



DEPARTAMENTO  
DE FÍSICA



COORDINACIÓN  
FÍSICA

UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE CHILE

## GUÍA DE EJERCICIOS 5



# LEYES DE NEWTON

2023



FACULTAD DE CIENCIA  
**VIRTUAL**  
UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE CHILE



## Objetivos de aprendizaje:

Esta guía sirve de soporte a la parte final de la segunda unidad del curso de Física I.  
Las capacidades que tienes que comprobar a través de esta guía son:

- Identificar correctamente los distintos tipos de fuerza involucrados en una situación física
- Elaborar diagramas de cuerpo libre para los cuerpos involucrados en dicha situación.
- Identificar pares acción-reacción entre diagramas de cuerpos distintos.
- Identificar el concepto de Fuerza neta que actúa sobre un cuerpo
- Descomponer Fuerzas a lo largo de ejes perpendiculares.

## 1. Introducción

### 1.A. Motivación

En los temas anteriores, además de estudiar unidades y vectores, hemos estudiado la descripción del movimiento de un cuerpo, sin prestar atención a las causas que lo generan, ahora nos centraremos en la causa del estado cinemático de un cuerpo, para eso es fundamental estudiar el concepto de fuerza para introducirnos en la rama de la física llamada dinámica.

### 1.B. Ideas clave

#### 1.B.1. Leyes de Newton

- **Primera Ley de Newton:** Esta ley es conocida como “Ley de Inercia” y define un conjunto especial de sistemas de referencia llamados sistemas inerciales. Esta ley se puede establecer como:  
“En ausencia de fuerzas externas, y cuando se observa desde un sistema de referencia inercial, un objeto en reposo se mantiene en reposo y un objeto en movimiento continúa en movimiento con una velocidad constante (esto es, con una rapidez constante en una línea recta)”.
- **Segunda Ley de Newton:** Esta ley es conocida como “ley fundamental de la dinámica” y define que la fuerza neta aplicada sobre un cuerpo (recordar que fuerza neta es la suma de todas las fuerzas que actúan simultáneamente sobre un cuerpo), es directamente proporcional a la aceleración experimentada por dicho cuerpo.





Esta ley puede expresarse matemáticamente como:

$$F_{\text{Neta}} = \sum \vec{F}_i$$
$$\sum \vec{F}_i = m \cdot \vec{a}_i$$

La constante de proporcionalidad “m” es siempre positiva, y corresponde a la masa del cuerpo sobre el que actúa la fuerza neta. Note que, debido al carácter vectorial de esta ecuación, al ser la masa siempre positiva, la ecuación anterior manifiesta que la fuerza neta aplicada a un cuerpo y la aceleración que dicho cuerpo experimenta (a causa de dicha fuerza neta), son vectores que poseen la misma dirección y sentido.

Si consideramos que cada fuerza puede descomponerse a lo largo de las diferentes direcciones de un sistema cartesiano, podemos escribir la fuerza neta componente a componente.

$$\sum F_x = ma_x \quad \sum F_y = ma_y \quad \sum F_z = ma_z$$

## 1.B.2. Algunas definiciones

- **Fuerza:** Es una cantidad física vectorial que surge debido a la interacción entre dos o más objetos, y por tanto siempre se originan de a pares. La intensidad de una fuerza se mide en el Sistema Internacional en una unidad de medida llamada Newton (N), en honor al físico inglés Isaac Newton, y su equivalencia es:

$$1 [N] = 1 \left[ \frac{kg \cdot m}{s^2} \right]$$

- **Fuerza neta o resultante:** Corresponde al vector fuerza que resulta de sumar de todas las fuerzas que actúan simultáneamente sobre un cuerpo y se escribe mediante la suma vectorial:

$$\vec{F}_N = \sum \vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \dots + \vec{F}_n$$

- **Peso ( $\vec{P}$  o  $\vec{W}$ ):** Es la fuerza de atracción gravitacional que la Tierra ejerce sobre un cuerpo, y es capaz de actuar a distancia. Es ejercido tanto si el cuerpo está en caída libre, como si el objeto está apoyado quieto sobre otro cuerpo (o sobre la superficie terrestre).
- **Normal ( $\vec{N}$ ):** Es ejercida por la superficie de un objeto sobre otro objeto con el que esté en contacto. Esta fuerza puede considerarse como una resistencia que experimentan los cuerpos a traspasarse entre si cuando entran en contacto.





