DINÁMICA Leyes de Newton: Concepto de masa y primera ley de Newton, variación del momento lineal de una partícula interactuante y segunda ley de Newton, línea de acción de una fuerza y tercera ley de Newton. Diagrama de Cuerpo libre

LEYES DE NEWTON 3

LA MASA de un objeto es una medida de su inercia. Se llama **inercia** a la tendencia de un objeto en reposo a permanecer en este estado, y de un objeto en movimiento a continuarlo sin cambiar su velocidad. Durante varios siglos, los físicos habían encontrado útil concebir la masa como una representación de la cantidad de materia, pero esa idea ya no es sostenible (como se aprendió a partir de la Relatividad Especial).

EL KILOGRAMO PATRÓN es un objeto cuya masa se define como un kilogramo. Las masas de otros objetos se encuentran por comparación con esta masa. Un *gramo masa* equivale exactamente a 0.001 kg.

FUERZA, en general, es el agente del cambio. En mecánica, es aquello que cambia la velocidad de un objeto. La fuerza es una cantidad vectorial, que tiene magnitud y dirección. Una *fuerza externa* es aquella cuya fuente se encuentra fuera del sistema que se está considerando.

LA FUERZA RESULTANTE que actúa sobre un objeto le proporciona una aceleración en la dirección de la fuerza. La aceleración es proporcional a la fuerza e inversamente proporcional a la masa del objeto. (A partir de la Teoría Especial de la Relatividad, ahora se sabe que este enunciado en realidad es una aproximación excelente, aplicable a todas las situaciones donde la rapidez es apreciablemente menor que la de la luz, c.)

EL NEWTON es la unidad de fuerza en el SI. Un newton (1 N) es la fuerza resultante que proporciona a 1 kg una aceleración de 1 m/s^2. La *libra* equivale a 4.45 N o, de manera alternativa, un newton es aproximadamente un cuarto de libra.

PRIMERA LEY DE NEWTON: *Un objeto en reposo permanecerá en reposo; un objeto en movimiento seguirá moviéndose con velocidad constante, excepto en cuanto recibe la acción de una fuerza externa.* La fuerza es lo que cambia el movimiento.

SEGUNDA LEY DE NEWTON: Como la enunció Newton, la segunda ley se estructuró en términos del concepto de cantidad movimiento. En el capítulo 8 se tratará un enunciado rigurosamente correcto. En este punto, el enfoque será sobre una variación menos fundamental, pero muy útil. Si la fuerza resultante (neta) $\vec{\mathbf{F}}$ que actúa sobre un objeto de masa m no es cero, el objeto se acelerará en la dirección de 1a fuerza. La aceleración $\vec{\mathbf{a}}$ es proporcional a 1a fuerza e inversamente proporcional a la masa del objeto. Con $\vec{\mathbf{F}}$ en newtons, m en kilogramos y $\vec{\mathbf{a}}$ en m/s^2, esta proporcionalidad se puede escribir como una ecuación:

$$\vec{\mathbf{a}} = \frac{\vec{\mathbf{F}}}{m} \qquad \text{o} \qquad \vec{\mathbf{F}} = m\vec{\mathbf{a}}$$

La aceleración $\vec{\mathbf{a}}$ tiene la misma dirección que la fuerza resultante $\vec{\mathbf{F}}$.

La ecuación vectorial $\vec{\mathbf{F}} = m\vec{\mathbf{a}}$ puede escribirse en términos de sus componentes como

$$\Sigma F_x = ma_x \qquad \Sigma F_y = ma_y \qquad \Sigma F_z = ma_z$$

donde las fuerzas son las componentes de las fuerzas externas que actúan sobre el objeto.

TERCERA LEY DE NEWTON: La materia *interactúa* con la materia; las fuerzas se presentan en pares. *Por cada fuerza que actúa sobre un cuerpo, existe otra igual, pero en sentido opuesto, actuando sobre algún otro cuerpo.* Con frecuencia a ésta se le llama *ley de acción y reacción*. Note que las fuerzas de acción y reacción actúan en los dos diferentes cuerpos que interactúan.

LEY DE LA GRAVITACIÓN UNIVERSAL: Cuando dos masas m y m' interactúan gravitacionalmente se atraen entre sí con fuerzas de igual magnitud. Para masas puntuales (o cuerpos con simetría esférica), la fuerza de atracción F_G está dada por

$$F_G = G\frac{mm'}{r^2}$$

donde r es la distancia entre los centros de las masas, y $G = 6.67 \times 10^{-11}\ \mathrm{N \cdot m^2/kg^2}$ cuando F_G está en newtons, m y m' están en kilogramos y r está en metros.

