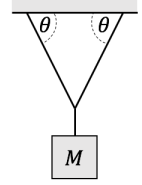
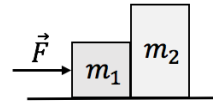


Problema 1. En la figura se muestra un cuerpo de masa M suspendido mediante cuerdas inextensibles al techo de un ascensor. Obtenga expresiones para el esfuerzo a que se verán sometidas cada una de las cuerdas, en los siguientes casos:



- El ascensor sube con velocidad constante.
- El ascensor sube con una aceleración constante igual a $g/2$.
- El ascensor baja con una aceleración constante igual a $g/2$.
- El ascensor cae libremente.

Problema 2. En el sistema mostrado en la figura, suponiendo que el cuerpo de masa m_1 está sometido a una fuerza horizontal \vec{F} y considerando nulo el rozamiento para todas las superficies en contacto:

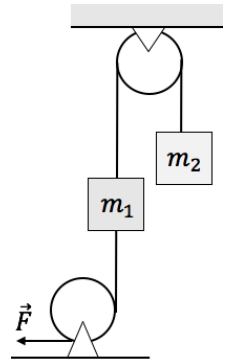


- Realice un diagrama indicando las fuerzas a que se verá sometido cada cuerpo, identificando aquellas que forman un par de acción y reacción.
- Obtenga una expresión para la aceleración de los cuerpos respecto de tierra.
- Obtenga una expresión para la fuerza que resulta de la interacción entre ambos cuerpos.
- En la expresión obtenida anteriormente, discuta la dependencia entre la fuerza que resulta de la interacción entre ambos cuerpos y sus masas.

Problema 3. Responda y fundamente las siguientes preguntas:

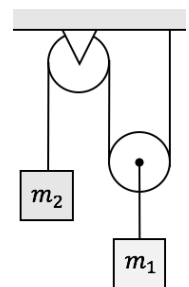
- ¿Es posible que exista movimiento en ausencia de una fuerza?
- Si una única fuerza actúa sobre un objeto, ¿se acelerará el objeto?
- Si un objeto no experimenta aceleración, ¿podemos decir que no actúa ninguna fuerza sobre él?

Problema 4. Calcule la aceleración de los cuerpos de la figura y la tensión en la cuerda entre éstos. Resuelva primero el problema algebraicamente y luego encuentre la solución numérica para $m_1 = 50\text{ g}$, $m_2 = 80\text{ g}$ y $|\vec{F}| = 10^5\text{ dinas}$.

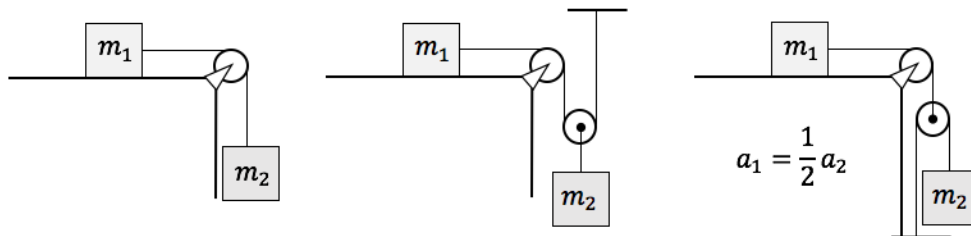


Problema 5. Dos cuerpos están conectados por una cuerda como se muestra en la figura. Suponiendo que las poleas son ideales, calcule la aceleración de los cuerpos y la tensión en la cuerda.

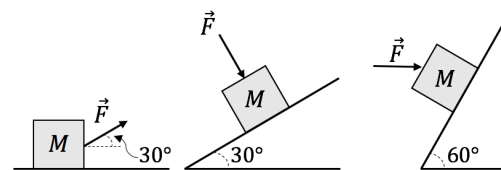
Resuelva algebraicamente y aplique luego la solución al caso en que m_1 es igual a 8 kg y m_2 es igual a 2 kg .



Problema 6. * Calcule la aceleración de los cuerpos m_1 y m_2 y las tensiones en las cuerdas para cada figura. Todas las poleas tienen peso despreciable y los cuerpos se deslizan sin fricción. Resuelva algebraicamente y luego para $m_1 = 499.07 g$, y $m_2 = 9.98 g$.



Problema 7. Cada uno de los cuerpos de masa M que se muestran en la figura permanecen en reposo, y en cada caso la magnitud de la fuerza \vec{F} aplicada sobre los mismos es de $Mg/2$. ¿Cuál es, en cada caso, la fuerza normal ejercida por la superficie de contacto sobre los cuerpos y el coeficiente de fricción estático mínimo necesario?

