

14.2. Millas por kilogramo. La densidad de la gasolina es de 737 kg/m^3 . Si su nuevo auto híbrido rinde 45.0 millas por galón de gasolina, ¿cuál es el millaje en millas por kilogramo de gasolina? (Véase el Apéndice E.)

14.3. Imagine que compra una pieza rectangular de metal de $5.0 \times 15.0 \times 30.0 \text{ mm}$ y masa de 0.0158 kg . El vendedor le dice que es de oro. Para verificarlo, usted calcula la densidad media de la pieza. ¿Qué valor obtiene? ¿Fue una estafa?

14.4. Lingote de oro. Usted gana la lotería y decide impresionar a sus amigos exhibiendo un cubo de oro de un millón de dólares. En ese momento, el oro tiene un precio de venta de \$426.60 por onza troy, y 1.0000 onza troy es igual a 31.1035 g . ¿Qué tan alto debe ser su cubo de un millón de dólares?

14.5. Una esfera uniforme de plomo y una de aluminio tienen la misma masa. ¿Cuál es la razón entre el radio de la esfera de aluminio y el de la esfera de plomo?

14.6. a) Calcule la densidad media del Sol. b) Calcule la densidad media de una estrella de neutrones que tiene la misma masa que el Sol pero un radio de sólo 20.0 km .

14.7. Un tubo cilíndrico hueco de cobre mide 1.50 m de longitud, tiene un diámetro exterior de 3.50 cm y un diámetro interior de 2.50 cm . ¿Cuánto pesa?

Sección 14.2 Presión en un fluido

14.8. Fumarolas oceánicas. Las fumarolas oceánicas son respiraderos volcánicos calientes que emiten humo en las profundidades del lecho oceánico. En muchas de ellas pululan criaturas exóticas, y algunos biólogos piensan que la vida en la Tierra pudo haberse originado alrededor de esos respiraderos. Las fumarolas varían en profundidad de unos 1500 m a 3200 m por debajo de la superficie. ¿Cuál es la presión manométrica en una fumarola oceánica de 3200 m de profundidad, suponiendo que la densidad del agua no varía? Expresé su respuesta en pascales y atmósferas.

14.9. Océanos en Marte. Los científicos han encontrado evidencia de que en Marte pudo haber existido alguna vez un océano de 0.500 km de profundidad. La aceleración debida a la gravedad en Marte es de 3.71 m/s^2 . a) ¿Cuál habría sido la presión manométrica en el fondo de tal océano, suponiendo que era de agua dulce? b) ¿A qué profundidad de los océanos terrestres se experimenta la misma presión manométrica?

14.10. a) Calcule la diferencia en la presión sanguínea entre los pies y la parte superior de la cabeza o coronilla de una persona que mide 1.65 m de estatura. b) Considere un segmento cilíndrico de un vaso sanguíneo de 2.00 cm de longitud y 1.50 mm de diámetro. ¿Qué fuerza externa adicional tendría que resistir tal vaso sanguíneo en los pies de la persona, en comparación con un vaso similar en su cabeza?

14.11. En la alimentación intravenosa, se inserta una aguja en una vena del brazo del paciente y se conecta un tubo entre la aguja y un depósito de fluido (densidad 1050 kg/m^3) que está a una altura h sobre el brazo. El depósito está abierto a la atmósfera por arriba. Si la presión manométrica dentro de la vena es de 5980 Pa , ¿qué valor mínimo de h permite que entre fluido en la vena? Suponga que el diámetro de la aguja es suficientemente grande como para despreciar la viscosidad (véase la sección 14.6) del fluido.

14.12. Un barril contiene una capa de aceite de 0.120 m sobre 0.250 m de agua. La densidad del aceite es de 600 kg/m^3 . a) ¿Qué presión manométrica hay en la interfaz aceite-agua? b) ¿Qué presión manométrica hay en el fondo del barril?

14.13. Los neumáticos de un automóvil de 975 kg están inflados a “32.0 libras”. a) ¿Cuáles son la presión absoluta y manométrica en estos neumáticos en lb/in^2 , Pa y atm ? b) Si los neumáticos fueran perfectamente redondos, ¿la presión en ellos podría ejercer alguna fuerza sobre el pavimento? (Suponga que las paredes del neumático son flexibles, de manera que la presión ejercida por el neumático sobre el pavimento es igual a la presión de aire dentro del neumático.) c) Si examinamos los neumáticos de un auto, es obvio que hay cierto aplastamiento en la parte inferior. ¿Cuál es el área total de contacto de la parte aplanada de los cuatro neumáticos con el pavimento?

14.14. Se está diseñando una campana de buceo que resista la presión del mar a 250 m de profundidad. a) ¿Cuánto vale la presión manométrica a esa profundidad? (Desprecie el cambio en la densidad del agua con la profundidad.) b) A esa profundidad, ¿qué fuerza neta ejercen el agua exterior y el aire interior sobre una ventanilla circular de 30.0 cm de diámetro si la presión dentro de la campana es la que hay en la superficie del agua? (Desprecie la pequeña variación de presión sobre la superficie de la ventanilla.)

14.15. ¿Qué presión manométrica debe producir una bomba para subir agua del fondo del Gran Cañón (elevación 730 m) a Indian Gardens (elevación 1370 m)? Expresé sus resultados en pascales y en atmósferas.

14.16. El líquido del manómetro de tubo abierto de la figura 14.9a es mercurio, $y_1 = 3.00 \text{ cm}$ y $y_2 = 7.00 \text{ cm}$. La presión atmosférica es de 980 milibares . a) ¿Qué presión absoluta hay en la base del tubo en U? b) ¿Y en el tubo abierto 4.00 cm abajo de la superficie libre? c) ¿Qué presión absoluta tiene el aire del tanque? d) ¿Qué presión manométrica tiene el gas en pascales?

14.17. Hay una profundidad máxima a la que un buzo puede respirar por un “snorkel” (figura 14.33) pues, al aumentar la profundidad, aumenta la diferencia de presión que tiende a colapsar los pulmones del buzo. Como el *snorkel* conecta los pulmones con la atmósfera, la presión en ellos es la atmosférica. Calcule la diferencia de presión interna-externa cuando los pulmones del buzo están a 6.1 m de profundidad. Suponga que el buzo está en agua dulce. (Un buzo que respira el aire comprimido de un tanque puede operar a mayores profundidades que uno que usa *snorkel*, porque la presión del aire dentro de los pulmones aumenta hasta equilibrar la presión externa del agua.)

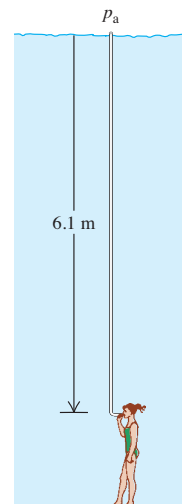
14.18. Un cilindro alto con área transversal de 12.0 cm^2 se llenó parcialmente con mercurio hasta una altura de 5.00 cm . Se vierte lentamente agua sobre el mercurio (estos dos líquidos no se mezclan). ¿Qué volumen de agua deberá agregarse para aumentar al doble la presión manométrica en la base del cilindro?