EL PESO de un cuerpo (F_W) es la fuerza gravitacional que atrae al cuerpo. En la Tierra, es la fuerza gravitacional que ejerce la Tierra sobre el cuerpo. Sus unidades son newtons (en el SI) y libras (en el sistema británico). Debido a que la Tierra no es una esfera uniforme perfecta, y sobre todo más por su rotación, el peso medido por una balanza (con frecuencia llamado *peso efectivo*) será diferente, de manera muy ligera, del que se acaba de definir.

RELACIÓN ENTRE MASA Y PESO: Un cuerpo de masa m en caída libre hacia la Tierra está bajo la acción de una sola fuerza, la atracción gravitacional, a la que se conoce como peso F_W del objeto. La aceleración g que tiene un objeto en caída libre se debe a su peso F_W. Entonces, la ecuación $\vec{F} = m\vec{a}$ da la relación entre $F = F_W$, $a = g$ y m; esto es, $F_W = mg$. Como en la superficie terrestre, en promedio, $g = 9.81\ \mathrm{m/s^2}$, un objeto de 1.00 kg pesa 9.81 N (o 2.20 lb).

FUERZA DE TENSIÓN ($\vec{F}_T$) es la fuerza con la que una cuerda o cadena tira del objeto al cual está unida. La magnitud de la fuerza de tensión es la **tensión** (F_T).

FUERZA DE FRICCIÓN ($\vec{F}_f$) es una fuerza tangencial que actúa sobre una superficie que se opone al deslizamiento de la superficie a través de una superficie adyacente. La fuerza de fricción es paralela a la superficie y opuesta, en sentido, a su movimiento. Un objeto empezará a resbalar sólo cuando la fuerza aplicada sobrepase la fuerza máxima de fricción estática.

FUERZA NORMAL ($\vec{F}_N$) sobre una superficie que descansa sobre una segunda superficie, es la componente perpendicular de la fuerza ejercida por la superficie de soporte sobre la superficie que está siendo soportada.

COEFICIENTE DE FRICCIÓN CINÉTICA (μ_c) se define para el caso en el que una superficie se desliza a través de otra con rapidez constante. Esto es

$$\mu_c = \frac{\text{fuerza de fricción}}{\text{fuerza normal}} = \frac{F_f}{F_N}$$

EL COEFICIENTE DE FRICCIÓN ESTÁTICA (μ_e) se define para el caso en donde una superficie está a punto de deslizarse a través de otra superficie. Esto es

$$\mu_e = \frac{\text{fuerza de fricción crítica}}{\text{fuerza normal}} = \frac{F_f(\text{máx})}{F_N}$$

donde la fuerza de fricción máxima es la fuerza de fricción cuando el objeto está a punto de iniciar su desplazamiento.

ANÁLISIS DIMENSIONAL: Todas las cantidades mecánicas, tales como la aceleración y la fuerza, se pueden expresar en términos de tres dimensiones fundamentales: la longitud L, la masa M y el tiempo T. Por ejemplo, la aceleración es una longitud (una distancia) dividida entre (tiempo)^2; se dice que sus *dimensiones* son L/T^2, que se puede escribir como $[LT^{-2}]$. Las dimensiones de volumen son $[L^3]$ y las de velocidad $[LT^{-1}]$. Como la fuerza es la masa multiplicada por la aceleración, sus dimensiones son $[MLT^{-2}]$. El análisis dimensional es muy útil para ver si una ecuación está correctamente escrita, ya que cada término de una ecuación debe tener las mismas dimensiones. Por ejemplo, las dimensiones de la ecuación

$$s = v_i t \qquad + \tfrac{1}{2}at^2$$

son

$$[L] \rightarrow [LT^{-1}][T] + [LT^{-2}][T^2]$$

y cada término tiene dimensiones de longitud. *Recuerde: todos los términos en una ecuación deben tener las mismas dimensiones*. Por ejemplo, una ecuación no puede tener un término de volumen $[L^3]$ sumado con otro de área $[L^2]$, o tampoco un término de fuerza $[MLT^{-2}]$ puede restarse a un término de velocidad $[LT^{-1}]$; estos términos no tienen las mismas dimensiones.

