مسائل تدريبية

6–1 خصائص الموائع (صفحة 173–183)

صفحة 177

1. إذا كان الضغط الجوي عند مستوى سطح البحر يساوي 1.0×10^5 Pa تقريبًا، فما مقدار القوة التي يؤثر بها الهواء عند مستوى سطح البحر في سطح مكتب طوله 152 cm وعرضه 76 cm؟

$$F = PA$$
$$= Plw$$
$$= (1.0\times10^5\ \text{Pa})(1.52\ \text{m})(0.76\ \text{m})$$
$$= 1.2\times10^5\ \text{N}$$

2. يلامس إطار سيارة سطح الأرض بمساحة مستطيلة عرضها 12 cm وطولها 18 cm، فإذا كانت كتلة السيارة 925 kg، فما مقدار الضغط الذي تؤثر به السيارة في سطح الأرض إذا استقرت ساكنة على إطاراتها الأربعة؟

$$P = \frac{F}{A} = \frac{F_{g,\text{سيارة}}}{A} = \frac{m_{\text{سيارة}}g}{4\,lw}$$
$$= \frac{(925\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2)}{(4)(0.12\ \text{m})(0.18\ \text{m})}$$
$$= 1.0\times10^2\ \text{kPa}$$

3. كتلة من الرصاص أبعادها $5.0\ \text{cm}\times10.0\ \text{cm}\times20.0\ \text{cm}$ تستقر على الأرض على أصغر وجه، فإذا علمت أن كثافة الرصاص $11.8\ \text{g/cm}^3$، فما مقدار الضغط الذي تؤثر به كتلة الرصاص في سطح الأرض؟

$$m_{\text{الرصاص}} = \rho V = \rho lwh$$
$$= (11.8\ \text{g/cm}^3)(5.0\ \text{cm})(10.0\ \text{cm})(20.0\ \text{cm})$$
$$= 1.18\times10^4\ \text{g} = 11.8\ \text{kg}$$
$$P = \frac{F_{g,\text{الرصاص}}}{A} = \frac{m_{\text{الرصاص}}g}{lw}$$
$$= \frac{\rho Vg}{lw} = \frac{\rho lwhg}{lw} = \rho hg$$
$$= (11.8\ \text{g/cm}^3)(20.0\ \text{cm})(9.80\ \text{m/s}^2)\left(\frac{1\ \text{kg}}{1000\ \text{g}}\right)\left(\frac{(100\ \text{cm})^2}{(1\ \text{m})^2}\right)$$
$$= 23\ \text{kPa}$$

تابع الفصل 6

4. يمكن أن يصبح الضغط في أثناء الإعصار أقل 15% من الضغط الجوي المعياري، افترض أن الإعصار حدث خارج باب طوله 195 cm وعرضه 91 cm، فما مقدار القوة المحصلة التي تؤثر في الباب نتيجة هبوطٍ مقدارُه 15% من الضغط الجوي المعياري؟ وفي أي اتجاه تؤثر القوة؟

الفرق في الضغط على جانبي الباب يساوي

$$P_{\text{الفرق}} = (15\%)(P_{\text{الجوي المعياري}})$$

$$= (0.15)(1.0\times10^{5}\ \text{Pa}) = 1.5\times10^{4}\ \text{Pa}$$

$$F = P_{\text{الفرق}}A = P_{\text{الفرق}}lw$$

$$= (1.5\times10^{4}\ \text{Pa})(1.95\ \text{m})(0.91\ \text{m})$$

$$= 2.7\times10^{4}\ \text{N}$$ **تتجه من داخل المنزل إلى خارجه**

5. يلجأ المهندسون في المباني الصناعية إلى وضع المعدات والآلات الثقيلة على ألواح فولاذية عريضة، بحيث يتوزع وزن هذه الآلات على مساحات أكبر. فإذا خطط مهندس لتركيب جهاز كتلته 454 kg على أرضية صُمِّمت لتتحمل ضغطًا إضافيًّا مقداره 5.0×10^{4} Pa، فما مساحة صفيحة الفولاذ الداعمة؟

أقصى مقدار للضغط يساوي

$$P = \frac{F_g}{A} = \frac{mg}{A}$$

لذا فإن

$$A = \frac{mg}{P}$$

$$= \frac{(454\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2)}{5.0\times10^{4}\ \text{Pa}}$$

$$= 8.9\times10^{-2}\ \text{m}^2$$

صفحة 181

6. يُستخدم خزان من غاز الهيليوم ضغطه 15.5×10^{6} Pa، ودرجة حرارته 293 K، لنفخ بالون على صورة دمية، فإذا كان حجم الخزان $0.020\ \text{m}^3$، فما حجم البالون إذا امتلأ عند 1.00 ضغط جوي، ودرجة حرارة 323 K؟

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$$

لذا فإن

$$V_2 = \frac{T_2P_1V_1}{P_2T_1}$$

1.00 ضغط جوي $= 1.013\times10^{5}\ \text{Pa} = 1\ \text{atm}$

$$V_2 = \frac{(323\ \text{K})(15.5\times10^{6}\ \text{Pa})(0.020\ \text{m}^3)}{(1.013\times10^{5}\ \text{Pa})(293\ \text{K})}$$

$$= 3.4\ \text{m}^3$$

7. ما مقدار كتلة غاز الهيليوم في المسألة السابقة إذا علمت أن الكتلة المولية لغاز الهيليوم 4.00 g/mol؟

$$PV = nRT$$

$$n = \frac{PV}{RT}$$

$$= \frac{(15.5\times10^{6}\ \text{Pa})(0.020\ \text{m}^3)}{(8.31\ \text{Pa.m}^3/\text{mol.K})(293\ \text{K})}$$

$$= 127.3\ \text{mol}$$

$$m = (127.3\ \text{mol})(4.00\ \text{g/mol})$$

$$= 5.1\times10^{2}\ \text{g}$$

8. يحتوي خزان على 200.0 L من غاز الهيدروجين درجة حرارته 0.0 °C ومحفوظ عند ضغط مقداره 156 kPa، فإذا ارتفعت درجة الحرارة إلى 95 °C، وانخفض الحجم ليصبح 175 L، فما الضغط الجديد للغاز؟

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

$$T_1 = 273\ \text{K}$$

$$T_2 = 95°\text{C} + 273°\text{C}$$

$$= 368\ \text{K}$$

$$P_2 = \frac{T_2 P_1 V_1}{V_2 T_1}$$

$$= \frac{(368\ \text{K})(156\ \text{kPa})(200.0\ \text{L})}{(175\ \text{L})(273\ \text{K})}$$

$$= 2.4\times10^{2}\ \text{kPa}$$

9. إن معدل الكتلة المولية لمكونات الهواء (ذرات الأكسجين الثنائية وذرات غاز النتروجين الثنائية بشكل رئيس) 29 g/mol تقريبًا. ما حجم 1.0 kg من الهواء عند ضغط يساوي الضغط الجوي ودرجة حرارة تساوي 20.0 °C؟

$$PV = nRT$$

$$V = \frac{nRT}{P}$$

حيث إن

$$n = \frac{m}{M} = \frac{1.0\times10^{3}\ \text{g}}{29\ \text{g/mol}}$$

و

$$T = 20.0°\text{C} + 273 = 293\ \text{K}$$

$$V = \frac{\left(\frac{1.0\times10^{3}\ \text{g}}{29\ \text{g/mol}}\right)(8.31\ \text{Pa.m}^3/\text{mol.K})(293\ \text{K})}{(1.013\times10^{5}\ \text{Pa})}$$

$$= 0.83\ \text{m}^3$$

مراجعة القسم

1–6 خصائص الموائع (صفحة 183–173)

صفحة 183

10. الضغط والقوة افترض أن لديك صندوقين، أبعاد الأول 20 cm × 20 cm × 20 cm، وأبعاد الثاني 20 cm × 20 cm × 40 cm. قارن بين:

a. ضغطي الهواء في المحيط الخارجي لكل من الصندوقين.

ضغطا الهواء متساويان على الصندوقين.

b. مقداري القوة الكلية للهواء المؤثرة في كل من الصندوقين.

لما كان $F = PA$؛ لذا فإن القوة الكلية للهواء أكبر على الصندوق ذي المساحة الكبرى. ولما كانت المساحة السطحية للصندوق الثاني ضعف المساحة السطحية للصندوق الأول، فإن القوة الكلية عليه تكون ضعف القوة الكلية على الصندوق الأول.

11. علم الأرصاد الجوية يتكون منطاد الطقس الذي يستخدمه الراصد الجوي من كيس مرن يسمح للغاز في داخله بالتمدد بحرية. إذا كان المنطاد يحتوي على $25.0\ m^3$ من غاز الهيليوم وأطلق من منطقة عند مستوى سطح البحر، فما حجم الغاز عندما يصل المنطاد ارتفاع 2100 m، حيث الضغط عند ذلك الارتفاع $0.82\times10^5\ Pa$؟ افترض أن درجة الحرارة ثابتة لا تتغير.

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

$$V_2 = \frac{P_1 V_1}{P_2}$$

$$= \frac{(1.013\times10^5\ Pa)(25.0\ m^3)}{0.82\times10^5\ Pa}$$

$$= 3.1\times10^1\ m^3$$

12. انضغاط الغاز تحصر آلة احتراق داخلي في محرك كمية من الهواء حجمها $0.0021\ m^3$ عند ضغط يعادل الضغط الجوي ودرجة حرارة 303 K، ثم تضغط الهواء بسرعة ليصل إلى ضغط مقداره $20.1\times10^5\ Pa$ وحجم $0.0003\ m^3$، ما درجة الحرارة النهائية للهواء المضغوط؟

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

$$T_2 = \frac{T_1 P_2 V_2}{P_1 V_1}$$

$$= \frac{(303\ K)(20.1\times10^5\ Pa)(0.0003\ m^3)}{(1.013\times10^5\ Pa)(0.0021\ m^3)}$$

$$= 9\times10^2\ K$$

13. الكثافة ودرجة الحرارة إذا كانت درجة الحرارة الابتدائية للماء 0°C، فكيف تتغير كثافة الماء إذا سُخّن إلى 4°C، وإلى 8°C؟

عندما يسخن الماء من 0 °C تزداد كثافته حتى تصل إلى قيمتها العظمى عند 4 °C. وتتناقص كثافة الماء عند الاستمرار في التسخين حتى 8 °C.

14. الكتلة المولية المعيارية ما حجم 1.00 mol من الغاز عند ضغط يعادل الضغط الجوي ودرجة حرارة تساوي 273 K؟

$$V = \frac{nRT}{P}$$

$$= \frac{(1.00\ mol)(8.31\ Pa.m^3/mol.K)(273\ K)}{1.013\times10^5\ Pa}$$

$$= 0.0224\ m^3$$

15. الهواء في الثلاجة ما عدد مولات الهواء الموجودة في ثلاجة سعتها $0.635\ m^3$ عند 2.00°C؟ وما مقدار كتلة الهواء في ثلاجة إذا كان متوسط الكتلة المولية للهواء 29 g /mol؟

$$n = \frac{PV}{RT}$$

$$= \frac{(1.013\times10^5\ Pa)(0.635\ m^3)}{(8.31\ Pa.m^3/mol.K)(275\ K)}$$

$$= 28.1\ mol$$

$$m = nM$$

$$= (28.1\ mol)(29\ g/mol)$$

$$= 0.81\ kg$$

تابع الفصل 6

16. التفكير الناقد الجزيئات المكونة لغاز الهيليوم صغيرة جدًّا مقارنة بالجزيئات المكونة لغاز ثاني أكسيد الكربون. ماذا يمكن أن تستنتج حول عدد الجزيئات في عينة من غاز ثاني أكسيد الكربون حجمها 2.0 L مقارنة بعدد الجزيئات في عينة من غاز الهيليوم حجمها 2.0 L إذا تساوت العينتان في درجة الحرارة والضغط؟

هناك عددان متساويان من الجسيمات في العينتين. وفي الغاز المثالي لا يؤثر حجم الجسيمات في حجم الغاز أو ضغطه.