- **Fricción ( $\vec{f}_s$  o  $\vec{f}_k$ ):** Es ejercida por la superficie de un objeto sobre otro objeto con el que esté en contacto cuando el objeto intenta (roce estático) o logra deslizarse (roce cinético) sobre esta superficie.

La fuerza de roce impide que el movimiento producido a lo largo de las superficies en contacto sea libre, es decir manifiesta una resistencia al movimiento entre ellas.

- **Tensión ( $\vec{T}$ ):** Es una fuerza comunicada o transmitida a lo largo de una cuerda, alambre, cable, hilo, cadena, etc (cualquier medio que pueda generar tracción).

## 1.C. Metodología de resolución de problemas

Para resolver los problemas de esta guía, el método usual es:

1. Definir el sistema a estudiar y hacer un inventario de las fuerzas que se aplican a cada cuerpo relevante del sistema.
2. Representar todas las fuerzas que actúan sobre cada cuerpo del sistema en un diagrama de cuerpo libre para cada cuerpo.
3. Identificar entre los distintos diagramas de cuerpo libre, cuáles son los pares de acción-reacción.
4. Elegir un sistema de ejes y descomponer las fuerzas en éste.
5. Identificar la fuerza neta sobre un cuerpo y sus componentes vectoriales.

## 2. Problemas

**Todos aquellos problemas que se encuentren dentro de un recuadro como éste serán revisados en alguna de las Clases de Ejercicios.**

En todos los problemas considere  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ .

### 2.A. Primera y Segunda Ley de Newton

1. Dada la situación presentada en las figuras 1:



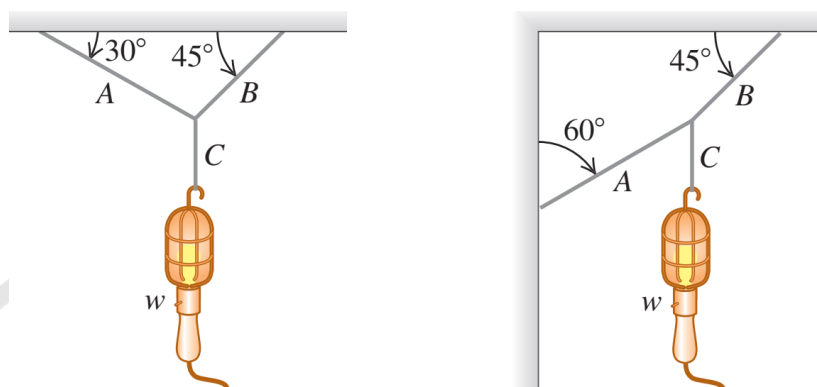


Figura 1: Lámparas colgando en dos situaciones distintas.

Determina la tensión de las cuerdas en ambos casos.

(R: a)  $T_A = 0,732w$  y  $T_B = 0,897w$ . b)  $T_A = 2,73w$  y  $T_B = 3,35w$ .)

- Unas personas están tratando de liberar una camioneta atascada en el lodo. Para sacar el vehículo, usan tres cuerdas horizontales que producen los vectores de fuerza mostrados en la figura

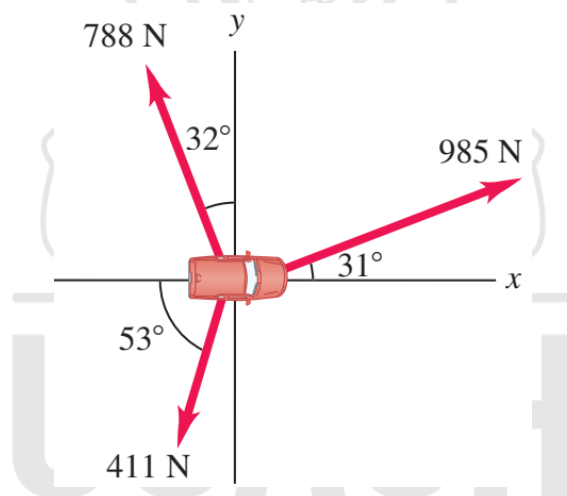


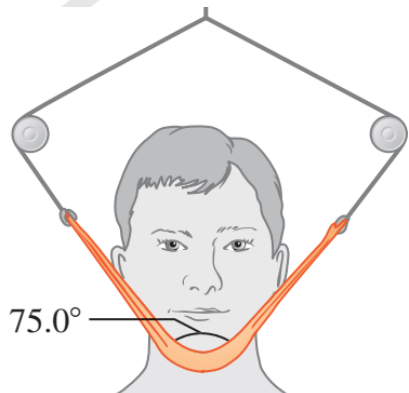
Figura 2: Camioneta atascada en el lodo.

