وزارة التربية والتعليم
Ministry of Education
المملكة العربية السعودية

دليل حلول المسائل

الصف الثاني الثانوي

قسم العلوم الطبيعية

العبيكان Obeikan

١٤٣٤ هـ - ٢٠١٣ م

Mc Graw Hill Education

الفيزياء ـ الصف الثاني الثانوي

Glencoe Sience

دليل حلول المسائل

SOLUTIONS MANUAL

Physics

أعدَّ النسخة العربية: شركة العبيكان للتعليم

www.obeikaneducation.com

حقوق الطبعة الإنجليزية محفوظة لشركة ماجروهل©.

الطبعة العربية: مجموعة العبيكان للاستثمار
وفقًا لاتفاقيتها مع شركة ماجروهل© ٢٠٠٨م/ ١٤٢٩هـ.

لا يسمح بإعادة إصدار هذا الكتاب أو نقله في أي شكل أو واسطة، سواءً أكانت إلكترونية أو ميكانيكية، بما في ذلك التصوير بالنسخ «فوتوكوبي»، أو التسجيل، أو التخزين و الاسترجاع، دون إذن خطي من الناشر.

English Edition Copyright © the McGraw-Hill Companies, Inc. All rights reserved.

Arabic Edition is published by Obeikan under agreement with The McGraw-Hill Companies, Inc. © 2008.

المحتويات

مقدمة للمعلم

الفصل 1: الحركة الدورانية 5

الفصل 2: الزخم وحفظه 26

الفصل 3: الشغل والطاقة والآلات البسيطة 61

الفصل 4: الطاقة وحفظها 88

الفصل 5: الطاقة الحرارية 116

الفصل 6: حالات المادة 137

الفصل 7: الاهتزازات والموجات 166

الفصل 8: الصوت 177

الفصل 9: أساسيات الضوء 190

الفصل 10: الانعكاس والمرايا 204

الفصل 11: الانكسار والعدسات 221

الفصل 12: التداخل والحيود 239

مسائل إضافية 251

إلى المعلم

يعدّ دليل **حلول المسائل** دليلاً شاملاً للمسائل الواردة في كتاب الطالب، ويشمل المسائل التدريبية، ومسائل مراجعة الأقسام، ومسائل تقويم الفصل، فضلاً عن مسائل التحفيز الواردة في كل فصل، بالإضافة إلى مسائل إضافية وضعت في نهاية الدليل بوصفها أسئلة إثرائية للفصول. وقد أعيدت كتابة المسائل في هذا الدليل حتى لا يضطر المعلم إلى الرجوع إلى كتاب الطالب أو دليل المعلم عند استعراض المسائل مع الطلاب.

مسائل تدريبية

1–1 وصف الحركة الدورانية (صفحة 13–9)

صفحة 12

1. ما الإزاحة الزاويّة لعقارب ساعة يد خلال 1 h؟ اكتب إجابتك بثلاثة أرقام معنوية، وذلك لـ:

a. عقرب الثواني

$$\Delta\theta = (60)(-2\pi \text{ rad})$$

$$= -120\pi \text{ rad} \text{ أو } -377 \text{ rad}$$

b. عقرب الدقائق

$$\Delta\theta = -2\pi \text{ rad} \text{ أو } -6.28 \text{ rad}$$

c. عقرب الساعات

$$\Delta\theta = \left(\frac{1}{12}\right)(-2\pi \text{ rad})$$

$$= -\frac{\pi}{6}\text{rad} \text{ أو } -0.524 \text{ rad}$$

2. إذا كان التسارع الخطي لعربة نقل $1.85\ \text{m/s}^2$، والتسارع الزاوي لإطاراتها $5.23\ \text{rad/s}^2$ فما قطر الإطار الواحد للعربة؟

$$r = \frac{a}{\alpha}$$

$$= \frac{1.85\ \text{m/s}^2}{5.23\ \text{rad/s}^2}$$

$$= 0.354\ \text{m}$$

لذا، فالقطر يساوي 0.707 m

3. إذا كانت العربة التي في السؤال السابق تسحب قاطرة، قطر كل من إطاراتها 48 cm، فقارن بين:

a. التسارع الخطي للقاطرة والتسارع الخطي للعربة.

التغيرات في السرعة المتجهة هي نفسها، لذا فإن التسارعين الخطيين متساويان.

b. التسارع الزاوي للقاطرة والتسارع الزاوي للعربة.

لما كان نصف قطر الإطار قد نقص من 35.4 cm إلى 24 cm، فإن التسارع الزاوي سيزيد.

$$\alpha_1 = 5.23\ \text{rad/s}^2$$

$$\alpha_2 = \frac{a_2}{r} = \frac{1.85\ \text{m/s}^2}{0.24\ \text{m}}$$

$$= 7.7\ \text{rad/s}^2$$

4. إذا استبدلت بإطارات سيارتك إطارات أخرى قطرها أكبر فكيف تتغير السرعة الزاوية المتجهة وعدد الدورات إذا قمت بالرحلة نفسها، وقطعت المسافة نفسها ملتزمًا بالسرعة الخطية نفسها؟

بما أن $\omega = \frac{v}{r}$، فإنه إذا زادت r، فستقل ω، وسيقل عدد الدورات.

مراجعة القسم

1–1 وصف الحركة الدورانية (صفحة 13–9)

صفحة 13

5. السرعة الزاوية المتجهة يدور القمر حول محوره دورة كاملة خلال 27.3 يومًا، فإذا كان نصف قطر القمر $1.74\times10^6\ \text{m}$، فاحسب:

a. زمن دوران القمر بوحدة الثانية.

زمن الدورة T

$$T = (27.3\ \text{day})(24\ \text{h/day})(3600\ \text{s/h})$$

$$= 2.36\times10^6\ \text{s}$$

b. السرعة الزاوية لدوران القمر بوحدة rad/s.

$$\omega = \frac{1}{T}$$

$$= \frac{1}{2.36\times10^6}\ \text{rev/s}$$

$$= 2.66\times10^{-6}\ \text{rad/s} \quad \text{أو}$$

c. مقدار السرعة الخطية لصخرة على خط الاستواء للقمر (الناتجة فقط عن دوران القمر)؟

$$v = r\omega$$

$$= (1.74\times10^6\ \text{m})(2.66\times10^{-6}\ \text{rad/s})$$

$$= 4.63\ \text{m/s}$$

d. النسبة بين مقدار السرعة في الفرع السابق والسرعة الناتجة عند دوران الأرض لشخص يقف على خط الاستواء. علما بأن سرعة الأرض عند خط الاستواء 464 m/s.

السرعة عند خط الاستواء الأرضي 464 m/s، أو أسرع 100 مرة تقريبًا.

6. الإزاحة الزاوية إذا كان قطر الكرة المستخدمة في فأرة الحاسوب 2.0 cm، وحَرّكت الفأرة 12 cm، فما الإزاحة الزاوية للكرة؟

$$d = r\theta$$

$$\theta = \frac{d}{r} = \frac{12\text{ cm}}{1.0\text{ cm}} = 12\text{ rad}$$

7. الإزاحة الزاوية هل لكل أجزاء عقرب الدقائق الإزاحة الزاوية نفسها؟ وهل لها إزاحة خطية متماثلة؟

الإزاحة الزاوية—نعم، المسافة الخطية—لا؛ لأن المسافة الخطية دالة في نصف القطر.

8. التسارع الزاوي يدور الملف الأسطواني في محرك غسالة الملابس 635 rev/min (أي 635 دورة في الدقيقة)، وعند فتح غطاء الغسالة يتوقف المحرك عن الدوران. فإذا احتاج الملف 8.0 s حتى يتوقف بعد فتح الغطاء فما التسارع الزاوي للملف الأسطواني؟

$$\omega_i = 635\text{ rpm} = 66.53\text{ rad/s}$$

$$\omega_f = 0.0,$$

لذا فإن

$$\Delta\omega = -66.5\text{ rad/s}$$

$$\alpha = \frac{\Delta\omega}{\Delta t} = \frac{-66.5\text{ rad/s}}{8.0\text{ s}} = -8.3\text{ rad/s}^2$$

9. التفكير الناقد يبدأ مسار لولبي على قرص مضغوط CD على بُعد 2.7 cm من المركز، وينتهي على بُعد 5.5 cm. ويدور القرص المضغوط بحيث تتغير السرعة الزاوية كلما ازداد نصف قطر المسار، ويبقى مقدار السرعة الخطية المتجهة للمسار اللولبي ثابتًا ويساوي 1.4 m/s. احسب ما يلي:

المسار اللولبي على قرص (CD)

a. السرعة الزاوية المتجهة للقرص (بوحدة rad/s وrev/min) عند بداية المسار.

$$\omega = \frac{v}{r}$$

$$= \frac{1.4\text{ m/s}}{0.027\text{ m}}$$

$$\omega = 52\text{ rad/s}$$

$$= 5.0\times10^2\text{ rev/min}$$

b. السرعة الزاوية المتجهة للقرص عند نهاية المسار.

$$\omega = \frac{v}{r}$$

$$= \frac{1.4\text{ m/s}}{0.055\text{ m}}$$

$$= 25\text{ rad/s}$$

$$= 2.4\times10^2\text{ rev/min}$$

c. التسارع الزاوي للقرص إذا كان زمن قراءته كاملًا 76 min.

$$\alpha = \frac{\Delta\omega}{\Delta t} = \frac{\omega_f - \omega_i}{\Delta t}$$

$$= \frac{-25\text{ rad/s} - 52\text{ rad/s}}{(76\text{ min})\,(60\text{ s/min})}$$

$$= -5.9\times10^{-3}\text{ rad/s}^2$$

مسائل تدريبية

2–1 ديناميكا الحركة الدورانية (صفحة 18–14)

صفحة 16

10. بالرجوع إلى مفتاح الشد في المثال 1، ما مقدار القوة التي يجب التأثير بها عموديًّا في مفتاح الشد؟

$$\tau = Fr\sin\theta$$

$$F = \frac{\tau}{r\sin\theta}$$

$$= \frac{35\text{ N.m}}{(0.25\text{ m})(\sin 90.0°)}$$

$$= 1.4\times10^2\text{ N}$$

11. إذا تطلب تدوير جسم عزمًا مقداره 55.0 N.m، في حين كانت أكبر قوة يمكن التأثير بها 135 N، فما طول ذراع القوة الذي يجب استخدامه؟

بالنسبة إلى ذراع القوة الأقصر المحتمل، فإن $\theta = 90.0°$.

$$\tau = Fr\sin\theta$$

$$r = \frac{\tau}{F\sin\theta}$$

$$= \frac{55.0\text{ N.m}}{(135\text{ N})(\sin 90.0°)}$$

$$= 0.407\text{ m}$$

12. لديك مفتاح شد طوله 0.234 m، وتريد أن تستخدمه في إنجاز مهمة تتطلب عزمًا مقداره 32.4 N.m، عن طريق التأثير بقوة مقدارها 232 N. ما مقدار أقل زاوية تصنعها القوة المؤثرة بالنسبة إلى الرأسي، وتسمح بتوفير العزم المطلوب؟

$$\tau = Fr\sin\theta$$

$$\theta = \sin^{-1}\left(\frac{\tau}{Fr}\right)$$

$$= \sin^{-1}\left(\frac{32.4\ \text{N.m}}{(232\ \text{N})(0.234\ \text{m})}\right)$$

$$= 36.6°$$

13. إذا كانت كتلتك 65 kg ووقفت على بدّالات دراجة هوائية، بحيث يصنع البدّال زاوية مقدارها 35° على الأفقي، وتبعد مسافة 18 cm عن مركز حلقة السلسلة، فما مقدار العزم الذي تؤثر فيه؟ وما مقدار العزم الذي تؤثر فيه إذا كانت البدّالات رأسيَّة؟

الزاوية بين القوة ونصف القطر تساوي $90° - 35° = 55°$.

$$\tau = Fr\sin\theta$$

$$= mgr\sin\theta$$

$$= (65\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2)(0.18\ \text{m})(\sin 55°)$$

$$= 94\ \text{N.m}$$

أما عندما تكون البدّالات رأسية فإن $\theta = 0.0°$، لذا يكون

$$\tau = Fr\sin\theta$$

$$= mgr\,(\sin 0.0°)$$

$$= 0.0\ \text{N.m}$$

صفحة 18

14. يجلس عليّ على بُعد 1.8 m من مركز الأرجوحة، فعلى أي بعد من مركز الأرجوحة يجب أن يجلس عبد الله حتى يتزن؟ علمًا بأنَّ كتلة عليّ 43 kg وكتلة عبدالله 52 kg.

$$F_{\text{عليّ}} r_{\text{عليّ}} = F_{\text{عبدالله}} r_{\text{عبدالله}}$$

$$r_{\text{عبدالله}} = \frac{F_{\text{عليّ}} r_{\text{عليّ}}}{F_{\text{عبدالله}}}$$

$$= \frac{m_{\text{عليّ}} g r_{\text{عليّ}}}{m_{\text{عبدالله}} g}$$

$$= \frac{m_{\text{عليّ}} r_{\text{عليّ}}}{m_{\text{عبدالله}}}$$

$$= \frac{(43\ \text{kg})(1.8\ \text{m})}{52\ \text{kg}}$$

$$= 1.5\ \text{m}$$

15. إذا كان نصف قطر إطار دراجة هوائية 7.70 cm، وأثرت السلسلة بقوة عمودية مقدارها 35.0 N في الإطار في اتجاه حركة عقارب الساعة فما مقدار العزم اللازم لمنع الإطار من الدوران؟

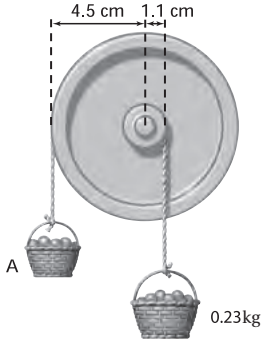
$$\tau_{\text{السلسلة}} = F_g r$$

$$= (-35.0\ \text{N})(0.0770\ \text{m})$$

$$= -2.70\ \text{N.m}$$

لذا، يجب أن يؤثر عزم مقداره $+2.70$ N.m لموازنة هذا العزم.

16. عُلقت سلتا فواكه بحبلين يمران على بكرتين قطراهما مختلفان، فاتزنتا كما في **الشكل 6–1**. ما مقدار كتلة السلة A؟



■ **الشكل 6–1**

$$\tau_1 = \tau_2$$

$$F_1 r_1 = F_2 r_2$$

$$m_1 g r_1 = m_2 g r_2$$

$$m_1 = \frac{m_2 r_2}{r_1}$$

$$= \frac{(0.23\ \text{kg})\ (1.1\ \text{cm})}{4.5\ \text{cm}}$$

$$= 0.056\ \text{kg}$$

17. افترض أن نصف قطر البكرة الكبرى في السؤال السابق أصبح 6.0 cm، فما مقدار كتلة السلة A؟

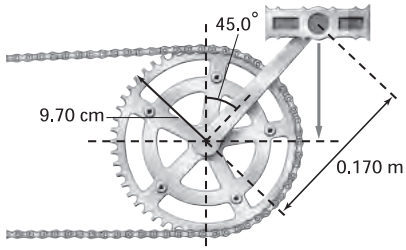
$$m_1 = \frac{m_2 r_2}{r_1}$$

$$= \frac{(0.23\ \text{kg})\ (1.1\ \text{cm})}{6.0\ \text{cm}}$$

$$= 0.042\ \text{kg}$$

تابع الفصل 1

18. يقف شخص كتلته 65.0 kg على بدّالة دراجة هوائية، فإذا كان طول ذراع التدوير 0.170 m ويصنع زاوية 45.0° بالنسبة إلى الرأسي كما في **الشكل 7–1**. وكانت ذراع التدوير متصلةً بالإطار الخلفي (الذي تديره السلسلة عادة)، فما مقدار القوة التي يجب أن تؤثر فيها السلسلة لمنع الإطار من الدوران، علمًا بأن نصف قطر الإطار 9.70 cm؟



■ الشكل 7–1

$$\tau_{\text{ذراع التدوير}} = -\tau_{\text{السلسلة}}$$

$$F_{\text{ذراع التدوير}}\, r_{\text{ذراع التدوير}} \sin\theta = -F_{\text{السلسلة}}\, r_{\text{السلسلة}}$$

$$F_{\text{السلسلة}} = \frac{-F_{\text{ذراع التدوير}}\, r_{\text{ذراع التدوير}} \sin\theta}{r_{\text{السلسلة}}}$$

$$F_{\text{السلسلة}} = \frac{-mg\, r_{\text{ذراع التدوير}} \sin\theta}{r_{\text{السلسلة}}}$$

$$F_{\text{السلسلة}} = \frac{-(65.0\ \text{kg})\ (9.80\ \text{m/s}^2)\ (0.170\ \text{m})\ (\sin 45.0°)}{0.097\ \text{m}}$$

$$F_{\text{السلسلة}} = 789\ \text{N}$$

مراجعة القسم

2–1 ديناميكا الحركة الدورانية (صفحة 18–14)

صفحة 18

19. العزم يريد عبد الرحمن أن يدخل من باب دوّار ساكن، وضّح كيف يدفع الباب ليولد عزمًا بأقل مقدار من القوة المؤثرة؟ وأين يجب أن تكون نقطة تأثير تلك القوة؟

لتوليد عزم بأقل قوة ينبغي عليه دفع الباب مقتربًا ما أمكن من حافة الباب، وبزاوية قائمة على الباب.

20. ذراع القوة حاول فيصل فتح باب، ولم يستطع دفعه بزاوية قائمة، فدفعه بزاوية 55° بالنسبة إلى العمودي، فقارن بين قوة دفعه للباب في هذه الحالة وبين القوة اللازمة لدفعه عندما تكون القوة عمودية عليه (90°) مع تساوي سرعة الباب في الحالتين.

الزاوية بين القوة ونصف القطر تساوي 35°. العزم يساوي: $\tau = Fr \sin\theta$، ولما كان $\sin 90° = 1$, و $\sin 35° = 0.57$، فإنه ينبغي عليه زيادة القوة بنسبة $\frac{1}{0.57} = 1.75$ للحصول على العزم نفسه.

تابع الفصل 1

21. محصلة العزم يسحب شخصان حبلين ملفوفين حول حافة إطار كبير، فإذا كانت كتلة الإطار 12 kg وقطره 2.4 m، ويسحب أحد الشخصين الحبل الأول في اتجاه حركة عقارب الساعة بقوة 43 N، ويسحب الشخص الآخر الحبل الثاني في اتجاه معاكس لاتجاه حركة عقارب الساعة بقوة 67 N، فما محصلة العزم على الإطار؟

$$\tau_{\text{المحصلة}} = \tau_1 + \tau_2$$

$$= F_1 r + F_2 r$$

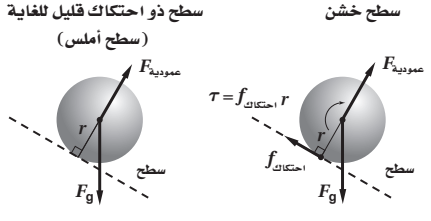
$$= (F_1 + F_2)\left(\frac{1}{2}d\right)$$

$$= (-43\ \text{N} + 67\ \text{N})\left(\frac{1}{2}\right)(2.4\ \text{m})$$

$$= 29\ \text{N.m}$$

22. التفكير الناقد إذا وضعت كرة عند أعلى سطح مائل مهمل الاحتكاك فسوف تنزلق إلى أسفل السطح دون دوران، ولكن إذا كان السطح خشنًا فإنّ الكرة ستتدحرج في أثناء انزلاقها إلى أسفل. وضح سبب ذلك، مستخدمًا مخطط الجسم الحر.

العزم يساوي: $\tau = Fr\sin\theta$، قوة الاحتكاك توازي السطح وتتعامد مع محور دوران الكرة فتولد عزمًا يجعل الكرة تدور في اتجاه حركة عقارب الساعة، وإذا كان السطح أملس فلا توجد قوة موازية للسطح في هذه الحالة ولا يوجد عزم، لذا لا يوجد دوران. وتذكر أنه قد تم إهمال القوى المؤثرة في نقطة المحور (مركز الكرة).



مسائل تدريبية

3–1 الاتزان (صفحة 24–19)

صفحة 23

23. يتزن لوح خشبي كتلته 24 kg وطوله 4.5 m على حاملين، أحدهما تحت مركز اللّوح مباشرة، والثاني عند الطرف. ما مقدار القوتين اللتين يؤثر بهما كل من الحاملين الرأسيين في اللوح؟

اختر مركز كتلة اللوح على أنه محور الدوران. ولما كان طرف اللوح الذي لا حامل تحته ولا داعم لا يؤثر بأي عزم، فإن طرف اللوح الآخر المدعوم بالحامل يجب ألا يؤثر بأي عزم كذلك؛ لذا فإن كل القوة المؤثرة مصدرها الحامل الذي يقع تحت مركز اللّوح، وهذه القوة مساوية لوزن اللوح الخشبي:

$$F_{\text{المركز}} = F_g = (24\ \text{kg})\ (9.80\ \text{m/s}^2)$$

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

$$F_{\text{الطرف}} = 0\ \text{N}$$

تابع الفصل 1

24. يتحرك غطاس كتلته 85 kg نحو الطرف الحر للوح القفز، فإذا كان طول اللّوح 3.5 m وكتلته 14 kg، وثبت بداعمين، أحدهما عند مركز الكتلة، والآخر عند أحد طرفي اللّوح، فما مقدار القوة المؤثرة في كل داعم؟

اختر مركز كتلة لوح القفز على أنه محور الدوران. إن قوة الجاذبية الأرضية المؤثرة في لوح القفز تؤثر كليًّا في الداعم الموجود أسفل مركز الكتلة.

$$\tau_{\text{الطرف}} = -\tau_{\text{الغطاس}}$$

$$F_{\text{الطرف}} r_{\text{الطرف}} = -F_{\text{الغطاس}} r_{\text{الغطاس}}$$

$$F_{\text{الطرف}} = \frac{-F_{\text{الغطاس}} r_{\text{الغطاس}}}{r_{\text{الطرف}}}$$

$$= \frac{-m_{\text{الغطاس}} g\, r_{\text{الغطاس}}}{r_{\text{الطرف}}}$$

$$= \frac{-(85\text{ kg})\,(9.80\text{ m/s}^2)(1.75\text{ m})}{1.75\text{ m}}$$

$$= -8.3 \times 10^2\text{ N}$$

لحساب القوة المؤثرة في الداعم الموجود عند مركز الكتلة، لاحظ أنه لما كان اللوح لا يتحرك فإن:

$$F_{\text{الطرف}} + F_{\text{المركز}} = F_{\text{الغطاس}} + F_g$$

لذا فإن

$$F_{\text{المركز}} = F_{\text{الغطاس}} + F_g - F_{\text{الطرف}}$$

$$= 2F_{\text{الغطاس}} + F_g$$

$$= 2m_{\text{الغطاس}} g + m_{\text{اللوح}} g$$

$$= g(2m_{\text{الغطاس}} + m_{\text{اللوح}})$$

$$= (9.80\text{ m/s}^2)\,(2(85\text{ kg}) + 14\text{ kg})$$

$$= 1.8 \times 10^3\text{ N}$$

مراجعة القسم

3–1 الاتزان (صفحة 27–19)

صفحة 27

25. مركز الكتلة هل يمكن أن يكون مركز كتلة جسم في نقطة خارج الجسم؟ وضح ذلك.

نعم، يتحرك الجسم كما لو أن جميع كتلته مركّزة في مركز الكتلة. لا يوجد شيء في التعريف يتطلب أن تكون كتلة الجسم أو جزء منها في مركز الكتلة.

26. استقرار الجسم لماذا تكون المركبة المعدّلة التي أضيف إليها نوابض لتبدو مرتفعة، أقل استقرارًا من مركبة مشابهة غير معدّلة؟

يرتفع مركز كتلة المركبة ولكن لا تزداد أبعاد قاعدتها، وهذا من شأنه أن يجعل مركز كتلة المركبة خارج قاعدتها عند تمايلها.

تابع الفصل 1

27. شرطا الاتزان أعطِ مثالاً على جسم في الحالات التالية:

a. متزن دورانيًّا، ولكنه غير متزن انتقاليًّا.

كتاب ساقط دون دوران.

b. متزن انتقاليًّا، ولكنه غير متزن دورانيًّا.

لعبة أرجوحة أفقية غير متزنة، حيث تدور لعبة الأرجوحة حتى تضرب قدم اللاعب بالأرض.

28. تعيين مركز الكتلة وضّح كيف يمكنك إيجاد مركز كتلة كتاب الفيزياء.

اربط خيطًا بإحدى زوايا الكتاب، وعلّقه، ثم ارسم خطًّا على امتداد الخيط. ثم اربط الخيط بزاوية أخرى من زوايا الكتاب، وعلّقه ثانية، وارسم خطًّا آخر على امتداد الخيط. عندئذ سيكون مركز الكتلة في نقطة تقاطع الخطين.

29. دوران الأطر المرجعية إذا وضعت قطعة نقد على قرص دوّار، وبدأ انزلاقها إلى الخارج عند زيادة سرعة دوران القرص، فما القوى المؤثرة فيها؟

كتلة الأرض تؤثر بقوة إلى أسفل، في حين يؤثر سطح القرص الدوّار بقوتين: الأولى إلى أعلى لتوازن قوة الجاذبية، والثانية إلى الداخل وهي الناشئة بسبب الاحتكاك والتي تعطي قطعة النقد تسارعها المركزي. ولا يوجد هناك قوة إلى الخارج، وإذا لم يكن هناك قوة احتكاك فستتحرك قطعة النقد في خط مستقيم.

30. التفكير الناقد عندما تستخدم الكوابح ينخفض الجزء الأمامي للسيارة إلى أسفل. لماذا؟

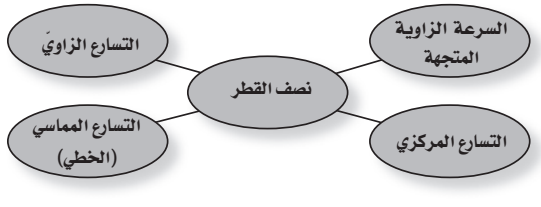
تؤثر الطريق بقوة في الإطارات مما يؤدي إلى توقف السيارة. ولما كان مركز الكتلة فوق الطريق فإنه توجد محصلة عزم تؤثر في السيارة تحاول تدويرها في الاتجاه الذي يجعل مقدمتها تنخفض إلى أسفل.

تقويم الفصل

خريطة المفاهيم

صفحة 32

31. أكمل خريطة المفاهيم أدناه باستخدام المصطلحات التالية: التسارع الزاويّ، نصف القطر، التسارع المماسي (الخطي)، التسارع المركزي.



إتقان المفاهيم

صفحة 32

32. يدور إطار دراجة هوائية بمعدل ثابت 25 rev/min. فهل تقل سرعتها الزاوية المتجهة، أم تزداد أم تبقى ثابتة؟ (1–1)

تبقى ثابتة.

33. يدور إطار لعبة بمعدل ثابت 5 rev/min. فهل تسارعها الزاوي موجب أم سالب أم صفر؟ (1–1)

صفر.

34. هل تدور جميع أجزاء الأرض بالمعدل نفسه؟ وضح ذلك. (1–1)

نعم؛ لأن كل أجزاء الجسم الصلب تدور بالمعدل نفسه.

تابع الفصل 1

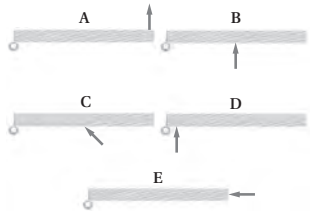
35. يدور إطار دراجة بمعدل ثابت 14 rev/min. فهل يكون اتجاه التسارع الكلي لنقطة على الإطار إلى الداخل، أم إلى الخارج، أم مماسيًّا، أم صفرًا؟ (1–1)

نحو الداخل (مركزي)

36. لماذا يُعد عزم الدوران أهم من القوة عند محاولة شدّ البرغي؟ (2–1)

يجب أن ينتج تسارع زاوي لشد البرغي. ويمكن أن تؤثر عزوم مختلفة في مفتاح الشد باستخدام أطوال مختلفة.

37. رتب العزوم المؤثرة في الأبواب الخمسة في **الشكل 14–1** من الأقل إلى الأكبر. ولاحظ أنّ مقدار القوة هو نفسه في الأبواب كلها. (2–1)



■ **الشكل 14– 1**

A > B > C > D > E = 0

38. لمعايرة العجلات توضع عجلة السيارة على محور دوران رأسي، وتضاف إليها أثقال لجعلها في وضع أفقي. لماذا تكافئ عمليةُ وضع الأثقال على العجلة عمليةَ تحريك مركز كتلتها حتى يصبح في منتصفها؟ (3–1)

عندما تتزن العجلة بحيث لا تدور في أي اتجاه، فعندئذٍ لا يؤثر فيها عزم. وهذا يعني أن مركز الكتلة في نقطة المركز (محور الدوران).

39. يقود سائقٌ سيارةً بطريقة خطرة؛ حيث يقودها على إطارين جانبيين فقط، فأين يكون مركز كتلة السيارة؟ (3–1)

يكون مباشرة فوق الخط الواصل بين النقطتين اللتين يلامس الإطاران عندهما الأرض. ليس هناك محصلة عزم تؤثر في السيارة، لذا فهي متزنة ومستقرة مؤقتًا.

40. لماذا تتزن عندما تقف على أطراف أصابع قدميك حافيًا، ولا تستطيع الاتزان إذا وقفت مواجهًا للجدار وأصابع قدميك تلامسه؟ (3–1)

يجب أن يكون مركز كتلتك فوق نقطة الدعم. ولكن مركز كتلتك تقريبًا في مركز جسمك، لذا فإن نصف جسمك تقريبًا يجب أن يكون أمام رؤوس أصابعك وأنت واقف عليها، والنصف الآخر يكون خلفها. أما إذا كانت رؤوس أصابعك مقابل الحائط، فلا يكون أي جزء من جسمك أمام رؤوس أصابعك.

41. لماذا يظهر لاعب الجمباز وكأنه يطير في الهواء عندما يرفع ذراعيه فوق رأسه في أثناء القفز؟ (3–1)

يحرك مركز كتلته قريبًا من رأسه.

42. لماذا يكون احتمال انقلاب سيارة لها إطارات أقطارها كبيرة أكبر من احتمال انقلاب سيارة ذات إطارات أقطارها صغيرة؟

مركز الكتلة للسيارة ذات الإطارات الكبيرة يقع عند نقطة أعلى مما في السيارات ذات الإطارات الصغيرة؛ لذا يمكن أن تنقلب دون أن تميل كثيرًا.

تطبيق المفاهيم

صفحة 33–32

43. ناقلا حركة، أحدهما صغير والآخر كبير، متصل أحدهما بالآخر ويدوران كما في **الشكل 15–1**. قارن أولاً بين سرعتيهما الزاويّتين المتجهتين، ثم بين السرعتين الخطيتين لسنّين متصلين معًا.

■ **الشكل 15– 1**

السرعتان الخطيتان للأسنان متماثلتان. وتكون السرعتان الزاويتان مختلفتين لأن نصفي القطر مختلفان و $\frac{v}{r} = \omega$.

44. الدوران في حوض الغسالة ما مبدأ عمل الغسالة؟ وكيف يؤثر دوران الحوض في الغسيل؟ اشرح ذلك بدلالة القوى على الملابس والماء.

يخضع الماء والملابس في حوض الغسالة لتسارعات مركزية كبيرة. تؤثر أسطوانة الدوران بقوى في الملابس. ولكن عندما يصل الماء إلى الثقوب في أسطوانة الدوران لا تؤثر فيه قوى مركزية للداخل، وعندئذٍ يتحرك بخط مستقيم خارج أسطوانة الدوران.

45. الإطار المثقوب افترض أن أحد إطارات سيارة والدك قد ثُقب، وأخرجت العدة لتساعده ووجدت أن هناك مشكلة في مقبض مفتاح الشد المستخدم لفك صمولة البراغي الثابتة، وأنه من المستحيل فك الصواميل، فاقترح عليك والدك عدة طرائق لزيادة العزم المؤثر لفكها. اذكر ثلاث طرائق يمكن أن يقترحها عليك والدك.

ضع ماسورة إطالة في طرف مفتاح الشد لزيادة طول ذراع القوة، أو أثّر بقوتك بزاوية قائمة بالنسبة إلى مفتاح الشد، أو زد القوة المؤثرة بالوقوف على طرف مفتاح الشد مثلاً.

46. الألعاب البهلوانية يسير لاعب بهلواني على حبل حاملاً قضيبًا يتدلى طرفاه أسفل مركزه، انظر إلى **الشكل 16–1**. كيف يؤدي القضيب إلى زيادة اتزان اللاعب؟ *تلميح: ابحث في مركز الكتلة.*

■ **الشكل 16– 1**

تدلي طرفي القضيب يجعل مركز الكتلة يقترب من السلك، مما يقلل من عزم الدوران المؤثر في اللاعب ويزيد من ثباته. ويؤدي تقليل العزم المؤثر إلى تقليل التسارع الزاوي إذا أصبح اللاعب في حالة عدم اتزان. كذلك يستطيع اللاعب استعمال القضيب لإزاحة مركز الكتلة من أجل الاتزان.

47. لعبة الحصان الدوّار عندما كان أحمد يجلس على لعبة الحصان الدوّار، قذف مفتاحًا نحو صديقه الواقف على الأرض لكي يلتقطه، هل يجب عليه قذف المفتاح قبل أن يصل النقطة التي يقف عندها صديقه بوقت قصير، أم ينتظر حتى يصبح صديقه خلفه مباشرة؟ وضح ذلك.

بما أن له سرعة متجهة مماسّيّة نحو الأمام فإن المفتاح سينطلق من يده بتلك السرعة المتجهة، لذا يتعين عليه قذفه قبل ذلك.

48. لماذا نهمل القوى التي تؤثر في محور دوران جسمٍ ما في حالة اتزان ميكانيكي عند حساب محصلة العزم عليه؟

العزم الناتج عن هذه القوى يساوي صفرًا؛ لأن طول ذراع القوة يساوي صفرًا.

49. لماذا نجعل عادةً محور الدوران عند نقطة تؤثر بها قوة أو أكثر في الجسم عند حل مسائل في الاتزان الميكانيكي؟

هذا يجعل العزم الناتج عن القوة يساوي صفرًا، مما يقلل عدد العزوم التي يجب أن تحسب.

إتقان حل المسائل

1–1 وصف الحركة الدورانية

صفحة 34–33

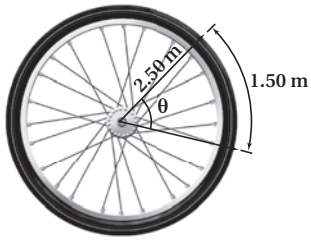
50. نصف قطر الحافة الخارجية لإطار سيارة 45 cm وسرعته 23 m/s، ما مقدار السرعة الزاوية للإطار بوحدة rad/s؟

$$v = r\omega$$

$$\omega = \frac{v}{r}$$

$$= \frac{23\ \text{m/s}}{0.45\ \text{m}} = 51\ \text{rad/s}$$

51. يدور إطار بحيث تتحرك نقطة عند حافته الخارجية مسافة 1.5 m. وإذا كان نصف قطر الإطار 2.50 m كما في **الشكل 17–1** فما مقدار الزاوية (بوحدات radians) التي دارها الإطار؟



■ **الشكل 17– 1**

$$d = r\theta$$

$$\theta = \frac{d}{r}$$

$$= \frac{1.50\ \text{m}}{2.50\ \text{m}}$$

$$= 0.600\ \text{rad}$$

52. أديرت عجلة قيادة سيارة بزاوية قدرها 128°، انظر **الشكل 18–1**، فإذا كان نصف قطرها 22 cm، فما المسافة التي تتحركها نقطة على الطرف الخارجي لعجلة القيادة؟

■ **الشكل 18– 1**

$$d = r\,\theta$$

$$= (0.22\ \text{m})\ (128°)\left(\frac{2\pi\ \text{rad}}{360°}\right) = 0.49\ \text{m}$$

53. المروحة تدور مروحة بمعدل 1880 rev /min، أي (1880 دورة كل دقيقة).

a. ما مقدار سرعتها الزاويّة المتجهة بوحدة rad/s؟

$$\omega = \left(1880\ \frac{\text{rev}}{\text{min}}\right)\left(\frac{2\pi\ \text{rad}}{\text{rev}}\right)\left(\frac{\text{min}}{60\ \text{s}}\right)$$

$$= 197\ \text{rad/s}$$

b. ما مقدار الإزاحة الزاويّة للمروحة خلال 2.50 s؟

$$\theta = \omega t$$

$$= (197 \text{ rad/s})(2.50 \text{ s})$$

$$= 492 \text{ rad}$$

54. تناقص دوران المروحة في السؤال السابق من 475 rev/min إلى 187 rev/min خلال 4.00 s، ما مقدار تسارعها الزاويّ؟

$$\alpha = \frac{\Delta\omega}{\Delta t}$$

$$= \frac{\omega_f - \omega_i}{\Delta t}$$

$$= \frac{(187 \text{ rev/min} - 475 \text{ rev/min})}{4.00 \text{ s}}\left(\frac{2\pi \text{ rad}}{\text{rev}}\right)\left(\frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}}\right)$$

$$= -7.54 \text{ rad/s}^2$$

55. إطار سيارة نصف قطره 9.00 cm كما في **الشكل 19–1**، يدور بمعدل 2.50 rad /s، ما مقدار السرعة الخطية لنقطة تقع على بعد 7.00 cm من مركز الدوران؟

■ **الشكل 19– 1**

$$v = r\omega$$

$$= (7.00 \text{ cm})(2.50 \text{ rad/s})$$

$$= 17.5 \text{ cm/s}$$

56. الغسالة غسالة قطر حوضها 0.43 m، لها سرعتان: الأولى تدور بمعدل 328 rev /min، والأخرى بمعدل 542 rev /min.

a. ما مقدار نسبة التسارع المركزي لسرعة الدوران الأسرع والأبطأ؟ تذكر: $a_c = \frac{v^2}{r}$ ، و $v = r\omega$

$$\frac{a_{\text{الأسرع}}}{a_{\text{الأبطأ}}} = \frac{(r\omega_{\text{الأسرع}})^2}{(r\omega_{\text{الأبطأ}})^2}$$

$$= \frac{(542 \text{ rev/min})^2}{(328 \text{ rev / min})^2}$$

$$= 2.73$$

b. ما نسبة السرعة الخطية لجسم على سطح الحوض لكل من السرعتين؟

$$\frac{v_{\text{الأسرع}}}{v_{\text{الأبطأ}}} = \frac{\omega_{\text{الأسرع}}\, r}{\omega_{\text{الأبطأ}}\, r}$$

$$= \frac{\omega_{\text{الأسرع}}}{\omega_{\text{الأبطأ}}}$$

$$= \frac{\mathbf{542\ rev/min}}{\mathbf{328\ rev/min}}$$

$$= \mathbf{1.65}$$

57. أوجد القيمة القصوى للتسارع المركزي بدلالة **g** للغسالة في السؤال السابق.

$$a_c = \omega^2 r\left(\frac{\mathbf{1\ g}}{\mathbf{9.80\ m/s^2}}\right)$$

$$= \left(\mathbf{542\ rev/min}\left(\frac{\mathbf{2\pi\ rad}}{\mathbf{rev}}\right)\left(\frac{\mathbf{1 min}}{\mathbf{60\ s}}\right)\right)^2\left(\frac{\mathbf{0.43\ m}}{\mathbf{2}}\right)\left(\frac{\mathbf{1g}}{\mathbf{9.80\ m/s^2}}\right)$$

$$= \mathbf{71\ g}$$

58. استخدم جهاز الطرد المركزي الفائق السرعة لفصل مكونات الدم، بحيث يولّد تسارعًا مركزيًّا مقداره 0.35×10^6 g على بُعد 2.50 cm من المحور. ما مقدار السرعة الزاوية المتجهة اللازمة بوحدة rev/min؟

$$a_c = \omega^2 r$$

$$\omega = \sqrt{\frac{a_c}{r}}$$

$$= \sqrt{\frac{\mathbf{(0.35\times10^6)\ (9.80\ m/s^2)}}{\mathbf{0.025\ m}}}\left(\frac{\mathbf{rev}}{\mathbf{2\pi\ rad}}\right)\left(\frac{\mathbf{60\ s}}{\mathbf{1\ min}}\right)$$

$$= \mathbf{1.1\times10^5\ rev/min}$$

1–2 الديناميكا الدورانية Rotational Dynamics

صفحة 34

59. مفتاح الشد يتطلب شدّ برغي عزمًا مقداره 8.0 N.m، فإذا كان لديك مفتاح شد طوله 0.35 m، فما مقدار أقل قوة يجب التأثير بها في المفتاح؟

$$\tau = Fr\sin\theta$$

$$F = \frac{\tau}{r\sin\theta}$$

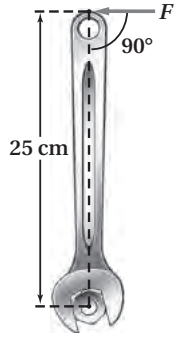
لأقل قوة ممكنة تكون الزاوية $90.0°$، لذا فإن:

$$F = \frac{\mathbf{8.0\ N.m}}{\mathbf{(0.35\ m)\ (\sin 90.0°)}}$$

$$= \mathbf{23\ N}$$

تابع الفصل 1

60. ما مقدار العزم المؤثر في صمولة والناتج عن قوة مقدارها 15 N تؤثر عموديًّا في مفتاح شدّ طوله 25 cm؟
انظر **الشكل 20–1**.



■ **الشكل 20–1**

$$\tau = Fr \sin\theta$$

$$= (15\ \text{N})(0.25\ \text{m})(\sin 90.0°)$$

$$= 3.8\ \text{N.m}$$

3–1 الاتزان Equilib*r*ium

صفحة 34

61. تبين مواصفات سيارة بأن وزنها موزع بنسبة 53% على الإطارات الأمامية و 47% على الإطارات الخلفية، فإذا كان طول لوح قاعدة سيارة 2.46 m، فأين يكون مركز كتلة السيارة؟

افترض أن مركز كتلة السيارة على بعد يساوي x من مقدمة السيارة، وأن وزن السيارة يساوي F_g .

$$\tau_{\text{مقدمة}} = \tau_{\text{مؤخرة}}$$

$$F_{\text{مقدمة}}\, r_{\text{مقدمة}} = F_{\text{مؤخرة}}\, r_{\text{مؤخرة}}$$

$$(0.53\, F_g)\, x = (0.47\, F_g)\ (2.46\ \text{m} - x)$$

$$x = 1.16\ \text{m}$$

62. لوح كتلته 12.5 kg وطوله 4.00 m، رفعه أحمد من أحد طرفيه، ثم طلب المساعدة، فاستجاب له جواد.

a. ما أقل قوة يؤثر بها جواد لرفع اللّوح إلى الوضع الأفقي؟ وعند أي جزء من اللّوح؟

يستطيع جواد رفع نصف الكتلة عند الطرف المقابل للطرف الذي رفعه أحمد.

$$F_{\text{أقل}} = mg$$

$$= \left(\frac{1}{2}\right)\ (12.5\ \text{kg})\ (9.80\ \text{m/s}^2)$$

$$= 61.2\ \text{N}$$

b. ما أكبر قوة يؤثر بها جواد لرفع اللّوح إلى الوضع الأفقي؟ وعند أي جزء من اللّوح؟

سوف يرفع الكتلة كلها،عند مركز كتلة اللوح (الوسط).

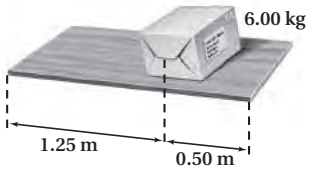
$$F_{\text{أكبر}} = mg$$

$$= (12.5\ \text{kg})\ (9.80\ \text{m/s}^2)$$

$$= 122\ \text{N}$$

تابع الفصل 1

63. يرفع شخصان لوحًا خشبيًّا من طرفيه إلى أعلى، فإذا كانت كتلة اللّوح 4.25 kg وطوله 1.75 m، ويوضع على بُعد 0.50 m من طرفه الأيمن صندوق كتلته 6.00 kg. انظر **الشكل 21–1**. ما القوتان اللتان يؤثر بهما الشخصان في اللّوح؟



■ **الشكل 21–1**

في حالة الاتزان، محصلة القوى جميعها تساوي صفرًا، ومحصلة العزوم حول أي محور دوران تساوي صفرًا أيضًا.

$$F_{\text{يسار}} + F_{\text{يمين}} + F_{\text{اللوح}} + F_{\text{الصندوق}} = 0$$

$$\tau_{\text{يسار}} + \tau_{\text{يمين}} + \tau_{\text{اللوح}} + \tau_{\text{الصندوق}} = 0$$

يمكننا اختيار محور الدوران ليكون في موقع إحدى القوى المجهولة ($F_{\text{يسار}}$)، فيكون العزم الناتج عن تلك القوة يساوي صفرًا، وبهذه الطريقة يتم تبسيط العمليات الحسابية.

$$F_{\text{يسار}} r_{\text{يسار}} + F_{\text{يمين}} r_{\text{يمين}} + F_{\text{اللوح}} r_{\text{اللوح}} + F_{\text{الصندوق}} r_{\text{الصندوق}} = 0$$

$$F_{\text{يسار}} r_{\text{يسار}} + F_{\text{يمين}} r_{\text{يمين}} + m_{\text{اللوح}}\, g r_{\text{اللوح}} + m_{\text{الصندوق}}\, g r_{\text{الصندوق}} = 0$$

$$F_{\text{يسار}}(0) + F_{\text{يمين}}(1.25\ \text{m} + 0.50\ \text{m}) + (4.25\ \text{kg})(-9.80\ \text{m/s}^2)\left(\frac{1.25\ \text{m} + 0.50\ \text{m}}{2}\right) +$$

$$(6.00\ \text{kg})(-9.80\ \text{m/s}^2)(1.25\ \text{m}) = 0$$

$$F_{\text{يمين}} = 63\ \text{N}$$

وبتعويض النتيجة السابقة في معادلة القوة:

$$F_{\text{يسار}} + F_{\text{يمين}} + F_{\text{اللوح}} + F_{\text{الصندوق}} = 0$$

$$F_{\text{يسار}} = -F_{\text{يمين}} - F_{\text{اللوح}} - F_{\text{الصندوق}}$$

$$= -F_{\text{يمين}} - m_{\text{اللوح}}\, g - m_{\text{الصندوق}}\, g$$

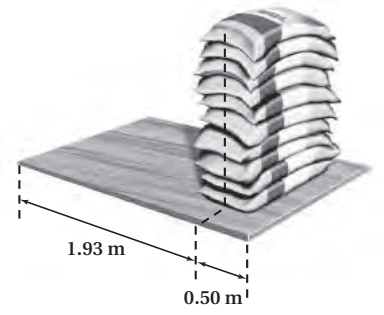
$$= -(63\ \text{N}) - (4.25\ \text{kg})\,(-9.80\ \text{m/s}^2) - (6.00\ \text{kg})(-9.80\ \text{m/s}^2)$$

$$= 37\ \text{N}$$

مراجعة عامة

صفحة 35–34

64. التربة الرملية وضعت عشرة أكياس مملوءة بتربة رملية يزن كل منها 175 N بعضها فوق بعض، على بُعد 0.5 m من الطرف الأيمن لقطعة خشبية طولها 2.43 m. انظر **الشكل 22–1**. فرفع شخصان طرفي القطعة من نهايتيها إلى أعلى. ما مقدار القوة التي يؤثر بها كل من الشخصين في القطعة الخشبية مع إهمال وزنها؟



■ **الشكل 22–1**

في حالة الاتزان، محصلة القوى جميعها تساوي صفرًا، ومحصلة العزوم تساوي صفرًا أيضًا.

$$F_{\text{يسار}} + F_{\text{يمين}} + F_{\text{أكياس}} = 0$$

$$\tau_{\text{يسار}} + \tau_{\text{يمين}} + \tau_{\text{أكياس}} = 0$$

اختر موقع القوة ($F_{\text{يمين}}$) على أنها محور الدوران، وذلك حتى تجعل عزم تلك القوة يساوي صفرًا.

$$\tau_{\text{يسار}} = -\tau_{\text{أكياس}}$$

$$-F_{\text{يسار}}\, r_{\text{يسار}} = -F_{\text{أكياس}}\, r_{\text{أكياس}}$$

$$F_{\text{يسار}} = \frac{-F_{\text{أكياس}}\, r_{\text{أكياس}}}{-r_{\text{يسار}}}$$

$$F_{\text{يسار}} = \frac{(10)(175\ \text{N})(0.50\ \text{m})}{2.43\ \text{m}}$$

$$= 3.6\times10^{2}\ \text{N}$$

وبتعويض النتيجة السابقة في معادلة القوة:

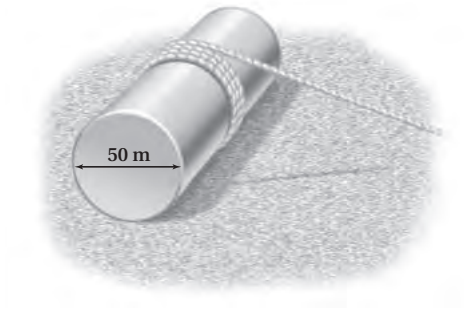
$$F_{\text{يسار}} + F_{\text{يمين}} + F_{\text{أكياس}} = 0$$

$$F_{\text{يمين}} = -F_{\text{يسار}} - F_{\text{أكياس}}$$

$$= -3.6\times10^{2}\ \text{N} - 10(-175\ \text{N})$$

$$= 1.4\times10^{2}\ \text{N}$$

65. يوضح **الشكل 23–1** أسطوانة قطرها 50 m في حالة سكون على سطح أفقي، فإذا لف حولها حبل ثم سحب، وأصبحت تدور دون أن تنزلق



■ **الشكل 23–1**

a. فما المسافة التي يتحركها مركز كتلة الأسطوانة عند سحب الحبل مسافة 2.5 m بسرعة ثابتة؟

يكون مركز الكتلة دائمًا فوق نقطة الاتصال مع السطح للأسطوانة المنتظمة؛ لذا تحرك مركز الكتلة 2.50 m.

b. وإذا سحب الحبل مسافة 2.5 m خلال زمن 1.25 s، فما سرعة مركز كتلة الأسطوانة؟

$$v = \frac{d}{t}$$

$$= \frac{(2.50\ \text{m})}{(1.25\ \text{s})}$$

$$= 2.00\ \text{m/s}$$

c. ما السرعة الزاوية المتجهة للأسطوانة؟

$$\omega = \frac{v}{r}$$

$$= \frac{2.00\ \text{m/s}}{\left(\frac{1}{2}\right)(50\ \text{m})}$$

$$= 8\times10^{-2}\ \text{rad/s}$$

66. القرص الصلب يدور قرص صلب في حاسوب حديث 7200 rev /min (دورة لكل دقيقة). فإذا صمّم على أن يبدأ الدوران من السكون ويصل السرعة الفعّالة خلال 1.5 s، فما التسارع الزاوي للقرص؟

$$\alpha = \frac{\Delta\omega}{\Delta t} = \frac{\omega_f - \omega_i}{\Delta t}$$

$$= \frac{(7200\ \text{rev/min} - 0\ \text{rev/min})}{1.5\ \text{s}}\left(\frac{2\pi\ \text{rad}}{\text{rev}}\right)\left(\frac{1\ \text{min}}{60\ \text{s}}\right)$$

$$= 5.0\times10^{2}\ \text{rad/s}^2$$

67. عداد السرعة تقيس معظم أجهزة قياس السرعة في السيارات السرعة الزاوية للحركة، ثم تحولها إلى سرعة خطية، فكيف تؤثر زيادة قطر الإطارات في قراءة عداد السرعة؟

تقل السرعة الزاوية بزيادة القطر، وبالتالي تقل قراءة عداد السرعة.