مراجعة القسم

2–6 القوى داخل السوائل (صفحة 187–184)

صفحة 187

17. التبخر والتبريد في الماضي، عندما يصاب طفل بالحمى كان الطبيب يقترح أن يُمسح الطفل بقطعة إسفنج مبللة بالكحول. كيف يمكن أن يُساعد هذا الإجراء؟

لما كان الكحول يتبخر بسهولة فإنه يوجد تأثير تبريد بالتبخر يمكن ملاحظته بسهولة.

18. التوتر السطحي لمشبك الورق كثافته أكبر من كثافة الماء، ومع ذلك يمكن أن يطفو على سطح الماء. فما الخطوات التي يجب أن تتبعها لتحقيق ذلك؟ وضح إجابتك.

ينبغي أن يوضع مشبك الورق بحذر وبشكل مستو على سطح الماء؛ فهذا من شأنه تقليل الوزن لكل وحدة مساحة على سطح الماء الذي سيستقر عليه مشبك الورق، ومن ثم سيكون التوتر السطحي للماء كافيًا لدعم الوزن القليل لكل وحدة مساحة لمشبك الورق.

19. اللغة والفيزياء نستخدم في لغتنا العربية مصطلحات، منها «الشريط اللاصق» و «العمل مجموعة متماسكة»، فهل استخدام المفردتين (التلاصق والتماسك) في سياق كلامنا مطابقٌ لمعانيهما في الفيزياء؟

نعم، يلتصق الشريط اللاصق بأشياء أخرى تختلف عنه؛ ليست من النوع نفسه. المجموعة المتماسكة مجموعة من الأشخاص الذين يعملون معًا.

20. التلاصق والتماسك وضح لماذا يلتصق الكحول بسطح الأنبوب الزجاجي في حين لا يلتصق الزئبق.

قوة تلاصق الكحول بالزجاج أكبر كثيرًا من قوة تلاصق الزئبق بالزجاج. كما أن قوى التماسك للزئبق أقوى من قوة التصاقه بالزجاج.

21. الطفو كيف يمكن لمشبك الورق في المسألة 18 ألا يطفو؟

إذا اخترق مشبك الورق سطح الماء فإنه يغطس. فالجسم الطافي هو الجسم الذي يمكن أن يخرج ويظهر بسهولة مرة أخرى على السطح.

22. التفكير الناقد تجلس فاطمة في يوم حار ورطب في باحة منزلها، وتحمل كأسًا من الماء البارد، وكان السطح الخارجي للكأس مغطى بطبقة من الماء، فاعتقدت أختها أن الماء يتسرب من خلال الزجاج من الداخل إلى الخارج. اقترح تجربة يمكن لفاطمة أن تجريها لتوضح لأختها من أين يأتي الماء.

قد تزن فاطمة الكأس قبل تبريدها في الثلاجة، ثم تخرجها من الثلاجة وتدع الرطوبة تتجمّع على سطحها الخارجي، ثم تزنها مرة أخرى. فإذا كان الماء يتسرب بسهولة من الداخل إلى الخارج فإن مجموع كتلة الماء والكأس لن يتغير. أما إذا تكثفت الرطوبة على الكأس من الخارج فسيكون هناك زيادة في الكتلة.

مسائل تدريبية

6–3 الموائع الساكنة والموائع المتحركة (صفحة 197–188)

صفحة 189

23. تُعد كراسي أطباء الأسنان أمثلة على أنظمة الرفع الهيدروليكية. فإذا كان الكرسي يزن 1600 N ويرتكز على مكبس مساحة مقطعه العرضي $1440\ cm^2$، فما مقدار القوة التي يجب أن تؤثر في المكبس الصغير الذي مساحة مقطعه العرضي $72\ cm^2$ لرفع الكرسي؟

$$F_2 = \frac{F_1 A_2}{A_1} = \frac{(1600\ N)(72\ cm^2)}{1440\ cm^2}$$

$$= 8.0 \times 10^1\ N$$

24. تؤثر آلة بقوة مقدارها 55 N في مكبس هيدروليكي مساحة مقطعه العرضي $0.015\ cm^2$، فترفع سيارة صغيرة. فإذا كانت مساحة المقطع العرضي للمكبس الذي ترتكز عليه السيارة $2.4\ m^2$، فما وزن السيارة؟

$$F_2 = \frac{F_1 A_2}{A_1} = \frac{(55\ N)(2.4\ m^2)}{(0.015\ m^2)} = 8.8 \times 10^3\ N$$

25. يحقق النظام الهيدروليكي الهدف نفسه تقريبًا الذي تحققه الرافعة ولعبة الميزان، وهو مضاعفة القوة. فإذا وقف طفل وزنه 400 N على أحد المكبسين بحيث يتزن مع شخص بالغ وزنه 1100 N يقف على المكبس الثاني، فما النسبة بين مساحتي مقطعي المكبسين العرضيين؟

$$F_2 = \frac{F_1 A_2}{A_1}$$

$$\frac{A_2}{A_1} = \frac{F_2}{F_1} = \frac{400\ N}{1100\ N} = 0.4$$

يقف الشخص البالغ على المكبس ذي مساحة المقطع الكبير.

26. تستخدم في محل صيانة للآلات رافعة هيدروليكية لرفع آلات ثقيلة لصيانتها. ويحتوي نظام الرافعة مكبسًا صغيرًا مساحة مقطعه العرضي $7.0 \times 10^{-2}\ m^2$، ومكبسًا كبيرًا مساحة مقطعه العرضي $2.1 \times 10^{-1}\ m^2$، وقد وضع على المكبس الكبير محرك يزن $2.7 \times 10^3\ N$.

a. ما مقدار القوة التي يجب أن تؤثر في المكبس الصغير لرفع المحرك؟

$$F_2 = \frac{F_1 A_2}{A_1}$$

$$= \frac{(2.7 \times 10^3\ N)(7.0 \times 10^{-2}\ m^2)}{2.1 \times 10^{-1}\ m^2}$$

$$= 9.0 \times 10^2\ N$$

b. إذا ارتفع المحرك 0.20 m، فما المسافة التي تحركها المكبس الصغير؟

$$V_1 = V_2$$

و

$$A_1 h_1 = A_2 h_2$$

$$h_2 = \frac{A_1 h_1}{A_2} = \frac{(2.1 \times 10^{-1}\ m^2)(0.20\ m)}{7.0 \times 10^{-2}\ m^2}$$

$$= 0.60\ m$$

تابع الفصل 6

صفحة 194

27. إن كثافة القرميد الشائع الاستخدام أكبر 1.8 مرة من كثافة الماء. ما الوزن الظاهري لقالب من القرميد حجمه $0.20\ m^3$ مغمور تحت الماء؟

$$\begin{aligned} F_{\text{الظاهري}} &= F_g - F_{\text{الطفو}} \\ &= \rho_{\text{القرميد}} Vg - \rho_{\text{الماء}} Vg \\ &= (\rho_{\text{القرميد}} - \rho_{\text{الماء}}) Vg \\ &= (1.8\times10^3\ kg/m^3 - 1.00\times10^3\ kg/m^3)(0.20\ m^3)(9.80\ m/s^2) \\ &= 1.6\times10^3\ N \end{aligned}$$

28. يطفو سباح في بركة ماء، بحيث يعلو رأسه قليلاً فوق سطح الماء. فإذا كان وزنه 610 N فما حجم الجزء المغمور من جسمه؟

لما كان السباح طافيًا، فإنه يزيح كمية من الماء وزنها يساوي وزن السباح.

$$\begin{aligned} F_g = F_{\text{الطفو}} &= \rho_{\text{الماء}} Vg \\ V &= \frac{F_g}{\rho_{\text{الماء}} g} \\ &= \frac{610\ N}{(1.00\times10^3\ kg/m^3)(9.80\ m/s^2)} \\ &= 6.2\times10^{-2}\ m^3 \end{aligned}$$

29. ما مقدار قوة الشد في حبل يحمل كاميرا وزنها 1250 N مغمورة في الماء، إذا علمت أن حجم الكاميرا $16.5\times10^{-3}\ m^3$ ؟

لحمل الكاميرا وهي مغمورة في الماء فإن قوة الشد في الحبل يجب أن تساوي الوزن الظاهري للكاميرا.

$$\begin{aligned} T &= F_{\text{الظاهري}} \\ &= F_g - F_{\text{الطفو}} \\ &= F_g - \rho_{\text{الماء}} Vg \\ &= 1250\ N - (1.00\times10^3\ kg/m^3)(16.5\times10^{-3}\ m^3)(9.80\ m/s^2) \\ &= 1.09\times10^3\ N \end{aligned}$$

30. لوح من الفلين الصناعي كثافته تساوي 0.10 مرة من كثافة الماء تقريبًا. ما أكبر وزن من قوالب القرميد تستطيع وضعها على لوح الفلين الصناعي الذي أبعاده $1.0\ m \times 1.0\ m \times 0.10\ m$، بحيث يطفو اللوح على سطح الماء، وتبقى قوالب القرميد جافة؟

سيزيح لوح الفلين حجمًا مقداره

$$V = (1.0\ m)(1.0\ m)(0.10\ m) = 0.10\ m^3 \text{ من الماء}$$

وزن لوح الفلين يساوي

$$\begin{aligned} F_{g,\text{لوح الفلين}} &= \rho_{\text{لوح الفلين}} Vg \\ &= (1.0\times10^2\ kg/m^3)(0.10\ m^3)(9.80\ m/s^2) \\ &= 98\ N \end{aligned}$$

قوة الطفو تساوي

$$F_{\text{الطفو}} = \rho_{\text{الماء}} Vg$$

$$F_{\text{الطفو}} = (1.00\times10^{3}\ \text{kg/m}^3)(0.10\ \text{m}^3)(9.80\ \text{m/s}^2)$$
$$= 980\ \text{N}$$

وزن قوالب القرميد التي تستطيع وضعها على لوح الفلين

$$F_{\text{g, قوالب القرميد}} = F_{\text{الطفو}} - F_{\text{g لوح الفلين}}$$
$$= 980\ \text{N} - 98\ \text{N}$$
$$= 8.8\times10^{2}\ \text{N}$$

31. يوجد عادة في الزوارق الصغيرة قوالب من الفلين الصناعي تحت المقاعد؛ لتساعدها على الطفو في حال امتلأ الزورق بالماء. ما أقل حجم تقريبي من قوالب الفلين اللازمة ليطفو قارب وزنه 480 N؟

قوة الطفو على قوالب الفلين يجب أن تساوي 480 N. ونحن نفترض أن الزورق مصنوع من مادة كثيفة.

$$F_{\text{الطفو}} = \rho_{\text{الماء}} V g$$
$$V = \frac{F_{\text{الطفو}}}{\rho_{\text{الماء}} g}$$
$$= \frac{480\ \text{N}}{(1.00\times10^{3}\ \text{kg/m}^3)(9.80\ \text{m/s}^2)}$$
$$= 4.9\times10^{-2}\ \text{m}^3$$

مراجعة القسم

6–3 الموائع الساكنة والموائع المتحركة (صفحة 197–188)

صفحة 197

32. الطفو والغطس هل تطفو علبة شراب الصودا في الماء أم تغوص فيه؟ جرّب ذلك. وهل يتأثر ذلك بكون الشراب خاليًا من السكر أم لا؟ تحتوي جميع علب شراب الصودا على الحجم نفسه من السائل 354 ml، وتزيح الحجم نفسه من الماء، فما الفرق بين العلبة التي تغوص والأخرى التي تطفو؟

يذوب $\frac{1}{4}$ كأس من السكر تقريبًا في كأس من شراب الصودا العادي، مما يجعله أكثر كثافة من الماء. أما شراب الصودا الخالي من السكر فيحتوي على كمية قليلة من المُحلِّيات الصناعية؛ لذا يكون شراب الصودا الخالي من السكر أقل كثافة من شراب الصودا العادي (المحلى).

