Mecánica

de Rotación

¿Un caballito cerca del exterior de un carrusel se mueve con mayor rapidez que uno que está en el interior? O bien, ¿tienen los dos la misma rapidez? Pregúntaselo a varios amigos y obtendrás respuestas distintas. Ello se debe a que es fácil confundir la rapidez lineal con la rapidez rotatoria.

MOVIMIENTO CIRCULAR

La rapidez lineal es algo a lo que simplemente llamamos rapidez en los capítulos anteriores, es decir, la distancia recorrida por unidad de tiempo. Un punto del exterior de un carrusel o de una tornamesa recorre mayor distancia en una vuelta completa que un punto más cercano al centro. El hecho de recorrer una mayor distancia en el mismo tiempo equivale a tener mayor rapidez. La rapidez lineal es mayor en el exterior de un objeto giratorio que en su interior: más cerca del eje.

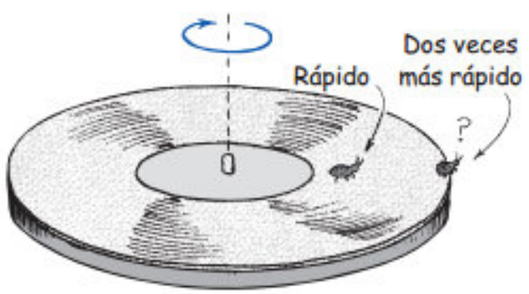
La rapidez de algo que se mueva describiendo una trayectoria circular se denomina rapidez tangencial, porque la dirección del movimiento es tangente a la circunferencia del círculo. Para el movimiento circular se usan en forma indistinta los términos rapidez lineal y rapidez tangencial.

La rapidez rotatoria, rapidez rotacional o rapidez de rotación (que algunas veces se llama rapidez angular) indica el número de rotaciones o revoluciones por unidad de tiempo. Todas las partes del carrusel rígido y de la tornamesa giran en torno al eje de rotación en la misma cantidad de tiempo. Todas las partes tienen la misma tasa de rotación, o el mismo número de rotaciones o revoluciones por unidad de tiempo. Se acostumbra expresar las tasas rotacionales en revoluciones por minuto (RPM).1 Hace algunos años, por ejemplo, se usaban discos fonográficos que giraban a 33 RPM. Un insecto que se posara en cualquier parte de la superficie del disco giraría a 33 RPM.

La rapidez tangencial y la rapidez de rotación se relacionan. ¿Alguna vez te has subido a una de las plataformas giratorias gigantes de un parque de diversiones? Cuanto más rápido gira, tu rapidez tangencial será mayor. Eso tiene sentido; cuanto más RPM haya, será mayor tu velocidad en metros por segundo. Se dice que la rapidez tangencial es directamente proporcional a la rapidez de rotación a cualquier distancia fija, a partir del eje de rotación.

FIGURA 8.2
Figura interactiva

Todo el disco gira con la misma rapidez rotacional, pero las catarinas que están a distintas distancias del centro se mueven con diferentes rapideces tangenciales. Un insecto que esté al doble de distancia del centro se moverá con el doble de rapidez.



La rapidez tangencial, a diferencia de la rapidez de rotación, depende de la distancia radial (distancia al eje). En el mero centro de la plataforma giratoria no tienes rapidez, tan sólo giras. Pero a medida que te acercas a la orilla de la plataforma sientes que te mueves cada vez con mayor rapidez. La rapidez tangencial es directamente proporcional a la distancia al eje, para determinada rapidez de rotación.

De manera que vemos que la rapidez tangencial es directamente proporcional tanto a la rapidez de rotación como a la distancia radial.Rapidez tangencial distancia radial rapidez rotacional. En forma simbólica:

$$v \sim r\omega$$

donde v es la rapidez tangencial y (letra griega omega) es la rapidez de rotación.

Una persona se mueve más rápido si la rapidez de rotación aumenta (mayor). También se moverá más rápido si se aleja del eje (mayor r). Si se coloca dos veces más allá del eje de rotación en el centro, se moverá el doble de rápido. Si se colocas tres veces más allá, tendrá el triple de rapidez tangencial. Si una persona se encuentra en cualquier tipo de sistema de rotación, su rapidez tangencial dependerá de qué tan lejos se encuentre del eje de rotación.

Cuando la rapidez tangencial cambia, hablamos de aceleración tangencial.Cualquier cambio en la rapidez tangencial indica una aceleración en la dirección del movimiento tangencial. Por ejemplo, una persona en una plataforma giratoria que acelera o desacelera sufre una aceleración tangencial. Pronto veremos que todo lo que se mueve en una trayectoria curva sufre otra clase de aceleración, la que se dirige al centro de la curvatura. Ésta es la aceleración centrípeta,.