68. يُسحب صندوق على الأرض باستخدام حبل مربوط بالصندوق على ارتفاع h من الأرض، فإذا كان معامل الاحتكاك 0.35 وارتفاع الصندوق 0.50 m وعرضه 0.25 m، فما مقدار القوة اللازمة لقلب الصندوق؟

افترض أن كتلة الصندوق تساوي M، ومركز كتلة الصندوق على بعد 0.25 m فوق سطح الأرض. يكون الصندوق على وشك الانقلاب عندما تكون العزوم المؤثرة فيه متساوية.

$$\tau_{\text{حبل}} = \tau_{\text{احتكاك}}$$

$$F_{\text{حبل}}\, r_{\text{حبل}} = F_{\text{احتكاك}}\, r_{\text{احتكاك}}$$

$$F_{\text{حبل}} = \frac{F_{\text{احتكاك}}\, r_{\text{احتكاك}}}{r_{\text{حبل}}}$$

$$F_{\text{حبل}} = \frac{\mu M g\, r_{\text{احتكاك}}}{r_{\text{حبل}}}$$

$$F_{\text{حبل}} = \frac{(0.35)\ \text{M}\ (9.80\ \text{m/s}^2)\ (0.25\ \text{m})}{h - 0.25\ \text{m}}$$

$$F_{\text{حبل}} = \frac{(0.86\ \text{m}^2/\text{s}^2)\ \text{M}}{h - 0.25\ \text{m}}$$

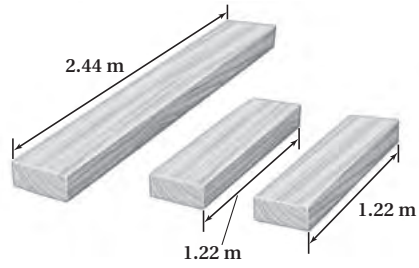
لاحظ أنه عندما تسحب الصندوق من عند مركز كتلته، يصبح المقام صفرًا. وهكذا تستطيع السحب بأي مقدار من القوة ولا ينقلب الصندوق.

69. إذا كان طـول عقـرب الثوانـي في سـاعة يـد 12 mm، فما سرعة دورانه؟

$$v = r\omega$$

$$= (0.012\ \text{m})\left(\frac{-2\pi\ \text{rad}}{\text{min}}\right)\left(\frac{\text{min}}{60\ \text{s}}\right)$$
$$= -1.3 \times 10^{-3}\ \text{m/s}$$

70. عارضة خشبية إذا اشتريت عارضة خشبيّة طولها 2.44 m، وعرضها 10 cm، وسمكها 10 cm، في حين اشترى زميلك عارضة خشبية مماثلة وقطعها إلى قطعتين طول كل منهما 1.22 m. انظر إلى **الشكل 24–1**، ثم حمل كل منكما ما اشتراه من الخشب على كتفيه.



■ **الشكل 24–1**

a. فأيكما يرفع ما اشتراه من الخشب بطريقة أسهل؟ ولماذا؟

بما أن الكتلتين متساويتان فإن وزنيهما متساويان أيضًا. لذا، يلزم القوة نفسها، وتؤثر إلى أعلى لرفع كل من الحملين.

b. وإذا كان كل منكما يؤثر بعزم بيديه ليمنع الخشب من الدوران، فأي الحملين يُعدّ منعه من الدوران أسهل؟ ولماذا؟

منع القطعة الخشبية الأطول من الدوران أسهل؛ لأن كتلتها موزعة على مسافة أطول (لها أكبر عزم قصور ذاتي).

71. اللّوح المسطح يحمل ماجد وعدي لوحًا مسطحًا طوله 2.43 m، ووزنه 143 N. فإذا كان ماجد يرفع أحد طرفي اللّوح بقوة 57 N

a. فما القوة التي يجب أن يؤثر بها عدي لرفع اللوح؟

$$F_{\text{عدي}} = F_g - F_{\text{ماجد}}$$
$$= 143\ \text{N} - 57\ \text{N}$$
$$= 86\ \text{N}$$

b. أي أجزاء اللّوح يجب أن يرفعه عدي؟

اختر نقطة الدوران عند النقطة التي يرفع فيها ماجد اللوح المسطّح.

$$\tau_{\text{عدي}} = \tau_g$$

$$F_{\text{عدي}} r_{\text{عدي}} = F_g r_g$$

$$r_{\text{عدي}} = \frac{F_g r_g}{F_{\text{عدي}}}$$

$$= \frac{(143\ \text{N})\left(\frac{2.43\ \text{m}}{2}\right)}{86\ \text{N}}$$

$$r_{\text{عدي}} = 2.0\ \text{m}$$

وعلى عدي أن يرفع اللوح على بعد 2.0 m من طرف اللوح الذي يرفعه ماجد.

72. عارضة فولاذية طولها 6.50 m، ووزنها 325 N تستقر على دعامتين المسافة بينهما 3.00 m، وبُعد كل من الطرفين عن الدعامتين متساوٍ. فإذا وقفت سوزان في منتصف العارضة وأخذت تتحرك نحو أحد الطرفين فما أقرب مسافة تتحركها سوزان لهذا الطرف قبل أن تبدأ العارضة في الانقلاب إذا كان وزن سوزان 575 N؟

تبعد كل دعامة مسافة 1.75 m عن طرف العارضة. اختر نقطة الدوران على أنها إحدى الدعامتين عند الطرف الأقرب لسوزان. سيكون مركز كتلة العارضة على بعد 1.50 m من تلك الدعامة. ستبدأ العارضة في الانقلاب عندما يكون عزم سوزان ($\tau_{\text{سوزان}}$) مساويًا لعزم مركز كتلة العارضة ($\tau_{\text{مركز كتلة العارضة}}$)، وسيكون الوزن كله على الدعامة الأقرب إلى سوزان.

$$\tau_{\text{سوزان}} = \tau_{\text{مركز كتلة العارضة}}$$

$$F_{\text{سوزان}} r_{\text{سوزان}} = F_{\text{مركز كتلة العارضة}} r_{\text{مركز كتلة العارضة}}$$

$$r_{\text{سوزان}} = \frac{F_{\text{مركز كتلة العارضة}} r_{\text{مركز كتلة العارضة}}}{F_{\text{سوزان}}}$$

$$= \frac{(325\ \text{N})\left(\frac{3.00\ \text{m}}{2}\right)}{575\ \text{N}}$$

$$= 0.848\ \text{m}$$

تستطيع سوزان أن تتحرك حتى تصبح على بُعد 0.848 m من الدعامة، أو $0.90\ \text{m} - 0.848 = 1.75$ من الطرف.

تابع الفصل 1

التفكير الناقد

صفحة 36–35

73. تطبيق المفاهيم نقطة على حافة إطار تتحرك حركة دورانية.

a. ما الشروط التي تجعل التسارع المركزي صفرًا؟

عندما $\omega = 0.0$

b. ما الشروط التي تجعل التسارع المماسي (الخطي) صفرًا؟

عندما $\alpha = 0.0$

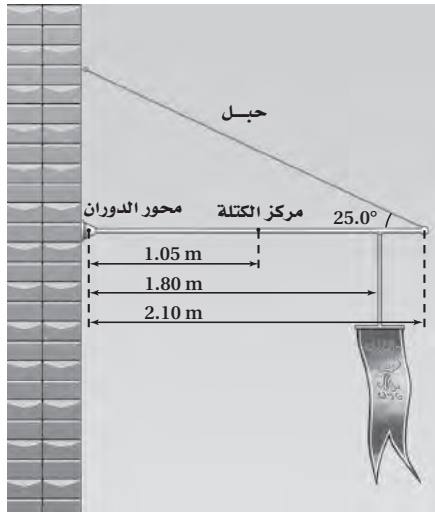
c. هل يمكن ألا يساوي التسارع الخطي صفرًا عندما يكون التسارع المركزي صفرًا؟ وضح ذلك.

عندما تكون $\omega = 0.0$ لحظيًا، غير أن α ليست صفرًا، حيث تستمر ω في التغير.

d. هل يمكن ألا يساوي التسارع المركزي صفرًا عندما يكون التسارع الخطي صفرًا؟ وضح ذلك.

نعم، مادامت ω ثابتة ولكنها ليست صفرًا.

74. التحليل والاستنتاج تتدلى راية كبيرة من سارية أفقية قابلة للدوران حول نقطة تثبيتها في جدار كما في **الشكل 25–1**، إذا كان طول السارية 2.10 m، ووزنها 175 N، ووزن الراية 105 N، وعُلِّقت على بعد 1.80 m من محور الدوران (نقطة التثبيت في الجدار) فما قوة الشد في الحبل الداعم للسارية؟



■ **الشكل 25–1**

يمكننا استخدام العزوم لإيجاد المركّبة الرأسية لقوة الشد ($F_{\text{شد}y}$). فالعزوم التي في اتجاه حركة عقارب الساعة متزنة مع العزوم التي في عكس اتجاه حركة عقارب الساعة.

$$\tau_{\text{في اتجاه حركة عقارب الساعة}} = \tau_{\text{في عكس اتجاه حركة عقارب الساعة}}$$

$$\tau_{\text{الحبل}} = \tau_{\text{السارية}} + \tau_{\text{الراية}}$$

$$F_{\text{شد}y}\, r_{\text{الحبل}} = F_{\text{السارية}}\, r_{\text{السارية}} + F_{\text{الراية}}\, r_{\text{الراية}}$$

$$F_{\text{شد}y} = \frac{F_{\text{السارية}}\, r_{\text{السارية}} + F_{\text{الراية}}\, r_{\text{الراية}}}{r_{\text{الحبل}}}$$

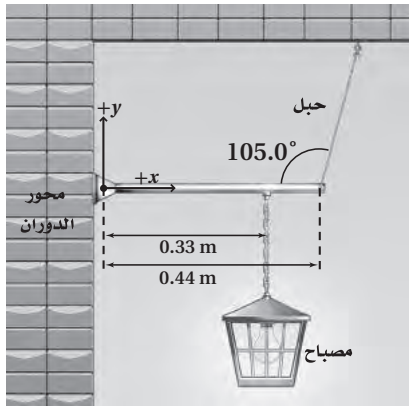
الشد الكلي يساوي:

$$F_{\text{شد}} = \frac{F_{\text{لأشد}}}{\sin 25^\circ} = \frac{F_{\text{السارية}}\, r_{\text{السارية}} + F_{\text{الراية}}\, r_{\text{الراية}}}{r_{\text{الحبل}} \sin 25^\circ}$$

$$= \frac{(175\ \text{N})(1.05\ \text{m}) + (105\ \text{N})(1.80\ \text{m})}{(2.10\ \text{m})\ \sin 25^\circ}$$

$$= 420\ \text{N}$$

75. التحليل والاستنتاج يتدلى مصباح من سلسلة معلقة بقضيب أفقي قابل للدوران حول نقطة اتصاله بجدار، ومشدود من طرفه الآخر بحبل، انظر إلى **الشكل 26–1**. إذا كان وزن القضيب 27 N، ووزن المصباح 64 N



■ **الشكل 26–1**

a. فما العزم المتولد من كل قوة؟

$$\tau_g = -F_g\, r \sin\theta$$

$$= -(27\ \text{N})(0.22\ \text{m})(\sin 90.0^\circ)$$

$$= -5.9\ \text{N.m}$$

$$\tau_{\text{المصباح}} = -F_{\text{المصباح}}\, r \sin\theta$$

$$= -(64\ \text{N})(0.33\ \text{m})(\sin 90.0^\circ)$$

$$= -21\ \text{N.m}$$

b. وما قوة الشد في الحبل الداعم لقضيب المصباح؟

يمكننا استخدام العزوم لإيجاد المركّبة الرأسية لقوة الشد ($F_{شدy}$). العزوم التي في اتجاه حركة عقارب الساعة متزنة مع العزوم التي في عكس اتجاه حركة عقارب الساعة.

$$\tau_{\text{في اتجاه حركة عقارب الساعة}} = \tau_{\text{في عكس اتجاه حركة عقارب الساعة}}$$

$$\tau_{\text{الحبل}} = \tau_{\text{القضيب}} + \tau_{\text{المصباح}}$$

$$F_{شدy}\, r_{\text{الحبل}} = F_{\text{القضيب}}\, r_{\text{القضيب}} + F_{\text{المصباح}}\, r_{\text{المصباح}}$$

$$F_{شدy} = \frac{F_{\text{القضيب}}\, r_{\text{القضيب}} + F_{\text{المصباح}}\, r_{\text{المصباح}}}{r_{\text{الحبل}}}$$

الشد الكلي يساوي:

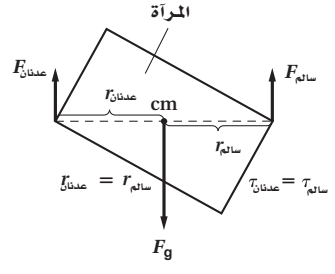
$$F_{\text{شد}} = \frac{F_{شدy}}{\sin 105^\circ} = \frac{F_{\text{القضيب}}\, r_{\text{القضيب}} + F_{\text{المصباح}}\, r_{\text{المصباح}}}{r_{\text{الحبل}} \sin 105^\circ}$$

$$F_{\text{شد}} = \frac{(27\ \text{N})\left(\frac{0.44\ \text{m}}{2}\right) + (64\ \text{N})\ (0.33\ \text{m})}{(0.44\ \text{m})\ \sin 105^\circ}$$

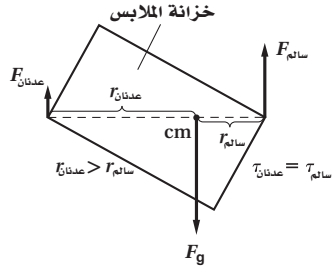
$$F_{\text{شد}} = 64\ \text{N}$$

76. التحليل والاستنتاج ينقل عدنان وسالم الأجسام الآتية إلى أعلى السلم: مرآة كبيرة، وخزانة ملابس، وتلفازًا، حيث يقف سالم عند الطرف العلوي، ويقف عدنان عند الطرف السفلي. وعلى افتراض أن كليهما يؤثر بقوى رأسية فقط.

a. ارسم مخطط الجسم الحر مبينًا فيه سالمًا وعدنان يؤثران بالقوة نفسها في المرآة.

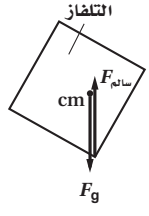


b. ارسم مخطط الجسم الحر مبينًا فيه عدنان يؤثر بقوة أكبر في أسفل خزانة الملابس.



c. أين يكون مركز كتلة التلفاز لكي يحمل سالم الوزن كله؟

مباشرة فوق المكان الذي يرفع منه عدنان.



الكتابة في الفيزياء

صفحة 36

77. يعرف علماء الفلك أنه إذا كان التابع الطبيعي (كالقمر) قريبًا جدًّا من الكوكب فإنه سيتحطم إلى أجزاء بسبب قوى تسمى قوى المدّ والجزر. وبالمثل فإنّ الفرق بين قوتي الجاذبية الأرضية على طرفي القمر الاصطناعي القريب من الأرض والبعيد عنها أكبر من قوة تماسكه. ابحث في حد روش Roche limit، وحدّد بعد القمر عن الأرض ليدور حولها عند حد روش.

إذا كانت كثافة التابع تساوي كثافة الكوكب كان حد روش Roche limit يساوي نصف قطر الكوكب 2.446 مرة. وحد روش Roche للأرض يساوي 18,470 km.

78. تصنف محركات السيارات وفق عزم الدوران الذي تنتجه. ابحث عن سبب الاهتمام بعزم الدوران وقياسه.

تتسارع السيارة بسبب القوة التي تؤثر بها الأرض في الإطارات، وتنتج هذه القوة عن المحرك عن طريق تدوير محور الإطارات. والعزم المؤثر في الإطار يساوي القوة المؤثرة في حافة الإطار مضروبة في نصف قطره، وقد تغير نواقل الحركة القوة المؤثرة لكنها لا تغير العزم؛ لذا فإن مقدار العزم المتولد من المحرك ينتقل إلى الإطارات.

مراجعة تراكمية

صفحة 36

79. تحركت زلاجة كتلتها 60.0 kg بسرعة 18.0 m/s في منعطف نصف قطره 20.0 m. كم يجب أن يكون الاحتكاك بين الزلاجة والجليد حتى تجتاز المنعطف؟

$$F_{\text{احتكاك}} = F_{\text{محصلة}} = \frac{mv^2}{r}$$

$$= \frac{(60.0\ \text{kg})(18.0\ \text{m/s})^2}{20.0\ \text{m}} = 972\ \text{N}$$

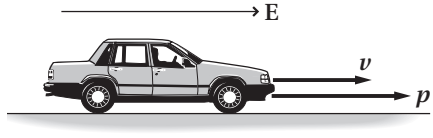
مسائل تدريبية

2–1 الدفع والزخم (صفحة 45–39)

صفحة 44

1. تتحرك سيارة صغيرة كتلتها 725 kg بسرعة 115 km/h في اتجاه الشرق. عبر عن حركة السيارة برسم تخطيطي.

a. احسب مقدار زخمها وحدد اتجاهه، وارسم سهما على رسم السيارة يعبر عن الزخم.



$$p = mv$$

$$= (725\ \text{kg})(115\ \text{km/h})\left(\frac{1000\ \text{m}}{1\ \text{km}}\right)\left(\frac{1\ \text{h}}{3600\ \text{s}}\right)$$

$$= 2.32\times10^{4}\ \text{kg.m/s}\ \text{شرقًا}$$

b. إذا امتلكت سيارة أخرى الزخم نفسه، وكانت كتلتها 2175 kg، فما سرعتها المتجهة؟

$$v = \frac{p}{m}$$

$$= \frac{(2.32\times10^{4}\ \text{kg.m/s})\left(\frac{3600\ \text{s}}{1\ \text{h}}\right)\left(\frac{1\ \text{km}}{1000\ \text{m}}\right)}{2175\ \text{kg}}$$

$$= 38.4\ \text{km/h}\ \text{شرقًا}$$

2. إذا ضغط السائق في السؤال السابق على الكوابح بشدة لإبطاء السيارة خلال 2.0 s، وكان متوسط القوة المؤثرة في السيارة لإبطائها يساوي 5.0×10^{3} N،

$$\Delta t = 2.0\ \text{s}$$

$$F = -5.0\times10^{3}\ \text{N}$$

a. فما التغير في زخم السيارة؟ أي ما مقدار واتجاه الدفع على السيارة؟

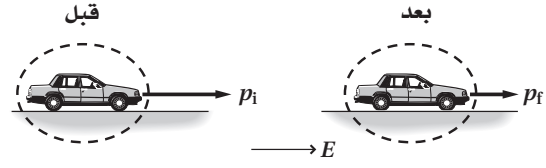
$$\text{الدفع} = F\Delta t$$

$$= (-5.0\times10^{3}\ \text{N})(2.0\ \text{s})$$

$$= -1.0\times10^{4}\ \text{N.s}$$

اتجاه الدفع نحو الغرب ومقداره 1.0×10^{4} N.s

b. أكمل الرسمين لما قبل الضغط على الكوابح وبعده، ثمّ حدّد الزخم والسرعة المتجهة للسيارة بعد الانتهاء من الضغط على الكوابح.



$p_i = 2.32\times10^4\ \text{kg.m/s}$ شرقًا

$F\Delta t = \Delta p = p_f - p_i$

$p_f = F\Delta t + p_i$

$= -1.0\times10^4\ \text{kg.m/s} + 2.32\times10^4\ \text{kg.m/s}$

$= 1.3\times10^4\ \text{kg.m/s}$ شرقًا

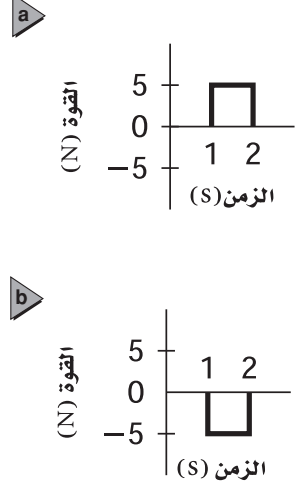
$p_f = mv_f$

$v_f = \frac{p_f}{m} = \frac{1.3\times10^4\ \text{kg.m/s}}{725\ \text{kg}}$

$= 18\ \text{m/s}$

$= 65\ \text{km/h}$ شرقًا

3. تتدحرج كرة بولنج كتلتها 7.0 kg على ممر الانزلاق بسرعة متجهة مقدارها 2.0 m/s. احسب سرعة الكرة، واتجاه حركتها بعد تأثير كل دفع من الدفعين المبينين في **الشكلين 3a–2 و 3b–2**.



■ **الشكل 3 – 2**

a. $F\Delta t = p_f - p_i = mv_f - mv_i$

$v_f = \frac{F\Delta t + mv_i}{m}$

$= \frac{(5.0\ \text{N})(1.0\ \text{s}) + (7.0\ \text{kg})(2.0\ \text{m/s})}{7.0\ \text{kg}}$

$= 2.7\ \text{m/s}$ في اتجاه السرعة المتجهة الأصلية نفسها

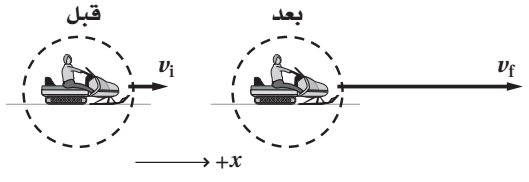
b. $v_f = \frac{F\Delta t + mv_i}{m}$

$= \frac{(-5.0\ \text{N})(1.0\ \text{s}) + (7.0\ \text{kg})(2.0\ \text{m/s})}{7.0\ \text{kg}}$

$= 1.3\ \text{m/s}$ في اتجاه السرعة المتجهة الأصلية نفسها

4. سرّع سائق عربة ثلج كتلتها 240.0 kg، وذلك بالتأثير بقوة أدت إلى زيادة سرعتها من 6.0 m/s إلى 28.0 m/s خلال فترة زمنية مقدارها 60.0 s.

a. ارسم مخططًا يمثل الوضعين الابتدائي والنهائي للعربة.



b. ما التغير في زخم العربة؟ وما الدفع على العربة؟

$\Delta p = F\Delta t$

$= m(v_f - v_i)$

$= (240.0\ \text{kg})(28.0\ \text{m/s} - 6.00\ \text{m/s})$

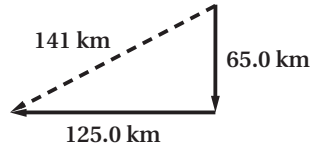
$= 5.28\times10^3\ \text{kg.m/s}$

c. ما مقدار متوسط القوة التي أثرت في العربة؟

$F = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{5.28\times10^3\ \text{kg.m/s}}{60.0\ \text{s}}$

$= 88.0\ \text{N}$

5. افترض أنَّ شخصًا كتلته 60.0 kg موجود في المركبة التي اصطدمت بالحائط الأسمنتي في المثال 1، حيث السرعة المتجهة للشخص مساوية للسرعة المتجهة للمركبة قبل التصادم وبعده، وتغيرت هذه السرعة المتجهة خلال 2.0 s. ارسم مخططًا يمثل المسألة.



a. ما متوسط القوة المؤثرة في الشخص؟

$$F\Delta t = \Delta p = p_f - p_i$$

$$F = \frac{p_f - p_i}{\Delta t}$$

$$= \frac{(0.0\ \text{kg.m/s}) - (60.0\ \text{kg})\ (94\ \text{km/h})}{0.20\ \text{s}}$$

$$\left(\frac{1000\ \text{m}}{1\ \text{km}}\right)\left(\frac{1\ \text{h}}{3600\ \text{s}}\right)$$

$= 7.8\times10^3\ \text{N}$ في عكس اتجاه الحركة

b. يعتقد بعض الأشخاص أنّ بإمكانهم أن يوقفوا اندفاع أجسامهم إلى الأمام في مركبة ما عندما تتوقف فجأة، وذلك بوضع أيديهم على لوحة العدادات. احسب كتلة جسم وزنه يساوي القوة التي حسبتها في الفرع **a**. وهل تستطيع رفع مثل هذه الكتلة؟ وهل أنت قويّ بدرجة كافية لتوقف جسمك باستخدام ذراعيك؟

$$F_g = mg$$

$$m = \frac{F_g}{g} = \frac{7.8\times10^3\ \text{N}}{9.80\ \text{m/s}^2} = 8.0\times10^2\ \text{kg}$$

ومثل هذه الكتلة لا يمكن رفعها لأنها ثقيلة؛ لذا لا يمكنك إيقاف جسمك بأمان بذراعيك.

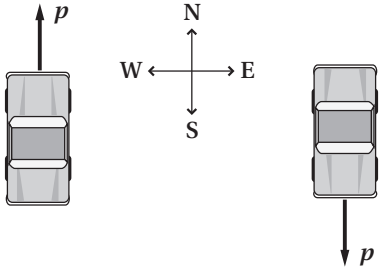
مراجعة القسم

1–2 الدفع والزخم (صفحة 45–39)

صفحة 45

6. الزخم هل يختلف زخم سيارة تتحرك جنوبًا عن زخم السيارة نفسها عندما تتحرك شمالاً، إذا كان مقدار السرعة في الحالتين متساويًا؟ ارسم متجهات الزخم لتدعم إجابتك.

نعم؛ فالزخم كمية متجهة، ويكون زخما السيارتين في اتجاهين متعاكسين.



7. الدفع والزخم عندما تقفز من ارتفاع معين إلى الأرض فإنك تثني رجليك لحظة ملامسة قدميك الأرض. بيّن لماذا تفعل هذا اعتمادًا على المفاهيم الفيزيائية التي تعلمتها في هذا الفصل.

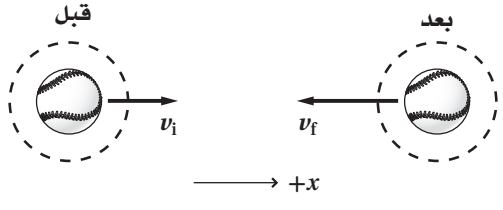
لقد قلّلت القوة بزيادة الفترة الزمنية التي استغرقتها لإيقاف حركة جسمك.

8. الزخم أيّهما له زخم أكبر، ناقلة نفط راسية بثبات في رصيف ميناء، أم قطرة مطر ساقطة؟

لقطرة المطر الساقطة زخم أكبر؛ لأنّ ناقلة النفط في وضع السكون لها زخم يساوي صفرًا.

9. الدفع والزخم قذفت كرة بيسبول كتلتها 0.174 kg أفقيًّا بسرعة 26.0 m /s. وبعد أن ضُربت الكرة بالمضرب تحركت في الاتجاه المعاكس بسرعة 38.0 m /s.

a. ارسم متجهات الزخم للكرة قبل ضربها بالمضرب وبعده.



b. ما التغير في زخم الكرة؟

$$\Delta p = m(v_f - v_i)$$

$$= (0.174\ \text{kg})(38.0\ \text{m/s} - (-26.0\ \text{m/s}))$$

$$= 11.1\ \text{kg.m/s}$$

c. ما الدفع الناتج عن المضرب؟

$$F\Delta t = p_f - p_i$$

$$= \Delta p$$

$$= 11.1\ \text{kg.m/s}$$

$$= 11.1\ \text{N.s}$$

d. إذا بقي المضرب متصلاً بالكرة مدة 0.80 ms فما متوسط القوة التي أثر بها المضرب في الكرة؟

$$F\Delta t = m(v_f - v_i)$$

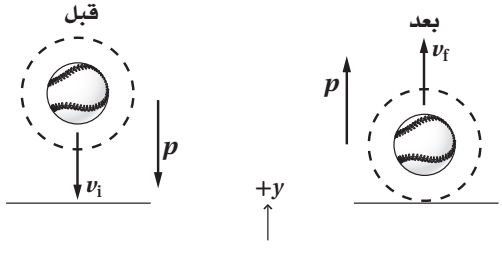
$$F = \frac{m(v_f - v_i)}{\Delta t}$$

$$= \frac{(0.174\ \text{kg})\ (38.0\ \text{m/s} - (-26.0\ \text{m/s}))}{(0.80\ \text{ms})\left(\frac{1\ \text{s}}{1000\ \text{ms}}\right)}$$

$$= 1.4 \times 10^4\ \text{N}$$

10. الزخم إنّ مقدار سرعة كرة السلة لحظة اصطدامها بالأرض هو نفسه بعد التصادم مباشرة. هل يعني ذلك أن التغير في زخم الكرة يساوي صفرًا عند اصطدامها بالأرض؟ إذا كان الجواب بالنفي ففي أيّ اتجاه يكون التغير في الزخم؟ ارسم متجهات الزخم لكرة السلة قبل أن تصطدم بالأرض وبعده.

لا، يكون التغير في الزخم إلى أعلى؛ فقبل أن تصطدم الكرة بالأرض يكون متجه الزخم إلى أسفل، وبعد التصادم يكون متجه الزخم إلى أعلى.



11. التفكير الناقد يصوّب رام سهامه في اتجاه هدف، فتنغرز بعض السهام في الهدف، ويرتد بعضها الآخر عنه. افترض أن كتل السهام وسرعاتها المتجهة متساوية، فأيّ السهام ينتج دفعًا أكبر على الهدف؟ *تلميح: ارسم مخططًا تبيّن فيه زخم السهام قبل إصابة الهدف وبعدها في الحالتين.*

تنتج الأسهم المرتدة عن الهدف دفعًا أكبر؛ لأن لها زخمًا في الاتجاه المعاكس عند ارتدادها، وهذا يعني أن لديها تغيرًا كبيرًا في الزخم.

مسائل تدريبية

2–2 حفظ الزخم (صفحة 55–46)

صفحة 48

12. اصطدمت سيارتا شحن كتلة كل منهما 3.0×10^5 kg، فالتصقتا معًا، فإذا كانت سرعة إحداهما قبل التصادم مباشرة 2.2 m/s، وكانت الأخرى ساكنة، فما سرعتهما النهائية؟

$$p_i = p_f$$

$$mv_{Ai} + mv_{Bi} = 2mv_f$$

$$v_f = \frac{v_{Ai} + v_{Bi}}{2}$$

$$= \frac{2.2\ \text{m/s} + 0.0\ \text{m/s}}{2}$$

$$= 1.1\ \text{m/s}$$

13. يتحرك قرص لعبة هوكي كتلته 0.105 kg بسرعة 24 m/s، فيمسك به حارس مرمى كتلته 75 kg في حالة سكون، ما السرعة التي ينزلق بها حارس المرمى على الجليد؟

$$p_{i,\text{قرص الهوكي}} + p_{i,\text{حارس المرمى}} = p_{f,\text{قرص الهوكي}} + p_{f,\text{حارس المرمى}}$$

$$m_{\text{قرص الهوكي}} v_{i,\text{قرص الهوكي}} + m_{\text{حارس المرمى}} v_{i,\text{حارس المرمى}} = m_{\text{قرص الهوكي}} v_{f,\text{قرص الهوكي}} + m_{\text{حارس المرمى}} v_{f,\text{حارس المرمى}}$$

وبما أن:

$$v_{i,\text{حارس المرمى}} = 0.0\ \text{kg.m/s}$$

فإن:

$$m_{\text{قرص الهوكي}} v_{i,\text{قرص الهوكي}} = (m_{\text{قرص الهوكي}} + m_{\text{حارس المرمى}}) v_f$$

حيث إن

$v_f = v_{f,\text{قرص الهوكي}} = v_{f,\text{حارس المرمى}}$ هي السرعة النهائية المشتركة لحارس المرمى وقرص الهوكي

$$v_f = \frac{m_{\text{قرص الهوكي}} v_{i,\text{حارس المرمى}}}{(m_{\text{قرص الهوكي}} + m_{\text{حارس المرمى}})}$$

$$= \frac{(0.105\ \text{kg})(24\ \text{m/s})}{(0.105\ \text{kg} + 75\ \text{kg})} = 0.34\ \text{m/s}$$

تابع الفصل 2

14. اصطدمت رصاصة كتلتها 35.0 g بقطعة خشب ساكنة كتلتها 5.0 kg، فاستقرت فيها، فإذا تحركت قطعة الخشب والرصاصة معًا بسرعة 8.6 m/s فما السرعة الابتدائية للرصاصة قبل التصادم؟

$$m_{\text{الرصاصة}} v_{\text{i،الرصاصة}} + m_{\text{قطعة الخشب}} v_{\text{i،قطعة الخشب}} = (m_{\text{الرصاصة}} + m_{\text{قطعة الخشب}}) v_{\text{f}}$$

حيث إن v_{f} هي السرعة النهائية المشتركة للرصاصة وقطعة الخشب.

لما كانت

$$v_{\text{i،قطعة الخشب}} = 0.0 \text{ m/s},$$

فإن

$$v_{\text{i،الرصاصة}} = \frac{(m_{\text{الرصاصة}} + m_{\text{قطعة الخشب}})\, v_{\text{f}}}{m_{\text{الرصاصة}}}$$

$$= \frac{(0.0350 \text{ kg} + 5.0 \text{ kg})(8.6 \text{ m/s})}{0.0350 \text{ kg}}$$

$$= 1.2 \times 10^{3} \text{ m/s}$$

15. تحركت رصاصة كتلتها 35.0 g بسرعة 475 m/s، فاصطدمت بكيس من الطحين كتلته 2.5 kg موضوع على أرضية ملساء في حالة سكون، فاخترقت الرصاصة الكيس، انظر إلى **الشكل 5–2**، وخرجت منه بسرعة 275 m/s، ما سرعة الكيس لحظة خروج الرصاصة منه؟

■ **الشكل 5–2**

$$m_{\text{الرصاصة}} v_{\text{i،الرصاصة}} + m_{\text{الكيس}} v_{\text{i،الكيس}} = m_{\text{الرصاصة}} v_{\text{f،الرصاصة}} + m_{\text{الكيس}} v_{\text{f،الكيس}}$$

حيث إن

$$v_{\text{i،الكيس}} = 0.0 \text{ m/s}$$

$$v_{\text{f،الكيس}} = \frac{(m_{\text{الرصاصة}} v_{\text{i،الرصاصة}} - m_{\text{الرصاصة}} v_{\text{f،الرصاصة}})}{m_{\text{الكيس}}}$$

$$v_{\text{f،الكيس}} = \frac{m_{\text{الرصاصة}} (v_{\text{i،الرصاصة}} + v_{\text{f،الرصاصة}})}{m_{\text{الكيس}}}$$

$$= \frac{(0.0350 \text{ kg})(475 \text{ m/s} - 275 \text{ m/s})}{2.5 \text{ kg}}$$

$$= 2.8 \text{ m/s}$$

تابع الفصل 2

16. إذا اصطدمت الرصاصة المذكورة في السؤال السابق بكرة فولاذية كتلتها 2.5 kg في حالة سكون، فارتدت الرصاصة عنها بسرعة مقدارها 5.0 m/s، فكم تكون سرعة الكرة بعد ارتداد الرصاصة؟

النظام يمثل الرصاصة والكرة

$$m_{\text{الرصاصة}} v_{\text{i،الرصاصة}} + m_{\text{الكرة}} v_{\text{i،الكرة}} = m_{\text{الرصاصة}} v_{\text{f،الرصاصة}} + m_{\text{الكرة}} v_{\text{f،الكرة}}$$

بما أن

$$v_{\text{i،الكرة}} = 0.0\ \text{m/s}\ ,\ v_{\text{f،الرصاصة}} = -5.0\ \text{m/s}$$

فإن

$$v_{\text{i،الكرة}} = \frac{m_{\text{الرصاصة}} \left(v_{\text{i،الرصاصة}} - v_{\text{f ،الرصاصة}}\right)}{m_{\text{الكرة}}}$$

$$= \frac{(0.0350\ \text{kg})\ (475\ \text{m/s} - (-5.0\ \text{m/s}))}{2.5\ \text{kg}}$$

$$= 6.7\ \text{m/s}$$

17. تحركت كرة كتلتها 0.50 kg بسرعة 6.0 m/s فاصطدمت بكرة أخرى كتلتها 1.00 kg تتدحرج في الاتجاه المعاكس بسرعة مقدارها 12.0 m/s. فإذا ارتدت الكرة الأقل كتلة إلى الخلف بسرعة مقدارها 14 m/s بعد التصادم فكم يكون مقدار سرعة الكرة الأخرى بعد التصادم؟

افترض أن الكرة الأولى هي الكرة C تتحرك ابتدائيًا في الاتجاه الموجب (نحو الأمام).

$$m_C v_{Ci} + m_D v_{Di} = m_C v_{Cf} + m_D v_{Df}$$

$$v_{Df} = \frac{m_C\, v_{Ci} + m_D\, v_{Di} - m_C\, v_{Cf}}{m_D}$$

$$= \frac{(0.50\ \text{kg})\ (6.0\ \text{m/s}) + (1.00\ \text{kg})\ (-12.0\ \text{m/s}) - (0.50\ \text{kg})\ (-14\ \text{m/s})}{2.5\ \text{kg}}$$

$$= -2.0\ \text{m/s},$$

أو في الاتجاه المعاكس 2.0 m/s

صفحة 52

18. أطلق نموذج لصاروخ كتلته 4.00 kg، بحيث نفث 50.0 g من الوقود المحترق من العادم بسرعة مقدارها 625 m/s، ما سرعة الصاروخ المتجهة بعد احتراق الوقود؟ *تلميح: أهمل القوتين الخارجيتين الناتجتين عن الجاذبية ومقاومة الهواء.*

$$p_{\text{i ،الصاروخ}} + p_{\text{i ،الوقود}} = p_{\text{f،الصاروخ}} + p_{\text{f ،الوقود}}$$

حيث

$$p_{\text{f،الصاروخ}} + p_{\text{f ،الوقود}} = 0.0\ \text{kg.m/s}$$

إذا كانت كتلة الصاروخ الابتدائية (بما فيها كتلة الوقود) تساوي:

$$m_{\text{الصاروخ}} = 4.00\ \text{kg},$$

عندها تكون كتلة الصاروخ النهائية تساوي:

$$m_{\text{f،الصاروخ}} = 4.00\ \text{kg} - 0.0500\ \text{kg} = 3.95\ \text{kg}$$

$$0.0\ \text{kg.m/s} = m_{\text{f،الصاروخ}}\, v_{\text{f،الصاروخ}} + m_{\text{الوقود}} v_{\text{f،الوقود}}$$

$$v_{f,\text{الصاروخ}} = \frac{-m_{\text{الوقود}}\, v_{f,\text{الوقود}}}{m_{f,\text{الصاروخ}}}$$

$$= \frac{-(0.0500\ \text{kg})(-625\ \text{m/s})}{3.95\ \text{kg}}$$

$$= 7.91\ \text{m/s}$$

19. ترتبط عربتان إحداهما مع الأخرى بخيط يمنعهما من الحركة، ولدى احتراق الخيط دفع نابض مضغوط بينهما العربتين في اتجاهين متعاكسين، فإذا اندفعت إحدى العربتين وكتلتها 1.5 kg بسرعة متجهة 27 cm/s إلى اليسار، فما السرعة المتجهة للعربة الأخرى التي كتلتها 4.5 kg؟

افترض أن العربة التي كتلتها 1.5 kg تمثل العربة C، وأن العربة التي كتلتها 4.5 kg تمثل العربة D.

$$p_{Ci} + p_{Di} = p_{Cf} + p_{Df}$$

ولما كانت:

$$p_{Ci} = p_{Di} = 0.0\ \text{kg.m/s}$$

$$m_D v_{Df} = -m_C v_{Cf}$$

فإن:

$$v_{Df} = \frac{-m_C v_{Cf}}{m_D}$$

$$= \frac{-(1.5\ \text{kg})(-27\ \text{cm/s})}{4.5\ \text{kg}}$$

$$= 9.0\ \text{cm/s}\ \text{إلى اليمين}$$

20. قامت صفاء وديمة بإرساء زورق، فإذا تحركت صفاء التي كتلتها 80.0 kg إلى الأمام بسرعة 4.0 m/s عند مغادرة الزورق، فما مقدار واتجاه سرعة الزورق وديمة إذا كانت كتلتاهما معًا تساوي 115 kg؟

$$p_{i,\text{صفاء}} + p_{i,\text{ديمة}} = p_{f,\text{صفاء}} + p_{f,\text{ديمة}}$$

ولما كانت:

$$p_{i,\text{صفاء}} = p_{i,\text{ديمة}} = 0.0\ \text{kg.m/s}$$

فإن:

$$m_{\text{صفاء}} v_{f,\text{صفاء}} = -m_{\text{ديمة}} v_{f,\text{ديمة}}$$

$$v_{f,\text{ديمة}} = \frac{-m_{\text{صفاء}} v_{f,\text{صفاء}}}{m_{\text{ديمة}}}$$

$$= \frac{-(80.0\ \text{kg})\ (4.0\ \text{m/s})}{115\ \text{kg}}$$

$$= 2.8\ \text{m/s}\ \text{في الاتجاه المعاكس}$$

صفحة 54

21. تحركت سيارة كتلتها 925 kg شمالاً بسرعة 20.1 m/s، فاصطدمت بسيارة كتلتها 1865 kg متحركة غربًا بسرعة 13.4 m/s، فالتحمتا معًا. ما مقدار سرعتهما واتجاههما بعد التصادم؟

قبل:

$$p_{i,y} = m_y v_{i,y}$$

$$= (925\ \text{kg})(20.1\ \text{m/s})$$

$$= 1.86\times10^4\ \text{kg.m/s}$$

$$p_{i,x} = m_x v_{i,x}$$

$$= (1865\ \text{kg})(-13.4\ \text{m/s})$$

$$= -2.50\times10^4\ \text{kg.m/s}$$

$$p_{f,y} = p_{i,y}$$

$$p_{f,x} = p_{i,x}$$

$$p_f = p_i$$

$$= \sqrt{(p_{f,x})^2 + (p_{f,y})^2}$$

$$= \sqrt{(-2.5\times10^4\ \text{kg.m/s})^2 + (1.86\times10^4\ \text{kg.m/s})^2}$$

$$= 3.12\times10^4\ \text{kg.m/s}$$

$$v_f = \frac{p_f}{m_1 + m_2}$$

$$= \frac{3.12\times10^4\ \text{kg. m/s}}{(925\ \text{kg} + 1865\ \text{kg})} = 11.2\ \text{m/s}$$

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{p_{f,y}}{p_{f,x}}\right)$$

$$= \tan^{-1}\left(\frac{1.86\times10^4\ \text{kg.m/s}}{-2.50\times10^4\ \text{kg.m/s}}\right)$$

$$= 36.6^\circ\ \text{شمال الغرب}$$

تابع الفصل 2

22. اصطدمت سيارة كتلتها 1732 kg متحركة شرقًا بسرعة 31.3 m/s، بسيارة أخرى كتلتها 1383 kg متحركة جنوبًا بسرعة 11.2 m/s، فالتحمتا معًا. ما مقدار سرعتهما واتجاههما مباشرة بعد التصادم؟

قبل:

$$p_{i,x} = p_{1,x} + p_{2,x}$$

$$= m_1 v_{1i} + 0$$

$$p_{i,y} = p_{1,y} + p_{2,y}$$

$$= 0 + m_2 v_{2i}$$

$$p_f = p_i$$

$$= \sqrt{p_{i,x}{}^2 + p_{i,y}{}^2}$$

$$= \sqrt{(m_1 v_{1i})^2 + (m_2 v_{2i})^2}$$

$$v_f = \frac{p_f}{m_1 + m_2}$$

$$= \frac{\sqrt{(m_1 v_{1i})^2 + (m_2 v_{2i})^2}}{m_1 + m_2}$$

$$= \frac{\sqrt{((1732\ \text{kg})(31.3\ \text{m/s}))^{2+}((1383\ \text{kg})(-11.2\ \text{m/s}))^2}}{1782\ \text{kg} + 1383\ \text{kg}}$$

$$= 18.1\ \text{m/s}$$

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{p_{i,y}}{p_{i,x}}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{m_2 v_{2i}}{m_1 v_{1i}}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{(1383\ \text{kg})(-11.2\ \text{m/s})}{(1732\ \text{kg})(31.3\ \text{m/s})}\right)$$

$$= 15.9^\circ \text{ جنوب الشرق}$$

تابع الفصل 2

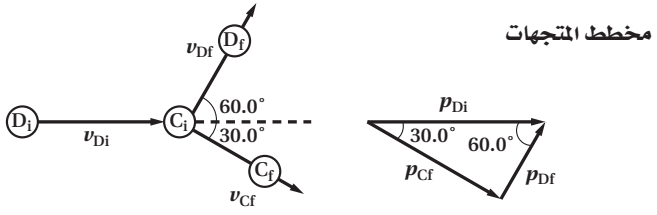
23. تعرضت كرة بلياردو ساكنة كتلتها 0.17 kg للاصطدام بكرة مماثلة لها متحركة بسرعة 4.0 m/s، فتحركت الكرة الثانية بعد التصادم في اتجاه يميل 60.0° إلى يسار اتجاهها الأصلي، في حين تحركت الكرة الأولى في اتجاه يميل 30° إلى يمين الاتجاه الأصلي للكرة المتحركة. ما سرعة كل من الكرتين بعد التصادم؟

$$p_{Ci} + p_{Di} = p_{Cf} + p_{Df}$$

حيث

$$p_{Ci} = 0.0 \text{ kg.m/s}$$

$$m_C = m_D = m = 0.17 \text{ kg}$$



يزوِّدنا مخطط المتجهات بمعادلتي الزخم النهائيتين للكرة التي تكون ساكنة (C) في البداية، والكرة التي تكون متحركة (D) في البداية.

$$p_{Cf} = p_{Di} \sin 60.0^\circ$$

$$p_{Df} = p_{Di} \cos 60.0^\circ$$

يمكننا استخدام معادلة الزخم للكرة الساكنة لإيجاد سرعتها المتجهة النهائية.

$$p_{Cf} = p_{Di} \sin 60.0^\circ$$

$$mv_{Cf} = mv_{Di} \sin 60.0^\circ$$

$$v_{Cf} = v_{Di} \sin 60.0^\circ$$

$$= (4.0 \text{ m/s})(\sin 60.0^\circ)$$

$$= 3.5 \text{ m/s}, \text{ نحو اليمين } 30.0^\circ$$

ويمكننا استخدام معادلة الزخم للكرة المتحركة لإيجاد سرعتها المتجهة النهائية.

$$p_{Df} = p_{Di} \cos 60.0^\circ$$

$$mv_{Df} = mv_{Di} \cos 60.0^\circ$$

$$v_{Df} = v_{Di} \cos 60.0^\circ$$

$$= (4.0 \text{ m/s})(\cos 60.0^\circ)$$

$$= 2.0 \text{ m/s}, \text{ نحو اليسار } 60.0^\circ$$

تابع الفصل 2

24. تحركت سيارة كتلتها 1923 kg شمالاً، فاصطدمت بسيارة أخرى كتلتها 1345 kg متحركة شرقًا بسرعة 15.7 m/s، فالتحمتا معًا وتحركتا بسرعة مقدارها 14.5 m/s وتميل على الشرق بزاوية مقدارها 63.5°. فهل كانت السيارة المتحركة شمالاً متجاوزة حدّ السرعة 20.1 m/s قبل التصادم؟

قبل:

$$p_{i,x} = m_2 v_{2,i}$$

$$= (1345\ \text{kg})(15.7\ \text{m/s})$$

$$= 2.115 \times 10^4\ \text{kg.m/s}$$

$$p_f = p_i$$

$$= (m_1 + m_2) v_f$$

$$= (1345\ \text{kg} + 1923\ \text{kg})(14.5\ \text{m/s})$$

$$= 4.74 \times 10^4\ \text{kg.m/s}$$

$$p_{f,y} = p_f \sin\theta$$

$$= (4.74 \times 10^4\ \text{kg.m/s})(\sin 63.5°)$$

$$= 4.24 \times 10^4\ \text{kg.m/s}$$

$$p_{f,y} = p_{i,y} = m_1 v_{1,i}$$

$$v_{1,i} = \frac{p_{f,y}}{m_1} = \frac{4.24 \times 10^4\ \text{kg.m/s}}{1923\ \text{kg}}$$

$$= 22.1\ \text{m/s}$$

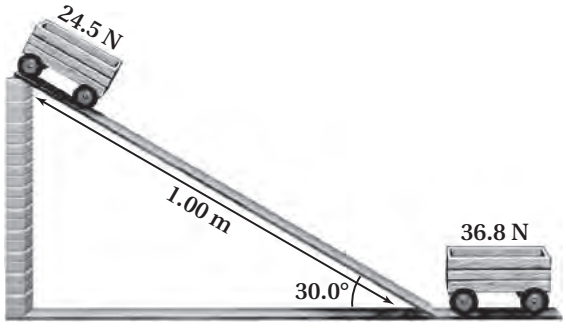
نعم، إنها تتعدى حد السرعة

مراجعة القسم

2–2 حفظ الزخم (صفحة 55–46)

صفحة 55

25. السرعة تحركت عربة وزنها 24.5 N من السكون على مستوى مائل طوله 1.0 m ويميل على الأفق بزاوية 30.0°. انظر إلى **الشكل 9–2**. اندفعت العربة إلى نهاية المستوى المائل، فصدمت عربة أخرى وزنها 36.8 N موضوعة عند أسفل المستوى المائل.



