



**UNIVERSIDAD NACIONAL
DE MORENO**

Departamento de Ciencias Aplicadas y Tecnología.

Asignatura: FÍSICA 1 - INEL

GUIA N° 4:

Movimiento de un Cuerpo Rígido en torno a un eje fijo.

Movimiento de rodadura.

Conservación del Impulso Angular.

Apunte: Práctico

Año: 2020

Movimiento Circular

Problema N°1: Una rueda de 2.00 m de diámetro se encuentra en un plano vertical y da vueltas con una aceleración angular constante de 4.00 rad/s^2 . La rueda parte del reposo en $t = 0$ y el vector radio de cierto punto P sobre el borde forma un ángulo de 57.3° con la horizontal en este tiempo. En $t = 2.00 \text{ s}$, encuentre: a) la velocidad angular de la rueda, b) la velocidad tangencial y la aceleración total del punto P y c) la posición angular del punto P .

Problema N°2: Un objeto pequeño con 4.00 kg de masa se mueve contra las manecillas del reloj con velocidad constante de 4.50 m/s en un círculo de 3.00 m de radio con centro en el origen. (ver figura 1) Comienza en el punto con vector de posición $(3.00\hat{i} + 0\hat{j})$. Después se somete a un desplazamiento angular de 9.00 rad.

- ¿Cuál es su vector de posición? Use notación de vector unitario para todas las respuestas vectoriales.
- ¿En qué cuadrante se ubica la partícula y qué ángulo forma su vector de posición con el eje positivo x ?
- ¿Cuál es su velocidad?
- ¿En qué dirección se mueve? Bosqueje sus vectores de posición, velocidad y aceleración.
- ¿Cuál es su aceleración?
- ¿Qué fuerza total se ejerce sobre el objeto?

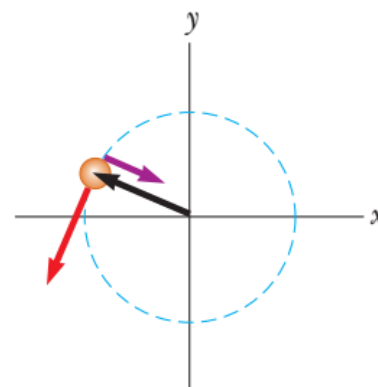


Figura 1

Centro de Masa

Problema N°3: Cuatro objetos se sitúan a lo largo del eje “y” del modo siguiente: un objeto de 2.00 kg se ubica a +3.00 m, un objeto de 3.00 kg está a +2.50 m, un objeto de 2.50 kg está en el origen y un objeto de 4.00 kg está en -0.500 m. ¿Dónde está el centro de masa de estos objetos?

Problema N°4: A una pieza uniforme de hoja de acero se le da la forma como se muestra en la figura 2. Calcule las coordenadas x y y del centro de masa de la pieza.

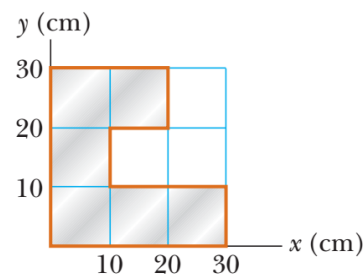


Figura 2

Problema N°5: Un disco de 8.00 cm de radio da vueltas con una velocidad constante de 1200 rev/min en torno a su eje central. Determine:

- su velocidad angular, b) la velocidad tangencial en un punto a 3.00 cm de su centro, c) la aceleración radial de un punto sobre el borde y d) la distancia total que recorre en 2.00 s un punto en el borde.

Energía Cinética Rotacional

Problema N°6: Las cuatro partículas de la figura 3 están conectadas mediante barras rígidas de masa despreciable. El origen está en el centro del rectángulo. El sistema da vueltas en el plano xy entorno al eje z con una velocidad angular de 6.00 rad/s .

Calcule: a) el momento de inercia del sistema en torno al eje z y b) la energía cinética rotacional del sistema.