INERCIA ROTACIONAL

Así como un objeto en reposo tiende a permanecer en reposo, y un objeto en movimiento tiende a permanecer moviéndose en línea recta, un objeto que gira en torno a un eje tiende a permanecer girando alrededor de ese eje, a menos que interfiera alguna influencia externa. (En breve veremos que a tal influencia externa se le llama momento de torsión o torque.) La propiedad que tiene un objeto para resistir cambios en su estado de movimiento giratorio se llama inercia rotacional. Los cuerpos que giran tienden a permanecer girando; mientras que los que no giran tienden a permanecer sin girar. En ausencia de influencias externas, un trompo giratorio sigue girando; en tanto que uno en reposo permanecerá en reposo. Al igual que la inercia del movimiento rectilíneo, la inercia rotacional de un objeto depende también de su masa. El grueso disco de piedra que gira bajo un torno de alfarero es muy masivo, y una vez que empieza a girar, tiende a permanecer girando. Sin embargo, a diferencia del movimiento rectilíneo, la inercia rotacional depende de la distribución de la masa en relación con el eje de rotación. Cuanto más grande sea la distancia entre el grueso de la masa de un objeto y su eje de rotación, será mayor su inercia rotacional. Esto se observa en los volantes tipo industrial, que se fabrican de tal manera que la mayoría de su masa se concentra alejada del eje, en la orilla. Una vez que empiezan a girar tienen mayor tendencia a permanecer girando. Cuando están en reposo son más difíciles de hacerlos girar.

Cuanto mayor sea la inercia rotacional de un objeto, más difícil será cambiar su estado de rotación. Esto lo emplean los equilibristas que caminan por una cuerda sosteniendo una pértiga larga, para ayudarse a conservar el equilibrio. Gran parte de la pértiga está alejada de su eje de rotación, que es el punto medio. En consecuencia, la pértiga tiene mucha inercia rotacional. Si el equilibrista comienza a inclinarse, sus manos comenzarán a hacer girar la pértiga. Pero la inercia rotacional de la pértiga se resiste a girar, y da tiempo al equilibrista para reajustar su equilibrio. Cuanto más larga sea la pértiga, mejor. Y todavía mejor si se fijan objetos masivos a sus extremos. Sin embargo, un equilibrista sin pértiga puede al menos extender totalmente sus brazos para aumentar la inercia rotacional del cuerpo.

La inercia rotacional de la pértiga, o de cualquier otro objeto, depende del eje en torno al cual gira.4 Compara las distintas rotaciones de un lápiz. Considera tres ejes: primero, el que pasa por la puntilla y es paralelo a la longitud del lápiz; segundo, a la mitad del lápiz y perpendicular a él; y tercero el perpendicular al lápiz, en un extremo. La inercia rotacional es muy pequeña respecto a la prime-

ra posición y es fácil girar el lápiz entre tus dedos, porque la mayor parte de la masa está muy cerca del eje. Respecto al segundo eje, como en el caso del equilibrista de la figura 8.9, es mayor la inercia rotacional. Respecto al tercero, en el

extremo del lápiz para que oscile como un péndulo, la inercia rotacional es todavía mayor.

Un bate de béisbol largo, sujeto cerca del extremo, tiene más inercia rotacional que uno corto. Una vez blandiéndolo tiene más tendencia a mantenerse así; pero será más difícil aumentar su rapidez. Un bat corto, con menos inercia rotacional, es más fácil de blandir, y eso explica por qué los buenos bateadores a veces "acortan" el bat sujetándolo más cerca de su extremo masivo. De igual forma, cuando corres con las piernas flexionadas reduces la inercia rotacional y entonces las puedes hacer girar hacia adelante y hacia atrás con más rapidez. Una persona con piernas largas tiende a caminar con pasos más lentos que una persona con piernas cortas. Los distintos pasos dados por criaturas con distintas longitudes de pierna se distinguen especialmente en los animales, como jirafas, caballos y avestruces, que corren con paso más pausado que los perros salchicha, ratones e insectos.

Momento de torsión (torque)

Sujeta con la mano el extremo de una regla de un metro, horizontalmente. Coloca algo pesado cerca de la mano y agita la regla; podrás sentir la torsión de la regla. Ahora coloca el peso más alejado de la mano y la torsión será mayor. Pero el peso es igual. La fuerza que actúa sobre la mano es la misma. Lo que es distinto es el momento de torsión.

Un momento de torsión es la contraparte rotacional de la fuerza. La fuerza tiende a cambiar el movimiento de las cosas; el momento de torsión tiende a torcer, o cambiar, el estado de rotación de las cosas. Si deseas hacer que se mueva un objeto en reposo, aplícale una fuerza. Si deseas que comience a girar un objeto en reposo, aplícale un momento de torsión.