■ **الشكل 9–2**

a. احسب مقدار سرعة العربة الأولى عند أسفل المستوى المائل.

القوة الموازية لسطح المستوى المائل هي:

$$F_{\parallel} = F_g \sin\theta$$

ولما كانت:

$$a = \frac{F_{\parallel}}{m},\ m = \frac{F_g}{g}$$

فإن:

$$a = \frac{F_g \sin\theta}{\frac{F_g}{g}} = g \sin\theta$$

ويرتبط كل من السرعة المتجهة للعربة وتسارعها بواسطة معادلة الحركة

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

حيث $v_i = 0\ ,\ d_i = 0$

لذا فإن:

$$v^2 = 2ad$$

$$v = \sqrt{2ad}$$

$$= \sqrt{(2)\ (g \sin\theta)\ (d)}$$

$$= \sqrt{(2)\ (9.80\ \text{m/s}^2)(\sin 30.0°)(1.00\ \text{m})}$$

$$= 3.13\ \text{m/s}$$

b. إذا التحمت العربتان معًا فما سرعة انطلاقهما بعد التصادم؟

$$m_C v_{Ci} = (m_C + m_D) v_f$$

لذا، فإن:

$$v_f = \frac{m_C v_{Ci}}{m_C + m_D}$$

$$= \frac{\left(\frac{F_C}{g}\right) v_{Ci}}{\frac{F_C}{g} + \frac{F_D}{g}}$$

$$= \frac{F_C v_{Ci}}{F_C + F_D}$$

$$= \frac{(24.5\ \text{N})(3.13\ \text{m/s})}{24.5\ \text{N} + 36.8\ \text{N}}$$

$$= 1.25\ \text{m/s}$$

26. حفظ الزخم يستمرّ مضرب لاعب كرة التنس في التقدم إلى الأمام بعد ضرب الكرة، فهل يكون الزخم محفوظًا في التصادم؟ فسّر ذلك، وتنبه إلى أهمية تعريف النظام.

لا؛ لأن كتلة المضرب أكبر كثيرًا من كتلة الكرة، ويحدث تغير صغير في سرعته. بالإضافة إلى أنّ المضرب محمول بكتلة كبيرة وهي الذراع المتحركة المرتبطة مع الجسم المتصل بالأرض؛ لذا فإن المضرب والكرة لا يشكلان نظامًا معزولاً.

27. الزخم يركض لاعب القفز بالزانة في اتجاه نقطة الانطلاق بزخم أفقي. من أين يأتي الزخم الرأسي عندما يقفز اللاعب فوق العارضة؟

يأتي الزخم الرأسي من قوة دفع الأرض للزانة، وتكتسب الأرض زخمًا رأسيًا مساويًا في المقدار ومعاكسًا في الاتجاه.

28. الزخم الابتدائي ركض لاعبان في مباراة كرة قدم من اتجاهين مختلفين، فاصطدما وجهًا لوجه عندما حاولا ضرب الكرة برأسيهما، فاستقرّا في الجو، ثم سقطا على الأرض. صف زخميهما الابتدائيين.

بما أن زخمهما النهائي يساوي صفرًا، فإن زخميهما الابتدائيين متساويان مقدارًا ومتعاكسان اتجاهًا.

29. التفكير الناقد إذا التقطتَ كرة وأنت واقف على لوح تزلج فإنّك ستندفع إلى الخلف. أما إذا كنت تقف على الأرض فإنه يمكنك تجنب الحركة عندما تلتقط الكرة. اشرح كلتا الحالتين باستخدام قانون حفظ الزخم، موضحًا أي نظام استخدمت في كلتا الحالتين.

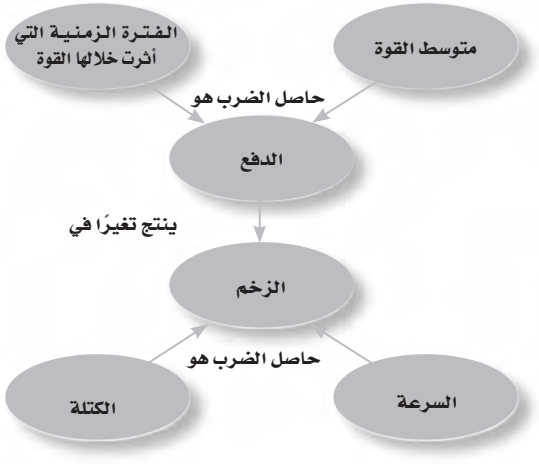
في حالة لوح التزلج، تكوّن أنت والكرة ولوح التزلج نظامًا معزولًا، ويتوزّع زخم الكرة عليكم. أما في الحالة الثانية فهناك قوة خارجية، ما لم يتم تضمين الأرض؛ لذا يكون الزخم غير محفوظ. وإذا تم تضمين كتلة الأرض الكبيرة في النظام فإن التغير في سرعتها لا يكاد يذكر (يمكن إهماله).

تقويم الفصل

خريطة المفاهيم

صفحة 60

30. أكمل خريطة المفاهيم أدناه باستخدام المصطلحات الآتية: الكتلة، الزخم، متوسط القوة، الفترة الزمنية التي أثرت خلالها القوة.



إتقان المفاهيم

صفحة 60

31. هل يمكن أن يتساوى زخم رصاصة مع زخم شاحنة؟ فسّر ذلك. (1–2)

نعم؛ لكي يكون للرصاصة زخم الشاحنة نفسه، يجب أن تكون سرعتها أكبر كثيرًا من سرعة الشاحنة؛ لأن كتلة الشاحنة أكبر كثيرًا من كتلة الرصاصة.

$$m_{\text{الرصاصة}} v_{\text{الرصاصة}} = m_{\text{الشاحنة}} v_{\text{الشاحنة}}$$

تابع الفصل 2

32. رمى لاعبٌ كرة فتلقفها لاعب آخر. مفترضًا أن مقدار سرعة الكرة لم يتغير في أثناء تحليقها في الجوِّ، أجب عن الأسئلة الآتية: (1–2)

a. أي اللاعبين أثر في الكرة بدفع أكبر؟

يؤثر ضارب الكرة ومتلقيها بمقدار الدفع نفسه في الكرة ولكن في اتجاهين متعاكسين.

b. أي اللاعبين أثَّر في الكرة بقوة أكبر؟

يؤثر متلقي الكرة بقوة أكبر في الكرة؛ لأن الفترة الزمنية التي تؤثر فيها القوة أصغر.

33. ينص القانون الثاني لنيوتن على أنه إذا لم تؤثر قوة محصلة في نظامٍ ما فإنه لا يمكن أن يكون هناك تسارع. هل نستنتج أنه لا يمكن أن يحدث تغير في الزخم؟ (1–2)

إذا لم يكن هناك قوة محصلة على النظام فهذا يعني أنه لا يوجد دفع محصل على النظام، ولا يوجد تغير في الزخم، لكن قد يكون لأجزاء مفردة من النظام تغير في الزخم طالما بقي التغير المحصل في الزخم يساوي صفرًا.

34. لماذا تُزود السيارات بماصّ صدمات يمكنه الانضغاط في أثناء الاصطدام؟ (1–2)

تزود السيارات بماصّ صدمات ينضغط في أثناء التصادم؛ لزيادة زمن التصادم، مما يقلل من القوة.

35. ما المقصود «بالنظام المعزول»؟ (2–2)

النظام المعزول هو النظام الذي لا تؤثر فيه أيّ قوى خارجية.

36. في الفضاء الخارجي، تلجأ المركبة الفضائية إلى تشغيل صواريخها لتزيد من سرعتها المتجهة. كيف يمكن للغازات الحارة الخارجة من محرك الصاروخ أن تغير سرعة المركبة المتجهة حيث لا يوجد شيء في الفضاء يمكن للغازات أن تدفعه؟ (2–2)

لما كان الزخم محفوظًا فإن التغير في زخم الغازات في اتجاه ما يجب أن يوازن بتغير مساوٍ له في زخم المركبة الفضائية في الاتجاه المعاكس.

37. تتحرك كرة على طاولة البلياردو، فتصطدم بكرة ثانية ساكنة. فإذا كان للكرتين الكتلة نفسها، وسكنت الكرة الأولى بعد تصادمهما معًا. فماذا يمكننا أن نستنتج حول سرعة الكرة الثانية؟ (2–2)

يجب أن تتحرك الكرة الثانية بنفس سرعة الكرة الأولى قبل أن تصدمها.

38. أسقطت كرة سلة في اتجاه الأرض. وقبل أن تصطدم بالأرض كان اتجاه الزخم إلى أسفل، وبعد أن اصطدمت بالأرض أصبح اتجاه الزخم إلى أعلى. (2–2)

a. لماذا لم يكن زخم الكرة محفوظًا، مع أن الارتداد عبارة عن تصادم؟

لا يكون زخم الكرة الساقطة محفوظًا؛ لأن الأرض ليست جزءًا من النظام، حيث تؤثر بقوة خارجية، لذا يوجد دفع يؤثر في الكرة.

b. أي نظام يكون فيه زخم الكرة محفوظًا؟

يكون الزخم الكلي محفوظًا إذا كان النظام مكونًا من الكرة والأرض.

39. تستطيع قوة خارجية فقط أن تغير زخم نظامٍ ما. وضح كيف تؤدي القوة الداخلية لكوابح السيارة إلى إيقافها. (2–2)

عندما يضغط السائق على كوابح السيارة فإنها توقف السيارة وذلك بإيقاف الإطارات؛ حيث تؤثر قوة الاحتكاك الخارجية للطريق في الإطارات في الاتجاه المعاكس لحركة السيارة؛ لذا تتوقف السيارة. ولكن إذا لم يكن هناك قوة احتكاك – عندما يكون الطريق جليدًا مثلاً – فعندئذٍ لا يكون هناك قوة خارجية لإيقاف السيارة.

تطبيق المفاهيم

صفحة 61–60

40. اشرح مفهوم الدفع باستخدام الأفكار الفيزيائية بدلاً من المعادلات الرياضية.

الدفع هو أن تؤثر قوة F في جسم ما خلال فترة زمنية Δt مسببةً تغيرًا في زخمه بمقدار $F\Delta t$.

41. هل يمكن أن يكتسب جسم ما دفعًا من قوة صغيرة أكبر من الدفع الذي يكتسبه من قوة كبيرة؟ فسّر ذلك.

نعم، إذا أثّرت قوة صغيرة فترة زمنية طويلة فإنها تنتج دفعًا أكبر.

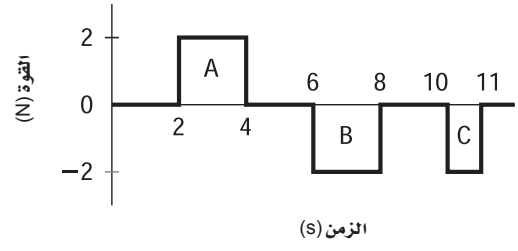
42. إذا كنت جالسًا في ملعب بيسبول واندفعت الكرة نحوك خطأً، فأيهما أكثر أمانًا لإمساك الكرة بيديك: تحريك يديك نحو الكرة ثم تثبيتها عند الإمساك بها، أم تحريك يديك في اتجاه حركة الكرة نفسه؟ فسّر ذلك.

عليك تحريك يدك في نفس اتجاه حركة الكرة؛ وذلك لتزيد الفترة الزمنية للتصادم، ومن ثم تقلل القوة.

43. انطلقت رصاصة كتلتها 0.11 g من مسدس بسرعة 323 m/s، بينما انطلقت رصاصة أخرى مماثلة من بندقية بسرعة 396 m/s. فسّر الاختلاف في مقدار سرعتي الرصاصتين، مفترضًا أنّ الرصاصتين تعرضتا لمقدار القوة نفسه من الغازات المتمددة.

تستغرق الرصاصة الخارجة من البندقية زمنًا أطول؛ لذا تكتسب زخمًا أكبر.

44. إذا تعرض جسم ساكن إلى قوى دفع تم تمثيلها بالمنحنى الموضح في **الشكل 10–2**، فصف حركة الجسم بعد كلٍّ من الدفع A، و B، و C.

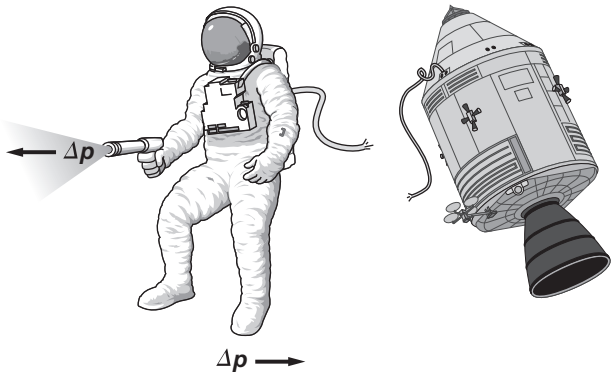


■ **الشكل 10 – 2**

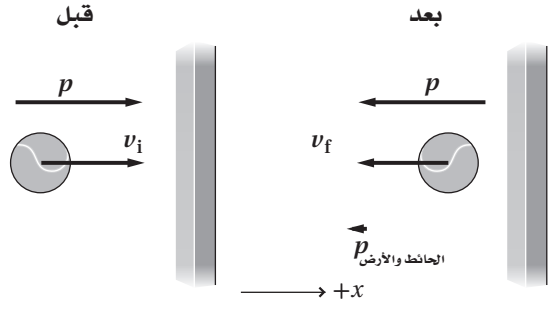
بعد زمن الدفع A يتحرك الجسم بسرعة متجهة موجبة وثابتة. وبعد زمن الدفع B يصبح الجسم ساكنًا. وبعد زمن الدفع C يتحرك الجسم بسرعة متجهة سالبة وثابتة.

45. بينما كان رائد فضاء يسبح في الفضاء، انقطع الحبل الذي يربطه مع السفينة الفضائية، فاستخدم الرائد مسدس الغاز ليرجع إلى الوراء حتى يصل السفينة. استخدم نظرية الدفع – الزخم والرسم التخطيطي؛ لتوضح فاعلية هذه الطريقة.

عندما يطلق رائد الفضاء الغاز من المسدس في الاتجاه المعاكس للسفينة، يولّد المسدس دفعًا يؤدي إلى تحريك الرائد في اتجاه السفينة.



46. كرة تنس عندما ترتد كرة تنس عن حائط ينعكس زخمها. فسّر هذه العملية باستخدام قانون حفظ الزخم، محدِّدًا النظام ومضمِّنًا تفسيرك رسمًا تخطيطيًّا.



نفترض أن النظام يتكون من الكرة والحائط والأرض، فيكتسب الحائط والأرض بعض الزخم خلال التصادم.

47. تخيل أنك تقود سفينة فضائية تتحرك بين الكواكب بسرعة كبيرة، فكيف تستطيع إبطاء سرعة سفينتك من خلال تطبيق قانون حفظ الزخم؟

وذلك بإطلاق كمية من الغاز العادم بسرعة كبيرة في نفس اتجاه حركة السفينة، لذا فإن زخم هذا الغاز سوف يقلل من زخم السفينة الفضائية ومن ثم تقل سرعتها.

تابع الفصل 2

48. اصطدمت شاحنتان تبدوان متماثلتين على طريق زلق (تجاهل الاحتكاك)، وكانت إحدى الشاحنتين ساكنة، فالتحمت الشاحنتان معًا وتحركتا بسرعة مقدارها أكبر من نصف مقدار السرعة الأصلية للشاحنة المتحركة. ما الذي يمكن أن تستنتجه عن حمولة كل من الشاحنتين؟

إذا تساوت كتلتا الشاحنتين فسوف تتحركان بعد التصادم بنصف مقدار سرعة الشاحنة المتحركة؛ لذا لابد أن تكون حمولة الشاحنة المتحركة أكبر.

49. لماذا يُنصح بإسناد كعب البندقية على الكتف عند بداية تعلم الإطلاق؟ فسّر ذلك بدلالة الدفع والزخم.

عندما تحمل البندقية بشكل حر فإن زخم الارتداد للبندقية يؤثر في الاتجاه المعاكس لحركة الرصاصة، وسوف تكتسب البندقية سرعة أكبر مما يؤدي إلى اصطدامها بالكتف. يجب أن يؤثر زخم الارتداد في كتلتك وكتلة البندقية مسببًا سرعة أقل في الاتجاه المعاكس لحركة الرصاصة.

50. أُطلقت رصاصتان متساويتان في الكتلة على قوالب خشبية موضوعة على أرضية ملساء، فإذا كانت سرعتا الرصاصتين متساويتين، وكانت إحدى الرصاصتين مصنوعة من المطاط والأخرى من الألومنيوم، وارتدت الرصاصة المطاطية عن القالب، في حين استقرت الرصاصة الأخرى في الخشب، ففي أي الحالتين سيتحرك القالب الخشبي أسرع؟ فسّر ذلك.

يكون الزخم محفوظًا؛ لذا فإن زخم القالب والرصاصة بعد التصادم يكون مساويًا لزخم الرصاصة قبل التصادم. للرصاصة المطاطية زخم سالب بعد التصادم بالقالب؛ لذا يجب أن يكون زخم القالب الذي ارتدّت عنه الرصاصة المطاطية أكبر، أي أن سرعته أكبر.

إتقان حل المسائل

صفحة 65–61

1 – 2 الدفع والزخم

صفحة 63–61

51. جولف إذا ضُربت كرة جولف كتلتها 0.058 kg، بقوة مقدارها 272 N بمضرب، فأصبحت سرعتها المتجهة 62.0 m /s، فما زمن تلامس الكرة بالمضرب؟

$$\Delta t = \frac{m\Delta v}{F} = \frac{(0.058\ \text{kg})\ (62.0\ \text{m/s})}{272\ \text{N}} = 0.013\ \text{s}$$

52. رُميت كرة بيسبول كتلتها 0.145 kg بسرعة 42 m/s. فضربها لاعب المضرب أفقيًّا في اتجاه الرامي بسرعة 58 m/s.

a. أوجد التغير في زخم الكرة.

افترض أن اتجاه رمي كرة البيسبول هو الاتجاه الموجب

$$\Delta p = mv_f - mv_i = m(v_f - v_i)$$
$$= (0.145\ \text{kg})(-58\ \text{m/s} - (+42\ \text{m/s}))$$
$$= -14\ \text{kg.m/s}$$

b. إذا لامست الكرة المضرب مدة 4.6×10^{-4} s، فما متوسط القوة في أثناء التلامس؟

$$F\Delta t = \Delta p$$

$$F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$$

$$= \frac{m(v_f - v_i)}{\Delta t}$$

$$= \frac{(0.145\ \text{kg})(-58\ \text{m/s} - (+42\ \text{m/s}))}{4.6\times10^{-4}\ \text{s}}$$

$$= -3.2\times10^{4}\ \text{N}$$

53. بولنج إذا أثرت قوة مقدارها 186 N في كرة بولنج كتلتها 7.3 kg مدة 0.40 s، فما التغير في زخم الكرة؟ وما التغير في سرعتها المتجهة؟

$$\Delta p = F\Delta t$$

$$= (186\ \text{N})(0.40\ \text{s})$$

$$= 74\ \text{N.s}$$

$$= 74\ \text{kg.m/s}$$

$$\Delta v = \frac{\Delta p}{m}$$

$$= \frac{F\Delta t}{m}$$

$$= \frac{(186\ \text{N})(0.40\ \text{s})}{7.3\ \text{kg}}$$

$$= 1.0\times10^{1}\ \text{m/s}$$

54. تتسارع شاحنة نقل كتلتها 5500 kg من 4.2 m/s إلى 7.8 m/s، خلال 15 s وذلك عن طريق تطبيق قوة ثابتة عليها.

a. ما التغير الحاصل في الزخم؟

$$\Delta p = m\Delta v = m(v_f - v_i)$$

$$= (5500\ \text{kg})(7.8\ \text{m/s} - 4.2\ \text{m/s})$$

$$= 2.0\times10^{4}\ \text{kg.m/s}$$

b. ما مقدار القوة المؤثرة في الشاحنة؟

$$F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$$

$$= \frac{m(v_f - v_i)}{\Delta t}$$

$$= \frac{(5500\ \text{kg})\ (7.8\ \text{m/s} - 4.2\ \text{m/s})}{15.0\ \text{s}}$$

$$= 1.3\times10^{3}\ \text{N}$$

55. أطلق ضابط شرطة رصاصة كتلتها 6.0 g بسرعة 350 m/s داخل حاوية بهدف اختبار أسلحة القسم. إذا أوقفت الرصاصة داخل الحاوية خلال 1.8 ms، فما متوسط القوة التي أوقفت الرصاصة؟

$$F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$$

$$= \frac{m(v_f - v_i)}{\Delta t}$$

$$= \frac{(0.0060\ \text{kg})(0.0\ \text{m/s} - 350\ \text{m/s})}{1.8\times10^{-3}\ \text{s}}$$

$$= -1.2\times10^{3}\ \text{N}$$

56. الكرة الطائرة اقتربت كرة كتلتها 0.24 kg من أروى بسرعة مقدارها 3.8 m/s في أثناء لعبة الكرة الطائرة، فضربت أروى الكرة بسرعة مقدارها 2.4 m/s في الاتجاه المعاكس. ما متوسط القوة التي أثرت بها أروى في الكرة، إذا كان زمن تلامس يديها بالكرة 0.025 s؟

$$F = \frac{m\Delta v}{\Delta t}$$

$$= \frac{(0.24\ \text{kg})\ (-2.4\ \text{m/s} - 3.8\ \text{m/s})}{0.025\ \text{s}}$$

$$= -6.0\times10^{1}\ \text{N}$$

57. الهوكي ضرب لاعبٌ قرص هوكي مؤثرًا فيه بقوة ثابتة مقدارها 30.0 N مدة 0.16 s. ما مقدار الدفع المؤثر في القرص؟

$$F\Delta t = (30.0\ \text{N})(0.16\ \text{s})$$

$$= 4.8\ \text{N.s}$$

58. التزلج إذا كانت كتلة أخيك 35.6 kg، وكان لديه لوح تزلج كتلته 1.3 kg، فما الزخم المشترك لأخيك مع لوح التزلج إذا تحركا بسرعة 9.50 m /s؟

$$p = mv$$

$$= (m_{\text{أخيك}} + m_{\text{اللوح}})v$$

$$= (35.6\ \text{kg} + 1.3\ \text{kg})(9.50\ \text{m/s})$$

$$= 3.5\times10^{2}\ \text{kg.m/s}$$

59. ضرب لاعبٌ قرص هوكي ساكنًا كتلته 0.115 kg، فأثر فيه بقوة ثابتة مقدارها 30.0 N في زمن مقداره 0.16 s، فما مقدار السرعة التي سيتجه بها إلى الهدف؟

$$F\Delta t = m\Delta v = m(v_f - v_i)$$

ولما كانت:

$$v_i = 0$$

فإن:

$$v_f = \frac{F\Delta t}{m}$$

$$= \frac{(30.0\ \text{N})(0.16\ \text{s})}{0.115\ \text{kg}}$$

$$= 42\ \text{m/s}$$

60. إذا تحرك جسم كتلته 25 kg بسرعة متجهة 12 m/s+ قبل أن يصطدم بجسم آخر، فأوجد الدفع المؤثر فيه إذا تحرك بعد التصادم بالسرعة المتجهة

a. 8.0 m/s+

$$F\Delta t = m\Delta v = m(v_f - v_i)$$

$$= (25\ \text{kg})(8.0\ \text{m/s} - 12\ \text{m/s})$$

$$= -1.0\times10^{2}\ \text{kg.m/s}$$

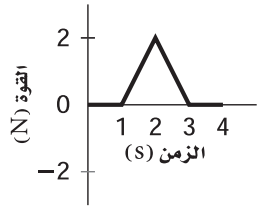
b. 8.0 m/s−

$$F\Delta t = m\Delta v = m(v_f - v_i)$$

$$= (25\ \text{kg})(-8.0\ \text{m/s} - 12\ \text{m/s})$$

$$= -5.0\times10^{2}\ \text{kg.m/s}$$

61. تتحرك كرة كتلتها 0.150 kg في الاتجاه الموجب بسرعة مقدارها 12 m/s، بفعل الدفع المؤثر فيها والموضح في الرسم البياني في **الشكل 11–2**. ما مقدار سرعة الكرة عند 4.0 s؟



■ الشكل 11 – 2

$$F\Delta t = m\Delta v$$

$$\text{مساحة الرسم} = m\Delta v$$

$$\frac{1}{2}(2.0\ \text{N})(2.0\ \text{s}) = m(v_f - v_i)$$

$$2.0\ \text{N.s} = (0.150\ \text{kg})(v_f - 12\ \text{m/s})$$

$$v_f = \frac{2.0\ \text{kg. m/s}}{0.150\ \text{kg}} + 12\ \text{m/s}$$

$$= 25\ \text{m/s}$$

62. البيسبول تتحرك كرة بيسبول كتلتها 0.145 kg بسرعة 35 m /s قبل أن يمسكها اللاعب مباشرة.

a. أوجد التغير في زخم الكرة.

$$\Delta p = m(v_f - v_i)$$

$$= (0.145\ \text{kg})(0.0\ \text{m/s} - 35\ \text{m/s})$$

$$= -5.1\ \text{kg.m/s}$$

b. إذا كانت اليد التي أمسكت الكرة، والمحمية بقفاز، في وضع ثابت، حيث أوقفت الكرة خلال 0.050 s، فما متوسط القوة المؤثرة في الكرة؟

$$\Delta p = F_{\text{متوسطة}} \Delta t$$

وعليه فإن:

$$F_{\text{متوسطة}} = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{m(v_f - v_i)}{\Delta t}$$

$$= \frac{(0.145\ \text{kg})(0.0\ \text{m/s} - 35\ \text{m/s})}{0.050\ \text{s}}$$

$$= -1.0 \times 10^2\ \text{N}$$

c. إذا تحركت اليد في أثناء إيقاف الكرة إلى الخلف حيث استغرقت الكرة 0.500 s لتتوقف، فما متوسط القوة التي أثرت فيها اليد في الكرة؟

$$\Delta p = F_{\text{متوسطة}} \Delta t$$

وعليه فإن:

$$F_{\text{متوسطة}} = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{m(v_f - v_i)}{\Delta t}$$

$$= \frac{(0.145\ \text{kg})(0.0\ \text{m/s} - 35\ \text{m/s})}{0.500\ \text{s}}$$

$$= -1.0 \times 10^1\ \text{N}$$

63. هوكي إذا اصطدم قرص هوكي كتلته 0.115 kg بعمود المرمى بسرعة 37 m/s، وارتد عنه في الاتجاه المعاكس بسرعة 25 m/s، انظر **الشكل 12–2**.

■ الشكل 12–2

a. فما الدفع على القرص؟

$$F\Delta t = m(v_f - v_i)$$

$$= (0.115\ \text{kg})(-25\ \text{m/s} - 37\ \text{m/s})$$

$$= -7.1\ \text{kg.m/s}$$

b. وما متوسط القوة المؤثرة في القرص، إذا استغرق التصادم $5.0\times10^{-4}\ s$؟

$$F\Delta t = m(v_f - v_i)$$

$$F = \frac{m(v_f - v_i)}{\Delta t}$$

$$= \frac{(0.115\ kg)(-25\ m/s - 37\ m/s)}{5.0\times10^{-4}\ s}$$

$$= -1.4\times10^{4}\ N$$

64. إذا تحرك جزيء نيتروجين كتلته $4.7\times10^{-26}\ kg$ بسرعة $550\ m/s$، واصطدم بجدار الإناء الذي يحويه مرتدًّا إلى الوراء بمقدار السرعة نفسه.

a. ما الدفع الذي أثر به الجزيء في الجدار؟

$$F\Delta t = m(v_f - v_i)$$

$$= (4.7\times10^{-26}\ kg)(-550\ m/s - 550\ m/s)$$

$$= -5.20\times10^{-23}\ kg.m/s$$

الدفع الذي أثّر به الجدار في الجزيء يساوي $-5.20\times10^{-23}\ kg.m/s$

الدفع الذي أثّر به الجزيء في الجدار يساوي $+5.20\times10^{-23}\ kg.m/s$

b. إذا حدث 1.5×10^{23} تصادم كل ثانية، فما متوسط القوة المؤثرة في الجدار؟

$$F\Delta t = m(v_f - v_i)$$

$$F = \frac{m(v_f - v_i)}{\Delta t}$$

إذا أخذ في الاعتبار التصادمات جميعها فإن القوة تكون:

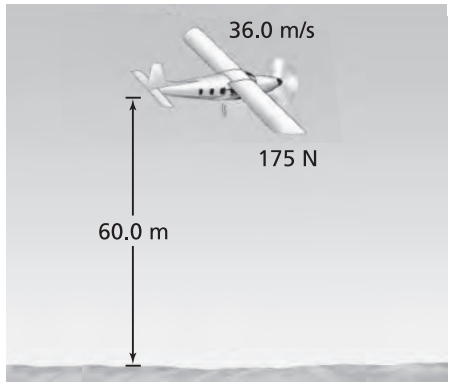
$$F_{\text{كلية}} = (1.5\times10^{23})\frac{m(v_f - v_i)}{\Delta t}$$

$$= (1.5\times10^{23})\frac{(4.7\times10^{-26}\ kg)(-550\ m/s - 550\ m/s)}{1.0\ s}$$

$$= 7.8\ N$$

تابع الفصل 2

65. حلّقت طائرة إنقاذ حيوانات في اتجاه الشرق بسرعة 36.0 m/s، وأسقطت رزمة علف من ارتفاع 60.0 m، انظر إلى **الشكل 13–2**. أوجد مقدار واتجاه زخم رزمة العلف قبل اصطدامها بالأرض مباشرة، علمًا بأن وزنها 175 N.



■ **الشكل 13–2**

استخدم أولا حركة المقذوف لإيجاد السرعة المتجهة لرزمة العلف.

$$p = mv$$

ولحساب v خذ في الاعتبار مركّبتيها الأفقية والرأسية.

$$v_x = 36.0\ \text{m/s}$$

$$v_y^2 = v_{iy}^2 + 2dg = 2dg$$

لذا فإن:

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{v_x^2 + 2dg}$$

ويكون الزخم عندئذٍ:

$$p = \frac{F_g v}{g} = \frac{F_g \sqrt{v_x^2 + 2dg}}{g}$$

$$= \frac{(175\ \text{N})\sqrt{(36.0\ \text{m/s})^2 + (2)(60.0\ \text{m})(9.80\ \text{m/s}^2)}}{9.80\ \text{m/s}^2}$$

$$= 888\ \text{kg. m/s}$$

وتكون الزاوية بالنسبة إلى الأفقي:

$$\tan\theta = \frac{v_y}{v_x}$$

$$= -\frac{\sqrt{2dg}}{v_x}$$

$$= -\frac{\sqrt{(2)(60.0\ \text{m})(9.80\ \text{m/s}^2)}}{36.0\ \text{m/s}}$$

$$= -43.6°$$

تابع الفصل 2

66. حادث اصطدمت سيارة متحركة بسرعة 10.0 m /s بحاجز وتوقفت خلال 0.050 s. وكان داخل السيارة طفل كتلته 20.0 kg. افترض أن سرعة الطفل المتجهة تغيرت بنفس مقدار تغير سرعة السيارة المتجهة وفي الفترة الزمنية نفسها.

a. ما الدفع اللازم لإيقاف الطفل؟

$$F\Delta t = m\Delta v = m(v_f - v_i)$$

$$= (20.0\ \text{kg})(0.0\ \text{m/s} - 10.0\ \text{m/s})$$

$$= -2.00\times10^2\ \text{kg.m/s}$$

b. ما متوسط القوة المؤثرة في الطفل؟

$$F\Delta t = m\Delta v = m(v_f - v_i)$$

$$F = \frac{m(v_f - v_i)}{\Delta t}$$

$$= \frac{(20.0\ \text{kg})(0.0\ \text{m/s} - 10.0\ \text{m/s})}{0.050\ \text{s}}$$

$$= -4.0\times10^3\ \text{N}$$

c. ما الكتلة التقريبية لجسمٍ وزنه يساوي القوة المحسوبة في الفرع b؟

$$F_g = mg$$

$$m = \frac{F_g}{g} = \frac{4.0\times10^3\ \text{N}}{9.80\ \text{m/s}^2}$$

$$= 4.1\times10^2\ \text{kg}$$

d. هل يمكنك رفع مثل هذا الوزن بذراعك؟

لا.

e. لماذا يُنصح باستخدام كرسي أطفال في السيارة، بدلاً من احتضان الطفل؟

لن تكون قادرًا على حماية طفل في حضنك في أثناء وقوع التصادم.

67. الصواريخ تُستخدم صواريخ صغيرة لعمل تعديل بسيط في مقدار سرعة الأقمار الاصطناعية. فإذا كانت قوة دفع أحد هذه الصواريخ 35 N، وأُطلق لتغيير السرعة المتجهة لمركبة فضائية كتلتها 72000 kg بمقدار 63 cm /s، فما الفترة الزمنية التي يجب أن يؤثر الصاروخ في المركبة خلالها؟

$$F\Delta t = m\Delta v$$

$$\Delta t = \frac{m\Delta v}{F}$$

$$= \frac{(72000\ \text{kg})(0.63\ \text{m/s})}{35\ \text{N}}$$

$$= 1.3\times10^3\ \text{s}$$

$$= 22\ \text{min}\ \text{أو}$$

2–2 حفظ الزخم

صفحة 65–63

68. كرة القدم ركض لاعبُ كرة قدم كتلته 95 kg بسرعة 8.2 m /s، فاصطدم في الهواء بلاعب دفاع كتلته 128 kg يتحرك في الاتجاه المعاكس، وبعد تصادمهما معًا في الجو أصبحت سرعة كل منهما صفرًا.

a. حدّد الوضعين قبل الاصطدام وبعده، ومثّلهما برسم تخطيطي.

قبل:

$$m_{\text{اللاعب الأول}} = 95\ \text{kg}$$

$$v_{\text{اللاعب الأول}} = 8.2\ \text{m/s}$$

$$m_{\text{لاعب الدفاع}} = 128\ \text{kg}$$

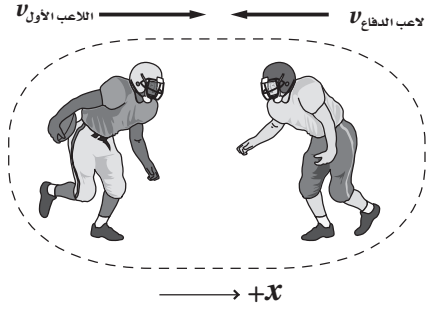
$$v_{\text{لاعب الدفاع}} = ?$$

بعد:

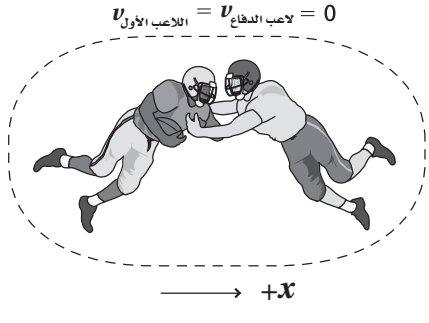
$$m = 223\ \text{kg}$$

$$v_f = 0\ \text{m/s}$$

قبل



بعد



b. كم كان زخم اللاعب الأول قبل التصادم؟

$$p_{\text{اللاعب الأول}} = m_{\text{اللاعب الأول}} v_{\text{اللاعب الأول}} = (95\ \text{kg})(8.2\ \text{m/s})$$
$$= 7.8\times10^2\ \text{kg.m/s}$$

c. ما التغير في زخم اللاعب الأول؟

$$\Delta p_{\text{اللاعب الأول}} = p_f - p_{\text{اللاعب الأول}}$$
$$= 0 - p_{\text{اللاعب الأول}} = -7.8\times10^2\ \text{kg.m/s}$$

d. ما التغير في زخم لاعب الدفاع؟

$$+7.8\times10^2\ \text{kg.m/s}$$

e. كم كان زخم لاعب الدفاع قبل التصادم؟

$$-7.8\times10^2\ \text{kg.m/s}$$

f. كم كانت سرعة لاعب الدفاع قبل التصادم؟

$$m_{\text{لاعب الدفاع}} v_{\text{لاعب الدفاع}} = -7.8\times10^2\ \text{kg. m/s}$$

$$v_{\text{لاعب الدفاع}} = \frac{-7.8\times10^2\ \text{kg. m/s}}{128\ \text{kg}}$$

$$= -6.1\ \text{m/s}$$

69. تحركت كرة زجاجية C كتلتها 5.0 g بسرعة مقدارها 20.0 cm/s، فاصطدمت بكرة زجاجية أخرى D كتلتها 10.0 g تتحرك بسرعة 10 cm/s في الاتجاه نفسه. أكملت الكرة C حركتها بعد الاصطدام بسرعة مقدارها 8.0 cm/s وفي الاتجاه نفسه.

a. ارسم الوضع، وعرّف النظام، ثم حدّد الوضعين قبل التصادم وبعده، وأنشئ نظام إحداثيات.

قبل:

$$m_C = 5.0\ \text{g}$$

$$m_D = 10.0\ \text{g}$$

$$v_{Ci} = 20.0\ \text{cm/s}$$

$$v_{Di} = 10.0\ \text{cm/s}$$

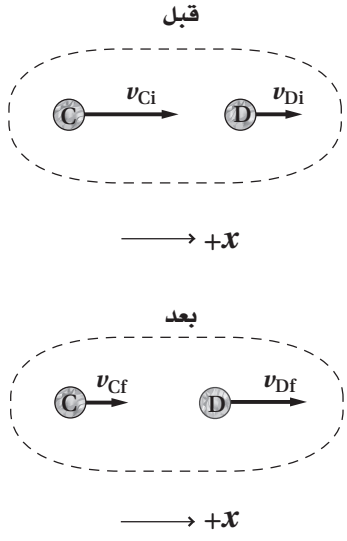
بعد:

$$m_C = 5.0\ \text{g}$$

$$m_D = 10.0\ \text{g}$$

$$v_{Cf} = 8.0\ \text{cm/s}$$

$$v_{Df} = ?$$



b. احسب زخمي الكرتين قبل التصادم.

$$m_C v_{Ci} = (5.0\times10^{-3}\,\text{kg})(0.200\,\text{m/s})$$

$$= 1.0\times10^{-3}\,\text{kg.m/s}$$

$$m_D v_{Di} = (1.00\times10^{-2}\,\text{kg})(0.100\,\text{m/s})$$

$$= 1.0\times10^{-3}\,\text{kg.m/s}$$

c. احسب زخم الكرة C بعد التصادم.

$$m_C v_{Cf} = (5.0\times10^{-3}\,\text{kg})(0.080\,\text{m/s})$$

$$= 4.0\times10^{-4}\,\text{kg.m/s}$$

d. احسب زخم الكرة D بعد التصادم.

$$p_{Ci} + p_{Di} = p_{Cf} + p_{Df}$$

$$p_{Df} = p_{Ci} + p_{Di} - p_{Cf}$$

$$= 1.00\times10^{-3}\,\text{kg.m/s} + 1.00\times10^{-3}\,\text{kg.m/s} - 4.0\times10^{-4}\,\text{kg.m/s}$$

$$= 1.6\times10^{-3}\,\text{kg.m/s}$$

e. ما مقدار سرعة الكرة D بعد التصادم؟

$$p_{Df} = m_D v_{Df}$$

لذا فإن:

$$v_{Df} = \frac{p_{Df}}{m_D}$$

$$= \frac{1.6\times10^{-3}\ \text{kg. m/s}}{1.00\times10^{-2}\ \text{kg}}$$

$$= 1.6\times10^{-1}\ \text{m/s} = 0.16\ \text{m/s}$$

$$= 16\ \text{cm/s}$$

70. أُطلقت قذيفة كتلتها 50.0 g بسرعة متجهة أفقية مقدارها 647 m/s، من منصة إطلاق كتلتها 4.65 kg، تتحرك في الاتجاه نفسه بسرعة 2.00 m/s. ما السرعة المتجهة للمنصة بعد الإطلاق؟

أفترض أن C ترمز إلى القذيفة وأن D ترمز إلى منصة الإطلاق.

$$p_{Ci} + p_{Di} = p_{Cf} + p_{Df}$$

$$m_C v_{Ci} + m_D v_{Di} = m_C v_{Cf} + m_D v_{Df}$$

لذا فإن:

$$v_{Df} = \frac{m_C v_{Ci} + m_D v_{Di} - m_C v_{Cf}}{m_D}$$

على افتراض أن القذيفة C أطلقت في اتجاه حركة منصة الإطلاق D.