33. الطفو والكثافة تُزوَّد صنارة الصيد بقطعة فلين تطفو بحيث يكون عشر حجمها تحت سطح الماء. ما كثافة الفلين؟

وزن الماء المزاح يساوي وزن قطعة الفلين.

$$F_g = \rho_{\text{الماء}} V_{\text{الماء}} g = \rho_{\text{الفلين}} V_{\text{الفلين}} g$$

لذا فإن

$$\frac{\rho_{\text{الفلين}}}{\rho_{\text{الماء}}} = \frac{V_{\text{الماء}}}{V_{\text{الفلين}}}$$
$$= \frac{1}{10}$$

كثافة الفلين عُشر كثافة الماء تقريبًا.

34. الطفو في الهواء يرتفع منطاد الهيليوم؛ لأن قوة طفو الهواء تحمله، فإذا كانت كثافة غاز الهيليوم $0.18\ kg/m^3$ وكثافة الهواء $1.3\ kg/m^3$، فما حجم منطاد الهيليوم اللازم لرفع قالب من الرصاص وزنه 10 N؟

القوة الظاهرية؛ $F_{الظاهرية}$ يجب أن تساوي 10 N− حتى تعاكس وزن قالب الرصاص

$$F_{الظاهري} = F_g - F_{الطفو}$$
$$= \rho_{الهيليوم} V_{المنطاد} g - \rho_{الهواء} V_{المنطاد} g$$
$$= (\rho_{الهيليوم} - \rho_{الهواء}) V_{المنطاد} g$$

لذا فإن:

$$V_{المنطاد} = \frac{F_{الظاهري}}{(\rho_{الهيليوم} - \rho_{الهواء})g}$$
$$= \frac{-10\ N}{(0.18\ kg/m^3 - 1.3\ kg/m^3)(9.80\ m/s^2)}$$
$$= 0.9\ m^3$$

35. انتقال الضغط صُمّمت لعبة قاذفة للصواريخ بحيث يدوس الطفل على أسطوانة من المطاط، مما يزيد من ضغط الهواء في أنبوب القاذف فيدفع صاروخًا خفيفًا من الرغاوي الصناعية في السماء، فإذا داس الطفل بقوة 150 N على مكبس مساحته $2.5\times10^{-3}\ m^2$، فما القوة المنتقلة إلى أنبوب القذف الذي مساحة مقطعه $4.0\times10^{-4}\ m^2$؟

$$F_2 = \frac{F_1 A_2}{A_1}$$
$$= \frac{(150\ N)(4.0\times10^{-4}\ m^2)}{2.5\times10^{-3}\ m^2}$$
$$= 24\ N$$

36. الضغط والقوة رُفعت سيارة تزن $2.3\times10^4\ N$ عن طريق أسطوانة هيدروليكية مساحتها $0.15\ m^2$.

a. ما مقدار الضغط في الأسطوانة الهيدروليكية؟

$$P = \frac{F}{A}$$
$$= \frac{2.3\times10^4\ N}{0.15\ m^2}$$
$$= 1.5\times10^5\ Pa$$

b. ينتج الضغط في أسطوانة الرفع عن طريق التأثير بقوة في أسطوانة مساحتها $0.0082\ m^2$، ما مقدار القوة التي يجب أن تؤثر في هذه الأسطوانة الصغيرة لرفع السيارة؟

$$F_2 = \frac{F_1 A_2}{A_1}$$
$$= \frac{(2.3\times10^4)(0.0082\ m^2)}{0.15\ m^2}$$
$$= 1.3\times10^3\ N$$

تابع الفصل 6

37. الإزاحة أيّ مما يلي يزيح ماءً أكثر عندما يوضع في حوض مائي؟

a. قالب ألومنيوم كتلته 1.0 kg، أم قالب رصاص كتلته 1.0 kg؟

سيغطس كل من قالب الألومنيوم وقالب الرصاص إلى قاع الحوض المائي. ولما كانت كثافة الألومنيوم أقل من كثافة الرصاص فإن قالب الألومنيوم الذي كتلته 1kg له حجم أكبر من حجم قالب الرصاص الذي كتلته 1kg. وعليه سيزيح قالب الألومنيوم كمية أكبر من الماء.

b. قالب ألومنيوم حجمه $10\ cm^3$، أم قالب رصاص حجمه $10\ cm^3$؟

سيغطس كلا القالبين، وسيزيح كل منهما الحجم نفسه من الماء، $10\ cm^3$.

38. التفكير الناقد اكتشفت في المسألة التدريبية رقم 4، أنه عندما يمر إعصار فوق منزل فإنّ المنزل ينهار أحيانًا من الداخل إلى الخارج. فكيف يفسر مبدأ برنولي هذه الظاهرة؟ وماذا يمكن أن نفعل لتقليل خطر اندفاع الباب أو الشباك إلى الخارج وتحطمه؟

يكون ضغط هواء الإعصار السريع أقل من ضغط الهواء الساكن نسبيًا داخل المنزل؛ مما يولّد قوة هائلة على النوافذ والأبواب وجدران المنزل. ويمكن تقليل هذا الفرق في الضغط عن طريق فتح الأبواب والنوافذ؛ وذلك للسماح للهواء بالتدفُّق بحرية خارج المنزل.

مسائل تدريبية

6–4 المواد الصلبة (صفحة 205–198)

صفحة 203

39. قطعة من الألومنيوم طولها 3.66 m عند درجة حرارة $-28°C$. كم يزداد طول القطعة عندما تصبح درجة حرارتها $39°C$؟

$$L_2 = L_1 + \alpha L_1(T_2 - T_1)$$

لذا فإن:

$$\Delta L = \alpha L_1(T_2 - T_1)$$
$$= (25\times10^{-6}\ °C^{-1})(3.66\ m)(39°C - (-28°C))$$
$$= 6.1\times10^{-3}\ m = 6.1\ mm$$

40. قطعة من الفولاذ طولها 11.5 cm عند 22°C، فإذا سُخّنت حتى أصبحت درجة حرارتها 1221°C، وهي قريبة من درجة حرارة انصهارها، فكم يبلغ طولها بعد التسخين؟ (معامل التمدد الطولي للفولاذ $12\times10^{-6}\ °C^{-1}$).

$$L_2 = L_1 + \alpha L_1(T_2 - T_1)$$
$$= (0.115\ m) + (12\times10^{-6}\ °C^{-1})(0.115\ m)(1221°C - 22°C)$$
$$= 1.2\times10^{-1}\ m = 12\ cm$$

41. مُلئ وعاء زجاجي سعته 400 ml عند درجة حرارة الغرفة بماء بارد درجة حرارته 4.4°C، ما مقدار الماء المسكوب من الوعاء عندما يسخن الماء إلى 30.0°C؟

في البداية كان الوعاء الزجاجي يحوي ماءً حجمه 400 ml ودرجة حرارته 4.4°C. أوجد التغير في الحجم عند 30.0°C.

$$\Delta V = \beta V \Delta T$$
$$= (210\times10^{-6}\ °C^{-1})(400\times10^{-6}\ m^3)(30.0°C - 4.4°C)$$
$$= 2\times10^{-6}\ m^3 = 2\ ml$$

تابع الفصل 6

42. مُلئ خزان شاحنة لنقل البنزين سعته 45725 L بالبنزين لنقله من مدينة الدمام نهارًا حيث كانت درجة الحرارة 38.0 °C، إلى مدينة تبوك ليلا حيث درجة الحرارة 2.0 °C−.

a. كم لترًا من البنزين سيكون في خزان الشاحنة في تبوك؟

$$\beta = \frac{\Delta V}{V_1 \Delta T} = \frac{V_2 - V_1}{V_1 \Delta T}$$

$$V_2 = \beta V_1 \Delta T + V_1$$

$$= (950\times10^{-6}\ °C^{-1})(45725\ L)(-2.0°C - 38.0°C) + 45725\ L$$

$$= 4.4\times10^{4}\ L$$

b. ماذا حدث للبنزين؟

يتناقص حجم البنزين؛ لأن درجة الحرارة انخفضت، في حين تبقى كتلة البنزين كما هي.

43. حُفر ثقب قطره 0.85 cm في صفيحة من الفولاذ عند 30.0°C فكان الثقب يتسع بالضبط لقضيب من الألومنيوم له القطر نفسه. فما مقدار الفراغ بين الصفيحة والقضيب عندما يبردان لدرجة حرارة 0.0°C؟

يتقلص الألومنيوم بدرجة أكبر من الفولاذ. افترض أن L تمثل قطر القضيب.

$$\Delta L_{\text{الألومنيوم}} = \alpha L \Delta T$$

$$= (25\times10^{-6}\ °C^{-1})(0.85\ cm)(0.0°C - 30.0°C)$$

$$= -6.38\times10^{-4}\ cm$$

بالنسبة إلى الفولاذ: يتقلص قطر الثقب في صفيحة الفولاذ وفق المعادلة التالية

$$\Delta L_{\text{الفولاذ}} = \alpha L \Delta T$$

$$= (12\times10^{-6}\ °C^{-1})(0.85\ cm)(0.0°C - 30.0°C)$$

$$= -3.06\times10^{-4}\ cm$$

مقدار الفراغ بين القضيب والصفيحة يساوي:

$$\frac{1}{2}(6.4\times10^{-4}\ cm - 3.1\times10^{-4}\ cm) = 1.6\times10^{-4}\ cm$$

44. دُرِّجت مسطرة من الفولاذ بوحدة الملمترات، بحيث تكون دقيقة بصورة مطلقة عند 30.0°C. فما النسبة المئوية التي تمثل عدم دقة المسطرة عند 30.0°C−؟

ستقل المسافات الفاصلة بين تدريجات الملمترات على المسطرة الفولاذية؛ بسبب أن الفولاذ يتقلّص عند التبريد.

$$\%\text{عدم الدقة} = (100)\left(\frac{\Delta L}{L}\right)$$

$$= (100)\alpha(T_f - T_i)$$

$$= (100)(12\times10^{-6}\ °C^{-1})(-30.0°C - 30.0\ °C)$$

$$= -0.072\%$$

مراجعة القسم

4–6 المواد الصلبة (صفحة 205–198)

صفحة 205

45. التقلص الحراري النسبي إذا ركَّبت بابًا من الألومنيوم في يوم حار على إطار باب من الأسمنت، وأردت أن يكون الباب محكم الإغلاق تمامًا في أيام الشتاء الباردة، فهل ينبغي أن تجعل الباب محكمًا في الإطار أم تترك فراغًا إضافيًّا؟

أحكم إغلاق الباب؛ لأن الألومنيوم عند التبريد يتقلص أكثر من تقلص الأسمنت.

46. حالات المادة لماذا يعد الشمع مادة صلبة؟ ولماذا يُعد أيضًا سائلاً لزجًا؟

يمكن أن يُعد الشمع مادة صلبة لأن حجمه وشكله محددان. ويمكن اعتباره مائعًا لزجًا لأن جسيماته لا تشكّل نمطًا بلوريًّا ثابتًا.