El momento de torsión es distinto de la fuerza, así como la inercia rotacional es distinta de la inercia normal. Tanto el momento de torsión como la inercia rotacional implican una distancia

al eje de rotación. En el caso del momento de torsión, esa distancia, que se puede considerar que tiende proporcionar equilibrio, se llama brazo de palanca. Es la distancia más corta entre la

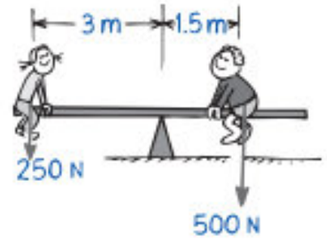


FIGURA 8.18
Figura interactiva
No se produce rotación cuando los momentos de torsión se equilibran entre sí.

fuerza aplicada y el eje de rotación.

Definiremos el momento de torsión como el producto de este brazo de palanca por la fuerza que tiende a producir la rotación:

Momento de torsión = brazo de palanca . fuerza

Los niños adquieren la intuición del momento de torsión cuando juegan en elsube y baja. Se pueden equilibrar en él, aunque tengan distintos pesos. Sólo el peso no produce la rotación. El momento de torsión sí, y los niños pronto aprenden que la distancia desde el pivote hasta donde se sientan tiene tanta importan-

cia como su peso. El momento de torsión que produce el niño de la derecha (figura 8.18) tiende a producir una rotación en sentido de las manecillas del reloj; en tanto que el que produce la niña de la izquierda tiende a producir rotación contraria a las manecillas del reloj. Si los momentos de torsión son iguales y opuestos hacen que el momento de torsión total sea cero; no se produce rotación.

En la regla del equilibrio: la suma de las fuerzas queactúan sobre un cuerpo, o sobre cualquier sistema, debe ser igual a cero para que haya equilibrio mecánico. Esto es, $\Sigma F = 0$. Ahora introduciremos una condición adicional. El momento de torsión neto de un cuerpo o de un sistema también debe ser cero para que haya equilibrio mecánico (,$\Sigma T = 0$ donde representa el momento de torsión). Todo lo que está en equilibrio mecánico no acelera, ni en traslación ni en rotación.

Supongamos que el sube y baja se arregla de manera que la niña, que pesa la mitad, cuelgue de una cuerda de 4 metros, fija en el extremo del sube y baja (figura 8.19). Ahora está a 5 metros del punto de apoyo, y el sube y baja sigue en equilibrio. Sin embargo, la distancia del brazo de palanca sigue siendo de 3 metros, como indica la figura, y no de 5 metros. El brazo de palanca respecto a cualquier eje de rotación es la distancia perpendicular del eje a la línea a lo largo de la cual actúa la fuerza.

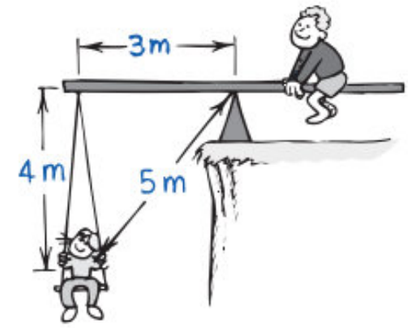
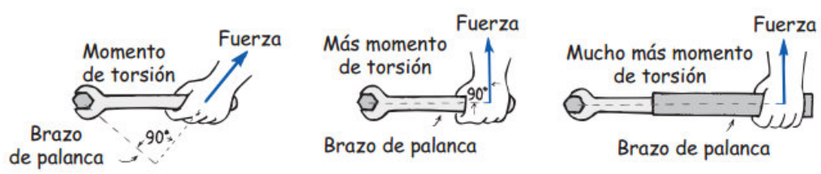


FIGURA 8.19
El brazo de palanca sigue siendo de 3 m.

Siempre será la distancia más corta entre el eje de rotación y lalínea a lo largo de la cual actúa la fuerza.

Es la causa por la cual el tornillo testarudo de la figura 8.20 va a girar con mayor probabilidad si la fuerza se aplica perpendicular al mango de la llave, en vez de en dirección oblicua, como se observa en la primera figura. En esa primera figura el brazo de palanca se indica con la línea punteada, y es menor que la longitud del mango de la llave. En la segunda figura el brazo de palanca es igual a la longitud del mango de la llave. En la tercera figura ese brazo se prolonga con un tubo, para hacer mayor palanca y tener mayor momento de torsión.

FIGURA 8.20
Figura interactiva
Aunque las magnitudes de la fuerza son iguales en cada caso, los momentos de torsión son distintos.