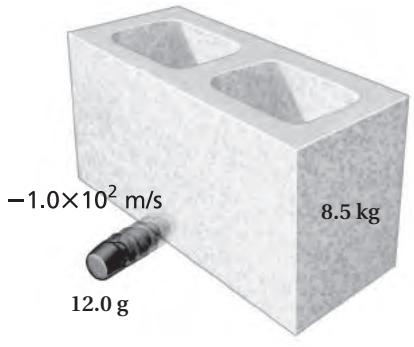
$$v_{Df} = \frac{(0.0500\ \text{kg})(2.00\ \text{m/s}) + (4.65\ \text{kg})(2.00\ \text{m/s}) - (0.0500\ \text{kg})(647\ \text{m/s})}{4.65\ \text{kg}}$$

$$= -4.94\ \text{m/s},$$

أو

$$= 4.94\ \text{m/s}$$ **إلى الخلف**

71. تحركت رصاصة مطاطية كتلتها 12.0 g بسرعة متجهة مقدارها 150 m/s، فاصطدمت بطوبة أسمنتية ثابتة كتلتها 8.5 kg موضوعة على سطح عديم الاحتكاك، وارتدت في الاتجاه المعاكس بسرعة متجهة -1.0×10^2 m/s، انظر إلى **الشكل 14–2**. ما السرعة التي ستتحرك بها الطوبة؟



■ **الشكل 14–2**

افترض أن C ترمز إلى الرصاصة المطاطية وأن D ترمز إلى الطوبة الأسمنتية.

$$m_C v_{Ci} + m_D v_{Di} = m_C v_{Cf} + m_D v_{Df}$$

$$v_{Df} = \frac{m_C v_{Ci} + m_D v_{Di} - m_C v_{Cf}}{m_D}$$

لما كانت الحالة الابتدائية للطوبة هي السكون فإن:

$$v_{Df} = \frac{m_C(v_{Ci} - v_{Cf})}{m_D}$$

$$= \frac{(0.0120\ \text{kg})(150\ \text{m/s} - (-1.0\times10^2\ \text{m/s}))}{8.5\ \text{kg}}$$

$$= 0.35\ \text{m/s}$$

تابع الفصل 2

72. دفعت عربتا مختبر متصلتان بنابض إحداهما نحو الأخرى لينضغط النابض، وتسكن العربتان. وعند إفلاتهما ابتعدت العربة التي كتلتها 5.0 kg بسرعة متجهة 0.12 m/s، في حين ابتعدت العربة الأخرى التي كتلتها 2.0 kg في الاتجاه المعاكس. ما السرعة المتجهة للعربة ذات الكتلة 2.0 kg؟

$$m_1 v_i = -m_2 v_f$$

$$v_f = \frac{m_1 v_i}{-m_2}$$

$$= \frac{(5.0\ \text{kg})(0.12\ \text{m/s})}{-(2.0\ \text{kg})}$$

$$= -0.30\ \text{m/s}$$

73. لوح التزلج يركب أحمد الذي كتلته 42 kg لوح تزلج كتلته 2.00 kg، ويتحركان بسرعة 1.20 m /s. فإذا قفز أحمد عن اللوح وتوقف لوح التزلج تمامًا في مكانه، فما مقدار سرعة قفزه؟ وما اتجاهه؟

$$m_{\text{أحمد}} v_{i,\text{أحمد}} + m_{\text{لوح التزلج}} v_{i,\text{لوح التزلج}} = m_{\text{أحمد}} v_{f,\text{أحمد}} + m_{\text{لوح التزلج}} v_{f,\text{لوح التزلج}}$$

ولما كانت:

$$v_{f,\text{لوح التزلج}} = 0\ ,\ v_{i,\text{أحمد}} = v_{i,\text{لوح التزلج}} = v_i$$

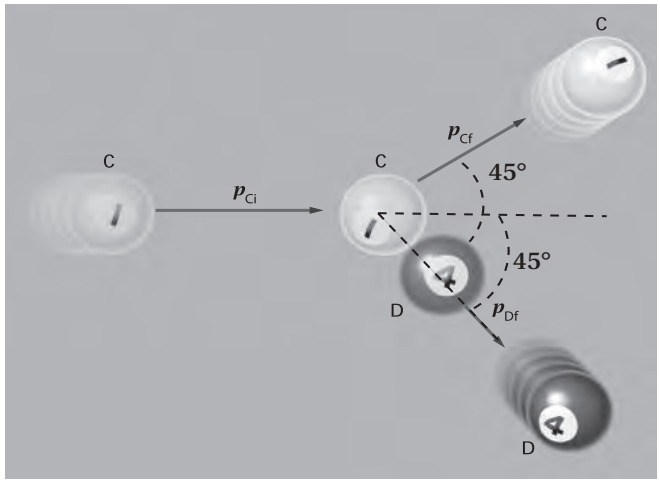
فإن:

$$v_{f,\text{أحمد}} = \frac{(m_{\text{أحمد}} + m_{\text{لوح التزلج}})\, v_i}{m_{\text{أحمد}}}$$

$$= \frac{(42.00\ \text{kg} + 2.00\ \text{kg})(1.20\ \text{m/s})}{42.00\ \text{kg}}$$

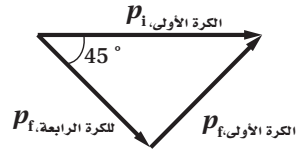
= 1.26 m/s في الاتجاه نفسه الذي كان يتحرك فيه

74. البلياردو تدحرجت كرة بلياردو كتلتها 0.16 kg بسرعة 4.0 m /s، فاصطدمت بالكرة الثابتة التي تحمل رقم أربعة والتي لها الكتلة نفسها. فإذا تحركت الكرة الأولى بزاوية 45° فوق الخط الأفقي، وتحركت الكرة الثانية بالزاوية نفسها تحت الخط الأفقي، انظر **الشكل 15–2**، فما السرعة المتجهة لكل من الكرتين بعد التصادم؟



■ الشكل 15–2

يمكننا الحصول على معادلات الزخم من مخطط المتجهات.



$$p_{f,\text{الكرة الأولى}} = p_{i,\text{الكرة الأولى}} \sin 45°$$

$$m_{\text{الكرة الأولى}} v_{f,\text{الكرة الأولى}} = m_{\text{الكرة الأولى}} v_{i,\text{الكرة الأولى}} \sin 45°$$

$$v_{f,\text{الكرة الأولى}} = v_{i,\text{الكرة الأولى}} \sin 45°$$

$$= (4.0\ \text{m/s})(\sin 45)$$

$$= 2.8\ \text{m/s}$$

بالنسبة إلى الكرة الرابعة:

$$p_{f,\text{الكرة الرابعة}} = p_{i,\text{الكرة الأولى}} \cos 45°$$

$$m_{\text{الكرة الرابعة}} v_{f,\text{الكرة الرابعة}} = m_{\text{الكرة الأولى}} v_{i,\text{الكرة الأولى}} (\cos 45°)$$

ولما كانت

$$m_{\text{الكرة الرابعة}} = m_{\text{الكرة الأولى}}$$

فإن

$$v_{f,\text{الكرة الرابعة}} = v_{i,\text{الكرة الأولى}} \cos 45°$$

$$= (4.0\ \text{m/s})(\cos 45°)$$

$$= 2.8\ \text{m/s}$$

75. اصطدمت شاحنة كتلتها 2575 kg، بمؤخرة سيارة صغيرة ساكنة كتلتها 825 kg، فتحركتا معًا بسرعة 8.5 m/s. احسب مقدار السرعة الابتدائية للشاحنة، وذلك بإهمال الاحتكاك بالطريق.

$$p_{i,\text{الشاحنة}} + p_{i,\text{السيارة}} = p_{f,\text{الشاحنة}} + p_{f,\text{السيارة}}$$

$$m_{\text{الشاحنة}} v_{i,\text{الشاحنة}} = (m_{\text{الشاحنة}} + m_{\text{السيارة}})\, v_f$$

لذا فإن:

$$v_{i,\text{الشاحنة}} = \frac{(m_{\text{الشاحنة}} + m_{\text{السيارة}})\, v_f}{m_{\text{الشاحنة}}}$$

$$= \frac{(2575\ \text{kg} + 825\ \text{kg})\ (8.5\ \text{m/s})}{2575\ \text{kg}}$$

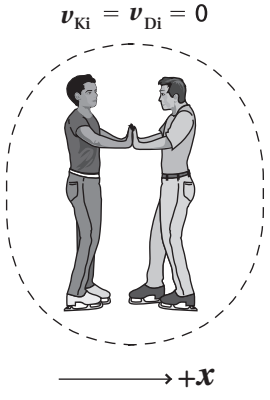
$$= 11\ \text{m/s}$$

76. يقف متزلجان أحدهما مقابل الآخر، ثم يتدافعان بالأيدي. إذا كانت كتلة الأول 90 kg، وكتلة الثاني 60 kg

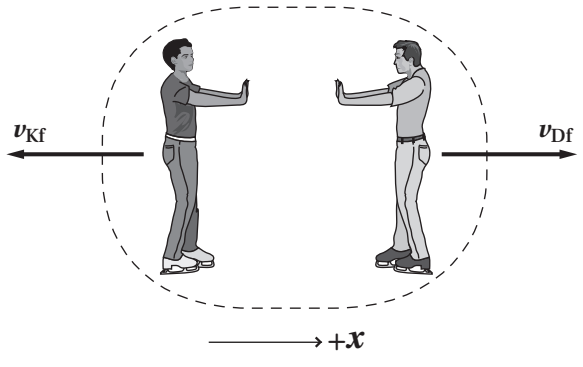
a. فارسم الوضع محددًا حالتيهما قبل التدافع، وبعده، وأنشئ نظام إحداثيات.

افترض أن D يرمز إلى المتزلج الأول وأن K يرمز إلى المتزلج الثاني.

قبل



بعد



قبل:

$$m_K = 60.0\ \text{kg}$$

$$m_D = 90.0\ \text{kg}$$

$$v_i = 0.0\ \text{m/s}$$

بعد:

$$m_K = 60.0\ \text{kg}$$

$$m_D = 90.0\ \text{kg}$$

$$v_{Kf} = ?$$

$$v_{Df} = ?$$

b. أوجد النسبة بين سرعتي المتزلجين في اللحظة التي أفلتا فيها أيديهما.

$$p_{Ki} + p_{Di} = 0.0\ \text{kg.m/s} = p_{Kf} + p_{Df}$$

لذا فإن

$$m_K v_{Kf} + m_D v_{Df} = 0.0\ \text{kg.m/s}$$

$$m_K v_{Kf} = -m_D v_{Df}$$

وعليه، فإن النسبة بين سرعتي المتزلجين تساوي

$$\frac{v_{Kf}}{v_{Df}} = -\left(\frac{m_D}{m_K}\right) = -\left(\frac{90.0\ \text{kg}}{60.0\ \text{kg}}\right) = -1.50$$

وتدل الإشارة السالبة على أن السرعتين المتجهتين في اتجاهين معاكسين.

c. أي المتزلجين سرعته أكبر؟

للمتزلج ذي الكتلة الأقل سرعة أكبر.

d. أي المتزلجين دفع بقوة أكبر؟

إن القوتين متساويتان مقدارًا ومتعاكستان اتجاهًا.

77. تحركت كرة بلاستيكية كتلتها 0.200 kg بسرعة 0.30 m/s فاصطدمت بكرة بلاستيكية أخرى كتلتها 0.100 kg تتحرك في الاتجاه نفسه بسرعة 0.10 m/s. بعد التصادم استمرت الكرتان في الحركة في اتجاههما نفسه قبل التصادم. فإذا كانت السرعة الجديدة للكرة ذات الكتلة 0.100 kg هي 0.26 m/s، فكم تكون السرعة الجديدة للكرة الأخرى؟

بافتراض أن C ترمز للكتلة 0.200 kg، وD للكتلة 0.100 kg

$$m_C v_{Ci} + m_D v_{Di} = m_C v_{Cf} + m_D v_{Df}$$

لذا فإن

$$v_{Cf} = \frac{m_C v_{Ci} + m_D v_{Di} - m_D v_{Df}}{m_C}$$

$$= \frac{(0.200\ \text{kg})(0.30\ \text{m/s}) + (0.100\ \text{kg})(0.10\ \text{m/s}) - (0.100\ \text{kg})(0.26\ \text{m/s})}{0.200\ \text{kg}}$$

= 0.22 m/s في الاتجاه الأصلي نفسه

مراجعة عامة

صفحة 65

78. تؤثر قوة ثابتة مقدارها 6.00 N في جسم كتلته 3.00 kg مدة 10.0 s. ما التغير في زخم الجسم وسرعته المتجهة؟

التغير في زخم الجسم يساوي:

$$\Delta p = F\Delta t$$

$$= (6.00\ \text{N})(10.0\ \text{s})$$

$$= 60.0\ \text{N.s} = 60.0\ \text{kg.m/s}$$

التغير في سرعة الجسم المتجهة يحسب بواسطة الدفع

$$F\Delta t = m\Delta v$$

$$\Delta v = \frac{F\Delta t}{m}$$

$$= \frac{(6.00\ \text{N})(10.0\ \text{s})}{3.00\ \text{kg}}$$

$$= 20.0\ \text{m/s}$$

79. تغيرت السرعة المتجهة لسيارة كتلتها 625 kg من 10.0 m/s إلى 44.0 m/s خلال 68.0 s، بفعل قوة خارجية ثابتة.

a. ما التغير الناتج في زخم السيارة؟

$$\Delta p = m\Delta v = m(v_f - v_i)$$

$$= (625\ \text{kg})(44.0\ \text{m/s} - 10.0\ \text{m/s})$$

$$= 2.12\times10^4\ \text{kg.m/s}$$

b. ما مقدار القوة التي أثرت في السيارة؟

$$F\Delta t = m\Delta v$$

لذا فإن:

$$F = \frac{m\Delta v}{\Delta t}$$

$$= \frac{m(v_f - v_i)}{\Delta t}$$

$$= \frac{(625\ \text{kg})(44.0\ \text{m/s} - 10.0\ \text{m/s})}{68.0\ \text{s}}$$

$$= 313\ \text{N}$$

80. سيارة سباق تتسارع سيارة سباق كتلتها 845 kg من السكون إلى 100.0 km /h خلال 0.90 s.

a. ما التغير في زخم السيارة؟

$$\Delta p = m(v_f - v_i)$$

$$= (845\ \text{kg})(100.0\ \text{km/h} - 0.0\ \text{km/h})\left(\frac{1000\ \text{m}}{1\ \text{km}}\right)\left(\frac{1\ \text{h}}{3600\ \text{s}}\right)$$

$$= 2.35\times10^4\ \text{kg.m/s}$$

b. ما متوسط القوة المؤثر في السيارة؟

$$F = \frac{m(v_f - v_i)}{\Delta t}$$

$$= \frac{(845\ \text{kg})(100.0\ \text{km/h} - 0.0\ \text{km/h})\left(\frac{1000\ \text{m}}{1\ \text{km}}\right)\left(\frac{1\ \text{h}}{3600\ \text{s}}\right)}{0.90\ \text{s}}$$

$$= 2.6\times10^4\ \text{N}$$

c. ما الذي ولّد هذه القوة؟

تولدت هذه القوة من خلال الاحتكاك مع الطريق.

81. هوكي الجليد تحرك قرص هوكي كتلته 0.115 kg بسرعة 35.0 m /s، فاصطدم بسترة كتلتها 0.365 kg رميت على الجليد من قبل أحد المشجعين، فانزلق القرص والسترة معًا. أوجد سرعتهما المتجهة.

$$m_{\text{قرص الهوكي}} v_{\text{i،قرص الهوكي}} = (m_{\text{قرص الهوكي}} + m_{\text{السترة}}) v_{\text{f}}$$

$$v_{\text{f}} = \frac{m_{\text{قرص الهوكي}} v_{\text{i،قرص الهوكي}}}{m_{\text{قرص الهوكي}} + m_{\text{السترة}}}$$

$$= \frac{(0.115\ \text{kg})(35.0\ \text{m/s})}{(0.115\ \text{kg} + 0.365\ \text{kg})}$$

$$= 8.39\ \text{m/s}$$

82. تركب فتاة كتلتها 50.0 kg عربة ترفيه كتلتها 10.0 kg، وتتحرك شرقًا بسرعة 5.0 m/s. فإذا قفزت الفتاة من مقدمة العربة ووصلت الأرض بسرعة 7.0 m/s في اتجاه الشرق بالنسبة إلى الأرض.

a. فارسم الوضعين قبل القفز وبعده، وعين نظام إحداثياتهما.

قبل:

$$m_{\text{الفتاة}} = 50.0\ \text{kg}$$

$$m_{\text{العربة}} = 10.0\ \text{kg}$$

$$v_{\text{i}} = 5.0\ \text{m/s}$$

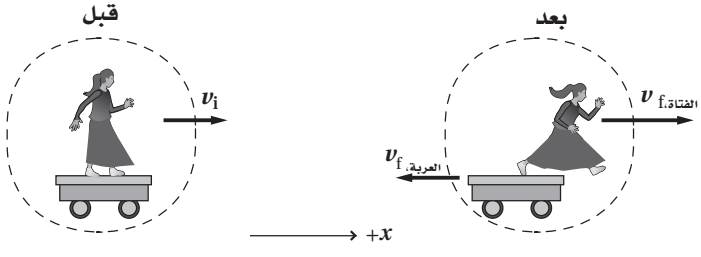
بعد:

$$m_{\text{الفتاة}} = 50.0\ \text{kg}$$

$$m_{\text{العربة}} = 10.0\ \text{kg}$$

$$v_{\text{f،الفتاة}} = 7.0\ \text{m/s}$$

$$v_{\text{f،العربة}} = ?$$



b. أوجد السرعة المتجهة للعربة بعد أن قفزت منها الفتاة.

$$(m_{\text{الفتاة}} + m_{\text{العربة}})v_i = m_{\text{الفتاة}}v_{f,\text{الفتاة}} + m_{\text{العربة}}v_{f,\text{العربة}}$$

لذا فإن

$$v_{f,\text{العربة}} = \frac{(m_{\text{الفتاة}} + m_{\text{العربة}})v_i - m_{\text{الفتاة}}v_{f,\text{الفتاة}}}{m_{\text{العربة}}}$$

$$= \frac{(50.0\ \text{kg} + 10.0\ \text{kg})\ (5.0\ \text{m/s}) - (50.0\ \text{kg})(7.0\ \text{m/s})}{10.0\ \text{kg}}$$

$$= -5.0\ \text{m/s}$$

أو غربًا 5.0 m/s

83. قفز شاب كتلته 60.0 kg إلى ارتفاع 0.32 m.

a. ما زخمه عند وصوله إلى الأرض؟

$$v^2 = v_0^2 + 2dg$$

لذا تكون السرعة المتجهة للشاب

$$v = \sqrt{2dg}$$

ويكون زخم الشاب

$$p = mv = m\sqrt{2dg}$$

$$= (60.0\ \text{kg})\sqrt{(2)(0.32\ \text{m})(9.80\ \text{m/s}^2)}$$

$$= 1.5\times10^2\ \text{kg. m/s}$$ **إلى أسفل**

b. ما الدفع اللازم لإيقاف الشاب؟

$$F\Delta t = m\Delta v = m(v_f - v_i)$$

ولإيقاف الشاب فإن

$$v_f = 0$$

لذا فإن

$$F\Delta t = -mv_f = -p = -1.5\times10^2\ \text{kg.m/s}$$ **حيث تدل الإشارة السالبة على أن الدفع يجب أن يؤثر إلى أعلى**

c. عندما يهبط الشاب على الأرض تنثني ركبتاه مؤديتين إلى إطالة زمن التوقف إلى 0.050 s. أوجد متوسط القوة المؤثرة في جسم الشاب.

$$F\Delta t = m\Delta v = m\sqrt{2dg}$$

$$F = \frac{m\sqrt{2dg}}{\Delta t}$$

$$= (60.0\ \text{kg})\frac{\sqrt{(2)(0.32\ \text{m})(9.80\ \text{m/s}^2)}}{0.050\ \text{s}}$$

$$= 3.0\times10^3\ \text{N}$$

d. قارن بين قوة إيقاف الشاب ووزنه.

$$F_g = mg = (60.0\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2) = 5.98\times10^2\ \text{N}$$

قوة إيقاف الشاب تساوي 5 أضعاف وزنه تقريبًا.

التفكير الناقد

صفحة 66–65

84. تطبيق المفاهيم يركض لاعب كتلته 92 kg بسرعة 5.0 m /s، محاولاً الوصول إلى المرمى مباشرة، وعندما وصل خط المرمى اصطدم بلاعبين من فريق الخصم في الهواء كتلة كل منهما 75 kg، وقد كانا يركضان في عكس اتجاهه حيث كان أحدهما يتحرك بسرعة 2.0 m /s، والآخر بسرعة 4.0 m /s، فالتحموا جميعًا، وأصبحوا كأنهم كتلة واحدة.

a. ارسم الحدث موضحًا الوضع قبل الاصطدام وبعده.

قبل:

$$m_A = 92\ \text{kg}$$

$$m_B = 75\ \text{kg}$$

$$m_C = 75\ \text{kg}$$

$$v_{Ai} = 5.0\ \text{m/s}$$

$$v_{Bi} = -2.0\ \text{m/s}$$

$$v_{Ci} = -4.0\ \text{m/s}$$

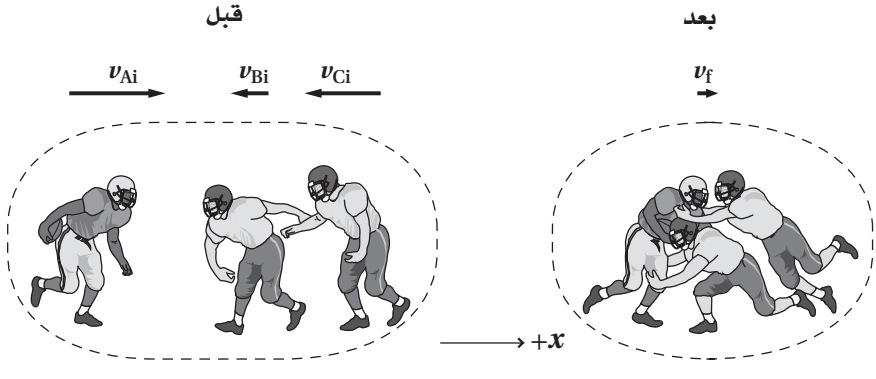
بعد:

$$m_A = 92\ \text{kg}$$

$$m_B = 75\ \text{kg}$$

$$m_C = 75\ \text{kg}$$

$$v_f = ?$$



b. ما السرعة المتجهة للاعبي الكرة بعد التصادم؟

$$p_{Ai} + p_{Bi} + p_{Ci} = p_{Af} + p_{Bf} + p_{Cf}$$

$$m_A v_{Ai} + m_B v_{Bi} + m_C v_{Ci} = m_A v_{Af} + m_B v_{Bf} + m_C v_{Cf}$$

$$= (m_A + m_B + m_C) v_f$$

$$v_f = \frac{m_A v_{Ai} + m_B v_{Bi} + m_C v_{Ci}}{m_A + m_B + m_C}$$

$$= \frac{(92\ \text{kg})(5.0\ \text{m/s}) + (75\ \text{kg})(-2.0\ \text{m/s}) + (75\ \text{kg})(-4.0\ \text{m/s})}{92\ \text{kg} + 75\ \text{kg} + 75\ \text{kg}}$$

$$= 0.041\ \text{m/s}$$

الكتابة في الفيزياء

صفحة 66

85. كيف يمكن أن تصمم حواجز الطريق السريع لتكون أكثر فعالية في حماية أرواح الأشخاص؟ ابحث في هذه القضية، وصف كيف يمكن استخدام الدفع والتغير في الزخم في تحليل تصاميم الحواجز.

لا يعتمد التغير في زخم السيارة على كيفية توقف السيارة، وهكذا فإنّ الدفع أيضًا لا يتغير. ولتقليل القوة يجب زيادة الفترة الزمنية التي تستغرقها السيارة للتوقف. ويعمل استخدام حواجز قادرة على زيادة الفترة الزمنية اللازمة لتوقف السيارة على تقليل القوة، وتستخدم عادة الحاويات البلاستيكية المرنة المملوءة بالرمل.

86. على الرغم من أن الوسائد الهوائية تحمي العديد من الأرواح، إلاّ أنها قد تسبب إصابات تؤدي إلى الموت. اكتب آراء صانعي السيارات في ذلك، وحدّد ما إذا كانت المشاكل تتضمن الدفع والزخم أو أشياء أخرى.

هناك طريقتان لكي تعمل الوسائد الهوائية على تقليل الإصابات. أولاً تزيد الوسائد الهوائية من الفترة الزمنية التي يؤثر خلالها الدفع، لذا فهي تقلل القوة. ثانيًا أن الوسادة الهوائية توزّع القوة على مساحة أكبر، لذا فهي تقلل الضغط. وهكذا فإن الإصابات الناتجة عن تأثير قوى من أجسام صغيرة تقل. إن معظم أخطار الوسائد الهوائية تنجم عن أنّ هذه الوسائد يجب أن تنتفخ بسرعة كبيرة. يمكن لسطح الوسادة الهوائية أن يصل إلى الراكب بسرعة قد تصل إلى 322 km/h، وتحدث الإصابات عندما تصطدم الوسادة الهوائية المتحركة بالراكب. وما زالت هذه الأنظمة تتطور حتى ينضبط معدل امتلاء الوسادة الهوائية بالغازات لتطابق حجم الراكب.

تابع الفصل 2

مراجعة تراكمية

صفحة 65

87. لُفّ حبلٌ حول طبل قطره 0.600 m. وسُحب بآلة تؤثر فيه بقوة ثابتة مقدارها 40.0 N مدة 2.00 s. وفي هذه الفترة تم فك 5.00 m من الحبل. أوجد ω، α عند 2.0 s.(الفصل 1)

التسارع الزاوي يساوي حاصل قسمة التسارع الخطي لحافة الطبل على نصف قطر الطبل.

$$\alpha = \frac{a}{r}$$

ويتم إيجاد التسارع الخطي من معادلة الحركة.

$$x = \frac{1}{2}at^2$$

$$a = \frac{2x}{t^2}$$

لذا فإن التسارع الزاوي يساوي:

$$\alpha = \frac{a}{r} = \frac{2x}{rt^2}$$

$$= \frac{(2)(5.00\ \text{m})}{\left(\frac{0.600\ \text{m}}{2}\right)(2.00\ \text{s})^2}$$

$$= 8.33\ \text{rad/s}^2$$

عند نهاية الزمن 2.00 s، تحسب السرعة المتجهة الزاوية على النحو الآتي:

$$\omega = \alpha t$$

$$= \frac{2xt}{rt^2}$$

$$= \frac{2x}{rt}$$

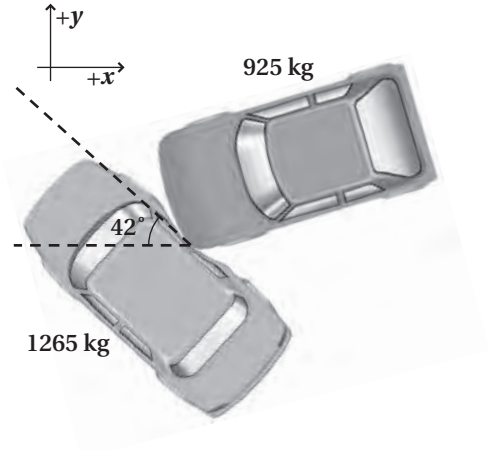
$$= \frac{(2)(500\ \text{m})}{\left(\frac{0.600\ \text{m}}{2}\right)(2.00\ \text{s})}$$

$$= 16.7\ \text{rad/s}$$

مسألة تحفيز

صفحة 55

كان صديقك يقود سيارة كتلتها 1265 kg في اتجاه الشمال، فصدمته سيارة صغيرة كتلتها 925 kg متجهة غربًا، فالتحمتا معًا، وانزلقتا 23.1 m في اتجاه يصنع زاوية 42° شمال الغرب. وكانت السرعة القصوى المسموح بها في تلك المنطقة 22 m/s. افترض أنّ الزخم كان محفوظًا خلال التصادم، وأنّ التسارع كان ثابتًا في أثناء الانزلاق، ومعامل الاحتكاك الحركي بين الإطارات والأسفلت 0.65.



1. ادّعى صديقك أنه لم يكن مسرعًا، لكن السائق الآخر كان مسرعًا. كم كانت سرعة سيارة صديقك قبل التصادم؟

يوفر مخطط المتجهات معادلة الزخم لسيارة صديقك،

$$p_{Ci} = p_f \sin 42°$$

فتكون السرعة المتجهة الابتدائية لسيارة صديقك، عندئذ:

$$v_{Ci} = \frac{p_{Ci}}{m_C} = \frac{p_f \sin 42°}{m_C} \quad \frac{(m_C + m_D)\, v_f \sin 42°}{m_C}$$

يمكننا إيجاد v_f عن طريق إيجاد التسارع وزمن الانزلاق في أثناء التصادم، فالتسارع يساوي:

$$a = \frac{F}{m} = \frac{\mu F_g}{m} = \frac{\mu(m_C + m_D)g}{m_C + m_D} = \mu g$$

ويمكن حساب الزمن بمعادلة المسافة.

$$d = \frac{1}{2} a t^2$$

$$t = \sqrt{\frac{2d}{a}} = \sqrt{\frac{2d}{\mu g}}$$

السرعة المتجهة النهائية (وهي سرعة السيارتين معًا بعد التصادم مباشرة) عندئذٍ تساوي:

$$v_f = at = \mu g \sqrt{\frac{2d}{\mu g}} = \sqrt{2d\mu g}$$

وباستخدام ذلك، يمكننا الآن إيجاد السرعة المتجهة الابتدائية لسيارة صديقك.

$$v_{Ci} = \frac{(m_C + m_D)\, v_f \sin 42^\circ}{m_C}$$

$$= \frac{(m_C + m_D)\sqrt{2d\mu g}\ (\sin 42^\circ)}{m_C}$$

$$= \frac{(1265\ \text{kg} + 925\ \text{kg})\left(\sqrt{(2)\ (23.1\ \text{m})(0.65)(9.80\ \text{m/s}^2)}\right)(\sin 42^\circ)}{1265\ \text{kg}}$$

$$= 2.0\times10^{1}\ \text{m/s}$$

2. كم كانت سرعة السيارة الأخرى قبل التصادم؟ وهل يمكنك أن تدعم ادعاء صديقك؟

بواسطة مخطط المتجهات، تكون معادلة الزخم للسيارة الأخرى على النحو الآتي:

$$p_{Di} = p_f \cos 42^\circ$$

$$= (m_C + m_D) v_f \cos 42^\circ$$

$$= (m_C + m_D)\sqrt{2d\mu g}\ (\cos 42^\circ)$$

تكون معادلة السرعة المتجهة الابتدائية للسيارة الأخرى عندئذٍ تساوي:

$$v_{Di} = \frac{p_{Di}}{m_D}$$

$$= \frac{(m_C + m_D)\sqrt{2d\mu g}\ (\cos 42^\circ)}{m_D}$$

$$= \frac{(1265\ \text{kg} + 925\ \text{kg})\left(\sqrt{(2)(23.1\ \text{m})(0.65)(9.80\ \text{m/s}^2)}\right)(\cos 42^\circ)}{925\ \text{kg}}$$

$$= 3.0\times10^{1}\ \text{m/s}$$

لم يتجاوز الصديق حدّ السرعة 22 m/s، في حين تجاوزت السيارة الأخرى هذا الحد.

مسائل تدريبية

3–1 الطاقة والشغل (صفحة 80–69)

صفحة 75

1. اعتمد على المثال 1 لحل المسألة التالية:

a. إذا أثر لاعب الهوكي بضعف القوة، أيْ 9.00 N، في القرص، فكيف تتغير طاقة حركة القرص؟

لمّا كانت

$W = Fd$ و $\Delta KE = W$

فإن مضاعفة القوة تؤدي إلى مضاعفة الشغل، ومن ثم يؤدي إلى مضاعفة التغير في الطاقة الحركية ليصبح 1.35 J.

b. إذا أثر اللاعب بقوة مقدارها 9.00 N في القرص، ولكن بقيت العصا ملامسة للقرص لنصف المسافة فقط، أيْ 0.075 m، فما مقدار التغير في الطاقة الحركية؟

لما كانت

$W = Fd$

فإن تقليل المسافة إلى النصف سيقلل الشغل إلى النصف، ومن ثم يؤدي إلى تقليل التغير في الطاقة الحركية بمقدار النصف، فيصبح 0.68 J.

2. يؤثر طالبان معًا بقوة مقدارها 825 N لدفع سيارة مسافة 35 m.

a. ما مقدار الشغل الذي يبذله الطالبان على السيارة؟

$W = Fd = (825\ \text{N})(35\ \text{m})$

$= 2.9\times10^{4}\ \text{J}$

b. إذا تضاعفت القوة المؤثرة، فما مقدار الشغل المبذول لدفع السيارة إلى المسافة نفسها؟

$W = Fd$

$= (2)(825\ \text{N})(35\ \text{m})$

$= 5.8\times10^{4}\ \text{J}$ **أي أن الشغل قد تضاعف**

3. يتسلق رجل جبلاً وهو يحمل حقيبة كتلتها 7.5 kg، وبعد 30.0 min وصل إلى ارتفاع 8.2 m فوق نقطة البداية.

a. ما مقدار الشغل الذي بذله المتسلق على حقيبة الظهر؟

$W = Fd$

$= mgd$

$= (7.5\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2)(8.2\ \text{m})$

$= 6.0\times10^{2}\ \text{J}$

b. إذا كان وزن المتسلق 645 N، فما مقدار الشغل الذي بذله لرفع نفسه هو وحقيبة الظهر؟

$W = Fd + 6.0\times10^{2}\ \text{J}$

$= (645\ \text{N})(8.2\ \text{m}) + 6.0\times10^{2}\ \text{J}$

$= 5.9\times10^{3}\ \text{J}$

c. ما مقدار التغير في طاقة المتسلق والحقيبة؟

$P = \frac{W}{t} = \left(\frac{5.9\times10^{3}\ \text{J}}{30.0\ \text{min}}\right)\left(\frac{1\ \text{min}}{60\ \text{s}}\right)$

$= 3.3\ \text{W}$

صفحة 76

4. إذا كان البحّار في المثال 2 يسحب القارب بالقوة نفسها إلى المسافة نفسها ولكن بزاوية 50.0°، فما مقدار الشغل الذي يبذله؟

$W = Fd\cos\theta$

$= (255\ \text{N})(30.0\ \text{m})(\cos 50.0°)$

$= 4.92\times10^{3}\ \text{J}$

5. يرفع شخصان صندوقًا ثقيلاً مسافة 15 m بحبلين يصنع كل منها زاوية 15° مع الرأسي، ويؤثر كل من الشخصين بقوة مقدارها 225 N. ما مقدار الشغل الذي يبذلانه؟

$W = Fd\cos\theta$

$= (2)(225\ \text{N})(15\ \text{m})(\cos 15°)$

$= 6.5\times10^{3}\ \text{J}$

6. يحمل مسافر حقيبة سفر وزنها 215 N إلى أعلى سُلّم، بحيث يعمل إزاحة مقدارها 4.20 m في الاتجاه الرأسي، و 4.60 m في الاتجاه الأفقي.

a. ما مقدار الشغل الذي بذله المسافر؟

لما كانت الجاذبية تؤثّر رأسيًا، فإن الإزاحة الرأسية فقط هي التي تؤخذ في الاعتبار.

$$W = Fd = (215\ \text{N})(4.20\ \text{m}) = 903\ \text{J}$$

b. إذا حمل المسافر نفسه حقيبة السفر نفسها إلى أسفل السلم نفسه، فما مقدار الشغل الذي يبذله؟

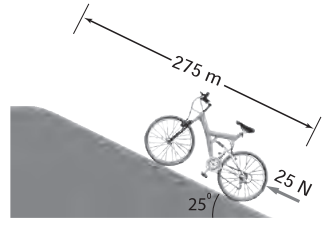
تكون القوة إلى أعلى، في حين تكون الإزاحة إلى أسفل؛ لذا فإن:

$$W = Fd\cos\theta$$
$$= (215\ \text{N})(4.20\ \text{m})(\cos 180.0^\circ)$$
$$= -903\ \text{J}$$

7. يُستخدم حبل في سحب صندوق مسافة 15.0 m على سطح الأرض، فإذا كان الحبل مربوطًا بحيث يصنع زاوية مقدارها 46.0° فوق سطح الأرض وتؤثر قوة مقدارها 628 N في الحبل، فما مقدار الشغل الذي تبذله هذه القوة؟

$$W = Fd\cos\theta$$
$$= (628\ \text{N})(15.0\ \text{m})(\cos 46.0^\circ)$$
$$= 6.54\times10^3\ \text{J}$$

8. دفع سائق دراجة هوائية كتلتها 13 kg إلى أعلى تل ميله 25° وطوله 275 m، في اتجاه موازٍ للطريق وبقوة مقدارها 25 N، كما في **الشكل 4–3**، فما مقدار الشغل الذي:



■ **الشكل 4–3**

a. يبذله السائق على دراجته الهوائية؟

القوة والإزاحة في الاتجاه نفسه.

$$W = Fd$$
$$= (25\ \text{N})(275\ \text{m})$$
$$= 6.9\times10^3\ \text{J}$$

b. تبذله قوة الجاذبية الأرضية على الدراجة الهوائية؟

القوة إلى أسفل (−90°)، وتكون الإزاحة بزاوية 25° فوق الأفقي أو بزاوية 115° عن اتجاه تأثير القوة.

$$W = Fd\cos\theta$$
$$= mgd\cos\theta$$
$$= (13\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2)(275\ \text{m})(\cos 115^\circ)$$
$$= -1.5\times10^4\ \text{J}$$

صفحة 79–78

9. رُفع صندوق يزن 575 N رأسيًّا إلى أعلى مسافة 20.0 m بحبل قوي موصول بمحرك. فإذا تم إنجاز العمل خلال 10.0 s، فما القدرة التي يولدها المحرك بوحدة W ووحدة kW؟

$$P = \frac{W}{t} = \frac{Fd}{t} = \frac{(575\ \text{N})(20.0\ \text{m})}{10.0\text{s}}$$
$$= 1.15\times10^3\ \text{W} = 1.15\ \text{kW}$$

10. إذا كنت تدفع عربة يدوية مسافة 60.0 m وبسرعة ثابتة المقدار مدة 25.0 s، وذلك بالتأثير بقوة مقدارها 145 N في اتجاه أفقي

a. فما مقدار القدرة التي تولدها؟

$$P = \frac{W}{t} = \frac{Fd}{t} = \frac{(145\ \text{N})(60.0\ \text{m})}{25.0\ \text{s}} = 348\ \text{W}$$

b. وإذا كنت تحرك عربة اليد بضعف مقدار السرعة، فما مقدار القدرة التي تولدها؟

بمضاعفة السرعة يقل الزمن t إلى النصف، ومن ثم تتضاعف القدرة P فتصبح 696 W.

تابع الفصل 3

11. ما مقدار القدرة التي تولدها مضخة في رفع 35 L من الماء كل دقيقة من عمق 110 m؟ [كل 1 L من الماء كتلته 1.00 kg]

$$P = \frac{W}{t} = \frac{mgd}{t} = \left(\frac{m}{t}\right) gd$$

ولما كانت:

$$\frac{m}{t} = (35\ \text{L/min})(1.00\ \text{kg/L})$$

فإن:

$$P = \left(\frac{m}{t}\right) gd$$

$$= (35\ \text{L/min})(1.00\ \text{kg/L})(9.80\ \text{m/s}^2)(110\ \text{m})(1\ \text{min}/60\ \text{s})$$

$$= 0.63\ \text{kW}$$

12. يولد محرك كهربائي قدرة 65 kW لرفع مصعد مكتمل الحمولة مسافة 17.5 m خلال 35 s. ما مقدار القوة التي يبذلها المحرك؟

$$P = \frac{W}{t} = \frac{Fd}{t}$$

$$F = \frac{Pt}{d} = \frac{(65\times10^3\ W)(35\ \text{s})}{17.5\ \text{m}}$$

$$= 1.3\times10^5\ \text{N}$$

13. صُمّمت رافعة ليتم تثبيتها على شاحنة كما في **الشكل 7–3**، ولدى اختبار قدراتها ربطت الرافعة بجسم وزنه يعادل أكبر قوة تستطيع الرافعة التأثير بها، ومقدارها 6.8×10^3 N، فرفعت الجسم مسافة 15 m مولدة قدرة مقدارها 0.30 kW. ما الزمن الذي احتاجت إليه الرافعة لرفع الجسم؟

■ **الشكل 7–3**

$$P = \frac{W}{t} = \frac{Fd}{t}$$

$$t = \frac{Fd}{P}$$

$$= \frac{(6.8\times10^3\ \text{N})(15\ \text{m})}{(0.30\times10^3\ \text{W})} = 340\ \text{s}$$

$$= 5.7\ \text{min}$$

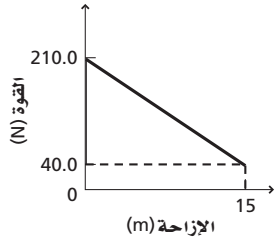
14. توقفت سيارتك فجأة وقمت بدفعها، ولاحظت أن القوة اللازمة لجعلها تستمر في الحركة آخذة في التناقص مع استمرار حركة السيارة. افترض أنه خلال مسافة 15 m الأولى تناقصت قوتك بمعدل ثابت من 210.0 N إلى 40.0 N، فما مقدار الشغل الذي بذلته على السيارة؟ ارسم المنحنى البياني القوة – الإزاحة لتمثل الشغل المبذول خلال هذه الفترة.

الشغل المبذول يساوي مساحة شبه المنحرف أسفل الخط الغامق:

$$W = \frac{1}{2}d(F_1 + F_2)$$

$$= \frac{1}{2}(15\text{ m})(210.0\text{ N} + 40.0\text{ N})$$

$$= 1.9\times10^3\text{ J}$$



مراجعة القسم

1–3 الطاقة والشغل (صفحة 80–69)

صفحة 80

15. الشغل تدفع مريم جسمًا كتلته 20 kg مسافة 10 m على أرضية غرفة بقوة أفقية مقدارها 80 N. احسب مقدار الشغل الذي تبذله مريم.

$$W = Fd = (80\text{ N})(10\text{ m}) = 8\times10^2\text{ J}$$

الكتلة ليست مهمة في هذه المسألة.

16. الشغل يدفع عاملٌ ثلاجةً كتلتها 185 kg بسرعة ثابتة إلى أعلى لوح مائل عديم الاحتكاك طوله 10.0 m ويميل بزاوية 11.0° على الأفقي؛ لتحميلها على سيارة نقل. ما مقدار الشغل الذي يبذله العامل؟

$$y = (10.0\text{ m})(\sin 11.0°)$$

$$= 1.91\text{ m}$$

$$W = Fd = mgd\sin\theta$$

$$= (185\text{ kg})(9.80\text{ m/s}^2)(10.0\text{ m})(\sin 11.0°)$$

$$= 3.46\times10^3\text{ J}$$

17. الشغل والقدرة هل يعتمد الشغل اللازم لرفع كتاب إلى رف عالٍ، على مقدار سرعة رفعه؟ وهل تعتمد القدرة على رفع الكتاب على مقدار سرعة رفعه؟ وضح إجابتك.

لا، الشغل لا يعتمد على الزمن. في حين أن القدرة تعتمد على الزمن، حيث تعتمد القدرة المطلوبة على مقدار سرعة رفعك للكتاب.

18. القدرة يرفع مصعد جسمًا كتلته 1.1×10^3 kg مسافة 40.0 m خلال 12.5 s. ما القدرة التي يولدها المصعد؟

$$P = \frac{W}{t} = \frac{Fd}{t} = \frac{mgd}{t}$$

$$= \frac{(1.1\times10^3\text{ kg})(9.80\text{ m/s}^2)(40.0\text{ m})}{12.5\text{ s}}$$

$$= 3.4\times10^4\text{ W}$$

19. الشغل تسقط كرة كتلتها 0.180 kg مسافة 2.5 m، فما مقدار الشغل الذي تبذله قوة الجاذبية الأرضية على الكرة؟

$$W = F_g d = mgd$$

$$= (0.180\text{ kg})(9.80\text{ m/s}^2)(2.5\text{ m})$$

$$= 4.4\text{ J}$$

تابع الفصل 3

20. الكتلة ترفع رافعة صندوقًا مسافة 1.2 m، وتبذل عليه شغلاً مقداره 7.0 kJ. ما مقدار كتلة الصندوق؟

$$W = Fd = mgd$$

لذا فإن

$$m = \frac{W}{gd} = \frac{7.0\times10^{3}\ \text{J}}{(9.80\ \text{m/s}^2)(1.2\ \text{m})}$$

$$= 6.0\times10^{2}\ \text{kg}$$

21. الشغل تحمل أنت وزميلك صندوقين متماثلين من الطابق الأول في مبنى إلى غرفة تقع في نهاية ممر في الطابق الثاني. فإذا اخترت أن تحمل الصندوق إلى أعلى الدرج ثم تمر عبر الممر لتصل إلى الغرفة، في حين اختار زميلك أن يحمل صندوقه من الممر في الطابق الأول ثم يصعد به سلّما رأسيًّا إلى أن يصل إلى الغرفة، فأيهما يبذل شغلاً أكبر؟

كلاهما يبذل مقدار الشغل نفسه. وفي الحالتين يؤخذ في الحسبان الارتفاع والقوة الرأسية فقط.

22. الشغل وطاقة الحركة إذا تضاعفت الطاقة الحركية لجسم بفعل شغل مبذول عليه، فهل تتضاعف سرعة الجسم؟ إذا كان الجواب بالنفي فما النسبة التي تتغير بها سرعة الجسم؟

تتناسب الطاقة الحركية مع مربع السرعة؛ لذا فإن مضاعفة الطاقة تؤدي إلى مضاعفة مربع السرعة. فتتزايد السرعة بالمعامل $\sqrt{2}$ أو 1.4.

23. التفكير الناقد وضح كيفية إيجاد التغير في طاقة نظام إذا أثرت فيه ثلاث قوى في آنٍ واحد.

بما أن الشغل عبارة عن التغير في الطاقة الحركية، لذا احسب الشغل الذي بذلته كل قوة. يمكن أن يكون الشغل موجبًا أو سالبًا أو صفرًا اعتمادًا على الزاوية بين القوة وإزاحة الجسم. ويمثل مجموع الكميات الثلاث (للشغل) التغير في طاقة النظام.

مسائل تدريبية

2–3 الآلات (صفحة 89–81)

صفحة 87

24. إذا تضاعف نصف قطر ناقل الحركة في الدراجة الهوائية في المثال 4، في حين بقيت القوة المؤثرة في السلسلة والمسافة التي تحركتها حافة الإطار دون تغيير، فما الكميات التي تتغير؟ وما مقدار التغير؟

$$IMA = \frac{r_e}{r_r} = \frac{8.00\ \text{cm}}{35.6\ \text{cm}} = 0.225\ \text{(تضاعفت)}$$

$$MA = \left(\frac{e}{100}\right)IMA = \frac{95.0}{100}(0.225)$$

$$= 0.214\ \text{(تضاعفت)}$$

$$MA = \frac{F_r}{F_e}$$

$$F_r = (MA)(F_e)$$

$$= (0.214)(155\ \text{N})$$

$$= 33.2\ \text{N}$$

$$IMA = \frac{d_e}{d_r}$$

لذا فإن

$$d_e = (IMA)(d_r)$$

$$= (0.225)(14.0\ \text{cm})$$

$$= 3.15\ \text{cm}$$

25. تُستخدم مطرقة ثقيلة لطرق إسفين في جذع شجرة لتقسيمه، وعندما ينغرس الإسفين مسافة 0.20 m في الجذع فإنه ينفلق مسافة مقدارها 5.0 cm. إذا علمت أن القوة اللازمة لفلق الجذع هي 1.7×10^{4} N، وأن المطرقة تؤثر بقوة 1.1×10^{4} N، فاحسب مقدار:

a. الفائدة الميكانيكية المثالية (IMA) للإسفين.

$$IMA = \frac{d_e}{d_r} = \frac{(0.20\ \text{m})}{(0.050\ \text{m})} = 4.0$$

b. الفائدة الميكانيكية (MA) للإسفين.

$$MA = \frac{F_r}{F_e}$$

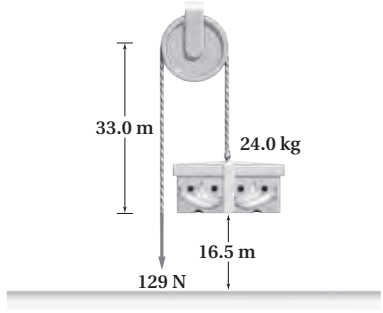
$$= \frac{(1.7\times10^4\ \text{N})}{(1.1\times10^4\ \text{N})} = 1.5$$

c. كفاءة الإسفين إذا اعتبرناه آلة.

$$e = \frac{MA}{IMA}\times 100$$

$$= \frac{1.5}{4.0}\times 100 = 38\%$$

26. يستخدم عامل نظام بكرة عند رفع صندوق كرتون كتلته 24.0 kg مسافة 16.5 m كما في **الشكل 14–3**. فإذا كان مقدار القوة المؤثرة 129 N وسُحب الحبل مسافة 33.0 m



الشكل 14–3 ■

a. فما مقدار الفائدة الميكانيكية (MA) لنظام البكرة؟

$$MA = \frac{F_r}{F_e} = \frac{mg}{F_e}$$

$$= \frac{(24.0\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2)}{129\ \text{N}}$$

$$= 1.82$$

b. وما مقدار كفاءة النظام؟

$$e = \left(\frac{MA}{IMA}\right)\times 100$$

$$= \frac{(MA)(100)}{\frac{d_e}{d_r}}$$

$$= \frac{(MA)(d_r)(100)}{d_e}$$

$$= \frac{(1.82)(16.5\ \text{m})\ (100)}{33.0\ \text{m}}$$

$$= 91.0\%$$

27. إذا أثرت بقوة مقدارها 225 N في رافعة لرفع صخرة وزنها 1.25×10^3 N مسافة 13 cm، وكانت كفاءة الرافعة 88.7% فما المسافة التي تحركتها نهاية الرافعة من جهتك؟

$$e = \frac{W_o}{W_i}\times 100$$

$$= \frac{F_r d_r}{F_e d_e}\times 100$$

لذا فإن

$$d_e = \frac{F_r d_r\ (100)}{e\ F_e}$$

$$= \frac{(1.25\times10^3\ \text{N})(0.13\ \text{m})(100)}{(88.7)\ (225\ \text{N})}$$

$$= 0.81\ \text{m}$$

28. تتكون رافعة من ذراع نصف قطره 45 cm، يتصل الذراع بأسطوانة نصف قطرها 7.5 cm، ملفوف حولها حبل، ومن الطرف الثاني للحبل يتدلى الثقل المراد رفعه. عندما تدور الذراع دورة واحدة، تدور الأسطوانة دورة واحدة أيضًا.

a. ما مقدار الفائدة الميكانيكية المثالية (IMA) لهذه الآلة؟

قارن بين إزاحة القوة المسلطة وإزاحة المقاومة لدورة واحدة.

$$IMA = \frac{d_e}{d_r} = \frac{(2\pi)45\ \text{cm}}{(2\pi)7.5\ \text{cm}} = 6.0$$

b. إذا كانت فاعلية الآلة 75% فقط نتيجة تأثير قوة الاحتكاك، فما مقدار القوة التي يجب التأثير بها في مقبض الذراع ليؤثر بقوة مقدارها 750 N في الحبل؟

$$e = \left(\frac{MA}{IMA}\right) \times 100$$

$$= \frac{F_r}{(F_e)(IMA)} \times 100$$

لذا فإن

$$F_e = \frac{(F_r)(100)}{(IMA)e}$$

$$= \frac{(750\ \text{N})(100)}{(6.0)\ (75)}$$

$$= 1.7 \times 10^2\ \text{N}$$

مراجعة القسم

2–3 الآلات (صفحة 89–81)

صفحة 89

29. الآلات البسيطة صنّف الأدوات أدناه إلى رافعة، أو عجلة ومحور، أو مستوى مائل، أو إسفين، أو بكرة.

a. مفك البراغي

عجلة ومحور

b. كمّاشة

رافعة

c. إزميل

إسفين

d. نزّاعة الدبابيس

رافعة

30. الفائدة الميكانيكية المثالية (IMA) يتفحص عامل نظام بكرات متعددة؛ وذلك لتقدير أكبر جسم يمكن أن يرفعه. فإذا كانت أكبر قوة يمكن للعامل التأثير بها رأسيًّا إلى أسفل مساوية لوزنه 875 N، وعندما يحرك العامل الحبل مسافة 1.5 m فإن الجسم يتحرك مسافة 0.25 m، فما وزن أثقل جسم يمكنه رفعه؟

$$MA = \frac{F_r}{F_e}$$

$$F_r = (MA)(F_e)$$

افترض أن الكفاءة تساوي 100%

$$MA = IMA = \left(\frac{d_e}{d_r}\right)$$

$$F_r = \frac{(1.5\ \text{m})\ (875\ \text{N})}{(0.25\ \text{m})}$$

$$= 5.2 \times 10^3\ \text{N}$$

31. الآلات المُركّبة للونش ذراع نصف قطر دورانه 45 cm، يُدوِّر أسطوانة نصف قطرها 7.5 cm خلال مجموعة من نواقل الحركة، بحيث يدور الذراع ثلاث دورات لتدور الأسطوانة دورة واحدة. فما مقدار الفائدة الميكانيكية المثالية (IMA) لهذه الآلة المُركّبة؟

الفائدة الميكانيكية المثالية (*IMA*) لهذه الآلة المُركّبة (النظام) تساوي حاصل ضرب الفائدة الميكانيكية المثالية (*IMA*) لكل آلة.