14.19. Un lago en el norte de Yukón, Canadá, está cubierto con una capa de hielo de 1.75 m de espesor. Calcule la presión absoluta y la presión manométrica a una profundidad de 2.50 m en el lago.

14.20. Un recipiente cerrado se llena parcialmente con agua. En un principio, el aire arriba del agua está a presión atmosférica ($1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$) y la presión manométrica en la base del recipiente es de 2500 Pa . Después, se bombea aire adicional al interior, aumentando la presión del aire sobre el agua en 1500 Pa . a) Calcule la nueva presión manométrica en el fondo. b) ¿Cuánto deberá reducirse el nivel del agua en el recipiente (extrayendo agua a través de una válvula en el fondo) para que la presión manométrica en el fondo vuelva a ser de 2500 Pa ? La presión del aire sobre el agua se mantiene a 1500 Pa sobre la presión atmosférica.

14.21. Un cortocircuito deja sin electricidad a un submarino que está 30 m bajo la superficie del mar. Para escapar, la tripulación debe empujar hacia fuera una escotilla en el fondo que tiene un área de 0.75 m^2

Figura 14.33
Ejercicio 14.17.

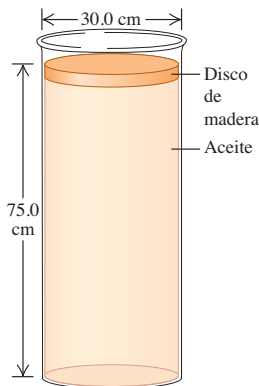


y pesa 300 N. Si la presión interior es de 1.0 atm, ¿qué fuerza hacia abajo se debe ejercer sobre la escotilla para abrirla?

14.22. Exploración de Venus. La presión superficial en Venus es de 92 atm, y la aceleración debida a la gravedad ahí es de 0.894 g. En una futura misión exploratoria, un tanque cilíndrico vertical de benceno está sellado en el extremo superior, pero aun así sigue presurizado a 92 atm justo por encima del benceno. El tanque tiene un diámetro de 1.72 m, y la columna de benceno mide 11.50 m de alto. Ignore los efectos debidos a la temperatura extremadamente alta de Venus. *a)* Calcule la fuerza total ejercida sobre la superficie interior de la base del tanque. *b)* ¿Qué fuerza ejerce la atmósfera de Venus sobre la superficie exterior de la base del tanque? *c)* Calcule la fuerza total interior que ejerce la atmósfera sobre las paredes verticales del tanque.

14.23. Un disco cilíndrico de madera que pesa 45.0 N y tiene un diámetro de 30.0 cm flota sobre un cilindro de aceite cuya densidad es de 0.850 g/cm³ (figura 14.34). El cilindro de aceite mide 75.0 cm de alto y tiene un diámetro igual al cilindro de madera. *a)* Calcule la presión manométrica en la parte superior de la columna de aceite. *b)* Ahora suponga que alguien coloca un peso de 83.0 N en la parte superior del disco de madera, pero el aceite no se escurre alrededor del borde de la madera. ¿Cuál es el cambio en la presión i) en la base del aceite y ii) a la mitad de la columna de aceite?

Figura 14.34 Ejercicio 14.23.



14.24. Elevador hidráulico I.

Para el elevador hidráulico que se ilustra en la figura 14.8, ¿cuál debe ser la razón entre el diámetro del recipiente bajo el auto y el diámetro del recipiente donde se aplica la fuerza F_1 , de manera que el auto de 1520 kg pueda ser levantado con una fuerza F_1 de sólo 125 N?

14.25. Elevador hidráulico II. El pistón de un elevador hidráulico para autos tiene 0.30 m de diámetro. ¿Qué presión manométrica, en pascales y en atm, se requiere para levantar un auto de 1200 kg?

Sección 14.3 Flotación

14.26. Una plancha de hielo flota en un lago de agua dulce. ¿Qué volumen mínimo debe tener para que una mujer de 45.0 kg pueda ponerse de pie sobre ella sin mojarse los pies?

14.27. Una muestra de mineral pesa 17.50 N en el aire, pero, si se cuelga de un hilo ligero y se sumerge por completo en agua, la tensión en el hilo es de 11.20 N. Calcule el volumen total y la densidad de la muestra.

14.28. Usted está preparando un aparato para hacer una visita a un planeta recientemente descubierto llamado Caasi, el cual tiene océanos de glicerina y una aceleración superficial debida a la gravedad de 4.15 m/s². Si el aparato flota en los océanos de la Tierra con el 25.0% de su volumen sumergido, ¿qué porcentaje se sumergirá en los océanos de glicerina de Caasi?

14.29. Un objeto con densidad media ρ flota sobre un fluido de densidad ρ_{fluido} . *a)* ¿Qué relación debe haber entre las dos densidades? *b)* A la luz de su respuesta en el inciso *a)*, ¿cómo pueden flotar barcos de acero en el agua? *c)* En términos de ρ y ρ_{fluido} , ¿qué fracción del objeto está sumergida y qué fracción está sobre el fluido? Verifique que sus respuestas den el comportamiento correcto en el límite donde $\rho \rightarrow \rho_{\text{fluido}}$ y donde $\rho \rightarrow 0$. *d)* Durante un paseo en yate, un primo suyo recorta una pieza rectangular (dimensiones: 5.0 × 4.0 × 3.0 cm) de un salvavidas y la tira al mar, donde flota. La masa de la pieza es

de 42 g. ¿Qué porcentaje de su volumen está sobre la superficie del océano?

14.30. Una esfera hueca de plástico se mantiene por debajo de la superficie de un lago de agua dulce mediante una cuerda anclada al fondo del lago. La esfera tiene un volumen de 0.650 m³ y la tensión en la cuerda es de 900 N. *a)* Calcule la fuerza de flotación que ejerce el agua sobre la esfera. *b)* ¿Cuál es la masa de la esfera? *c)* La cuerda se rompe y la esfera se eleva a la superficie. Cuando la esfera llega al reposo, ¿qué fracción de su volumen estará sumergida?

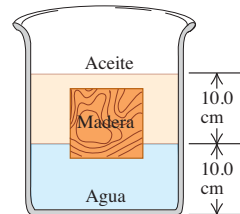
14.31. Un bloque cúbico de madera de 10.0 cm por lado flota en la interfaz entre aceite y agua con su superficie inferior 1.50 cm bajo la interfaz (figura 14.35). La densidad del aceite es de 790 kg/m³. *a)* ¿Qué presión manométrica hay en la superficie superior del bloque? *b)* ¿Y en la cara inferior? *c)* ¿Qué masa y densidad tiene el bloque?

