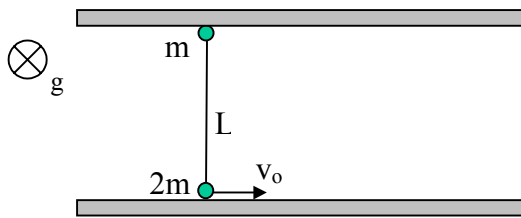


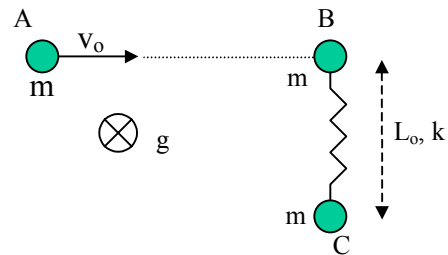
G. SISTEMAS DE PARTICULAS Y SOLIDOS

G.1.- Considere un sistema de dos partículas de masas m y $2m$, respectivamente, unidas por una cuerda inextensible de largo L y colocadas sobre una superficie horizontal entre dos paredes paralelas, como se indica en la figura. El roce con la superficie es despreciable. Inicialmente la línea que une a las dos partículas es perpendicular a las 2 paredes. Se da un impulso a la partícula de masa $2m$, de modo que su velocidad inicial es v_0 paralela a las paredes, determine:

- el tiempo que transcurre antes de que alguna de las dos masas choque con una de las paredes
- la tensión en la cuerda justo antes del impacto



(Prob. G.1)



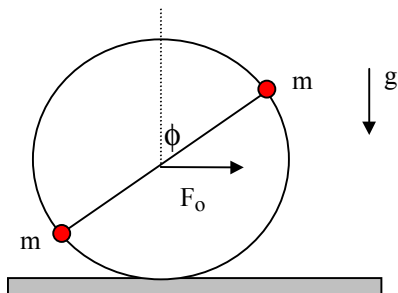
(Prob. G.2)

G.2.- Considere el sistema formado por tres partículas A, B y C todas de masa m , colocadas sobre una superficie horizontal, sobre la cual pueden deslizarse con roce despreciable. Las masas B y C están en reposo, unidas entre sí por un resorte de constante elástica k y largo natural L_0 . La partícula A choca con la partícula B a una velocidad v_0 en la dirección indicada en la figura. Si las partículas A y B quedan unidas después del choque determine:

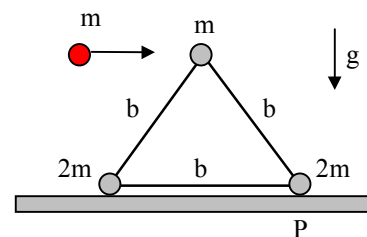
- el movimiento resultante del centro de masa del sistema.
- el ángulo de giro θ del sistema en función del largo del resorte L .
- el estiramiento máximo del resorte.

G.3.- Dos partículas de igual masa m están pegadas en los extremos de una barra rígida, que corresponde al diámetro de un aro de radio R . La masa del aro y de la barra son despreciables, en comparación con la masa de ambas partículas. Inicialmente el sistema está en reposo, colocado sobre una superficie horizontal y con la barra en posición vertical. Suponga que sobre el punto medio de la barra se aplica una fuerza F_0 constante, en dirección horizontal. En ese caso la aceleración resultante del centro de masa del sistema es a . Si el roce entre el aro y la superficie fuera nulo, la aceleración resultante del centro de masa sería $2a$. Con estas condiciones deduzca:

- el valor de la aceleración angular de rotación del sistema ¿Qué distancia recorre el centro de masa cuando el aro completa exactamente una vuelta?
- la velocidad y aceleración de un punto P del aro en el momento que toma contacto con la superficie ¿qué condiciones debe cumplir el coeficiente de roce μ para que este movimiento sea posible?

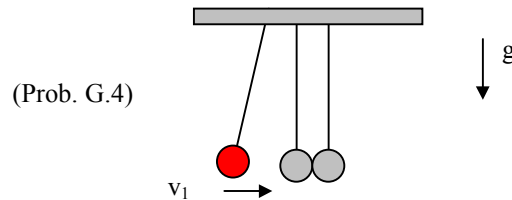


(Prob. G.3)



(Prob. G.4)

G.4.- Considere un conjunto de tres partículas de masas m , $2m$ y $2m$ formando un triángulo equilátero. Las partículas están unidas por barras de masa despreciable y largo b . Este sistema, inicialmente en reposo, es impactado por una cuarta partícula, de masa m , que se mueve en el instante del choque con una velocidad v_0 horizontal. Por efecto del choque las dos partículas de masa m quedan pegadas y el sistema tiende a volcarse de forma tal que la partícula basal en el punto P no desliza debido al roce estático con la superficie. Determine el valor máximo de v_0 para que el sistema no alcance a volcarse.