- Determina las componentes  $x$  e  $y$  de cada una de las tres cuerdas.
- Utiliza las componentes para calcular la magnitud y dirección de la fuerza resultante de las tres cuerdas.

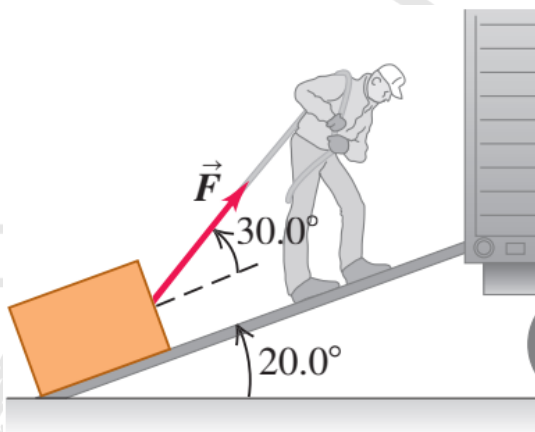
(R: a)  $F_{1x} = 844 \text{ N}$ ,  $F_{1y} = 507 \text{ N}$ ,  $F_{2x} = -418 \text{ N}$ ,  $F_{2y} = 668 \text{ N}$ ,  $F_{3x} = -247 \text{ N}$ ,  $F_{3y} = -328 \text{ N}$ . b)  $R = 886 \text{ N}$ ,  $\theta = 78,1^\circ$ )

3. Debido a una lesión en la boca, un paciente debe usar un tirante que produce una fuerza neta hacia arriba de 5 N sobre su barbilla, como muestra la figura 3a. La tensión es la misma a lo largo del tirante. Determina la tensión del tirante para proporcionar esa fuerza hacia arriba.

(R:  $F = 3,15 \text{ N}$ )



(a) Problema de la lesión bucal.



(b) Problema del camión de mudanza.

Figura 3: Figuras de problemas.

4. Un hombre arrastra hacia arriba un baúl por la rampa de un camión de mudanzas. La rampa está inclinada  $20^\circ$  y el hombre tira hacia arriba con una fuerza cuya dirección forma un ángulo de  $30^\circ$  con la rampa, tal como muestra la figura 3b.

- Determina la fuerza necesaria para que la componente  $F_x$ , paralela a la rampa, sea de 60 N.
- Determina la magnitud de la componente  $F_y$ , perpendicular a la rampa.

(R: a)  $F_x = 69,3 \text{ N}$ . b)  $F_y = 34,6 \text{ N}$ .)

5. Dos fuerzas horizontales,  $\vec{F}_1$  y  $\vec{F}_2$ , actúan sobre una caja, pero solo  $\vec{F}_1$  se muestran en la figura 11.  $\vec{F}_2$  puede apuntar hacia la derecha o a la izquierda. La caja se mueve a lo largo del eje x. No hay fricción entre la caja y la superficie. Supón que  $\vec{F}_1 = +90 \text{ N}$  y que la masa de la caja es de 3 kg. Determina la magnitud y dirección de  $\vec{F}_2$  cuando la aceleración de la caja es

- $+5 \text{ m/s}^2$ .
- $-5 \text{ m/s}^2$ .

c)  $0 \text{ m/s}^2$ .

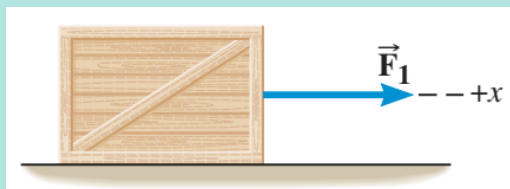


Figura 4: Caja empujada por dos fuerzas horizontales.

(R: a) 6 N. b) -24 N. c) -9 N.)

6. Un patinador de 68,5 kg, que se desliza inicialmente a 2,4 m/s sobre hielo áspero horizontal, llega al reposo de manera uniforme en 3,52 s debido a la fricción del hielo. Determina la magnitud de la fuerza que ejerce la fricción sobre el patinador.

