Capítulo 3
Dinámica

Sección 3.A — Problemas de selección

---

97. La figura muestra una fuerza $\boldsymbol{F}$ aplicada sobre un bloque en un plano inclinado un ángulo α. La fuerza tiene módulo F y forma un ángulo 3α con la horizontal. El vector $\hat{\boldsymbol{x}}$ es paralelo al plano inclinado y $\hat{\boldsymbol{y}}$ es perpendicular. El vector $\boldsymbol{F}$ es igual a

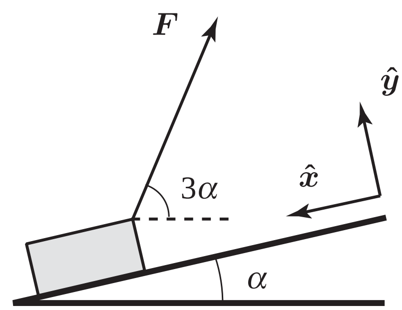
A) $-F\cos(\alpha)\,\hat{\boldsymbol{x}} + F\,\mathrm{sen}(\alpha)\,\hat{\boldsymbol{y}}$

B) $+F\cos(2\alpha)\,\hat{\boldsymbol{x}} - F\,\mathrm{sen}(2\alpha)\,\hat{\boldsymbol{y}}$

C) $-F\cos(3\alpha)\,\hat{\boldsymbol{x}} + F\,\mathrm{sen}(3\alpha)\,\hat{\boldsymbol{y}}$

D) $-F\cos(2\alpha)\,\hat{\boldsymbol{x}} + F\,\mathrm{sen}(2\alpha)\,\hat{\boldsymbol{y}}$

E) $+F\cos(3\alpha)\,\hat{\boldsymbol{x}} - F\,\mathrm{sen}(3\alpha)\,\hat{\boldsymbol{y}}$



---

98. Dos pesadas bolas de metal con pesos P_1 y $P_2 = 2P_1$ se dejan caer desde lo alto de un edificio. Llamemos t_1 y t_2 a los tiempos respectivos que tardan en caer. Si la resistencia del aire es despreciable se puede afirmar que

A) $t_1 = t_2/2$

B) $t_1 = 2t_2$

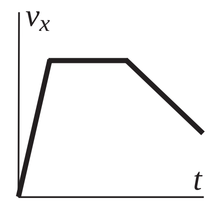
C) $t_1 = t_2$

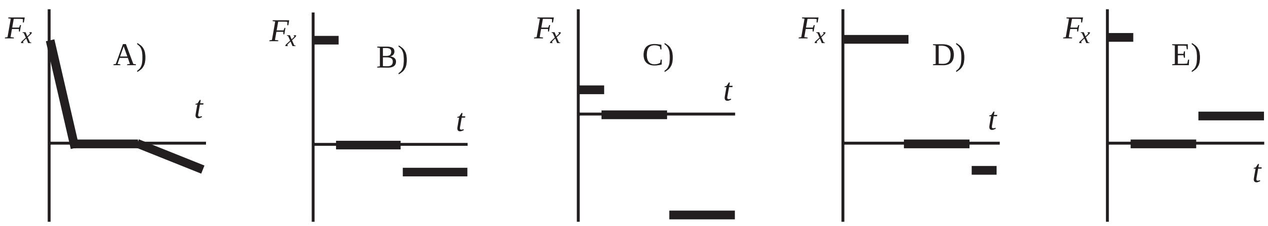
D) $t_1 - t_2$ depende del volumen de las bolas.

E) $t_1 > t_2$ pero con $t_1 \neq 2t_2$

---

99. La gráfica de la derecha muestra, para una partícula, $v_x(t)$ según un observador inercial. ¿Cuál de los gráficos abajo muestra mejor la componente x de la fuerza neta sobre la partícula en función del tiempo?





100. Un joven dentro de un ascensor observa que un bloque de 2 kg cuelga, en reposo, de un hilo atado al techo del ascensor. Para un observador inercial en Tierra el ascensor tiene una aceleración de 3 m/s^2 dirigida hacia abajo. La tensión del hilo en Newtons es

A) 26

B) 20

C) 6

D) 7

E) 14

101. La figura muestra 3 bloques, de masa M cada uno, unidos con cuerdas tensas e ideales. Sobre el bloque superior actúa una fuerza que hace que todos los bloques se muevan con una aceleración de $2g$ hacia arriba respecto a Tierra. La tensión en la cuerda #1 es

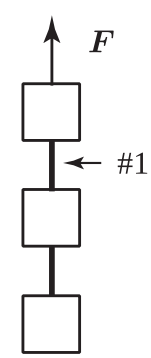
A) $2Mg$

B) $4Mg$

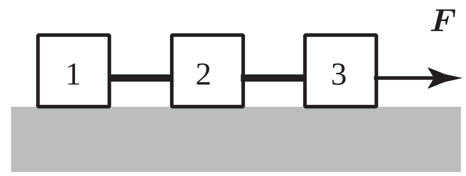
C) $3Mg$

D) $6Mg$

E) Mg



102. En una superficie horizontal sin roce se apoyan 3 bloques, de masa M cada uno, unidos con cuerdas tensas ideales. Al bloque #3 se le aplica una fuerza horizontal de módulo $F = |\,\boldsymbol{F}\,|$, ver figura. La magnitud de la aceleración del bloque #1 es



A) $F/(3M)$

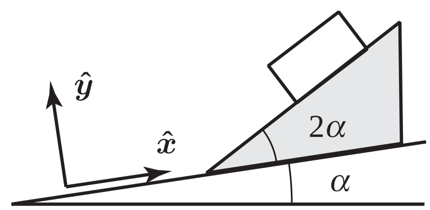
B) F/M

C) $2F/(3M)$

D) cero

E) menor que la del bloque #3

103. La figura muestra un bloque apoyado sobre una cuña de ángulo 2α que a su vez se apoya sobre un plano inclinado un ángulo α respecto a la horizontal. Llamaremos F al módulo de la fuerza normal $\boldsymbol{F}$ que el bloque aplica a la cuña. El vector $\boldsymbol{F}$ es igual a