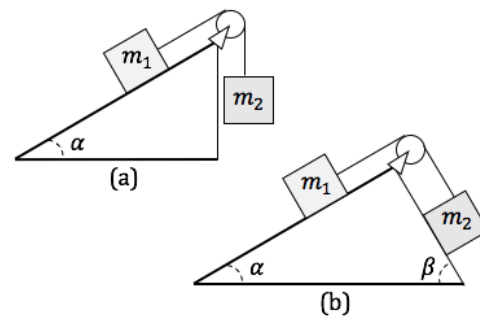


Problema 8. * Se tiene un objeto de masa m sobre un plano con coeficiente de rozamiento estático μ_e . El ángulo de inclinación α que debe darse a dicho plano a fin de que el objeto se encuentre en condición de deslizamiento inminente, ¿depende de la masa del objeto? ¿Y del tipo de superficie en contacto el plano?

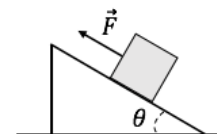
Problema 9. Si usted empuja una pesada caja que está en reposo, necesitaría cierta fuerza \vec{F} para que inicie su movimiento. Sin embargo, una vez en movimiento solo se necesita una fuerza muy pequeña para mantener ese movimiento. ¿Por qué?

Problema 10. Determine la aceleración con la cual se mueven los cuerpos de las figuras (a) y (b) y también las tensiones en las cuerdas.

- a) Suponga que los cuerpos se deslizan sin fricción. Resuelva algebraicamente y luego para $m_1 = 200 g$, $m_2 = 180 g$, $\alpha = 30^\circ$ y $\beta = 60^\circ$.
- b) Repita el problema anterior cuando hay fricción en la figura (a) ($\mu_d = 0.2$). Determine el sentido del movimiento.



Problema 11. Sobre un plano inclinado ($\theta = 30^\circ$) con respecto a la horizontal, reposa un cuerpo de masa $20 kg$. Los coeficientes de rozamiento estático y dinámico, entre el cuerpo y la superficie son $\mu_e = 0.40$ y $\mu_d = 0.30$, respectivamente.

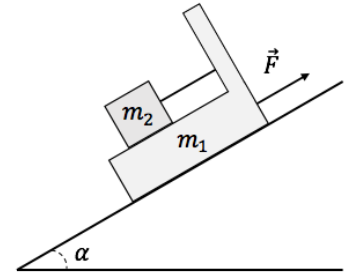


- a) Determine para que rango de valores de la fuerza $|\vec{F}|$ el cuerpo se encuentra en equilibrio, evitando que:
 - i. Deslice hacia abajo del plano inclinado.
 - ii. Suba por el plano inclinado.
- b) Determine la aceleración del cuerpo y la fuerza de rozamiento (indicando magnitud, dirección y si es estática o dinámica), si la intensidad de la fuerza \vec{F} es:
 - i. $|\vec{F}| = 56 N$ ii. $|\vec{F}| = 184 N$ iii. $|\vec{F}| = 10 N$ iv. $|\vec{F}| = 100 N$ v. $|\vec{F}| = 224 N$

Problema 12. Una niña está sentada sobre un trineo y le pide a un niño que la ayude a deslizar sobre un tramo horizontal con rozamiento. El niño tiene la opción de (a) empujarla de los hombros o (b) tirar de una cuerda atada al trineo (ver figura). Si el ángulo es el mismo en los dos casos, ¿cuál de las dos opciones requiere menos fuerza?

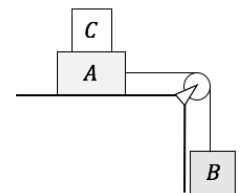


Problema 13. En el sistema mostrado en la figura se somete al cuerpo de masa m_1 a una fuerza \vec{F} . Suponiendo que existe rozamiento entre m_1 y el plano (con coeficientes estático, μ_e , y dinámico, μ_d), y que la cuerda con que se sujeta m_2 es inextensible:



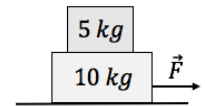
- Obtenga una expresión de la fuerza mínima necesaria para iniciar el movimiento hacia arriba.
- Suponiendo una fuerza el doble de la calculada en a) obtenga expresiones para la aceleración de cada cuerpo y para el esfuerzo a que se verá sometida la cuerda.
- Si suponemos que la cuerda se rompe cuando tiramos de sus extremos con una fuerza de 150 N , determine la máxima fuerza \vec{F} a que podemos someter al sistema, si deseamos evitar la ruptura de la cuerda para el caso en que $m_1 = 10\text{ kg}$, $m_2 = 5\text{ kg}$, $\alpha = 30^\circ$, $\mu_e = 0.5$ y $\mu_d = 0.3$.