(R: 46,7 N)

7. Una persona aprieta un libro entre sus manos, como indica la figura 5. Las fuerzas que ejerce sobre cada lado del libro son perpendiculares al libro y horizontales. El libro pesa 31 N. El coeficiente de fricción estática entre sus manos y el libro es 0,4. Determina la magnitud de la fuerza mínima que debe ejercer cada mano para evitar que el libro caiga.

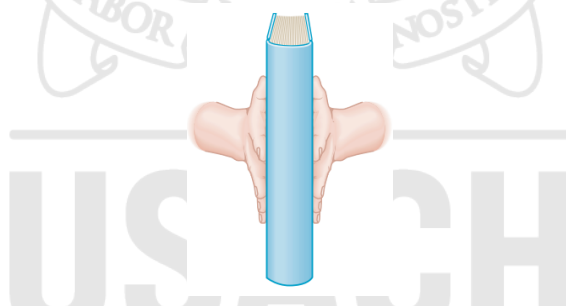


Figura 5: Libro sujeto entre dos manos.

(R: 39 N.)

8. Una caja descansa sobre un estanque helado que actúa como superficie horizontal sin fricción. Si un pescador aplica una fuerza horizontal de 48 N a la caja y produce una aceleración de  $3 \text{ m/s}^2$ . Determina la masa de la caja.

(R: 16 kg)





9. Una cubeta de 14 kg se baja verticalmente por una cuerda, en la que hay una tensión de 163 N en un instante dado. Determina la magnitud y dirección de la aceleración de la cubeta.  
(R:  $1,8 \text{ m/s}^2$ , hacia arriba.)
10. Un esquiador de 65 kg de masa es remolcado cuesta arriba por una ladera nevada con rapidez constante, sujeto a una cuerda paralela al suelo. El terreno tiene una pendiente ascendente y constante de  $26^\circ$  sobre la horizontal, y la fricción es despreciable.
- Dibuja un diagrama de cuerpo libre claramente especificado para el esquiador.
  - Determina la tensión en la cuerda.
- (R: 279,242 N.)
11. Entrás en un elevador, te paras sobre una báscula y oprimes el botón de “subir”. También recuerdas que tu peso normal es de 625 N. Comienza a contestar cada una de las siguientes preguntas dibujando un diagrama de cuerpo libre.
- Si el elevador tiene una aceleración de  $2,5 \text{ m/s}^2$  hacia arriba ¿cuánto se lee en la báscula?
  - Si sostienes desde el inicio un paquete de 3,85 kg con una cuerda vertical ligera, determina la tensión en la cuerda una vez que el elevador comienza a acelerar, con la aceleración del inciso a).
- (R: a) 784 N. b) 47,4 N.)
12. Un estibador aplica una fuerza horizontal constante de 80 N a un bloque de hielo sobre un piso horizontal liso, donde la fricción es despreciable. El bloque parte del reposo y se mueve 11 m en 5 s.
- Determina la masa del bloque de hielo.
  - Si el trabajador deja de empujar a los 5 s, determina la distancia que recorrerá el bloque los siguientes 5 s.
- (R: a) 90,9 kg. b) 22 m.)
13. Un pez salta verticalmente fuera del agua, suponga que sólo dos fuerzas importantes actúan en él: una fuerza  $F$  ascendente ejercida por la cola del pez y la fuerza descendente debida





a la gravedad. El registro de un salmón Chi-nook tiene una longitud de 1,05 m y una masa de 61 kg. Este pez se mueve hacia arriba a 3 m/s cuando su cabeza rompe la superficie del agua, y tiene una velocidad ascendente de 6 m/s después de que  $2/3$  de su longitud han dejado el agua; supone que la aceleración es constante y determina

- a) la aceleración del salmón y
- b) la magnitud de la fuerza  $F$  durante este intervalo.

(R: a)  $19,29 \text{ m/s}^2$ . b)  $1774,20 \text{ N}$ .)

14. Dos fuerzas son aplicadas a un automóvil en un esfuerzo para moverlo, como se muestra en la figura 6.

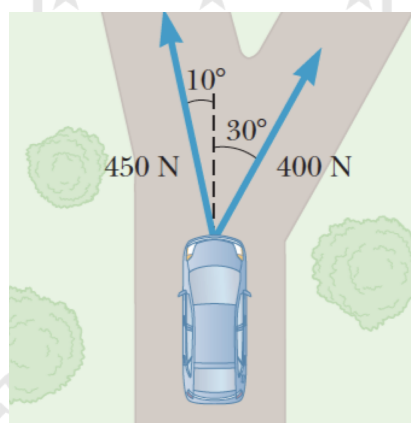


Figura 6: Dos fuerzas aplicadas sobre un automóvil.