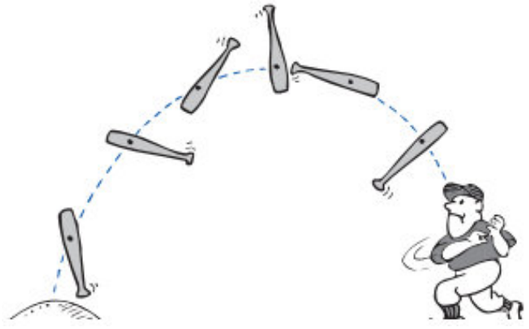


Centro de masa y centro de gravedad

Lanza al aire una pelota de béisbol y describirá una trayectoria parabólica uniforme. Lanza un bat girando en el aire y su trayectoria no será uniforme, pues su movimiento será tambaleante; parece que cabecea por donde quiera. Pero lo cierto es que se tambalea respecto a un lugar muy especial: un punto llamado centro de masa (CM).

Para un cuerpo determinado, el centro de masa es la posición promedio de toda la masa que lo forma. Por ejemplo, un objeto simétrico, como una pelota, tiene su centro de masa en su centro geométrico. En cambio, un cuerpo de forma irregular, como un bat de béisbol, tiene más de su masa cerca de uno de sus extremos. Por lo tanto, el centro de masa de un bat queda hacia el extremo más grueso.

Un cono macizo tiene su centro de masa exactamente a un cuarto de la distancia de su



base hacia arriba. El centro de gravedad (CG) es como la mayoría de la gente llama al centro de masa. El centro de gravedad no es más que la posición promedio de la distribución del peso.

Como el peso y la masa son proporcionales entre sí, el centro de gravedad y el centro de masa se refieren al mismo punto de un objeto.

El físico prefiere usar el término centro de masa, porque un objeto tiene centro de masa, esté o no bajo la influencia de la gravedad. Sin embargo, usaremos cualquiera de esos términos para expresar este concepto, y cuando el peso entre en perspectiva,usaremos centro de gravedad.

Estabilidad

El lugar del centro de masa es importante en la estabilidad (figura 8.29). Si trazamos una vertical hacia abajo desde el centro de gravedad de un objeto de cualquier forma, y cae dentro de la base de ese objeto, quiere decir que está en equilibrio estable: permanecerá en equilibrio. Si cae fuera de la base, es inestable. ¿Por qué no se viene abajo la famosa Torre Inclinada de Pisa? Como se observa en la figura 8.29, una

línea que va del centro de gravedad de esa torre cae dentro de su base, y es la causa de que la Torre Inclinada haya estado de pie durante siglos.

Si la Torre se inclinara lo suficiente para que el centro de gravedad quedara más allá de la base, un momento de torsión desequilibrado haría que se viniera abajo.

Para reducir la probabilidad de un volteo, es preferible diseñar los objetos con una base amplia y un centro de gravedad bajo. Cuanto más amplia sea la base, se deberá elevar más el centro de gravedad, antes de que el objeto se

FIGURA 8.29
El centro de gravedad de la Torre Inclinada de Pisa está arriba de su base de soporte, y la torre está en equilibrio estable.

voltee o de caiga.

Cuando estás de pie (o estás acostado) tu centro de gravedad está dentro de tu cuerpo. ¿Por qué el centro de gravedad de una mujer promedio está más bajo que el de un hombre promedio de la misma estatura? ¿Está el centro de gravedad siempre en el mismo punto de tu cuerpo? ¿Está siempre dentro de ti? ¿Qué le sucede cuando te flexionas?

Si eres bastante flexible, podrás doblarte y tocarte los dedos de los pies sin doblar las rodillas. Comúnmente, cuando te flexionas y te tocas los dedos de los pies, alargas las extremidades inferiores, de tal modo que tu centro de gravedad está sobre una base de soporte, que son los pies. Pero si tratas de hacer lo mismo recargado en una pared, no te podrás equilibrar, porque tu centro de gravedad se saldrá de los pies.

Fuerza centrípeta

Toda fuerza dirigida hacia un centro fijo se llama fuerza centrípeta. Centrípeta quiere decir “en busca del centro” o “hacia el centro”. Si damos vuelta a una lata metálica atada al extremo de un cordel, vemos que tenemos que seguir tirando

FIGURA 8.37
La fuerza ejercida sobre la lata que gira es hacia el centro.

del cordel y ejercer una fuerza centrípeta (figura 8.37). El cordel transmite la fuerza centrípeta, que tira de la lata y la mantiene en trayectoria circular. Las fuerzas gravitacionales y eléctricas pueden producir fuerzas centrípetas. Por ejemplo, la Luna se mantiene en una órbita casi circular debido a la fuerza gravitacional dirigida hacia el centro de la Tierra. Los electrones en órbita de los átomos sienten una fuerza eléctrica dirigida hacia el centro de los núcleos. Todo objeto que se mueve en una trayectoria circular está experimentado fuerza centrípeta.