Problema 14. Las masas A y B en la figura son, respectivamente de 10 kg y 5 kg . Los coeficientes de rozamiento estático y dinámico entre A y la mesa son de 0.40 y 0.20 , respectivamente.



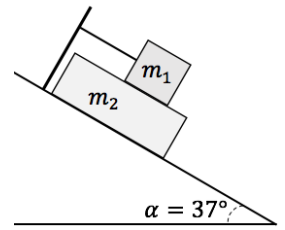
- Encuentre la masa mínima de C que evitará el movimiento de A .
- Calcule la aceleración del sistema si C se separa del mismo.
- Para el caso indicado en b), determine cuánto tiempo tarda la masa B en descender 0.2 m .

Problema 15. Un cuerpo de 5 kg masa está apoyado sobre otro de 10 kg , el cual está apoyado sobre una mesa horizontal libre de rozamiento (ver figura). Suponiendo que entre los cuerpos los coeficientes de rozamiento estático y dinámico valen respectivamente 0.5 y 0.2 :



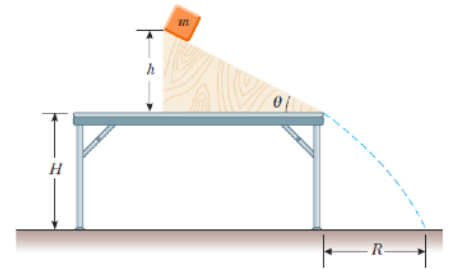
- Obtenga una expresión para la aceleración horizontal mínima que producirá el deslizamiento relativo entre los cuerpos.
- Si aplicamos una fuerza cuyo valor es la mitad de la mínima requerida en a), determine la fuerza de rozamiento entre los cuerpos.
- Si la fuerza aplicada es el doble de la calculada en a), determine la aceleración de cada cuerpo respecto de Tierra.

Problema 16. En el sistema mostrado en la figura, el cuerpo m_1 cuya masa es de 9 kg , se encuentra apoyada sobre el cuerpo m_2 cuya masa es de 3 kg , ambos están apoyados sobre un plano inclinado sin rozamiento. El cuerpo m_1 está sujeto a la pared mediante una cuerda paralela al plano inclinado y las superficies entre ambos cuerpos son rugosas.



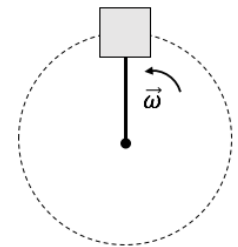
- Realice diagramas de cuerpo aislado para el caso general e indique pares acción y reacción.
- Determine el mínimo valor del coeficiente de rozamiento estático que garantiza el equilibrio del sistema, y la tensión en la cuerda para esta situación.
- Suponiendo que el rozamiento estático real entre ambos cuerpos es menor que el calculado en el inciso b) y sabiendo que el coeficiente de rozamiento dinámico es de 0.125 , determine la aceleración del cuerpo de masa m_2 .

Problema 17. Un bloque de masa $m = 2\text{ kg}$ se suelta desde el reposo sobre un plano inclinado ($\theta = 30^\circ$) y desde una altura $h = 0.5\text{ m}$ por encima de la superficie de una mesa. El plano inclinado sin fricción está fijo a una mesa de altura $H = 2\text{ m}$ (ver figura).



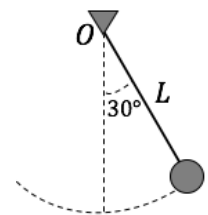
- Determine la aceleración del bloque cuando desliza sobre el plano inclinado.
- ¿Cuál es la velocidad del bloque en el instante en que abandona al plano inclinado?
- ¿A que distancia R de la base de la mesa impacta con el suelo?
- ¿Qué intervalo de tiempo transcurre desde que se suelta el bloque sobre lo alto del plano inclinado hasta que impacta el suelo?
- La magnitud de la masa del bloque, ¿afecta alguno de los cálculos anteriores?