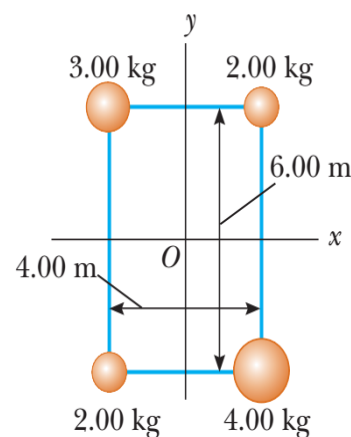


Figura 3

Problema N°7: Se analiza una barra rígida de masa despreciable que yacen a lo largo del eje y conectan tres partículas. El sistema da vueltas en torno al eje x con una velocidad angular de 2.00 rad/s .

Encuentre:

- El momento de inercia en torno al eje x y la energía cinética rotacional total evaluada a partir de $\frac{1}{2} I \omega^2$
- La velocidad tangencial de cada partícula y la energía cinética total evaluada a partir de $\sum \frac{1}{2} m v^2$
- Compare las respuestas para energía cinética en los incisos a) y b).

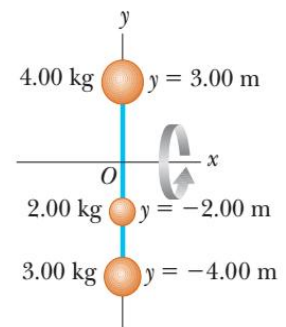


Figura 4

Problema N°8: La figura 5 muestra una vista lateral de la llanta de un automóvil. Haga un modelo que tenga dos paredes laterales de grosor uniforme de 0.635 cm y una pared de huella de 2.50 cm de grosor uniforme y 20.0 cm de ancho. Suponga que el caucho tiene densidad uniforme igual a $1.10 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$.

Encuentre su momento de inercia en torno a un eje a través de su centro.

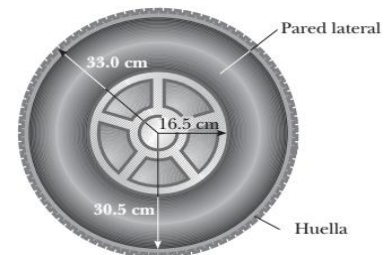


Figura 5

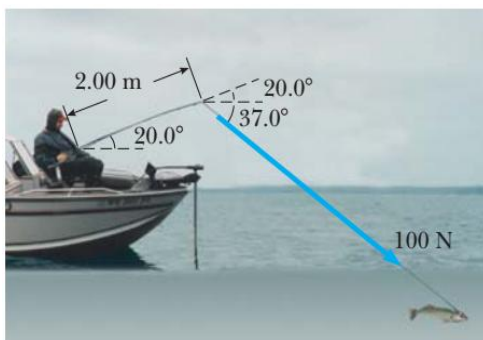
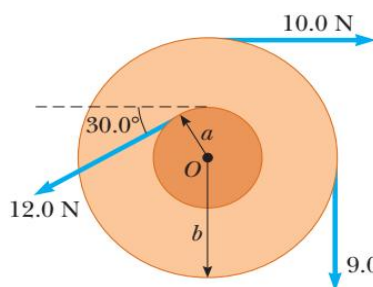


Figura 6

Momento de Torsión

Problema N°9: La caña de pescar en la figura 6 forma un ángulo de 20.0° con la horizontal. ¿Cuál es el momento de torsión que ejerce el pez en torno a un eje perpendicular a la página y que pasa a través de las manos del pescador?



Problema N°10: Encuentre el momento de torsión neto sobre la rueda de la figura 7 en torno al eje a través de O , considerando $a = 10.0 \text{ cm}$ y $b = 25.0 \text{ cm}$. Eje de rotación x y z.

Figura 7

Problema N°11: Un bloque de masa $m_1 = 2.00 \text{ kg}$ y un bloque de masa $m_2 = 6.00 \text{ kg}$ están conectados mediante una cuerda sin masa sobre una polea en la forma de un disco sólido que tiene radio $R = 0.250 \text{ m}$ y masa $M = 10.0 \text{ kg}$. A estos bloques se les permite moverse sobre una cuña fija de ángulo $\theta = 30.0^\circ$, como se muestra en la figura 8. El coeficiente de fricción cinética es 0.360 para ambos bloques. Dibuje diagramas de cuerpo libre de ambos bloques y de la polea.