47. التمدد الحراري هل يمكنك تسخين قطعة من النحاس بحيث يتضاعف طولها؟

معامل التمدد الطولي للنحاس يساوي $16\times10^{-6}/°C$. وعند مضاعفة طول قطعة النحاس تكون: $\Delta L = L = \alpha L \Delta T$، أيْ أن:

$$\alpha \Delta T = 1$$

$$\Delta T = \frac{1}{\alpha}$$

$$= \frac{1}{16\times10^{-6}\,°C^{-1}}$$

$$= 63000°C$$

لمضاعفة طول قطعة النحاس يجب أن تزداد درجة حرارتها بمقدار $6.3\times10^{4}\,°C$. وعند تلك الدرجة يتبخر النحاس.

48. حالات المادة هل يزودنا **الجدول 2–6** بطريقة للتمييز بين الموادّ الصلبة والسوائل؟

معاملات التمدد الحجمي للسوائل أكبر كثيرًا من معاملات التمدد الحجمي للمواد الصلبة.

49. المواد الصلبة والسوائل يمكن تعريف المادة الصلبة على أنها تلك المادة التي يمكن ثنيها على الرغم من أنها تقاوم الانحناء. فسر كيف ترتبط هذه الخصائص مع ترابط الذرات في المواد الصلبة لكنها لا تنطبق على السوائل؟

تكون جسيمات المادة الصلبة متقاربة ولذلك تكون أكثر ارتباطًا، كما تهتزّ تلك الجسيمات حول موضع ثابت، مما يسمح للمادة الصلبة بالانثناء على الرغم من أنها تقاوم الانحناء. وتكون جسيمات المادة السائلة متباعدة وأقل ارتباطًا. ولما كانت الجسيمات حرة التدفق بعضها فوق بعض فإن السوائل لا تنثني.

50. التفكير الناقد قُطع من الحلقة الحديدية الصلبة في **الشكل 23–6** قطعة صغيرة. فإذا سُخِّنت الحلقة التي في الشكل، فهل تصبح الفجوة أكبر أم أصغر؟ وضح إجابتك.

■ **الشكل 23 – 6**

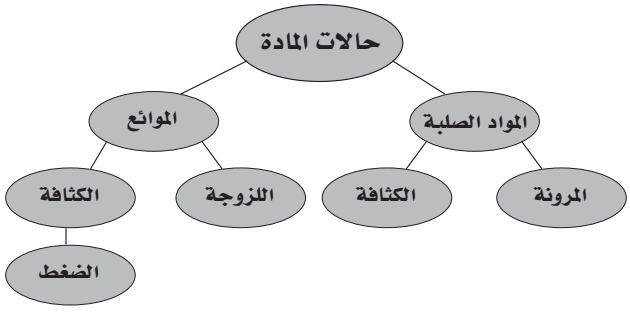
ستصبح الفجوة أكثر اتساعًا. وستزيد أبعاد الحلقة جميعها عند تسخينها.

تقويم الفصل

خريطة المفاهيم

صفحة 210

51. أكمل خريطة المفاهيم أدناه مستخدمًا المصطلحات التالية: الكثافة، اللزوجة، المرونة، الضغط. ويمكن استخدام المفهوم الواحد أكثر من مرة.



تابع الفصل 6

إتقان المفاهيم
صفحة 210

52. كيف تختلف القوة عن الضغط؟ (1–6)

تعتمد القوة فقط على دفع الجسم أو سحبه، في حين يعتمد الضغط على القوة، كما يعتمد على المساحة التي تؤثر فيها القوة.

53. حُصر غاز في وعاء مغلق بإحكام، ووضع سائل في وعاء له الحجم نفسه وكان لكل من الغاز والسائل حجم محدد، فكيف يختلف أحدهما عن الآخر؟ (1–6)

لن يتغير حجم السائل، وسيتمدد الغاز بحسب حجم الوعاء الذي يحويه.

54. ما أوجه التشابه والاختلاف بين الغازات والبلازما؟ (1–6)

كلاهما ليس له حجم أو شكل محدد. يتكوّن الغاز من ذرات، أما البلازما فتتكوّن من أيونات موجبة الشحنة وإلكترونات سالبة الشحنة. وجسيمات البلازما ذات طاقة عالية جدًّا مقارنة بجسيمات الغاز. وتوصل البلازما الكهرباء، أما الغازات فلا توصل الكهرباء.

55. تتكون الشمس من البلازما، فكيف تختلف بلازما الشمس عن تلك التي على الأرض؟ (1–6)

بلازما الشمس حارة جدًّا، والأكثر أهمية من ذلك أن كثافتها عالية جدًّا لدرجة أن كثافتها أكبر من كثافة أغلب المواد الصلبة على الأرض.

56. تنصهر البحيرات المتجمدة خلال فصل الربيع، فما تأثير ذلك في درجة حرارة الهواء فوق البحيرة؟ (2–6)

لكي ينصهر الجليد يجب أن يمتصّ كمية من الطاقة مساوية للحرارة اللازمة لانصهاره من الهواء والماء، مما يؤدي إلى تبريد الهواء فوقه.

57. **الكشافة** تُغطى المطرات التي يستخدمها الكشافة أحيانًا بكيس من قماش الكتّان. إذا رطّبت الكيس الذي يغطي المطرة فإن الماء في المطرة سيبرد. فسر ذلك. (2–6)

يتبخّر الماء الموجود في كيس القماش ممتصًّا الطاقة من المطرة (القِرْبة) ومن الماء داخلها.

58. ماذا يحدث للضغط عند قمة الإناء إذا ازداد الضغط عند قاعه اعتمادًا على مبدأ باسكال؟ (3–6)

تنتقل التغيرات في الضغط بالتساوي إلى جميع أجزاء الإناء؛ حيث يزداد الضغط عند قمته.

59. ينتقل تيار مائي خلال خرطوم ويخرج من فوهته. فماذا يحدث لضغط الماء عندما تزداد سرعته؟ (3–6)

يقل ضغط الماء حسب مبدأ برنولي.

60. بم تخبرك الأواني المستطرقة الموضحة في **الشكل 24–6** عن الضغط المؤثر بواسطة السائل؟ (3–6)

■ الشكل 24 – 6

توضح الأواني المستطرقة أن الضغط لا يعتمد على شكل الوعاء.

61. قارن بين ضغط الماء على عمق 1 m تحت سطح بركة صغيرة وضغط الماء عند العمق نفسه تحت سطح بحيرة؟ (3–6)

حجم الماء أو شكله غير مهمّين، بل المهم هو العمق فقط؛ لذا يكون الضغط متساويًا في كلتا الحالتين.

62. كيف يختلف ترتيب الذرات في المادة البلورية عن ترتيبها في المادة غير البلورية؟ (4–6)

تترتّب الذرات في المادة البلورية في نمط مرتب، أمّا في المادة غير البلورية فتكون الذرات عشوائيّة، أيْ ليس لها نمط مرتب.

63. هل يعتمد معامل التمدد الطولي على وحدة الطول المستخدمة؟ فسر ذلك. (4–6)

لا؛ فمعامل التمدّد مقياس لتمدّد الجسم بالنسبة إلى طوله الكلي. أما الوحدات والطول الكلي فلا يغيران من قيمة α.

تطبيق المفاهيم

صفحة 211–210

64. يستقر صندوق على شكل متوازي مستطيلات على وجهه الأكبر على طاولة. فإذا أدير الصندوق بحيث أصبح يستقر على وجهه الأصغر، فهل يزداد الضغط على الطاولة، أم ينقص أم يبقى دون تغيير؟

يزداد الضغط، ويبقى الوزن كما هو، فالضغط هو الوزن المؤثر في وحدة المساحة.

65. بيّن أن وحدة الباسكال تكافئ وحدة $kg/m.s^2$.

$$\mathbf{Pa = N/m^2}$$
$$\mathbf{= (kg.m/s^2)/m^2}$$
$$\mathbf{= kg/m.s^2}$$

66. شحن البضائع أيهما تغطس لمسافة أعمق في الماء: باخرة مملوءة بكرات تنس الطاولة أم باخرة فارغة مماثلة لها؟ فسر إجابتك.

سوف تغطس الباخرة المملوءة بكرات التنس إلى عمق أكبر داخل الماء؛ لأن لها وزنًا أكبر.

67. ما عمق وعاء من الماء الضغط عند قاعه يساوي قيمة الضغط في قاع وعاء مملوء بالزئبق، وعمقه 10.0 cm، علمًا بأن كثافة الزئبق تزيد 13.55 مرة على كثافة الماء؟

$$P_{\text{ماء}} = P_{\text{زئبق}}$$
$$\rho_{\text{ماء}} h_{\text{ماء}} g = \rho_{\text{زئبق}} h_{\text{زئبق}} g$$
$$h_{\text{ماء}} = \left(\frac{\rho_{\text{زئبق}}}{\rho_{\text{ماء}}}\right) h_{\text{زئبق}}$$
$$= (13.55)(10.0\ \text{cm})$$
$$= 136\ \text{cm}$$

68. وضعت قطرات من الزئبق، والماء، والإيثانول والأسيتون على سطح مستو أملس، كما في **الشكل 25–6**. ماذا تستنتج عن قوى التماسك في هذه السوائل من خلال هذا الشكل؟

■ **الشكل 25–6**

تكون قوى التماسك الأقوى في الزئبق، في حين تكون الأضعف في الأسيتون، وكلما كانت قوة التماسك أكبر اتخذت القطرة شكلا كرويًّا أكثر.

69. يتبخر الكحول بمعدل أسرع من تبخر الماء عند درجة الحرارة نفسها، ماذا تستنتج من هذه الملاحظة عن خصائص الجزيئات في كلا السائلين؟

أن قوى التماسك للماء أكبر من قوى التماسك للكحول.

70. افترض أنك استخدمت مثقبًا لإحداث ثقب دائري في صفيحة من الألومنيوم. إذا سخنت الصفيحة، فهل يزداد حجم الثقب أم يقل؟ فسر ذلك.

كلما سُخّنت الصفيحة أكثر ازداد حجم الثقب؛ فالتسخين ينقل المزيد من الطاقة لجسيمات الألومنيوم مما يسبّب زيادة حجم الألومنيوم.

71. وضعت خمسة أجسام في خزان من الماء كثافاتها على النحو الآتي:

a. $0.85\ g/cm^3$

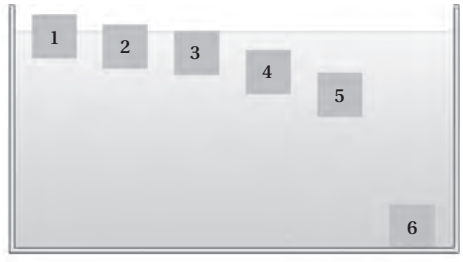
b. $0.95\ g/cm^3$

c. $1.05\ g/cm^3$

d. $1.15\ g/cm^3$

e. $1.25\ g/cm^3$

وكثافة الماء $1.00\ g/cm^3$، ويوضح **الشكل 26–6** ستة مواقع محتملة لهذه الأجسام، اختر الموقع من 1 إلى 6 لكل من الأجسام الخمسة. (ليس من الضروري اختيار المواقع كلها).



■ **الشكل 26–6**

يجب أن تكون مواقع الأجسام على النحو الآتي:

a–1, b–2, c–6, d–6, e–6

72. تم تسخين حجمين متساويين من الماء في أنبوبين ضيقين ومتماثلين، إلا أن الأنبوب A مصنوع من الزجاج العادي، والأنبوب B مصنوع من الزجاج القابل للتسخين في الأفران. وعندما ارتفعت درجة الحرارة، ارتفع مستوى الماء في الأنبوب B أكثر من الأنبوب A. فسر ذلك.