- a) Determina la fuerza resultante.
- b) Si el automóvil tiene una masa de 3000 kg, determina la aceleración que tiene. (Omite la fricción.)

(R: a)  $798,922 \text{ N}$  y  $81,2265^\circ$ . b)  $0,266 \text{ m/s}^2$ .)

15. Un carrito de juguete de 4,5 kg experimenta una aceleración en línea recta (el eje  $x$ ). La gráfica de la figura 7 muestra esta aceleración en función del tiempo.

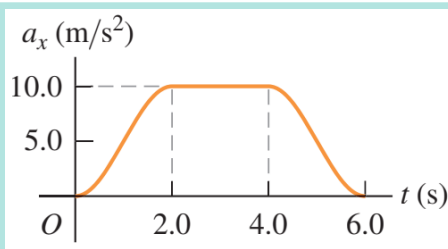


Figura 7: Dos fuerzas aplicadas sobre un automóvil.

- a) Determina la fuerza neta máxima sobre este carrito. ¿En qué instante ocurre esta fuerza máxima?
- b) Determina los instantes en que la fuerza neta sobre el carrito es constante. Fundamenta.
- c) Determina el instante en donde la fuerza neta es igual a cero. Fundamenta.

(R: a) 45 N, entre 2 y 4 s. b) Entre 2 y 4 s. c) En 0 s y 6 s.)

16. Dos fuerzas  $\vec{F}_A$  y  $\vec{F}_B$  se aplican sobre un objeto cuya masa es de 8 kg. La fuerza más grande es  $\vec{F}_A$ . Cuando ambas fuerzas apuntan al este, el objeto tiene una magnitud de aceleración de  $0,5 \text{ m/s}^2$ . Sin embargo, cuando  $\vec{F}_A$  apunta al este y  $\vec{F}_B$  al oeste, la aceleración es  $0,4 \text{ m/s}^2$ , hacia el este. Encuentra

- a) La magnitud de  $\vec{F}_A$  y
- b) La magnitud de  $\vec{F}_B$ .

(R: a) 3,6 N. b) 0,4 N.)

17. Científicas están experimentando con un tipo de arma que eventualmente podría ser utilizado para disparar cargas explosivas directamente a la órbita. En una de las pruebas, esta arma acelera un cuerpo de 5 kg de masa desde el reposo hasta una rapidez de  $4 \times 10^3 \text{ m/s}$ . La fuerza neta que acelera el proyectil es de  $4,9 \times 10^5 \text{ N}$ . ¿Cuánto tiempo demora el proyectil en alcanzar esa rapidez?

(R: 0,041 s)





18. Las siguientes dos fuerzas actúan sobre un objeto de 3 kg:

$$\vec{F}_1 = (16\hat{i} + 12\hat{j}) \text{ N}$$

$$\vec{F}_2 = (-10\hat{i} + 22\hat{j}) \text{ N}$$

Si el objeto está inicialmente en reposo, determina su velocidad  $\vec{v}$  en  $t = 3 \text{ s}$ .

(R:  $(6\hat{i} + 34\hat{j}) \text{ m/s.}$ )

19. La sonda espacial *Deep Space 1* fue lanzada el 24 de octubre de 1998. Su masa era de 474 kg. El objetivo de la misión fue probar un nuevo tipo de motor llamado unidad de propulsión de iones. Este motor generaba solo un empuje débil, pero podía hacerlo durante largos períodos de tiempo con el consumo de solo pequeñas cantidades de combustible. La misión fue un éxito espectacular.

Con un empuje de 56 mN, ¿cuántos días se requirieron para que la sonda alcanzara una velocidad de 805 m/s, suponiendo que la sonda partiera del reposo y que la masa permaneciera casi constante?

(R: 79 días.)

20. En ocasiones se construyen rampas de escape cuesta arriba al lado de la carretera, en zonas con pendientes descendentes, para los camiones cuyos frenos podrían fallar. Para una simple rampa de  $11^\circ$  hacia arriba, determina la longitud necesaria para un camión fuera de control que viaja a 140 km/h. Advierte el gran tamaño de su longitud calculada. (Si se usa arena para la plataforma de la rampa, su longitud podría reducirse aproximadamente en un factor de 2).