Determine: a) la aceleración de los dos bloques y b) las tensiones en la cuerda en ambos lados de la polea.

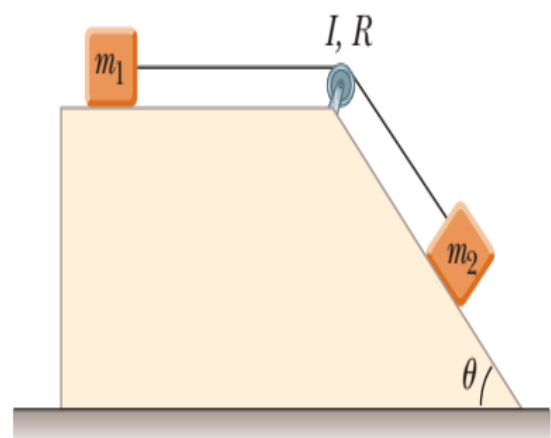


Figura 8

Problema N°12: Un motor eléctrico hace girar un volante mediante una banda transportadora que acopla una polea en el motor y una polea que está rígidamente unida al volante, como se muestra en la figura 9. El volante es un disco sólido con una masa de 80.0 kg y un diámetro de 1.25 m. Da vuelta sobre un eje sin fricción. Su polea tiene masa mucho más pequeña y un radio de 0.230 m. La tensión en el segmento superior (tenso) de la banda es 135 N, y el volante tiene una aceleración angular en sentido de las manecillas del reloj de 1.67 rad/s^2 . Encuentre la tensión en el segmento inferior (flojo) de la banda.

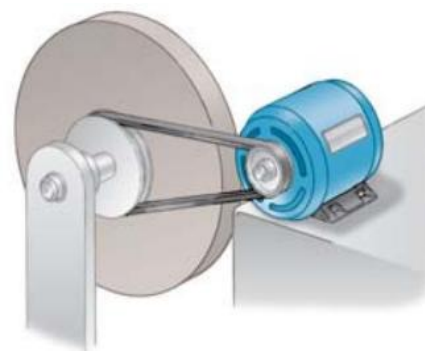


Figura 9

Energía de cuerpo Rígido

Problema N°13: El trompo de la figura 10 tiene un momento de inercia igual a $4.00 \times 10^{-4} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$ e inicialmente está en reposo. Es libre de dar vueltas en torno al eje estable AA' . Una cuerda, enrollada alrededor de una espiga a lo largo del eje del trompo, se tira en tal forma que mantiene una tensión constante de 5.57 N. Si la cuerda no se desliza mientras se desenrolla de la espiga, ¿cuál es la velocidad angular del trompo después de jalar 80.0 cm de cuerda de la espiga?

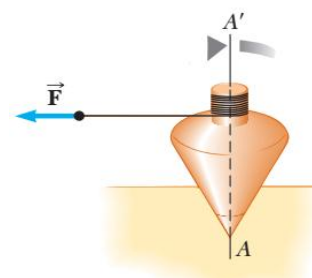


Figura 10

Problema N°14: En la figura 11, el bloque deslizable tiene una masa de 0.850 kg, el contrapeso tiene una masa de 0.420 kg y la polea es un cilindro hueco con una masa de 0.350 kg, radio interior de 0.020 0 m y radio exterior de 0.030 0 m. El coeficiente de fricción cinética entre el bloque y la superficie horizontal es 0.250. La polea gira sin fricción sobre su eje. La cuerda ligera no se estira y no se desliza sobre la polea. El bloque tiene una velocidad de 0.820 m/s hacia la polea cuando pasa a través de una fotopuerta. a) Use métodos energéticos para predecir su velocidad después de que se mueve a una segunda fotopuerta, a 0.700 m de distancia. b) Encuentre la velocidad angular de la polea en el mismo momento.