14.32. Un lingote de aluminio sólido pesa 89 N en el aire. *a)* ¿Qué volumen tiene? *b)* El lingote se cuelga de una cuerda y se sumerge por completo en agua. ¿Qué tensión hay en la cuerda (el peso aparente del lingote en agua)?

14.33. Una roca cuelga de un hilo ligero. Cuando está en el aire, la tensión en el hilo es de 39.2 N. Cuando está totalmente sumergida en agua, la tensión es de 28.4 N. Cuando está totalmente sumergida en un líquido desconocido, la tensión es de 18.6 N. Determine la densidad del líquido desconocido.

Figura 14.35

Ejercicio 14.31.



Sección 14.4 Flujo de fluido

14.34. Corre agua hacia una fuente, llenando todos los tubos a una tasa constante de 0.750 m³/s. *a)* ¿Qué tan rápido saldrá por un agujero de 4.50 cm de diámetro? *b)* ¿Con qué rapidez saldrá si el diámetro del agujero es tres veces más grande?

14.35. Una regadera tiene 20 agujeros circulares cuyo radio es de 1.00 mm. La regadera está conectada a un tubo de 0.80 cm de radio. Si la rapidez del agua en el tubo es de 3.0 m/s, ¿con qué rapidez saldrá de los agujeros de la regadera?

14.36. Fluye agua por un tubo de sección transversal variable, llenándolo en todos sus puntos. En el punto 1, el área transversal del tubo es de 0.070 m², y la rapidez del fluido es de 3.50 m/s. ¿Qué rapidez tiene el fluido en puntos donde el área transversal es de *a)* 0.105 m²? *b)* 0.047 m²? *c)* Calcule el volumen de agua descargada del extremo abierto del tubo en 1.00 h.

14.37. Fluye agua por un tubo circular de sección transversal variable, llenándolo en todos sus puntos. *a)* En un punto, el radio del tubo es de 0.150 m. ¿Qué rapidez tiene el agua en este punto si la tasa estable de flujo de volumen en el tubo es de 1.20 m³/s? *b)* En otro punto, la rapidez del agua es de 3.80 m/s. ¿Qué radio tiene el tubo en este punto?

14.38. *a)* Deduzca la ecuación (14.12). *b)* Si la densidad aumenta en 1.50% del punto 1 al 2, ¿qué sucede con la tasa de flujo de volumen?

Sección 14.5 Ecuación de Bernoulli

14.39. Un tanque sellado que contiene agua de mar hasta una altura de 11.0 m contiene también aire sobre el agua a una presión manométrica de 3.00 atm. Sale agua del tanque a través de un agujero pequeño en el fondo. Calcule la rapidez de salida del agua.

14.40. Se corta un agujero circular de 6.00 mm de diámetro en el costado de un tanque grande de agua, 14.0 m debajo del nivel del agua en el tanque. El tanque está abierto al aire por arriba. Calcule *a*) la rapidez de salida del agua y *b*) el volumen descargado por segundo.

14.41. ¿Qué presión manométrica se requiere en una toma municipal de agua para que el chorro de una manguera de bomberos conectada a ella alcance una altura vertical de 15.0 m? (Suponga que la toma tiene un diámetro mucho mayor que la manguera.)

14.42. En un punto de una tubería, la rapidez del agua es de 3.00 m/s y la presión manométrica es de 5.00×10^4 Pa. Calcule la presión manométrica en otro punto de la tubería, 11.0 m más abajo, si el diámetro del tubo ahí es el doble que en el primer punto.

14.43. Sustentación en un avión. El aire fluye horizontalmente por las alas de una avioneta de manera que su rapidez es de 70.0 m/s arriba del ala y 60.0 m/s debajo. Si las alas de la avioneta tienen una área de 16.2 m^2 , considerando la parte superior e inferior, ¿qué fuerza vertical neta ejerce el aire sobre la nave? La densidad del aire es de 1.20 kg/m^3 .

14.44. Una bebida no alcohólica (principalmente agua) fluye por una tubería de una planta embotelladora con una tasa de flujo de masa que llenaría 220 latas de 0.355 L por minuto. En el punto 2 del tubo, la presión manométrica es de 152 kPa y el área transversal es de 8.00 cm^2 . En el punto 1, 1.35 m arriba del punto 2, el área transversal es de 2.00 cm^2 . Calcule *a*) la tasa de flujo de masa; *b*) la tasa de flujo de volumen; *c*) la rapidez de flujo en los puntos 1 y 2; *d*) la presión manométrica en el punto 1.

14.45. En cierto punto de una tubería horizontal, la rapidez del agua es de 2.50 m/s y la presión manométrica es de 1.80×10^4 Pa. Calcule la presión manométrica en un segundo punto donde el área transversal es el doble que en el primero.

14.46. Un sistema de riego de un campo de golf descarga agua de un tubo horizontal a razón de $7200 \text{ cm}^3/\text{s}$. En un punto del tubo, donde el radio es de 4.00 cm, la presión absoluta del agua es de 2.40×10^5 Pa. En un segundo punto del tubo, el agua pasa por una constricción cuyo radio es de 2.00 cm. ¿Qué presión absoluta tiene el agua al fluir por esa constricción?

Problemas

14.47. En una demostración en la clase, el profesor separa con facilidad dos cascos hemisféricos de acero (diámetro D) usando las asas con las que están provistos. Luego los une, extrae el aire hasta una presión absoluta p , y se los da a un fisicoculturista que está sentado en la última fila del salón para que los separe. *a*) Si la presión atmosférica es p_0 , ¿qué fuerza deberá ejercer el fisicoculturista sobre cada casco? *b*) Evalúe su respuesta para el caso en que $p = 0.025 \text{ atm}$ y $D = 10.0 \text{ cm}$.

14.48. El punto más profundo conocido de los océanos es la Fosa de las Marianas, con una profundidad de 10.92 km. *a*) Suponiendo que el agua es incompresible, ¿qué presión hay a esa profundidad? Use la densidad del agua de mar. *b*) La presión real es de 1.16×10^8 Pa; su valor calculado será menor porque la densidad en realidad varía con la profundidad. Usando la compresibilidad del agua y la presión real, calcule la densidad del agua en el fondo de la fosa. ¿Cuál es el cambio porcentual que se registra en la densidad del agua?

14.49. Una piscina mide 5.0 m de longitud, 4.0 m de ancho y 3.0 m de profundidad. Calcule la fuerza que ejerce el agua contra *a*) el fondo y *b*) cualquiera de las paredes. (Sugerencia: calcule la fuerza que actúa sobre una tira horizontal delgada a una profundidad h , e integre a lo alto del extremo de la piscina.) No incluya la fuerza debida a la presión del aire.

14.50. El borde superior de una compuerta en una presa está al nivel de la superficie del agua. La compuerta mide 2.00 m de altura y 4.00 m de ancho, y pivota sobre una línea horizontal que pasa por

su centro (figura 14.36). Calcule la torca en torno al pivote causada por la fuerza que ejerce el agua. (Sugerencia: use un procedimiento similar al del problema 14.49: calcule la torca de una tira horizontal delgada a una profundidad h e integre a lo alto de la compuerta.)