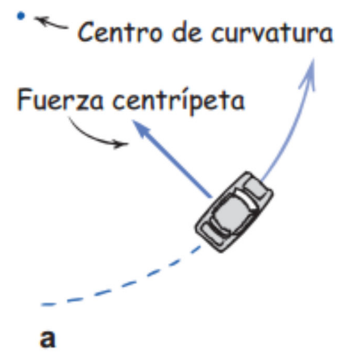
La fuerza centrípeta depende de la masa m, de la rapidez tangencial v y el radio de curvatura r del objeto en movimiento circular. En el laboratorio probablemente usarás la ecuación exacta:

$$F = mv^2/r.$$

Observa que la rapidez está al cuadrado, de manera que para duplicar la rapidez se requiere multiplicar la fuerza por cuatro. La relación inversa con el radio de curvatura nos indica que la mitad de la distancia radial requiere el doble de fuerza.

La fuerza centrípeta no pertenece a una nueva clase de fuerzas, sino tan sólo es el nombre que se le da a cualquier fuerza, sea una tensión de cordel, la gravedad, fuerza eléctrica o la que sea, que se dirija hacia un centro fijo. Si el movimiento es circular y se ejecuta con rapidez constante, esta fuerza forma ángulo recto con la trayectoria del objeto en movimiento.

Cuando un automóvil da vuelta en una esquina, la fricción entre los neumáticos y el asfalto proporciona la fuerza centrípeta que lo mantiene en una trayectoria curva (figura 8.39). Si esta fricción no es suficientemente grande (a causa de aceite o grava en el pavimento, por ejemplo), el automóvil no puede tomar la curva y los



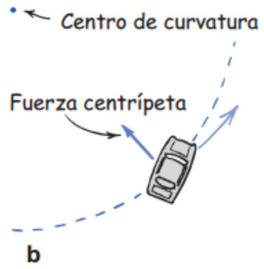


FIGURA 8.39
a) Cuando un automóvil toma una curva debe haber una fuerza que lo empuje hacia el centro de la curva. *b*) Un automóvil patina en una curva cuando la fuerza centrípeta (la fricción del pavimento sobre los neumáticos) no es suficientemente grande.

neumáticos patinan hacia un lado, entonces se dice que el automóvil derrapa.

La fuerza centrípeta desempeña el papel principal en el funcionamiento de una centrífuga. Un ejemplo conocido es la tina giratoria de una lavadora automática (figura 8.41). En el ciclo de exprimir gira con gran rapidez y produce una fuerza centrípeta en las prendas mojadas, que se mantienen en trayectoria circular debido a la pared interna de la tina. Ésta ejerce gran fuerza sobre la ropa, pero los agujeros que tiene evitan ejercer la misma fuerza sobre el agua que tiene la ropa. Entonces el agua escapa por tales agujeros. Estrictamente hablando, las prendas son forzadas a deshacerse del agua, y no el agua a deshacerse de las prendas.

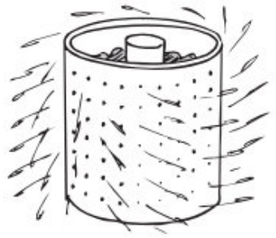
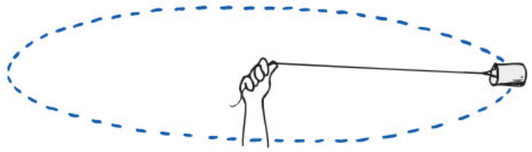


FIGURA 8.41
La ropa es forzada a seguir una trayectoria circular, pero no el agua.

Fuerza centrífuga

Aunque la fuerza centrípeta es una fuerza dirigida hacia el centro, alguien dentro de un sistema en movimiento circular parecerá experimentar una fuerza hacia afuera. Esta fuerza aparente hacia afuera se llama fuerza centrífuga. Centrífuga quiere decir "que huye del centro" o "se aleja del centro". Centro de curvatura

En el caso de la lata giratoria se dice, equivocadamente, que una fuerza centrífuga tira hacia afuera de la lata. Si el cordel que la sujeta se rompe (figura 8.42), la lata no se mueve circularmente hacia fuera, sino que "sale por la tangente" siguiendo una trayectoria rectilínea, porque no actúa fuerza sobre ella. Lo ilustraremos mejor con otro ejemplo.