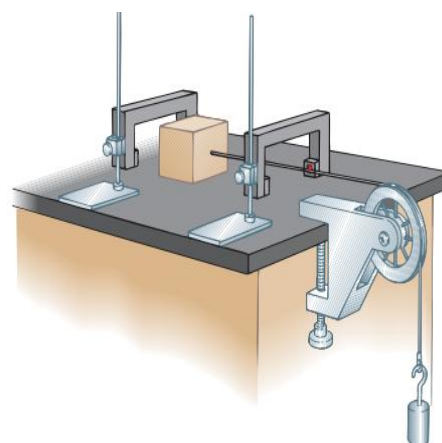


Figura 11

Problema N°15: Un cilindro homogéneo de 0,3 m de radio y 100 kg de masa gira a 300 rpm. Mediante un freno de zapata se ejerce sobre el mismo una fuerza $F = 100 \text{ N}$ en dirección radial (ver figura 121). Si el coeficiente de rozamiento es 0.2, calcule el número de vueltas que gira hasta detenerse.

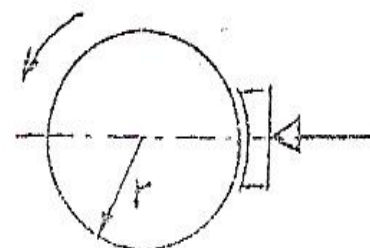


Figura 12

Problema N°16: Un objeto con un peso de 50.0 N se une al extremo libre de una cuerda ligera enrollada alrededor de un carrete de 0.250 m de radio y 3.00 kg de masa. El carrete es un disco sólido, libre de dar vueltas en un plano vertical en torno al eje horizontal que pasa a través de su centro. El objeto suspendido

se libera 6.00 m sobre el suelo. a) Determine la tensión en la cuerda, la aceleración del objeto y la velocidad con la que el objeto golpea el suelo. b) Verifique su última respuesta con el uso del principio de conservación de la energía para encontrar la velocidad con la que el objeto golpea el suelo.

Problema N°17: La cabeza de una cortadora de pasto tiene 100 g de cuerda devanada en un carrete cilíndrico ligero con diámetro interior de 3.00 cm y diámetro exterior de 18.0 cm, como se muestra en la figura 13. La cuerda tiene una densidad lineal de 10.0 g/m. Una sola hebra de la cuerda se extiende 16.0 cm desde el borde exterior del carrete. a) Cuando se enciende, la cortadora aumenta su velocidad de 0 a 2500 rev/min en 0.215 s. a) ¿Qué potencia promedio entrega el motor de la cortadora a la cabeza mientras acelera? b) Cuando la cortadora corta pasto gira a 2000 rev/min y el pasto ejerce una fuerza tangencial promedio de 7.65 N sobre el extremo exterior de la cuerda, que todavía está a una distancia radial de 16.0 cm desde el borde exterior del carrete, ¿cuál es la potencia entregada a la cabeza bajo carga?

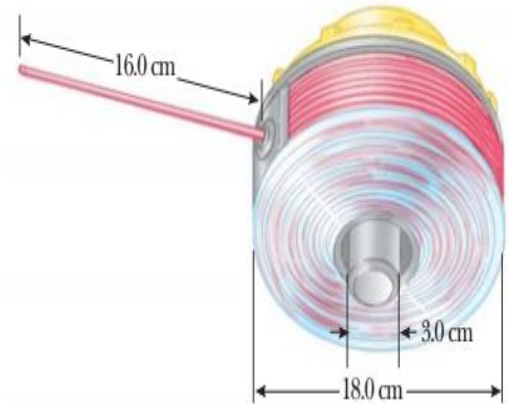


Figura 13

Problema N°18: Dos bloques, como se muestra en la figura 14, están conectados mediante una cuerda de masa despreciable que pasa sobre una polea de 0.250 m de radio y momento de inercia I . El bloque sobre el plano inclinado sin fricción se mueve hacia arriba con una aceleración constante de 2.00 m/s^2 . a) Determine T_1 y T_2 , las tensiones en las dos partes de la cuerda. b) Encuentre el momento de inercia de la polea.