يتمدّد الزجاج المستخدم في الأفران بمقدار أقل من الزجاج العادي عند التسخين. فلا يرتفع الماء في الأنبوب (A) كثيرًا؛ لأن أنبوب الزجاج العادي قد تمدّد وازداد حجمه.

إتقان حلّ المسائل

صفحة 215–211

6–1 خصائص الموائع

صفحة 212–211

73. الكتاب المقرر كتاب فيزياء كتلته 0.85 kg، وأبعاد سطحه $24.0\ cm \times 20.0\ cm$، يستقر على سطح طاولة.

a. ما القوة التي يؤثر بها الكتاب في الطاولة؟

القوة التي يؤثر بها الكتاب في الطاولة تساوي وزن الكتاب.

$$W = mg = (0.85\ kg)(9.80\ m/s^2)$$
$$= 8.3\ N$$

b. ما الضغط الذي يؤثر به الكتاب؟

الضغط الذي يؤثر به الكتاب يساوي:

$$P = \frac{F}{A}$$
$$= \frac{mg}{lW}$$
$$= \frac{(0.85\ kg)(9.80\ m/s^2)}{(2.40\times10^{-1}\ m)(2.00\times10^{-1}\ m)}$$
$$= 1.7\times10^{2}\ Pa$$

74. أسطوانة مصمتة كتلتها 75 kg وطولها 2.5 m ونصف قطر قاعدتها 7.0 cm تستقر على إحدى قاعدتيها. ما مقدار الضغط الذي تؤثر به؟

$$P = \frac{F}{A}$$
$$= \frac{mg}{\pi r^2}$$
$$= \frac{(75\ kg)(9.80\ m/s^2)}{\pi(0.070\ m)^2}$$
$$= 4.8\times10^{4}\ Pa$$

75. ما مقدار القوة الرأسية الكلية أسفل الغلاف الجوي التي تؤثر في قمة رأسك الآن؟ افترض أن مساحة قمة رأسك $0.025\ m^2$ تقريبًا.

$$F = PA$$
$$= (1.01\times10^{5}\ Pa)(0.025\ m^2)$$
$$= 2.5\times10^{3}\ N$$

تابع الفصل 6

76. المشروبات الغازية إن غاز ثاني أكسيد الكربون (CO_2) المذاب في شراب الصودا يجعله يفور، وتتم عادة إذابة كمية من غاز ثاني أكسيد الكربون تساوي 8.0 L تقريبًا عند ضغط يساوي الضغط الجوي ودرجة حرارة 300.0 K في زجاجة مشروبات غازية سعتها 2 L. إذا كانت الكتلة المولية للغاز CO_2 تساوي 44 g/mol.

a. فما عدد المولات من غاز ثاني أكسيد الكربون في زجاجة سعتها 2 L؟

وفق قانون الغاز المثالي فإن

$$n = \frac{PV}{RT}$$

$$= \frac{(1.01\times10^5\ \text{Pa})(0.0080\ \text{m}^3)}{(8.31\ \text{Pa.m}^3/\text{mol.K})(300.0\ \text{K})}$$

$$= 0.33\ \text{moles}$$

b. وما كتلة غاز ثاني أكسيد الكربون الموجودة في زجاجة صودا سعتها 2 L؟

الكتلة المولية لغاز ثاني أكسيد الكربون تساوي

$$M = 12 + 2(16)$$

$$= 44\ \text{g/mol}$$

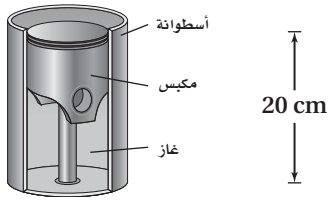
لذا فإن الكتلة تساوي

$$m = nM$$

$$= (0.32\ \text{mol})(44\ \text{g/mol})$$

$$= 14\ \text{g}$$

77. كما هو موضّح في **الشكل 27–6**، يتكون مقياس الحرارة ذو الضغط الثابت من أسطوانة تحتوي على مكبس يتحرك بحرية داخل الأسطوانة، ويبقى كل من الضغط وكمية الغاز داخل الأسطوانة ثابتين. وعندما ترتفع درجة الحرارة أو تنخفض يتحرك المكبس إلى أعلى الأسطوانة أو إلى أسفلها. إذا كان ارتفاع المكبس في الأسطوانة 20 cm عند 0 °C، فما ارتفاع المكبس عندما تكون درجة الحرارة 100 °C؟



■ الشكل 27–6

لما كان الضغط ثابتًا فإن، $V_1/T_1 = V_2/T_2$. ويتناسب ارتفاع المكبس طرديًّا مع حجم الأسطوانة؛ لذا فإن

$$\frac{h_1}{T_1} = \frac{h_2}{T_2}$$

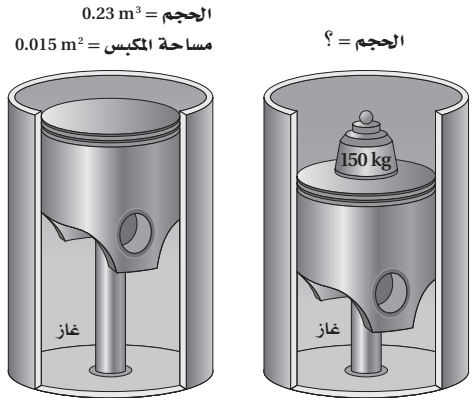
$$h_2 = \frac{h_1 T_2}{T_1}$$

$$= \frac{(20\ \text{cm})(373\ \text{K})}{273\ \text{K}}$$

$$= 3\times10^1\ \text{cm}$$

تابع الفصل 6

78. يَحصر مكبس مساحته $0.015\ m^2$ كمية ثابتة من الغاز في أسطوانة حجمها $0.23\ m^3$. فإذا كان الضغط الابتدائي للغاز $1.5\times10^5\ Pa$، ووضع جسم كتلته $150\ kg$ على المكبس، فتحرك المكبس في اتجاه الأسفل إلى موقع جديد كما موضّح في **الشكل 28–6**، فما الحجم الجديد للغاز داخل الأسطوانة؟ علمًا بأن درجة الحرارة ثابتة.



■ **الشكل 28–6**

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

$$V_2 = \frac{P_1 V_1}{P_2}$$

$$= \frac{P_1 V_1}{\left(P_1 + \frac{mg}{A}\right)}$$

$$= \frac{(1.5\times10^5\ Pa)(0.23\ m^3)}{1.5\times10^5\ Pa + \frac{(150\ kg)(9.80\ m/s^2)}{0.015\ m^2}}$$

$$= 0.14\ m^3$$

79. المركبات يصمم إطار سيارة معينة ليستخدم عند ضغط معاير مقداره 30.0 psi، أو30.0 باوندًا لكل إنش مربع (واحد باوند لكل إنش مربع يساوي $6.90\times10^3\ Pa$) ومصطلح ضغط معاير يعني الضغط الأعلى من الضغط الجوي. إن الضغط الحقيقي داخل الإطار يساوي $3.08\times10^5\ Pa = (30.0\ psi)(6.90\times10^3\ Pa/psi) + 1.01\times10^5\ Pa$، وعندما تتحرك السيارة تزداد درجة حرارة الإطار ويزداد الضغط والحجم كذلك. افترض أنك ملأت إطار السيارة للحجم $0.55\ m^3$ عند درجة حرارة 280 K وكان الضغط الابتدائي 30.0 psi، ولكن ازدادت درجة حرارة الإطار في أثناء القيادة إلى 310 K وازداد الحجم ليصبح $0.58\ m^3$.

a. ما مقدار الضغط الجديد في الإطار؟

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

$$P_2 = \frac{P_1 V_1 T_2}{T_1 V_2}$$

$$= \frac{(3.08\times10^5\ Pa)(0.55\ m^3)(310\ K)}{(280\ K)(0.58\ m^3)}$$

$$= 3.2\times10^5\ Pa$$

b. ما الضغط المعاير الجديد؟

$$P_{\text{المعاير}} = \frac{(30.0\ \text{psi})(0.55\ \text{m}^3)(310\ \text{K})}{(280\ \text{K})(0.58\ \text{m}^3)}$$
$$= 32\ \text{psi}$$

6–3 الموائع الساكنة والموائع المتحركة

صفحة 213–212

80. الخزان إذا كان عمق الماء خلف سد 17 m، فما ضغط الماء عند المواقع المختلفة الآتية؟

a. عند قاعدة السد.

$$P = \rho hg$$
$$= (1.00\times10^3\ \text{kg/m}^3)(17\ \text{m})(9.80\ \text{m/s}^2)$$
$$= 1.7\times10^5\ \text{Pa}$$

b. على عمق 4.0 m من سطح الماء.

$$P = \rho hg$$
$$= (1.00\times10^3\ \text{kg/m}^3)(4.0\ \text{m})(9.80\ \text{m/s}^2)$$
$$= 3.9\times10^4\ \text{Pa}$$

81. يستقر أنبوب اختبار رأسيًّا على حامل أنابيب اختبار، ويحتوي على زيت ارتفاعه 2.5 cm وكثافته $0.81\ \text{g/cm}^3$، وماء ارتفاعه 6.5 cm. ما مقدار الضغط المؤثر للسائلين عند قاع أنبوب الاختبار؟

$$P = P_{\text{الزيت}} + P_{\text{الماء}}$$
$$= \rho_{\text{الزيت}} h_{\text{الزيت}} g + \rho_{\text{الماء}} h_{\text{الماء}} g$$
$$= (810\ \text{kg/m}^3)(0.025\ \text{m})(9.80\ \text{m/s}^2) + (1.00\times10^3\ \text{kg/m}^3)(0.065\ \text{m})(9.80\ \text{m/s}^2)$$
$$= 8.4\times10^2\ \text{Pa}$$

82. الأثريات تمثال طائر أثري مصنوع من معدن أصفر مُعلق بميزان نابضي، تشير قراءة الميزان النابضي إلى 11.81 N عندما يُعلق التمثال في الهواء، وتشير إلى 11.19 N عندما يُغمر التمثال كليًّا في الماء.

a. أوجد حجم التمثال.

$$F_{\text{الطفو}} = \rho_{\text{الماء}} Vg = F_g - F_{\text{الظاهري}}$$

لذا فإن

$$V = \frac{F_g - F_{\text{الظاهري}}}{\rho_{\text{الماء}} g}$$
$$= \frac{11.81\ \text{N} - 11.19\ \text{N}}{(1.00\times10^3\ \text{kg/m}^3)(9.80\ \text{m/s}^2)}$$
$$= 6.33\times10^{-5}\ \text{m}^3$$

b. هل تمثال الطائر مصنوع من الذهب ($\rho = 19.3\times10^3\ kg/m^3$) أم مصنوع من الألومنيوم المطلي بالذهب ($\rho = 2.7\times10^3\ kg/m^3$)؟

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$= \frac{F_g}{Vg}$$

$$= \frac{11.81\ N}{(6.33\times10^{-5}\ m^3)(9.80\ m/s^2)}$$

$$= 19.0\times10^3\ kg/m^3$$

تمثال الطائر مصنوع من الذهب

83. خلال تجربة في علم البيئة وضع حوض لتربية الأسماك مملوء حتى منتصفه بالماء على ميزان، فكانت قراءة الميزان 195 N.

a. أُضيف حجر وزنه 8 N إلى الحوض، فإذا غطس الحجر إلى قاع الحوض، فما قراءة الميزان؟

$$F_g = 195\ N + 8\ N$$

$$= 203\ N$$

b. أُزيل الحجر من الحوض، وعدّلت كمية الماء حتى عادت قراءة الميزان ثانية 195 N، فإذا أضيفت سمكة تزن 2 N إلى الحوض، فما قراءة الميزان في حالة وجود السمكة في الحوض؟

$$F_g = 195\ N + 2\ N$$

$$= 197\ N$$

قوة الطفو، في كلتا الحالتين، تساوي وزن الماء المزاح.