Supongamos que somos pasajeros en un automóvil que de repente frena con brusquedad. Somos impulsados hacia adelante, contra el tablero de instrumentos. Cuando esto sucede no decimos que algo nos forzó hacia adelante. De acuerdo con la ley de la inercia, avanzamos hacia adelante por la ausencia de una fuerza, que hubieran podido proporcionar los cinturones de seguridad. Asimismo, cuando nos encontramos en un automóvil que da una vuelta forzada a la izquierda en una esquina, tendemos a recargarnos hacia afuera, a la derecha, no debido a que haya una fuerza centrífuga hacia afuera, sino por que ya no hay fuerza centrípeta que nos mantenga en movimiento circular (como la que ofrecen los cinturones de seguridad). La idea de que una fuerza centrífuga nos lanza contra la puerta del automóvil es errónea. (Claro, nos empujamos contra la puerta, pero sólo porque ésta nos empuja; es la tercera ley de Newton.)

De igual manera sucede cuando ponemos una lata metálica en trayectoria circular. No hay fuerza que tire hacia afuera de la lata, porque la única que obra sobre ella es la del cordel que tira de ella hacia adentro. La fuerza hacia afuera es sobre el cordel y no sobre la lata. Ahora supongamos que hay una catarina (o mariquita) en su interior (figura 8.44). La lata empuja contra los pies de la catarina y proporciona la fuerza centrípeta que la mantiene en una trayectoria circular. A su vez, la catarina oprime el fondo de la lata pero (sin tener en cuenta la gravedad) la única fuerza que se ejerce sobre la catarina es la

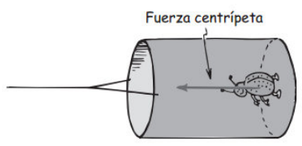


FIGURA 8.44
La lata ofrece la fuerza centrípeta necesaria para mantener a la catarina en una trayectoria circular.

de la lata sobre sus patitas. Desde nuestro marco de referencia estacionario en el exterior, vemos que no hay fuerza centrífuga que se ejerza sobre la catarina, así como no hubo fuerza centrífuga que nos lanzara contra la puertezuela del automóvil. El efecto de la fuerza centrífuga no lo causa fuerza real alguna, sino la inercia, es decir, la tendencia del objeto en movimiento a seguir una trayectoria rectilínea. Pero, ¡trata de explicárselo a la catarina!

Gravedad Simulada

Imagina una colonia de insectos llamados catarinas (mariquitas) dentro de un neumático de bicicleta, de esas de ruedas anchas, con mucho espacio en su interior. Si lanzamos al aire esa rueda o la dejamos caer de un avión que

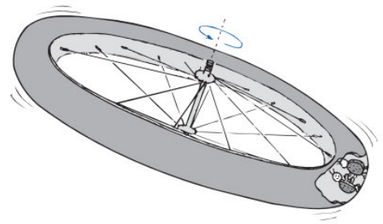


FIGURA 8.47
Si la rueda giratoria cae libremente, las catarinas en su interior sentirán una fuerza centrífuga que se siente como la gravedad, cuando gira la rueda con la rapidez adecuada. Según ellas, la dirección "hacia arriba" es hacia el centro de la rueda, y "hacia abajo" es radialmente hacia afuera.

vuele alto, las catarinas estarán en condición de ingravidez. Flotarán libremente mientras la rueda está en caída libre. Ahora giremos la rueda. Las catarinas se sentirán oprimidas hacia la parte exterior del interior del neumático. Si giramos la rueda no muy rápido ni muy lento, llegaremos a un punto en que las catarinas sentirán una gravedad simulada, como la gravedad a la que están acostumbradas. La fuerza centrífuga simula a la gravedad. La dirección "hacia abajo" para las catarinas será la que nosotros llamaríamos radial hacia afuera, alejándose del centro de la rueda.

Los seres humanos vivimos en la superficie externa de un planeta esférico, y la gravedad nos sujeta a él. El planeta ha sido la cuna de la humanidad. Pero no permaneceremos por siempre en la cuna. Nos estamos volviendo viajeros en el espacio. En los años venideros muchas personas vivirán, probablemente, en hábitat gigantescos, que giren lentamente en el espacio y a los cuales la fuerza centrífuga mantendrá oprimidos contra las superficies interiores.

Los hábitat giratorios brindarán una gravedad simulada, para que el cuerpo humano funcione con normalidad.

Los ocupantes de un trasbordador espacial no tienen peso, ya que ninguna fuerza los soporta. No son presionados por la gravedad contra una superficie de apoyo, ni experimentan una fuerza centrífuga debido a la rotación. Durante grandes periodos eso puede causar pérdida de vigor muscular o cambios nocivos en el organismo, por ejemplo, pérdida de calcio en los huesos.

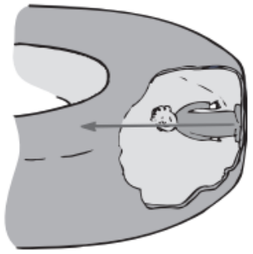


FIGURA 8.48
La interacción entre el hombre y el piso del hábitat vista desde un marco de referencia estacionario, fuera del sistema en rotación. El piso oprime los pies del hombre (acción) y el hombre regresa el empuje al piso (reacción). La única fuerza que se ejerce sobre el hombre se debe al piso. Se dirige hacia el centro y es una fuerza centrípeta.