A) $-F\,\mathrm{sen}(2\alpha)\,\hat{\boldsymbol{x}} + F\cos(2\alpha)\,\hat{\boldsymbol{y}}$

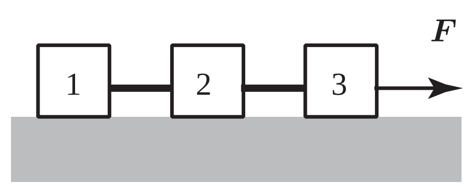
B) $F\,\mathrm{sen}(3\alpha)\,\hat{\boldsymbol{x}} - F\cos(3\alpha)\,\hat{\boldsymbol{y}}$

C) $F\,\mathrm{sen}(2\alpha)\,\hat{\boldsymbol{x}} - F\cos(2\alpha)\,\hat{\boldsymbol{y}}$

D) $F\,\mathrm{sen}(\alpha)\,\hat{\boldsymbol{x}} - F\cos(\alpha)\,\hat{\boldsymbol{y}}$

E) $F\cos(2\alpha)\,\hat{\boldsymbol{x}} - F\,\mathrm{sen}(2\alpha)\,\hat{\boldsymbol{y}}$

104. En una superficie horizontal sin roce se apoyan 3 bloques, de la misma masa, unidos con cuerdas tensas ideales. Al bloque #3 se le aplica una fuerza horizontal de módulo $F = |\,\boldsymbol{F}\,|$, ver figura. La magnitud de la tensión en la cuerda que une los bloques #1 y #2 es



A) F

B) $F/3$

C) $F/2$

D) cero

E) $2F/3$

105. La figura muestra un bloque de 0.4 kg que se mantiene fijo contra la pared vertical por medio de la fuerza $\boldsymbol{F}$ de módulo 10 Newtons. El coeficiente de roce estático entre el bloque y la pared vale $\mu_e = 0.2$. La fuerza de roce que la pared ejerce sobre el bloque es de

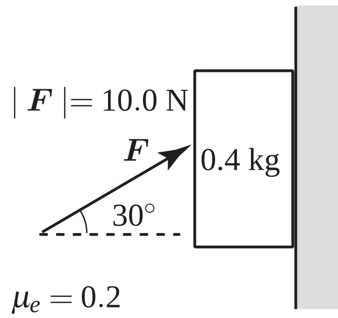
A) 1.0 N hacia arriba.

B) $\sqrt{3}$ N hacia abajo.

C) 1.0 N hacia abajo.

D) $\sqrt{3}$ N hacia arriba.

E) módulo 9.0 N



106. En la figura el bloque m se apoya sin deslizar sobre el bloque M y éste se apoya sobre un plano inclinado liso e inercial. El sistema tiene, respecto al plano, una aceleración $\boldsymbol{a}$ y una velocidad $\boldsymbol{v}$ no necesariamente paralelas entre sí. La fuerza de roce estática sobre m

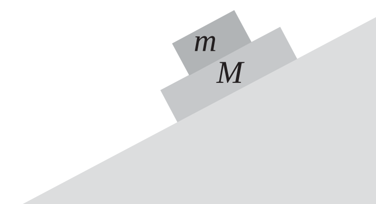
A) tiene dirección opuesta a la de $\boldsymbol{a}$.

B) tiene dirección igual a la de $\boldsymbol{v}$.

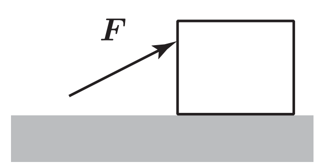
C) es nula.

D) tiene dirección opuesta a la de $\boldsymbol{v}$.

E) tiene dirección igual a la de $\boldsymbol{a}$.



107. A un bloque de masa M se le aplica una fuerza $\boldsymbol{F}$ tal como se muestra en la figura. Suponga que el bloque permanece en reposo y el coeficiente de roce con el piso es μ. Entonces



A) La fuerza normal no depende de $\boldsymbol{F}$.

B) La magnitud de la fuerza de roce no depende del módulo de $\boldsymbol{F}$.

C) La magnitud de la fuerza normal es menor a Mg.

D) El peso del cuerpo depende de la fuerza $\boldsymbol{F}$.

E) La magnitud de la fuerza de roce es necesariamente μMg.

108. Un bloque de 3 kg se apoya sin deslizar sobre otro de 6 kg que a su vez desliza sobre una superficie lisa horizontal (ver figura). Los bloques están acelerados por medio de una fuerza horizontal, $F = 3$ N, aplicada al bloque inferior. El coeficiente de roce estático entre los bloques vale 0.1 . El módulo de la fuerza de roce, en Newtons, entre los bloques es

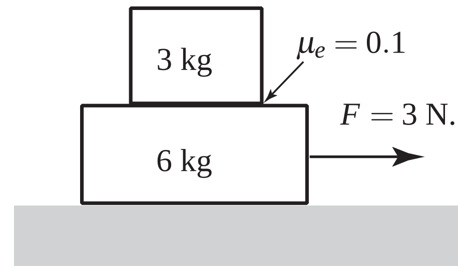
A) 3

B) 9

C) 2

D) 1

E) 0



109. Una partícula se mueve sobre una superficie que le aplica una fuerza de roce dinámica no nula $\boldsymbol{F}_r$. Sean $\boldsymbol{v}_p$ y $\boldsymbol{v}_s$ las velocidades de la partícula y de la superficie respecto a algún referencial inercial. Entonces necesariamente se cumple que $\boldsymbol{F}_r$ tiene dirección

A) opuesta a $\boldsymbol{v}_p - \boldsymbol{v}_s$

B) opuesta a $\boldsymbol{v}_p$

C) opuesta a $\boldsymbol{v}_s$

D) opuesta a $\boldsymbol{v}_s - \boldsymbol{v}_p$

E) igual a $\boldsymbol{v}_p$

110. Cierto bloque se mueve con velocidad constante sobre una superficie rugosa mientras una persona le aplica una fuerza $\boldsymbol{F}$ en la dirección indicada en el dibujo. Llamemos F, P, N y F_r a los módulos de $\boldsymbol{F}$, el peso del bloque y las fuerzas normal y de roce con la superficie. Se cumple que

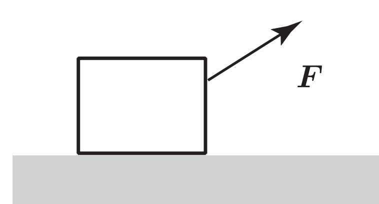
A) $F > F_r$ y $N < P$

B) $F = F_r$ y $N = P$

C) $F > F_r$ y $N = P$

D) $F < F_r$ y $N < P$

E) ninguna de las otras 4 opciones es cierta.