Dado que $\vec{\mathbf{R}} = R_x\hat{\mathbf{i}} + R_y\hat{\mathbf{j}} + R_z\hat{\mathbf{k}}$, se encuentra

$$\vec{\mathbf{R}} = 3\hat{\mathbf{i}} - 15\hat{\mathbf{j}} + 15\hat{\mathbf{k}}$$

Para dos cifras significativas, el teorema de Pitágoras tridimensional produce

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2 + R_z^2} = \sqrt{459} = 21 \text{ N}$$

3.8 [I] Encuentre el peso de un cuerpo, si su masa en la Tierra es *a*) 3.00 kg, *b*) 200 g.

La relación general entre masa m y peso F_W es $F_W = mg$. En esta expresión, m debe estar en kilogramos, g en m/s^2 y F_W en newtons. Sobre la Tierra, $g = 9.81$ m/s^2. La aceleración debida a la gravedad varía de un lugar a otro en el universo.

a) $$F_W = (3.00 \text{ kg})(9.81 \text{ m/s}^2) = 29.4 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2 = 29.4 \text{ N}$$

b) $$F_W = (0.200 \text{ kg})(9.81 \text{ m/s}^2) = 1.96 \text{ N}$$

3.9 [I] A un objeto de 20.0 kg que se mueve libremente se le aplica una fuerza resultante de 45.0 N en la dirección $-x$. Calcule la aceleración del objeto.

Se usa la segunda ley en su forma de componentes, $\Sigma F_x = ma_x$, con $\Sigma F_x = -45.0$ N y $m = 20.0$ kg. Entonces

$$a_x = \frac{\Sigma F_x}{m} = \frac{-45.0 \text{ N}}{20.0 \text{ kg}} = -2.25 \text{ N/kg} = -2.25 \text{ m/s}^2$$

donde se usó el hecho de que 1 N = 1 kg · m/s^2. Como la fuerza resultante que actúa sobre el objeto está en la dirección $-x$ su aceleración también está en esa dirección.

3.10 [I] El objeto que se muestra en la figura 3-7*a* pesa 50 N y está suspendido por una cuerda. Encuentre el valor de la tensión en la cuerda.

Para iniciar el análisis, primero hay que aislar mentalmente el objeto. Dos fuerzas actúan sobre él: la fuerza de la cuerda que jala hacia arriba y la fuerza que lo jala hacia abajo debida a la gravedad. La fuerza de tensión que ejerce la cuerda se denota por medio de F_T, y la fuerza que ejerce la gravedad, el peso del objeto, se denota por $F_W = 50$ N. Estas dos fuerzas se muestran en el diagrama de cuerpo libre en la figura 3-7*b*.

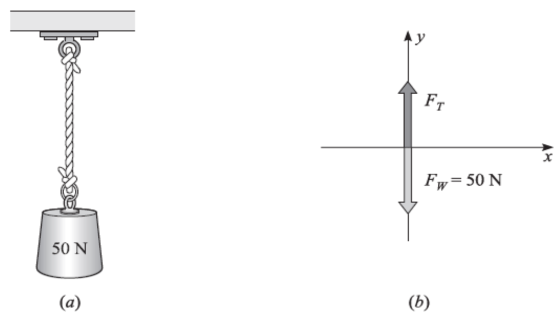

Figura 3-7

Las fuerzas ya están en su forma de componentes, por lo que es posible escribir la primera condición de equilibrio tomando *arriba* y a la *derecha* como direcciones positivas:

$$\xrightarrow{+} \Sigma F_x = 0 \quad \text{se convierte en} \quad 0 = 0$$
$$+\uparrow \Sigma F_y = 0 \quad \text{se convierte en} \quad F_T - 50 \text{ N} = 0$$

de donde $F_T = 50$ N. Entonces, cuando una sola cuerda vertical sostiene un cuerpo en equilibrio, la tensión en la cuerda es igual al peso del cuerpo.

3.11 [I] Un objeto de 5.0 kg se jala hacia arriba con una cuerda acelerándolo a 0.30 m/s². ¿Cuál debe ser la tensión en la cuerda?