14.51. Fuerza y torca sobre una presa. Una presa tiene forma de sólido rectangular. El lado que da al lago tiene área A y altura H . La superficie del lago de agua dulce detrás de la presa llega al borde superior de ésta. *a*) Demuestre que la fuerza horizontal neta ejercida por el agua sobre la presa es $\frac{1}{2}\rho g H A$, es decir, la presión manométrica media sobre la cara de la presa multiplicada por el área (véase el problema 14.49). *b*) Demuestre que la torca que ejerce el agua alrededor de un eje que corre a lo largo de la base de la presa es $\rho g H^2 A/6$. *c*) ¿Cómo dependen la fuerza y la torca del tamaño del lago?

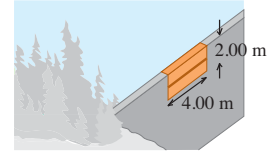
14.52. Submarinos en Europa. Algunos científicos están ansiosos por enviar un submarino de control remoto a Europa, una de las lunas de Júpiter, para investigar si hay vida en sus océanos debajo de la capa de hielo. La masa de Europa, según las mediciones, es de $4.78 \times 10^{22} \text{ kg}$, su diámetro es de 3130 km y no tiene una atmósfera apreciable. Suponga que la capa de hielo en la superficie no es suficientemente gruesa para ejercer una fuerza sustancial sobre el agua. Si las ventanillas del submarino que se está diseñando miden 25.0 cm por lado y cada una puede soportar una fuerza interna máxima de 9750 N, ¿cuál es la profundidad máxima a la que el submarino puede sumergirse de manera segura?

14.53. Un astronauta está de pie en el polo norte de un planeta esféricamente simétrico recién descubierto, cuyo radio es R . En las manos, sostiene un recipiente lleno con un líquido de masa m y volumen V . En la superficie del líquido, la presión es p_0 ; a una profundidad d bajo la superficie, la presión tiene un valor más grande p . A partir de esta información, determine la masa del planeta.

14.54. Globos en Marte. Se ha propuesto que podría explorarse Marte utilizando globos inflados sostenidos justo arriba de la superficie. La flotación de la atmósfera mantendría los globos en el aire. La densidad de la atmósfera marciana es de 0.0154 kg/m^3 (aunque esto varía con la temperatura). Suponga que se fabrican estos globos de un plástico delgado pero resistente con una densidad tal que cada metro cuadrado tiene una masa de 5.00 g. Los inflamos con un gas muy ligero cuya masa puede despreciarse. *a*) ¿Cuáles deberían ser el radio y la masa de estos globos de manera que se sostengan en el aire justo arriba de la superficie de Marte? *b*) Si liberamos uno de esos globos del inciso *a*) en la Tierra, donde la densidad atmosférica es de 1.20 kg/m^3 , ¿cuál sería su aceleración inicial suponiendo que el globo tiene el mismo tamaño que en Marte? ¿Ascendería o descendería? *c*) Si en Marte estos globos tienen cinco veces el radio determinado en el inciso *a*), ¿qué peso de un paquete de instrumentos podrían cargar?

14.55. La Tierra no tiene densidad uniforme; es más densa en el centro y menos densa en la superficie. Una aproximación a su densidad es $\rho(r) = A - Br$, donde $A = 12,700 \text{ kg/m}^3$ y $B = 1.50 \times 10^{-3} \text{ kg/m}^4$. Utilice $R = 6.37 \times 10^6 \text{ m}$ para el radio de la Tierra aproximada como una esfera. *a*) Los indicios geológicos sugieren que las densidades son $13,100 \text{ kg/m}^3$ en el centro y 2400 kg/m^3 en la superficie. ¿Qué valores da el modelo de aproximación lineal para las densidades en estos dos lugares? *b*) Imagine que divide la Tierra en capas esféricas concéntricas. Cada capa tiene radio r , espesor dr , volumen $dV = 4\pi r^2 dr$ y masa $dm = \rho(r)dV$. Integrando de $r = 0$ a $r = R$, demuestre que la masa de la Tierra en este modelo es $M = \frac{4}{3}\pi R^3(A - \frac{3}{2}BR)$. *c*) Demuestre que los valores dados para A y B dan la masa de la Tierra con un error de menos del 0.4%. *d*) En la sección 12.6 vimos que un casco esférico uniforme no contribuye a g en su interior. Demuestre que

Figura 14.36 Problema 14.50.

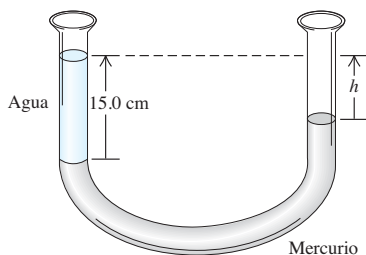


$g(r) = \frac{4}{3}\pi Gr(A - \frac{3}{4}Br)$ dentro de la Tierra en este modelo. *e*) Verifique que la expresión del inciso *d*) da $g = 0$ en el centro de la Tierra y $g = 9.85 \text{ m/s}^2$ en la superficie. *f*) Demuestre que, en este modelo, g no disminuye de manera uniforme con la profundidad, sino que tiene un máximo de $4\pi GA^2/9B = 10.01 \text{ m/s}^2$ en $r = 2A/3B = 5640 \text{ km}$.

14.56. En el ejemplo 12.10 (sección 12.6) vimos que, dentro de un planeta con densidad uniforme (una suposición poco realista para la Tierra), la aceleración debida a la gravedad aumenta de manera uniforme con la distancia al centro. Es decir, $g(r) = g_s r/R$, donde g_s es la aceleración debida a la gravedad en la superficie, r es la distancia al centro del planeta y R es el radio del planeta. El interior del planeta puede tratarse aproximadamente como fluido incompresible con densidad ρ . *a*) Sustituya la altura y de la ecuación (14.4) por la coordenada radial r e integre para determinar la presión dentro de un planeta uniforme en función de r . Sea cero la presión en la superficie. (Esto implica despreciar la presión de la atmósfera del planeta.) *b*) Usando este modelo, calcule la presión en el centro de la Tierra. (Use un valor de ρ igual a la densidad media de la Tierra, calculada con la masa y el radio dados en el Apéndice F.) *c*) Los geólogos estiman que la presión en el centro de la Tierra es de aproximadamente $4 \times 10^{11} \text{ Pa}$. ¿Concuerda esto con su cálculo para la presión en $r = 0$? ¿Qué podría explicar las diferencias, si las hay?

14.57. Un tubo en forma de U abierto por ambos extremos contiene un poco de mercurio. Se vierte con cuidado un poco de agua en el brazo izquierdo del tubo hasta que la altura de la columna de agua es de 15.0 cm (figura 14.37). *a*) Calcule la presión manométrica en la interfaz agua-mercurio. *b*) Calcule la distancia vertical h entre la superficie del mercurio en el brazo derecho del tubo y la superficie del agua en el brazo izquierdo.