111. Un bloque de 2 kg se coloca sobre un plano inclinado 60° respecto a la horizontal y fijo a Tierra. Si el bloque desliza a velocidad constante el coeficiente de roce dinámico entre el bloque y la superficie es

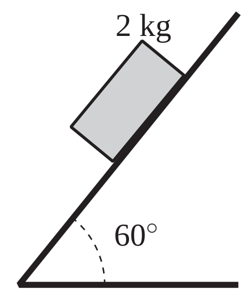
A) $1/\sqrt{3}$

B) $\sqrt{3}/2$

C) $1/2$

D) 0

E) $\sqrt{3}$



112. El diagrama muestra una partícula rotando con rapidez constante. En el punto A las direcciones de: la fuerza neta $\boldsymbol{F}$ sobre la partícula y su aceleración $\boldsymbol{a}$ son

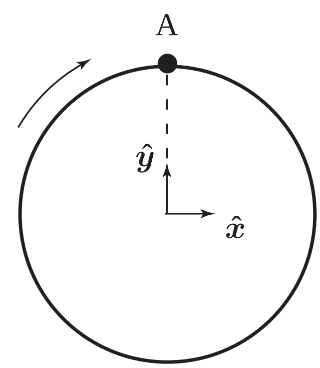
A) $\boldsymbol{F} = F_x \hat{\boldsymbol{x}}$ $\qquad \boldsymbol{a} = a_x \hat{\boldsymbol{x}}$

B) $\boldsymbol{F} = -\mid \boldsymbol{F} \mid \hat{\boldsymbol{y}}$ $\qquad \boldsymbol{a} = -\mid \boldsymbol{a} \mid \hat{\boldsymbol{y}}$

C) $\boldsymbol{F} = +\mid \boldsymbol{F} \mid \hat{\boldsymbol{y}}$ $\qquad \boldsymbol{a} = -\mid \boldsymbol{a} \mid \hat{\boldsymbol{y}}$

D) $\boldsymbol{F} = F_x \hat{\boldsymbol{x}}$ $\qquad \boldsymbol{a} = 0$

E) $\boldsymbol{F} = F_y \hat{\boldsymbol{y}}$ $\qquad \boldsymbol{a} = a_x \hat{\boldsymbol{x}} + a_y \hat{\boldsymbol{y}}$ con $a_x \neq 0$



113. Un carro de una montaña rusa tiene masa M y realiza un giro vertical completo de radio R. Calcule la normal que siente el carro en el punto más bajo si allí su rapidez es v.

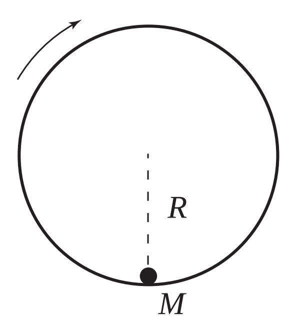
A) $N = Mg$

B) $N = M(g + v^2/R)$

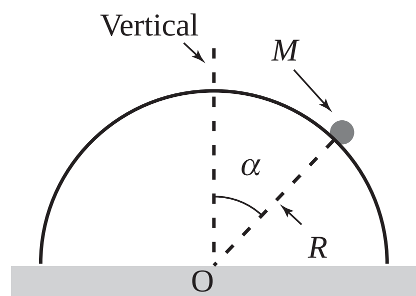
C) $N = M(g - v^2/R)$

D) $N = M(g - 2v^2/R)$

E) $N = Mv^2/R$



114. Un objeto de masa M desliza hacia abajo y sin roce sobre una superficie esférica fija respecto a Tierra, de radio R y centro en O. Para el instante mostrado suponga que la rapidez del objeto respecto a la superficie es v y halle **el módulo de la fuerza normal**, supuesta no nula, entre la superficie y el objeto.



A) $Mg\cos(\alpha) - Mv^2/R$

B) $Mg\cos(\alpha) + Mv^2/R$

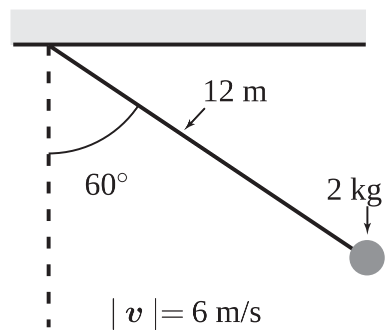
C) $-Mg\cos(\alpha) + Mv^2/R$

D) $Mg\,\mathrm{sen}(\alpha) - Mv^2/R$

E) $Mg\cos(\alpha)$

---

115. Un péndulo de 12 m de longitud tiene atado en su extremo libre una piedra de 2 kg. En cierto instante la piedra tiene una rapidez de 6 m/s y el péndulo forma un ángulo de 60° con la vertical hacia abajo. Si T es el módulo de la tensión del hilo en ese instante, entonces



A) $T = (10\sqrt{3} + 6)$ N.

B) T = 4 N.

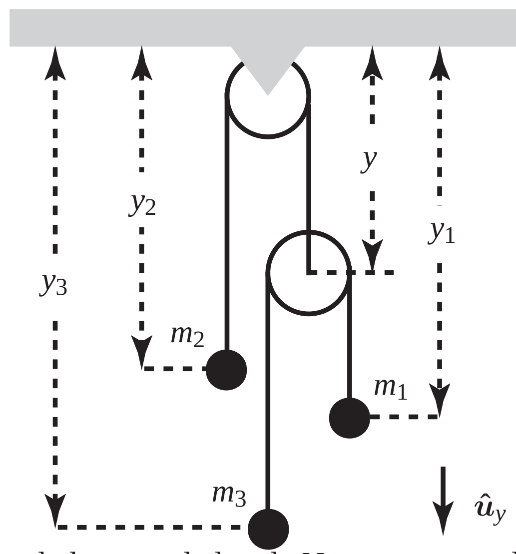
C) $T = (10\sqrt{3} - 6)$ N.