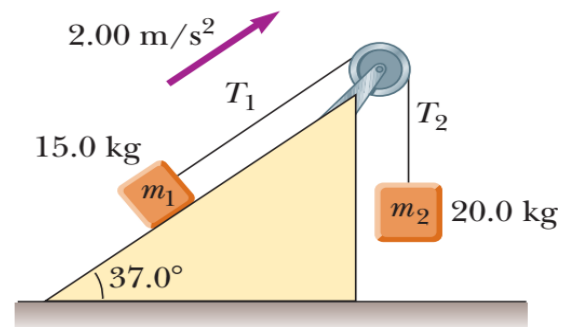


Figura 14

Problema N°19: Una bicicleta se pone de cabeza mientras su propietario repara una llanta pinchada (figura 15). Un amigo gira la otra rueda, de 0.381 m de radio, y observa que gotas de agua vuelan tangencialmente. El mide la altura que alcanzan las gotas que se mueven verticalmente. Una gota que salta de la llanta en una vuelta alcanza $h = 54.0 \text{ cm}$ sobre el punto tangente. Una gota que sale en la siguiente vuelta se eleva 51.0 cm sobre el punto tangente. La altura a la que se elevan las gotas disminuye debido a que disminuye la velocidad angular de la rueda. A partir de esta información,

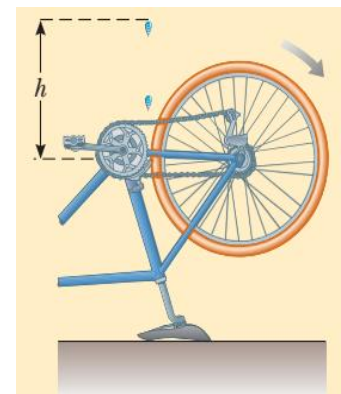


Figura 15

determine la magnitud de la aceleración angular promedio de la rueda.

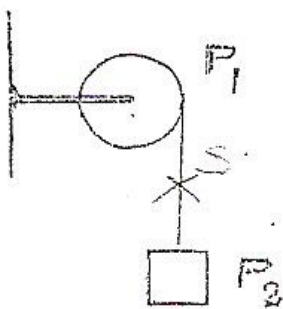


Figura 16

Problema N°20: Un cuerpo de peso $P_2 = 200 \text{ N}$ cae suspendido de un hilo y se va desenrollando de la polea cilíndrica de radio $R = 0.20 \text{ m}$ cuyo peso es $P_1 = 400 \text{ N}$ (ver figura 16) Si parte del reposo, determinar:

- El esfuerzo en el hilo
- La energía cinética del cuerpo suspendido a los 5 segundos de la partida.

Problema N°21: a) Un disco sólido uniforme de radio R y masa M es libre de dar vuelta sobre un pivote sin fricción a través de un punto sobre su borde (figura 17) Si el disco se libera desde el reposo en la posición que se muestra por el círculo azul, ¿cuál es la velocidad de su centro de masa cuando el disco llega a la posición indicada por el círculo a rayas? b) ¿Cuál es la velocidad del punto más bajo en el disco en la posición a rayas? c) ¿Qué pasaría si? repita el inciso a) con un aro uniforme.

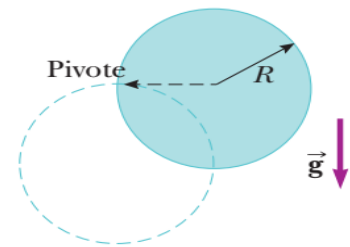


Figura 17

Movimiento de rodadura

Problema N°22: Un cilindro de 10.0 kg de masa rueda sin deslizarse sobre una superficie horizontal. En cierto instante su centro de masa tiene una velocidad de 10.0 m/s.

Determine a) la energía cinética traslacional de su centro de masa, b) la energía cinética rotacional en torno a su centro de masa y c) su energía total.