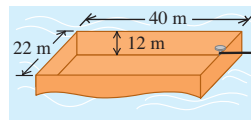
Figura 14.37 Problema 14.57.



14.58. La gran inundación de melaza. En la tarde del 15 de enero de 1919, un día inusualmente cálido en Boston, se rompió un tanque metálico cilíndrico de 27.4 m de altura y 27.4 m de diámetro usado para almacenar melaza. La melaza fluyó por las calles en una corriente de 9 m de profundidad, matando peatones y caballos y tirando edificios. La melaza tenía una densidad de 1600 kg/m^3 . Si el tanque estaba lleno antes del accidente, ¿qué fuerza total ejercía la melaza contra los costados? (*Sugerencia:* considere la fuerza hacia fuera que actúa sobre un anillo de la pared del tanque de anchura dy y una profundidad y bajo la superficie. Integre para calcular la fuerza total hacia fuera. Suponga que, antes de que el tanque se rompiera, la presión en la superficie de la melaza era igual a la presión del aire afuera del tanque.)

14.59. Un lanchón abierto tiene las dimensiones que se muestran en la figura 14.38. Si el lanchón está hecho con placa de acero de 4.0 cm de espesor en sus cuatro costados y el fondo, ¿qué masa de carbón puede transportar el lanchón en agua dulce sin hundirse? ¿Hay suficiente espacio en el lanchón para contener ese carbón? (La densidad aproximada del carbón es de 1500 kg/m^3 .)

Figura 14.38 Problema 14.59.



14.60. Un globo de aire caliente tiene un volumen de 2200 m^3 . La tela del globo pesa 900 N. La canasta con su equipo y tanques de propano llenos pesa 1700 N. Si el globo apenas puede levantar otros 3200 N de pasajeros, desayuno y champán cuando la densidad del aire exterior es de 1.23 kg/m^3 , ¿qué densidad media tienen los gases calientes del interior?

14.61. Los anuncios de cierto auto aseguran que flota en agua. *a*) Si la masa del auto es de 900 kg y su volumen interior es de 3.0 m^3 , ¿qué fracción queda sumergida al flotar? Puede despreciarse el volumen del acero y demás materiales. *b*) Poco a poco se filtra agua y desplaza el aire en el auto. ¿Qué fracción del volumen interior está llena de agua cuando el auto se hunde?

14.62. Un cubo de hielo de 9.70 g flota en un vaso totalmente lleno con 420 cm^3 de agua. Ignore la tensión superficial del agua y su variación de densidad con la temperatura (mientras siga líquida). *a*) ¿Qué volumen de agua desplaza el cubo de hielo? *b*) Una vez derretido el hielo, ¿se habrá desbordado algo de agua? Si así fue, ¿cuánta? Si no, explique por qué. *c*) Suponga que el agua del vaso era muy salada, con densidad de 1050 kg/m^3 . ¿Qué volumen de agua salada desplazaría el cubo de hielo de 9.70 g? *d*) Repita el inciso *b*) para el cubo de agua dulce en agua salada.

14.63. Un trozo de madera de 0.600 m de longitud, 0.250 m de ancho y 0.080 m de espesor tiene una densidad de 600 kg/m^3 . ¿Qué volumen de plomo debe sujetarse a su base para hundir la madera en agua tranquila de manera que su cara superior esté al ras del agua? ¿Qué masa tiene ese volumen de plomo?

14.64. Un hidrómetro consiste en un bulbo esférico y un tallo cilíndrico con área transversal de 0.400 cm^2 (véase la figura 14.13a). El volumen total es de 13.2 cm^3 . Sumergido en agua, el hidrómetro flota con 8.00 cm del tallo sobre la superficie. Sumergido en un líquido orgánico, 3.20 cm del tallo sobresale de la superficie. Calcule la densidad del líquido orgánico. (*Nota:* esto ilustra la precisión de semejante hidrómetro. Variaciones de densidad relativamente pequeñas producen variaciones relativamente grandes en la lectura.)

14.65. Las densidades del aire, el helio y el hidrógeno ($a_p = 1.0 \text{ atm}$ y $T = 20^\circ\text{C}$) son 1.20 kg/m^3 , 0.166 kg/m^3 y 0.0899 kg/m^3 , respectivamente. *a*) ¿Qué volumen en metros cúbicos desplaza un dirigible lleno de hidrógeno que tiene una "sustentación" total de 120 kN? (La "sustentación" es la cantidad en que la fuerza de flotación excede el peso del gas que llena el dirigible.) *b*) Calcule la "sustentación" si se usara helio en vez de hidrógeno. A la luz de su respuesta, ¿por qué se usa helio en los modernos dirigibles publicitarios?

14.66. MAS de un objeto flotante. Un objeto de altura h , masa M y área de sección transversal uniforme A flota erguido en un líquido con densidad ρ . *a*) Calcule la distancia vertical de la superficie del líquido a la base del objeto flotante en equilibrio. *b*) Se aplica una fuerza hacia abajo de magnitud F a la cara superior del objeto. En la nueva posición de equilibrio, ¿qué tanto más abajo de la superficie del líquido está la base del objeto en comparación con el inciso *a*)? (Suponga que parte del objeto permanece sobre la superficie del líquido.) *c*) Su resultado

del inciso *b*) indica que si la fuerza se retira de repente, el objeto oscilará verticalmente en movimiento armónico simple. Calcule el periodo de este movimiento en términos de la densidad ρ del líquido y la masa M y área transversal A del objeto. Ignore el amortiguamiento debido a la fricción del fluido (véase la sección 13.7).

14.67. Una boya cilíndrica de 950 kg y 0.900 m de diámetro flota verticalmente en agua salada. *a*) Calcule la distancia adicional que la boya se hundirá si un hombre de 70.0 kg se pone de pie sobre ella. (Utilice la expresión deducida en el inciso *b*) del problema 14.66.) *b*) Calcule el periodo del MAS vertical que se produce cuando el hombre se lanza al agua. (Utilice la expresión deducida en el inciso *c*) del problema 14.66; igual que en ese problema, desprecie el amortiguamiento por fricción del fluido.)

14.68. Una manguera de bomberos debe ser capaz de lanzar agua hacia la parte superior de un edificio de 35.0 m de altura cuando se apunta recta hacia arriba. El agua entra a esta manguera a una tasa constante de $0.500 \text{ m}^3/\text{s}$ y sale por una boquilla redonda. *a*) ¿Cuál es el diámetro máximo que esta boquilla puede tener? *b*) Si la única boquilla disponible tiene un diámetro que es el doble de grande, ¿cuál es el punto más alto que puede alcanzar el agua?

14.69. Se taladra un pequeño agujero en el lado de un tanque cilíndrico vertical de agua que está sobre el piso con su extremo superior abierto al aire. *a*) Si el nivel del agua tiene una altura H , ¿a qué altura por encima de la base debe taladrarse el agujero para que el agua alcance su distancia máxima con respecto a la base del cilindro cuando toque el piso? *b*) ¿Cuál es la distancia máxima que el agua puede alcanzar?