G.5.- Considere un sistema constituido por 3 esferas de masa m que están suspendidas por cuerdas de igual largo tal como se indica en la figura adjunta. Si la primera esfera se deja caer desde un cierto ángulo, de modo que golpea la segunda esfera con una rapidez v_1 , encuentre la rapidez de la tercera esfera (v_3) inmediatamente luego de ser golpeada por la segunda. Asuma que el coeficiente de restitución en cada choque es ϵ . Generalice el resultado al choque consecutivo de n esferas.

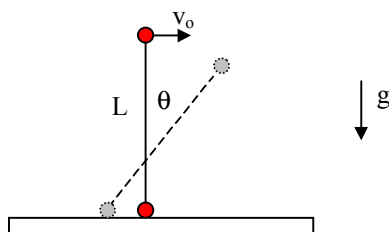
G.6.- Dos partículas de masa m_1 y m_2 se mueven de modo tal que su velocidad relativa es v y la velocidad de su centro de masas es V_{cm} . Demostar que la energía cinética total es

$$K = \frac{1}{2} M V_{cm}^2 + \frac{1}{2} \mu v^2$$

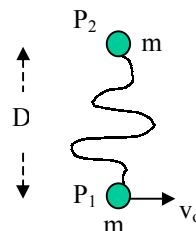
donde M es la masa total del sistema y μ es su masa reducida.

G.7.- Suponga que momento angular de la Luna alrededor de la Tierra es L . Encuentre el momento angular respecto al centro de masa del sistema constituido por la Tierra y la Luna. Las masas de la Tierra y de la Luna son M_T y M_L , respectivamente.

G.8.- El sistema de 2 partículas de masa m cada una mostrado en la figura está unido por una barra rígida de masa despreciable y largo L . Inicialmente la barra se encuentra en posición vertical y en reposo, con una de las partículas apoyada sobre una superficie horizontal con la cual tiene un roce despreciable. El sistema cae al darle una velocidad v_0 a la partícula en el extremo superior de la barra. Encuentre una expresión para la magnitud de la fuerza que la superficie ejerce sobre la partícula que está en contacto con ella, en función del ángulo θ que la barra forma con la vertical.



(Prob. 8)



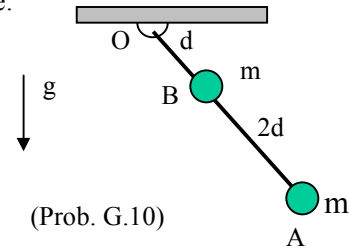
(Prob. 9)

G.9.- Las partículas P_1 y P_2 , de igual masa m , deslizan con roce despreciable sobre una superficie horizontal fija. Las partículas están unidas entre si por una cuerda inextensible de largo $2D$. En el instante inicial la partícula P_1 se encuentra en reposo a una distancia D de P_2 , que se está moviendo con una velocidad v_0 en una dirección perpendicular a la recta entre las dos partículas. Determine:

- la rapidez angular de rotación de la cuerda una vez que se encuentra completamente estirada.
- la variación de energía cinética que experimenta el sistema cuando se estira la cuerda.

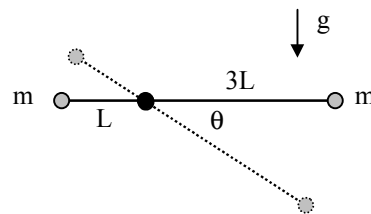
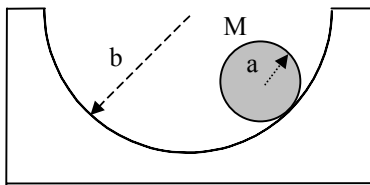
G.10.- La barra OA de largo $3d$ y de masa despreciable gira sin roce en torno de un eje horizontal que pasa por su extremo superior. En la posición B y en el extremo A de la barra se encuentran fijas dos partículas, ambas de masa m . El sistema se libera desde el reposo cuando la barra está en posición horizontal. Para la posición en la cual la barra forma un ángulo θ con la horizontal determine:

- el momento angular del sistema en torno a O.
- la velocidad angular de la barra.
- la aceleración angular de la barra.
- la fuerza que el eje ejerce sobre la barra



G.11.- Un disco homogéneo de radio a y masa M rueda sin resbalar sobre una superficie cilíndrica de eje horizontal y radio b .

- escriba las ecuaciones de movimiento para el disco.
- determine el periodo de las pequeñas oscilaciones en torno a la posición de equilibrio estable.