D) T = 16 N.

E) ninguna de las opciones anteriores es cierta.

Sección 3.B — Problemas de desarrollo

116. El sistema de la figura está compuesto por 3 pequeñas esferas, 2 poleas ideales (sin roce y sin masa) y dos cuerdas ideales (inelásticas y sin masa). La polea superior está fija respecto al techo de una habitación considerada inercial. En la figura se ha indicado la coordenada y del cuerpo en el extremo de cada cuerda (el origen está en el techo).



a. Dibuje el diagrama de fuerzas para cada esfera y polea.

b. Llame l_1 a la longitud de la cuerda atada a m_1 y l_2 a la longitud de la cuerda atada a m_2. Halle l_1 y l_2 en función de cantidades constantes y de las coordenadas y_1, y_2, y_3 y y; tales relaciones entre las coordenadas se denominan ligaduras. Demuestre que

$$l_1 + 2l_2 = 2y_2 + y_3 + y_1 + \text{constantes}\,.$$

Derive dos veces respecto al tiempo la expresión obtenida para hallar la ligadura entre las aceleraciones de las esferas.

c. Escriba las ecuaciones de movimiento que se obtienen de la segunda ley de Newton para cada esfera y polea. Asegúrese que al tomar en cuenta las ligaduras tiene tantas incógnitas como ecuaciones.

d. Para el caso particular $m_1 = 1$ kg, $m_2 = 2$ kg y $m_3 = 3$ kg resuelva las ecuaciones y obtenga la aceleración de cada esfera y la tensión en cada cuerda.

---

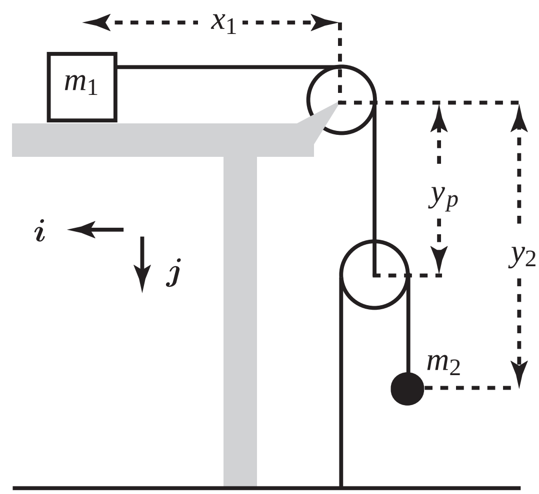
117. Dos masas m_1 y m_2 están acopladas mediante el sistema de cuerdas y poleas ideales mostrado en la figura. La masa m_1 se apoya en una mesa lisa y horizontal y m_2 está suspendida de una cuerda cuyo otro extremo está atado al piso. Se ha tomado el origen en el centro de la polea fija y se han indicado la coordenada horizontal de m_1 y las verticales de m_2 y de la polea móvil.

a. Dibuje el diagrama de fuerzas para cada masa y polea.

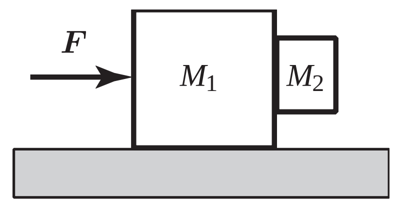
b. Halle la longitud de cada cuerda en función de las coordenadas de los cuerpos en sus extremos y de longitudes constantes. Derive dos veces respecto al tiempo las expresiones obtenidas para hallar las ligaduras entre las aceleraciones.

c. Escriba las ecuaciones de movimiento para cada masa y polea.

d. Resuelva las ecuaciones y obtenga la tensión en cada cuerda y el vector aceleración de las masas y de la polea móvil.



118. En el sistema de la figura se conocen las masas de los dos bloques y no hay deslizamiento entre ellos, siendo μ_e el coeficiente de roce estático entre los bloques. Suponga que la fuerza $\boldsymbol{F}$ aplicada al sistema es horizontal y que no existe roce sobre la superficie horizontal.

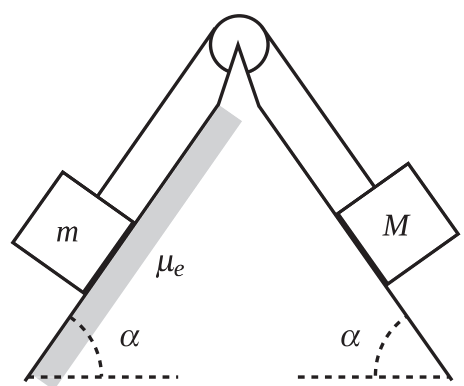


a. Dibuje por separado el diagrama de cuerpo libre de cada uno de los dos cuerpos involucrados. Identifique claramente las diferentes fuerzas.

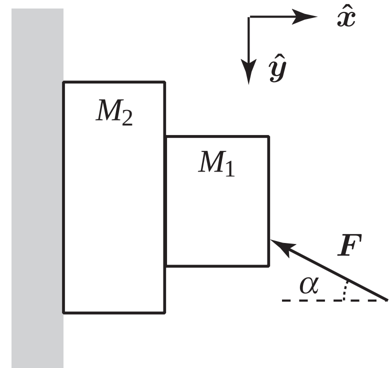
b. Escriba las ecuaciones de movimiento para cada una de las dos masas.

c. ¿ Cuál es el rango de valores permitidos para el módulo de $\boldsymbol{F}$ de manera que el cuerpo de masa M_2 no resbale ?