El diagrama de cuerpo libre para el objeto se muestra en la figura 3-8. La tensión en la cuerda es F_T y el peso del objeto es $F_W = mg = (5.0\text{ kg})(9.81\text{ m/s}^2) = 49.1\text{ N}$. Usando $\Sigma F_y = ma_y$, con la dirección hacia arriba tomada como positiva, se tiene

$$F_T - mg = ma_y \qquad \text{o} \qquad F_T - 49.1\text{ N} = (5.0\text{ kg})(0.30\text{ m/s}^2)$$

de lo cual $F_T = 50.6\text{ N} = 51\text{ N}$. Como comprobación, se puede ver que F_T es mayor que F_W, como debe ser si el cuerpo se acelera hacia arriba.

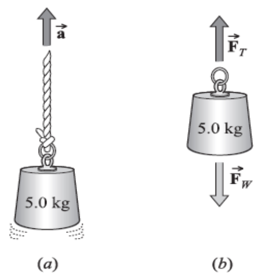

Figura 3-8

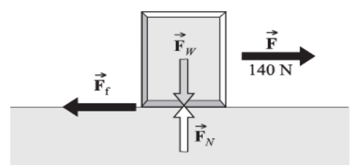

Figura 3-9

3.12[II] Se necesita una fuerza horizontal de 140 N para jalar una caja de 60.0 kg sobre un piso horizontal con rapidez constante. ¿Cuál es el coeficiente de fricción entre el piso y la caja? Determínelo a tres cifras significativas, aun cuando esto no sea muy realista.

El diagrama de cuerpo libre para la caja se muestra en la figura 3-9. Como la caja no se mueve en dirección vertical, $a_y = 0$. Por tanto,

$$\Sigma F_y = ma_y \qquad \text{da} \qquad F_N - mg = (m)(0\text{ m/s}^2)$$

de donde se encuentra que $F_N = mg = (60.0\text{ kg})(9.81\text{ m/s}^2) = 588.6\text{ N}$. Como la caja se mueve horizontalmente con rapidez constante, $a_x = 0$ y en consecuencia

$$\Sigma F_x = ma_x \qquad \text{da} \qquad 140\text{ N} = F_f = 0$$

de donde la fuerza de fricción es $F_f = 140\text{ N}$. Entonces se tiene

$$\mu_c = \frac{F_f}{F_N} = \frac{140\text{ N}}{588.6\text{ N}} = 0.238$$

3.13 [II] La única fuerza que actúa sobre un objeto de 5.0 kg tiene por componentes $F_x = 20\text{ N}$ y $F_y = 30\text{ N}$. Encuentre la aceleración del objeto.

Se utiliza $\Sigma F_x = ma_x$ y $\Sigma F_y = ma_y$ para obtener

$$a_x = \frac{\Sigma F_x}{m} = \frac{20\text{ N}}{5.0\text{ kg}} = 4.0\text{ m/s}^2$$

$$a_y = \frac{\Sigma F_y}{m} = \frac{30\text{ N}}{5.0\text{ kg}} = 6.0\text{ m/s}^2$$

Estas componentes de la aceleración se muestran en la figura 3-10. De la figura, se observa que

$$a = \sqrt{(4.0)^2 + (6.0)^2}\text{ m/s}^2 = 7.2\text{ m/s}^2$$

y $\theta = \arctan(6.0/4.0) = 56°$.

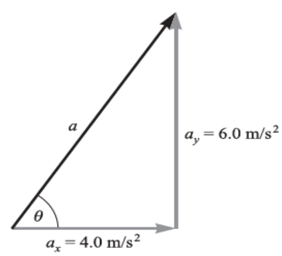

Figura 3-10

3.14 [II] Se desea aplicar una aceleración de 0.70 m/s² a un objeto de 600 N. ¿De qué magnitud debe ser la fuerza no balanceada que actúa sobre él?

Observe que se da como dato el peso, no la masa. Si considera que el peso se determinó en la Tierra, se utiliza $F_W = mg$ para encontrar

$$m = \frac{F_W}{g} = \frac{600\ \text{N}}{9.81\ \text{m/s}^2} = 61\ \text{kg}$$

Ahora que se conocen la masa del objeto (61 kg) y la aceleración deseada (0.70 m/s²), se tiene

$$F = ma = (61\ \text{kg})(0.70\ \text{m/s}^2) = 43\ \text{N}$$

3.15 [III] Una fuerza constante actúa sobre un objeto de 5.0 kg y disminuye su velocidad de 7.0 m/s a 3.0 m/s en un tiempo de 3.0 s. Encuentre la fuerza.