(R: 400 m.)

## 2.B. Tercera Ley de Newton

1. Una bola se sostiene en la mano de una persona.

- Identifica todas las fuerzas externas que actúan sobre la bola y la reacción de la bola a cada una.
- Si la bola se suelta, ¿qué fuerza se ejerce sobre ella mientras cae? Identifica la fuerza de reacción en este caso. (Ignora la resistencia del aire.)



2. Responde dando ejemplos en caso afirmativo:
  - a) ¿Una fuerza normal puede ser horizontal?
  - b) ¿Una fuerza normal puede dirigirse verticalmente hacia abajo?
3. Identifica los pares acción–reacción en las situaciones siguientes:
  - a) un hombre da un paso con su pie.
  - b) una bola de nieve golpea a una niña en la espalda.
  - c) un jugador de béisbol atrapa una bola.
4. Una mujer tiene una masa de 120 lb. Determina:
  - a) su peso en Newtons.
  - b) su masa en kilogramos.
5. Un ladrillo de masa  $M$  está sobre una almohadilla de hule de masa  $m$  que está sobre el suelo.
  - a) Dibuja un diagrama de cuerpo libre del ladrillo e identifique cada fuerza que actúa sobre él.
  - b) Dibuja un diagrama de cuerpo libre de la almohadilla e identifique cada fuerza que actúa sobre ella.
  - c) Identifica todos los pares de fuerzas acción–reacción en el sistema ladrillo–almohadilla–planeta.
6. Tres bloques de masas:  $m_1$ ,  $m_2$ ,  $m_3$ , están en contacto entre sí sobre una superficie horizontal y con coeficiente de roce estático  $\mu_e$ . Una fuerza horizontal de magnitud  $F$  se aplica a  $m_1$  y el sistema se encuentra quieto, pero a punto de deslizarse.

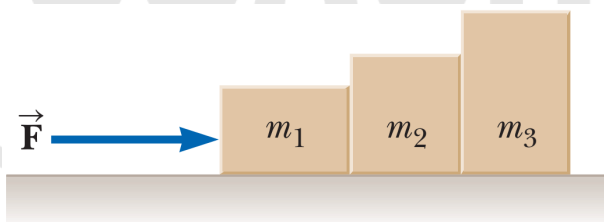


Figura 8: Bloques empujados con una fuerza  $F$ .





- a) Haz un inventario de fuerzas para cada bloque.
- b) Dibuja un DCL para cada bloque.
- c) Identifica pares acción-reacción existentes entre distintos DCL.
- d) Encuentra una expresión matemática para la fuerza resultante que actúa sobre cada bloque.

7. Una velocista de alto rendimiento puede arrancar del bloque de salida con una aceleración casi horizontal de magnitud  $15 \text{ m/s}^2$ . ¿Qué fuerza horizontal debe aplicar una corredora de  $55 \text{ kg}$  al bloque de salida durante el arranque para producir esta aceleración? ¿Qué cuerpo ejerce la fuerza que impulsa a la corredora: el bloque de salida o ella misma?

(R:  $825 \text{ N}$ .)

8. Un automóvil pequeño de masa de  $380 \text{ kg}$  empuja a un camión grande de masa de  $900 \text{ kg}$  hacia el este sobre un camino horizontal. El automóvil ejerce una fuerza horizontal de  $1600 \text{ N}$  sobre el camión. Determina la magnitud de la fuerza que el camión ejerce sobre el automóvil.

(R:  $1600 \text{ N}$ .)

9. Una bola de billar golpea y rebota perpendicularmente desde el cojín de una mesa de billar. La masa de la bola es de  $380 \text{ g}$ . La bola se acerca al cojín con una velocidad de  $12,1 \text{ m/s}$  y rebota con una velocidad de  $22 \text{ m/s}$ . La bola permanece en contacto con la banda por un tiempo de  $3,3 \times 10^{-23} \text{ s}$ . Determina la fuerza neta promedio (magnitud y dirección) ejercida sobre la bola por el cojín.

(R:  $-470 \text{ N}$ .)