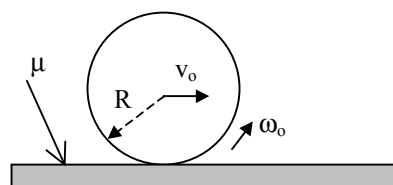
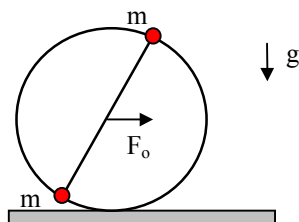


G.12.- Considere un sistema de dos partículas, ambas de masa m , unidas por una barra de largo $4L$ y masa despreciable. La barra rota libremente alrededor de un eje horizontal colocado a una distancia L de uno de sus extremos, como se indica en la figura. El sistema se libera desde el reposo, con la barra colocada en posición horizontal. Determine expresiones para las siguientes variables, en función del ángulo θ que forma la barra con la horizontal:

- rapidez de la partícula que se encuentra a una distancia $3L$ del eje.
- aceleración angular de la barra.
- magnitud de la fuerza que se ejerce sobre el eje.

G.13.- Dos partículas de igual masa m están pegadas a un aro de radio R y masa despreciable y a los extremos de una barra rígida fija al aro y de masa también despreciable, cuya longitud coincide con el diámetro del aro. El sistema está inicialmente en reposo sobre una superficie horizontal, con la barra en posición vertical. Al aplicar una fuerza F_o constante sobre el punto medio de la barra, en dirección horizontal, la aceleración resultante del centro de masa del sistema es a . Por otra parte se conoce que si el roce entre el aro y la superficie fuera nulo la aceleración resultante del centro de masa sería $2a$. Con esta información determine:

- la aceleración angular ϕ que experimenta el sistema.
- la distancia que recorre el centro de masa cuando el aro completa una vuelta.

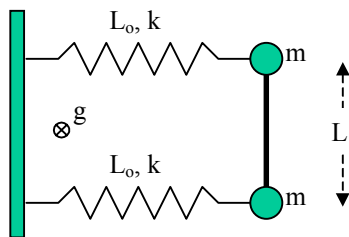


G.14.- Se presiona con un dedo una bolita de radio R y masa M , colocada sobre una superficie horizontal, de manera que esta sale proyectada a lo largo de una superficie horizontal con una velocidad lineal v_o y una velocidad angular ω_o como se indica en la figura. El coeficiente de roce estático y cinético entre la bolita y la superficie es μ . Determine:

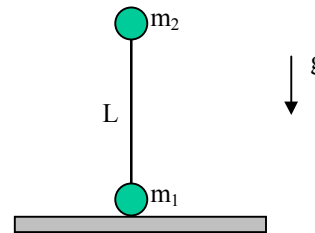
- la relación que debe existir entre v_o , R y ω_o para que la bolita se detenga en algún momento.
- que relación debe existir entre v_o , R y ω_o para que la bolita regrese al punto de partida con una velocidad igual a $v_o/3$

G.15.- Considere un sistema de dos partículas de masa m , unidas entre si por una barra rígida de largo $2L$ y masa despreciable. Las partículas se encuentran inicialmente en reposo sobre una superficie horizontal con la cual no tienen roce, y están unidas a una pared por sendos resortes de largo natural L_o y constante elástica k , como se indica en la figura. Si a una de las dos partículas se le da un pequeño impulso en dirección perpendicular a la pared, determine:

- ecuación de movimiento del centro de masa y el periodo de sus pequeñas oscilaciones.
- ecuación de movimiento con respecto al centro de masa del sistema y el periodo de pequeñas oscilaciones del ángulo que forma la barra con la dirección paralela a la pared.



(Prob. G.15)

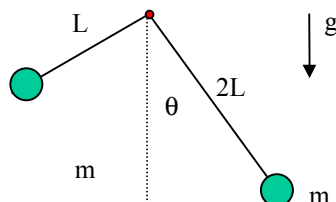


(Prob. G.16)

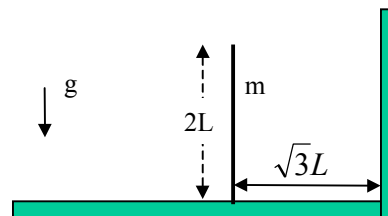
G.16.- Considere un sistema formado por dos partículas de masas m_1 y m_2 ($m_1 < m_2$) unidas por una barra de largo L de masa despreciable. El sistema se equilibra verticalmente sobre una superficie rugosa, que impide que m_1 resbale cuando la barra cae. Si la barra se saca ligeramente de su posición de equilibrio inestable, determine el ángulo que forma con la dirección vertical, cuando la partícula m_1 se despega del piso. Analice la relación que debe existir entre m_1 y m_2 para que esto ocurra.