En primer lugar, se debe calcular la aceleración del objeto, que es constante porque la fuerza también es constante. Tomando la dirección del movimiento como positiva, del capítulo 2 se tiene

$$a = \frac{v_f - v_i}{t} = \frac{-4.0\ \text{m/s}}{3.0\ \text{s}} = -1.33\ \text{m/s}^2$$

Ahora se puede usar $F = ma$ con $m = 5.0$ kg:

$$F = (5.0\ \text{kg})(-1.33\ \text{m/s}^2) = -6.7\ \text{N}$$

El signo menos indica que la fuerza es una fuerza retardadora y que se opone al movimiento.

3.16 [II] Un bloque de 400 g con rapidez inicial de 80 cm/s resbala sobre la cubierta de una mesa horizontal en contra de una fuerza de fricción de 0.70 N. *a)* ¿Qué distancia recorrerá resbalando antes de detenerse? *b)* ¿Cuál es el coeficiente de fricción entre el bloque y la cubierta de la mesa?

a) Considere la dirección del movimiento como positiva. La única fuerza no balanceada que actúa sobre el bloque es la fuerza de fricción, -0.70 N. Por tanto,

$$\Sigma F = ma \qquad \text{se convierte en} \qquad -0.70\ \text{N} = (0.400\ \text{kg})\ (a)$$

de donde $a = -1.75\ \text{m/s}^2$. (Note que m siempre está en kilogramos.) Para encontrar la distancia a la que resbala el bloque, se tiene que $v_{ix} = 0.80$ m/s, $v_{fx} = 0$ y $a = -1.75\ \text{m/s}^2$. Entonces la ecuación $v_{fx}^2 - v_{ix}^2 = 2ax$ da por resultado

$$x = \frac{v_{fx}^2 - v_{ix}^2}{2a} = \frac{(0 - 0.64)\ \text{m}^2/\text{s}^2}{(2)(-1.75\ \text{m/s}^2)} = 0.18\ \text{m}$$

b) Como las fuerzas verticales que actúan sobre el cuerpo deben cancelarse, el empuje hacia arriba F_N de la mesa debe ser igual al peso mg del bloque. Entonces

$$\mu_c = \frac{\text{fuerza de fricción}}{F_N} = \frac{0.70\ \text{N}}{(0.40\ \text{kg})(9.81\ \text{m/s}^2)} = 0.18$$

3.17 [II] Un automóvil de 600 kg de peso se mueve en un camino nivelado a 30 m/s. *a)* ¿Qué tan grande debe ser la magnitud de la fuerza retardadora (supuesta constante) que se requiere para detener al automóvil en una distancia de 70 m? *b)* ¿Cuál es el mínimo coeficiente de fricción entre las llantas y el camino para que esto suceda? Suponga que las ruedas no están trabadas, en cuyo caso se trata con fricción estática; no hay resbalamiento.

a) En primer término se debe encontrar la aceleración del automóvil a partir de una ecuación de movimiento. Con los datos $v_{ix} = 30$ m/s, $v_{fx} = 0$ y $x = 70$ m se usa la ecuación $v_{fx}^2 = v_{ix}^2 + 2ax$ para encontrar

$$a = \frac{v_{fx}^2 - v_{ix}^2}{2x} = \frac{0 - 900\ \text{m}^2/\text{s}^2}{140\ \text{m}} = -6.43\ \text{m/s}^2$$

Ahora puede escribirse

$$F = ma = (600\ \text{kg})(-6.43\ \text{m/s}^2) = -3\,860\ \text{N} = -3.9\ \text{kN}$$

b) La fuerza calculada en *a)* es igual a la fuerza de fricción que existe entre las llantas y el camino. Por tanto, la magnitud de la fuerza de fricción sobre las llantas es $F_f = 3\,860$ N. El coeficiente de fricción está dado por $\mu_e = F_f/F_N$, donde F_N es la fuerza normal. En este caso, el camino empuja hacia arriba sobre el automóvil con una fuerza igual al peso del automóvil. Así que,

$$F_N = F_W = mg = (600 \text{ kg})(9.81 \text{ m/s}^2) = 5\,886 \text{ N}$$

entonces se tiene $$\mu_e = \frac{F_f}{F_N} = \frac{3\,860}{5\,886} = 0.66$$

El coeficiente de fricción debe ser al menos de 0.66 para que el automóvil se detenga dentro de los 70 m.

3.18 [I] Una locomotora de 8000 kg tira de un tren de 40 000 kg a lo largo de una vía nivelada y le proporciona una aceleración $a_1 = 1.20 \text{ m/s}^2$. ¿Qué aceleración (a_2) le proporcionaría a un tren de 16 000 kg?