10. Una estudiante con  $45 \text{ kg}$  de masa se lanza desde un trampolín alto. Tomando  $6 \times 10^{24} \text{ kg}$  como masa de la Tierra, ¿cuál es la aceleración de la Tierra hacia ella, si la de ella es de  $9,8 \text{ m/s}^2$  hacia la Tierra? Suponga que la fuerza neta sobre la Tierra es la fuerza de gravedad que la estudiante ejerce sobre aquella.

(R:  $7,4 \times 10^{-23} \text{ m/s}^2$ .)

11. Una silla de  $12 \text{ kg}$  de masa descansa en un piso horizontal, que tiene cierta fricción. Tú empuja la silla con una fuerza  $F = 40 \text{ N}$  dirigida con un ángulo de  $37^\circ$  bajo la horizontal, y la silla se desliza sobre el piso.



- a) Dibuja un diagrama de cuerpo libre claramente especificado para la silla.
- b) Usa tu diagrama y las leyes de Newton para calcular la fuerza normal que el piso ejerce sobre la silla.

(R: b) 142 N.)

12. Una persona jala horizontalmente del bloque B de la figura 9, haciendo que ambos bloques se muevan juntos como una unidad. Mientras este sistema se mueve, elabora un diagrama de cuerpo libre claramente especificado del bloque A, si

- a) la mesa no tiene fricción,
- b) hay fricción entre el bloque B y la mesa, y el jalón es igual a la fuerza de fricción sobre el bloque B debido a la mesa.

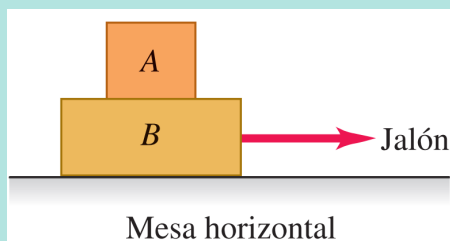


Figura 9: Bloque A sobre bloque B.

13. Una bala de rifle calibre .22 que viaja a 350 m/s golpea un árbol grande, penetrando a una profundidad de 0,130 m. La masa de la bala es de 1,8 g. Suponga una fuerza de frenado constante.

- a) ¿Cuánto tarda la bala en detenerse?
- b) ¿Que fuerza, en newtons, ejerce el árbol sobre la bala?

(R: a)  $7,43 \times 10^{-4}$  s. b) 848 N.)

14. La locomotora de un tren tira dos carros de la misma masa detrás de sí (figura 10). Determine la razón de la tensión en el acoplamiento (como si fuera una cuerda) entre la locomotora y el primer carro ( $FT_1$ ), respecto de la tensión en el acoplamiento entre el primer carro y el segundo carro ( $FT_2$ ), para cualquier aceleración del tren distinta de cero.

(R:  $F_{T1}/F_{T2} = 2$ .)



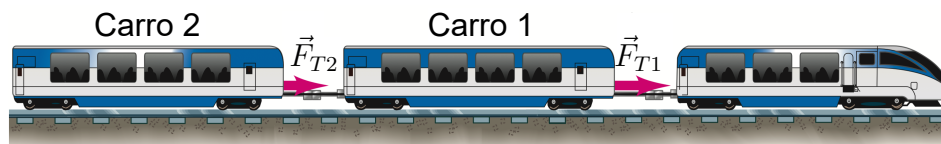


Figura 10: Locomotora tirando de dos carros.

15. Cuando se abre un paracaídas, el aire ejerce una gran fuerza de arrastre sobre él. Esta fuerza hacia arriba es inicialmente mayor que el peso del paracaidista y, por lo tanto, lo frena. Supón que el peso del paracaidista es de 915 N y la fuerza de arrastre tiene una magnitud de 1027 N. La masa del paracaidista es de 93,4 kg. ¿Cuáles son la magnitud y la dirección de su aceleración?

(R: 1,2 m/s<sup>2</sup>, hacia arriba.)

16. Una caja que pesa 77,0 N descansa sobre una mesa. Una cuerda unida a la caja corre verticalmente hacia arriba, pasa sobre una polea y se cuelga un peso en el otro extremo (figura 11). Determine la fuerza que ejerce la mesa sobre la caja, si el peso que cuelga en el otro lado de la polea pesa

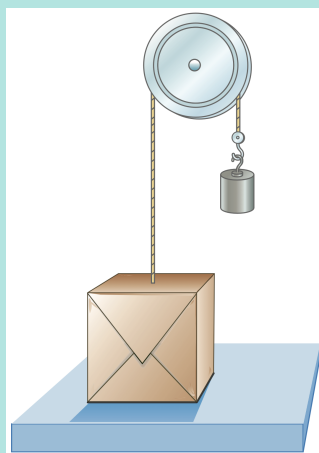


Figura 11: Caja tirada por una cuerda unida a una polea.