14.70. Un tanque cilíndrico vertical de área transversal A_1 está abierto al aire en su extremo superior y contiene agua hasta una altura h_0 . Accidentalmente, un trabajador perfora un agujero de área A_2 en la base del tanque. *a*) Deduzca una ecuación para la altura h del agua como función del tiempo t después de que se perforó el agujero. *b*) ¿Cuánto tiempo tarda el tanque en vaciarse por completo a partir de que se perfora el agujero?

14.71. Un bloque de madera balsa colocado en una charola de una balanza de brazos iguales se equilibra exactamente con una masa de latón de 0.0950 kg en la otra charola. Calcule la masa verdadera de la madera si su densidad es de 150 kg/m^3 . Explique por qué podemos despreciar la flotación en aire del latón pero *no* de la madera balsa sin perder exactitud.

14.72. El bloque A de la figura 14.39 cuelga mediante un cordón de la balanza de resorte *D* y se sumerge en el líquido *C* contenido en el vaso de precipitados *B*. La masa del vaso es 1.00 kg; la del líquido es 1.80 kg. La balanza *D* marca 3.50 kg, y la *E*, 7.50 kg. El volumen del bloque A es de $3.80 \times 10^{-3} \text{ m}^3$. *a*) ¿Qué densidad tiene el líquido? *b*) ¿Qué marcará cada balanza si el bloque A se saca del líquido?

14.73. Un trozo de aluminio totalmente cubierto con una capa de oro forma un lingote que pesa 45.0 N. Si el lingote se suspende de una balanza de resorte y se sumerge en agua, la lectura es de 39.0 N. ¿Qué peso de oro hay en el lingote?

14.74. Una pelota de plástico tiene 12.0 cm de radio y flota en agua con el 16.0% de su volumen sumergido. *a*) ¿Qué fuerza deberemos aplicar a la pelota para sostenerla en reposo totalmente bajo la superficie del agua? *b*) Si se suelta la pelota, ¿qué aceleración tendrá en el instante en que se libera?

14.75. El peso de la corona sólida de un rey es w . Si se suspende de una cuerda ligera y se sumerge por completo en agua, la tensión en la cuerda (peso aparente de la corona) es fw . *a*) Demuestre que la densi-

dad relativa (gravedad específica) de la corona es $1/(1-f)$. Analice el significado de los límites al acercarse f a 0 y a 1. *b*) Si la corona es de oro sólido y pesa 12.9 N en el aire, ¿qué peso aparente tiene cuando está completamente sumergida en agua? *c*) Repita el inciso *b*) considerando que la corona es de plomo chapeada en oro, pero aún pesa 12.9 N en el aire.

14.76. Un trozo de acero pesa w , su peso aparente (véase el problema 14.75) sumergido por completo en agua es w_{agua} , y sumergido en un fluido desconocido, w_{fluido} . *a*) Demuestre que la densidad del fluido relativa al agua (gravedad específica) es $(w - w_{\text{fluido}})/(w - w_{\text{agua}})$. *b*) ¿Es razonable este resultado para los tres casos de w_{fluido} , mayor, igual o menor que w_{agua} ? *c*) El peso aparente de un trozo de acero en agua (densidad = 1000 kg/m^3) equivale al 87.2% de su peso. ¿Qué porcentaje de su peso será su peso aparente en ácido fórmico (densidad = 1220 kg/m^3)?

14.77. Imagine que cuele un metal de densidad ρ_m en un molde, pero le preocupa que pueda haber cavidades en el colado. El peso del colado es w y la fuerza de flotación cuando está rodeado por completo de agua es B . *a*) Demuestre que el volumen total de las cavidades internas es $V_0 = B/(\rho_{\text{agua}}g) - w/(\rho_m g)$. *b*) Si el metal es cobre, el peso del colado es de 156 N y la fuerza de flotación es de 20 N, ¿qué volumen total de cavidades contiene el colado? ¿A qué fracción corresponde esto del volumen total del colado?

14.78. Un bloque cúbico de madera de 0.100 m por lado y con densidad de 550 kg/m^3 flota en un frasco de agua. Aceite con densidad de 750 kg/m^3 se vierte sobre el agua hasta que la superficie del aceite está 0.035 m por debajo de la cara superior del bloque. *a*) ¿Qué espesor tiene la capa de aceite? *b*) ¿Qué presión manométrica hay en la cara inferior del bloque?

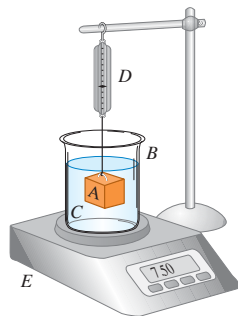
14.79. Bajen anclas. Una ancla de hierro de 35.0 kg y densidad de 7860 kg/m^3 está en la cubierta de una barcaza pequeña con lados verticales que flota en un río de agua dulce. El área del fondo de la barcaza es de 8.00 m^2 . El ancla se tira por la borda, pero queda suspendida arriba del fondo del río por una cuerda, cuya masa y volumen son tan pequeños que los podemos despreciar. Al tirarse el ancla y una vez que la barcaza ha dejado de oscilar, ¿la barcaza está más arriba o más abajo en el agua que antes? ¿Qué distancia sube o baja?

14.80. Suponga que el petróleo crudo de un buque-tanque tiene densidad de 750 kg/m^3 . El buque encalla en una barra de arena. Para desencallarlo, el petróleo se bombea a barriles de acero que, cuando están vacíos, tienen una masa de 15.0 kg y capacidad para 0.120 m^3 de petróleo. Puede despreciarse el volumen ocupado por el acero del barril. *a*) Si un rescatista accidentalmente deja caer al mar un barril lleno y sellado, ¿flotará o se hundirá? *b*) Si el barril flota, ¿qué fracción de su volumen estará por arriba de la superficie? Si se hunde, ¿qué tensión mínima habría que ejercer con una cuerda para subir el barril del fondo del océano? *c*) Repita los incisos *a*) y *b*) si la densidad del petróleo es de 910 kg/m^3 y los barriles vacíos tienen una masa de 32.0 kg.

14.81. Un bloque cúbico con densidad ρ_B y lados de longitud L flota en un líquido con densidad mayor ρ_L . *a*) ¿Qué fracción del volumen del bloque está sobre la superficie del líquido? *b*) El líquido es más denso que el agua (densidad ρ_A) y no se mezcla con ella. Si se vierte agua en la superficie del líquido, ¿qué espesor (en términos de L , ρ_B , ρ_L y ρ_A) debe tener la capa de agua para que su superficie esté al ras de la cara superior del bloque? *c*) Calcule la profundidad de la capa de agua en el inciso *b*) si el líquido es mercurio, el bloque está hecho de hierro y la longitud de su lado es de 10.0 cm.