84. ما مقدار قوة الطفو المؤثرة في كرة وزنها 26.0 N إذا كانت تطفو على سطح ماء عذب؟

إذا كانت الكرة طافية

$$F_{\text{الطفو}} = F_g = 26.0\ N$$

85. ما مقدار أقصى وزن يستطيع أن يرفعه في الهواء بالون مملوء بحجم $1.00\ m^3$ من غاز الهيليوم؟ افترض أن كثافة الهواء $1.20\ kg/m^3$ وكثافة غاز الهيليوم $0.177\ kg/m^3$، وأهمل كتلة البالون.

$$F_{\text{الظاهري}} = F_g - F_{\text{الطفو}}$$

$$= \rho_{\text{الهيليوم}} Vg - \rho_{\text{الهواء}} Vg$$

$$= (\rho_{\text{الهيليوم}} - \rho_{\text{الهواء}}) Vg$$

$$= (0.177\ kg/m^3 - 1.20\ kg/m^3)(1.00\ m^3)(9.80\ m/s^2)$$

$$= -10.0\ N$$

أقصى وزن يستطيع أن يرفع البالون في الهواء يساوي 10.0 N.

86. تزن صخرة N 54 في الهواء، وعندما غمرت في سائل كثافته ضعف كثافة الماء أصبح وزنها الظاهري N 46، ما وزنها الظاهري عندما تُغمر في الماء؟

$$F_{\text{الظاهري، الماء}} = F_g - \rho_{\text{الماء}} Vg$$

و

$$F_{\text{الظاهري، السائل}} = F_g - 2\rho_{\text{الماء}} V\text{g}$$

أو

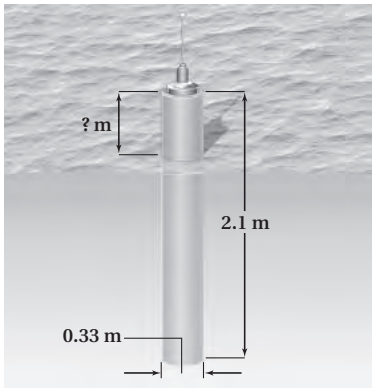
$$V = \frac{F_{\text{g}} - F_{\text{الظاهري، السائل}}}{2\rho_{\text{الماء}}\, g}$$

عوض مقدار V من المعادلة السابقة في المعادلة الأولى

$$\begin{aligned} F_{\text{الظاهري، الماء}} &= F_{\text{g}} - \rho_{\text{الماء}}\text{g}\left(\frac{F_g - F_{\text{الظاهري، السائل}}}{2\rho_{\text{الماء}}\,\text{g}}\right) \\ &= F_{\text{g}} - \left(\frac{1}{2}\right)(F_{\text{g}} - F_{\text{الظاهري، السائل}}) \\ &= \left(\frac{1}{2}\right)(F_{\text{g}} - F_{\text{الظاهري، السائل}}) \\ &= \left(\frac{1}{2}\right)(54\text{ N} + 46\text{ N}) \\ &= 5.0\times10^{1}\text{ N} \end{aligned}$$

87. جغرافية المحيطات انظر إلى **الشكل 29–6**، تستخدم عوّامة كبيرة لحمل جهاز يستخدم في دراسة جغرافية المحيطات، وكانت العوّامة مصنوعة من خزان أسطواني مجوف. فإذا كان ارتفاع الخزان 2.1 m، ونصف قطره 0.33 m، والكتلة الكلية للعوّامة وجهاز البحث 120 kg تقريبًا. ويجب على العوّامة أن تطفو بحيث يكون أحد طرفيها فوق سطح الماء؛ وذلك لحمل جهاز بث راديوي. افترض أن العوّامة تحوي الجهاز، وأن كتلتها موزعة بانتظام، فكم يكون ارتفاع العوّامه فوق سطح الماء عندما تطفو؟

ارتفاع العوّامة فوق سطح الماء يساوي



■ **الشكل 29–6**

$$\begin{aligned} L_{\text{فوق سطح الماء}} &= \left(1 - \frac{V_{\text{الماء}}}{V_{\text{العوّامة}}}\right) L_{\text{الكلي}} \\ &= \left(1 - \frac{\left(\frac{m}{\rho_{\text{الماء}}}\right)}{\pi r^2 h}\right) L_{\text{الكلي}} \\ &= \left(1 - \frac{m}{\pi r^2 h\,\rho_{\text{الماء}}}\right) \text{L}_{\text{الكلي}} \\ &= \left(1 - \frac{120\text{ kg}}{\pi\left(\left(\frac{1}{2}\right)(0.33\text{ m})\right)^2 (2.1\text{ m})(1.00\times10^3\text{ kg/m}^3)}\right)(2.1\text{ m}) \\ &= 0.70\text{ m} \end{aligned}$$

تابع الفصل 6

6–4 المواد الصلبة

صفحة 213–215

88. إذا كان طول قضيب مصنوع من معدن مجهول 0.975 m عند 45°C، وتناقص طوله ليصبح 0.972 m عند 23°C، فما معامل تمدده الطولي؟

$$\alpha = \frac{L_2 - L_1}{L_1(T_2 - T_1)}$$

$$= \frac{0.972\ \text{m} - 0.975\ \text{m}}{(0.975\ \text{m})(23°\text{C} - 45°\text{C})}$$

$$= 1.4\times10^{-4}\ °\text{C}^{-1}$$

89. صمّم مخترع مقياس حرارة من قضيب ألومنيوم طوله 0.500 m عند درجة حرارة 273 K. واعتمد المخترع قياس طول قضيب الألومنيوم لتحديد درجة الحرارة. فإذا أراد المخترع أن يقيس تغيرًا في درجة الحرارة مقداره 1.0 K، فكم يجب أن تكون دقة قياس طول القضيب؟

$$\Delta T = 1.0\ \text{K} = 1.0°\text{C}$$

$$\Delta L = \alpha L_1 \Delta T$$

$$= (25\times10^{-6}\ °\text{C}^{-1})(0.500\ \text{m})(1.0°\text{C})$$

$$= 1.3\times10^{-5}\ \text{m}$$

90. الجسور جسر أسمنتي طوله 300 m في شهر أغسطس عندما كانت درجة الحرارة 50 °C، فكم يكون مقدار الفرق في الطول في إحدى ليالي شهر يناير إذا كانت درجة الحرارة 10 °C؟

$$\Delta L = \alpha\, L_1\, \Delta T$$

$$= \alpha L_1 (T_2 - T_1)$$

$$= (12\times10^{-6}\ °\text{C}^{-1})(300\ \text{m})(50°\text{C} - 10°\text{C})$$

$$= 0.1\ \text{m}$$

91. أنبوب من النحاس طوله 2.00 m عند 23 °C. ما مقدار التغير في طوله إذا ارتفعت درجة حرارته إلى 978 °C؟

$$\Delta L = \alpha L_1\, \Delta T$$

$$= \alpha L_1\, (T_2 - T_1)$$

$$= (16\times10^{-6}\ °\text{C}^{-1})(2.00\ \text{m})(978°\text{C} - 23°\text{C})$$

$$= 3.1\times10^{-2}\ \text{m}$$

92. ما التغير في حجم قالب من الأسمنت حجمه 1.0 m^3 إذا ارتفعت درجة حرارته بمقدار 45 °C؟

$$\Delta V = \beta V_1 \Delta T$$

$$= (36\times10^{-6}\ °\text{C}^{-1})(1.0\ \text{m}^3)(45°\text{C})$$

$$= 1.6\times10^{-3}\ \text{m}^3$$

93. الجسور يستخدم عمال بناء الجسور عادة مسامير فولاذية بحيث تكون أكبر من ثقب المسمار؛ وذلك لجعل الوصلة مشدودة أكثر. ويُبرّد المسمار قبل وضعه في الثقب. افترض أن العامل حفر ثقبًا نصف قطره 1.2230 cm لمسمار نصف قطره 1.2250 cm، فلأي درجة حرارة يجب أن يُبرّد المسمار ليدخل في الثقب بشكل محكم إذا كانت درجة حرارته الابتدائية 20.0 °C؟

$$L_2 = L_1 + \alpha L_1 (T_2 - T_1)$$

$$T_2 = T_1 + \frac{(L_2 - L_1)}{\alpha L_1}$$

$$= 20.0°\text{C} + \frac{1.2230\ \text{cm} - 1.2250\ \text{cm}}{(12\times10^{-6}\ °\text{C}^{-1})(1.2250\ \text{cm})}$$

$$= -1.2\times10^{2}\ °\text{C}$$

94. خزان مصنوع من الفولاذ نصف قطره 2.000 m وارتفاعه 5.000 m مُلئ بالميثانول عند درجة حرارة 10 °C. فإذا ارتفعت درجة الحرارة حتى 40.0 °C، فما مقدار الميثانول الذي سيتدفق خارج الخزان إذا تمدّد كل من الخزان والميثانول؟

$$\Delta V = \beta V_1 \Delta T$$

$$= (\beta_{\text{الميثانول}} - \beta_{\text{الفولاذ}})(\pi r^2 h)(T_2 - T_1)$$

$$= (1200\times10^{-6}\ °\text{C}^{-1} - 35\times10^{-6}\ °\text{C}^{-1})(\pi)(2.000\ \text{m})^2\ (5.000\ \text{m})(40.0°\text{C} - 10.0°\text{C})$$

$$= 2.3\ \text{m}^3$$

95. سُخّنت كرة من الألومنيوم حتى أصبحت درجة حرارتها 580 °C، فإذا كان حجم الكرة $1.78\ \text{cm}^3$ عند درجة حرارة 11 °C، فما مقدار الزيادة في حجم الكرة عند 580 °C؟

$$\Delta V = \beta V_1 \Delta T$$

$$= (75\times10^{-6}\ °\text{C}^{-1})(1.78\ \text{cm}^3)(580°\text{C} - 11°\text{C})$$

$$= 7.6\times10^{-2}\ \text{cm}^3$$

96. إذا أصبح حجم كرة من النحاس $2.56\ \text{cm}^3$ بعد تسخينها من 12 °C إلى 984 °C، فما حجم الكرة عند 12 °C؟

$$V_2 = V_1 + V_1\beta\Delta T = V_1(1 + \beta\Delta T)$$

$$V_1 = \frac{V_2}{1 + \beta\Delta T}$$

$$= \frac{2.56\ \text{cm}^3}{(1 + (48\times10^{-6}\ °\text{C}^{-1})(984°\text{C} - 12°\text{C}))}$$

$$= 2.4\ \text{cm}^3$$

97. صفيحة من الفولاذ مربعة الشكل طول ضلعها 0.330 m، سُخّنت من 0 °C حتى أصبحت درجة حرارتها 95 °C.