G.17.- Considere un sistema de dos partículas de masa m cada una, unidas entre si por una barra rígida de masa despreciable y que se encuentra doblada en ángulo recto formando dos lados de largo L y $2L$. El sistema se puede girar libremente alrededor de un eje horizontal, en la forma indicada en la figura. Determine:

- el ángulo θ para el cual el sistema se encuentra en equilibrio estable
- la frecuencia angular de las pequeñas oscilaciones en torno a la posición de equilibrio estable.



(Prob. G.17)



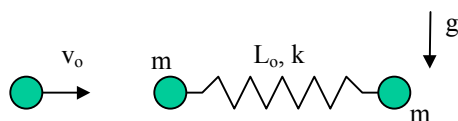
(Prob. G.18)

G.18.- Una barra delgada de largo $2L$ y masa m se encuentra equilibrada en posición vertical, apoyada sobre una superficie horizontal rugosa. Al hacer caer la barra mediante un pequeño impulso, el roce con la superficie hace que esta no deslice. Determine:

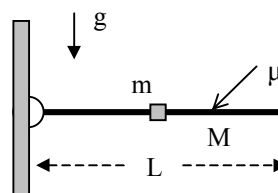
- a) la velocidad del extremo de la barra cuando ésta golpea una pared vertical localizada a una distancia $\sqrt{3}L$ del extremo inferior.
b) la fuerza normal y de roce que la superficie horizontal ejerce sobre la barra justo antes del impacto.

G.19.- Considere un sistema de dos partículas de masa m unidas entre sí por un resorte de largo natural L_0 y constante elástica k . El sistema se encuentra inicialmente en reposo sobre una superficie horizontal, con la cual tiene un roce despreciable. Una tercera partícula, también de masa m , choca con velocidad v_0 con una de las partículas del sistema, moviéndose en dirección a lo largo del resorte, como se indica en la figura. Las dos partículas que chocan quedan unidas luego del impacto. Determine:

- a) la velocidad del centro de masa del sistema formado por las tres partículas, después del choque.
b) la pérdida de energía mecánica durante el choque.
c) el periodo de oscilación del resorte en el movimiento resultante después del choque.
d) repita b) y c) considerando que el choque se produce en la dirección perpendicular al resorte.



(Prob. 19)



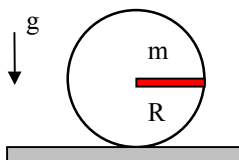
(Prob. 20)

G.20.- Una barra delgada de largo L y masa M puede girar sin roce sobre un eje horizontal colocado uno de sus extremos. En el punto medio de la barra se encuentra un anillo de masa $m = 2M/3$ que tiene un coeficiente de roce estático μ con la barra. Si el sistema se libera desde el reposo, con la barra en posición horizontal, se observa que el anillo comienza a deslizar cuando la barra forma un ángulo de $\pi/4$ con la horizontal. Determine:

- a) momento de inercia del sistema con respecto al eje de rotación antes que el anillo empiece a deslizar.
b) velocidad y aceleración angular de la barra en el instante que el anillo empieza a deslizar.
c) fuerza que se ejerce sobre el punto de apoyo en ese instante.
d) valor del coeficiente de roce estático entre el anillo y la barra.

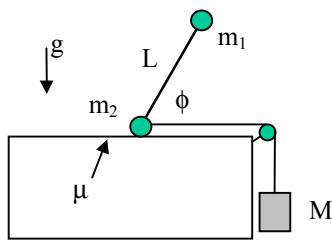
G.21.- Considere un aro de radio R y masa despreciable que tiene soldada una barra de masa m y largo R como se indica en la figura. El sistema se libera desde el reposo con la barra en posición horizontal.

- a) determine la magnitud mínima que debe tener el coeficiente de roce estático entre el aro y la superficie para que el aro ruede sin resbalar desde la posición inicial.
b) estudie el movimiento si el roce con la superficie es nulo. Describa cualitativamente el movimiento del centro de masa de la barra. Calcule la velocidad angular máxima que experimenta el sistema.

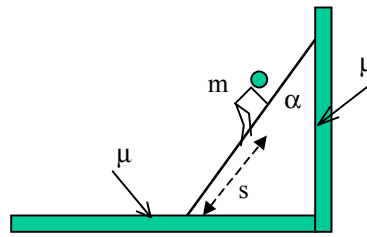


G.22.- El sistema indicado en la figura, constituido por dos partículas de masa m_1 y m_2 unidas por una barra rígida de largo L y masa despreciable, se mueve hacia la derecha manteniendo un ángulo ϕ constante con la horizontal, traccionado por una cuerda atada al bloque de masa M que cae libremente. El coeficiente de roce cinético entre m_2 y la superficie es μ . Determine:

- a) la magnitud de M para que este movimiento sea posible.
b) la magnitud de la fuerza de interacción entre las dos masas, a través de la barra.