Para una fuerza dada de la locomotora, la aceleración es inversamente proporcional a la masa total. Entonces

$$a_2 = \frac{m_1}{m_2}a_1 = \frac{8\,000 \text{ kg} + 40\,000 \text{ kg}}{8\,000 \text{ kg} + 16\,000 \text{ kg}}(1.20 \text{ m/s}^2) = 2.40 \text{ m/s}^2$$

3.19 [I] En la figura 3-11*a* un objeto de masa m está colgado de una cuerda. Calcule la tensión en la cuerda si el objeto *a*) está en reposo, *b*) se mueve con velocidad constante, *c*) acelera hacia arriba con una aceleración $a = 3g/2$ y *d*) acelera hacia abajo con $a = 0.75g$.

Dos fuerzas actúan sobre el objeto: la tensión hacia arriba F_T y la atracción gravitacional hacia abajo mg, tal como se muestra en el diagrama de cuerpo libre de la figura 3-11*b*. Se considera como positiva la dirección *hacia arriba* y se escribe $\Sigma F_y = ma_y$, en cada caso.

a)	$a_y = 0$:	$F_T - mg = ma_y = 0$	o	$F_T = mg$
b)	$a_y = 0$:	$F_T - mg = ma_y = 0$	o	$F_T = mg$
c)	$a_y = 3g/2$:	$F_T - mg = m(3g/2)$	o	$F_T = 2.5\,mg$
d)	$a_y = -3g/4$:	$F_T - mg = m(-3g/4)$	o	$F_T = 0.25\,mg$

Note que la tensión en la cuerda es menor que mg en el inciso *d*); sólo entonces el objeto tiene una aceleración hacia abajo. ¿Podría explicar por qué $F_T = 0$ si $a_y = -g$?

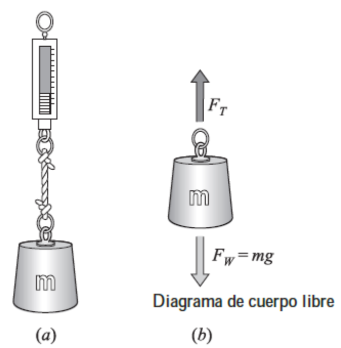

Figura 3-11

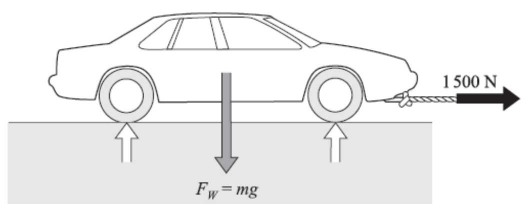

Figura 3-12

3.20 [I] Una cuerda de remolque se romperá si la tensión sobre ella excede los 1 500 N. Se utilizará para remolcar un automóvil de 700 kg a lo largo de un piso nivelado. ¿Cuál es el valor máximo de la aceleración que se puede aplicar al automóvil con esta cuerda? (Recuerde que 1 500 tiene cuatro cifras significativas; vea el apéndice A.)

Las fuerzas que actúan sobre el automóvil se muestran en la figura 3-12. Sólo son importantes las fuerzas en la dirección x, ya que las fuerzas en la dirección y se equilibran entre sí. Indicando la dirección positiva con el signo + y una pequeña flecha se tiene:

$$\underset{\rightarrow}{+}\Sigma F_x = ma_x \qquad \text{se convierte en} \qquad 1\,500 \text{ N} = (700 \text{ kg})(a)$$

de donde $a = 2.14 \text{ m/s}^2$.

3.21 [I] Calcule la aceleración mínima con la que una mujer de 45 kg se desliza por una cuerda, si la cuerda sólo puede soportar una tensión de 300 N.

El peso de la mujer es $mg = (45 \text{ kg})(9.81 \text{ m/s}^2) = 441 \text{ N}$. Como la cuerda únicamente soporta 300 N, la fuerza no balanceada F que actúa hacia abajo sobre la mujer debe ser de al menos $441 \text{ N} - 300 \text{ N} = 141 \text{ N}$. La aceleración mínima en su movimiento de bajada es

$$a = \frac{F}{m} = \frac{141 \text{ N}}{45 \text{ kg}} = 3.1 \text{ m/s}^2$$

3.22 [II] Una caja de 70 kg resbala a lo largo de un piso debido a una fuerza de 400 N, como se muestra en la figura 3-13. El coeficiente de fricción entre la caja y el piso cuando la caja resbala es de 0.50. Calcule la aceleración de la caja.