119. Una cuña fija a Tierra tiene dos planos inclinados un ángulo α respecto a la horizontal como se muestra en la figura. Sobre los planos inclinados se encuentra un sistema de masas y poleas. La cuerda y la polea son ideales. El coeficiente de roce estático entre el bloque de masa m y el plano inclinado es μ_e, mientras que el plano inclinado sobre el cual descansa M es liso. Suponga conocidos m, α y μ_e. Halle el rango de valores permitidos para la masa M de manera que el sistema no se mueva.



120. Un bloque de masa M_2 se apoya en una pared vertical lisa y otro bloque de masa M_1 se apoya sobre el primero. Un agente aplica una fuerza $\boldsymbol{F}$ sobre M_1 como se indica en la figura. Suponga que hay roce entre los dos bloques y éstos no deslizan entre sí.



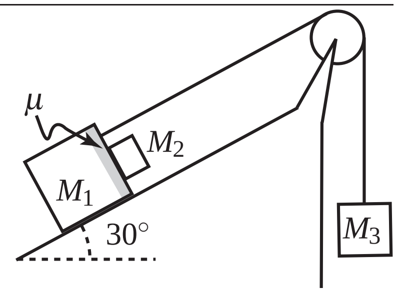
a. Dibuje por separado el diagrama de cuerpo libre de los dos bloques. Identifique claramente las diferentes fuerzas.

b. Escriba las ecuaciones de movimiento para cada bloque.

c. Tome $M_1 = 1$ kg, $M_2 = 2$ kg, $\alpha = 30°$ y $|\,\boldsymbol{F}\,| = 12$ N. Halle los vectores: aceleración de M_1 y fuerza de roce sobre M_1. Determine cuáles son los valores posibles del coeficiente de roce estático.

---

121. En el sistema de la figura la cuerda y la polea son ideales y los bloques tienen masas $M_1 = 4$ kg, $M_2 = 2$ kg y $M_3 = 12$ kg. El bloque M_2 se apoya sobre el bloque M_1; hay roce entre ellos pero no deslizamiento, siendo μ el coeficiente de roce estático. El plano inclinado es liso.



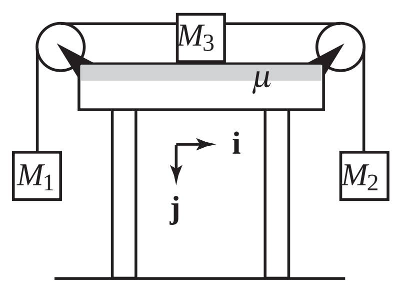
a. Para cada cuerpo dibuje el diagrama de fuerzas y escriba las ecuaciones de movimiento.

b. Halle los módulos de las siguientes cantidades: la aceleración de los bloques, la tensión en la cuerda, la fuerza de roce $\boldsymbol{F}_r$, la normal $\boldsymbol{H}$ entre M_1 y M_2 y la normal $\boldsymbol{N}$ entre M_1 y el plano inclinado.

c. Halle los valores permitidos para el coeficiente de roce μ.

---

122. El sistema de la figura muestra tres bloques unidos a través de cuerdas ideales que pasan por poleas ideales. El bloque #3 se mueve sobre una superficie horizontal rugosa, siendo μ el coeficiente de fricción dinámico entre ellos. Los otros dos bloques cuelgan de las cuerdas y se mueven verticalmente. Llamaremos a a la componente x de la aceleración del bloque #3 de manera que $\boldsymbol{a}_3 = a\,\boldsymbol{i}$.



a. Usando las ecuaciones de Newton para los bloques que cuelgan determine el módulo de las tensiones en las cuerdas en función de a, g y de las masas de los bloques.

b. Utilizando los resultados de la pregunta anterior y las ecuaciones de Newton para el bloque #3 determine a para las siguientes dos situaciones: el bloque #3 moviéndose hacia la derecha (caso 1) y el bloque #3 moviéndose hacia la izquierda (caso 2).

c. Evalúe las respuestas obtenidas en la pregunta anterior cuando $M_1 = M_3 = 2$ kg, $M_2 = 6$ kg y $\mu = 1/2$. Diga para cada uno de los dos casos si el movimiento es acelerado o retardado.

d. Evalúe las respuestas obtenidas en la pregunta **b** cuando $M_1 = M_2 = M_3$. Diga si en alguno de los dos casos el bloque M_3 se puede detener en algún instante y cuál sería su movimiento ulterior si ello ocurriera.

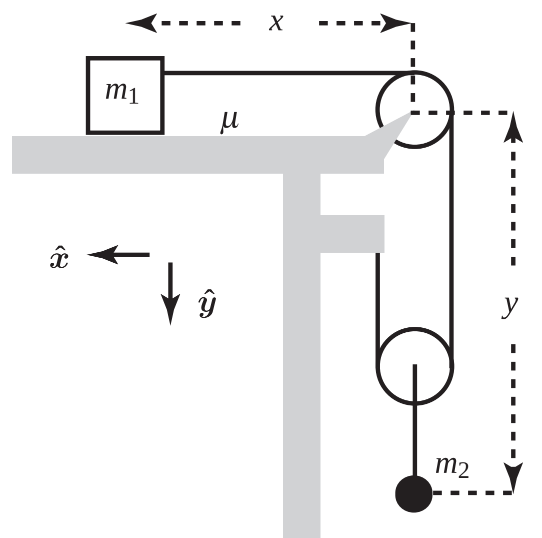
---

123. Un bloque de masa m_1 está moviéndose hacia la derecha sobre una mesa horizontal siendo μ su coeficiente de fricción dinámico. El bloque se acopla a una masa m_2 mediante el sistema de cuerdas y poleas ideales mostrado en la figura. Se ha tomado el origen en el centro de la polea fija y se ha indicado la coordenada x de m_1 y la coordenada y de m_2.