Problema 18. Un pequeño bloque de 1 kg de masa está atado a una cuerda de 0.6 m y gira a 60 r.p.m. en un círculo vertical. Calcule la tensión en la cuerda cuando el bloque se encuentra:



- en el punto más alto del círculo,
- cuando la cuerda está horizontal y
- en el punto más bajo.
- Calcule la velocidad lineal que debe tener el bloque en el punto más alto a fin de que la tensión en la cuerda sea cero.

Problema 19. Un péndulo puntual de 2 m de longitud de cuerda describe un arco de circunferencia sobre un plano vertical. Si la tensión de la cuerda es 2.5 veces el peso de la esferilla en la posición mostrada, halle las magnitudes de la velocidad y de la aceleración en tal posición.

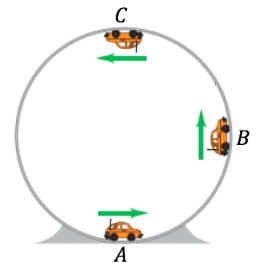


Problema 20. Una curva de una autopista cuyo radio es de 300 m no tiene peralte. Suponga que el coeficiente de fricción estático entre la llanta y el asfalto seco es de 0.75 , entre la llanta y el asfalto húmedo es de 0.50 y entre la llanta y el hielo es de 0.25 . Determine la máxima velocidad con la cual se puede pasar la curva con seguridad:

- en días secos,
- en días lluviosos y
- en días en que ha nevado.
- Suponiendo nulo el rozamiento, averigüe qué peralte debería darse a la curva para que el vehículo circule a una rapidez V_{max} de 90 km/h sin desplazarse lateralmente.
- Repita para $V_{max} = 260\text{ km/h}$.

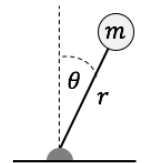
Problema 21.

Un automovilista recorre el círculo como se observa en la figura. Indique las fuerzas que actúan sobre el automovilista en los puntos A, B y C. ¿Cuál debe ser la mínima velocidad en el punto C para que permanezca en contacto con la pista?



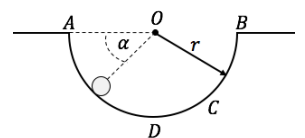
Problema 22. La esfera de masa m esta sostenida por una ligera varilla girando alrededor del eje horizontal en O como muestra la figura. La distancia entre O y el centro de la esfera es r .

- Si la esfera se suelta partiendo del reposo con un ángulo θ igual a cero, determine el valor de θ para el cual la fuerza en la barra cambia de compresión a tensión.
- Si cuando, en su oscilación, la esfera pasa por su posición horizontal la tensión de la varilla es k -veces el peso de la esfera, determine la expresión de la velocidad v de la misma en función de k .

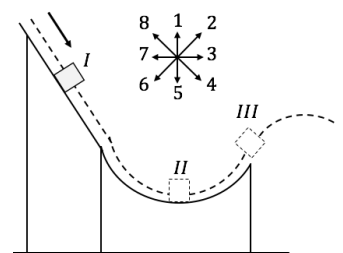


Problema 23. Una pequeña bola de masa m , inicialmente en A, se desliza sobre una superficie circular lisa ADB . Demuestre que para cualquier valor de α la velocidad angular y la fuerza ejercida por la superficie sobre la bola son:

$$\omega^2 = [(2g \text{ sen } \alpha)/r] , \quad N = mg(3 \text{ sen } \alpha)$$



Problema 24. En el diagrama se muestra un bloque que se desliza a lo largo de una pista sin fricción y que sigue la trayectoria punteada. Las ocho flechas numeradas en el diagrama representan las direcciones a las que podrá referirse en sus respuestas a las tres preguntas siguientes:

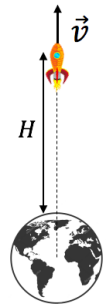


- En la posición I (tramo recto), ¿por cuál de las flechas del diagrama, se representa mejor la dirección de la aceleración del bloque?
 - 1
 - 2
 - 4
 - 5
 - Ninguna.
- En la posición II, ¿por cuál de las flechas del diagrama, se representa mejor la dirección de la aceleración del bloque?
 - 1
 - 2
 - 3
 - 7
 - Ninguna.
- En la posición III (caída libre), ¿por cuál de las flechas del diagrama, se representa mejor la dirección de la aceleración del bloque?
 - 1
 - 3
 - 5
 - 7
 - Ninguna, la aceleración es cero.

Realice diagramas de cuerpo aislado para el bloque en cada uno de las tres posiciones.

