 cm* bajo la interfaz (ver figura). La densidad del aceite es de *790 kg/m³*. a) ¿Qué presión manométrica hay en la superficie de arriba del bloque? b) ¿Y en la cara inferior? c) ¿Qué masa y densidad tiene el bloque?

6. Fluye agua por un tubo de sección transversal variable, llenándolo en todos sus puntos. En el punto 1, el área transversal del tubo es de *0.07 m²*, y la rapidez del fluido es de *3.5 m/s*. a) ¿Qué rapidez tiene el fluido en puntos donde el área transversal es de: I) *0.105 m²*? II) *0.047 m²*? b) Calcule el volumen de agua descargada del extremo abierto del tubo en *1 h*?

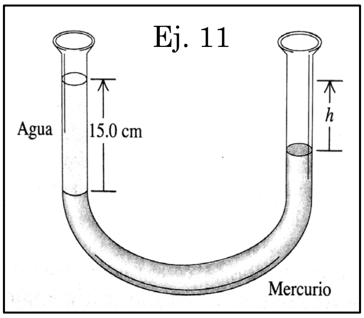
7. Fluye agua por un tubo de sección transversal circular variable, llenándolo en todos sus puntos. a) En un punto, el radio del tubo es de *0.15 m*. ¿Qué rapidez tiene el agua en este punto si la razón de flujo de volumen en el tubo es de *1.2 m³/s*? b) En otro punto, la rapidez del agua es de *3.8 m/s*. ¿Qué radio tiene el tubo en este punto?

8. Se corta un agujero circular de *6 mm* de diámetro en el costado de un tanque de agua grande, *14 m* debajo del nivel del agua en el tanque. El tanque está abierto al aire por arriba. Calcule a) la rapidez de salida; b) el volumen descargado por unidad de tiempo.

9. En un punto de una tubería, la rapidez del agua es de *3 m/s* y la presión manométrica es de 5×10^4 *Pa*. Calcule la presión manométrica en otro punto de la tubería, *11 m* más abajo, si el diámetro del tubo ahí es el doble que en el primer punto.

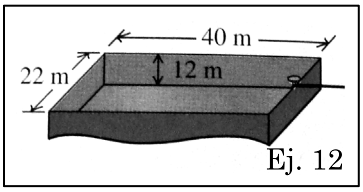
10. En cierto punto de una tubería horizontal, la rapidez del agua es de $2.5\ m/s$ y la presión manométrica es de $1.8\times10^4\ Pa$. Calcule la presión manométrica en un segundo punto donde el área transversal es el doble que en el primero.

Problemas



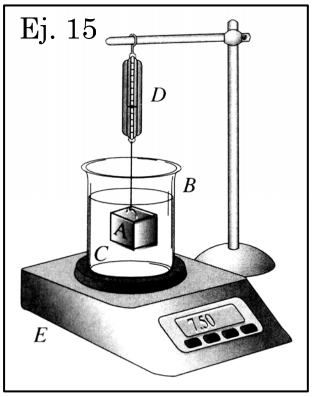
11. Un tubo en forma de U abierto por ambos extremos contiene un poco de mercurio. Se vierte con cuidado un poco de agua en el brazo izquierdo del tubo hasta que la altura de la columna de agua es de $15\ cm$ (ver figura). a) Calcule la presión manométrica en el interfaz agua-mercurio. b) Calcule la distancia vertical h entre la superficie del mercurio en el brazo derecho del tubo y la superficie del agua en el brazo izquierdo.

12. Un lanchón abierto tiene las dimensiones que se muestran en la figura. Si el lanchón está hecho con placa de acero de $4\ cm$ de espesor en sus cuatro costados y el fondo, ¿qué masa de carbón *(densidad aproximada 1500 kg/m^3)* puede llevar el lanchón sin hundirse? ¿Hay espacio en el lanchón para contener ese carbón?