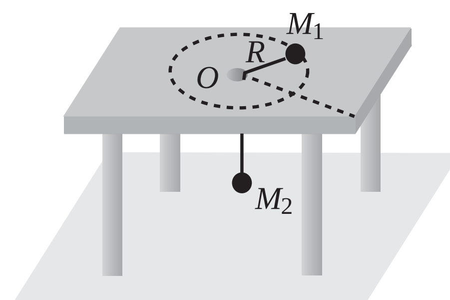
a. Dibuje el diagrama de fuerzas para cada masa y polea.

b. Halle la longitud de la cuerda que pasa por las poleas en función de las coordenadas de las masas y de longitudes constantes. Derive dos veces respecto al tiempo la expresión obtenida para demostrar que la ligadura entre las aceleraciones de las dos masas es $0 = \ddot{x} + 2\ddot{y}$.

c. Escriba las ecuaciones de movimiento para cada masa y polea. Resuelva las ecuaciones y obtenga el vector aceleración de cada masa.

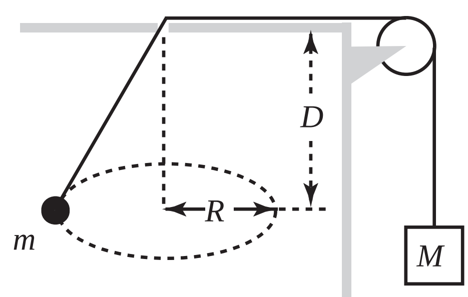


124. Las dos partículas del dibujo con masas M_1 y M_2 están unidas por una cuerda sin masa que pasa a través de un agujero O, de tamaño despreciable, practicado en la mesa. No hay roce en el sistema, la partícula de masa M_1 tiene un movimiento circular de radio R mientras que la otra partícula cuelga en reposo. Halle el tiempo que tarda la partícula M_1 en completar una vuelta.



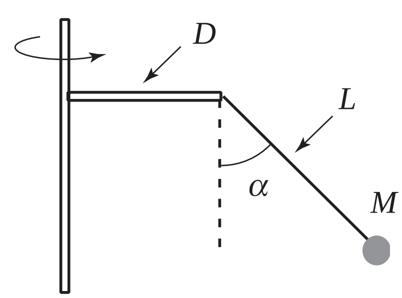
125. La figura muestra un bloque de masa M desconocida que permanece en reposo colgando de una cuerda tensa e ideal. La cuerda pasa por una polea ideal, luego por un pequeño agujero practicado en una mesa horizontal y termina atada a una esferita de masa m. La esferita gira describiendo un círculo horizontal de radio R y a una distancia D de la mesa.

Halle la masa M del bloque, la velocidad angular w de la esferita y la fuerza sobre la polea debida al soporte.



126. La figura muestra una esfera de masa M en el extremo de un hilo de longitud L. El hilo está atado a una varilla horizontal de longitud D que se une a un eje vertical. Debido a un mecanismo no mostrado la varilla gira con velocidad angular constante en torno al eje. El hilo mantiene un ángulo constante α con la vertical.

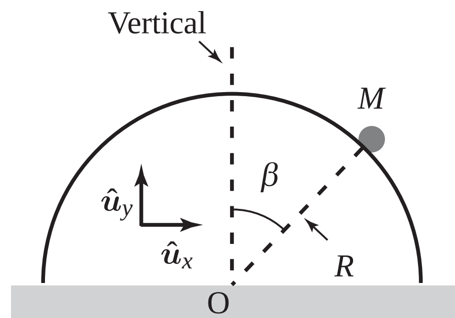
a. Halle el módulo de la aceleración y la velocidad angular de la partícula.



b. Diga cómo sería la posición del hilo respecto a la varilla y al eje si la velocidad angular no fuera constante. Razone su respuesta brevemente.

---

127. Un objeto de masa M desliza hacia abajo y sin roce sobre una superficie semiesférica fija a Tierra. El radio de la esfera es R y O su centro. Justo para el instante mostrado en la figura el objeto abandona la superficie esférica. Halle para ese instante:



a. la velocidad y aceleración angulares del objeto.

b. las componentes cartesianas de los vectores velocidad y aceleración del objeto respecto a Tierra.

---

128. Un pequeño bloque de masa M se encuentra apoyado sobre un disco horizontal a una distancia L de su centro. El disco comienza a girar desde el reposo y alrededor de su centro con una aceleración angular constante α. El bloque no desliza sobre el disco siendo μ_e el coeficiente de roce estático.

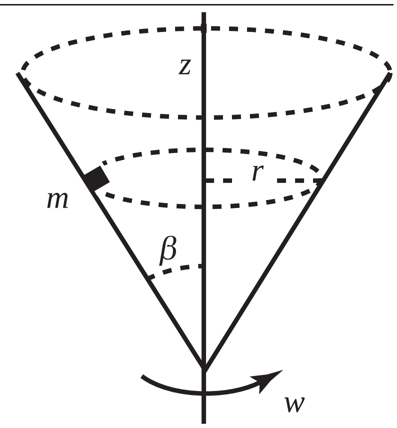
a. Dibuje el diagrama de cuerpo libre del bloque indicando claramente las componentes tangencial y radial de la fuerza de roce. Escriba las ecuaciones de movimiento del bloque (mientras éste no resbale).

b. Calcule: el valor de la fuerza normal, las componentes tangencial y radial de la aceleración del bloque y las componentes tangencial y radial de la fuerza de roce.

c. ¿ En qué instante el bloque comienza a resbalar ?

---

129. La figura muestra un cascarón cónico que gira con velocidad angular constante w. El eje principal del cono, eje z, coincide con la vertical y forma un ángulo $\beta < \pi/2$ con la superficie del cascarón. En el interior del cono a una distancia r del eje z se encuentra una partícula de masa m que, debido a la fricción estática, no se mueve respecto a la superficie del cascarón.



a. Calcule la normal y la fuerza de roce sobre la partícula en función de β, r, w y m. Determine tanto sus módulos como sus componentes radial y vertical.

b. Suponga que $\beta = 45^\circ$ y que el coeficiente de roce estático μ_e cumple con $\mu_e < 1$. Halle los valores posibles de w en función de r y μ_e. ¿Cómo varía el sentido de la fuerza de roce estático con los valores de w?