- a) 30,0 N,
- b) 60,0 N y
- c) 90,0 N.





(R: a) 47 N. b) 17 N. c) 0 N.)

17. Un bote de 325 kg navega  $15^\circ$  al norte del este a una velocidad de 2 m/s. Treinta segundos después, navega  $35^\circ$  al norte del este a una velocidad de 4 m/s. Durante este tiempo, tres fuerzas actúan sobre el barco: una fuerza de 31 N dirigida  $15^\circ$  al norte del este (debido a un motor auxiliar), una fuerza de 23 N dirigida  $15^\circ$  al sur del oeste (resistencia debida al agua) y  $\vec{F}_w$  (debido al viento). Determina la magnitud y la dirección de la fuerza  $\vec{F}_w$ . Determina la dirección como un ángulo con respecto al este.

(R: 18,4 N y  $68^\circ$  NE.)

18. Una caja de 20 kg descansa sobre una mesa.

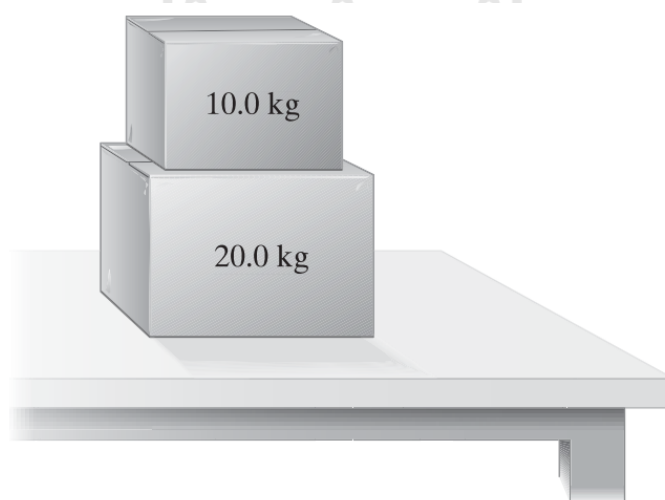


Figura 12: Caja tirada por una cuerda unida a una polea.

- a) Determina el peso de la caja y la fuerza normal que actúa sobre ella.
- b) Una caja de 10 kg se coloca sobre la parte superior de la caja de 20 kg, como se indica en la figura 12. Determina la fuerza normal que ejerce la mesa sobre la caja de 20 kg y la fuerza normal que ejerce la caja de 20 kg sobre la caja de 10 kg.
19. En un instante en que un balón de fútbol está en contacto con el pie de un jugador que lo patea, la componente horizontal o componente  $x$  de la aceleración del balón es de  $810 \text{ m/s}^2$  y la componente vertical o componente  $y$  de su aceleración es de  $1100 \text{ m/s}^2$ . La masa de la pelota es de 0,43 kg. Determina la magnitud de la fuerza neta que actúa sobre el balón de fútbol en este instante.

(R: 590 N.)







20. Dos patinadores, A y B, están parados sobre hielo. Ignore cualquier fricción entre las hojas de los patines y el hielo. La masa de A es de 82 kg y la masa de B es de 48 kg. Si B empuja a A con una fuerza de 45 N hacia el este. Determina la aceleración (magnitud y dirección) de

a) A y

b) B.

(R: a)  $0,55 \text{ m/s}^2$  al este. b)  $0,94 \text{ m/s}^2$  al oeste.)

## Referencias

- [1] J. D. Cutnell, K. W Johnson, Physics, Wiley, 7th ed, 2007.
- [2] R. A. Serway, J. W. Jewett Jr., Física para Ciencias e Ingenierías, Thomson, 6a ed, 2005.
- [3] D. C. Giancoli, Física para Ciencias e Ingeniería, Pearson Educación, 4ta ed, 2008.
- [4] H. D. Young y R. A. Freedman, Sears y Zemansky Física Universitaria, Pearson, 13a ed., 2013.
- [5] R. A. Serway, y C. Vuille, Fundamentos de Física, CENGAGE, 9a ed, 2012.