14.82. Una barcaza está en una esclusa rectangular en un río de agua dulce. La esclusa mide 60.0 m de longitud y 20.0 m de ancho, y las

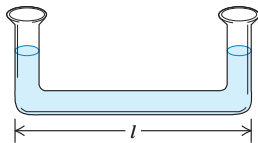
Figura 14.39
Problema 14.72.



puertas de acero en sus extremos están cerradas. Con la barcaza flotando en la esclusa, una carga de 2.50×10^6 N de chatarra se coloca en la barcaza. El metal tiene una densidad de 9000 kg/m^3 . a) Cuando la carga, que inicialmente estaba en tierra, se coloca en la barcaza, ¿qué distancia vertical sube el agua en la esclusa? b) Ahora la chatarra se tira de la barcaza al agua. ¿El nivel del agua en la esclusa sube, baja o permanece igual? Si sube o baja, ¿cuánto lo hace?

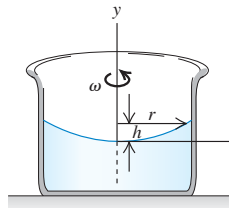
14.83. Un tubo en forma de U con una porción horizontal de longitud l (figura 14.40) contiene un líquido. ¿Qué diferencia de altura hay entre las columnas de líquido en los brazos verticales a) si el tubo tiene una aceleración a hacia la derecha? b) ¿Y si el tubo se monta en una tornamesa horizontal que gira con rapidez angular ω , con uno de sus brazos verticales en el eje de rotación? c) Explique por qué la diferencia de altura no depende de la densidad del líquido ni del área de sección transversal del tubo. ¿Sería lo mismo si los brazos verticales no tuvieran la misma área de sección transversal? ¿Sería lo mismo si la porción horizontal estuviera ahusada de un extremo al otro? Explique.

Figura 14.40 Problema 14.83.



14.84. Un recipiente cilíndrico con un líquido incompresible (de densidad ρ) gira con rapidez angular constante ω alrededor de su eje de simetría, que tomamos como eje y (figura 14.41). a) Demuestre que la presión a una altura dada dentro del fluido aumenta en la dirección radial (hacia fuera desde el eje de rotación) de acuerdo con la ecuación $\partial p / \partial r = \rho \omega^2 r$. b) Integre esta ecuación diferencial parcial para determinar la presión como función de la distancia del eje de rotación a lo largo de una línea horizontal en $y = 0$. c) Combine el resultado del inciso b) con la ecuación (14.5) para demostrar que la superficie del líquido en rotación tiene forma parabólica, es decir, la altura del líquido está dada por $h(r) = \omega^2 r^2 / 2g$. (Esta técnica se usa para hacer espejos de telescopio parabólicos; se hace girar vidrio líquido, dejando que se solidifique mientras gira.)

Figura 14.41 Problema 14.84.



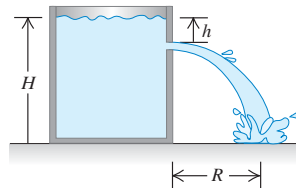
14.85. Un fluido incompresible con densidad ρ está en un tubo de ensayo horizontal con área transversal interior A . El tubo gira en un círculo horizontal en una ultracentrífuga con rapidez angular ω . Las fuerzas gravitacionales son insignificantes. Considere un elemento de volumen del fluido con área A y espesor dr' , a una distancia r' del eje de rotación. La presión en su superficie interior es p , y en la exterior, $p + dp$. a) Aplique la segunda ley de Newton al elemento de volumen para demostrar que $dp = \rho \omega^2 r' dr'$. b) Si la superficie del fluido está en un radio r_0 donde la presión es p_0 , demuestre que la presión p a una distancia $r \geq r_0$ es $p = p_0 + \rho \omega^2 (r^2 - r_0^2) / 2$. c) Un objeto con volumen V y densidad ρ_{ob} tiene su centro de masa a una distancia R_{cmob} del eje. Demuestre que la fuerza horizontal neta que actúa sobre el objeto es $\rho V \omega^2 R_{\text{cm}}$, donde R_{cm} es la distancia del eje al centro de masa del fluido desplazado. d) Explique por qué el objeto se mueve hacia dentro si $\rho R_{\text{cm}} > \rho_{\text{ob}} R_{\text{cmob}}$ y hacia fuera si $\rho R_{\text{cm}} < \rho_{\text{ob}} R_{\text{cmob}}$. e) Para objetos pequeños con densidad uniforme, $R_{\text{cm}} = R_{\text{cmob}}$. ¿Qué sucede con una mezcla de objetos de este tipo con diferentes densidades en una ultracentrífuga?

14.86. Globos sueltos llenos de helio, flotando en un auto con las ventanas y las ventilas cerradas, se mueven en el sentido de la aceleración del auto, pero globos sueltos llenos de aire se mueven en el sentido

opuesto. Para comprender por qué, considere sólo las fuerzas horizontales que actúan sobre los globos. Sea a la magnitud de la aceleración hacia delante del auto. Considere un tubo horizontal de aire con área transversal A que se extiende del parabrisas, donde $x = 0$ y $p = p_0$, hacia atrás sobre el eje x . Considere un elemento de volumen de espesor dx en este tubo. La presión en su superficie delantera es p , y en la trasera es $p + dp$. Suponga que el aire tiene una densidad constante ρ . a) Aplique la segunda ley de Newton a este elemento para demostrar que $dp = \rho a dx$. b) Integre el resultado del inciso a) para obtener la presión en la superficie delantera en términos de a y x . c) Para demostrar que considerar ρ como constante es razonable, calcule la diferencia de presión en atmósferas para una distancia de hasta 2.5 m y una aceleración grande de 5.0 m/s^2 . d) Demuestre que la fuerza horizontal neta que actúa sobre un globo de volumen V es $\rho V a$. e) Si las fuerzas de fricción son insignificantes, demuestre que la aceleración del globo (densidad media ρ_{glo}) es $(\rho / \rho_{\text{glo}}) a$ y que su aceleración relativa al auto es $a_{\text{rel}} = [(\rho / \rho_{\text{glo}}) - 1] a$. f) Use la expresión para a_{rel} del inciso e) para explicar el movimiento de los globos.

14.87. Hay agua hasta una altura H en un tanque abierto grande con paredes verticales (figura 14.42). Se perfora un agujero en una pared a una profundidad h bajo la superficie del agua. a) ¿A qué distancia R del pie de la pared tocará el piso el chorro que sale? b) ¿A qué distancia sobre la base del tanque debería hacerse un segundo agujero de manera que el chorro que salga por él tenga el mismo alcance que el que sale por el primero?

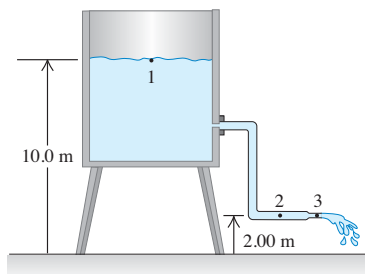
Figura 14.42 Problema 14.87.