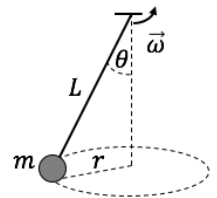
Problema 25. Desde la superficie de la tierra se dispara verticalmente un proyectil con una velocidad inicial de 10 km/s . Sin tener en cuenta el efecto producido por la atmósfera, ¿a qué altura subirá sobre la superficie de la Tierra? ($R_T = 6380 \text{ km}$, $G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$, $M_T = 5.97 \times 10^{24} \text{ kg}$)

Problema 26. Mediante el lanzamiento desde un casquete polar, un cohete impulsa una sonda espacial, verticalmente hacia arriba, de manera que al finalizar la combustión el sistema (quedando sometido únicamente a la interacción con el campo gravitatorio terrestre) se encuentra a $H = 250 \text{ km}$ de altura sobre la superficie terrestre y desplazándose con una rapidez $V = 25000 \text{ km/h}$.



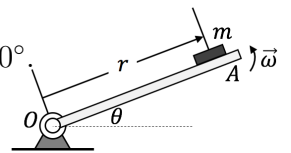
- Obtenga una expresión para la velocidad de la sonda en función de su distancia al centro de la Tierra.
- Determine la máxima altura alcanzada por la sonda.
- Determine la velocidad de impacto con la superficie terrestre (en el viaje de retorno).
- Determine qué velocidad debería haber alcanzado a los 250 km de altura si deseáramos que la sonda escape del campo gravitatorio terrestre.

Problema 27. Refiriéndose al péndulo cónico de la figura que rota en un círculo horizontal con una velocidad angular ω , calcule la tensión en la cuerda y el ángulo que hace con la vertical para el caso cuando $m = 12 \text{ kg}$, $L = 1.16 \text{ m}$ y $\omega = 3 \text{ rad/s}$.



Problema 28. La barra \overline{OA} gira con una velocidad angular antihoraria constante de 3 rad/s . Cuando pasa por la posición $\theta = 0^\circ$ se le coloca un pequeño bloque de masa m a una distancia radial de 0.45 m . Se observa que el bloque comienza a resbalar para $\theta = 50^\circ$.

- Realice el diagrama de cuerpo aislado para el cuerpo de masa m cuando $\theta < 50^\circ$.
- Halle el coeficiente de rozamiento estático entre el bloque y la barra.
- ¿Cuál es la trayectoria de dicho cuerpo mientras $\theta < 50^\circ$?



Problema 29. En la figura se muestra un cuerpo de masa m que se lanza con velocidad \vec{V}_0 sobre una superficie horizontal lisa para interactuar con un resorte de masa despreciable y constante elástica k .



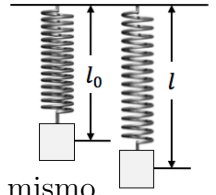
- Obtenga una expresión para la velocidad del cuerpo en función de la compresión del resorte.
- Obtenga una expresión para la máxima compresión del resorte.

Problema 30. Un bloque de 200 gr conectado a un resorte ligero, con una constante de fuerza elástica de 5 N/m , está libre para oscilar sobre una superficie horizontal sin fricción. El bloque se desplaza 5 cm desde el equilibrio y se suelta desde el reposo.

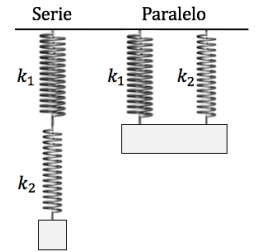
- Encuentre el período de su movimiento.
- Expresa la posición, la velocidad y aceleración como funciones del tiempo.
- Determine la rapidez máxima y la aceleración máxima del bloque.
- ¿Cuánto tiempo tarda el bloque en pasar por una posición a 3 cm del origen?
- Si el bloque se suelta de la misma posición inicial pero con una rapidez inicial $v_i = -0.1 \text{ m/s}$, ¿cuáles son las nuevas respuestas a los incisos anteriores?

Problema 31. La figura muestra un cuerpo de masa M que cuelga de un resorte de constante elástica k , que se supone inicialmente sin deformar cuando se lo deja en libertad.

- Obtenga una expresión para la deformación del resorte en el instante en que el cuerpo pasa por su posición de equilibrio.
- Plantee la ecuación diferencial cuya solución permitiría contar con una descripción del movimiento del cuerpo respecto de un sistema de referencia fijo a tierra.
- Obtenga una expresión para el período de oscilación del cuerpo y la frecuencia del mismo.