إن نسبة الإزاحات لكل من الذراع والأسطوانة تساوي:

$$\frac{2\pi(45\ \text{cm})}{2\pi(7.5\ \text{cm})} = 6.0$$

$$IMA = \frac{d_e}{d_r} = \frac{(3)(2\pi r)}{2\pi r}$$

$$= \frac{(3)(2\pi)(45\ \text{cm})}{(2\pi)(7.5\ \text{cm})}$$

$$= 18$$

32. الكفاءة إذا رفعت كفاءة آلة بسيطة، فهل تزداد الفائدة الميكانيكية (MA)، والفائدة الميكانيكية المثالية (IMA)، أم تنقص، أم تبقى ثابتة؟

إما أن تزداد الفائدة الميكانيكية وتبقى الفائدة الميكانيكية المثالية كما هي، أو تقل الفائدة الميكانيكية المثالية وتبقى الفائدة الميكانيكية كما هي، أو تزداد الفائدة الميكانيكية وتقل الفائدة الميكانيكية المثالية.

33. التفكير الناقد تتغير الفائدة الميكانيكية لدراجة هوائية متعددة نواقل الحركة بتحريك السلسلة بحيث تُدوّر ناقل حركة خلفيًّا مناسبًا.

a. عند الانطلاق بالدراجة عليك أن تؤثر في الدراجة بأكبر قوة ممكنة؛ لتكسبها تسارعًا، فهل ينبغي أن تختار ناقل حركة صغيرًا أم كبيرًا؟

كبير، لزيادة

$$IMA = \frac{r_{\text{ناقل الحركة}}}{r_{\text{الإطار}}}$$

b. إذا وصلت إلى مقدار السرعة المناسب وأردت تدوير الدوّاسة بأقل عدد ممكن من الدورات، فهل تختار ناقل حركة كبيرًا أم صغيرًا؟

صغير؛ لأنه سيتطلب إزاحة أقل تقطعها السلسلة حتى يدور الإطار دورة واحدة، لذا فإنه يتطلب عددًا أقل لدورات الدوّاسة.

c. بعض أنواع الدراجات الهوائية تمنحك فرصة اختيار حجم ناقل الحركة الأمامي. فإذا كنت بحاجة إلى قوة أكبر لتحدث تسارعًا في أثناء صعودك تلًّا، فهل تتحول إلى ناقل الحركة الأمامي الأصغر أم الأكبر؟

الأصغر؛ وذلك من أجل زيادة الفائدة الميكانيكية المثالية لدواسة ناقل الحركة الأمامي؛ لأن

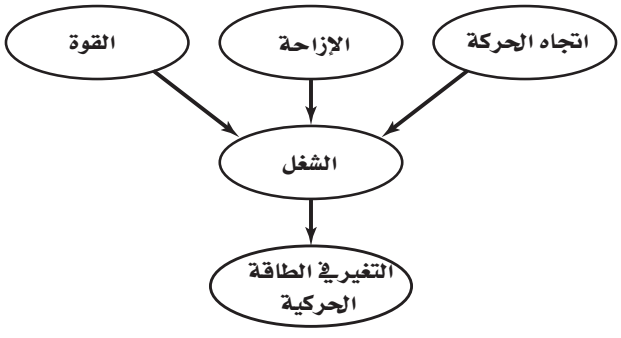
$$IMA = \frac{r_{\text{الدواسات}}}{r_{\text{ناقل الحركة الأمامي}}}$$

تقويم الفصل

خريطة المفاهيم

صفحة 94

34. كوّن خريطة مفاهيم مستخدمًا المصطلحات الآتية: القوة، الإزاحة، اتجاه الحركة، الشغل، التغير في الطاقة الحركية.



إتقان المفاهيم

صفحة 94

35. ما وحدة قياس الشغل؟ (1–3)

الجول

36. افترض أن قمرًا صناعيًّا يدور حول الأرض في مدار دائري، فهل تبذل قوة الجاذبية الأرضية أي شغل على القمر؟ (1–3)

لا، إن قوة الجاذبية تتّجه نحو مركز الأرض ومتعامدة مع اتجاه إزاحة القمر الصناعي.

37. ينزلق جسم بسرعة ثابتة على سطح عديم الاحتكاك. ما القوى المؤثرة في الجسم؟ وما مقدار الشغل التي تبذله كل قوة؟ (1–3)

قوة الجاذبية والقوة العمودية فقط تؤثران في الجسم. لا يُبذل شغل؛ لأن الإزاحة متعامدة مع هذه القوى. ولا توجد قوة في اتجاه الإزاحة؛ لأن الجسم ينزلق بسرعة ثابتة.

38. عرّف كلاًّ من الشغل والقدرة؟ (1–3)

الشغل يساوي حاصل ضرب القوة في المسافة التي قطعها الجسم في اتجاه القوة. أما القدرة فهي المعدل الزمني لبذل الشغل.

تابع الفصل 3

39. ماذا تكافئ وحدة الواط بدلالة وحدات الكيلوجرام والمتر والثانية؟ (3–1)

$$W = J/s$$
$$= N.m/s$$
$$= (kg.m/s^2).m/s$$
$$= kg.m^2/s^3$$

40. وضّح العلاقة بين الشغل المبذول والتغير في الطاقة. (3–1)

الشغل المبذول يساوي التغير في الطاقة الحركية.

41. هل يمكن لآلة ما أن تُعطي شغلاً ناتجًا أكبر من الشغل المبذول عليها. (3–2)

لا، $e \leq 100\%$

42. فسر كيف يمكن اعتبار الدوّاسات التي في الدراجة الهوائية آلة بسيطة؟ (3–2)

تنقل الدواسة القوة من السائق إلى الدراجة من خلال العجلة والمحور.

تطبيق المفاهيم

صفحة 95–94

43. أي الحالتين التاليتين تتطلب بذل شغل أكبر: حمل حقيبة ظهر وزنها 420 N إلى أعلى تل ارتفاعه 200 m، أو حمل حقيبة ظهر وزنها 210 N إلى أعلى تل ارتفاعه 400 m؟ ولماذا؟

كل منها يحتاج إلى مقدار الشغل نفسه؛ لأن حاصل ضرب القوة في المسافة متساوٍ.

44. الرفع يقع صندوق كتب تحت تأثير قوتين في أثناء رفعك له عن الأرض لتضعه على سطح طاولة؛ إذ تؤثر فيه الجاذبية الأرضية بقوة مقدارها (mg) إلى أسفل، وتؤثر فيه أنت بقوة مقدارها (mg) إلى أعلى. ولأن هاتين القوتين متساويتان في المقدار ومتعاكستان في الاتجاه فيبدو كأنه لا يوجد شغل مبذول، ولكنك تعلم أنك بذلت شغلاً. فسر ما الشغل الذي بُذل؟

أنت تبذل شغلا موجبًا على الصندوق؛ لأن القوة والحركة في الاتجاه نفسه. وقوة الجاذبية تبذل شغلاً سالبًا على الصندوق؛ لأن قوة الجاذبية في عكس اتجاه الحركة. وكل من الشغل الذي تبذله أنت وتبذله الجاذبية الأرضية مستقل عن الآخر، ولا يلغي أحدهما الآخر.

45. يحمل عامل صناديق كرتونية إلى أعلى السلم ثم يحمل صناديق مماثلة لها في الوزن إلى أسفله. غير أن معلم الفيزياء يرى أن هذا العامل لم «يشتغل» مطلقًا؛ لذا فإنه لا يستحق أجرًا. فكيف يمكن أن يكون المعلم على صواب؟ وكيف يمكن إيجاد طريقة ليحصل فيها العامل على أجره؟

الشغل الكلي يساوي صفرًا. إن حمل صندوق الكرتون إلى أعلى السلم يتطلب بذل شغل موجب. وحمله ثانية إلى أسفل السلم يتطلب بذل شغل سالب. والشغلان المبذولان في الحالتين متساويان في المقدار ومتعاكسان في الإشارة؛ لأن المسافتين في الحالتين متساويتان في المقدار ومتعاكستان في الاتجاه. قد يحسب الطلاب أجر العامل على أساس الزمن الذي يحتاج إليه لحمل الصناديق، إما إلى أعلى أو إلى أسفل، وليس على أساس الشغل المبذول.

46. إذا حمل العامل في المسألة السابقة الكراتين إلى أسفل سلم، ثم سار بها مسافة 15 m في ممر، فهل يبذل شغلا الآن؟ فسّر إجابتك.

لا، القوة المؤثرة في الصندوق رأسية إلى أعلى والإزاحة أفقية على امتداد الممر، وهما متعامدتان ولا يُبذل شغل في هذه الحالة.

47. صعود الدرج يصعد شخصان لهما الكتلة نفسها العدد نفسه من الدرجات. فإذا صعد الشخص الأول الدرجات خلال 25 s، وصعد الشخص الثاني الدرجات خلال 35 s،

a. فأي الشخصين بذل شغلاً أكبر؟ فسر إجابتك.

يبذل الشخصان مقدار الشغل نفسه؛ لأنهما يصعدان عدد الدرجات نفسه ولهما الكتلة نفسها.

b. أي الشخصين أنتج قدرة أكثر؟ فسر إجابتك.

الشخص الذي يصعد خلال 25 s ينتج قدرة أكبر، لأنه يحتاج إلى زمن أقل لقطع المسافة.

48. وضح أن القدرة المنقولة يمكن كتابتها على النحو التالي:

$$P = F v \cos\theta$$

$$P = \frac{W}{t},\ W = Fd\cos\theta$$

لذا فإن

$$P = \frac{Fd\cos\theta}{t}$$

ولأن

$$v = \frac{d}{t}$$

فإن:

$$P = Fv\cos\theta$$

49. كيف تستطيع زيادة الفائدة الميكانيكية المثالية لآلة؟

زد النسبة $\frac{d_e}{d_r}$ لزيادة الفائدة الميكانيكية المثالية للآلة.

50. الإسفين كيف تستطيع زيادة الفائدة الميكانيكية للإسفين دون تغيير فائدته الميكانيكية المثالية؟

قلّل الاحتكاك ما أمكن لتقليل قوة المقاومة.

51. المدارات فسر لماذا لا يتعارض دوران كوكب حول الشمس مع نظرية الشغل والطاقة؟

بافتراض أن المدار دائري، تكون قوة الجاذبية متعامدة مع اتجاه الحركة. وهذا يعني أن الشغل المبذول يساوي صفرًا. وحيث إنه لا يوجد تغير في الطاقة الحركية للكوكب، فإن سرعته لا تتزايد ولا تتناقص.

52. المطرقة ذات الكماشة تستخدم المطرقة ذات الكماشة لسحب مسمار من قطعة خشب كما في **الشكل 16–3**. فأين ينبغي أن تضع يدك على المقبض؟ وأين ينبغي أن يكون موقع المسمار بالنسبة لطرفي الكماشة لجعل القوة (المسلطة) أقل ما يمكن؟

■ الشكل 16–3

يجب أن تكون يدك بعيدة قدر الإمكان عن رأس المطرقة لجعل d_e كبيرة ما أمكن. ويجب أن يكون المسمار قريبًا إلى الرأس قدر الإمكان لجعل d_r صغيرة ما أمكن.

إتقان حل المسائل

صفحة 98–95

1–3 الطاقة والشغل

صفحة 97–95

53. يبلغ ارتفاع الطابق الثالث لمنزل 8 m فوق مستوى الشارع. ما مقدار الشغل اللازم لنقل ثلاجة كتلتها 150 kg إلى الطابق الثالث؟

$$W = Fd = mgd$$

$$= (150\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2)(8\ \text{m})$$

$$= 1\times10^4\ \text{J}$$

54. يبذل ماهر شغلاً مقداره 176 J لرفع نفسه مسافة 0.300 m. ما كتلة ماهر؟

$$W = Fd = mgd$$

لذا فإن

$$m = \frac{W}{gd} = \frac{176\ \text{J}}{(9.80\ \text{m/s}^2)(0.300\ \text{m})}$$

$$= 59.9\ \text{kg}$$

55. كرة قدم بعد أن سجل لاعبٌ كتلته 84.0 kg هدفًا، قفز مسافة 1.20 m فوق سطح الأرض فرحًا. ما الشغل الذي بذله اللاعب؟

$$W = Fd = mgd$$

$$= (84.0\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2)(1.20\ \text{m})$$

$$= 988\ \text{J}$$

56. لعبة شد الحبل بذل الفريق A خلال لعبة شد الحبل شغلاً مقداره 2.20×10^3 J عند سحب الفريق B مسافة 2.00 m، فما مقدار القوة التي أثر بها الفريق A؟

$W = Fd$

لذا فإن

$F = \frac{W}{d} = 2.20\times10^3\ \text{J} / 2.00\ \text{m} = 1.10\times10^3\ \text{N}$

57. تسير سيارة بسرعة ثابتة، في حين يؤثر محركها بقوة مقدارها 551 N لموازنة قوة الاحتكاك، والمحافظة على ثبات السرعة. ما مقدار الشغل الذي تبذله السيارة ضد قوة الاحتكاك عند انتقالها بين مدينتين تبعدان مسافة 161 km إحداهما عن الأخرى؟

$W = Fd = (551\ \text{N})(1.61\times10^5\ \text{m})$

$= 8.87\times10^7\ \text{J}$

58. قيادة الدراجة يؤثر سائق دراجة هوائية بقوة مقدارها 15.0 N عندما يقود دراجته مسافة 251 m لمدة 30.0 s. ما مقدار القدرة التي ولّدها؟

$P = \frac{W}{t} = \frac{Fd}{t}$

$= \frac{(15.0\ \text{N})(2.51\ \text{m})}{30.0}$

$= 126\ \text{W}$

59. يرفع أمين مكتبة كتابًا كتلته 2.2 kg من الأرض إلى ارتفاع 1.25 m، ثم يحمل الكتاب ويسير مسافة 8.0 m إلى رفوف المكتبة، ويضع الكتاب على رف يرتفع مسافة 0.35 m فوق مستوى الأرض. ما مقدار الشغل الذي بذله على الكتاب؟ **يؤخذ في الحسبان الإزاحة الرأسية المحصلة فقط.**

$W = Fd = mgd$

$= (2.2\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2)(0.35\ \text{m})$

$= 7.5\ \text{J}$

60. تستخدم قوة مقدارها 300.0 N لدفع جسم كتلته 145 kg أفقيًّا مسافة 30.0 m خلال 3.00 s.

a. احسب مقدار الشغل المبذول على الجسم.

$W = Fd = (300.0\ \text{N})(30.0\ \text{m})$

$= 9.00\times10^3\ \text{J}$

$= 9.00\ \text{kJ}$

b. احسب مقدار القدرة المتولدة.

$P = \frac{W}{t} = \frac{9.00\times10^3\ \text{J}}{3.00\ \text{s}}$

$= 3.00\times10^3\ \text{W}$

$= 3.00\ \text{kW}$

61. العربة يتم سحب عربة عن طريق التأثير في مقبضها بقوة مقدارها 38.0 N، وتصنع زاوية 42.0° مع خط الأفق، فإذا سحبت العربة بحيث أكملت مسارًا دائريًّا نصف قطره 25.0 m، فما مقدار الشغل المبذول؟

$W = Fd\cos\theta$

$= (F)(2\pi r)\cos\theta$

$= (38.0\ \text{N})(2\pi)(25.0\ \text{m})(\cos 42.0°)$

$= 4.44\times10^3\ \text{J}$

62. مجزّ العشب يدفع عامل مجز عشب بقوة مقدارها 88.0 N، مؤثرًا في مقبضه الذي يصنع زاوية 41.0° على الأفقي. ما مقدار الشغل الذي يبذله العامل في تحريك المِجزّ مسافة 1.2 km لجزّ العشب في فناء المنزل؟

$W = Fd\cos\theta$

$= (88.0\ \text{N})(1.2\times10^3\ \text{m})(\cos 41.0°)$

$= 8.0\times10^4\ \text{J}$

63. يلزم بذل شغل مقداره 1210 J لسحب قفص كتلته 17.0 kg مسافة 20.0 m. فإذا تم إنجاز الشغل بربط القفص بحبل وسحبه بقوة مقدارها 75.0 N، فما مقدار زاوية ربط الحبل بالنسبة للأفقي؟

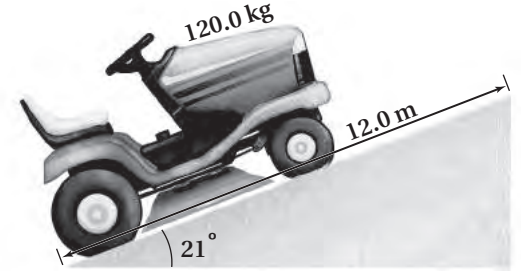
$$W = Fd\cos\theta$$

$$\theta = \cos^{-1}\left(\frac{W}{Fd}\right)$$

$$= \cos^{-1}\left(\frac{1210\text{ J}}{(75.0\text{ N})(20.0\text{ m})}\right)$$

$$= 36.2^\circ$$

64. جرّار زراعي يصعد جرّار زراعي كتلته 120 kg أعلى طريق مائل بزاوية 21° على الأفقي كما في **الشكل 17–3**، فإذا قطع الجرار مسافة 12.0 m بسرعة ثابتة خلال 2.5 s، فاحسب القدرة التي أنتجها الجرّار.



■ الشكل 17–3

$$P = \frac{W}{t} = \frac{Fd\sin\theta}{t} = \frac{mgd\sin\theta}{t}$$

$$= \frac{(120\text{ kg})\ (9.80\text{ m/s}^2)(12.0\text{ m})(\sin 21^\circ)}{2.5\text{ s}}$$

$$= 2.0\times10^3\text{ W} = 2.0\text{ kW}$$

65. إذا كنت تدفع صندوقًا إلى أعلى مستوى يميل بزاوية 30.0° على الأفقي عن طريق التأثير فيه بقوة مقدارها 225 N في اتجاه موازٍ للمستوى المائل، فتحرك الصندوق بسرعة ثابتة، وكان معامِل الاحتكاك يساوي 0.28، فما مقدار الشغل الذي بذلته على الصندوق إذا كانت المسافة الرأسية المقطوعة 1.15 m؟

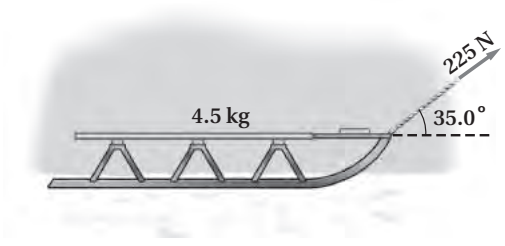
***F* و *d* متوازيان، لذا فإن**

$$W = Fd = F\left(\frac{h}{\sin\theta}\right)$$

$$= \frac{(225\text{ N})(1.15\text{ m})}{\sin 30.0^\circ}$$

$$= 518\text{ J}$$

66. زلاّجة يسحب شخص زلاجة كتلتها 4.5 kg على جليد بقوة مقدارها 225 N بحبل يميل بزاوية 35.0° على الأفقي كما في **الشكل 18–3**. فإذا تحركت الزلاجة مسافة 65.3 m، فما مقدار الشغل الذي بذله الشخص؟



■ الشكل 18–3

$$W = Fd\cos\theta$$

$$= (225\text{ N})(65.3\text{ m})(\cos 35.0^\circ)$$

$$= 1.20\times10^4\text{ J}$$

67. درج كهربائي يقف شخص كتلته 52 kg على درج كهربائي طوله 227 m، ويميل 31° على الأفقي في متنزه المحيط في مدينة هونج كونج والذي يعد أطول درج كهربائي في العالم. ما مقدار الشغل الذي يبذله الدرج على الشخص؟

$$W = Fd\sin\theta = mgd\sin\theta$$

$$= (52\text{ kg})(9.80\text{ m/s}^2)(227\text{ m})(\sin 31^\circ)$$

$$= 6.0\times10^4\text{ J}$$

تابع الفصل 3

68. مدحلة العشب تُدفع مدحلة عشب بقوة مقدارها 115 N في اتجاه مقبضها الذي يميل بزاوية 22.5° على الأفقي، فإذا أنتجت قدرة 64.6 W لمدة 90.0 s، فما مقدار المسافة التي دفعتها المدحلة؟

$$P = \frac{W}{t} = \frac{Fd\cos\theta}{t}$$

لذا فإن:

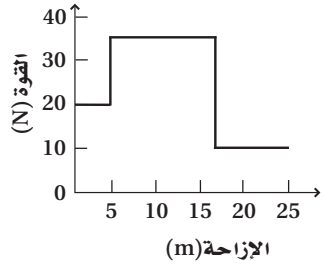
$$d = \frac{Pt}{F\cos\theta}$$

$$= \frac{(64.6\ \text{W})(90.0\ \text{s})}{(115\ \text{N})(\cos 22.5°)}$$

$$= 54.7\ \text{m}$$

69. يدفع عامل صندوقًا على أرضية مصنع متغيرة الخشونة بقوة أفقية، حيث يجب على العامل أن يؤثر بقوة مقدارها 20 N لمسافة 5 m، ثم بقوة مقدارها 35 N لمسافة 12 m، وأخيرًا يؤثر بقوة مقدارها 10 N مسافة 8 m.

a. ارسم المنحنى البياني للقوة – المسافة.



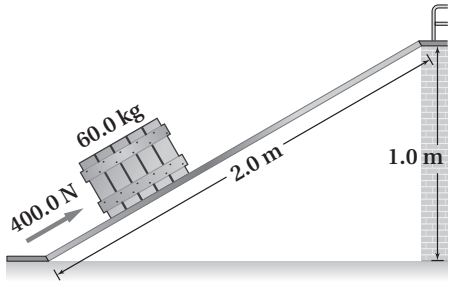
b. ما مقدار الشغل الذي بذله العامل لدفع الصندوق؟

$$W = F_1 d_1 + F_2 d_2 + F_3 d_3$$

$$= (20\ \text{N})(5\ \text{m}) + (35\ \text{N})(12\ \text{m}) + (10\ \text{N})(8\ \text{m})$$

$$= 600\ \text{J}$$

70. يدفع شخص صندوقًا كتلته 60.0 kg إلى أعلى مستوى مائل طوله 2.0 m متصل بمنصة أفقية ترتفع 1.0 m فوق مستوى الأرض، كما في **الشكل 19–3**. حيث تلزم قوة مقدارها 400.0 N تؤثر في اتجاه يوازي المستوى المائل لدفع الصندوق إلى أعلى المستوى بسرعة ثابتة المقدار.



■ **الشكل 19–3**

a. ما مقدار الشغل الذي بذله الشخص في دفع الصندوق إلى أعلى المستوى المائل؟

$$W = Fd = (400.0\ \text{N})(2.0\ \text{m}) = 8.0\times10^{2}\ \text{J}$$

b. ما مقدار الشغل الذي يبذله الشخص إذا رفع الصندوق رأسيًّا إلى أعلى من سطح الأرض إلى المنصة؟

$$W = Fd = mgd$$

$$= (60.0\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2)(1.0\ \text{m})$$

$$= 5.9\times10^{2}\ \text{J}$$

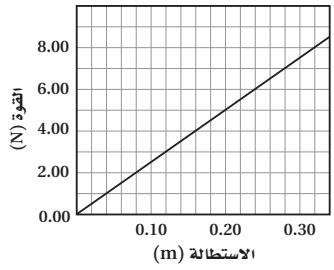
71. محرك القارب يدفع محركٌ قاربًا على سطح الماء بسرعة ثابتة مقدارها 15 m/s، ويجب أن يؤثر المحرك بقوة مقدارها 6.0 kN ليوازن قوة مقاومة الماء لحركة القارب. ما قدرة محرّك القارب؟

$$P = \frac{W}{t} = \frac{Fd}{t} = Fv$$

$$= (6.0\times10^{3}\ \text{N})(15\ \text{m/s})$$

$$= 9.0\times10^{4}\ \text{W} = 9.0\times10^{1}\ \text{kW}$$

72. يوضح الرسم البياني في **الشكل 20–3** منحنى القوة –الاستطالة (المسافة التي يستطيلها النابض تحت تأثير القوة) لنابض معين.



■ **الشكل 20–3**

a. احسب ميل المنحنى البياني k، وبين أن $F = kd$، حيث $k = 25\ N/m$.

$$k = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{5.00\ N - 0.00\ N}{0.20\ m - 0.00\ m}$$

$$F_1 = kd_1$$

أفترض أن

$$d_1 = 0.20\ m$$

ومن الرسم البياني

$$F_1 = 5.00\ N$$

لذا فإن

$$k = \frac{F_1}{d_1}$$

$$= \frac{5.00\ N}{0.20\ m} = 25\ N/m$$

b. احسب مقدار الشغل المبذول في استطالة النابض من 0.00 m إلى 0.20 m، وذلك بحساب المساحة تحت المنحنى البياني من 0.00 m إلى 0.20 m.

$$A = \frac{1}{2}\text{(القاعدة)(الارتفاع)}$$

$$= \left(\frac{1}{2}\right)(0.20\ m)(5.00\ N)$$

$$= 0.50\ J$$

c. بين أن إجابة الفرع (b) يمكن التوصل إليها باستخدام المعادلة $W = \frac{1}{2}kd^2$، حيث تمثل W الشغل، و $k = 25\ N/m$ (ميل المنحنى البياني)، و d مسافة استطالة النابض (0.20 m).

$$W = \frac{1}{2}kd^2 = \left(\frac{1}{2}\right)(25\ N/m)(0.20\ m)^2$$

$$= 0.50\ J$$

73. استخدم الرسم البياني في **الشكل 20–3** لإيجاد الشغل اللازم لاستطالة النابض من 0.12 m إلى 0.28 m.

اجمع مساحة كلٍّ من المثلث والمستطيل، علمًا بأن مساحة المثلث تساوي:

$$\frac{1}{2}bh = \frac{1}{2}(0.28\ m - 0.12\ m)(7.00\ N - 3.00\ N)$$

$$= 0.32\ J$$

ومساحة المستطيل تساوي:

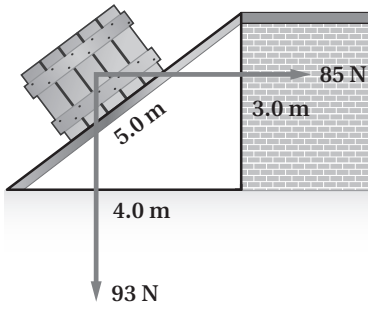
$$bh = (0.28\ m - 0.12\ m)(3.00\ N - 0.00\ N)$$

$$= 0.48\ J$$

الشغل الكلي يساوي:

$$0.32\ J + 0.48\ J = 0.80\ J$$

74. يدفع عامل صندوقًا يزن 93 N إلى أعلى مستوى مائل، لكن اتجاه دفع العامل أفقي يوازي سطح الأرض. انظر **الشكل 21–3**.



■ **الشكل 21–3**

a. إذا أثر العامل بقوة مقدارها 85 N، فما مقدار الشغل الذي يبذله؟

مقدار الإزاحة التي في اتجاه القوة تساوي 4.0 m؛ لذا فإن

$$W = Fd = (85\ N)(4.0\ m)$$

$$= 3.4 \times 10^2\ J$$

b. ما مقدار الشغل الذي تبذله قوة الجاذبية الأرضية؟ (انتبه إلى الإشارات التي تستخدمها)

مقدار الإزاحة التي في اتجاه القوة تساوي $-3.0\ \text{m}$،

لذا فإن

$$W = Fd = (93\ \text{N})(-3.0\ \text{m})$$

$$= -2.8\times10^{2}\ \text{J}$$

c. إذا كان معامل الاحتكاك الحركي 0.20، فما مقدار الشغل الذي تبذله قوة الاحتكاك؟ (انتبه إلى الإشارات التي تستخدمها).

$$W = \mu F_N d = \mu(F_{\text{العامل},\perp} + F_{g,\perp})d$$

$$= 0.20[(85\ \text{N})(\sin\theta) + (93\ \text{N})(\cos\theta)](-5.0\ \text{m})$$

$$= 0.20\left[(85\ \text{N})\left(\frac{3.0}{5.0}\right) + (93\ \text{N})\left(\frac{4.0}{5.0}\right)\right](-5.0\ \text{m})$$

$$= -1.3\times10^{2}\ \text{J}\ \text{(الشغل المبذول ضد قوة الاحتكاك)}$$

75. مضخة الزيت تضخ مضخة $0.550\ \text{m}^3$ من الزيت خلال 35.0 s في برميل يقع على منصة ترتفع 25.0 m فوق مستوى أنبوب السحب. فإذا كانت كثافة الزيت $0.820\ \text{g/cm}^3$، فاحسب:

a. الشغل الذي تبذله المضخة.

الشغل المبذول يساوي

$$W = F_g d = mgh$$

$$= (\text{الكثافة})(\text{الحجم})gh$$

$$= (0.550\ \text{m}^3)(0.820\ \text{g/cm}^3)\left(\frac{1.0\ \text{kg}}{1000\ \text{g}}\right)(1.00\times10^{6}\ \text{cm}^3/\text{m}^3)(9.80\ \text{m/s}^2)(25.0\ \text{m})$$

$$= 1.10\times10^{5}\ \text{J}$$

b. القدرة التي تولدها المضخة.

$$P = \frac{W}{t} = \frac{1.10\times10^{5}\ \text{J}}{35.0\ \text{s}}$$

$$= 3.14\times10^{3}\ \text{W} = 3.14\ \text{kW}$$

تابع الفصل 3

76. حزام نقل يُستخدم حزام نقل طوله 12.0 m يميل بزاوية 30.0° على الأفقي؛ لنقل حزم من الصحف من غرفة البريد إلى مبنى الشحن. فإذا كانت كتلة كل صحيفة 1.0 kg، وتتكون كل حزمة من 25 صحيفة، فاحسب القدرة التي يولدها حزام النقل إذا كان ينقل 15 حزمة في الدقيقة.

$$P = \frac{W}{t} = \frac{Fd}{t} = \frac{mgd}{t}$$

$$= (\text{25 صحيفة})(\text{15 حزمة/min})\,(\text{1.0 kg/صحيفة})(9.80\ \text{m/s}^2)\,(12.0\ \text{m})(\sin 30.0°)(1\ \text{min}/60\ \text{s})$$

$$= 3.7\times10^{2}\ \text{W}$$

77. تسير سيارة على الطريق بسرعة ثابتة مقدارها 76 km/h. فإذا كان محرك السيارة يولد قدرة مقدارها 48 kW، فاحسب متوسط القوة التي تقاوم حركة السيارة.

$$P = \frac{W}{t} = \frac{Fd}{t} = Fv$$

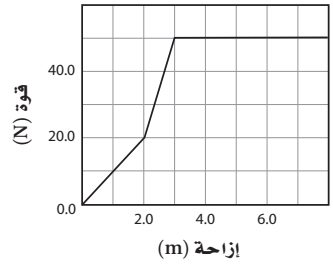
لذا فإن:

$$F = \frac{P}{v}$$

$$= \frac{48000\ \text{W}}{\left(\frac{76\ \text{km}}{1\ \text{h}}\right)\left(\frac{1000\ \text{m}}{1\ \text{km}}\right)\left(\frac{1\ \text{h}}{3600\ \text{s}}\right)}$$

$$= 2.3\times10^{3}\ \text{N}$$

78. يوضح الرسم البياني في **الشكل 22–3** منحنى القوة والإزاحة لعملية سحب جسم.



■ الشكل 22–3

a. احسب الشغل المبذول لسحب الجسم مسافة 7.0 m.

أوجد المساحة تحت المنحنى (انظر الرسم البياني)

0.0 – 2.0 m:

$$W_1 = \frac{1}{2}\,(20.0\ \text{N})(2.0\ \text{m}) = 2.0\times10^{1}\ \text{J}$$

2.0 m – 3.0 m:

$$W_2 = \frac{1}{2}(30.0\text{ N})(1.0\text{ m}) + (20\text{ N})(1.0\text{ m})$$
$$= 35\text{ J}$$

3.0 m – 7.0 m:

$$W_3 = (50.0\text{ N})(4.0\text{ m})$$
$$= 2.0\times10^2\text{ J}$$

الشغل الكلي:

$$W = W_1 + W_2 + W_3$$
$$= 2.0\times10^1\text{ J} + 35\text{ J} + 2.0\times10^2\text{ J}$$
$$= 2.6\times10^2\text{ J}$$

b. احسب القدرة المتولدة إذا تم إنجاز الشغل خلال 2.0 s.

$$P = \frac{W}{t} = \frac{2.6\times10^2\text{ J}}{2.0\text{ s}} = 1.3\times10^2\text{ W}$$

3–2 الآلات

صفحة 98–97

79. رفع شخص صندوقًا وزنه 1200 N مسافة 5.00 m باستخدام مجموعة بكرات، بحيث سحب 20.0 m من الحبل، فما مقدار:

a. القوة (المسلّطة) التي سيطبقها شخص إذا كانت هذه الآلة مثالية؟

$$\frac{F_r}{F_e} = \frac{d_e}{d_r}$$

لذا فإن

$$F_e = \frac{F_r d_r}{d_e} = \frac{(1200\text{ N})(5.00\text{ m})}{20.0\text{ m}}$$
$$= 3.0\times10^2\text{ N}$$

b. القوة المستخدمة لموازنة قوة الاحتكاك إذا كانت القوة الفعلية (المسلّطة) 340 N؟

$$F_e = F_f + F_{e,\text{المثالي}}$$

$$F_f = F_e - F_{e,\text{المثالي}}$$
$$= 340\text{ N} - 3.0\times10^2\text{ N}$$
$$= 40\text{ N}$$

c. الشغل الناتج؟

$$W_o = F_r d_r = (1200\text{ N})(5.00\text{ m})$$
$$= 6.0\times10^3\text{ J}$$

d. الشغل المبذول؟

$$W_i = F_e d_e = (340\text{ N})(20.0\text{ m})$$
$$= 6.8\times10^3\text{ J}$$

e. الفائدة الميكانيكية؟

$$MA = \frac{F_r}{F_e} = \frac{1200\text{ N}}{340\text{ N}} = 3.5$$

80. الرافعة تُعد الرافعة آلة بسيطة ذات فاعلية كبيرة جدًّا؛ وذلك بسبب ضآلة قوة الاحتكاك فيها، فإذا استخدمت رافعة فاعليتها 90%، فما مقدار الشغل اللازم بذله لرفع جسم كتلته 18.0 kg مسافة 0.50 m؟

$$e = \frac{W_o}{W_i}\times100$$

$$W_i = \frac{(W_o)(100)}{e} = \frac{(mgd)(100)}{90.0}$$
$$= \frac{(18.0\text{ kg})(9.80\text{ m/s}^2)(0.50\text{ m})(100)}{90.0}$$
$$= 98\text{ J}$$

81. يستخدم نظام بكرة لرفع جسم وزنه 1345 N مسافة 0.975 m، حيث يسحب شخص الحبل مسافة 3.90 m عن طريق التأثير فيه بقوة مقدارها 375 N.

a. ما مقدار الفائدة الميكانيكية المثالية للنظام؟

$$IMA = \frac{d_e}{d_r} = \frac{3.90\text{ m}}{0.975\text{ m}}$$
$$= 4.00$$

b. ما مقدار الفائدة الميكانيكية؟

$$MA = \frac{F_r}{F_e} = \frac{1345\text{ N}}{375\text{ N}}$$
$$= 3.59$$

c. ما كفاءة النظام؟

$$e = \frac{MA}{IMA} \times 100$$

$$= \frac{3.59}{4.00} \times 100$$

$$= 89.8\%$$

82. تؤثر قوة مقدارها 1.4 N مسافة 40.0 cm في حبل متصل برافعة لرفع جسم كتلته 0.50 kg مسافة 10.0 cm. احسب كلاً مما يلي:

a. الفائدة الميكانيكية MA.

$$MA = \frac{F_r}{F_e} = \frac{mg}{F_e}$$

$$= \frac{(0.50\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2)}{1.4\ \text{N}}$$

$$= 3.5$$

b. الفائدة الميكانيكية المثالية IMA.

$$IMA = \frac{d_e}{d_r} = \frac{40.0\ \text{cm}}{10.0\ \text{cm}} = 4.00$$

c. الكفاءة.

$$e = \frac{MA}{IMA} \times 100$$

$$= \frac{3.5}{4.00} \times 100 = 88\%$$

83. يؤثر طالب بقوة مقدارها 250 N في رافعة، مسافة 1.6 m فيرفع صندوقًا كتلته 150 kg. فإذا كانت كفاءة الرافعة 90% ، فاحسب المسافة التي ارتفعها الصندوق؟

$$\text{e} = 90 = \frac{MA}{IMA} \times 100 = \frac{\frac{F_r}{F_e}}{\frac{d_e}{d_r}} \times 100$$

$$= \frac{F_r d_r}{F_e d_e} \times 100$$

لذا فإن:

$$d_r = \frac{\text{e}F_e d_e}{100 F_r} = \frac{\text{e}F_e d_e}{100\ mg}$$

$$= \frac{(90.0)(250\ \text{N})(1.6\ \text{m})}{(100)(150\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2)}$$

$$= 0.24\ \text{m}$$

84. ما مقدار الشغل اللازم لرفع جسم كتلته 215 kg مسافة 5.65 m باستخدام آلة كفاءتها 72.5%؟

$$e = \frac{W_o}{W_i} \times 100$$

$$= \frac{F_r d_r}{W_i} \times 100$$

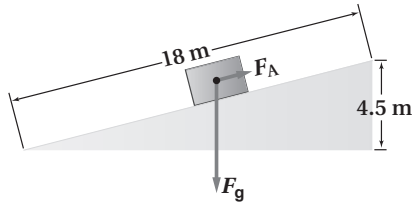
$$= \frac{mgd_r}{W_i} \times 100$$

$$W_i = \frac{mgd_r}{e} \times 100$$

$$= \frac{(215\ kg)(9.80\ m/s^2)(5.65\ m)(100)}{72.5}$$

$$= 1.64 \times 10^4\ J$$

85. إذا كان طول المستوى المائل 18 m كما في **الشكل 23–3**، وارتفاعه 4.5 m، فاحسب ما يأتي:



■ **الشكل 23–3**

a. مقدار القوة الموازية للمستوى المائل F_A اللازمة لسحب صندوق كتلته 25 kg بسرعة ثابتة إلى أعلى المستوى المائل إذا أهملنا قوة الاحتكاك.

$$W = F_g d = mgh$$

لذا فإن:

$$F = F_g = \frac{mgh}{d}$$

$$= \frac{(25\ kg)(9.80\ m/s^2)(4.5\ m)}{18\ m}$$

$$= 61\ N$$

b. الفائدة الميكانيكية المثالية للمستوى المائل.

$$IMA = \frac{d_e}{d_r} = \frac{18\ m}{4.5\ m} = 4.0$$

c. الفائدة الميكانيكية الحقيقية MA وكفاءة المستوى المائل إذا لزمت قوة مقدارها 75 N في اتجاه موازٍ لسطح المستوى المائل لإنجاز العمل.

$$MA = \frac{F_r}{F_e}$$

$$= \frac{mg}{F_e} = \frac{(25\ kg)(9.80\ m/s^2)}{75\ N} = 3.3$$

$$e = \frac{MA}{IMA} \times 100$$

$$= \frac{3.3}{4.0} \times 100 = 82\%$$

86. الدراجة الهوائية يُحرك صبي دوّاسات (بدّالات) دراجة هوائية نصف قطر ناقل الحركة فيها 5.00 cm، ونصف قطر إطارها 38.6 cm كما في **الشكل 24–3**، فإذا دار الإطار دورة واحدة، فما طول السلسلة المستخدمة؟

■ **الشكل 24–3**

$$d = 2\pi r = 2\pi(5.00\ cm) = 31.4\ cm$$

87. الونش يشغل محرك كفاءته 88% ونشًا كفاءته 42%، فإذا كانت القدرة المزوّدة للمحرك 5.5 kW، فما السرعة الثابتة التي يرفع فيها الونش صندوقًا كتلته 410 kg؟

$$\text{الكفاءة الكلية} = (88\%)(42\%) = 37\%$$

$$\text{القدرة المفيدة} = (5.5\ kW)(37\%)$$

$$= 2.0\ kW$$

$$= 2.0 \times 10^3 W$$

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

$$v = \frac{P}{F_g} = \frac{P}{mg} = \frac{2.0 \times 10^3\ \text{W}}{(410\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2)}$$

$$= 0.50\ \text{m/s}$$

88. تتكون آلة مركّبة من رافعة متصلة بنظام بكرات. فإذا كانت هذه الآلة المركّبة في حالتها المثالية تتكون من رافعة فائدتها الميكانيكية المثالية 3.0، ونظام بكرة فائدتها الميكانيكية المثالية 2.0

a. فأثبت أن الفائدة الميكانيكية المثالية IMA للآلة المركّبة تساوي 6.0.

$$W_{i1} = W_{o1} = W_{i2} = W_{o2}$$

$$W_{i1} = W_{o2}$$

$$F_{e1}\, d_{e1} = F_{r2}\, d_{r2}$$

بالنسبة إلى الآلة المركبة

$$IMA_{\text{مركبة}} = \frac{d_{e1}}{d_{r2}}$$

$$\frac{d_{e1}}{d_{r1}} = IMA_1,\ \frac{d_{e2}}{d_{r2}} = IMA_2$$

$$d_{r1} = d_{e2}$$

$$\frac{d_{e1}}{IMA_1} = d_{r1} = d_{e2} = (IMA_2)(d_{r2})$$

$$d_{e1} = (IMA_1)(IMA_2)(d_{r2})$$

$$\frac{d_{e1}}{d_{r2}} = IMA_{\text{مركبة}} = (IMA_1)(IMA_2)$$

$$= (3.0)(2.0) = 6.0$$

b. وإذا كانت كفاءة الآلة المركّبة 60%، فما مقدار القوة (المسلّطة) التي يجب التأثير بها في الرافعة لرفع صندوق وزنه 540 N؟

$$e = \frac{MA}{IMA} \times 100 = \frac{\frac{F_r}{F_e}}{IMA} \times 100$$

$$= \frac{(F_r)(100)}{(F_e)(IMA)}$$

لذا فإن

$$F_e = \frac{(F_r)(100)}{(e)\ (IMA)}$$

$$= \frac{(540\ \text{N})(100)}{(60.0)(6.0)}$$

$$= 150\ \text{N}$$

c. إذا تحركت جهة تأثير القوة من الرافعة مسافة 12.0 cm، فما المسافة التي رُفع إليها الصندوق؟

$$\frac{d_{e1}}{d_{r2}} = IMA_{\text{مركبة}}$$

$$d_{r2} = \frac{d_{e1}}{IMA_C}$$

$$= \frac{12.0\ \text{cm}}{6.0}$$

$$= 2.0\ \text{cm}$$

مراجعة عامة

صفحة 98–99

89. المستويات المائلة إذا أرادت فتاة نقل صندوق إلى منصة ترتفع 2.0 m عن سطح الأرض، ولديها الخيار أن تستخدم مستوى مائلا طوله 3.0 m أو مستوى مائلا طوله 4.0 m، فأي المستويين ينبغي أن تستخدم الفتاة إذا أرادت أن تبذل أقل مقدار من الشغل، علمًا أن المستويين عديما الاحتكاك؟

يمكنها أن تستخدم أيًّا منهما؛ المسافة الرأسية فقط مهمة. إذا استخدمت الفتاة المستوى المائل الأطول فسوف تحتاج إلى قوة أقل. الشغل المبذول سوف يكون هو نفسه.

90. يرفع لاعب ثقلاً كتلته 240 kg مسافة 2.35 m.

a. ما مقدار الشغل الذي يبذله اللاعب لرفع الثقل؟

$$W = Fd = mgd$$

$$= (240\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2)(2.35\ \text{m})$$

$$= 5.5 \times 10^3\ \text{J}$$

b. ما مقدار الشغل الذي يبذله اللاعب للإمساك بالثقل فوق رأسه؟

$d = 0$، لذلك فإنه لا يبذُل شغلًا.

c. ما مقدار الشغل الذي يبذله اللاعب لإنزال الثقل مرة أخرى على الأرض؟

d معاكسة للحركة في الفرع a من هذا السؤال، لذا يكون W معاكسًا أيضًا، $-5.5\times10^3\ J$.

d. هل يبذل اللاعب شغلاً إذا ترك الثقل يسقط في اتجاه الأرض؟

لا، لا يؤثر بقوة، لذا فإنه لا يبذل شغلاً سواء أكان موجبًا أو سالبًا.

e. إذا رفع اللاعب الثقل خلال 2.5 s، فما مقدار قدرته على الرفع؟

$$P = \frac{W}{t} = \frac{5.5\times10^3\ J}{2.5\ s}$$

$$= 2.2\ kW$$

91. يتطلب جر صندوق عبر أرض أفقية بسرعة ثابتة قوة أفقية مقدارها 805 N. فإذا ربطت الصندوق بحبل، وسحبته، بحيث يميل الحبل بزاوية 32° على الأفقي

a. فما مقدار القوة التي تؤثر بها في الحبل؟

$$F_x = F\cos\theta$$

لذا فإن

$$F = \frac{F_x}{\cos\theta} = \frac{805\ N}{\cos 32°}$$

$$= 9.5\times10^2\ N$$

b. وما مقدار الشغل الذي بذلته على الصندوق إذا حركته مسافة 22 m؟

$$W = F_x d = (805\ N)(22\ m)$$

$$= 1.8\times10^4\ J$$

c. إذا حركت الصندوق خلال 8.0 s، فما مقدار القدرة الناتجة؟

$$P = \frac{W}{t} = \frac{1.8\times10^4\ J}{8.0\ s} = 2.2\ kW$$

92. العربة والمستوى المائل تُستخدم عربة متحركة لنقل ثلاجة كتلتها 115 kg إلى منزل، وقد وضعت العربة التي تحمل الثلاجة على مستوى مائل، ثم سحبت بمحرك يسلط عليها قوة مقدارها 496 N، فإذا كان طول المستوى المائل 2.10 m، وارتفاعه 0.85 m، وكونت العربة والمستوى المائل آلة، فاحسب كلاًّ مما يأتي:

a. مقدار الشغل الذي يبذله المحرك.

$$W_i = Fd = (496\ N)(2.10\ m)$$

$$= 1.04\times10^3\ J$$

b. مقدار الشغل المبذول على الثلاجة من خلال الآلة.

الإزاحة إلى أعلى $= d = 0.850\ m$

$$W_o = F_g d = mgd$$

$$= (115\ kg)(9.80\ m/s^2)(0.850\ m)$$

$$= 958\ J$$

c. كفاءة الآلة.

$$e = \frac{W_o}{W_i}\times 100$$

$$= \frac{958\ J}{1.04\times10^3\ J}\times 100$$

$$= 92.1\%$$

تابع الفصل 3

93. تبذل سمر شغلاً مقداره 11.4 kJ، لجر صندوق خشبي بحبل مسافة 25.0 m على أرضية غرفة بسرعة ثابتة المقدار، حيث يصنع الحبل زاوية 48.0° على الأفقي.

a. ما مقدار القوة التي يؤثر بها الحبل في الصندوق؟

$$W = Fd\cos\theta$$

لذا فإن

$$F = \frac{W}{d\cos\theta} = \frac{11400\ \text{J}}{(25.0\ \text{m})(\cos 48.0°)}$$

$$= 681\ \text{N}$$

b. ما مقدار قوة الاحتكاك المؤثرة في الصندوق؟

يتحرك الصندوق بسرعة ثابتة، لذا فإن قوة الاحتكاك تساوي المركبة الأفقية للقوة التي يؤثر بها الحبل في الصندوق.

$$f_k = F_x = F\cos\theta$$

$$= (681\ \text{N})(\cos 48.0°)$$

$$= 456\ \text{N, في عكس اتجاه الحركة}$$

c. ما مقدار الشغل المبذول من أرضية الغرفة بواسطة قوة الاحتكاك بين الأرض والصندوق؟

تكون القوة والإزاحة متعاكستين في الاتجاه، لذا فإن

$$W = -Fd = -(456\ \text{N})(25.0\ \text{m})$$

$$= -1.14\times10^4\ \text{J}$$

بسبب عدم وجود قوة محصلة تؤثّر في الصندوق، فإن الشغل المبذول على الصندوق يجب أن يكون مساويًا في المقدار ومعاكسًا في الإشارة للطاقة التي بذلتها أو حررتها سمر؛ أي -1.14×10^4 J.