Sección 7.E Dinámica (Selección)

	99 B	102 A	105 C
97 D	100 E	103 C	106 E
98 C	101 D	104 B	107 C

108 D	111 E	114 A	
109 A	112 B	115 D	
110 A	113 B		

Sección 7.F — Dinámica (Desarrollo)

116.
b.

$$l_1 = (y_1 - y) + (y_3 - y) + \text{constantes}\,, \quad l_2 = y_2 + y + \text{constantes}$$
$$0 = 2\ddot{y}_2 + \ddot{y}_3 + \ddot{y}_1$$

c.

$$m_1\ddot{y}_1 = m_1 g - T_1\,, \quad m_2\ddot{y}_2 = m_2 g - T_2\,, \quad m_3\ddot{y}_3 = m_3 g - T_1\,,$$
$$0 = 2\ddot{y}_2 + \ddot{y}_3 + \ddot{y}_1 \ \text{(ligadura)}\,, \quad 0 = 2T_1 - T_2 \ \text{(polea móvil)}\,,$$
$$0 = 2T_2 - R \ \text{(polea fija, } R \text{ es la fuerza que aplica el techo)}$$

d.

$$\ddot{y}_1 = \ddot{y}_2 = -2\,,\ \ddot{y}_3 = 6\,,\ T_1 = 12\,,\ T_2 = 24\,,\ \boldsymbol{a}_1 = \boldsymbol{a}_2 = -2\hat{\boldsymbol{u}}_y\,,\ \boldsymbol{a}_3 = 6\hat{\boldsymbol{u}}_y\,.$$

117.
b. H es la distancia del piso al centro de la polea fija.

$$l_1 = x_1 - y_p + \text{constantes}\,, \quad l_2 = (y_2 - y_p) + (H - y_p) + \text{constantes}\ ,$$
$$0 = \ddot{x}_1 - \ddot{y}_p\,, \quad 0 = \ddot{y}_2 - 2\ddot{y}_p\,, \quad (\Rightarrow \quad \ddot{y}_2 = 2\ddot{x}_1)\,.$$

c.

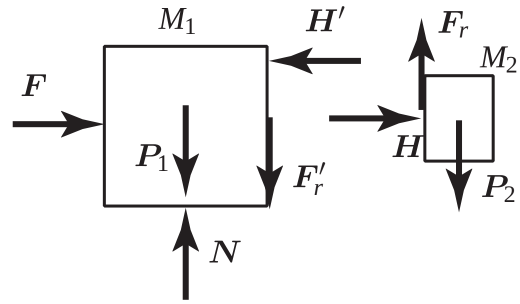
$$m_1\ddot{x}_1 = -T_1\,, \quad N_1 = m_1 g\,, \quad m_2\ddot{y}_2 = m_2 g - T_2\,,$$
$$\ddot{y}_2 = 2\ddot{x}_1 \ \text{(ligadura)}\,, \quad 0 = 2T_2 - T_1 \ \text{(polea móvil)}\,,$$
$$0 = T_1\,\boldsymbol{i} + T_1\,\boldsymbol{j} + \boldsymbol{R} \ \text{(polea fija, } \boldsymbol{R} \text{ es la fuerza que aplica el soporte)}$$

d.

$$T_1 = \frac{2m_1 m_2\, g}{m_1 + 4m_2}\,, \qquad T_2 = \frac{m_1 m_2\, g}{m_1 + 4m_2}\,,$$

$$\boldsymbol{a}_1 = -\frac{2m_2\, g}{m_1 + 4m_2}\,\boldsymbol{i}\,,\ \ \boldsymbol{a}_2 = \frac{4m_2\, g}{m_1 + 4m_2}\,\boldsymbol{j}\,,\ \ \boldsymbol{a}_{\text{polea móvil}} = \frac{2m_2\, g}{m_1 + 4m_2}\,\boldsymbol{j}\,.$$

118.
a.



Normal con el piso: $|\boldsymbol{N}| = N$.

Peso de cada cuerpo: $|\boldsymbol{P}_1| = M_1 g\,, \quad |\boldsymbol{P}_2| = M_2 g$.

Normal entre los bloques: $|\boldsymbol{H}| = |\boldsymbol{H}'| = H$.

Roce entre los cuerpos: $|\boldsymbol{F}_r| = |\boldsymbol{F}_r'|$.

Otra fuerza aplicada a M_1: $|\boldsymbol{F}| = F$.

b.

$$\begin{aligned} M_1 : &\quad M_1 a = F - H\,, \quad N = M_1 g\,, \\ M_2 : &\quad M_2 a = H\,, \quad F_r - M_2 g = 0\,. \end{aligned}$$

c.

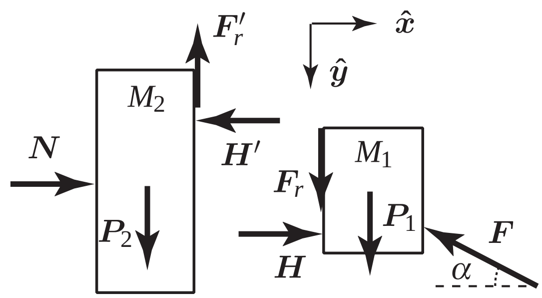
$$|\boldsymbol{F}_r| < \mu_e |\boldsymbol{H}| \quad \Rightarrow \quad \frac{(M_1+M_2)g}{\mu_e} < F\,.$$

119.

$$m\left(1 - \frac{\mu_e}{\mathrm{tg}(\alpha)}\right) \leq M \leq m\left(1 + \frac{\mu_e}{\mathrm{tg}(\alpha)}\right)\,.$$

120.

a.



Normal con la pared: $|\boldsymbol{N}| = N$.

Pesos: $|\boldsymbol{P}_1| = M_1 g\,, \quad |\boldsymbol{P}_2| = M_2 g$.

Normal entre los bloques: $|\boldsymbol{H}| = |\boldsymbol{H}'| = H$.

Roce entre los cuerpos: $\boldsymbol{F}_r = -\boldsymbol{F}_r' = F_r \hat{\boldsymbol{y}}$.