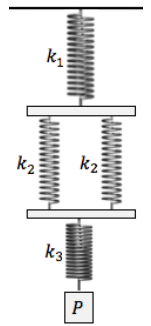
Problema 32. Dos resortes de masa despreciable, cuyas constantes elásticas son $k_1 = 150 \text{ N/m}$ y $k_2 = 180 \text{ N/m}$, son utilizados para mantener suspendido un objeto cuya masa es $m = 2 \text{ kg}$. Para las dos configuraciones posibles que se muestran en el esquema, determine:



- El valor de la constante elástica equivalente.
- El alargamiento producido por cada resorte.
- El período de oscilación

Compare los resultados obtenidos.

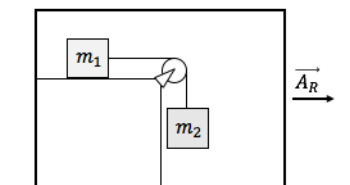
Problema 33. Una carga P está colgada del techo mediante un sistema de resortes dispuesto como se muestre en la figura. Las barras horizontales son de peso despreciable. Determine la constante elástica equivalente del sistema.



Problema 34. ¿Cuál es la diferencia de longitud entre dos péndulos de masas iguales si se encuentran uno en Bogotá y el otro en el Ecuador, donde las aceleraciones de la gravedad respectivas son $979,5 \text{ cm/s}^2$ y 978 cm/s^2 , y ambos tienen un período de 1 s ?

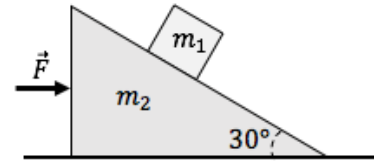
Problema 35. Dos masas idénticas sujetas a resortes iguales están sobre una superficie libre de rozamiento. Un resorte se estira 10 cm y el otro 5 cm . Si se sueltan al mismo tiempo y desde el reposo, ¿cuál de los dos cuerpos alcanza primero la posición de equilibrio (sin deformar)? Realice un único gráfico cualitativo para las posiciones en función del tiempo de cada masa.

Problema 36. En la figura se muestra un recinto que puede acelerarse horizontalmente. Suponiendo libre de rozamiento a todas las superficies en contacto y que la cuerda que une los cuerpos m_1 y m_2 es inextensible y sin peso:



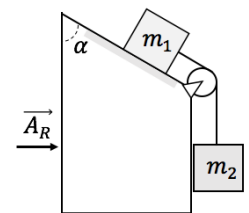
- Obtenga una expresión para la aceleración del recinto, cuando el sistema de cuerpos está en equilibrio respecto del recinto.
- Si damos al recinto una aceleración cuyo módulo es la mitad de la calculada en a), determine la aceleración de cada cuerpo respecto del recinto y respecto de Tierra.
- En los casos a) y b) determine el esfuerzo en la cuerda y las fuerzas de contacto con las superficies.
- En un laboratorio se logra medir la aceleración del recinto para el caso a), obteniendo un valor de $A_R = 1.7481 \text{ m/s}^2$, con un error absoluto de $E_{A_R} = 0.1462 \text{ m/s}^2$. Expresar correctamente el valor medido considerando para el error:
 - 1 cifra significativa.
 - 2 cifras significativas.

Problema 37. En la figura se muestra un cuerpo de masa m_1 apoyado sobre una cuña de masa m_2 cuya inclinación respecto de la horizontal es 30° . Suponiendo todas las superficies en contacto libres de rozamiento:



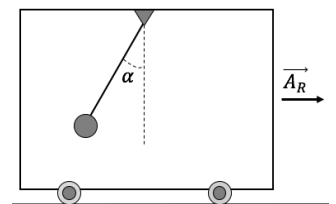
- Obtenga una expresión para la aceleración horizontal de la cuña, para mantener a m_1 en equilibrio respecto de la misma.
- Obtenga una expresión para la fuerza horizontal que aplicada sobre la cuña produce la aceleración calculada en a).
- Si damos a la cuña una aceleración dos veces mayor que la calculada en a) obtenga la aceleración del cuerpo respecto de la cuña y respecto de Tierra.
- En este caso, determine el valor de la fuerza que resulta de la interacción entre la cuña y el cuerpo.
- Si damos a la cuña una aceleración que es la mitad de la calculada en a), repita los incisos c) y d).
- Las masas son medidas en el laboratorio con balanzas de diferente apreciación, obteniéndose: $m_1 = (0.1237 \pm 0.0001) \text{ kg}$ y $m_2 = (2.24 \pm 0.01) \text{ kg}$ ¿Qué medición es más exacta y cuál es de mejor calidad? Justifique.