a. ما مقدار تغير طول جوانب المربع؟

$$\Delta L = \alpha L_1 \Delta T = \alpha L_1 (T_2 - T_1)$$

$$= (12\times10^{-6}\ °\text{C}^{-1})(0.330\ \text{m})(95°\text{C} - 0°\text{C})$$

$$= 3.8\times10^{-4}\ \text{m}$$

b. ما نسبة التغير في مساحة المربع؟

$$\text{نسبة التغير} = \frac{\Delta A}{A_1}$$

$$= \frac{A_2 - A_1}{A_1}$$

$$= \frac{L_2^{\,2} - L_1^{\,2}}{L_1^{\,2}}$$

$$= \frac{(L_1 + \Delta L)^2 - L_1^{\,2}}{L_1^{\,2}}$$

$$= \frac{(0.330\ \text{m} + 3.8\times10^{-4}\ \text{m})^2 - (0.330\ \text{m})^2}{(0.330\ \text{m})^2}$$

$$= 2.3\times10^{-3}$$

98. مكعب من الألومنيوم حجمه $0.350\ \text{cm}^3$ عند درجة حرارة 350.0 K، فإذا بُرّد إلى 270.0 K فما مقدار:

a. حجمه عند درجة 270.0 K؟

$$V_2 = V_1 + V_1\beta\Delta T$$

$$= V_1\,(1 + \beta\Delta T)$$

$$= V_1(1 + \beta(T_2 - T_1))$$

$$= (0.350\ \text{m}^3)(1 + (75\times10^{-6}\ ^\circ\text{C}^{-1})(270.0\ \text{K} - 350.0\ \text{K}))$$

$$= 0.348\ \text{m}^3$$

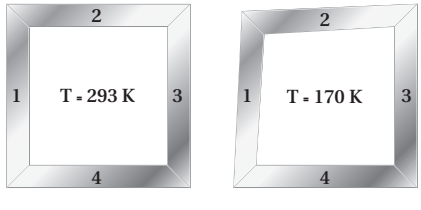
b. طول ضلع المكعب عند درجة 270.0 K؟

$$L = (V_2)^{\frac{1}{3}}$$

$$= (0.348\ \text{m}^3)^{\frac{1}{3}}$$

$$= 0.703\ \text{m}$$

99. الصناعة صمّم مهندس قطعة ميكانيكية مربعة الشكل لنظام تبريد خاص. تتألف القطعة الميكانيكية من قطعتين مستطيلتين من الألومنيوم، وقطعتين مستطيلتين من الفولاذ، وكانت القطعة المصممة مربعة تمامًا عند درجة 293 K، ولكن عند درجة 170 K أصبحت القطعة مفتولة كما في **الشكل 30–6**. حدد أي القطع المبينة في الشكل مصنوعة من الفولاذ، وأيها مصنوعة من الألومنيوم؟



■ الشكل 30–6

يعاني الجزءان 1 و 2 انكماشًا أكبر في الطول من الجزأين 3 و 4 ؛ لذا فإن الجزأين 1 و 2 يجب أن يكونا مصنوعين من الألومنيوم الذي معامل تمدده أكبر من معامل تمدد الفولاذ.

تابع الفصل 6

مراجعة عامة

100. ما مقدار الضغط المؤثر في جسم الغواصة عند عمق 65 m؟

$$P = P_{\text{الجوي}} + \rho_{\text{ماء}}\, gh$$
$$= (1.01\times10^{5}\ \text{Pa}) + (1.00\times10^{-3}\ \text{kg/m}^3)(9.80\ \text{m/s}^2)(65\ \text{m})$$
$$= 7.4\times10^{5}\ \text{Pa}$$

101. جهاز الغطس يسبح غطّاس مستخدمًا جهاز الغطس على عمق 5.0 m تحت الماء مطلقًا $4.2\times10^{-6}\ \text{m}^3$ من فقاقيع الهواء. ما حجم تلك الفقاقيع قبل وصولها إلى سطح الماء تمامًا؟

$$P_1V_1 = P_2\,V_2$$

$$V_2 = \frac{P_1V_1}{P_2}$$
$$= \frac{(P_{\text{الجوي}} + \rho_{\text{ماء}}\, gh)V_1}{P_{\text{الجوي}}}$$
$$= \frac{(1.01\times10^{5}\ \text{Pa} + (1.00\times10^{3}\ \text{kg/m}^3)(9.80\ \text{m/s}^2)(5.0\ \text{m}))(4.2\times10^{-6}\ \text{m}^3)}{1.01\times10^{5}\ \text{Pa}}$$
$$= 6.2\times10^{-6}\ \text{m}^3$$

102. تطفو كرة بولنج وزنها 18 N بحيث ينغمر نصفها فقط في الماء.

a. ما مقدار قطر كرة البولنج؟

$$F_g = \rho V_{\text{ماء}}\, g = \rho\left(\frac{V_{\text{الكرة}}}{2}\right) g$$

حيث إن

$$V_{\text{الكرة}} = \frac{4}{3}\pi r^3 = \frac{4}{3}\pi\left(\frac{d}{2}\right)^3 = \frac{\pi d^3}{6}$$

ومن ثم فإن

$$F_g = \frac{1}{2}\rho\left(\frac{\pi d^3}{6}\right) g$$

لذا فإن

$$d = \sqrt[3]{\frac{12F_g}{\pi\rho g}}$$
$$= \sqrt[3]{\frac{(12)(18\ \text{N})}{\pi(1.00\times10^{3}\ \text{kg/m}^3)(9.80\ \text{m/s}^2)}}$$
$$= 0.19\ \text{m}$$

b. ما الوزن الظاهري تقريبًا لكرة بولنج تزن 36 N؟

غَطَس نصف كرة البولنج عندما كان وزنها 18 N؛ لذا يجب أن يكون الوزن الظاهري لكرة وزنها 36 N قريبًا من الصفر.

103. يطفو قضيب من الألومنيوم في حوض زئبق. فهل يطفو القضيب إلى أعلى أكثر أم أن جزءًا أكبر منه سينغمر عند تسخين الزئبق والألومنيوم معًا؟

لما كان معامل التمدد الحجمي للزئبق أكبر من معامل التمدد الحجمي للألومنيوم. فإن الألومنيوم يصبح أكثر كثافة من الزئبق عند تسخينهما، وسوف يغطس إلى عمق أكبر في الزئبق.

104. وضع 100.0 ml من الماء في وعاء من الزجاج العادي سعته 800.0 ml عند 15.0 °C. كم سيرتفع مستوى الماء أو ينخفض عندما يُسخن كل من الإناء والماء إلى 50.0 °C؟

يتمدد الماء:

$$\Delta V = \beta V \Delta T$$
$$= (210\times10^{-6}\ °C^{-1})(100.0\ ml)(35.0°C)$$
$$= 0.735\ ml$$

يتمدد الوعاء:

$$\Delta V = \beta V \Delta T$$
$$= (27\times10^{-6}\ °C^{-1})(800.0\ ml)(35.0°C)$$
$$= 0.756\ ml$$

سوف ينخفض مستوى الماء قليلًا، ولكن ليس إلى المستوى الذي يمكن ملاحظته.

105. صيانة السيارات تُستخدم رافعة هيدروليكية لرفع السيارات لصيانتها، وتسمى رافعة الأطنان الثلاثة. فإذا كان قطر المكبس الكبير 22 mm، وقطر المكبس الصغير 6.3 mm. افترض أن قوة ثلاثة أطنان تعادل 3.0×10^4 N.

a. فما مقدار القوة التي يجب أن تؤثر في المكبس الصغير لرفع وزن مقداره ثلاثة أطنان؟

$$F_2 = \frac{F_1 A_2}{A_1}$$
$$= \frac{F_1 \pi {r_2}^2}{\pi {r_1}^2}$$
$$= F_1\left(\frac{{d_2}^2}{{d_1}^2}\right)$$
$$= (3.0\times10^4\ N)\left(\frac{6.3\ mm}{22\ mm}\right)^2$$
$$= 2.5\times10^3\ N$$

b. تستخدم معظم رافعات السيارات رافعة لتقليل القوة اللازمة للتأثير فيها في المكبس الصغير. فإذا كان طول ذراع المقاومة 3.0 cm، فكم يجب أن يكون طول ذراع القوة لرافعة مثالية لتقليل القوة إلى 100.0 N؟

$$F_r L_r = F_e L_e$$
$$L_e = \frac{F_r L_r}{F_e}$$
$$= \frac{(2.5\times10^3\ N)(3.0\ cm)}{100.0\ N}$$
$$= 75\ cm$$

106. المناطد يحتوي منطاد الهواء الساخن على حجم ثابت من الغاز. وعندما يُسخَّن الغاز يتمدد ويطرد بعض الغاز خارجًا من النهاية السفلى المفتوحة، لذلك تنخفض كتلة الغاز في المنطاد. فلماذا ينبغي أن يكون الغاز في المنطاد أكثر سخونة لرفع حمولة من الأشخاص إلى قمة ارتفاعها 2400 m عن سطح البحر، مقارنة بمنطاد مهمته رفع الحمولة ذاتها من الأشخاص إلى ارتفاع 6 m عن مستوى سطح البحر؟

يكون الضغط الجوي منخفضًا عند الارتفاعات العالية؛ لذا فإن كتلة حجم المائع المزاح بمنطاد له الحجم نفسه تكون أقل عند الارتفاعات الكبيرة. وللحصول على قوة الطفو نفسها عند الارتفاعات الكبيرة ينبغي للمنطاد أن ينفث غازًا أكثر، وهذا يتطلب درجة حرارة أكبر.

107. عالم الأحياء تستطيع بعض النباتات والحيوانات العيش تحت ضغط مرتفع جدًّا.

a. ما مقدار الضغط المؤثر بوساطة الماء في جسم سمكة أو دودة تعيش بالقرب من قاع أخدود مائي في منطقة بورتوريكو الذي يبلغ عمقه 8600 m تحت سطح المحيط الأطلنطي؟ افترض أن كثافة مياه البحر $1030\ kg/m^3$.

الضغط يساوي

$$P = \rho g h$$
$$= (1030\ kg/m^3)(9.80\ m/s^2)(8600\ m)$$
$$= 8.7\times10^7\ Pa$$

b. ما كثافة الهواء عند ذلك الضغط بالنسبة لكثافته فوق سطح المحيط؟

$$(8.7\times10^{7}\ \text{Pa})/(1.01\times10^{5}\ \text{Pa}) = 860$$

الضغط داخل الماء أكبر 860 مرة من الضغط الجوي المعياري؛ لذا سوف تكون كثافة الهواء أكبر 860 مرة من كثافة الهواء عند سطح المحيط.

التفكير الناقد

صفحة 216–215

108. تطبيق المفاهيم إن إذا كنت تغسل الأواني في حوض، فطفا أحد الأواني في الحوض، فقمت بملئه بماء الحوض فغطس إلى القاع، فهل ارتفع مستوى الماء في الحوض أم انخفض عندما انغمر الإناء؟

عندما يكون الإناء طافيًا، يكون قد أزاح كمية من الماء؛ ووزن هذه الكمية المزاحة يساوي وزن الإناء. أما عندما يغطس الإناء فيكون قد أزاح كمية من الماء، ووزن هذه الكمية المزاحة أقل من وزن الإناء، وذلك لأن قوة الطفو تساوي وزن الماء المزاح. وفي الحالة الثانية أزاح الإناء كمية أقل من الماء وسينخفض مستوى الماء في الحوض.

109. تطبيق المفاهيم إن الأشخاص الملازمين للسرير أقل احتمالا للإصابة بمرض تَقَرُّح الفراش إذا استخدموا فرشة الماء بدلاً من الفرشات العادية. فسّر ذلك.

يتوافق سطح فرشة الماء ويتكيف مع تضاريس الجسم أكثر من الفرشة العادية. كما يهبط الجسم في فرشة الماء بسهولة أكبر. ولأن $\rho_{\text{الفرشة}} < \rho_{H_2O}$ فإن قوة الطفو من فرشة الماء تكون أقل.