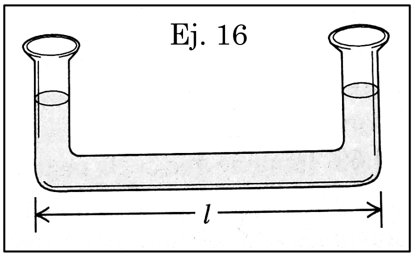


13. Un cubo de hielo de $9.7\ g$ flota en un vaso totalmente lleno con $420\ cm^3$ de agua. Desprecie la tensión superficial del agua y su variación de densidad con la temperatura (mientras siga líquida). a) ¿Qué volumen de agua desplaza el hielo? b) Una vez derretido el hielo, se habrá desbordado algo de agua? Si así fue, ¿cuánta? Si no, explique por qué no. c) Suponga que el agua del vaso era muy salada, con densidad de $1050\ kg/m^3$. ¿Qué volumen de agua salada desplazaría el cubo de hielo de $9.7\ g$? d) Repita la parte (b) para el cubo de agua dulce en agua salada.

14. Un objeto de altura h, masa M y área de sección transversal uniforme A flota erguido en un liquido con densidad ρ. a) Calcule la distancia vertical de la superficie del líquido a la base del objeto flotante en equilibrio. b) Se aplica una fuerza hacia abajo de magnitud F a la cara superior del objeto. En la nueva posición de equilibrio, ¿qué tanto más abajo de la superficie del líquido está la base del objeto? *(Suponga que parte del objeto permanece sobre la superficie).* c) Su resultado de la parte (b) indica que si la fuerza se retira de repente, el objeto oscilará verticalmente en movimiento armónico simple. Calcule el período de este movimiento en términos de la densidad ρ del líquido y la masa M y el área A del objeto. Haga caso omiso de la amortiguación debida a la fricción del fluido.

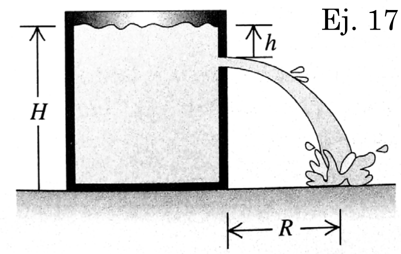


15. El bloque A de la figura cuelga mediante un cordón de la balanza de resorte D y se sumerge en el líquido C contenido en el vaso B. La masa del vaso es $1\ kg$; la del líquido es $1.8\ kg$. La balanza D marca $3.5\ kg$ y la E, $7.5\ kg$. El volumen del bloque A es de $3.8\times10^{-3}\ m^3$. a) ¿Qué densidad tiene el líquido? b) ¿Qué marcará cada balanza si el bloque A se saca del líquido?

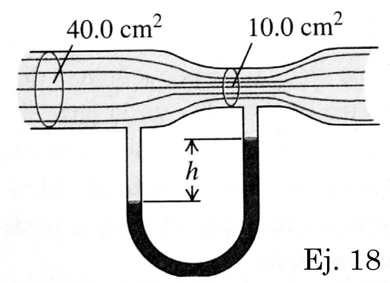


16. Un tubo en forma de U con una porción horizontal de longitud l (ver figura) contiene un líquido. ¿Qué diferencia de altura hay entre las columnas de líquido en las ramas verticales si: a) el tubo tiene una aceleración a hacia la derecha? b) el tubo se monta en una tornamesa horizontal que gira con velocidad angular ω, con una rama vertical en el eje de rotación? c) Explique por qué la diferencia de altura no depende de la densidad del líquido ni del área de sección transversal del tubo.

17. Hay agua hasta una altura H en un tanque abierto grande con paredes verticales (ver figura). Se hace un agujero en una pared a una profundidad h bajo la superficie del agua. a) ¿A qué distancia R del pie de la pared tocará el piso el chorro que sale? b) ¿A qué distancia sobre la base del tanque podría hacerse un segundo agujero tal que el chorro que salga por él tenga el mismo alcance que el que sale por el primero?



Ej. 17



Ej. 18

18. El tubo horizontal de la figura tiene un área transversal de $40\ cm^2$ en la parte más ancha y de $10\ cm^2$ en la constricción. Fluye agua en el tubo, cuya descarga es de $6{\times}10^{-3}\ m^3/s$ ($6\ L/s$). Calcule a) la rapidez del flujo en las porciones ancha y antosta; b) la diferencia de presión entre estas porciones; c) la diferencia de altura entre las columnas de mercurio en el tubo con forma de U.