94. تزلج سحبت مزلجة (عربة التنقل على الجليد) وزنها 845 N مسافة 185 m، حيث تطلبت هذه العملية بذل شغل مقداره 1.20×10^4 J عن طريق التأثير بقوة سحب مقدارها 125 N في حبل مربوط بالمزلجة. ما مقدار الزاوية التي يصنعها الحبل بالنسبة للأفقي؟

$$W = Fd\cos\theta$$

لذا فإن

$$\theta = \cos^{-1}\left(\frac{W}{Fd}\right) = \cos^{-1}\left(\frac{1.20\times10^4\ \text{J}}{(125\ \text{N})(185\ \text{m})}\right)$$

$$= 58.7°$$

95. يسحب ونش كهربائي صندوقًا وزنه 875 N إلى أعلى مستوى يميل بزاوية °15 على الأفقي وبسرعة مقدارها 0.25 m/s. إذا كان معامل الاحتكاك الحركي بين الصندوق والمستوى المائل 0.45، فأجب عن الآتي:

a. ما القدرة التي أنتجها الونش؟

بُذل شغل على الصندوق من قِبل الونش، والجاذبية، والاحتكاك. وبما أن الطاقة الحركية للصندوق لم تتغير، فإن مجموع الشغل للمصادر الثلاثة السابقة يساوي صفرًا، ووفقًا لذلك فإن

$$W_{\text{الونش}} = W_{\text{الاحتكاك}} + W_{\text{الجاذبية}}$$

أو

$$P_{\text{الونش}} = P_{\text{الاحتكاك}} + P_{\text{الجاذبية}}$$

$$= \frac{\mu F_N d}{t} + \frac{F_g d \sin\theta}{t}$$

$$= \mu F_N\left(\frac{d}{t}\right) + F_g\left(\frac{d}{t}\right)\sin\theta$$

$$= \mu F_N v + F_g v \sin\theta$$

$$= (\mu F_g)(\cos\theta)(v) + F_g v \sin\theta$$

$$= (0.45)(875\ \text{N})(\cos 15^\circ)\ (0.25\ \text{m/s}) + (875\ \text{N})(0.25\ \text{m/s})\ (\sin 15^\circ)$$

$$= 1.52\times 10^2\ \text{W}$$

b. إذا كانت كفاءة الونش 85%، فما القدرة الكهربائية التي يجب تزويد الونش بها؟

$$\text{e} = \frac{W_o}{W_i} = \frac{P_o}{P_i}$$

لذا فإن

$$P_i = \frac{P_o}{\text{e}}$$

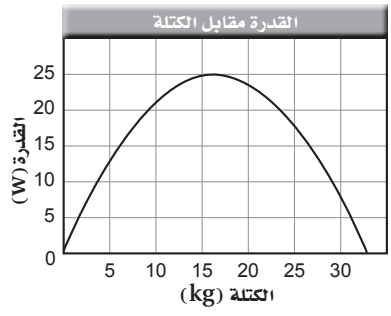
$$= 1.52 \times 10^2\ \text{W} / 0.85$$

$$= 1.79 \times 10^2\ \text{W}$$

التفكير الناقد

صفحة 100–99

96. حلّل ثم استنتج افترض أنك تعمل في مستودع، وتقوم بحمل صناديق إلى طابق التخزين الذي يرتفع 12 m فوق سطح الأرض، ولديك 30 صندوقًا كتلتها الكلية 150 kg يجب نقلها بأقصى سرعة ممكنة، ولتحقيق ذلك لديك أكثر من خيار؛ إذ يمكن أن تحمل صندوقين معًا في المرة الواحدة، كما يمكن أن تحمل أكثر من صندوقين، لكنك ستصبح بطيئًا، وترهق نفسك، مما يضطرك للإكثار من الاستراحات، ويمكن أيضًا أن تحمل صندوقًا واحدًا فقط في كل مرة، وبذلك تستهلك معظم طاقتك في رفع جسمك. إن القدرة (بوحدة الواط) التي يستطيع جسمك إنتاجها مدة طويلة تعتمد على الكتلة التي تحملها، كما في **الشكل 25–3**، الذي يعد مثالاً على منحنى القدرة الذي يطبق على الآلات كما يطبق على الإنسان. بالاعتماد على الشكل حدد عدد الصناديق التي ستحملها كل مرّة والتي تقلل الزمن المطلوب، وحدد كذلك الزمن الذي تقضيه في إنجاز هذا العمل. ملاحظة: أهمل الزمن اللازم لتعود إلى أسفل السلالم ورفع كل صندوق وإنزاله.



■ **الشكل 25–3**

الشغل الذي ينبغي بذله هو نفسه،

$$W = F_g d = mgd$$

$$= (150\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2)(12\ \text{m})$$

$$= 1.76\times10^4\ \text{J}$$

ومن خلال الرسم البياني؛ يتبيَّن أن القدرة القصوى تساوي 25 W وذلك عند 15 kg. ولما كانت كتلة الصندوق الواحد تساوي:

$$\frac{(150\ \text{kg})}{(\text{صندوق}30)} = 5\ \text{kg}$$

فإن كتلة الصناديق الثلاثة مجتمعة تساوي 15 kg.

$$P = \frac{W}{t}$$

لذا فإن

$$t = \frac{W}{t}$$

$$= \frac{1.76\times10^4\ \text{J}}{25\ \text{W}}$$

$$= 7.0\times10^2\ \text{s}$$

$$= 12\ \text{min}$$

97. تطبيق المفاهيم يجتاز عدّاء كتلته 75 kg مضمارًا طوله 50.0 m خلال 8.50 s. افترض أن تسارع العدّاء ثابت في أثناء السباق.

a. ما متوسط قدرة العدّاء خلال السباق؟

مع افتراض أن تسارع العدّاء ثابت تكون القوة ثابتة

$$d = d_i + v_i t + \frac{1}{2}at^2$$

وبما أن

$$d_i = v_i = 0$$

إذن:

$$P = \frac{W}{t} = \frac{Fd}{t} = \frac{mad}{t} = \frac{m\left(\frac{2d}{t^2}\right)d}{t}$$

$$= \frac{2md^2}{t^3} = \frac{(2)(75\ \text{kg})(50.0\ \text{m})}{(8.50\ \text{s})^3}$$

$$= 6.1\times10^2\ \text{W}$$

b. وما أقصى قدرة يولدها العدّاء؟

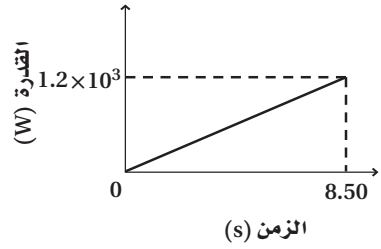
تزداد القدرة خطيًّا بدءًا من الصفر؛ وذلك لأن السرعة تزداد خطيًّا كما يتضح مما يلي:

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

لذا فإن

$$P_{\text{عظمى}} = 2P_{\text{متوسط}} = 1.2\times10^3\ \text{W}$$

c. ارسم منحنى بيانيًّا كميًّا للقدرة مقابل الزمن يمثل مسار السباق من بدايته لنهايته.



98. تطبيق المفاهيم إذا اجتاز العدّاء في السؤال السابق مضمار السباق نفسه (طوله 50.0 m) خلال الزمن نفسه (8.50 s)، لكنه هذه المرة تسارع في الثانية الأولى فقط، ثم أخذ يعدو خلال الزمن المتبقي للسباق بسرعة منتظمة، فاحسب ما يأتي:

a. متوسط القدرة المتولدة خلال الثانية الأولى.

مسافة الثانية الأولى + مسافة بقية السباق = 50.0 m

$$d_f = d_i + v_i t + \frac{1}{2} at^2$$

$$d_i = v_i = 0$$

$$d_f = \frac{1}{2} a(t_1)^2 + v_f(t_2) = 50.0\ \text{m}$$

السرعة المتجهة النهائية:

$$v_f = v_i + at$$

$$v_i = 0$$

$$v_f = at = a(t_1)$$

لذا فإن

$$d_f = \frac{1}{2} at_1^2 + at_1t_2$$

$$= a(\frac{1}{2}t_1^2 + t_1t_2)$$

$$a = \frac{d_f}{\frac{1}{2}t_1^2 + t_1t_2}$$

$$= \frac{50.0\ \text{m}}{(\frac{1}{2})(1.00\ \text{s})^2 + (1.00\ \text{s})(7.50\ \text{s})}$$

$$= 6.25\ \text{m/s}^2$$

بالنسبة إلى الثانية الأولى:

$$d = \frac{1}{2} at^2 = (\frac{1}{2})(6.25\ \text{m/s}^2)(1.00\ \text{s})^2$$

$$= 3.12\ \text{m}$$

وبالاستعانة بحل المسألة السابقة

$$P = \frac{mad}{t}$$

$$P_{ave} = \frac{(75\text{kg})(6.25\ \text{m/s}^2)(3.12\ \text{m})}{1.00\ \text{s}}$$

$$= 1.5\times10^3\ \text{W}$$

b. أقصى قدرة يولّدها العدّاء؟

$$P_{max} = 2P_{ave} = 3.0\times10^3\text{W}$$

تابع الفصل 3

الكتابة في الفيزياء

صفحة 100

99. تُعد الدراجة الهوائية آلة مركّبة وكذلك السيارة أيضًا. أوجد كفاءة مكوّنات مجموعات القدرة (المحرك، وناقل الحركة، والإطارات)، واستكشف التحسينات الممكنة في كفاءة كل منها.

الكفاءة الإجمالية تساوي %(30–15). كفاءة ناقل الحركة تساوي %90 تقريبًا. احتكاك التدحرج في الإطارات %1 تقريبًا (نسبة قوة الدفع إلى الوزن المتحرك). إن أكبر زيادة يمكن تحقيقها في المحرك.

100. غالبًا ما تستخدم المصطلحات الآتية بوصفها مترادفات في الحياة اليومية: القوة، والشغل، والقدرة، والطاقة. احصل على أمثلة من الصحف والإذاعة والتلفاز تستخدم فيها هذه المصطلحات بمعانٍ مختلفة عن معانيها في الفيزياء.

ستتنوع الإجابات. فمثلا نقول: «إنها ليست مجرد طاقة، إنها قدرة» تظهر في المراجع الشائعة.

مراجعة تراكمية

صفحة 100

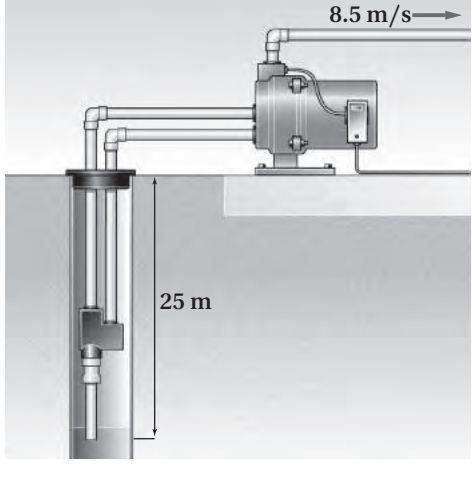
101. يقول بعض الناس أحيانًا إن القمر يبقى في مساره؛ لأن «قوة الطرد المركزي توازن تمامًا قوة الجذب المركزي، والنتيجة أن القوة المحصلة تساوي صفرًا». وضح مدى صحة هذا القول. (الفصل 1)

هناك قوة واحدة على القمر هي قوة الجاذبية للكتلة الأرضية المؤثّرة فيه. وهذه القوة المحصلة تؤدي إلى تسارع القمر وهو تسارع مركزي في اتجاه مركز الأرض.

مسألة تحفيز

صفحة 83

تسحب مضخة كهربائية الماء بمعدل $0.25\ m^3/s$ من بئر عمقها 25 m، فإذا كان الماء يتدفق خارجًا من المضخة بسرعة 8.5 m/s



(الأبعاد في الصورة ليست بمقياس رسم)

1. فما القدرة اللازمة لرفع الماء إلى السطح؟

الشغل المبذول في عملية الرفع يساوي $F_g d = mgd$؛ لذا فإن القدرة تساوي:

$$P_{\text{الرفع}} = \frac{W}{t} = \frac{F_g d}{t} = \frac{mgd}{t}$$

$$= \frac{(0.25\ m^3)(1.00 \times 10^3\ kg/m^3)(9.80\ m/s^2)(25\ m)}{1.0\ s}$$

$$P_{\text{الرفع}} = 6.1\times10^{4}\ \text{W}$$

$$= 61\ \text{kW}$$

2. وما القدرة اللازمة لزيادة الطاقة الحركية للمضخة؟

الشغل المبذول في زيادة الطاقة الحركية للمضخة يساوي $\frac{1}{2}mv^2$؛ لذا فإن:

$$P = \frac{W}{t}$$

$$= \frac{\Delta \text{KE}}{t}$$

$$= \frac{\frac{1}{2}mv^2}{t}$$

$$= \frac{mv^2}{2t}$$

$$= \frac{(0.25\ \text{m}^3)(1.00\times10^3\ \text{k/gm}^3)(8.5\ \text{m/s})^2}{(2)(1.0\ \text{s})}$$

$$= 9.0\times10^3\ \text{W} = 9.0\ \text{kW}$$

3. إذا كانت كفاءة المضخة % 80، فما القدرة التي يجب تزويد المضخة بها؟

$$\text{e} = \frac{W_\text{o}}{W_\text{i}} \times 100$$

$$= \frac{\frac{W_\text{o}}{t}}{\frac{W_\text{i}}{t}} \times 100$$

$$= \frac{P_\text{o}}{P_\text{i}} \times 100$$

$$P_\text{i} = \frac{P_\text{o}}{\text{e}} \times 100 = \frac{9.0\times10^3\ \text{W}}{80} \times 100$$

$$= 1.1\times10^4\ \text{W}$$

$$= 11\ \text{kW}$$

مسائل تدريبية

4–1 الأشكال المتعددة للطاقة (صفحة 112–103)

صفحة 106

1. يتحرك متزلج كتلته 52.0 kg بسرعة 2.5 m/s، ويتوقف خلال مسافة 24.0 m ما مقدار الشغل المبذول بفعل الاحتكاك مع الجليد لجعل المتزلج يتوقف؟ وما مقدار الشغل الذي يجب على المتزلج أن يبذله ليصل إلى سرعة 2.5 m/s مرة أخرى؟

لجعل المتزلج يتوقف:

$$W = KE_f - KE_i$$

$$= \frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_i^2$$

$$= \frac{1}{2}(52.0\text{ kg})(0.00\text{ m/s})^2 - \frac{1}{2}(52.0\text{ kg})(2.5\text{ m/s})^2$$

$$= -163\text{ J}$$

لزيادة سرعة المتزلج حتى تصبح 2.5 m/s مرة أخرى:

$$W = KE_f - KE_i$$

$$= \frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_i^2$$

$$= \frac{1}{2}(52.0\text{ kg})(2.5\text{ m/s})^2 - \frac{1}{2}(52.0\text{ kg})(0.00\text{ m/s})^2$$

$$= +163\text{ J}$$

2. سيارة صغيرة كتلتها 875.0 kg زادت سرعتها من 22.0 m/s إلى 44.0 m/s عندما تجاوزت سيارة أخرى، فما مقدار طاقتي حركتها الابتدائية والنهائية؟ وما مقدار الشغل المبذول على السيارة لزيادة سرعتها؟

الطاقة الحركية الابتدائية للسيارة تساوي:

$$KE_i = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}(875.5\text{ kg})(22.0\text{ m/s})^2$$

$$= 2.12\times10^5\text{ J}$$

الطاقة الحركية النهائية للسيارة تساوي:

$$KE_f = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}(875.5\text{ kg})(44.0\text{ m/s})^2$$

$$= 8.47\times10^5\text{ J}$$

الشغل المبذول يساوي:

$$KE_f - KE_i = 8.47\times10^5\text{ J} - 2.12\times10^5\text{ J}$$

$$= 6.35\times10^5\text{ J}$$

3. ضرب مذنب كتلته 7.85×10^{11} kg الأرض بسرعة 25.0 km/s. أوجد الطاقة الحركية للمذنب بوحدة الجول، وقارن بين الشغل المبذول من الأرض لإيقاف المذنب والمقدار 4.2×10^{15} J والذي يمثل الطاقة الناتجة عن أكبر سلاح نووي على الأرض.

$$KE = \frac{1}{2}mv^2$$

$$= \frac{1}{2}(7.85\times10^{11}\text{ kg})(2.50\times10^4\text{ m/s})^2$$

$$= 2.45\times10^{20}\text{ J}$$

$$\frac{KE_{\text{المذنب}}}{KE_{\text{القنبلة}}} = \frac{2.45\times10^{20}\text{ J}}{4.2\times10^{15}\text{ J}} = 5.8\times10^4$$

يلزم 5.8×10^4 قنبلة لتوليد المقدار نفسه من الطاقة التي استخدمت من قبل الأرض لإيقاف المذنب.

صفحة 110

4. ما مقدار طاقة الوضع لكرة البولنج في المثال 1، عندما تكون على سطح الأرض، على اعتبار مستوى الإسناد عند سلة الكرات؟

$$PE = mgh$$

$$= (7.30\text{ kg})(9.80\text{ m/s}^2)(-0.610\text{ m})$$

$$= -43.6\text{ J}$$

5. احسب الشغل الذي تبذله عندما تُنزل بتمهلٍ كيسَ رمل كتلته 20.0 kg مسافة 1.20 m من شاحنة إلى الرصيف؟

$$W = Fd$$

$$= mg(h_f - h_i)$$

$$= (20.0\text{ kg})(9.80\text{ m/s}^2)(0.00\text{ m} - 1.20\text{ m})$$

$$= -2.35\times10^2\text{ J}$$

6. رفع طالب كتابًا كتلته 2.2 kg من فوق سطح طاولة ارتفاعها عن سطح الأرض 0.80 m، ثم وضعه على رف الكتب الذي يرتفع عن سطح الأرض مسافة 2.10 m. ما مقدار طاقة الوضع للكتاب بالنسبة إلى سطح الطاولة؟

$$PE = mg(h_f - h_i)$$

$$= (2.2\text{ kg})(9.80\text{ m/s}^2)(2.10\text{ m} - 0.80\text{ m})$$

$$= 28\text{ J}$$

7. إذا سقطت قطعة طوب كتلتها 1.8 kg من مدخنة ارتفاعها 6.7 m إلى سطح الأرض، فما مقدار التغير في طاقة وضعها؟

اختر مستوى الإسناد عند سطح الأرض.

$$\Delta PE = mg(h_f - h_i)$$
$$= (1.8\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2)(0.0\ \text{m} - 6.7\ \text{m})$$
$$= -1.2\times10^2\ \text{J}$$

8. رفع عامل صندوقًا كتلته 10.1 kg من الأرض إلى سطح طاولة ارتفاعها 1.1 m، ثم دفع الصندوق على سطح الطاولة مسافة 5.0 m، ثم أسقطه على الأرض. ما التغيرات في طاقة الصندوق؟ وما مقدار التغير في طاقته الكلية؟ (أهمل الاحتكاك).

لرفع الصندوق إلى الطاولة:

$$W = Fd$$
$$= mg(h_f - h_i)$$
$$= \Delta PE$$
$$= (10.1\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2)(1.1\ \text{m} - 0.0\ \text{m})$$
$$= 1.1\times10^2\ \text{J}$$

عند دفع الصندوق على الطاولة يكون $W = 0.0$؛ لأن الارتفاع لم يتغير ولأننا أهملنا الاحتكاك.

عند إسقاط الصندوق على الأرض فإن

$$W = Fd$$
$$= mg(h_f - h_i)$$
$$= \Delta PE$$
$$= (10.1\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2)(0.0\ \text{m} - 1.1\ \text{m})$$
$$= -1.1\times10^2\ \text{J}$$

مجموع التغير في الطاقة للحالات الثلاث يساوي:

$$1.1\times10^2\ \text{J} + 0.0\ \text{J} + (-1.1\times10^2\ \text{J}) = 0.0\ \text{J}$$

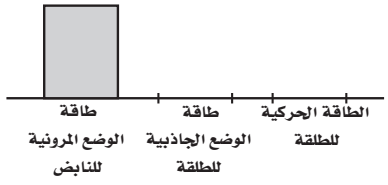
مراجعة القسم

1–4 الأشكال المتعددة للطاقة (صفحة 112–103)

صفحة 112

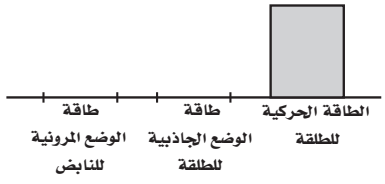
9. **طاقة الوضع المرونية** لديك مسدس لعبة، تدفع بداخله الطلقات المطاطية، فتضغط نابضًا، وعندما يتحرر النابض يطلق الرصاصات المطاطية، بفعل طاقة وضعه المرونية، إلى خارج المسدس. فإذا استخدمت هذا النظام لإطلاق الطلقات المطاطية إلى أعلى فارسم مخططًا بيانيًّا بالأعمدة يصف أشكال الطاقة في الحالات الآتية:

a. عند دفع الطلقات المطاطية داخل ماسورة المسدس، مما يؤدي إلى انضغاط النابض.



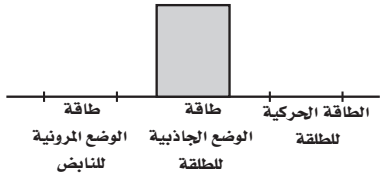
ينبغي أن يكون هناك ثلاثة أعمدة: أحدها لطاقة الوضع المرونية للنابض، والثاني لطاقة الوضع الجاذبية للطلقة، والثالث للطاقة الحركية للطلقة. ويكون عمود طاقة الوضع المرونية للنابض على مستوى الحد الأقصى، أما العمودان الآخران فيكون مستوى كل منهما يساوي صفرًا.

b. عند تمدد النابض وخروج الطلقات من ماسورة المسدس بعد سحب الزناد.



يكون عمود الطاقة الحركية في مستوى الحد الأقصى، أما العمودان الآخران فيكون مستوى كل منهما يساوي صفرًا.

c. عند وصول الطلقات إلى أقصى ارتفاع لها.



يكون عمود طاقة الوضع الجاذبية في مستوى الحد الأقصى، أما العمودان الآخران فيساوي مستوى كل منهما صفرًا.

تابع الفصل 4

10. طاقة الوضع أطلقت قذيفة كتلتها 25.0 kg من مدفع على سطح الأرض. فإذا كان مستوى الإسناد هو سطح الأرض فما مقدار طاقة الوضع للنظام عندما تصبح القذيفة على ارتفاع 425 m؟ وما التغير في طاقة الوضع عندما تصل القذيفة إلى ارتفاع 225 m؟

طاقة الوضع عند ارتفاع 425 m:

$$PE = mgh$$
$$= (25.0\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2)(425\ \text{m})$$
$$= 1.04\times10^5\ \text{J}$$

طاقة الوضع عند ارتفاع 225 m:

$$PE = mgh$$
$$= (25.0\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2)(225\ \text{m})$$
$$= 5.51\times10^4\ \text{J}$$

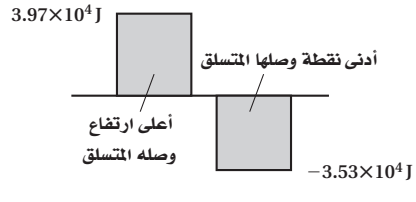
التغير في الطاقة يساوي:

$$(1.04\times10^5\ \text{J}) - (5.51\times10^4\ \text{J}) = 4.89\times10^4\ \text{J}$$

11. نظرية الشغل – الطاقة كيف تطبق نظرية الشغل – الطاقة عند رفع كرة البولنج من سلة الكرات إلى كتفك؟

الطاقة الحركية لكرة البولنج تساوي صفرًا عندما تكون مستقرة في حمالة الكرات، وتساوي صفرًا أيضًا عندما تكون عند مستوى الكتف بعد أن ترفعها؛ لذا فالشغل الكلي المبذول منك ومن الجاذبية على الكرة يجب أن يكون صفرًا.

12. طاقة الوضع متسلق صخور كتلته 90.0 kg تسلق في البداية 45.0 m فوق سطح طبقة صخرية ليصل إلى قمة التل، ثم هبط إلى نقطة تبعد 85.0 m أسفل قمة التل. فإذا كان سطح الطبقة الصخرية هو مستوى الإسناد، فجد طاقة الوضع الجاذبية للنظام (المتسلق والأرض) عند أعلى ارتفاع وصله المتسلق، وكذلك عند أدنى نقطة. وارسم مخططًا بيانيًّا بالأعمدة لكلا الوضعين.



$$PE = mgh$$

عند أعلى ارتفاع وصله المتسلق:

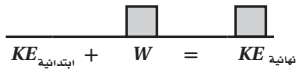
$$PE = (90.0\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2)(+45.0\ \text{m})$$
$$= 3.97\times10^4\ \text{J}$$

عند أدنى نقطة وصلها المتسلق:

$$PE = (90.0\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2)\ (+45.0\ \text{m} - 85.0\ \text{m})$$
$$= -3.53\times10^4\ \text{J}$$

13. التفكير الناقد استخدم زياد خرطومًا هوائيًّا ليؤثر بقوة أفقية ثابتة في قرص مطاطي موجود فوق مضمار هوائي عديم الاحتكاك، فجعل الخرطوم مصوبًا على القرص طوال تحركه لمسافة محددة ليضمن التأثير بقوة ثابتة في أثناء حركة القرص.

a. وضح ما حدث بدلالة الشغل والطاقة، واستعن برسم مخططٍ بيانيٍّ بالأعمدة.



أثّر زياد بقوة ثابتة F خلال مسافة d، وبذل شغلا $W = Fd$ على القرص المطاطي. وهذا الشغل يغير الطاقة الحركية للقرص المطاطي بمقدار يساوي:

$$W = (KE_f - KE_i)$$
$$= \frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_i^2$$
$$= \frac{1}{2}mv_f^2$$

b. افترض أن زيادًا استخدم قرصًا مطاطيًّا آخر كتلته نصف كتلة القرص الأول، وبقيت الظروف كلها كما هي، فكيف تتغير طاقة الحركة والشغل في هذا الوضع عن الوضع الأول؟

إذا استخدم قرصًا مطاطيًّا آخر كتلته نصف كتلة القرص الأول فعندئذ يأخذ القرص المطاطي المقدار نفسه من الشغل، والتغير نفسه في الطاقة الحركية، لكنه يتحرك أسرع بمعامل مقداره 1.414.

c. وضّح ما حدث في a و b بدلالة الدفع والزخم.

ليس للقرصين المطاطيين الزخم النهائي نفسه.

زخم القرص المطاطي الأول يساوي:

$$p_1 = m_1 v_1$$

زخم القرص المطاطي الثاني يساوي:

$$p_2 = m_2 v_2$$

$$= \left(\frac{1}{2} m_1\right)(1.414 v_1)$$

$$= 0.707\, p_1$$

القرص المطاطي الثاني له زخم أقل من القرص الأول. ويتعرض القرص المطاطي الثاني لدفع أقل؛ وذلك لأن التغير في الزخم يساوي الدفع المزود بواسطة خرطوم الهواء.

مسائل تدريبية

4–2 حفظ الطاقة (صفحة 123–113)

صفحة 117

14. يقترب سائق دراجة من تل بسرعة 8.5 m/s. فإذا كانت كتلة السائق والدراجة 85.0 kg، فاختر نظام إسناد مناسب، ثم احسب طاقة الحركة الابتدائية للنظام. وإذا صعد السائق التل بالدرّاجة، فاحسب الارتفاع الذي ستتوقف عنده الدراجة بإهمال المقاومات.

النظام هو الدرّاجة + السائق + الأرض.

والطاقة الكلية محفوظة؛ لأنه لا يوجد قوى خارجية.

$$KE = \frac{1}{2} m v^2$$

$$= \frac{1}{2}(85.0\ \text{kg})(8.5\ \text{m/s})^2$$

$$= 3.1 \times 10^3\ \text{J}$$

$$KE_i + PE_i = KE_f + PE_f$$

$$\frac{1}{2} m v^2 + 0 = 0 + mgh$$

$$h = \frac{v^2}{2g} = \frac{(8.5\ \text{m/s})^2}{(2)(9.80\ \text{m/s}^2)}$$

$$= 3.7\ \text{m}$$

15. افترض أن السائق في السؤال السابق استمرّ في الحركة عن طريق التدوير المستمر للبدّالات (الدوّاسات)، ولم يتوقف، ففي أي نظام تعتبر الطاقة محفوظة؟ وأي أشكال الطاقة اكتسبت منها الدراجة طاقتها؟

يبقى نظام الأرض، والدراجة الهوائية والسائق كما هو، ولكن الطاقة الموجودة الآن ليست طاقة ميكانيكية فقط، بل يجب أخذ الطاقة الكيميائية المختزنة في جسم السائق في الاعتبار؛ فبعض هذه الطاقة يتحول إلى طاقة ميكانيكية.

16. بدأ متزلج بالانزلاق من السكون من قمة تل ارتفاعه 45.0 m يميل بزاوية 30° على الأفقي في اتجاه الوادي، ثم استمرّ في الحركة حتى وصل إلى التل الآخر الذي يبلغ ارتفاعه 40.0 m. حيث يقاس ارتفاع التلين بالنسبة لقاع الوادي. ما سرعة المتزلج عندما يمر بقاع الوادي، مع إهمال الاحتكاك وتأثير أعمدة التزلج؟ وما مقدار سرعة المتزلج عند أعلى التل الثاني؟ وهل لزاوية ميل التل أي تأثير في الجواب؟

عند قاع الوادي:

$$KE_i + PE_i = KE_f + PE_f$$

$$0 + mgh = \frac{1}{2} m v^2 + 0$$

$$v^2 = 2gh$$

$$v = \sqrt{2gh}$$

$$= \sqrt{(2)(9.80\ \text{m/s}^2)(45.0\ \text{m})}$$

$$= 29.7\ \text{m/s}$$

عند أعلى التل الثاني:

$$KE_i + PE_i = KE_f + PE_f$$

$$0 + mgh_i = \frac{1}{2} m v^2 + mgh_f$$

$$v^2 = 2g(h_i - h_f)$$

$$= \sqrt{2g(h_i - h_f)}$$

$$= \sqrt{(2)(9.80\ \text{m/s}^2)(45.0\ \text{m} - 40.0\ \text{m})}$$

$$= 9.90\ \text{m/s}$$

لا يوجد لزاوية ميل التل أي تأثير.

17. تقرر في إحدى مسابقات الغوص أن يكون الرابح هو من يثير أكبر كمية من رذاذ الماء عندما يغوص فيه. ولا تعتمد كمية الرذاذ على طريقة الغواص فقط، وإنما على مقدار الطاقة الحركية للغواص أيضًا. وفي هذه المسابقة قفز جميع الغواصين عن عارضة غوص ارتفاعها 3.00 m، فإذا كانت كتلة أحدهم 136 kg وقام بحركته بأن ألقى نفسه عن العارضة ببساطة. أمّا الغواص الثاني فكانت كتلته 102 kg وقفز عن العارضة إلى أعلى، فما الارتفاع الذي يجب أن يصل إليه اللاعب الثاني حتى يثير رذاذًا مساويًا لما أثاره الغواص الأول؟

باستخدام سطح الماء بوصفه مستوى الإسناد، تكون الطاقة الحركية للغواص لحظة دخوله الماء مساوية لطاقة الوضع الجاذبية له عند أعلى نقطة وصلها في قفزته. فالغواص الذي كتلته أكبر له طاقة وضع جاذبية تساوي:

$$PE = mgh = (136\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2)(3.00\ \text{m})$$

$$= 4.00\times10^3\ \text{J}$$

ولمعادلة هذه الطاقة فإنه على الغواص الذي كتلته أصغر أن يقفز إلى ارتفاع يساوي:

$$h = \frac{4.00\times10^3\ \text{J}}{(102\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2)} = 4.00\ \text{m}$$

لذا، فإن على الغواص الذي كتلته أصغر أن يقفز إلى أعلى ارتفاع فوق المنصة، 1.00 m.

صفحة 121

18. انطلقت رصاصة كتلتها 8.00 g أفقيًّا نحو قطعة خشبية كتلتها 9.00 kg موضوعة على سطح طاولة، واستقرت فيها، وتحركتا كجسم واحد بعد التصادم على سطح عديم الاحتكاك بسرعة 10.0 m/s. فما مقدار السرعة الابتدائية للرصاصة؟

حفظ الزخم:

$$mv = (m + M)v_f$$

أو

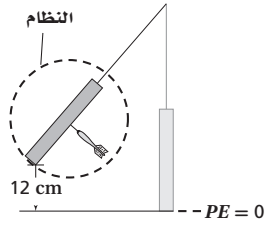
$$v = \frac{(m + M)v_f}{m}$$

$$= \frac{(0.00800\ \text{kg} + 9.00\ \text{kg})(0.100\ \text{m/s})}{0.00800\ \text{kg}}$$

$$= 1.13\times10^2\ \text{m/s}$$

19. هدف مغناطيسي كتلته 0.73 kg معلق بخيط، أُطلق سهم حديدي كتلته 0.0250 kg أفقيًّا في اتجاه الهدف، فاصطدم به، والتحما معًا، وتحركا كبندول ارتفع 12.0 cm فوق المستوى الابتدائي قبل أن يتوقف لحظيًّا عن الحركة.

a. مثّل الحالة (الوضع)، ثم اختر النظام.



يتضمن النظام الهدف المعلق والسهم.

b. حدّد الكمية الفيزيائية المحفوظة في كل جزء من أجزاء الحركة كلها، ثم فسر ذلك.

يكون الزخم فقط محفوظًا في التصادم العديم المرونة بين السهم والهدف؛ لذا فإن

$$mv_i + MV_i = (m + M)v_f$$

حيث تكون $v_i = 0$، أي الهدف في البداية ساكنًا، وتمثل v_f سرعة الجسمين بعد التصادم والالتحام. تكون الطاقة محفوظة في أثناء التحام السهم بالهدف وارتفاعهما إلى أعلى؛ لذا فإن $\Delta PE = \Delta KE$، أو عند أعلى ارتفاع للتأرجح

$$(m + M)gh_f = \frac{1}{2}(m + M)(v_f)^2$$

c. ما السرعة الابتدائية للسهم؟

حل بالنسبة إلى v_f

$$v_f = \sqrt{2gh_f}$$

عوض v_f في معادلة الزخم، وحل بالنسبة إلى v_i

$$v_i = \left(\frac{m + M}{m}\right)\sqrt{2gh_f}$$

$$= \left(\frac{0.025\ \text{kg} + 0.73\ \text{kg}}{0.025\ \text{kg}}\right)\left(\sqrt{(2)(9.80\ \text{m/s}^2)(0.120\ \text{m})}\right)$$

$$= 46\ \text{m/s}$$

20. يتزلج لاعب كتلته 91.0 kg على الجليد بسرعة 5.50 m/s، ويتحرك لاعب آخر له الكتلة نفسها بسرعة 8.1 m/s في الاتجاه نفسه ليضرب اللاعب الأول من الخلف، ثم ينزلقان معًا.

a. احسب المجموع الكلي للطاقة، والمجموع الكلي للزخم في النظام قبل التصادم.

$$KE_i = \frac{1}{2}m_1v_1^2 + \frac{1}{2}m_2v_2^2$$

$$= \frac{1}{2}(91.0\ \text{kg})(5.50\ \text{m/s})^2 + \frac{1}{2}(91.0\ \text{kg})(8.1\ \text{m/s})^2$$

$$= 4.4\times10^3\ \text{J}$$

$$p_i = m_1v_1 + m_2v_2$$

$$= (91.0\ \text{kg})(5.5\ \text{m/s}) + (91.0\ \text{kg})(8.1\ \text{m/s})$$

$$= 1.2\times10^3\ \text{kg.m/s}$$

b. ما مقدار سرعة اللاعبين بعد التصادم؟

بعد التصادم:

$$p_i = p_f$$

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2) v_f$$

$$v_f = \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{m_1 + m_1}$$

$$= \frac{(91.0\ \text{kg})(5.50\ \text{m/s}) + (91.0\ \text{kg})(8.1\ \text{m/s})}{91.0\ \text{kg} + 91.0\ \text{kg}}$$

$$= 6.8\ \text{m/s}$$

c. ما مقدار الطاقة المفقودة في التصادم؟

الطاقة الحركية النهائية تساوي

$$KE_f = \frac{1}{2}(m_1 + m_2) v_f^2$$

$$= \frac{1}{2}(91.0\ \text{kg} + 91.0\ \text{kg})(6.8\ \text{m/s})^2$$

$$= 4.2 \times 10^3\ \text{J}$$

لذا فإن الطاقة المفقودة في التصادم تساوي

$$KE_i - KE_f = 4.4 \times 10^3\ \text{J} - 4.2 \times 10^3\ \text{J}$$

$$= 2 \times 10^2\ \text{J}$$

مراجعة القسم

4–2 حفظ الطاقة (صفحة 123–113)

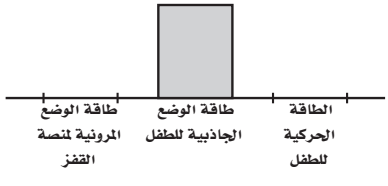
صفحة 123

21. النظام المغلق هل الأرض نظام مغلق ومعزول؟ دعّم إجابتك.

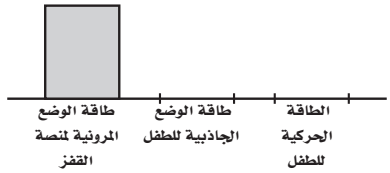
لتبسيط المسائل التي تحدث خلال فترة زمنية قصيرة تعد الأرض نظامًا مغلقًا. وفي الواقع الأرض ليست نظامًا معزولًا؛ لأنها تتأثر بقوى جاذبية مصدرها الكواكب والشمس والنجوم الأخرى. وبالإضافة إلى ذلك فإن الأرض تستقبل بشكل مستمر الطاقة الكهرومغناطيسية، المشعة في المقام الأول من الشمس.

22. الطاقة قفز طفل عن منصة القفز (منصة البهلوان)، ارسم تمثيلاً بيانيًّا بالأعمدة يبين أشكال الطاقة الموجودة في الأوضاع التالية:

a. الطفل عند أعلى نقطة في مساره.



b. الطفل عند أدنى نقطة في مساره.



23. الطاقة الحركية افترض أن كرة من اللبان (العلكة) تصادمت مع كرة مطاطية صغيرة في الهواء، ثم ارتدتا إحداهما عن الأخرى. هل تتوقع أن تبقى الطاقة الحركية محفوظة؟ وإذا كان الجواب بالنفي فماذا حدث للطاقة؟

على الرغم من أن الكرة المطاطية قد ارتدت مع خسارة القليل من الطاقة إلا أن الطاقة الحركية لن تكون محفوظة؛ وذلك لأن العلكة غالبًا قد تشوهت بسبب التصادم.

24. الطاقة الحركية تكون الكرة المستخدمة في تنس الطاولة كرة خفيفة جدًّا وصلبة، وتضرب بمضرب صلب (خشبي مثلًا). أما في التنس الأرضي فتكون الكرة أكثر ليونة وتضرب بمضرب شبكي. فلماذا صُمّمت الكرة والمضرب في كل لعبة بهذه الطريقة؟ وهل تستطيع التفكير في كيفية تصميم كرة ومضرب تستخدمان في ألعاب رياضية أخرى؟

صُمّمت عناصر اللعبة بحيث تنقل أكبر كمية من الطاقة الحركية إلى الكرة. وتأخذ الكرة اللينة طاقة مع خسارة أقل من المضرب الشبكي. ويمكن اتخاذ تصميم آخر لعناصر اللعبة، وذلك بأن يكون كل من كرة الجولف والمضرب صلبًا.

25. طاقة الوضع سقطت كرة مطاطية من ارتفاع 8.0 m على أرض أسمنتية صلبة، فاصطدمت بها وارتدت عنها عدة مرات، وفي كل مرة كانت تخسر $\frac{1}{5}$ مجموع طاقتها. فكم مرة ستصطدم الكرة بالأرض حتى تصل إلى ارتفاع 4 m بعد الارتداد؟

$$E_{\text{كلية}} = mgh$$

لما كان ارتفاع الارتداد يتناسب مع الطاقة، فإنه في كل ارتداد سوف ترتد الكرة إلى $\frac{4}{5}$ ارتفاع الارتداد السابق.

بعد ارتداد واحد:

$$h = \left(\frac{4}{5}\right)(8\text{ m}) = 6.4\text{ m}$$

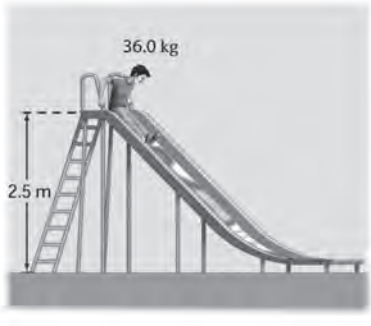
بعد ارتدادين:

$$h = \left(\frac{4}{5}\right)(6.4\text{ m}) = 5.12\text{ m}$$

بعد ثلاثة ارتدادات:

$$h = \left(\frac{4}{5}\right)(5.12\text{ m}) = 4.1\text{ m}$$

26. الطاقة ينزلق طفل كتلته 36.0 kg على لعبة انزلاق ارتفاعها 2.5 m كما في **الشكل 14–4**. ويتحرك عند أدنى نقطة في اللعبة بسرعة 3.0 m /s، فما مقدار الطاقة المفقودة خلال انزلاقه؟



■ **الشكل 14–4**

$$E_i = mgh$$

$$= (36.0\text{ kg})(9.80\text{ m/s}^2)(2.5\text{ m})$$

$$= 880\text{ J}$$

$$E_f = \frac{1}{2}mv^2$$

$$= \frac{1}{2}(36.0\text{ kg})(3.0\text{ m/s})^2$$

$$= 160\text{ J}$$

$$E_{\text{مفقودة}} = 880\text{ J} - 160\text{ J} = 720\text{ J}$$

27. التفكير الناقد سقطت كرة من ارتفاع 20.0 m وعندما وصلت إلى نصف الارتفاع، أيْ 10 m، كان نصف طاقتها طاقة وضع، والنصف الآخر طاقة حركة. عندما تستغرق الكرة في رحلتها نصف زمن سقوطها، فهل ستكون طاقة الوضع للكرة نصف طاقتها أم أقل أم أكثر؟

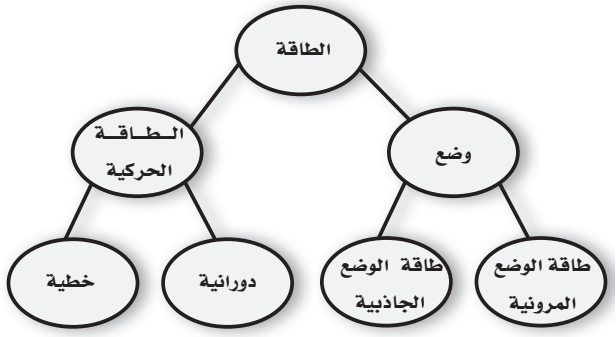
ستسقط الكرة ببطء أكثر خلال الجزء الأول من سقوطها. لذا فإن الكرة لن تقطع نصف المسافة التي ستسقطها خلال النصف الأول من زمن سقوطها. ومن ثم سيكون معظم طاقة الكرة طاقة وضع مقارنة بطاقتها الحركية.

تقويم الفصل

خريطة المفاهيم

صفحة 128

28. أكمل خريطة المفاهيم بالمصطلحات الآتية: طاقة الوضع الجاذبية، طاقة الوضع المرونية، الطاقة الحركية.



إتقان المفاهيم

صفحة 128

في جميع المسائل اللاحقة، افترض أن مقاومة الهواء مهملة، إلا إذا أعطيت قيمتها.

29. وضّح العلاقة بين الشغل المبذول والتغير في الطاقة. (1–4)

الشغل المبذول على الجسم يسبب تغير طاقة الجسم. وهذه هي نظرية الشغل–الطاقة.

30. ما نوع الطاقة في ساعة تعمل بضغط النابض؟ وما نوع الطاقة في الساعة الميكانيكية؟ وماذا يحدث للطاقة عندما تتوقف الساعة عن العمل؟ (1–4)

يختزن نابض الساعة طاقة وضع مرونية، والساعة التي تعمل لها طاقة وضع مرونية وطاقة حركة دورانية. وتتوقف الساعة عن العمل عندما تتحول الطاقة كلها التي فيها إلى حرارة نتيجة الاحتكاك في نواقل الحركة والوصلات.

31. وضح كيفية ارتباط تغير الطاقة مع القوة؟ (1–4)

تبذل القوة شغلًا عندما تؤثر في جسم فتحركه مسافة في اتجاهها، وهذا ينتج تغيرًا في الطاقة.

32. أُسقطت كرة من أعلى مبنى، فإذا اخترت أعلى المبنى بوصفه مستوى إسناد، في حين اختار زميلك أسفل المبنى بوصفه مستوى إسناد، فوضح هل تكون حسابات الطاقة نفسها أم مختلفة وفقًا لمستوى الإسناد في الحالات الآتية؟ (1–4)

a. طاقة وضع الكرة عند أي نقطة.

تختلف طاقات الوضع باختلاف مستويي الإسناد.

b. التغير في طاقة وضع الكرة نتيجة السقوط.

التغيرات في طاقات الوضع الناتج عن السقوط متساوية؛ لأن التغير في h هو نفسه بالنسبة إلى مستويي الإسناد.

c. الطاقة الحركية للكرة عند أي نقطة.

الطاقة الحركية للكرة عند أي نقطة متساوية؛ لأن السرعة المتجهة هي نفسها.

33. هل هناك حالة يمكن أن تكون فيها الطاقة الحركية لكرة البيسبول سالبة؟ (1–4)

لا يمكن أن تكون الطاقة الحركية لكرة البيسبول سالبة؛ لأن الطاقة الحركية تعتمد على مربع السرعة المتجهة، وهي موجبة دائمًا.

34. هل هناك حالة يمكن أن تكون فيها طاقة الوضع لكرة البيسبول سالبة؟ وضّح ذلك دون استخدام معادلات. (1–4)

قد تكون طاقة وضع الجاذبية لكرة البيسبول سالبة إذا كان ارتفاع الكرة تحت مستوى الإسناد.

35. إذا زادت سرعة عدّاء إلى ثلاثة أضعاف سرعته الابتدائية، فما معامل تزايد طاقته الحركية؟ (1–4)

تزداد الطاقة الحركية للعدّاء 9 مرات؛ لأنه تم تربيع السرعة.

36. ما تحولات الطاقة عندما يقفز لاعب الوثب بالزانة؟ (2–4)

يركض لاعب الوثب بالزانة (طاقة حركية)، وعند ثني الزانة تضاف طاقة وضع مرونية إلى الزانة، وعندما ترفع الزانة جسم اللاعب تتحول الطاقة الحركية وطاقة الوضع المرونية إلى طاقة حركية وطاقة وضع جاذبية. وعندما يترك اللاعب الزانة تكون جميع طاقته طاقة حركية وطاقة وضع جاذبية.

37. لماذا تتغير الوثبة كثيرًا في رياضة الوثب بالزانة عندما تستبدل بالعصا الخشبية القاسية عصا مرنة أو عصا مصنوعة من الألياف الزجاجية؟ (2–4)

يمكن لقضيب الليف الزجاجي المرن أن يختزن طاقة وضع مرونية؛لأنه ينثني بسهولة. ويمكن لهذه الطاقة أن تتحرر وتدفع اللاعب رأسيًا إلى أعلى. أما قضيب الخشب فلا يختزن طاقة وضع مرونية. وأقصى ارتفاع للاعب القفز العالي محدد بالتحول المباشر للطاقة الحركية إلى طاقة وضع جاذبية.

38. عندما قُذفت كرة طينية في اتجاه قرص الهوكي المطاطي الموضوع على الجليد التحمت الكرة المندفعة وقرص الهوكي المطاطي معًا، وتحركا ببطء. (2–4)

a. هل الزخم محفوظ في التصادم؟ وضح ذلك.