(Prob. G.22)

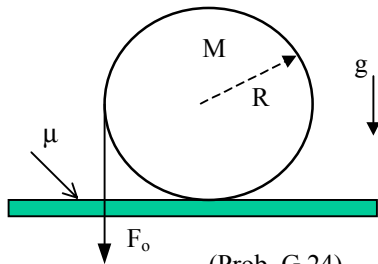


(Prob. G.23)

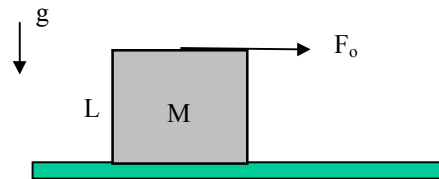
G.23.- Considere una escalera de masa M y largo L apoyada sobre una pared vertical, como se indica en la figura. En las superficies de contacto en los extremos de la escalera el coeficiente de roce estático es μ lo cual hace que ésta se mantenga en reposo en esa posición. Si una persona sube muy lentamente por esa escalera, determine hasta que altura puede hacerlo antes que la escalera empiece a deslizar.

G.24.- Un cilindro de radio R y masa M se encuentra apoyada en un par de rieles horizontales. En la superficie de contacto entre el cilindro y los rieles el coeficiente de roce estático es μ . El cilindro tiene enrollado un cordel de masa despreciable del cual se tira hacia abajo con una fuerza constante F_o lo cual hace que el cilindro ruede sin resbalar.

- haga un diagrama de cuerpo libre que muestre todas las fuerzas que se ejercen sobre el cilindro.
- determine las ecuaciones de movimiento para la rotación y la traslación del cilindro.
- resuelva las ecuaciones anteriores. Determine en particular la aceleración del centro de masa y la fuerza de roce que actúa sobre el cilindro
- determine la aceleración máxima del centro de masa.



(Prob. G.24)



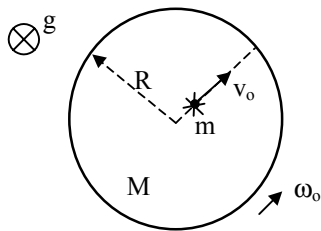
(Prob. G.25)

G.25.- Un cubo homogéneo de masa M y lado L desliza sin roce sobre una superficie horizontal, bajo la acción de una fuerza F_o constante horizontal que se aplica mediante una cuerda sujeta al centro de la cara superior del cubo. Determine:

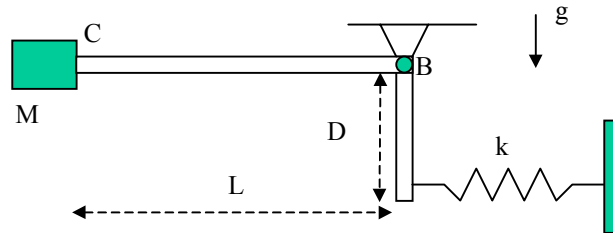
- el máximo valor de F_o para que el bloque no se vuelque.
- repita el cálculo de a) suponiendo que el coeficiente de roce cinético entre el cubo y la superficie es μ .

G.26.- Un disco sólido de radio R y masa M se encuentra girando con una velocidad angular ω_o alrededor de un eje vertical que pasa por su centro, con el cual tiene un roce despreciable. Un insecto de masa m que se encuentra inicialmente en el centro del disco camina radialmente hacia el borde con una velocidad constante v_o relativa al mismo. Determine:

- la velocidad angular del disco en el instante que el insecto llega al borde
- el número de vueltas que ha dado hasta ese momento.



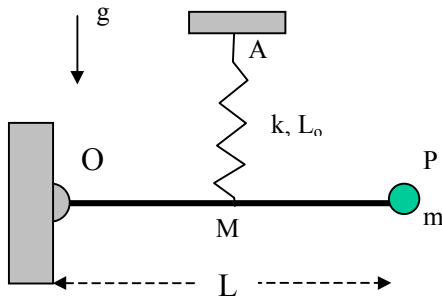
(Prob. G.26)



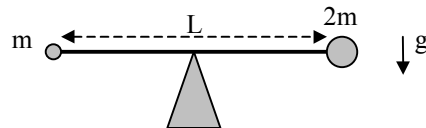
(Prob. G.27)

G.27.- Una lámina doblada en ángulo recto, como se indica en la figura, puede rotar sin roce alrededor de un eje horizontal en el punto B. El extremo C de esta estructura cuya masa es despreciable, soporta un bloque de masa M , mientras que el otro extremo está sujeto a una pared vertical mediante un resorte que tiene una constante elástica k . El sistema está en equilibrio cuando el brazo de largo L se encuentra en posición horizontal. Determine el período natural de vibración del sistema para pequeñas oscilaciones en torno al punto de equilibrio.