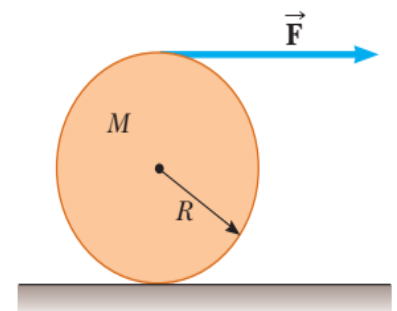


Figura 18

Problema N°23: Un carrete de alambre de masa M y radio R se desenrolla bajo una fuerza constante F . Si se supone que el carrete es un cilindro sólido uniforme que no se desliza, demuestre que:

- a) la aceleración del centro de masa es $4F/3M$ y
b) la fuerza de fricción es hacia la derecha e igual en magnitud a $F/3$.

Problema N°24: Piedras rodantes. Un peñasco esférico, sólido y uniforme, parte del reposo y baja rodando por la ladera de una colina de 50.0 m de altura. La mitad superior de la colina es lo bastante áspera como para que el peñasco ruede sin resbalar; sin embargo, la mitad inferior está cubierta de hielo y no hay fricción. Calcule la velocidad de traslación del peñasco al llegar al pie de la colina.

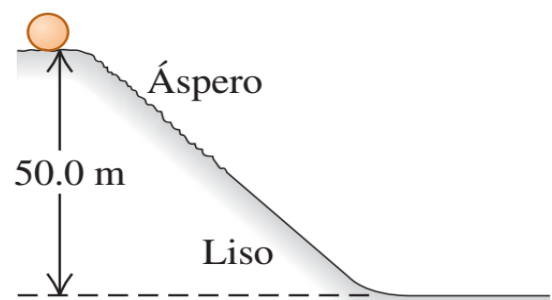
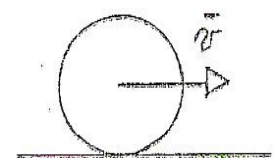


Figura 19

Problema N°25: Un cilindro homogéneo rueda, sin resbalar, sobre un plano. Si su peso es 1200 N y la velocidad del eje $v = 10$ m/s. ¿Cuál es el valor de la energía cinética total del cilindro?



Problema N°26: Una esfera sólida uniforme rueda sin resbalar subiendo una colina, como se muestra en la figura 20. En la cima, se está moviendo horizontalmente y después se cae por un acantilado vertical. a) ¿A qué distancia del pie del acantilado cae la esfera y con qué velocidad se está moviendo justo antes de tocar el suelo? b) Observe que, al tocar tierra la esfera, tiene mayor rapidez de traslación que cuando estaba en la base de la colina.

¿Implica esto que la esfera obtuvo energía de algún lado? Explique.

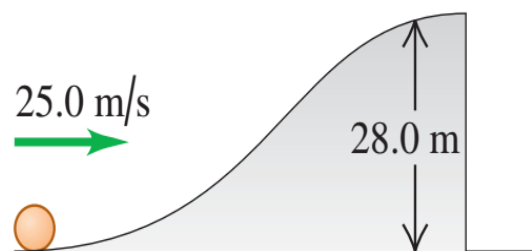


Figura 20

IMPULSO ANGULAR. SISTEMAS AISLADOS

Problema N°27: Una barra rígida ligera de 1.00 m de largo une a dos partículas, con masas de 4.00 kg y 3.00 kg, en sus extremos (figura 21). La combinación da vueltas en el plano xy en torno a un eje a través del centro de la barra. Determine la cantidad de movimiento angular del sistema en torno al origen, cuando la rapidez de cada partícula sea 5.00 m/s.