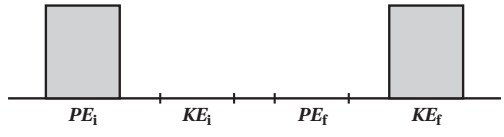
الزخم الكلي للكرة والقرص المطاطي محفوظ في التصادم بسبب عدم وجود قوى غير متزنة في هذا النظام.

b. هل الطاقة الحركية محفوظة في التصادم؟ وضح ذلك.

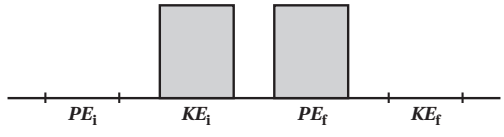
الطاقة الحركية الكلية غير محفوظة بسبب ضياع جزء منها في أثناء تغير شكل الكرة عند ضربها، وعند التحام الكرة بالقرص المطاطي.

39. مثّل بيانيًا بالأعمدة كلاً من العمليات التالية: (2–4)

a. انزلاق مكعب من الجليد، بادئًا حركته من السكون، على سطح مائل عديم الاحتكاك.



b. انزلاق مكعب من الجليد صاعدًا أعلى سطح مائل عديم الاحتكاك، ثم توقفه لحظيًا.



40. صف تحول الطاقة الحركية إلى طاقة وضع وبالعكس لشخص يركب في الأفعوانية جولة كاملة. (2–4)

تكون معظم طاقة الشخص والعربة خلال جولة الأفعوانية على شكل طاقة وضع عند قمة المنحدر، وطاقة حركية عند أسفل المنحدر.

41. صف كيفية فقدان طاقة الحركة وطاقة الوضع المرونية عند ارتداد كرة مطاطية، وصف ما يحدث لحركة الكرة. (2–4)

يختزن في كل ارتداد جزء من الطاقة الحركية للكرة على شكل طاقة وضع مرونية، ويبدّد التشوه في الكرة ما تبقى من طاقتها في صورة طاقة حرارية وصوت. وبعد الارتداد تتحول طاقة الوضع المرونية المختزنة إلى طاقة حركية. وكل ارتداد تالٍ للكرة يبدأ بطاقة حركية أقل؛ وذلك بسبب الطاقة الضائعة في التشوه، مما يجعل الكرة تصل إلى ارتفاع أقل، وفي النهاية تتبدد طاقة الكرة كلها وتتوقف عن الحركة (تسكن).

تطبيق المفاهيم

صفحة 129–128

42. استخدم سائق سيارة سباق الكوابح لإيقافها. طبق نظرية الشغل – الطاقة في الأوضاع الآتية: (على اعتبار أن النظام يحوي السيارة ولا يتضمن الطريق).

a. إذا كانت إطارات السيارة تتدحرج دون انزلاق.

إذا لم تنزلق إطارات السيارة فستحتكّ سطوح الكوابح بالإطارات فتبذل شغلا يؤدي إلى إيقاف السيارة. والشغل الذي تبذله المكابح يساوي التغير في الطاقة الحركية للسيارة. ونلاحظ ارتفاع حرارة سطح الكوابح؛ لأن الطاقة الحركية تتحوّل إلى طاقة حرارية.

b. انزلقت إطارات السيارة عندما استخدمت الكوابح.

إذا استخدمت الكوابح وانزلقت إطارات السيارة فهذا يعني أن الكوابح انغلقت وتوقفت عن الاحتكاك وعندئذ تحتكّ الإطارات بالطريق وتبذل شغلا يعمل على إيقاف السيارة. وترتفع درجة حرارة سطح الإطار وليس درجة حرارة المكابح. ولا تعد هذه الطريقة فعّالة في إيقاف السيارة، كما أنها تتلف الإطارات.

43. تسير سيارة صغيرة وشاحنة كبيرة بالسرعة نفسها. أيهما يبذل شغلاً أكبر: محرك السيارة أم محرك الشاحنة؟

الشاحنة الكبيرة لها طاقة حركية أكبر $KE = \frac{1}{2}mv^2$؛ لأن كتلتها أكبر من كتلة السيارة الصغيرة، وبحسب نظرية الشغل– الطاقة فإن محرك الشاحنة الكبيرة يبذل شغلاً أكبر.

44. المنجنيق استخدمت جيوش المسلمين مدفع المنجنيق في فتوحاتهم. حيث يعمل بعض هذه الأنواع باستخدام حبل مشدود، وعندما يُرخى الحبل ينطلق ذراع المنجنيق. ما نوع الطاقة المستخدمة عند قذف الصخرة بالمنجنيق؟

تختزن طاقة الوضع المرونية في حبل الربط المشدود، والذي يبذل شغلا على الصخرة. وللصخرة طاقة حركية وطاقة وضع خلال حركتها في الهواء. وعندما تصطدم الصخرة بالحائط يؤدّي التصادم العديم المرونة إلى تحول معظم الطاقة الميكانيكية إلى طاقة حرارية وطاقة صوتية وإلى بذل شغل يعمل على تحطيم جزء من الحائط، وتظهر بعض الطاقة الميكانيكية في الشظايا المتناثرة الناتجة عن الاصطدام.

45. تصادمت سيارتان وتوقفتا تمامًا بعد التصادم، فأين ذهبت طاقتاهما؟

تستهلك الطاقة في ثني الصفائح الفلزية في السيارة. كما تفقد الطاقة أيضًا بسبب قوى الاحتكاك بين السيارتين والإطارات، كما تفقد على شكل طاقة حرارية وصوت.

46. بُذل شغل موجب على النظام خلال عملية معينة، فقلّت طاقة الوضع. هل تستطيع أن تستنتج أي شيء حول التغير في الطاقة الحركية للنظام؟ وضح ذلك.

الشغل يساوي التغير في الطاقة الميكانيكية الكلية، $W = \Delta(KE + PE)$. إذا كانت W موجبة و ΔPE سالبة، فيجب أن تكون ΔKE موجبة وأكبر من W.

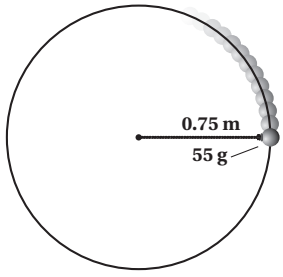
47. بُذل شغل موجب على النظام خلال عملية معينة، فزادت طاقة الوضع. هل تستطيع أن تحدد ما إذا كانت الطاقة الحركية للنظام زادت، أو قلت، أو بقيت كما هي؟ وضح ذلك.

الشغل يساوي التغير في الطاقة الميكانيكية الكلية، $W = \Delta(KE + PE)$. إذا كانت W موجبة و ΔPE موجبة أيضًا فعندئذٍ لا يمكنك الحديث على نحوٍ جازم عن ΔKE.

48. التزلج يتحرك متزلجان مختلفان في الكتلة بالسرعة نفسها وفي الاتجاه نفسه، فإذا أثر الجليد في المتزلجين بقوة الاحتكاك نفسها فقارن بين مسافة التوقف لكل منهما.

سيكون للمتزلج ذي الكتلة الأكبر طاقة حركية أكبر. وستتبدّد الطاقة الحركية لكلا المتزلجين بالشغل السالب، $W = Fd$ المبذول بالاحتكاك مع الجليد. ولما كانت قوى الاحتكاك متساوية فإن المتزلج ذا الكتلة الأكبر سيقطع مسافة أكبر قبل التوقف.

49. إذا دوّرت جسمًا كتلته 55 g في نهاية خيط طوله 0.75 m حول رأسك في مستوى دائري أفقي بسرعة ثابتة، كما في **الشكل 15–4**.



■ **الشكل 15–4**

a. فما مقدار الشغل المبذول على الجسم من قوة الشد في الخيط في دورة واحدة؟

لا تبذل قوة الشد شغلاً على الكتلة؛ لأن قوة الشد تسحب في اتجاه عمودي على اتجاه حركة الكتلة.

b. وهل تتفق إجابتك في الفرع (a) مع نظرية الشغل–الطاقة؟ وضح ذلك.

لا يتعارض ذلك مع نظرية الشغل–الطاقة؛ لأن الطاقة الحركية للكتلة ثابتة فهي تتحرك بسرعة ثابتة.

50. أعطِ أمثلة محددة توضح العمليات الآتية:

a. بُذل شغل على نظام ما فازدادت الطاقة الحركية ولم تتغير طاقة الوضع.

دفع قرص الهوكي أفقيًّا على الجليد؛ النظام يحتوي على قرص الهوكي فقط.

b. تحول طاقة الوضع إلى طاقة حركية دون أن يُبذل شغل على النظام.

إسقاط كرة؛ النظام مكون من الأرض والكرة.

c. بُذل شغل على النظام، فازدادت طاقة الوضع ولم تتغير الطاقة الحركية.

ضغط النابض في مسدس لعبة؛ النظام مكون من النابض فقط.

d. بذل النظام شغلا فقلَّت الطاقة الحركية ولم تتغير طاقة الوضع.

سيارة مسرعة تتحرك على طريق مستوٍ، حيث يتم التأثير بالكوابح مما يؤدي إلى تقليل سرعتها.

51. الأفعوانية إذا كلفت بتعديل تصميم أفعوانية، وطلب المالك إليك أن تجعل اللعب عليها أكثر إثارة عن طريق جعل السرعة في أسفل المنحدر الأول ضعف السرعة قبل التعديل. فكم يكون ارتفاع المنحدر الأول للأفعوانية بالنسبة لارتفاعه الأصلي؟

يكون ارتفاع المنحدر مضاعفًا أربع مرات.

52. قُذفت كرتان متماثلتان من قمة منحدر عالٍ، إحداهما رأسيًّا إلى أعلى، والأخرى رأسيًّا إلى أسفل وكان لها مقدار السرعة الابتدائية نفسه. قارن بين طاقتيهما الحركية وسرعتيهما عندما ترتطمان بالأرض؟

على الرغم من أن الكرتين تتحركان في اتجاهين متعاكسين إلا أن لهما نفس الطاقة الحركية وطاقة الوضع عند لحظة قذفهما. وسيكون لهما نفس الطاقة الميكانيكية والسرعة عندما ترتطمان بالأرض.

إتقان حلّ المسائل

صفحة 133–129

4–1 الأشكال المتعددة للطاقة

صفحة 131–129

53. تتحرك سيارة كتلتها 1600 kg بسرعة 12.5 m/s. ما طاقتها الحركية؟

$$KE = \frac{1}{2}mv^2$$

$$= \frac{1}{2}(1600\ \text{kg})(12.5\ \text{m/s})^2$$

$$= 1.3\times10^5\ \text{J}$$

54. ما مقدار الطاقة الحركية لسيارة سباق كتلتها 1525 kg، عندما تكون سرعتها 108 km/h؟

$$KE = \frac{1}{2}mv^2$$

$$= \frac{1}{2}(1525\ \text{kg})\left(\frac{(108\ \text{km/h})(1000\ \text{m/km})}{3600\ \text{s/h}}\right)^2$$

$$= 6.86\times10^5\ \text{J}$$

55. مجموع كتلتي خليل ودراجته 45.0 kg. فإذا قطع خليل 1.80 km خلال 10.0 min بسرعة ثابتة، فما مقدار طاقته الحركية؟

$$KE = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m\left(\frac{d}{t}\right)^2$$

$$= \frac{1}{2}(45.0\ \text{kg})\left(\frac{(1.80\ \text{km})((1000\ \text{m/km})}{(10.0\ \text{min})(60\ \text{s/min})}\right)^2$$

$$= 243\ \text{J}$$

56. كتلة خالد 45 kg ويسير بسرعة 10.0 m/s.

a. أوجد طاقته الحركية.

$$KE = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}(45\ \text{kg})(10.0\ \text{m/s})^2$$

$$= 2.3\times10^3\ \text{J}$$

b. إذا تغيرت سرعة خالد إلى 5.0 m/s. فاحسب طاقته الحركية الآن.

$$KE = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}(45\ \text{kg})(5.0\ \text{m/s})^2$$

$$= 5.6\times10^2\ \text{J}$$

c. أوجد نسبة الطاقة الحركية في الفرع a إلى الطاقة الحركية في الفرع b. وفسر ذلك.

$$\frac{\frac{1}{2}(mv_1^2)}{\frac{1}{2}(mv_2^2)} = \frac{v_1^2}{v_2^2} = \frac{(10.0)^2}{(5.0)^2} = \frac{4}{1}$$

مضاعفة السرعة المتجهة يضاعف الطاقة الحركية أربع مرات. تتناسب الطاقة الحركية طرديًّا مع مربع السرعة.

57. كتلة كل من أسماء وآمنة متساويتان وتساوي 45 kg، وقد تحركتا معًا بسرعة 10.0 m /s كجسم واحد.

a. ما مقدار الطاقة الحركية لهما معًا؟

$$KE_{\text{لأسماء وآمنة}} = \frac{1}{2}mv^2$$

$$= \frac{1}{2}(m_{\text{أسماء}} + m_{\text{آمنة}})v^2$$

$$= \frac{1}{2}(45\ \text{kg} + 45\ \text{kg})(10.0\ \text{m/s})^2$$

$$= 4.5\times10^3\ \text{J}$$

b. ما نسبة كتلتيهما معًا إلى كتلة أسماء؟

$$\frac{m_{\text{أسماء}} + m_{\text{آمنة}}}{m_{\text{أسماء}}} = \frac{45\ \text{kg} + 45\ \text{kg}}{45\ \text{kg}}$$

$$= \frac{2}{1}$$

c. ما نسبة طاقتيهما الحركية معًا إلى الطاقة الحركية لأسماء؟ فسر إجابتك.

$$KE_{\text{أسماء}} = \frac{1}{2} m_{\text{أسماء}} v^2 = \frac{1}{2}(45\ \text{kg})(10.0\ \text{m/s})^2$$

$$= 2.3\times10^3\ \text{J}$$

$$\frac{KE_{\text{لأسماء وآمنة}}}{KE_{\text{أسماء}}} = \frac{\frac{1}{2}(m_{\text{أسماء}} + m_{\text{آمنة}})v^2}{\frac{1}{2}m_{\text{أسماء}}v^2} = \frac{m_{\text{أسماء}} + m_{\text{آمنة}}}{m_{\text{أسماء}}}$$

$$= \frac{2}{1}$$

نسبة طاقتهما الحركية إلى الطاقة الحركية لأسماء هي نفسها النسبة بين كتلتهما إلى كتلة أسماء. تتناسب الطاقة الحركية طرديًا مع الكتلة.

58. القطار في فترة الخمسينيات من القرن الماضي، استُخدم قطار تجريبي كتلته 2.5×10^4 kg، وقد تحرك في مسار مستوٍ بمحرك نفاث يؤثر بقوة دفع مقدارها 5.00×10^5 N خلال مسافة 509 m. فما مقدار:

a. الشغل المبذول على القطار؟

$$W = Fd = (5.00\times10^5\ \text{N})(509\ \text{m})$$

$$= 2.55\times10^8\ \text{J}$$

b. التغير في الطاقة الحركية للقطار؟

$$\Delta KE = W = 2.55\times10^8\ \text{J}$$

c. الطاقة الحركية النهائية للقطار إذا بدأ بالحركة من السكون؟

$$\Delta KE = KE_f - KE_i$$

$$KE_f = \Delta KE + KE_i$$

$$= 2.55\times10^8\ \text{J} + 0.00\ \text{J}$$

$$= 2.55\times10^8\ \text{J}$$

d. السرعة النهائية للقطار إذا أهملنا قوى الاحتكاك؟

$$KE_f = \frac{1}{2} m v_f^2$$

لذا فإن:

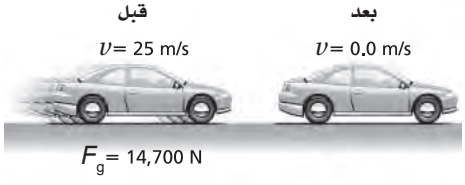
$$v_f^2 = \frac{KE_f}{\frac{1}{2}m}$$

$$= \frac{2.55\times10^8\ \text{J}}{\frac{1}{2}(2.50\times10^4\ \text{kg})}$$

لذا فإن:

$$v_f = \sqrt{2.04\times10^4\ \text{m}^2/\text{s}^2} = 143\ \text{m/s}$$

59. مكابح السيارة تتحرك سيارة وزنها 14700 N بسرعة 25 m /s، وفجأة استخدم السائق المكابح، وأخذت السيارة في التوقف، كما في **الشكل 16–4**. فإذا كان متوسط قوة الاحتكاك بين إطارات السيارة والطريق تساوي 7100 N فما المسافة التي تتحركها السيارة قبل أن تتوقف؟



■ **الشكل 16–4**

$$W = Fd = \frac{1}{2} m v^2$$

$$m = \frac{F_g}{g}$$

لذا فإن:

$$d = \frac{\frac{1}{2} m v^2}{F}$$

$$= \frac{\frac{1}{2}\left(\frac{F_g}{g}\right)v^2}{F}$$

$$= \frac{\frac{1}{2}\left(\frac{14700\ \text{N}}{9.80\ \text{m/s}^2}\right)(25.0\ \text{m/s})^2}{7100\ \text{N}}$$

$$= 66\ \text{m}$$

60. تتحرك عربة صغيرة كتلتها 15.0 kg بسرعة متجهة مقدارها 7.50 m/s على مسار مستوٍ، فإذا أثرت فيها قوة مقدارها 10.0 N فتغيرت سرعتها وأصبحت 3.20 m/s، فما مقدار:

a. التغير في الطاقة الحركية للعربة؟

$$\Delta KE = KE_f - KE_i = \frac{1}{2}m(v_f^2 - v_i^2)$$

$$= \frac{1}{2}(15.0\text{ kg})((3.20\text{ m/s})^2 - (7.50\text{ m/s})^2)$$

$$= -345\text{ J}$$

b. الشغل المبذول على العربة؟

$$W = \Delta KE = -345\text{ J}$$

c. المسافة التي ستتحركها العربة خلال تأثير القوة؟

$$W = Fd$$

لذا فإن:

$$d = \frac{W}{F} = \frac{-346\text{ J}}{-10.0\text{ N}} = 34.5\text{ m}$$

61. يتسلق حسن حبلاً في صالة اللعب مسافة 3.5 m. ما مقدار طاقة الوضع التي يكتسبها إذا كانت كتلته 60.0 kg؟

$$PE = mgh$$

$$= (60.0\text{ kg})(9.80\text{ m/s}^2)(3.5\text{ m})$$

$$= 2.1\times10^3\text{ J}$$

62. البولنج احسب الزيادة في طاقة الوضع لكرة بولنج كتلتها 6.4 kg عندما ترفع 2.1 m إلى أعلى نحو رف الكرات.

$$PE = mgh$$

$$= (6.4\text{ kg})(9.80\text{ m/s}^2)(2.1\text{ m})$$

$$= 1.3\times10^2\text{ J}$$

63. احسب التغير في طاقة الوضع لخديجة عندما تهبط من الطابق العلوي إلى الطابق السفلي مسافة 5.50 m، علمًا بأن وزنها 505 N؟

$$PE = mg\Delta h = F_g\Delta h$$

$$= (505\text{ N})(-5.50\text{ m})$$

$$= -2.78\times10^3\text{ J}$$

64. رفع الأثقال يرفع لاعب أثقالاً كتلتها 180 kg مسافة 1.95 m. فما الزيادة في طاقة وضع الأثقال؟

$$PE = mgh$$

$$= (180\text{ kg})(9.80\text{ m/s}^2)(1.95\text{ m})$$

$$= 3.4\times10^3\text{ J}$$

65. أُطلق صاروخ تجريبي كتلته 10.0 kg رأسيًّا إلى أعلى من محطة إطلاق. فإذا أعطاه الوقود طاقة حركية مقدارها 1960 J خلال زمن احتراق وقود المحرك كله. فما الارتفاع الإضافي (عن ارتفاع المنصة) الذي سيصل إليه الصاروخ؟

$$PE = mgh = KE$$

$$h = \frac{KE}{mg} = \frac{1960}{(10.0\text{ kg})(9.80\text{ m/s}^2)}$$

$$= 20.0\text{ m}$$

66. ترفع نبيلة كتاب فيزياء وزنه 12.0 N من سطح طاولة ارتفاعها عن سطح الأرض 75 cm إلى رف يرتفع 2.15 m فوق سطح الأرض، فما مقدار التغير في طاقة الوضع للنظام؟

$$PE = mg\Delta h = F_g\Delta h = F_g(h_f - h_i)$$

$$= (12.0\text{ N})(2.15\text{ m} - 0.75\text{ m})$$

$$= 17\text{ J}$$

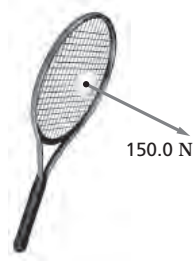
67. صُمّم جهازٌ ليظهر مقدار الطاقة المبذولة. يحوي الجهاز جسمًا مربوطًا بحبل، فإذا سحب شخص الحبل ورفع الجسم مسافة 1.00 m، فسيشير مقياس الطاقة إلى أن 1.00 J من الشغل قد بُذل. فما مقدار كتلة الجسم؟

$$W = PE = mgh$$

$$m = \frac{W}{gh} = \frac{1.00\text{ J}}{(9.80\text{ m/s}^2)(1.00\text{ m})}$$

$$= 0.102\text{ kg}$$

68. التنس من الشائع عند لاعبي التنس الأرضي المحترفين أن المضرب يؤثر في الكرة بقوة متوسطة مقدارها 150.0 N. فإذا كانت كتلة الكرة 0.060 kg ولامست أسلاك المضرب مدة 0.030 s كما في **الشكل 17–4**، فما مقدار الطاقة الحركية للكرة لحظة ابتعادها عن المضرب؟ افترض أن الكرة بدأت الحركة من السكون.



■ **الشكل 17–4**

$$Ft = m\Delta v = mv_f - mv_i,\ v_i = 0$$

لذا فإن

$$v_f = \frac{Ft}{m} = \frac{(150.0\ \text{N})(3.0\times10^{-2}\ \text{s})}{6.0\times10^{-2}\ \text{kg}}$$

$$= 75\ \text{m/s}$$

$$KE = \frac{1}{2}mv^2$$

$$= \frac{1}{2}(6.0\times10^{-2}\ \text{kg})(75\ \text{m/s})^2$$

$$= 1.7\times10^{2}\ \text{J}$$

69. يحمل طارق صاروخ دفع نفاث، ويقف على سطح جليدي عديم الاحتكاك. فإذا كانت كتلة طارق 45 kg وزوّد الصاروخ طارقًا بقوة ثابتة لمسافة 22.0 m فاكتسب طارق سرعة مقدارها 62.0 m/s.

a. فما مقدار الطاقة الحركية النهائية لطارق؟

$$KE_f = \frac{1}{2}mv_f^2$$

$$= \frac{1}{2}(45\ \text{kg})(62.0\ \text{m/s})^2$$

$$= 8.6\times10^{4}\ \text{J}$$

b. وما مقدار القوة؟

الشغل المبذول على طارق يساوي التغير في طاقته الحركية.

$$W = Fd = \Delta KE = KE_f - KE_i$$

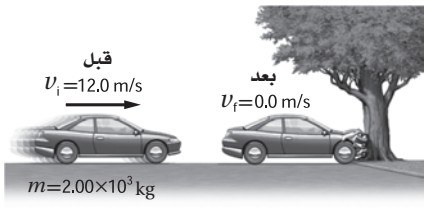
$$KE_i = 0\ \text{J}$$

لذا فإن

$$F = \frac{KE_f}{d} = \frac{8.6\times10^{4}\ \text{J}}{22.0\ \text{m}}$$

$$= 3.9\times10^{3}\ \text{N}$$

70. التصادم اصطدمت سيارة كتلتها 2.00×10^{3} kg وسرعتها 12.0 m/s بشجرة، فلم تتحرك الشجرة وتوقفت السيارة كما في **الشكل 18–4**.



■ **الشكل 18–4**

a. ما مقدار التغير في الطاقة الحركية للسيارة؟

$$\Delta KE = KE_f - KE_i = \frac{1}{2}m(v_f^2 - v_i^2)$$

$$= \frac{1}{2}(2.00\times10^{3}\ \text{kg})((0.0\ \text{m/s})^2 - (12.0\ \text{m/s})^2)$$

$$= -1.44\times10^{5}\ \text{J}$$

b. ما مقدار الشغل المبذول عندما ترتطم مقدمة السيارة بالشجرة؟

$$W = \Delta KE = -1.44\times10^{5}\ \text{J}$$

c. احسب مقدار القوة التي أثرت في مقدمة السيارة لمسافة 50.0 cm.

$$W = Fd$$

لذا فإن

$$F = \frac{W}{d}$$

$$= \frac{-1.44\times10^{5}\ \text{J}}{0.500\ \text{m}}$$

$$= -2.88\times10^{5}\ \text{N}$$

71. أثرت مجموعة من القوى في حجر وزنه 32 N، فكانت محصلة القوى عليه ثابتة ومقدارها 410 N، وتؤثر في اتجاه رأسي، فإذا استمر تأثير القوة المحصلة على الحجر حتى رفعته إلى مسافة 2.0 m، ثم توقف تأثير القوة، فما المسافة الرأسية التي سيرتفعها الحجر من نقطة توقف تأثير القوة فيه؟

$$W = Fd = (410\ \text{N})(2.0\ \text{m}) = 8.2\times10^{2}\ \text{J}$$

ولكن

$$W = \Delta PE = mg\Delta h$$

لذا فإن

$$\Delta h = \frac{W}{mg} = \frac{8.0\times10^{2}\ \text{J}}{32\ \text{N}} = 26\ \text{m}$$

4–2 حفظ الطاقة

صفحة 133–131

72. رُفع كيس حبوب وزنه 98.0 N إلى غرفة تخزين ارتفاعها 50.0 m فوق سطح الأرض باستخدام رافعة الحبوب.

a. ما مقدار الشغل المبذول؟

$$W = \Delta PE = mg\Delta h = F_g\Delta h$$
$$= (98.0\ \text{N})(50.0\ \text{m})$$
$$= 4.90\times10^{3}\ \text{J}$$

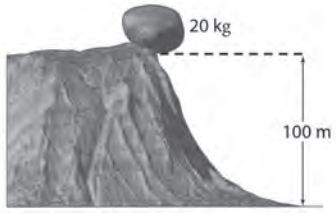
b. ما مقدار الزيادة في طاقة وضع كيس الحبوب عند هذا الارتفاع؟

$$\Delta PE = W = 4.90\times10^{3}\ \text{J}$$

c. إذا انقطع الحبل المستخدم لرفع كيس الحبوب بالضبط عندما وصل الكيس إلى ارتفاع غرفة التخزين، فما مقدار الطاقة الحركية للكيس قبل أن يصطدم بسطح الأرض مباشرة؟

$$KE = \Delta PE = 4.90\times10^{3}\ \text{J}$$

73. تستقر صخرة كتلتها 20 kg على حافة منحدر ارتفاعه 100 m كما في **الشكل 19–4**.



■ الشكل 19–4

a. ما مقدار طاقة وضعها بالنسبة لقاعدة الجرف؟

$$PE = mgh = (20\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2)(100\ \text{m})$$
$$= 2\times10^{4}\ \text{J}$$

b. إذا سقطت الصخرة فما مقدار الطاقة الحركية للصخرة لحظة ارتطامها بالأرض؟

$$KE = \Delta PE = 2\times10^{4}\ \text{J}$$

c. ما مقدار سرعة الصخرة لحظة ارتطامها بالأرض؟

$$KE = \frac{1}{2}mv^2$$

$$v = \sqrt{\frac{2KE}{m}} = \sqrt{\frac{(2)(2\times10^{4}\ \text{J})}{20\ \text{kg}}}$$

$$= 45\ \text{m/s}$$

74. الرماية وضع أحد الرماة سهمًا كتلته 0.30 kg في القوس، وكان متوسط القوة المؤثرة عند سحب السهم، للخلف مسافة 1.3 m تساوي 201 N.

a. إذا اختزنت الطاقة كلها في السهم، فما سرعة انطلاق السهم من القوس؟

الشغل المبذول على الحبل يزيد طاقة الوضع المرونية للحبل.

$$W = \Delta PE = Fd$$

يتم تحويل طاقة الوضع المختزنة جميعها إلى طاقة حركية للسهم.

$$KE = \frac{1}{2}mv^2 = \Delta PE = Fd$$

$$v^2 = \frac{2Fd}{m}$$

$$v = \sqrt{\frac{2Fd}{m}} = \sqrt{\frac{(2)(201\ \text{N})(1.3\ \text{m})}{0.30\ \text{kg}}}$$

$$= 42\ \text{m/s}$$

b. إذا انطلق السهم رأسيًّا إلى أعلى، فما الارتفاع الذي يصل إليه؟

التغير في طاقة وضع السهم يساوي الشغل المبذول لسحب الحبل.

$$\Delta PE = mg\Delta h = Fd$$

$$\Delta h = \frac{Fd}{mg} = \frac{(201\ \text{N})\ (1.3\ \text{m})}{(0.30\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2)}$$

$$= 89\ \text{m}$$

75. صخرة كتلتها 2.0 kg في حالة سكون، ثم سقطت إلى الأرض ففقدت 407 J من طاقة وضعها. احسب الطاقة الحركية التي اكتسبتها الصخرة بسبب سقوطها، وما مقدار سرعة الصخرة قبل ارتطامها بالأرض مباشرة؟

$$PE_i + KE_i = PE_f + KE_f$$

$$KE_i = 0$$

لذا فإن

$$KE_f = PE_i - PE_f = 407\ \text{J}$$

$$KE_f = \frac{1}{2}mv_f^2$$

$$v_f^2 = \frac{2KE_f}{m}$$

$$v_f = \sqrt{\frac{2KE_f}{m}} = \sqrt{\frac{(2)(407\ \text{J})}{(2.0\ \text{kg})}}$$

$$= 2.0 \times 10^1\ \text{m/s}$$

76. سقط كتاب فيزياء مجهول الكتلة من ارتفاع 4.50 m. ما مقدار سرعة الكتاب لحظة ارتطامه بالأرض؟

$$KE = PE$$

$$\frac{1}{2}mv^2 = mgh$$

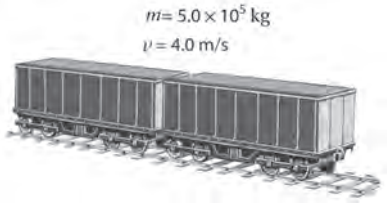
وبقسمة طرفي المعادلة السابقة على كتلة الكتاب نحصل على:

$$\frac{1}{2}v^2 = gh$$

$$v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2(9.80\ \text{m/s}^2)(4.50\ \text{m})}$$

$$= 9.39\ \text{m/s}$$

77. عربة القطار اصطدمت عربة قطار كتلتها 5.0×10^5 kg بعربة أخرى ساكنة لها الكتلة نفسها، وتحركت العربتان معًا بعد التصادم كجسم واحد بسرعة 4.0 m/s كما في **الشكل 20–4**.



■ الشكل 20–4

a. فإذا كانت سرعة العربة الأولى قبل التصادم 8.0 m/s فاحسب زخمها.

$$mv = (5.0\times10^5\ \text{kg})(8.0\ \text{m/s})$$

$$= 4.0\times10^6\ \text{kg.m/s}$$

b. ما مقدار الزخم للعربتين معًا بعد التصادم؟

يجب أن يساوي 4.0×10^6 kg.m/s؛ وذلك لأن الزخم محفوظ.

c. ما مقدار الطاقة الحركية للعربتين قبل التصادم وبعده؟

قبل التصادم:

$$KE_i = \frac{1}{2}mv^2$$

$$= \frac{1}{2}(5.0\times10^5\ \text{kg})(8.0\ \text{m/s})^2$$

$$= 1.6 \times 10^7\ \text{J}$$

بعد التصادم:

$$KE_f = \frac{1}{2}mv^2$$

$$= \frac{1}{2}(5.0\times10^5\ \text{kg} + 5.0\times10^5\ \text{kg})(4.0\ \text{m/s})^2$$

$$= 8.0\times10^6\ \text{J}$$

d. أين ذهبت الطاقة الحركية التي خسرتها العربتان؟

يكون الزخم محفوظًا في أثناء التصادم، أما الطاقة الحركية فليست محفوظة في أثناء التصادم. وتتحوّل الكمية غير المحفوظة (الطاقة الحركية) إلى حرارة وصوت.

78. أي ارتفاع يجب أن تسقط منه سيارة صغيرة حتى يكون لها الطاقة الحركية نفسها عندما تسير بسرعة 1.00×10^2 km/h؟

$$v = \left(1.00\times 10^2 \frac{\text{km}}{\text{h}}\right)\left(\frac{1000\text{ m}}{1\text{ km}}\right)\left(\frac{1\text{ h}}{3600\text{ s}}\right)$$

$$= 27.8\text{ m/s}$$

$$KE = PE$$

$$\frac{1}{2}mv^2 = mgh$$

$$\frac{1}{2}v^2 = gh$$

$$h = \frac{v^2}{2g} = \frac{(27.8\text{ m/s})^2}{2(9.80\text{ m/s}^2)}$$

$$= 39.4\text{ m}$$

79. تزن عبير 420 N وتجلس على أرجوحة ترتفع 0.40 m عن سطح الأرض. فإذا سحبت أمها الأرجوحة إلى الخلف حتى أصبحت على ارتفاع 1.0 m عن سطح الأرض ثم تركتها.

a. فما مقدار سرعة عبير عندما تمر بالنقطة الأقل ارتفاعًا عن سطح الأرض في مسارها؟

$$\Delta PE = mg\Delta h = mg(h_f - h_i)$$

$$KE = \frac{1}{2}m(v_f^2 - v_i^2) = \frac{1}{2}mv_f^2$$

ومن خلال مبدأ حفظ الطاقة الميكانيكية:

$$\Delta PE + \Delta KE = 0$$

$$mg(h_f - h_i) + \frac{1}{2}mv_f^2 = 0$$

$$v_f = \sqrt{2g(h_i - h_f)}$$

$$= \sqrt{(2)\ (9.80\text{ m/s}^2)\ (1.00\text{ m} - 0.40\text{ m})}$$

$$= 3.4\text{ m/s}$$

b. إذا مرت عبير بالنقطة الأقل ارتفاعًا عن سطح الأرض بسرعة 2.0 m/s، فما مقدار شغل الاحتكاك المبذول على الأرجوحة؟

الشغل المبذول من الاحتكاك يساوي التغير في الطاقة الميكانيكية.

$$W = \Delta PE + \Delta KE$$

$$= mg(h_f - h_i) + \frac{1}{2}mv_f^2$$

$$= (420\text{ N})(0.40\text{ m} - 1.00\text{ m}) + \frac{1}{2}\left(\frac{420\text{ N}}{9.80\text{ m/s}^2}\right)(2.0\text{ m/s})^2$$

$$= -1.7\times10^2\text{ J}$$

تابع الفصل 4

80. أسقطت ليلى رأسيًّا كرة كتلتها 10.0 g من ارتفاع 2.0 m عن سطح الأرض. فإذا كانت سرعة الكرة عند ملامستها سطح الأرض 7.5 m/s، فما مقدار السرعة الابتدائية للكرة؟

$$KE_f = KE_i + PE_i$$

$$\frac{1}{2}mv_f^2 = \frac{1}{2}mv_i^2 + mgh$$

وبقسمة طرفي المعادلة السابقة على كتلة الكرة نحصل على:

$$v_i^2 = v_f^2 - 2gh,$$

$$v_i = \sqrt{v_f^2 - 2gh}$$

$$= \sqrt{(7.5\ \text{m/s})^2 - (2)\ (9.80\ \text{m/s}^2)(2.0\ \text{m})}$$

$$= 4.1\ \text{m/s}$$

81. الانزلاق تسلق منذر سُلّم منحدر تزلج ارتفاعه 4.8 m، ثم انزلق فكانت سرعته في أسفل منحدر التزلج 3.2 m/s. ما مقدار الشغل المبذول من قوة الاحتكاك على منذر إذا كانت كتلته 28 kg؟

الشغل المبذول من الاحتكاك على منذر يساوي التغير في طاقته الميكانيكية.

$$W = \Delta PE + \Delta KE$$

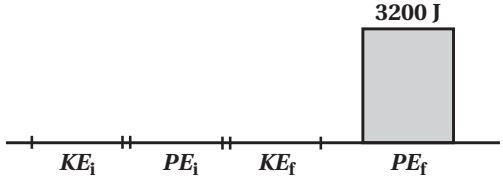
$$= mg(h_f - h_i) + \frac{1}{2}m(v_f^2 - v_i^2)$$

$$= (28\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2)(0.0\ \text{m} - 4.8\ \text{m}) + \frac{1}{2}(28\ \text{kg})\left[(3.2\ \text{m/s})^2 - (0.0\ \text{m/s})^2\right]$$

$$= -1.2 \times 10^3\ \text{J}$$

82. يتسلق شخص وزنه 635 N سُلّمًا رأسيًّا ارتفاعه 5.0 m، أجب عما يأتي معتبرًا أن الشخص والأرض يشكلان نظامًا واحدًا.

a. مثّل بيانيًّا بالأعمدة الطاقة في النظام قبل بدء الشخص في التسلق، وبعد وصوله إلى أقصى ارتفاع. هل تتغير الطاقة الميكانيكية؟ وإذا كان كذلك فما مقدار التغير؟



نعم، لقد تغيرت الطاقة الميكانيكية؛ حيث زادت طاقة الوضع بمقدار

$$(635\ \text{N})(5.0\ \text{m}) = 3200\ \text{J}$$

b. من أين جاءت الطاقة؟

من الطاقة الداخلية للشخص.

تابع الفصل 4

83. يتأرجح شمبانزي من شجرة لأخرى في غابة. إذا تعلّق بغصن متدلٍّ طوله 13 m ثم بدأ تأرجحه بزاوية تميل عن الرأسي بمقدار 45°، فما سرعة الشمبانزي عندما يكون الغصن المتدلي رأسيًّا تمامًا؟

الارتفاع الابتدائي للشمبانزي يساوي

$$h = (13\ \text{m})(1 - \cos 45°) = 3.8\ \text{m}$$

ومن حفظ الطاقة الميكانيكية

$$\Delta PE + \Delta KE = 0$$

$$mg\,(h_f - h_i) + \frac{1}{2}m(v_f^2 - v_i^2) = 0$$

$$-mgh_i + \frac{1}{2}mv_f^2 = 0$$

$$v_f = \sqrt{2gh_i} = \sqrt{2(9.80\ \text{m/s}^2)(3.8\ \text{m})}$$

$$= 8.6\ \text{m/s}$$

مراجعة عامة

صفحة 133

84. عربة صغيرة كتلتها 0.80 kg تهبط من فوق تل عديم الاحتكاك ارتفاعه 0.32 m عن سطح الأرض، وفي قاع التل سارت العربة على سطح أفقي خشن يؤثر في العربة بقوة احتكاك مقدارها 2.0 N، ما المسافة التي تتحركها العربة على السطح الأفقي الخشن قبل أن تتوقف؟

$$E = mgh = W = Fd$$

$$d = \frac{mgh}{F} = \frac{(0.80\ \text{kg})\ (9.80\ \text{m/s}^2)\ (0.32\ \text{m})}{2.0\ \text{N}}$$

$$= 1.3\ \text{m}$$

85. القفز بالزانة السجل العالمي للقفز بالزانة (الوثب العالي) للرجال 2.45 m تقريبًا. فما أقل مقدار من الشغل يجب أن يُبذل لدفع لاعب كتلته 73.0 kg عن سطح الأرض حتى يصل إلى هذا الارتفاع؟

$$W = \Delta E = mgh$$

$$= (73.0\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2)(2.45\ \text{m})$$

$$= 1.75\ \text{kJ}$$

86. كرة القدم تصادم لاعب كتلته 110 kg بلاعب آخر كتلته 150 kg، وتوقف اللاعبان تمامًا بعد التصادم. فأي اللاعبين كان زخمه قبل التصادم أكبر؟ وأيهما كانت طاقته الحركية قبل التصادم أكبر؟

الزخم بعد التصادم يساوي صفرًا، لذا فإن للاعبين زخمين متساويين في المقدار ومتعاكسين في الاتجاه قبل التصادم.

$$m_{\text{اللاعب ذو الكتلة الأكبر}} v_{\text{اللاعب ذو الكتلة الأكبر}} = p_{\text{اللاعب ذو الكتلة الأكبر}} = m_{\text{اللاعب ذو الكتلة الأقل}} v_{\text{اللاعب ذو الكتلة الأقل}} = p_{\text{اللاعب ذو الكتلة الأقل}}$$

وبعد التصادم أصبح طاقة كل لاعب تساوي صفرًا.

الطاقة المفقودة من كل لاعب:

$$\frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}\left(\frac{m^2v^2}{m}\right) = \frac{p^2}{2m}$$

لأن الزخمين كانا متساويين، ولكن أحدهما كتلته أقل من الآخر، فاللاعب ذو الكتلة الأقل خسر طاقة أكثر.

87. عربتا مختبر كتلتاهما على الترتيب 1.0 kg، 2.0 kg رُبطتا معًا بنهايتي نابض مضغوط. وتحركتا معًا بسرعة 2.1 m/s في الاتجاه نفسه. وفجأة تحرر النابض ليصبح غير مضغوط فدفع العربتين بحيث توقفت العربة ذات الكتلة 2 kg، في حين تحركت العربة 1.0 kg إلى الأمام. ما مقدار الطاقة التي أعطاها النابض للعربتين؟

$$E_i = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}(2.0\text{ kg} + 1.0\text{ kg})(2.1\text{ m/s})^2$$
$$= 6.6\text{ J}$$

$$p_i = mv = (2.0\text{ kg} + 1.0\text{ kg})\ (2.1\text{ m/s})$$
$$= 6.3\text{ kg.m/s} = p_f = (1.0\text{ kg})v_f$$

لذا فإن

$$v_f = 6.3\text{ m/s}$$
$$E_f = \frac{1}{2}mv_f^2 = \frac{1}{2}(1.0\text{ kg})(6.3\text{ m/s})^2 = 19.8\text{ J}$$
$$\Delta E = 19.8\text{ J} - 6.6\text{ J} = 13.2\text{ J}$$

13.2 J أضيفت بواسطة النابض

88. تأرجح لاعب سيرك كتلته 55 kg بحبلٍ بادئًا من منصة ارتفاعها 12.0 m، وفي أثناء نزوله حمل قردًا كتلته 21.0 kg ليضعه على منصة أخرى، فما أقصى ارتفاع ممكن للمنصة؟

$$E_i = m_{\text{اللاعب}}gh$$

سرعة اللاعب عندما يصل إلى الأرض تساوي

$$E_i = \frac{1}{2}m_{\text{اللاعب}}v^2 = m_{\text{اللاعب}}gh$$

$$v = \sqrt{\frac{2E_i}{m}} = \sqrt{\frac{2m_{\text{اللاعب}}gh}{m_{\text{اللاعب}}}} = \sqrt{2gh}$$

يكون الزخم محفوظًا عندما يمسك اللاعب بالقرد

$$m_{\text{اللاعب}}v = (m_{\text{اللاعب}} + m_{\text{القرد}})v_f$$

لذا فإن

$$v_f = \frac{m_{\text{اللاعب}}v}{(m_{\text{اللاعب}} + m_{\text{القرد}})} = \left(\frac{m_{\text{اللاعب}}}{m_{\text{اللاعب}} + m_{\text{القرد}}}\right)\sqrt{2gh}$$

الطاقة النهائية لكل منهما تساوي

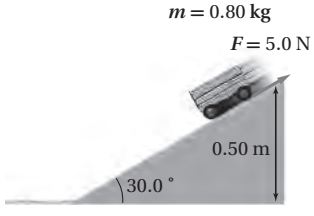
$$E_f = \frac{1}{2}(m_{\text{اللاعب}} + m_{\text{القرد}})v_f^2$$

$$E_f = \frac{1}{2}(m_{\text{اللاعب}} + m_{\text{القرد}})\left(\frac{m_{\text{اللاعب}}}{m_{\text{اللاعب}} + m_{\text{القرد}}}\right)^2(2gh)$$
$$= (m_{\text{اللاعب}} + m_{\text{القرد}})\ gh_f$$

لذا فإن

$$h_f = \left(\frac{m_{\text{اللاعب}}}{m_{\text{اللاعب}} + m_{\text{القرد}}}\right)^2 h$$
$$= \left(\frac{55.0\text{ kg}}{55.0\text{ kg} + 21.0\text{ kg}}\right)^2 (12.0\text{ m})$$
$$= 6.28\text{ m}$$

89. سقطت عربة كتلتها 0.8 kg من أعلى مسار مائل يرتفع 0.50 m عن سطح الأرض، ويميل على الأفقي بزاوية 30° كما في **الشكل 21–4**، وكانت المسافة التي تتحركها العربة حتى أسفل المسار ($0.5\text{ m}/\sin 30^\circ = 1.0\text{ m}$). فإذا أثرت قوة احتكاك السطح في العربة بقوة 5.0 N، فهل تصل العربة إلى أسفل المسار؟



■ **الشكل 21–4**

$$E_i = mgh$$
$$= (0.80\text{ kg})(9.80\text{ m/s}^2)(0.50\text{ m})$$
$$= 3.9\text{ J}$$

الشغل المبذول من الاحتكاك خلال مسافة 1 m يساوي

$$W = Fd = (5.0\text{ N})(1.0\text{ m}) = 5.0\text{ J}$$

الشغل المبذول من الاحتكاك أكبر من طاقة العربة؛ لذا فإن العربة لن تصل إلى أسفل السطح المائل.

تابع الفصل 4

90. الهوكي تحرك لاعب هوكي كتلته 90.0 kg بسرعة 5.0 m /s، واصطدم بلاعب هوكي آخر كتلته 110 kg يتحرك بسرعة 3.0 m /s في الاتجاه المعاكس، وتحركا بعد التصادم كجسم واحد بسرعة 1.0 m /s. ما مقدار الطاقة المفقودة نتيجة التصادم؟

قبل:

$$E = \frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2}mv_2^2$$

$$= \frac{1}{2}(90.0\ \text{kg})\ (5.0\ \text{m/s})^2 + \frac{1}{2}(110\ \text{kg})(3.0\ \text{m/s})^2$$

$$= 1.6 \times 10^3\ \text{J}$$

بعد:

$$E = \frac{1}{2}(m+m)v_f^2$$

$$= \frac{1}{2}\ (200.0\ \text{kg})\ (1.0\ \text{m/s})^2$$

$$= 1.0 \times 10^2\ \text{J}$$

$$\text{الطاقة المفقودة} = 1.6 \times 10^3\ \text{J} - 1.0 \times 10^2\ \text{J}$$

$$= 1.5 \times 10^3\ \text{J}$$

التفكير الناقد

صفحة 134–133

91. تطبيق المفاهيم تستقر كرة جولف كتلتها 0.046 kg على الحامل الخاص بها. فإذا ضُربت بمضرب كتلته 0.220 kg فانطلقت الكرة بسرعة 44 m /s، فاحسب سرعة الكرة لحظة انطلاقها على افتراض أن التصادم مرن.