G.28.- La partícula P de masa m está unida al extremo de una barra de masa despreciable y largo L que puede rotar con roce despreciable en torno a su extremo fijo O. Un resorte ideal de largo natural L_o y constante elástica k sujeta la barra en su punto medio mientras que su otro extremo se encuentra fijo en el punto A, como se indica en la figura. El sistema está en equilibrio cuando la barra está en posición horizontal. Determine el período de las pequeñas oscilaciones verticales de la partícula P en torno a su punto de equilibrio estable.



(Prob. G.28)



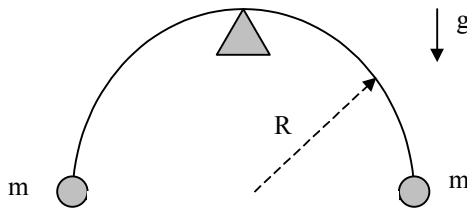
(Prob. G.29)

G.29.- Considere un sistema de dos partículas de masas m y $2m$, unidas entre sí por una barra de largo L y masa despreciable. El sistema se libera desde el reposo, con la barra en posición horizontal apoyada en su punto medio sobre una cuña, con la cual tiene un coeficiente de roce estático μ_e . Determine:

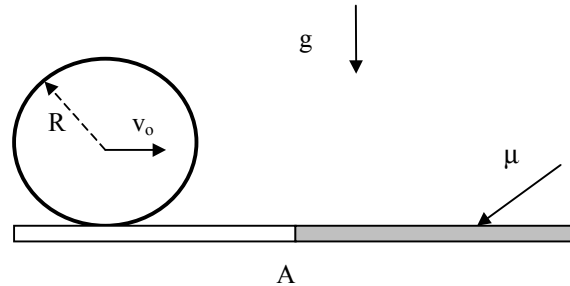
- la aceleración vertical que experimenta la partícula $2m$ en el momento que el sistema se libera desde el reposo.
- la velocidad de la partícula de masa m cuando la barra ha girado un ángulo θ respecto a la horizontal (suponiendo que en esa posición la barra aún no desliza sobre la cuña)
- ángulo que la barra forma con la horizontal en el momento que empieza a deslizar sobre la cuña.

G.30.- Considere una estructura rígida formada por un semi-aro de radio R y masa despreciable, que tiene en sus extremos dos partículas de masa m cada una. El sistema está en inicialmente en reposo, apoyado en un soporte colocado en el punto medio del semi-aro, con el cual tiene un coeficiente de roce estático μ_e (ver figura).

- determine el periodo de las pequeñas oscilaciones en torno al punto de equilibrio.
- si la estructura se inclina un ángulo α , determine la fuerza que se ejerce sobre el soporte, si la estructura se libera desde el reposo (suponga que no hay deslizamiento).
- calcule el ángulo máximo que se puede desviar la estructura de su posición original, para que al liberarla desde el reposo quede oscilando sin que se produzca deslizamiento en el punto de contacto.



(Prob. G.30)



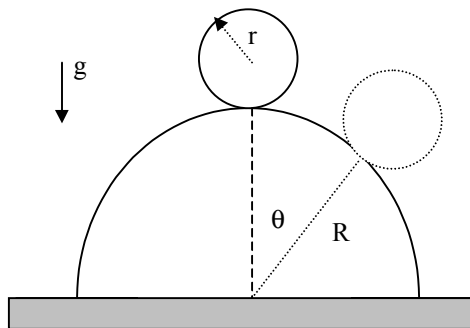
(Prob. G.31)

G.31.- Un cilindro hueco, de masa M y radio R desliza sin rotar con una velocidad v_0 sobre una superficie horizontal sin roce. En un cierto punto A el cilindro entra en una zona donde la superficie tiene un coeficiente de roce estático y cinético igual a μ . Determine:

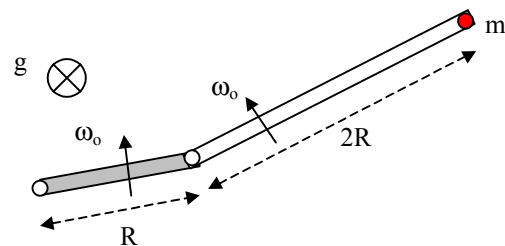
- la distancia desde el punto A donde el cilindro empieza a rodar sin resbalar.
- la velocidad del eje del cilindro en este instante
- el tiempo hasta que el eje del cilindro recorre una distancia $2x_0$ a partir del punto A.

G.32.- Una esfera de radio r y masa m se encuentra en el punto más alto de una semi-esfera de radio R , con la cual tiene un coeficiente de roce estático m_e . En un cierto instante, la esfera es sacada de su punto de equilibrio y comienza a rodar sin resbalar sobre la semi-esfera.