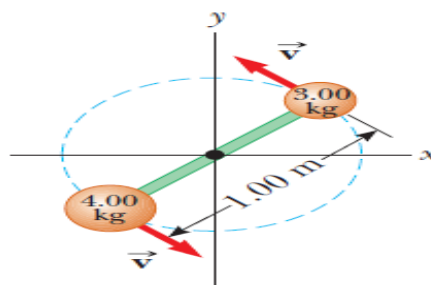


Figura 21

Problema N°28: Una partícula de 1.50 kg se mueve en el plano xy con una velocidad de $\vec{v} = 4.20 \text{ m/s} \hat{i} - 3.60 \text{ m/s} \hat{j}$. Determine la cantidad de movimiento angular de la partícula en torno al origen cuando su vector de posición es $\vec{r} = 1.5m\hat{i} + 2.20m\hat{j}$.

Problema N°29: Una esfera sólida uniforme de 0.500 m de radio y 15.0 kg de masa gira contra las manecillas del reloj en torno a un eje vertical a través de su centro. Encuentre su vector cantidad de movimiento angular cuando su velocidad angular es 3.00 rad/s.

Problema N°30: Un cilindro con momento de inercia I_1 da vueltas en torno a un eje vertical sin fricción con velocidad angular ω_i . Un segundo cilindro, con momento de inercia I_2 y que inicialmente no gira, cae sobre el primer cilindro. Debido a la fricción entre las superficies, con el tiempo los dos llegan a la misma velocidad angular ω_f .

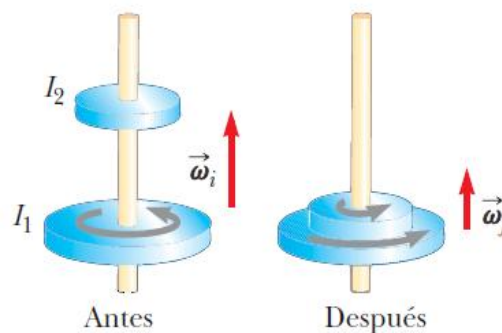


Figura 22

Problema N°31: La figura 23 representa un pequeño disco plano con masa $m = 2.40 \text{ kg}$ que se desliza sobre una superficie horizontal sin fricción. Se mantiene en una órbita circular en torno a un eje fijo mediante una barra con masa despreciable y longitud $R = 1.50 \text{ m}$, articulado en un extremo. Al inicio, el disco tiene una velocidad $v = 5.00 \text{ m/s}$. Una bola de arcilla de 1.30 kg se deja caer verticalmente sobre el disco desde una pequeña distancia sobre éste y de inmediato se pega al disco.

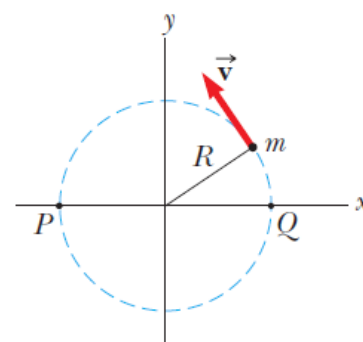


Figura 23

- ¿Cuál es el nuevo periodo de rotación?
- ¿En este proceso se conserva la cantidad de movimiento angular del sistema disco-arcilla en torno al eje de rotación?
- ¿La cantidad de movimiento del sistema se conserva en el proceso de la arcilla que se pega al disco?
- ¿La energía mecánica del sistema se conserva en el proceso?

Problema N°32: Un estudiante se sienta sobre un banco rotatorio libremente sosteniendo dos mancuernas, cada una de 3.00 kg de masa. Cuando el estudiante extiende los brazos horizontalmente (figura a 24), las mancuernas están a 1.00 m del eje de rotación y el estudiante da vueltas con una

velocidad angular de 0.750 rad/s . El momento de inercia del estudiante más el banco es de $3.00 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$ y se supone constante. El estudiante jala las mancuernas horizontalmente hacia adentro a una posición 0.300 m del eje de rotación (figura b).

- Encuentre la nueva velocidad angular del estudiante.
- Encuentre la energía cinética del sistema rotatorio antes y después de jalar las mancuernas hacia adentro.