Otra fuerza aplicada a M_1: $|\boldsymbol{F}| = F$.

b.

$$\begin{aligned} M_1 : &\quad H = F\cos(\alpha)\,, &\quad M_1 a = F_r + M_1 g - F\,\mathrm{sen}(\alpha)\,, \\ M_2 : &\quad N = H\,, &\quad M_2 a = M_2 g - F_r\,. \end{aligned}$$

c.

$$\boldsymbol{a} = 8\,\hat{\boldsymbol{y}}\ \mathrm{m/s}\,, \quad \boldsymbol{F}_r = 4\,\hat{\boldsymbol{y}}\ \mathrm{N}\,, \quad \mu_e > \frac{2}{3\sqrt{3}}\,.$$

---

121. Las dimensiones de todas las cantidades son del Sistema Internacional.

a.

$$a = 5\,, \quad T = 60\,, \quad F_r = 10\sqrt{3}\,, \quad H = 20\,, \quad N = 30\sqrt{3}\,.$$

b.

$$\frac{\sqrt{3}}{2} < \mu\,.$$

122.

a.

$$T_1 = M_1(g+a)\,, \quad T_2 = M_2(g-a)\,.$$

b.

$$\text{Caso 1:} \quad a = g\left(\frac{M_2 - M_1 - \mu M_3}{M_1 + M_2 + M_3}\right), \qquad \text{caso 2:} \quad a = g\left(\frac{M_2 - M_1 + \mu M_3}{M_1 + M_2 + M_3}\right).$$

c. En el caso 1, $a = 3\ \text{m/s}^2$ y el movimiento es acelerado. En el caso 2, $a = 5\ \text{m/s}^2$ y el movimiento es retardado.

d. En el caso 1, $a = -\mu g/3$ y en el caso 2, $a = \mu g/3$. En ambos casos el movimiento es retardado y si la superficie es suficientemente larga el bloque puede detenerse sobre ella. Luego de detenerse el sistema permanece en reposo ya que cuando el sistema está en reposo la aceleración es nula (los bloques que cuelgan tienen la misma masa, las tensiones son iguales y el roce estático es nulo).

---

123. Respuesta sólo a la última parte de la pregunta **c**.

$$\boldsymbol{a}_1 = -2g\left(\frac{m_2 - 2\mu\, m_1}{m_2 + 4m_1}\right)\hat{\boldsymbol{x}}\,, \quad \boldsymbol{a}_2 = g\left(\frac{m_2 - 2\mu\, m_1}{m_2 + 4m_1}\right)\hat{\boldsymbol{y}}\,.$$

124.

$$\tau = 2\pi\sqrt{\frac{M_1 R}{M_2\, g}}\,.$$

---

125. Los vectores unitarios $\hat{\boldsymbol{u}}_x$ y $\hat{\boldsymbol{u}}_y$ son tales que apuntan hacia la izquierda y hacia abajo respectivamente.

$$M = m\sqrt{1 + \frac{R^2}{D^2}}\,, \quad w = \sqrt{\frac{g}{D}}\,, \quad \boldsymbol{F} = -mg\sqrt{1 + \frac{R^2}{D^2}}\,(\hat{\boldsymbol{u}}_x + \hat{\boldsymbol{u}}_y)\,.$$

126.
a.

$$a = g\,\text{tg}(\alpha)\,, \quad w = \sqrt{\frac{g\,\text{tg}(\alpha)}{D + L\,\text{sen}(\alpha)}}\,.$$

b. El hilo no estaría en el plano formado por la varilla y el eje. De acuerdo a las ecuaciones de Newton, al haber aceleración angular tiene que actuar sobre la partícula una fuerza tangente a la circunferencia que dibuja al moverse y en el plano de la misma. Esta fuerza es una componente de la tensión en el hilo perpendicular al plano que contiene a la varilla y al eje.

127.
a.

$$w = \sqrt{\frac{g\cos(\beta)}{R}}\,, \qquad \alpha = \frac{g\,\text{sen}(\beta)}{R}\,.$$

b.

$$\boldsymbol{v} = \sqrt{Rg\cos(\beta)}\,[\cos(\beta)\hat{\boldsymbol{u}}_x - \text{sen}(\beta)\hat{\boldsymbol{u}}_y]\,, \qquad \boldsymbol{a} = -g\hat{\boldsymbol{u}}_y\,.$$

128.

b.

$$N = Mg\,, \quad a_{\text{tangencial}} = L\alpha\,, \quad a_{\text{radial}} = -Lw^2 = -L\alpha^2 t^2\,,$$

$$F_{\text{roce tangencial}} = ML\alpha\,, \quad F_{\text{roce radial}} = -ML\alpha^2 t^2\,.$$

c.

$$t = \frac{1}{\alpha}\left[\left(\frac{\mu_e g}{L}\right)^2 - \alpha^2\right]^{1/4}\,.$$

129.

a.

$$N = [mg\,\text{sen}(\beta) + mr\,w^2\cos(\beta)] \qquad F_{\text{roce}} = |mg\cos(\beta) - mr\,w^2\text{sen}(\beta)|\,,$$

$$\boldsymbol{N} = \{mg\,\text{sen}(\beta) + mr\,w^2\cos(\beta)\}\,(-\cos(\beta)\,\hat{\boldsymbol{u}}_r + \text{sen}(\beta)\,\hat{\boldsymbol{u}}_z)$$

$$\boldsymbol{F}_{\text{roce}} = \{mg\cos(\beta) - mr\,w^2\text{sen}(\beta)\}\,(+\text{sen}(\beta)\,\hat{\boldsymbol{u}}_r + \cos(\beta)\,\hat{\boldsymbol{u}}_z)\,.$$

b. El rango de valores posibles para la velocidad angular es

$$w_{\text{mínimo}} \equiv \sqrt{\frac{g}{r}\left(\frac{1-\mu_e}{1+\mu_e}\right)} < w < \sqrt{\frac{g}{r}\left(\frac{1+\mu_e}{1-\mu_e}\right)} \equiv w_{\text{máximo}}\,.$$

La fuerza de roce (siempre tangente al cono) se anula para $w_0 = \sqrt{g/r}$, apunta hacia arriba si $w \in (w_{\text{mínimo}}, w_0)$ y apunta hacia abajo si $w \in (w_0, w_{\text{máximo}})$.