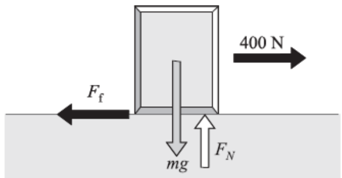

Figura 3-13

Como las fuerzas en la dirección y deben balancearse,

$$F_N = mg = (70 \text{ kg})(9.81 \text{ m/s}^2) = 687 \text{ N}$$

Pero la fuerza de fricción F_f está dada por

$$F_f = \mu_c F_N = (0.50)(687 \text{ N}) = 344 \text{ N}$$

Se puede escribir $\Sigma F_x = ma_x$ para la caja, tomando como positiva la dirección del movimiento:

$$400 \text{ N} - 344 \text{ N} = (70 \text{ kg})(a) \qquad \text{o} \qquad a = 0.80 \text{ m/s}^2$$

3.23 [II] Suponga, como se muestra en la figura 3-14, que una caja de 70 kg se jala con una fuerza de 400 N que forma un ángulo de 30° con la horizontal. El coeficiente de fricción cinética es 0.50. Calcule la aceleración de la caja.

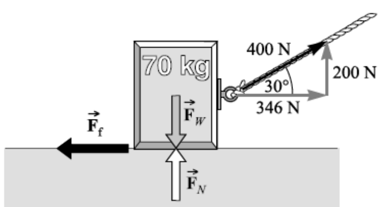

Figura 3-14

Como la caja no tiene movimiento en la dirección vertical, se tiene que $\Sigma F_y = ma_y = 0$. A partir de la figura 3-14 se ve que esta ecuación es

$$F_N + 200 \text{ N} - mg = 0$$

Pero $mg = (70 \text{ kg})(9.81 \text{ m/s}^2) = 687 \text{ N}$, y se sigue que $F_N = 486 \text{ N}$.

A continuación se calcula la fuerza de fricción que actúa sobre la caja:

$$F_f = \mu_c F_N = (0.50)(486 \text{ N}) = 243 \text{ N}$$

Ahora se escribe $\Sigma F_x = ma_x$ para la caja. Esto es

$$(346 - 243) \text{ N} = (70 \text{ kg})(a_x)$$

de donde $a_x = 1.5 \text{ m/s}^2$.

3.25 [II] Como se muestra en la figura 3-15, una fuerza de 400 N empuja una caja de 25 kg. Partiendo del reposo, la caja alcanza una velocidad de 2.0 m/s en un tiempo de 4.0 s. Encuentre el coeficiente de fricción cinético entre la caja y el piso.

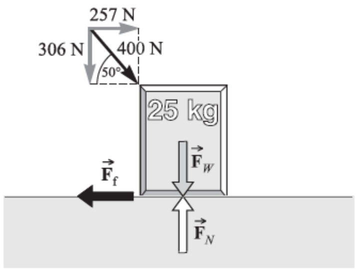

Figura 3-15

Es necesario encontrar f usando la ecuación $F = ma$. Para esto se debe encontrar a con las ecuaciones de movimiento. Se sabe que $v_i = 0$, $v_f = 2.0$ m/s, $t = 4.0$ s. Al usar $v_f = v_i + at$ se encuentra que

$$a = \frac{v_f - v_i}{t} = \frac{2.0\ \text{m/s}}{4.0\ \text{s}} = 0.50\ \text{m/s}^2$$

Ahora se puede escribir $\Sigma F_x = ma_x$, donde $a_x = a = 0.50\ \text{m/s}^2$. De la figura 3-15, esta ecuación es

$$257\ \text{N} - F_f = (25\ \text{kg})(0.50\ \text{m/s}^2) \qquad \text{o} \qquad F_f = 245\ \text{N}$$

Se desea calcular $\mu = F_f/F_N$. Para calcular F_N se escribe $\Sigma F_y = ma_y = 0$, pues no hay movimiento vertical. De la figura 3-15,

$$F_N - 306\ \text{N} - (25)(9.81)\ \text{N} = 0 \qquad \text{o} \qquad F_N = 551\ \text{N}$$

Entonces

$$\mu_c = \frac{F_f}{F_N} = \frac{245}{551} = 0.44$$