Problema 38. Dos masas, inicialmente en reposo, se encuentran unidas por una soga inextensible y de masa despreciable como muestra la figura. Considere que solamente entre m_1 y el plano inclinado hay rozamiento, siendo $\mu_e = 0.7$ y $\mu_d = 0.5$, $m_1 = 3 \text{ kg}$ y $m_2 = 1 \text{ kg}$ y $\alpha = 60^\circ$.



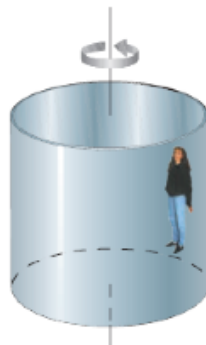
- Realice los diagramas de cuerpo aislado para cada masa, desde un SRI, con sus correspondientes sumatorias de fuerzas.
- Realice los diagramas de cuerpo aislado para cada masa, desde un SRNI, con sus correspondientes sumatorias de fuerzas.
- Obtenga una expresión para la aceleración horizontal mínima hacia la derecha que debe darse al plano inclinado (\vec{A}_R), cuando el sistema de cuerpos está en equilibrio respecto del mismo.
- Si damos al plano inclinado una aceleración cuyo módulo es la mitad de la calculada en el inciso b), determine el vector aceleración para cada cuerpo, respecto de Tierra.
- En los casos planteados en c) y d) determine el esfuerzo en la cuerda y las fuerzas de contacto con las superficies.

Problema 39. La figura muestra un péndulo de masa m y longitud L , en equilibrio respecto de un recinto, que tiene una aceleración A_R horizontal y constante, respecto de un sistema de referencia fijo a Tierra.



- Obtenga una expresión para el ángulo de equilibrio (α_{equil}).
- Obtenga una expresión para el esfuerzo a que se verá sometida la cuerda.
- Suponiendo que el péndulo se deja en libertad desde aquella posición en que la cuerda se mantiene tensa y horizontalmente ($\alpha_0 = 90^\circ$), obtenga una expresión para el esfuerzo a que se verá sometida la cuerda en función de la aceleración del recinto y de la coordenada angular indicada.

Problema 40. Un juego de parque de diversiones consiste de un cilindro vertical largo que gira sobre su eje lo suficientemente rápido para que una persona quede *pegada* contra la pared sin tocar el suelo. El coeficiente de rozamiento estático entre la persona y la pared es μ_{est} y el radio del cilindro es R . Demuestre que la velocidad angular mínima para evitar que la persona caiga es $\omega = \sqrt{g/\mu_{est}R}$.



- Resuelva desde un sistema de referencia solidario al cilindro.
- Resuelva desde un sistema de referencia fijo a Tierra.

Problema 41. Resolver el problema 27 desde un sistema de referencia en rotación con origen en el centro del círculo de la trayectoria del péndulo y en el cual el péndulo esté en reposo.

Problema 42. Se deja caer un cuerpo desde una altura h sobre el Ecuador terrestre, ¿cuánto se desvía el cuerpo hacia el Este?