110. حلّل تعتمد إحدى طرائق قياس النسبة المئوية لمحتوى الدهون في الجسم على حقيقة أن الأنسجة الدهنية أقل كثافة من الأنسجة العضلية. كيف يمكن تقدير معدل كثافة شخص باستخدام ميزان وبركة سباحة؟ وما القياسات التي يحتاج الطبيب إلى تدوينها لإيجاد معدل النسبة المئوية للدهون في جسم شخص ما؟

يزن الطبيب الشخص بشكل طبيعي، ثم يزنه وهو مغمور تمامًا في الماء. وللتأكد من الانغمار التام لا بد من إضافة أثقال إلى الشخص؛ لأن كثافة الإنسان عادة أقل من كثافة الماء. كما يجب أن يقاس حجم الماء الذي يزيحه الشخص. أما متوسط كثافة الشخص فيمكن حسابه من توازن القوى التي تبقي الشخص في حالة اتزان تحت الماء.

111. حلّل واستنتج يلزم قوة رأسية إلى أسفل مقدارها 700 N لغمر كرة من البلاستيك كليًّا كما في **الشكل 31–6**. إذا علمت أن كثافة البلاستيك $95\ \text{kg/m}^3$، فما مقدار:

■ الشكل 31–6

a. النسبة المئوية للجزء المغمور من الكرة إذا تُركت تطفو بحرية؟

كثافة الكرة البلاستيكية بالنسبة إلى كثافة الماء تساوي

$$\frac{95\ \text{kg/m}^3}{1.00\times10^{3}\ \text{kg/m}^3} = 0.095$$

لذا ينغمر 9.5% من الكرة الطافية.

b. وزن الكرة في الهواء؟

وزن الماء المزاح بـ 9.5% من الكرة الطافية يساوي وزن الكرة كاملة وهي في الهواء، F_g. وتلزم قوة رأسية إضافية مقدارها 700 N لغمر النسبة المتبقية من حجم الكرة؛ 90.5%، لذا فإن

$$\frac{F_g}{0.095} = \frac{700\ \text{N}}{0.905}$$

$$F_g = 7\times10^{1}\ \text{N}$$

c. حجم الكرة؟

$$F_{\text{الطفو}} = F_g + F_{\text{رأسية إلى أسفل}}$$

$$\rho_{\text{الماء}}\, Vg = \rho_{\text{الكرة}}\, Vg + F_{\text{رأسية إلى أسفل}}$$

$$V = \frac{F_{\text{رأسية إلى أسفل}}}{(\rho_{\text{الماء}} - \rho_{\text{الكرة}})g}$$

$$= \frac{700\ \text{N}}{(1.00\times10^{3}\ \text{kg/m}^3 - 95\ \text{kg/m}^3)(9.80\ \text{m/s}^2)}$$

$$= 8\times10^{-2}\ \text{m}^3$$

112. تطبيق المفاهيم تُوضع الأسماك الاستوائية التي تُربى في أحواض السمك المنزلية عند شرائها في أكياس بلاستيكية شفافة مملوءة جزئيًّا بالماء. إذا وضعت سمكة في كيس مغلق داخل الحوض، فأي الحالات المبينة في **الشكل 32–6** تمثل أفضل ما يمكن أن يحدث؟ فسر استدلالك.

■ **الشكل 32–6**

إن كثافة الماء في الكيس بالإضافة إلى كثافة السمك والبلاستيك مجتمعةً قريبةٌ من كثافة الماء في حوض الماء. لذا يجب أن يطفو الكيس على مستوى الماء في الكيس وعلى ارتفاع مستوى الماء نفسه في حوض الماء.

الكتابة في الفيزياء

صفحة 216

113. تتمدد بعض المواد الصلبة عندما تبرد، ومن أكثر الأمثلة شيوعًا تمدد الماء عند انخفاض درجة حرارته بين 4 °C و 0 °C، ولكن تتمدد الأربطة المطاطية أيضًا عند تبريدها، ابحث عن سبب هذا التمدد.

تُصنع الأربطة المطاطية من جزيئات المطاط الطويلة التي تسمى البوليمرات، والتي تتخذ هيئة سلاسل مزوّدة ببعض الوصلات الطويلة. وتنشأ خصائص المطاط من قدرة هذه الوصلات على الالتواء والدوران. وعندما يُبرّد المطاط تستطيل هذه الوصلات بخط مستقيم تمامًا كوصلات سلسلة الحديد التي تمسكها بأحد طرفيها وتسمح لها بأن تتدلى بحرية. ولما كانت الوصلات مرتبة بتلك الطريقة فإن للبوليمرات فوضى (إنتروبي) صغيرة نسبيًّا. إن إضافة الحرارة إلى هذه البوليمرات تزيد من حركتها الحرارية، وتبدأ عندها الوصلات في الاهتزاز ويتزايد عدم ترتيبها. وإذا جُعلت هذه الوصلات تهتز بهذه الطريقة فإنك سترى أن متوسط طولها يصبح أقل مقارنة بحالة بقاء السلسلة معلقة دون حركة.

114. بحث العالم جاي – لوساك في قوانين الغاز، فكيف أسهم إنجاز جاي – لوساك في اكتشاف صيغة الماء؟

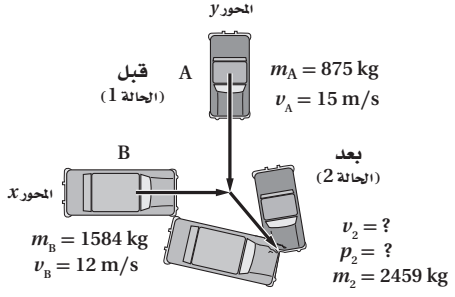
كان العالم الفرنسي جاي – لوساك مهتمًا أيضًا بصعود المنطاد إلى ارتفاعات عالية. وقد اكتشف أنه عندما يكون للغازات درجة الحرارة نفسها والضغط نفسه فإن أحجامها تتفاعل بنسب ذات أعداد صغيرة وصحيحة. وقد أسهم إنجاز جاي – لوساك في اكتشاف صيغة الماء، وذلك بإثباته أن حجمين من غاز الهيدروجين يتفاعلان مع حجم واحد من غاز الأكسجين. وبنى أفوجادرو نتائجه على ما توصل إليه جاي – لوساك، وذلك عند صياغة العلاقة بين مولات الغاز والحجم.

مراجعة تراكمية

صفحة 216

115. تتحرك سيارة كتلتها 875 kg في اتجاه الجنوب بسرعة 15 m/s فتصطدم بسيارة أخرى كبيرة كتلتها 1584 kg وتتحرك في اتجاه الشرق بسرعة 12 m/s، فتلتصقان معًا بعد التصادم، بحيث يكون الزخم الخطي محفوظًا. (الفصل 2)

a. مثّل الحالة بالرسم، معينًا محاور الإحداثيات ومحددًا الحالة قبل التصادم وبعده.



b. أوجد سرعة حطام السيارتين مقدارًا واتجاهًا بعد التصادم مباشرة، وتذكّر أن الزخم كمية متجهة.

$$p_{A1} = m_A v_A = (875\ \text{kg})(15\ \text{m/s})$$

$$= 1.31\times10^4\ \text{kg. m/s}\ \text{جنوبًا}$$

$$p_{B1} = m_B v_B = (1584\ \text{kg})(12\ \text{m/s})$$

$$= 1.90\times10^4\ \text{kg. m/s}\ \text{شرقًا}$$

$$p_2 = \sqrt{{p_{A1}}^2 + {p_{B1}}^2}$$

$$= \sqrt{(1.31\times10^4\ \text{kg.m/s})^2 + (1.90\times10^4\ \text{kg. m/s})^2}$$

$$= 2.3\times10^4\ \text{kg.m/s}$$

$$\tan\theta = \frac{p_{B1}}{p_{A1}}$$

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{p_{B1}}{p_{A1}}\right)$$

$$= \tan^{-1}\left(\frac{1.90\times10^4\ \text{kg.m/s}}{1.31\times10^4\ \text{kg.m/s}}\right)$$

$$= 55^\circ\ \text{شرق الجنوب}$$

$$v_2 = \frac{p_2}{m_2} = \frac{2.3\times10^4\ \text{kg.m/s}}{2459\ \text{kg}}$$

$$= 9.4\ \text{m/s}$$

c. ينزلق الحطام على سطح الأرض ثم يتوقف، فإذا كان معامل الاحتكاك الحركي عندما كان الحطام ينزلق 0.55. ومع افتراض أن التسارع ثابت، فما مقدار مسافة الانزلاق بعد التصادم؟

لحساب المسافة، استخدم معادلة الحركة:

$$v^2 = v_i^2 + 2a(d - d_i)$$

ولما كانت السرعة المتجهة النهائية تساوي صفرًا، و أن $d_i = 0$، فحل المعادلة بالنسبة إلى d

$$d = \frac{-v_i^2}{2a}$$

لحساب التسارع، لاحظ أن القوة التي تقلّل من سرعة السيارات تساوي قوة الاحتكاك

$$(m_A + m_B)a = -\mu_k(m_A + m_B)g$$

$$a = -\mu_k g$$

لذا فإن المسافة تساوي

$$d = \frac{{v_0}^2}{2\mu_k g}$$

$$= \frac{(9.4\ \text{m/s})^2}{(2)(0.55)(9.80\ \text{m/s}^2)}$$

$$= 8.2\ \text{m}$$

تابع الفصل 6

116. يرفع محرك قدرته 188 W حملاً بمعدل (سرعة)6.50 cm/s. ما مقدار أكبر حمل يمكن للمحرك أن يرفعه عند هذا المعدل؟ (الفصل 3)

$$v = 6.50\ \text{cm/s} = 0.0650\ \text{m/s}$$

$$P = \frac{W}{t} = \frac{Fd}{t} = F\left(\frac{d}{t}\right) = Fv$$

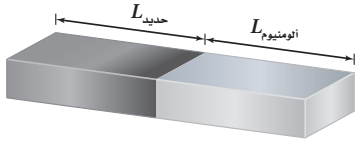
$$P = F_g v$$

$$F_g = \frac{P}{v} = \frac{188\ \text{W}}{0.0650\ \text{m/s}} = 2.89 \times 10^3\ \text{N}$$

مسألة تحفيز

صفحة 203

تحتاج إلى صنع قضيب طوله 1.00 m يتمدّد بازدياد الحرارة بالطريقة نفسها التي يتمدد بها قضيب من النحاس طوله 1.00 m. ويشترط في القضيب المطلوب أن يكون مصنوعًا من جزأين، أحدهما من الفولاذ والآخر من الألومنيوم موصولين معًا، كما يبين الشكل. فكم يجب أن يكون طول كل منهما؟



$$L_{\text{نحاس}} = L_{\text{ألومنيوم}} + L_{\text{فولاذ}}$$

$$\alpha_{\text{نحاس}} L_{\text{نحاس}} \Delta T = (\alpha_{\text{ألومنيوم}} L_{\text{ألومنيوم}} + \alpha_{\text{فولاذ}} L_{\text{فولاذ}})\, \Delta T$$

عوض مستخدمًا

$$L_{\text{ألومنيوم}} = L_{\text{نحاس}} - L_{\text{فولاذ}}$$

فينتج

$$L_{\text{فولاذ}} = \frac{(\alpha_{\text{نحاس}} - \alpha_{\text{ألومنيوم}})L_{\text{نحاس}}}{\alpha_{\text{فولاذ}} - \alpha_{\text{ألومنيوم}}}$$

$$= \frac{(16 \times 10^{-6}\ ^\circ\text{C}^{-1} - 25 \times 10^{-6}\ ^\circ\text{C}^{-1})(1.00\ \text{m})}{12 \times 10^{-6}\ ^\circ\text{C}^{-1} - 25 \times 10^{-6}\ ^\circ\text{C}^{-1}}$$

$$= 0.69\ \text{m}$$

$$L_{\text{ألومنيوم}} = L_{\text{نحاس}} - L_{\text{فولاذ}}$$

$$= 1.00\ \text{m} - 0.69\ \text{m} = 0.31\ \text{m}$$