Los viajeros del futuro no necesitarán estar sometidos a la ingravidez. Un hábitat espacial rotatorio para los seres humanos, como la rueda giratoria de bicicleta para las catarinas, suministraría con eficacia una fuerza de soporte y simularía muy bien la gravedad.

Las estructuras de diámetro pequeño tendrían que girar con gran rapidez para producir una aceleración de gravedad simulada igual a 1 g. En nuestros oídos internos hay órganos sensibles y delicados que detectan la rotación. Aunque parece que no hay dificultad más o menos con una revolución por minuto (RPM), muchas personas encuentran difícil acostumbrarse a mayores rapideces que 2 o 3 RPM (aunque hay quienes de adaptan con facilidad a unas 10 RPM).

Para simular la gravedad normal de la Tierra a 1 RPM se requiere una estructura grande, de más o menos 2 kilómetros de diámetro. Es una estructura inmensa, en comparación con los vehículos espaciales actuales. El tamaño de las primeras estructuras espaciales habitadas ha sido determinado por la economía. La primera estación espacial Mir de Rusia ha dado cabida a algunas personas durante meses, a lo largo de 14 años.

La Estación Espacial Internacional tendrá una tripulación mayor, pero como la Mir, no va a girar. Los miembros de la tripulación se deben adaptar

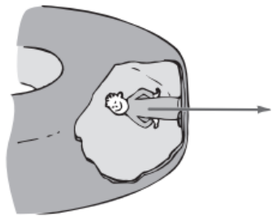


FIGURA 8.49
Visto desde el interior del sistema rotatorio, además de la interacción entre el hombre y el piso hay una fuerza centrífuga sobre el hombre, en su centro de masa. Parece tan real como la gravedad. Sin embargo, a diferencia de la gravedad, no tiene la contraparte de la reacción. No hay nada sobre el que él pueda jalar. La fuerza centrífuga no es parte de una interacción, sino que se debe a la rotación. En consecuencia se llama fuerza aparente o ficticia.

a la vida en ambiente de ingravidez. Puede ser que después vengan los hábitat giratorios mayores.

La aceleración centrífuga es directamente proporcional a la distancia radial, por lo que se pueden tener varios estados con g. Si la estructura gira de manera que los habitantes del interior de su periferia sientan 1 g, entonces a la mitad de la distancia hacia el eje sentirían 0.5 g. En el eje mismo sentirían ingravidez (0 g).

La diversidad de fracciones de g, desde el perímetro hasta el centro de un hábitat espacial giratorio promete ser un ambiente distinto y (cuando esto se escribe) todavía no explorado. En esta estructura todavía muy hipotética ejecutaríamos un ballet a 0.5 g, clavados y acrobacias con 0.2 g y menores; podrían inventarse juegos de fútbol tridimensionales, u otros nuevos deportes, con muy bajos valores de g.

CONTESTA:

Movimiento circular

1. ¿Qué quiere decir rapidez tangencial?

2. Explica la diferencia entre rapidez tangencial y rapidez de rotación.

3. ¿Cuál es la relación entre la rapidez tangencial y la distancia desde el centro del eje de rotación? Menciona un ejemplo.

4. Un cono que rueda por una superficie plana describe una trayectoria circular. ¿Qué te dice eso acerca de la rapidez tangencial en la orilla de la base del cono, en comparación con la de la punta?

5. ¿Cómo permite la forma cónica de una rueda de ferrocarril que una parte de ella tenga mayor rapidez tangencial que otra, cuando rueda sobre la vía?

Inercia rotacional

6. La inercia depende de la masa. La inercia rotacional depende de la masa y de algo más. ¿De qué?

7. ¿Es distinta la inercia rotacional de un objeto, respecto a distintos ejes de rotación? ¿Un objeto puede tener más de una inercia rotacional?

8. Imagina un lápiz y tres ejes de rotación: a lo largo de la puntilla; en ángulo recto con el lápiz y a la mitad de éste; y perpendicular al lápiz y en uno de los extremos. Clasifica de menor a mayor en cuanto a la inercia de rotación.

9. ¿Qué es más fácil de poner en movimiento, un bate de béisbol sujeto en su extremo, o uno sujeto más cerca de su extremo masivo?

10. ¿Por qué el flexionar las piernas cuando corres te ayuda a moverlas hacia adelante y hacia atrás con mayor rapidez?

11. ¿Qué tendrá mayor aceleración al rodar bajando de un plano inclinado, un aro o un disco macizo?