Algunas respuestas

- 1) a) $T = mg, T' = mg/(2\text{sen}\theta)$
 b) $T = (3/2)mg, T' = 3mg/(4\text{sen}\theta)$
 c) $T = (1/2)mg, T' = mg/(4\text{sen}\theta)$
 d) $T = T' = 0$
- 2) a) $a = F/(m_1 + m_2)$ c) $R = m_2 F/(m_1 + m_2)$
- 4) 543 cm/s^2
- 5) $2.45 \text{ m/s}^2, 4.90 \text{ m/s}^2$ (distinto sentido)
- 6) a) $a_1 = m_2 g/(m_1 + m_2) = a_2$
 b) $a_1 = 2m_2 g/(4m_1 + m_2), a_2 = a_1/2$
 c) $a_1 = 2m_2 g/(m_1 + 4m_2), a_2 = 2a_1$
- 7) a) $N = (3/4)Mg, \mu_e = 0.577$
 b) $N = 1.366Mg, \mu_e = 0.366$
 c) $N = 0.933Mg, \mu_e = 0.660$
- 10) a) 2.06 m/s^2 (fig a), 1.44 m/s^2 (fig b)
- 11) I-a) $30.1 \leq F \leq 98.0 \text{ N}$
 b) $98.0 \leq F \leq 165.9 \text{ N}$
 II-a) $a = 0, F_{rest} = 42 \text{ N}$ (hacia arriba)
 b) $a = 1.75 \text{ m/s}^2$ sube, $F_{rdin} = 50.9 \text{ N}$ (h/ abajo)
 c) $a = 1.85 \text{ m/s}^2$ baja, $F_{rdin} = 50.9 \text{ N}$ (h/ abajo)
 d) $a = 0, F_{rest} = 2 \text{ N}$ (h/ abajo)
 e) $a = 3.75 \text{ m/s}^2$ sube, $F_{rdin} = 50.9 \text{ N}$ (h/ abajo)
- 13) a) $F = (m_1 + m_2)g[\text{sen}\alpha + \mu_e \text{cos}\alpha]$
 b) $a = g[\text{sen}\alpha + \text{cos}\alpha(2\mu_e - \mu_d)]$
 c) $F = 488.2 \text{ N}$
- 14) a) 2.5 kg b) 1.96 m/s^2 c) 0.45 s
- 15) a) 4.9 m/s^2 ($F = 73.5 \text{ N}$) b) 12.25 N
 c) $a_1 = 1.96 \text{ m/s}^2, a_2 = 13.72 \text{ m/s}^2$
- 16) b) $\mu_e = \text{tg}\theta(m_2/m_1)$ c) 2.94 m/s^2
- 17) a) 4.9 m/s^2 , b) 3.13 m/s , c) 1.36 m ,
 d) 1.14 s
- 18) a) 13.9 N , b) 23.7 N , c) 33.5 N , d) 2.42 m/s
- 19) $v = 5.66 \text{ m/s}, a = 16.73 \text{ m/s}^2$
- 20) a) 169 km/h b) 138 km/h
 c) 98 km/h d) 12° e) 60°
- 22) a) 48.19° , b) $(kRg)^{1/2}$
- 25) $2.5 \times 10^4 \text{ km}$
- 26) a) $v^2 = v_0^2 - 2GM(r_0^{-1} - r^{-1})$ b) 11093 km
 c) 26190 km/h d) 39415 km/h
- 27) 20.16°
- 28) a) 0.549
- 29) a) $v^2 = v_0^2 - (k/m)x^2$, b) $(mv_0^2/k)^{1/2}$
- 30) a) 1.25 s , b) $x(t) = 5 \text{ cm cos}\omega t; \omega = 5\text{s}^{-1}$
 c) $25 \text{ cm/s}, 125 \text{ cm/s}^2$, d) $t = 0.185 \text{ s}$
 e) $x(t) = 5.36 \text{ cm cos}(\omega t + 0.38)$
- 31) a) $\delta_0 = mg/k$
- 32) a) $k_{serie} = 81.8 \text{ N/m}, k_{par} = 330.0 \text{ N/m}$
 b) serie: $\delta_1 = 0.131 \text{ m}, \delta_2 = 0.109 \text{ m}$,
 paralelo: $\delta_1 = \delta_2 = 0.059 \text{ m}$
 c) $T_{serie} = 0.98 \text{ s}, T_{par} = 0.49 \text{ s}$
- 33) b) $kx = m\ddot{x}$
- 34) 0.04 cm
- 35) $k_{eq} = \frac{2k_1 k_2 k_3}{2k_2 k_3 + k_1 k_3 + 2k_1 k_2}$
- 36) a) $A_R = m_2 g/m_1$
 b) $a_{1/R} = \frac{m_2 g}{2(m_1 + m_2)} \hat{i}$ $a_{2/R} = \frac{-m_2 g}{2(m_1 + m_2)} \hat{j}$
 $a_{1/T} = \frac{m_2 g(2m_1 + m_2)}{2m_1(m_1 + m_2)} \hat{i}$
 $a_{2/T} = \frac{m_2 g}{2} \left(\frac{\hat{i}}{m_1} - \frac{\hat{j}}{(m_1 + m_2)} \right)$
- 36) a) $g \text{ tg } \alpha$, b) $(m_1 + m_2)g \text{ tg } \alpha$
 c) $a_{1/2} = -g \sin \alpha$ (sube)
 e) $a_{1/2} = (g/2) \sin \alpha$ (baja)
- 39) a) $\text{tg } \alpha = A_R/g$ b) $T = mg/\cos \alpha$
 c) $T = m[3g\text{cos}\theta + 3A_R\text{sen}\theta - 2A_R]$
 θ es el ángulo formado entre la cuerda y la dirección vertical
- 42) $\frac{g\omega}{3} \left(\frac{2h}{g} \right)^{3/2}$