- plantee las ecuaciones de movimiento del centro de masa de la esfera mientras que ésta rueda sin resbalar.
- encuentre la velocidad del centro de la esfera en función de θ mientras esto sucede.
- determine el ángulo crítico θ_0 donde la esfera empieza a resbalar.



(Prob. G.32)

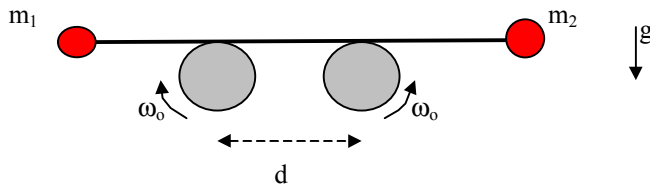


(Prob. G.33)

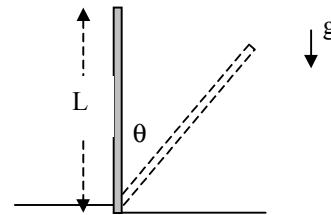
G.33.- Considere una barra de largo R que rota con una velocidad angular constante ω_0 alrededor de un eje vertical. Otra barra, de largo $2R$ gira también alrededor de un eje vertical, en el extremo de la primera barra, con una velocidad angular ω_0 respecto a ella. Una partícula de masa m se encuentra en el extremo libre de la segunda barra, sujeta a ella sólo por la fuerza de roce estático.

- suponiendo que la partícula nunca se despegue de la barra, determine las magnitudes máxima y mínima de la fuerza de roce que la sujeta.
- determine el valor mínimo del coeficiente de roce estático que hace posible que la partícula permanezca fija a la barra.

G.34.- Considere un sistema de dos partículas de masa m_1 y m_2 , unidas entre sí por una barra de masa despreciable y largo L . El sistema se apoya sobre dos rodillos que giran con igual velocidad angular, pero en dirección opuestas, como se indica en la figura. En el instante inicial el centro de masa del sistema de dos partículas corresponde al punto de contacto de la barra con el cilindro izquierdo. Suponga que la velocidad de rotación de los rodillos es suficientemente grande para que la barra siempre deslice sobre ellos. El coeficiente de roce cinético entre la barra y la superficie de los cilindros es μ_c . Determine la velocidad y aceleración del centro de masa en función del tiempo.



(Prob. G.34)



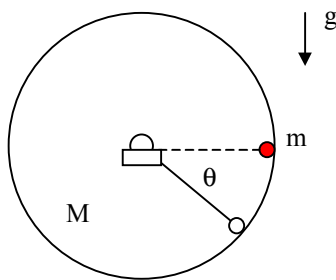
(Prob. G.35)

G.35.- Considere una barra de largo L que se encuentra equilibrada verticalmente sobre una superficie con la cual tiene un roce despreciable. Debido a un pequeño impulso la barra cae. Un pequeño escalón impide que el extremo inferior de la barra deslice.

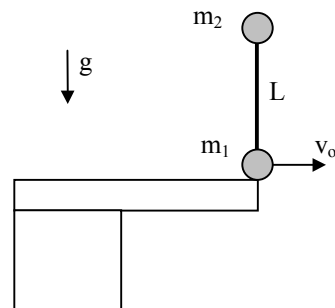
- determine si el extremo inferior de la barra se desplaza antes que ésta alcance la posición horizontal.
- determine si el extremo inferior de la barra se levanta del piso antes que la barra alcance la posición horizontal.

G.36.- Considere un disco de radio R y masa M que puede girar libremente (con roce despreciable) sobre un eje horizontal que pasa por su centro. En el instante inicial el disco se encuentra en reposo. En esa condición se pega en el borde exterior del disco y a la misma altura que su centro, una partícula de masa $m = M/2$. La magnitud de la fuerza máxima de adherencia entre la partícula y el disco es F_0 . Determine:

- la rapidez de la partícula cuando el disco ha girado un ángulo θ (ver figura).
- valor mínimo de la fuerza F_0 para que la partícula no se despegue nunca del disco.
- periodo de pequeñas oscilaciones del sistema alrededor de su posición de equilibrio estable.