Momento de torsión (torque)

12. ¿Qué tiende a hacer un momento de torsión a un objeto?

13. ¿Qué quiere decir "brazo de palanca" de un momento de torsión?

14. Cuando un sistema está en equilibrio, ¿cómo se comparan los momentos de torsión sobre él, en sentido de las manecillas del reloj y en sentido contrario al de las manecillas del reloj?

Centro de masa y centro de gravedad

15. Lanza un lápiz al aire y parecerá cabecear en todos sus puntos. Pero en forma específica, ¿respecto a qué punto?

16. ¿Dónde está el centro de masa de una pelota de béisbol? ¿Dónde está su centro de gravedad? ¿Dónde están esos centros en un bat de béisbol?

Ubicación del centro de gravedad

17. Si con las manos cuelgas en reposo de una cuerda vertical, ¿dónde está tu centro de gravedad con respecto a la cuerda?

18. ¿Dónde está el centro de masa de un balón de fútbol?

Estabilidad

19. ¿Cuál es la relación entre el centro de gravedad y la base de un objeto, para que éste se encuentre en equilibrio estable?

20. ¿Por qué no se desploma la Torre Inclinada de Pisa?

21. En términos de centro de gravedad, base de soporte y momento de torsión, ¿por qué no te puedes parar con los talones contra la pared, flexionarte hasta tocarte los dedos de los pies y, después, regresar a la posición de pie?

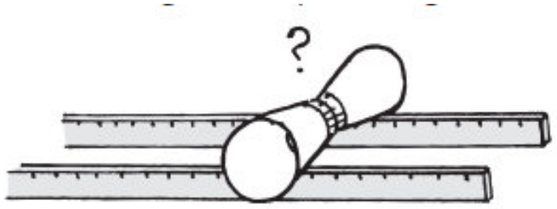
Fuerza centrípeta

22. Cuando giras una lata amarrada con una cuerda, para que describa una trayectoria circular, ¿cuál es la dirección de la fuerza que se ejerce sobre la lata?

23. Cuando una lavadora automática exprime la ropa, ¿se ejerce sobre ésta una fuerza hacia adentro o hacia afuera?

PROYECTO:

1. Sujeta un par de vasos desechables por sus extremos anchos y ruédalos a lo largo de un par de reglas largas que simulen vías férreas.Observa cómo se corrigen ellos mismos siempre que su trayectoria se aleja del centro.



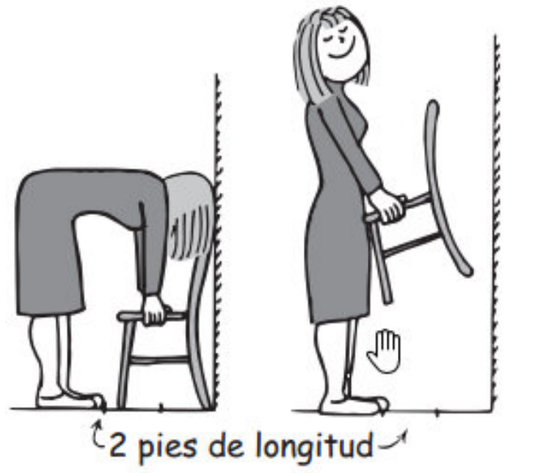
Pregunta: si pegaras los vasos en sus bases, de modo que su conicidad fuera opuesta, ¿corregirían ellos mismos su dirección o se autodestruirían si rodaran un poco descentrados?

2. Sujeta un tenedor, una cuchara y un cerillo de madera como se ve en la figura. La combinación se equilibrará muy bien, en el borde de un vaso, por ejemplo. Esto sucede porque en realidad el centro de gravedad "cuelga" bajo el punto de apoyo.

3. Párate con los talones apoyándolos contra una pared y trata de flexionarte hasta tocarte los dedos de los pies. Verás que tienes que pararte a cierta distancia de la pared para hacerlo sin caerte.

Compara la distancia mínima de los talones a la pared, con la de un amigo o amiga. ¿Quién se puede tocarse los dedos de los pies con los talones más cerca de la pared, los hombres o las mujeres? En promedio y en proporción con su estatura, ¿cuál sexo tiene el centro de gravedad más bajo?

4. Pide a un amigo que se pare de cara a una pared, con los dedos de los pies junto a la pared, y pídele que se pare de puntas sin caerse. No lo podrá hacer. Explícale exactamente por qué no lo puede hacer.



5. Coloca una regla de un metro en los dos índices extendidos, como se ve en la figura. Acerca lentamente los dedos. ¿En qué parte de la regla se encuentran? ¿Puedes explicar por qué siempre sucede así, independientemente de dónde tenías los dedos al principio?

FIN

ESPERO QUE LO HAYAS DISFRUTADO!!!