14.88. Una cubeta cilíndrica, abierta por arriba, tiene 25.0 cm de altura y 10.0 cm de diámetro. Se perfora un agujero circular con área de 1.50 cm^2 en el centro del fondo de la cubeta. Se vierte agua en la cubeta mediante un tubo situado arriba, a razón de $2.40 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$. ¿A qué altura subirá el agua en la cubeta?

14.89. Fluye agua continuamente de un tanque abierto como en la figura 14.43. La altura del punto 1 es de 10.0 m, y la de los puntos 2 y 3 es de 2.00 m. El área transversal en el punto 2 es de 0.0480 m^2 ; en el punto 3 es de 0.0160 m^2 . El área del tanque es muy grande en comparación con el área transversal del tubo. Suponiendo que puede aplicarse la ecuación de Bernoulli, calcule a) la rapidez de descarga en m^3/s ; b) la presión manométrica en el punto 2.

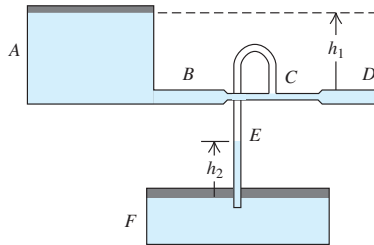
Figura 14.43 Problema 14.89.



14.90. El radio del huracán Emily de 1993 fue de unos 350 km. La rapidez del viento cerca del centro ("ojo") del huracán, cuyo radio fue de unos 30 km, alcanzó cerca de 200 km/h. Al entrar aire del borde del huracán hacia el ojo, su cantidad de movimiento angular se mantuvo casi constante. *a)* Estime la rapidez del viento en el borde del huracán. *b)* Estime la diferencia de presión en el suelo entre el ojo y el borde del huracán. (*Sugerencia:* véase la tabla 14.1.) ¿Dónde es mayor la presión? *c)* Si la energía cinética del aire arremolinado en el ojo pudiera convertirse totalmente en energía potencial gravitacional, ¿cuánto subiría el aire? *d)* De hecho, el aire en el ojo sube a alturas de varios kilómetros. ¿Cómo puede conciliar esto con su respuesta del inciso *c)*?

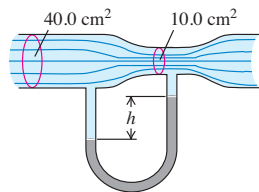
14.91. Dos tanques abiertos muy grandes *A* y *F* (figura 14.44) contienen el mismo líquido. Un tubo horizontal *BCD*, con una constricción en *C* y abierto al aire en *D*, sale del fondo del tanque *A*. Un tubo vertical *E* emboca en la constricción en *C* y baja al líquido del tanque *F*. Suponga flujo de línea de corriente y cero viscosidad. Si el área transversal en *C* es la mitad del área en *D*, y si *D* está a una distancia h_1 bajo el nivel del líquido en *A*, ¿a qué altura h_2 subirá el líquido en el tubo *E*? Expresé su respuesta en términos de h_1 .

Figura 14.44 Problema 14.91.



14.92. El tubo horizontal de la figura 14.45 tiene área transversal de 40.0 cm^2 en la parte más ancha y de 10.0 cm^2 en la constricción. Fluye agua en el tubo, cuya descarga es de $6.00 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ (6.00 L/s). Calcule *a)* la rapidez de flujo en las porciones ancha y angosta; *b)* la diferencia de presión entre estas porciones; *c)* la diferencia de altura entre las columnas de mercurio en el tubo con forma de U.

Figura 14.45 Problema 14.92.



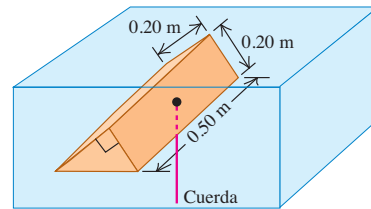
14.93. Un líquido que fluye de un tubo vertical produce un chorro con una forma bien definida. Para obtener la ecuación de esta forma, suponga que el líquido está en caída libre una vez que sale del tubo. Al salir, el líquido tiene rapidez v_0 , y el radio del chorro es r_0 . *a)* Obtenga una ecuación para la rapidez del líquido en función de la distancia y que ha caído. Combinando esto con la ecuación de continuidad, obtenga una expresión para el radio del chorro en función de y . *b)* Si fluye agua de un tubo vertical con rapidez de salida de 1.20 m/s , ¿a qué distancia bajo la salida se habrá reducido a la mitad el radio original del chorro?

Problemas de desafío

14.94. Una roca con masa $m = 3.00 \text{ kg}$ cuelga del techo de un elevador con un cordón ligero. La roca está totalmente sumergida en una cubeta con agua que está en el piso del elevador, pero no toca el fondo ni los lados de la cubeta. *a)* Cuando el elevador está en reposo, la tensión en el cordón es de 21.0 N . Calcule el volumen de la piedra. *b)* Deduzca una expresión para la tensión en el cordón cuando el elevador tiene una aceleración de magnitud a hacia arriba. Calcule la tensión cuando $a = 2.50 \text{ m/s}^2$ hacia arriba. *c)* Deduzca una expresión para la tensión en el cordón cuando el elevador tiene una aceleración de magnitud a hacia abajo. Calcule la tensión cuando $a = 2.50 \text{ m/s}^2$ hacia abajo. *d)* Determine la tensión cuando el elevador está en caída libre con aceleración hacia abajo igual a g .

14.95. Suponga que un trozo de espuma de poliestireno, $\rho = 180 \text{ kg/m}^3$, se mantiene totalmente sumergido en agua (figura 14.46). *a)* Calcule la tensión en la cuerda usando el principio de Arquímedes. *b)* Use $p = p_0 + \rho gh$ para calcular directamente la fuerza que ejerce el agua sobre los dos lados inclinados y la base del trozo de poliestireno; luego demuestre que la suma vectorial de estas fuerzas es la fuerza de flotación.

Figura 14.46 Problema de desafío 14.95.



14.96. Un tanque grande con diámetro *D*, abierto al aire, contiene agua hasta una altura *H*. Se perfora un agujero pequeño con diámetro d ($d \ll D$) en la base del tanque. Ignorando los efectos de viscosidad, calcule el tiempo que el tanque tarda en vaciarse por completo.

14.97. Un sifón (figura 14.47) es un dispositivo útil para extraer líquidos de recipientes. Para establecer el flujo, el tubo debe llenarse inicialmente con fluido. Sea ρ la densidad del fluido y p_a la presión atmosférica. Suponga que el área transversal del tubo es la misma en toda su longitud. *a)* Si el extremo inferior del sifón está a una distancia h bajo el nivel del líquido en el recipiente, ¿con qué rapidez fluye el líquido por ese extremo? (Suponga que el recipiente tiene un diámetro muy grande e ignore los efectos de viscosidad.) *b)* Una caracterís-

Figura 14.47 Problema de desafío 14.97.