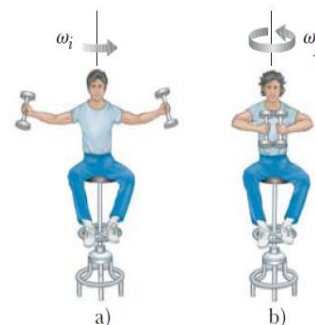


Figura 24

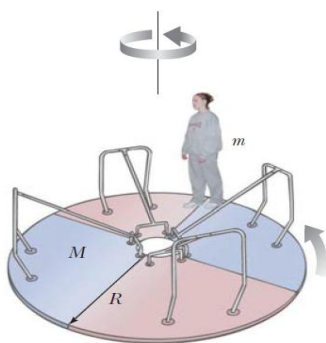


Figura 25

Problema N°33: Una plataforma horizontal con la forma de un disco da vueltas libremente en un plano horizontal en torno a un eje vertical sin fricción. La plataforma tiene una masa $M = 100 \text{ kg}$ y un radio $R = 2.0 \text{ m}$. Una estudiante, cuya masa es $m = 60 \text{ kg}$, camina lentamente desde el borde del disco hacia su centro. Si la velocidad angular del sistema es 2.0 rad/s cuando el estudiante está en el borde, ¿cuál es la velocidad angular cuando alcanza un punto $r = 0.50 \text{ m}$ desde el centro?

Problema N°34: Un disco de 2.0 kg , que viaja a 3.0 m/s , golpea un bastón de 1.0 kg y 4.0 m de longitud que se encuentra plano sobre hielo casi sin fricción, como se muestra en la vista superior de la primera figura 26 (Antes). Suponga que la colisión es elástica y que el disco no se desvía de su línea de movimiento original. Encuentre la velocidad traslacional del disco, la velocidad traslacional del bastón y la velocidad angular del bastón después de la colisión. El momento de inercia del bastón en torno a su centro de masa es $1.33 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$. ¿Y si la colisión entre el disco y el bastón es perfectamente inelástica? ¿Cómo cambia eso al análisis?

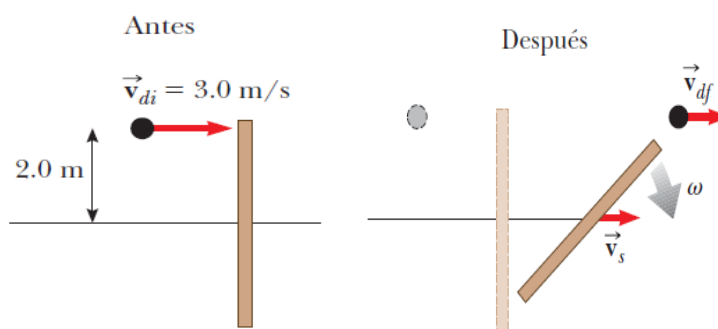


Figura 26

Problema N°35: Un disco de masa m se amarra a una cuerda que pasa a través de un pequeño hoyo en una superficie horizontal sin fricción (ver figura 27). El disco inicialmente orbita con velocidad v_i en un círculo de radio r_i . Luego la cuerda se jala lentamente desde abajo, lo que disminuye el radio del círculo a r .

Datos: $r = 0.100 \text{ m}$, $m = 50.0 \text{ g}$, $r_i = 0.300 \text{ m}$ y $v_i = 1.50 \text{ m/s}$.

- ¿Cuál es la velocidad del disco cuando el radio es r ?
- Encuentre la tensión en la cuerda como función de r .
- ¿Cuánto trabajo W se realiza al mover m de r_i a r ? Nota: La tensión depende de r .

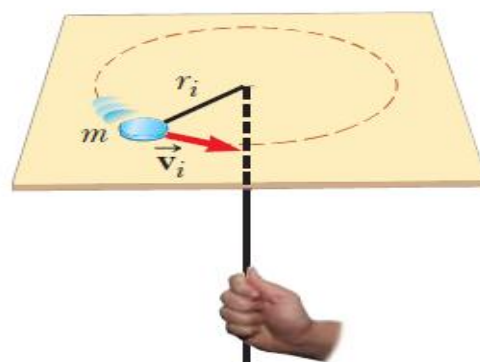


Figura 27