(Prob. G.36)



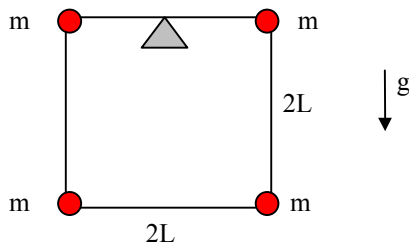
(Prob. G.37)

G.37.- Un sistema de dos partículas está compuesto por una barra de largo L y masa despreciable y dos partículas fijas en sus extremos, una de masa $m_1 = m$ y la otra de masa $m_2 = 3m$. El sistema está equilibrado verticalmente en el extremo de una plataforma horizontal, en la forma indicada en la figura, con la partícula de masa m_1 en el extremo inferior. En un cierto instante se le da a esta partícula una velocidad horizontal v_0 , y el sistema cae. Determine:

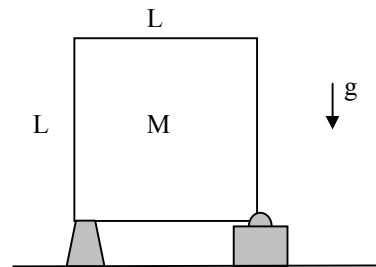
- la velocidad angular de la barra en el movimiento del sistema.
- la trayectoria del centro de masa del sistema
- analice si la partícula de masa m_2 choca o no con la plataforma.

G.38.- Considere una estructura cuadrada formada por cuatro barras de largo $2L$ cada una, y de masa despreciable. En los extremos del cuadrado se encuentran 4 partículas de masa m c/u. La estructura está apoyada en el punto medio de la barra horizontal superior, como se indica en la figura. Si el sistema se perturba ligeramente haciéndolo oscilar respecto del punto de apoyo, determine:

- la ecuación de movimiento para el ángulo q que forman las barras superior e inferior con la dirección horizontal.
- el periodo de las pequeñas oscilaciones del sistema.



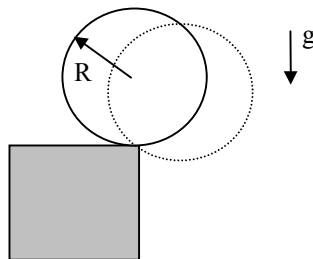
(Prob. G.38)



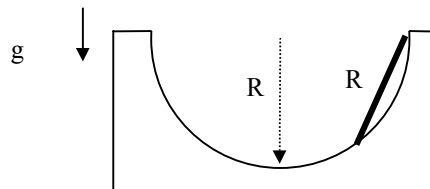
(Prob. G.39)

G.39.- Una placa sólida de masa M y de forma cuadrada de lado L descansa apoyada en un eje, en la esquina inferior derecha, y sobre un soporte colocado en la esquina inferior izquierda, como se indica en la figura. Calcule la fuerza instantánea que se ejerce sobre el eje en el momento que se retira el soporte.

G.40.- Una esfera de radio R se encuentra en equilibrio justo en el borde de una plataforma horizontal. Un pequeño impulso la hace caer. Suponiendo que el roce en el punto de contacto es suficientemente grande para evitar el deslizamiento, determine el ángulo que forma la línea entre el centro de la esfera y el punto de contacto cuando éste (el contacto) se pierde.



(Prob. G.40)

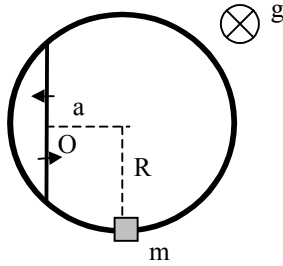


(Prob. G.41)

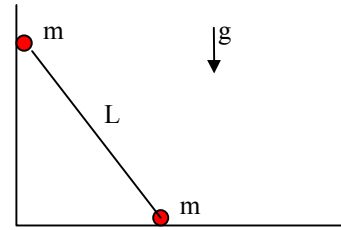
G.41.- Una barra de largo R desliza con roce despreciable por el interior de un casquete semi-esférico de radio R , a partir de la posición indicada en la figura. Calcule la velocidad del centro de masa de la barra cuando pasa por la posición horizontal.

G.42.- Un aro de radio R gira con velocidad angular constante ω_0 alrededor de un eje vertical localizado en el punto O a una distancia a del centro del aro, sobre una barra fija al aro. Un anillo de masa m puede deslizarse con roce despreciable a lo largo del aro. En el instante inicial el anillo se suelta desde la posición indicada en la figura. Para la posición donde la distancia del anillo al eje de rotación es máxima, determine:

- velocidad del anillo relativa al aro.
- velocidad absoluta del anillo
- fuerza que ejerce el aro sobre el anillo.



(Prob. G.42)



(Prob. G.43)

G.43.- Considere dos partículas de masa m cada una, fijas en los extremos de una barra de largo L y masa despreciable. Inicialmente, el sistema se encuentra en posición vertical, apoyado en una pared. El roce con ésta y con la superficie horizontal es nulo. En estas condiciones se da un pequeño impulso a la partícula inferior de modo que el sistema empieza a deslizar sobre la pared y la superficie horizontal. Determine, en función del ángulo que la barra forma con la horizontal:

- la fuerza N_1 que la pared ejerce sobre la partícula superior.
- la fuerza N_2 que la superficie horizontal ejerce sobre la partícula inferior.