حفظ الزخم

$$m_{\text{المضرب}}v_{\text{المضرب}1} = m_{\text{المضرب}}v_{\text{المضرب}2} + m_{\text{الكرة}}v_{\text{الكرة}2}$$

وبحل المعادلة لإيجاد $v_{\text{المضرب}2}$

$$v_{\text{المضرب}2} = v_{\text{المضرب}1} - \frac{m_{\text{الكرة}}v_{\text{الكرة}2}}{m_{\text{المضرب}}}$$

ومن حفظ الطاقة

$$\frac{1}{2}m_{\text{المضرب}}v^2_{\text{المضرب}1} = \frac{1}{2}m_{\text{المضرب}}v^2_{\text{المضرب}2} + \frac{1}{2}m_{\text{الكرة}}v^2_{\text{الكرة}2}$$

من خلال الضرب في 2، والتعويض نحصل على

$$m_{\text{المضرب}}v^2_{\text{المضرب}1} = m_{\text{المضرب}}\left(v_{\text{المضرب}1} - \frac{m_{\text{الكرة}}v_{\text{الكرة}2}}{m_{\text{المضرب}}}\right)^2 + m_{\text{الكرة}}v^2_{\text{الكرة}2}$$

أو

$$m_{\text{المضرب}}v^2_{\text{المضرب}1} = m_{\text{المضرب}}v^2_{\text{المضرب}1} - 2m_{\text{الكرة}}v_{\text{المضرب}2}v_{\text{المضرب}1} + \frac{m^2_{\text{الكرة}}v^2_{\text{الكرة}2}}{m_{\text{المضرب}}} + m_{\text{الكرة}}v^2_{\text{الكرة}2}$$

وبالتبسيط

$$0 = (m_{\text{الكرة}}v_{\text{الكرة}2})\left(-2v_{\text{المضرب}1} + \frac{m_{\text{الكرة}2}v_{\text{الكرة}2}}{m_{\text{المضرب}}} + v_{\text{الكرة}2}\right)$$

فيكون

$$m_{\text{الكرة}} v_{\text{الكرة}\,2} = 0$$

أو

$$-2v_{\text{المضرب}\,1} + \left(\frac{m_{\text{الكرة}}}{m_{\text{المضرب}}} + 1\right) v_{\text{الكرة}\,2} = 0$$

بإهمال الحل الذي يعطي $v_{\text{الكرة}2} = 0$، نحصل على

$$v_{\text{الكرة}2} = \frac{2v_{\text{المضرب}\,1}}{\left(\frac{m_{\text{الكرة}}}{m_{\text{المضرب}}} + 1\right)}$$

$$= \frac{2(44\ \text{m/s})}{\left(\frac{0.046\ \text{kg}}{0.220\ \text{kg}} + 1\right)} = 73\ \text{m/s}$$

92. تطبيق المفاهيم يعد اصطدام طائر بالزجاج الأمامي لسيارة متحركة مثالاً على تصادم جسمين كتلة أحدهما عدة أضعاف كتلة الآخر، ومن ناحية أخرى يعد تصادم كرتي بلياردو مثالاً على تصادم جسمين متساويين في الكتلة، فكيف تتحول الطاقة في هذه التصادمات؟ ادرس تصادمًا مرنًا بين كرة بلياردو كتلتها m_1 وسرعتها v_1 وكرة أخرى ساكنة كتلتها m_2.

a. إذا كانت $m_1 = m_2$، فما النسبة بين الطاقة المنقولة إلى m_2 والطاقة الابتدائية؟

إذا كانت $m_1 = m_2$، فنحن نعلم أن m_1 ستصبح ساكنة بعد التصادم، وستتحرك الكتلة m_2 بسرعة v_1، وكل الطاقة ستنتقل إلى الكتلة m_2.

b. إذا كانت $m_1 >> m_2$، فما النسبة بين الطاقة المنقولة إلى m_2 والطاقة الابتدائية؟

إذا كانت $m_1 >> m_2$، فنحن نعلم أن حركة الكتلة m_1 لن تتأثر بالتصادم، وستكون الطاقة المنتقلة إلى الكتلة m_2 قليلة.

c. يتم تبطئة النيوترونات في المفاعل النووي عن طريق تصادمها بالذرات (كتلة النيوترون تساوي تقريبًا كتلة البروتون)، فأيّ الذرات الآتية مناسبة لتحقيق الهدف: الهيدروجين، أم الكربون، أم الأرجون؟

تتمثل أفضل وسيلة لوقف النيوترون بجعله يصطدم بذرة الهيدروجين؛ التي تكون كتلتها مساوية لكتلة النيوترون تقريبًا.

93. التحليل والاستنتاج يكون كل من الزخم والطاقة الميكانيكية محفوظًا في التصادم التام المرونة. فإذا تصادمت كرتان كتلتاهما على الترتيب m_A ،m_B، وسرعتاهما v_A ،v_B تتجهان إحداهما نحو الأخرى. فاستنتج المعادلات المناسبة لحساب سرعة كل منهما بعد التصادم؟

حفظ الزخم

$$(1)\quad m_A v_{A1} + m_B v_{B1} = m_A v_{A2} + m_B v_{B2}$$

$$m_A v_{A1} - m_A v_{A2} = -m_B v_{B1} + m_B v_{B2}$$

$$(2)\quad m_A(v_{A1}-v_{A2})=-m_B(v_{B1}-v_{B2})$$

حفظ الطاقة

$$\frac{1}{2}m_A{v_{A1}}^2+\frac{1}{2}m_B{v_{B1}}^2=\frac{1}{2}m_A{v_{A2}}^2+\frac{1}{2}m_B{v_{B2}}^2$$

$$m_A{v_{A1}}^2-m_A{v_{A2}}^2=-m_B{v_{B1}}^2+m_B{v_{B2}}^2$$

$$m_A({v_{A1}}^2-{v_{A2}}^2)=-m_B({v_{B1}}^2-{v_{B2}}^2)$$

$$(3)\ m_A(v_{A1}+v_{A2})(v_{A1}-v_{A2})=-m_B(v_{B1}+v_{B2})(v_{B1}-v_{B2})$$

إذا قسمت المعادلة 3 على المعادلة 2 تحصل على:

$$(4)\quad v_{A1}+v_{A2}=v_{B1}+v_{B2}$$

حل المعادلة 1 بالنسبة إلى v_{A2} و v_{B2}

$$v_{A2}=v_{A1}+\frac{m_B}{m_A}(v_{B1}-v_{B2})$$

$$v_{B2}=v_{B1}+\frac{m_A}{m_B}(v_{A1}-v_{A2})$$

عوّض في المعادلة 4، وحلّ بالنسبة إلى v_{B2} و v_{A2}

$$v_{A1}+v_{A1}+\frac{m_B}{m_A}(v_{B1}-v_{B2})=v_{B1}+v_{B2}$$

$$2m_Av_{A1}+m_Bv_{B1}-m_Bv_{B2}=m_Av_{B1}+m_Av_{B2}$$

$$v_{B2}=\left(\frac{2m_A}{m_A+m_B}\right)v_{A1}+\left(\frac{m_B-m_A}{m_A+m_B}\right)v_{B1}$$

$$v_{A1}+v_{A2}=v_{B1}+v_{B1}+\frac{m_A}{m_B}(v_{A1}-v_{A2})$$

$$m_Bv_{A1}+m_Bv_{A2}=2m_Bv_{B1}+m_Av_{A1}-m_Av_{A2}$$

$$v_{A2}=\left(\frac{m_A-m_B}{m_A+m_B}\right)v_{A1}+\left(\frac{2m_B}{m_A+m_B}\right)v_{B1}$$

94. التحليل والاستنتاج قذفت كرة كتلتها 25 g بسرعة v_1 نحو كرة أخرى ساكنة كتلتها 125 g ومعلقة بخيط رأسي طوله 1.25 m. فإذا كان التصادم بين الكرتين تام المرونة، وتحركت الكرة المعلقة بحيث صنع خيط التعليق زاوية 37.0° مع الرأسي، حيث توقفت لحظيًّا فاحسب v_1.

أفترض أن الكرة التي قذفت هي الجسم 1، وأن الكرة المعلقة بالخيط هي الجسم 2.

يكون الزخم في أثناء التصادم محفوظًا.

$$p_{1i}=p_{1f}+p_{2f}$$

أو

$$m_1 v_{1i} = m_1 v_{1f} + m_2 v_{2f}$$

وتكون الطاقة الحركية في التصادم محفوظة.

$$\frac{1}{2} m_1 v_{1i}^2 = \frac{1}{2} m_1 v_{1f}^2 + \frac{1}{2} m_2 v_{2f}^2$$

$$m_1 v_{1i}^2 = m_1 v_{1i}^2 + m_2 v_{2f}^2$$

$$(m_1 v_{1i}^2)\left(\frac{m_1}{m_1}\right) = (m_1 v_{1f}^2)\left(\frac{m_1}{m_1}\right) + (m_2 v_{2f}^2)\left(\frac{m_2}{m_2}\right)$$

$$\frac{m_1^2 v_{1i}^2}{m_1} = \frac{m_1^2 v_{1f}^2}{m_1} + \frac{m_2^2 v_{2f}^2}{m_2}$$

$$\frac{p_{1i}^2}{m_1} = \frac{p_{1f}^2}{m_1} + \frac{p_{2f}^2}{m_2}$$

$$p_{1i}^2 = p_{1f}^2 + \left(\frac{m_1}{m_2}\right) p_{2f}^2$$

أهمل v_{1f}، لذا تخلص من p_{1f} باستخدام $p_{1f} = p_{1i} - p_{2f}$

$$p_{1i}^2 = (p_{1i} - p_{2f})^2 + \frac{m_1}{m_2} p_{2f}^2$$

$$p_{1i}^2 = p_{1i}^2 - 2p_{1i} p_{2f} + p_{2f}^2 + \frac{m_1}{m_2} p_{2f}^2$$

$$2p_{1i} p_{2f} = \left(1 + \frac{m_1}{m_2}\right) p_{2f}^2$$

$$p_{1i} = \left(\frac{1}{2}\right)\left(1 + \frac{m_1}{m_2}\right) p_{2f}$$

$$m_1 v_{1i} = \left(\frac{1}{2}\right)(m_2 + m_1) v_{2f}$$

$$v_{1i} = \left(\frac{1}{2}\right)\left(\frac{m_2}{m_1} + 1\right) v_{2f}$$

والآن ننظر في أمر البندول.

$$\frac{1}{2} m_2 v_{2f}^2 = m_2 gh$$

أو

$$v_{2f} = \sqrt{2gh}$$

ولما كانت

$$h = L(1 - \cos\theta)$$

فإن

$$v_{2f} = \sqrt{2gL(1 - \cos\theta)}$$

$$v_{2f} = \sqrt{(2)(9.80\ \text{m/s}^2)(1.25\ \text{m})(1 - \cos 37.0°)}$$

$$= 2.22\ \text{m/s}$$

$$v_{1i} = \frac{1}{2}\left(\frac{125\ \text{g}}{25\ \text{g}} + 1\right)(2.22\ \text{m/s})$$

$$= 6.7\ \text{m/s}$$

الكتابة في الفيزياء

صفحة 134

95. **الشمس مصدر طاقة** في أي شكل من أشكال الطاقة تصل إلينا الطاقة الشمسية لتجعلنا نحيا وتجعل مجتمعنا يعمل؟ ابحث في الطرائق التي تتحول بها الطاقة الشمسية إلى أشكال يمكن لنا استخدامها. وأين تذهب الطاقة الشمسية بعد أن نستخدمها؟ وضح ذلك.

تُنتج الشمس الطاقة من خلال الاندماج النووي وتُشع تلك الطاقة على شكل إشعاع كهرومغناطيسي، وينتقل الإشعاع الكهرومغناطيسي في الفضاء عبر الفراغ ليصل إلى الأرض. وتمتص الأرض تلك الأشعة الكهرومغناطيسية من خلال غلافها الجوي واليابسة والمحيطات على شكل طاقة حرارية أو حرارة. وتحول النباتات جزءًا من الأشعة المرئية إلى طاقة كيميائية من خلال عملية البناء الضوئي. وهناك العديد من التفاعلات الكيميائية الأخرى التي تحدث بواسطة أشعة الشمس، مثل إنتاج الأوزون. ثم تتحول الطاقة إلى أشكال أخرى مختلفة، يتمثل بعضها في العمليات الكيميائية التي تسمح لنا بهضم الطعام وتحويله إلى طاقة كيميائية لبناء الأنسجة والحركة والتفكير. وفي النهاية، وبعد أن نكون قد استخدمنا الطاقة، يُشَع جزء من الطاقة عائدًا إلى الفضاء.

96. تصنف جميع أشكال الطاقة إلى طاقة حركية أو طاقة وضع. فكيف تصف كلاً من الطاقة النووية، والكهربائية، والكيميائية، والبيولوجية، والشمسية والضوئية؟ ولماذا؟ ابحث في الأجسام المتحركة في كل شكل من أشكال الطاقة هذه، وكيف تختزن الطاقة في هذه الأجسام؟

تكون طاقة الوضع مختزنة على شكل طاقة ربط بين البروتونات والنيوترونات في النواة. وتتحرر الطاقة عن طريق تحويل نواة ثقيلة إلى أجزاء أصغر (الانشطار)، أو عندما الجمع بين أنوية صغيرة جدًا لإنتاج أنوية أكبر (الاندماج). وبالطريقة نفسها يتم تخزين طاقة الوضع الكيميائية عندما ترتبط الذرات معًا لتكوين جزيئات، وتتحرّر تلك الطاقة عندما تتفكّك الجزيئات أو يتم إعادة ترتيبها. ويولّد فصل الشحنات الكهربائية طاقة وضع كهربائية، كما هو الحال في البطارية. وتتحوّل طاقة الوضع الكهربائية إلى طاقة حركية في أثناء حركة الشحنات الكهربائية في التيار الكهربائي عندما يتم توفير مسار موصل، أو دائرة كهربائية. والعمليات الحيوية جميعها عمليات كيميائية، لذا فالطاقة الحيوية ما هي إلا مجرد شكل من أشكال الطاقة الكيميائية. أما الطاقة الشمسية فهي طاقة اندماج تحولت إلى إشعاع كهرومغناطيسي. (انظر الإجابة عن السؤال السابق). والضوء شكل موجه للطاقة الكهرومغناطيسية التي ترددها في مدى تحسس العين البشرية.

مراجعة تراكمية

صفحة 134

97. تنطلق رصاصة كتلتها 5.00 g بسرعة 100.0 m/s في اتجاه جسم صلب كتلته 10.0 kg مستقر على سطح مستوٍ عديم الاحتكاك. (**الفصل 2**)

a. ما مقدار التغير في زخم الرصاصة إذا استقرت داخل الجسم الصلب؟

$$m_{\text{رصاصة}} v_{1_{\text{رصاصة}}} = m_{\text{رصاصة}} v_2 - m_{\text{جسم صلب}} v_2$$

$$= (m_{\text{رصاصة}} + m_{\text{جسم صلب}}) v_2$$

لذا فإن

$$v_2 = \frac{m_{\text{رصاصة}} v_{1_{\text{رصاصة}}}}{m_{\text{رصاصة}} + m_{\text{جسم صلب}}}$$

ومن ثم فإن

$$\Delta pv = m_{\text{رصاصة}} (v_2 - v_{1_{\text{رصاصة}}})$$

$$= m_{\text{رصاصة}} \left(\frac{m_{\text{رصاصة}} v_{1_{\text{رصاصة}}}}{m_{\text{رصاصة}} + m_{\text{جسم صلب}}} - v_{1_{\text{رصاصة}}} \right)$$

$$= m_{\text{رصاصة}} v_{1_{\text{رصاصة}}} \left(\frac{m_{\text{رصاصة}}}{m_{\text{رصاصة}} + m_{\text{جسم صلب}}} - 1 \right)$$

$$= -\left(\frac{m_{\text{رصاصة}} m_{\text{جسم صلب}}}{m_{\text{رصاصة}} + m_{\text{جسم صلب}}} \right) v_{1_{\text{رصاصة}}}$$

$$= -\frac{(5.00\times10^{-3}\ \text{kg})(10.00\ \text{kg})}{5.00\times10^{-3}\ \text{kg} + 1.000\ \text{kg}} \quad (100.0\ \text{m/s})$$

$$= -0.500\ \text{kg.m/s}$$

b. ما مقدار التغير في زخم الرصاصة إذا ارتدت في الاتجاه المعاكس بسرعة 99 m/s؟

$$\Delta p_{v} = m_{\text{رصاصة}}(v_2 - v_{1\text{رصاصة}})$$
$$= (5.00\times10^{-3}\ \text{kg})(-99.0\ \text{m/s} - 100.0\ \text{m/s})$$
$$= -0.995\ \text{kg.m/s}$$

c. في أي الحالتين السابقتين سيتحرك الجسم بسرعة أكبر؟

عندما ترتد الرصاصة، يكون التغير في زخمها أكبر في المقدار، وكذلك للجسم الصلب يكون التغير في زخمه أكبر في المقدار، ومن ثم فإن الجسم سيتحرك بسرعة أكبر.

98. يجب التأثير بقوة رفع مقدارها 15 kN على الأقل لرفع سيارة. (الفصل 3)

a. ما مقدار الفائدة الميكانيكية للرافعة القادرة على تقليص القوة (المسلّطة) إلى 0.10 kN؟

$$MA = \frac{15\ \text{kN}}{0.10\ \text{kN}} = 150$$

b. إذا كانت فاعلية الرافعة 75%، فما المسافة التي يجب أن تؤثر خلالها القوة لترفع السيارة مسافة 33 cm؟

$$IMA = \frac{MA}{\text{e}} = 2.0\times10^{2}$$

ولما كانت

$$\frac{d_{\text{e}}}{d_{\text{r}}} = IMA$$

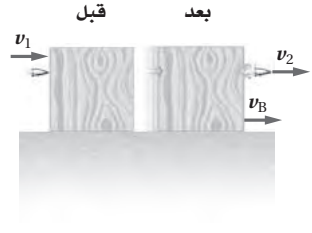
فإن

$$d_{\text{e}} = \frac{IMA}{d_{\text{r}}} = (2.0\times10^{2})(33\ \text{cm})$$
$$= 66\ \text{m}$$

مسألة تحفيز

صفحة 123

تحركت رصاصة كتلتها m بسرعة v_1 فاخترقت قطعة خشب ساكنة وخرجت منها بسرعة v_2، فإذا كانت كتلة القطعة الخشبية m_B وتحركت بعد التصادم بسرعة v_B، فما مقدار:



1. السرعة النهائية لقطعة الخشب v_B؟

باستخدام حفظ الزخم

$$mv_1 = mv_2 + m_B v_B$$

$$m_B v_B = m(v_1 - v_2)$$

$$v_B = \frac{m(v_1 - v_2)}{m_B}$$

2. الطاقة التي فقدتها للرصاصة؟

بالنسبة إلى الرصاصة وحدها

$$KE_1 = \frac{1}{2} mv_1^2$$

$$KE_2 = \frac{1}{2} mv_2^2$$

$$\Delta KE = \frac{1}{2} m(v_1^2 - v_2^2)$$

3. الطاقة التي فقدت بسبب الاحتكاك داخل القطعة الخشبية؟

$$\text{الطاقة المفقودة بسبب الاحتكاك} = E_{\text{مفقودة}} = KE_1 - KE_2 - KE_{\text{خشب}}$$

$$E_{\text{مفقودة}} = \frac{1}{2} mv_1^2 - \frac{1}{2} mv_2^2 - \frac{1}{2} m_B v_B^2$$

مسائل تدريبية

5–1 درجة الحرارة والطاقة الحرارية (صفحة 149–137)

صفحة 142

1. حوّل درجات الحرارة الآتية من مقياس كلفن إلى مقياس سلسيوس.

a. 115 K

$$T_C = T_K - 273 = 115 - 273 = -158°C$$

b. 172 K

$$T_C = T_K - 273 = 172 - 273 = -101°C$$

c. 125 K

$$T_C = T_K - 273 = 125 - 273 = -148°C$$

d. 402 K

$$T_C = T_K - 273 = 402 - 273 = 129°C$$

e. 425 K

$$T_C = T_K - 273 = 425 - 273 = 152°C$$

f. 212 K

$$T_C = T_K - 273 = 212 - 273 = -61°C$$

2. احسب درجات الحرارة بالكلفن والسلسيوس لكل ممّا يأتي:

a. درجة حرارة الغرفة

إن درجة حرارة الغرفة نحو 72° F، أو 22° C.

$$T_K = T_C + 273 = 22 + 273 = 295\ K$$

b. ثلاجة نموذجية

تبلغ درجة حرارة الثلاجة نحو 4° C.

$$T_K = T_C + 273 = 4 + 273 = 277\ K$$

c. يوم صيفي حار في مدينة الرياض

تبلغ درجة الحرارة في يوم صيفي حار في مدينة الرياض نحو 48 ° C، 118.4 °F.

$$T_K = T_C + 273 = 48 + 273 = 321\ K$$

d. إحدى ليالي الشتاء في مدينة تبوك

تبلغ درجة الحرارة في ليلة شتاء عادية في مدينة تبوك حوالي 8 ° C، أو 46 °F.

$$T_K = T_C + 273 = 8 + 273 = 281\ K$$

صفحة 145

3. عندما تفتح صنبور الماء الساخن لغسل الأواني فإن أنابيب المياه تسخن. فما مقدار كمية الحرارة التي يمتصها أنبوب ماء نحاسي كتلته 2.3 kg عندما ترتفع درجة حرارته من 20.0°C إلى 80.0°C؟

$$Q = mC\Delta T$$
$$= (2.3\ kg)(385\ J/kg.K)(80.0°C - 20.0°C)$$
$$= 5.3\times10^4\ J$$

4. يحتوي نظام التبريد لسيارة على 20.0 L من الماء علمًا بأن كتلة لتر واحد من الماء تساوي 1 kg.

a. إذا اشتغل المحرك حتى حصل على 836.0 kJ من الحرارة، فما مقدار التغير في درجة حرارة الماء؟

$$Q = mC\Delta T$$
$$\Delta T = \frac{Q}{mC} = \frac{(8.36\times10^4\ J)}{(20.0\ kg)(4180\ J/kg.K)}$$
$$= 10.0\ K$$

b. إذا كان الفصل شتاءً، ونظام التبريد في السيارة مملوءًا بالميثانول ذي الكثافة 0.80 g/cm³ فما مقدار الزيادة في درجة حرارة الميثانول إذا امتص 836.0 kJ من الحرارة؟

كتلة الميثانول تساوي 0.80 مرة من كتلة 20.0 L من الماء، أي تساوي 16 kg.

$$Q = mC\Delta T$$
$$\Delta T = \frac{Q}{mC} = \frac{(8.36\times10^5\ J)}{(16\ kg)(2450\ J/kg.K)}$$
$$= 21\ K$$

c. أيهما يُعد مبردًا أفضل، الماء أم الميثانول؟ فسر إجابتك.

الماء هو المبرد الأفضل عند درجات حرارة أعلى من 0 °C؛ لأنه يستطيع أن يمتص الحرارة دون أن تتغير درجة حرارته كثيرًا كما يحدث عند استخدام الميثانول.

تابع الفصل 5

5. تبيع شركات الكهرباء الطاقة الكهربائية بوحدة kWh، حيث إن $1\ \text{kWh} = 3.6\times10^6\ \text{J}$. افترض أن ثمن كل 1 kWh يساوي 0.15 ريال. فما تكلفة تسخين 75 kg من الماء من درجة حرارة 15°C إلى 43°C؟

$$Q = mC\Delta T$$

$$= (75\ \text{kg})(4180\ \text{J/kg.K})(43°\text{C} - 15°\text{C})$$

$$= 8.8\times10^6\ \text{J}$$

$$\frac{8.8\times10^6\ \text{J}}{3.6\times10^6\ \text{J/kWh}} = 2.4\ \text{kWh}$$

$$(2.4\ \text{kWh})(0.15\ \text{SR/kWh}) = 0.36\ \text{ريال}$$

صفحة 148

6. خلطت عينة ماء كتلتها 2.00×10^2 g ودرجة حرارتها 80.0°C مع عينة ماء أخرى كتلتها 2.00×10^2 g ودرجة حرارتها 10.0 °C. مفترضًا عدم فقدان حرارة إلى المحيط الخارجي، ما درجة الحرارة النهائية للخليط؟

$$m_A C_A(T_f - T_{Ai}) + m_B C_B(T_f - T_{Bi}) = 0$$

ولما كانت

$$m_A = m_B$$

و

$$C_A = C_B$$

فإنه يمكن إجراء اختصارات للحصول على ما يلي:

$$T_f = \frac{T_{Ai} + T_{Bi}}{2} = \frac{80.0°\text{C} + 10.0°\text{C}}{2} = 45.0°\text{C}$$

7. خلطت عينة ميثانول كتلتها 4.00×10^2 g ودرجة حرارتها 16.0°C مع عينة ماء كتلتها 4.00×10^2 g ودرجة حرارتها 85.0 °C. مفترضًا عدم فقدان حرارة إلى المحيط الخارجي، ما درجة الحرارة النهائية للخليط؟

$$m_{\text{عينة الميثانول}} C_{\text{عينة الميثانول}}(T_f - T_{\text{i,عينة الميثانول}}) + m_{\text{عينة الماء}} C_{\text{عينة الماء}}(T_f - T_{\text{i,عينة الماء}}) = 0$$

لما كانت في هذه الحالة

$$m_{\text{عينة الميثانول}} = m_{\text{عينة الماء}}$$

فإن الكتل ستلغى، لذا فإن

$$T_f = \frac{C_{\text{عينة الميثانول}} + T_{\text{i,عينة الميثانول}} + C_{\text{عينة الماء}} T_{\text{i,عينة الماء}}}{C_{\text{عينة الميثانول}} + C_{\text{عينة الماء}}}$$

$$= \frac{(2450\ \text{J/kg.K})(16.0°\text{C}) + (4180\ \text{J/kg.K})(85.0°\text{C})}{2450\ \text{J/kg.K} + 4180\ \text{J/kg.K}}$$

$$= 59.5°\text{C}$$

تابع الفصل 5

8. وضعت ثلاثة أوزان فلزية لصيد السمك في ماء كتلته 1.00×10^2 g ودرجة حرارته 35.0 °C. فإذا كانت كتلة كل قطعة فلزية 1.00×10^2 g ودرجة حرارتها 100.0 °C، وكانت درجة حرارة الخليط النهائية 45.0 °C، فما السعة الحرارية النوعية للفلز في الأوزان؟

كمية الحرارة التي اكتسبها الماء

$$\begin{aligned} Q &= mC\Delta T \\ &= (0.100\ \text{kg})(4180\ \text{J/kg.°C})(10.0\text{°C}) \\ &= 4.18\ \text{kJ} \end{aligned}$$

لذا، فإن الحرارة المفقودة من الأوزان تساوي

$$-4.18\ \text{kJ} = m_{\text{الأوزان}} C_{\text{الأوزان}} \Delta T$$

لذا، فإن

$$\begin{aligned} C_{\text{الأوزان}} &= \frac{(-4.184\ \text{kJ})(1000\ \text{J/kJ})}{(0.100\ \text{kg})(-55.0\text{° C})} \\ &= 2.53\times10^2\ \text{J/kg.°C} \end{aligned}$$

9. وضع قالب فلزي في ماء كتلته 1.00×10^2 g ودرجة حرارته 10.0 °C، فإذا كانت كتلة القالب 1.00×10^2 g ودرجة حرارته 100.0 °C، وكانت درجة الحرارة النهائية للخليط 25.0 °C. فما السعة الحرارية النوعية لمادة القالب؟

كمية الحرارة التي يكتسبها الماء

$$\begin{aligned} Q &= mC\Delta T \\ &= (0.100\ \text{kg})(4180\ \text{J/kg.°C})(15.0\text{°C}) \\ &= 6.27\ \text{kJ} \end{aligned}$$

لذا فإن الحرارة المفقودة من القالب تساوي

$$-6.27\ \text{kJ} = m_{\text{القالب}} C_{\text{القالب}} \Delta T$$

لذا فإن

$$\begin{aligned} C_{\text{القالب}} &= \frac{Q}{m_{\text{القالب}} \Delta T} \\ &= \frac{-6.27\ \text{kJ}}{(0.100\ \text{kg})(-75.0\text{°C})} \\ &= 8.36\times10^2\ \text{J/kg.°C} \end{aligned}$$

مراجعة القسم

1–5 درجة الحرارة والطاقة الحرارية (صفحة 149–137)

صفحة 149

10. درجات الحرارة حوّل درجات الحرارة الآتية لأنظمة القياس المشار إليها:

a. 5 °C إلى كلفن.

278 K

b. 34 K إلى سلسيوس.

−239°C

c. 212 °C إلى كلفن.

485 K

d. 316 K إلى سلسيوس.

43°C

11. التحويلات حوّل درجات الحرارة الآتية إلى كلفن.

a. 28 °C

301 K

b. 154 °C

427 K

c. 568 °C

841 K

d. −55 °C

218 K

e. −184 °C

89 K

12. الطاقة الحرارية هل يمكن أن تكون الطاقة الحرارية لكمية من الماء الساخن مساوية للطاقة الحرارية لكمية أخرى من الماء البارد؟ فسّر إجابتك.

الطاقة الحرارية هي مقياس للطاقة الكلية لجزيئات الجسم جميعها. أما درجة الحرارة (ساخن أو بارد) فهي مقياس لكمية الطاقة لكل جزيء. إذا كانت كميتا الماء متماثلتين وتحويان العدد نفسه من الجزيئات فإن لكمية الماء الساخن طاقة حرارية أكبر. ومع ذلك، إذا كانت كتلة الماء البارد أكبر قليلا من كتلة الماء الساخن فعندئذٍ يمكن أن تكون كمية الطاقة في كل منهما متساوية.

13. انتقال الحرارة لماذا تبقى البطاطس المشويّة ساخنة مدة أطول من أيّ طعام آخر في الطبق نفسه؟

إن للبطاطس سعة حرارية نوعية كبيرة، ولا توصل الحرارة بصورة جيدة؛ لذا فإنها تفقد حرارتها ببطء.

تابع الفصل 5

14. الحرارة يكون بلاط أرضية الحمام في الشتاء باردًا عند لمسه بالقدم على الرغم من أن باقي غرفة الحمام دافئة، فهل تكون الأرضية أبرد من سائر غرفة الحمام؟

تكون درجة حرارة الأرضية عادة بنفس درجة حرارة سائر غرفة الحمام، إلا أن البلاط يوصل الحرارة بكفاءة عالية أكثر من معظم المواد الموجودة في الحمام؛ لذا فالبلاط يوصل الحرارة من قدم الشخص؛ مما يجعله يشعر بالبرد.

15. السعة الحرارية النوعية إذا تناولت ملعقة بلاستيكية من فنجان شاي حار ووضعتها في فمك، فلن تحرق لسانك، على الرغم من أنك قد تحرق لسانك بسهولة لو وضعت الشاي الحار في فمك مباشرة. فلماذا؟

للملعقة البلاستيكية سعة حرارية نوعية أقل؛ لذا لا تنقل الكثير من الحرارة إلى لسانك عندما تبرد.

16. الحرارة يستعمل كبار الطباخين في أغلب الأحيان مقالي طبخ مصنوعة من الألومنيوم السميك، فلماذا يعد الألومنيوم السميك أفضل من الرقيق للطبخ؟

يوصل الألومنيوم السميك الحرارة بصورة أفضل، ولا يكوّن بقعًا أسخن مما حولها.

17. الحرارة والطعام لماذا يتطلب شيّ حبة البطاطس كاملة مدة أطول من قليها على شكل شرائح صغيرة؟

لا توصل البطاطس الحرارة جيدًا. كما يؤدي تقسيمها إلى أجزاء صغيرة إلى زيادة المساحة السطحية، مما يزيد من تدفق الحرارة إليها. ويعد تدفق الحرارة من الزيت الحار إلى البطاطس (كما في القلي) أكثر كفاءة من تدفق الحرارة من الهواء الساخن إلى البطاطس (كما في الشيّ).

18. التفكير الناقد قد ينتج بعض الضباب فوق سطح الماء عندما يسخن، قبل بدء الغليان مباشرة. فما الذي يحدث؟ وأين يكون الجزء الأبرد من الماء في القدر؟

تتدفّق الحرارة من الموقد (الجزء الأسخن) إلى قمة سطح الماء (الأبرد). فينقل الماءُ أولاً الحرارة من قاعدة القدر إلى قمته بالتوصيل، ثم يبدأ الحمل بتحريك الماء الساخن في تيارات نحو القمة.

مسائل تدريبية

5–2 تغيرات حالة المادة وقوانين الديناميكا الحرارية (صفحة 161–150)

صفحة 154

19. ما مقدار كمية الحرارة اللازمة لتحويل كتلة من الجليد مقدارها $1.00\times10^{2}\ \text{g}$ ودرجة حرارتها $-20.0\ ^\circ\text{C}$ إلى ماءٍ درجة حرارته $0.0\ ^\circ\text{C}$؟

$$Q = mC\Delta T + mH_f$$
$$= (0.100\ \text{kg})(2060\ \text{J/kg.°C})(20.0°\text{C}) + (0.100\ \text{kg})(3.34\times10^{5}\ \text{J/kg})$$
$$= 3.75\times10^{4}\ \text{J}$$

20. إذا سخنت عينة ماء كتلتها $2.00\times10^{2}\ \text{g}$ ودرجة حرارتها $60.0\ ^\circ\text{C}$ فأصبحت بخارًا درجة حرارته $140.0\ ^\circ\text{C}$، فما مقدار كمية الحرارة الممتصة؟

$$Q = mC_{\text{ماء}}\Delta T + mH_v + mC_{\text{بخار}}\Delta T$$
$$= (0.200\ \text{kg})(4180\ \text{J/kg.°C})(100.0°\text{C} - 60.0°\text{C}) + (0.200\ \text{kg})(2.26\times10^{6}\ \text{J/kg}) +$$
$$(0.200\ \text{kg})(2020\ \text{J/kg.°C})(140.0°\text{C} - 100.0°\text{C})$$
$$= 502\ \text{kJ}$$

تابع الفصل 5

21. احسب كمية الحرارة اللازمة لتحويل 3.00×10^2 g من جليد درجة حرارته 30.0 °C− إلى بخار ماء درجة حرارته 130.0 °C؟

$$Q = mC_{\text{الجليد}}\Delta T + mH_f + mC_{\text{الماء}}\Delta T + mH_v + mC_{\text{البخار}}\Delta T$$

$$= (0.300\text{ kg})(2060\text{ J/kg.°C})(0.0°C - (-30.0°C)) + (0.300\text{ kg})(3.34\times10^5\text{ J/kg}) + (0.300\text{ kg})(4180\text{ J/kg.°C})$$
$$(100.0°C - 0.0°C) + (0.300\text{ kg})(2.26\times10^6\text{ J/kg}) + (0.300\text{ kg})(2020\text{ J/kg.°C})(130.0°C - 100.0°C)$$
$$= 9.40\times10^2\text{ kJ}$$

صفحة 157

22. يمتص بالون غاز 75 J من الحرارة. فإذا تمدّد هذا البالون وبقي عند درجة الحرارة نفسها، فما مقدار الشغل الذي بذله البالون في أثناء تمدده؟

$$\Delta U = Q - W$$

بما أن درجة حرارة البالون لم تتغير، فإن

$$\Delta U = 0$$

لذا فإن

$$Q = W$$

وهكذا يكون البالون قد بذل شغلاً مقداره 75 J في أثناء تمدُّده.

23. يثقب مثقب كهربائي فجوة صغيرة في قالب من الألومنيوم كتلته 0.40 kg فيسخن الألومنيوم بمقدار 5.0 °C، ما مقدار الشغل الذي بذله المثقب؟

$$\Delta U = Q - W_{\text{القالب}}$$

$$W_{\text{المثقب}} = -W_{\text{القالب}}$$

وأفترض أنه لم تضف حرارة إلى المثقب

$$\Delta U = 0 + W_{\text{المثقب}}$$
$$= mC\Delta T$$
$$= (0.40\text{ kg})(897\text{ J/kg.°C})(5.0°C)$$
$$= 1.8\times10^3\text{ J}$$

24. كم مرة يتعين عليك إسقاط كيس من الرصاص كتلته 0.50 kg من ارتفاع 1.5 m؛ لتسخين الرصاص بمقدار 1.0 C°؟

$$\Delta U = mC\Delta T$$
$$= (0.50\text{ kg})(130\text{ J/kg.°C})(1.0\text{ °C})$$
$$= 65\text{ J}$$

طاقة وضع الكيس في كل مرة يتم فيها رفعه تساوي

$$PE = mgh$$
$$= (0.50\text{ kg})(9.80\text{ m/s}^2)(1.5\text{ m})$$
$$= 7.4\text{ J}$$

تابع الفصل 5

عندما يصطدم الكيس بسطح الأرض؛ تنتقل هذه الطاقة غالبًا على شكل شغل مبذول على الرصاص. وعدد مرات الإسقاط يساوي:

$$\frac{65\ \text{J}}{7.4\ \text{J}} = 9\ \text{مرة}$$

25. عندما تحرّك كوبًا من الشاي، تبذل شغلاً مقداره 0.05 J في كل مرة تحرك فيها الملعقة بصورة دائرية. كم مرة يجب أن تحرك الملعقة لترفع درجة حرارة كوب الشاي الذي كتلته 0.15 kg بمقدار 2.0 °C؟ (بإهمال زجاج الكوب)

$$\Delta U = mC\Delta T$$
$$= (0.15\ \text{kg})(4180\ \text{J/kg.°C})(2.0°\text{C})$$
$$= 1.3\times10^{3}\ \text{J}$$

عدد مرات التحريك تساوي

$$\frac{1.3\times10^{3}\ \text{J}}{0.05\ \text{J}} = 2.6\times10^{4}\ \text{مرة}$$

26. كيف يمكن استخدام القانون الأول في الديناميكا الحرارية لشرح كيفية تخفيض درجة حرارة جسم ما؟

من الممكن أن تكون ΔU سالبة؛ لأن $\Delta U = Q - W$؛ لذا يبرد الجسم إذا كانت $Q = 0$ ويبذل الجسم شغلا بفعل التمدد على سبيل المثال. أو تكون $W = 0$ و Q سالبة عن طريق نقل الجسم للحرارة إلى المحيط الخارجي. وتفي أي من هاتين الصيغتين بالغرض.

مراجعة القسم

2–5 تغيرات حالة المادة وقوانين الديناميكا الحرارية (صفحة 161–150)

صفحة 161

27. الحرارة الكامنة للتبخر يرسل النظام القديم للتدفئة بخارًا داخل الأنابيب في كل غرفة من المنزل، ويتكثف هذا البخار في داخل المشعاع ليصبح ماءً. حلّل هذه العملية، واشرح كيف تعمل على تدفئة الغرفة؟

يحرّر البخار المتكثّف الحرارة الكامنة للتبخر في داخل الغرفة، ثم يكمل دورته راجعًا إلى المرجل لامتصاص الحرارة الكامنة للتبخر مرة أخرى.

28. الحرارة الكامنة للتبخر ما مقدار كمية الحرارة اللازمة لتحويل 50.0 g من الماء عند درجة حرارة 80.0 °C إلى بخار عند درجة حرارة 110.0 °C؟

$$Q = mC_{\text{الماء}}\Delta T + mH_{\text{v}} + mC_{\text{البخار}}\Delta T$$
$$= (0.500\ \text{kg})(4180\ \text{J/kg.°C})(100.0°\text{C} - 80.0°\text{C}) + (0.500\ \text{kg})(2.26\times10^{6}\ \text{J/kg}) + (0.500\ \text{kg})(2020\ \text{J/kg.°C})$$
$$(110.0°\text{C} - 100.0°\text{C})$$
$$= 1.18\times10^{5}\ \text{J}$$

29. الحرارة الكامنة للتبخر ما مقدار الطاقة اللازمة لتسخين 1.0 kg من الزئبق عند درجة حرارة 10.0 °C إلى درجة الغليان وتبخره كاملاً؟ علمًا بأن السعة الحرارية النوعية للزئبق هي 140 J /kg.°C، والحرارة الكامنة لتبخره هي 3.06×10^{5} J /kg ، ودرجة غليان الزئبق هي 357 °C.

$$Q = mC_{\text{الزئبق}}\Delta T + mH_{\text{v}}$$
$$= (1.0\ \text{kg})(140\ \text{J/kg.°C})(357°\text{C} - 10.0°\text{C}) + (1.0\ \text{kg})(3.06\times10^{5}\ \text{J/kg})$$
$$= 3.5\times10^{5}\ \text{J}$$

تابع الفصل 5

30. الطاقة الميكانيكية والطاقة الحرارية قاس جيمس جول الفرق في درجة حرارة الماء عند قمة شلال ماء وعند قاعه بدقة. فلماذا توقع وجود فرق؟

للماء عند قمة الشلال طاقة وضع جاذبية، وتتحول بعض هذه الطاقة إلى طاقة حرارية عندما يصطدم الماء بالأرض عند قاع الشلال. ويجب أن يكون الماء أكثر سخونة عند قاع الشلال، ولكن ليس إلى درجة كبيرة.

31. الطاقة الميكانيكية والطاقة الحرارية يستخدم رجل مطرقة كتلتها 320 kg تتحرك بسرعة 5.0 m /s لتحطيم قالب رصاص كتلته 3.0 kg موضوع على صخرة كتلتها 450 kg. وعندما قاس درجة حرارة القالب وجد أنها زادت 5.0 °C. فسّر ذلك.

يمتص قالب الرصاص جزءًا من طاقة المطرقة الحركية. مقدار طاقة المطرقة يساوي

$$\frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}(320\ \text{kg})(5.0\ \text{m/s})^2 = 4.0\ \text{kJ}$$

التغير في الطاقة الحرارية للقالب يساوي

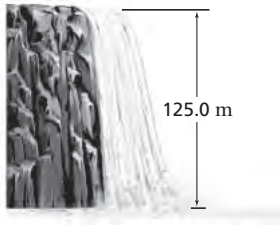
$$\Delta U = mC\Delta T$$

$$= (3.0\ \text{kg})(130\ \text{J/kg.K})(5.0°\text{C})$$

$$= 2.0\ \text{kJ}$$

أي أن نصف طاقة المطرقة انتقلت إلى قالب الرصاص.

32. الطاقة الميكانيكية والطاقة الحرارية تتدفق مياه شلال يرتفع 125.0 m كما في **الشكل 17–5**. احسب الفرق في درجة حرارة الماء بين قمة الشلال وقاعه إذا تحولت كل طاقة وضع الماء إلى طاقة حرارية.



■ الشكل 17–5

$$PE_{\text{الجاذبية}} = Q_{\text{المتصة بواسطة الماء}}$$

$$mgh = mC\Delta T$$

$$\Delta T = \frac{gh}{C}$$

$$= \frac{(9.80\ \text{m/s}^2)(125.0\ \text{m})}{4180\ \text{J/kg.}\ °\text{C}}$$

$$= 0.293°\text{C}$$ **مقدار الارتفاع في درجة الحرارة عند قاع الشلال**

تابع الفصل 5

33. الإنتروبي لماذا ينتج عن تدفئة المنزل عن طريق الغاز الطبيعي زيادة في كمية الفوضى أو العشوائية؟

يحرر الغاز حرارة Q عند درجة حرارة الاحتراق T. حيث تتحطم الروابط بين جزيئات الغاز، وتتحد بالأكسجين. وتتوزع الحرارة بطرائق جديدة عديدة، ولا تعيد جزيئات الغاز الطبيعي تجمُّعها بسهولة وسرعة.

34. التفكير الناقد إذا كان لديك أربع مجموعات من بطاقات فهرسة، لكل مجموعة لون محدّد. تحتوي كل مجموعة 20 ورقة مرقمة. فإذا خلطت بطاقات هذه المجموعات معًا عدة مرات فهل يحتمل أن تعود البطاقات إلى ترتيبها الأصلي؟ وضح ذلك. وما القانون الفيزيائي الذي ينطبق عليه هذا المثال؟

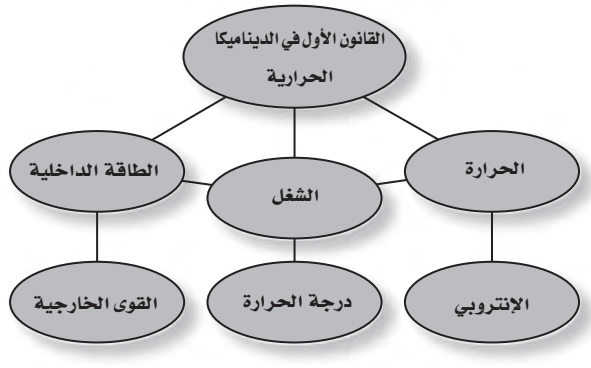
لا يحتمل أن تعود البطاقات إلى ترتيبها الأصلي. هذا مثال على القانون الثاني في الديناميكا الحرارية والذي تزيد فيه الفوضى.

تقويم الفصل

خريطة المفاهيم

صفحة 166

35. أكمل خريطة المفاهيم أدناه باستخدام المصطلحات الآتية: الحرارة، الشغل، الطاقة الداخلية.



إتقان المفاهيم

صفحة 166

36. وضح الاختلافات بين الطاقة الميكانيكية لكرةٍ ما، وطاقتها الحرارية، ودرجة حرارتها. (1–5)

إن الطاقة الميكانيكية هي مجموع طاقتي الوضع والحركة للكرة على اعتبار أنها كتلة واحدة. والطاقة الحرارية هي مجموع طاقتي الوضع والحركة للجسيمات المفردة المكونة لكتلة الكرة. أما درجة الحرارة فهي قياس للطاقة الداخلية للكرة.

37. هل يمكن وجود درجة حرارة للفراغ؟ وضح ذلك. (1–5)

لا؛ لأنه لا يوجد في الفراغ جسيمات ليكون لها طاقة.

38. هل جميع الجزيئات أو الذرات في السائل لها السرعة نفسها؟ (1–5)

لا، يوجد توزيع لسرعات الذرات أو الجزيئات.

39. هل يُعد جسم الإنسان مقياسًا جيدًا لدرجة الحرارة؟ تشعر في يوم شتاء بارد، أن مقبض الباب المعدني أبرد من المقبض الخشبي. فسر ذلك. (1–5)

يقيس الجلد تدفق الحرارة منه أو إليه، ويمتص مقبض الباب الفلزي الحرارة من الجلد أسرع من الباب الخشبي؛ لذا يبدو أبرد.

40. عند تدفق الحرارة من جسم ساخن ملامس لجسم بارد، هل يحدث للجسمين التغير نفسه في درجات الحرارة؟ (1–5)

تتغير درجتا حرارة الجسمين اعتمادًا على كتلتيهما وعلى السعة الحرارية النوعية لهما. وليس بالضرورة أن يكون تغير درجة الحرارة هو نفسه لكل منهما.

41. هل تستطيع إضافة طاقة حرارية إلى جسم دون زيادة درجة حرارته؟ فسر ذلك. (2–5)

عندما تصهر مادة صلبة أو عندما تغلي سائلاً فإنك تضيف طاقة حرارية دون إحداث تغيير في درجة الحرارة.

42. عندما يتجمد الشمع، هل يمتص طاقة أم يبعث طاقة؟ (2–5)

عندما يتجمد الشمع تنبعث منه طاقة.

43. فسر لماذا يبقى الماء في القربة المحاطة بقماش رطب باردًا أكثر من حالة عدم وجود القماش؟ (2–5)

عندما يتبخر الماء الذي في القماش في الهواء الجاف فإنه يمتص كمية طاقة تتناسب مع الحرارة الكامنة لتبخره؛ لذا تبرد القربة. ويحدث هذا إذا كان الهواء جافًا فقط، أما إذا كان الهواء رطبًا فلن يتبخر الماء.

44. أي العمليات تحدث في ملفات مكيف الهواء الموجودة داخل المنزل: التبخر أم التكثف؟ وضح ذلك. (2–5)

يتبخر غاز التبريد داخل الملفات الموجودة داخل المنزل، ليمتص الطاقة من الغرف.

تابع الفصل 5

تطبيق المفاهيم
صفحة 166

45. الطبخ تطهو امرأة اللحم في قدر ماء يغلي. فهل ينضج اللحم أسرع عند غلي الماء بشدة أو غليه بهدوء (على نار هادئة)؟
ينبغي ألا يكون هناك اختلاف؛ فالماء في كلتا الحالتين له درجة الحرارة نفسها.

46. أي السائلين يبرِّده مكعب من الثلج أسرع: الماء أم الميثانول؟ وضح ذلك.
الميثانول؛ لأن له سعة حرارية نوعية أقل. يتولد ΔT أكبر لكتلة معينة وانتقال حرارة معينة، حيث إن:

$$Q = mC\Delta T$$

47. سُخنت كتلتان متساويتان من الألومنيوم والرصاص بحيث أصبحتا عند درجة الحرارة نفسها، ثم وضعت القطعتان على لوحين متماثلين من الجليد. أيهما يصهر جليدًا أكثر؟ وضح ذلك.
يصهر الألومنيوم جليدًا أكثر؛ لأن سعته الحرارية النوعية أكبر من السعة الحرارية النوعية للرصاص.

48. لماذا يشعر الشخص ببرودة السوائل السريعة التبخر على الجلد، ومنها الأسيتون والميثانول؟
لأنهما يمتصان الحرارة الكامنة لتبخر كل منهما من الجلد عند تبخرهما.

49. أُسقط قالبان من الرصاص لهما درجة الحرارة نفسها في كأسين متماثلتين من الماء متساويتين في درجة الحرارة. فإذا كانت كتلة القالب A ضعف كتلة القالب B، فهل يكون لكأسي الماء درجات الحرارة نفسها بعد الوصول إلى حالة الاتزان الحراري؟ وضح ذلك.
ستكون الكأس ذات القالب A أسخن، لأن القالب A يحتوي طاقة حرارية أكثر.

إتقان حل المسائل
صفحة 168–166

1–5 درجة الحرارة والطاقة الحرارية
صفحة 167–166

50. ما مقدار كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة 50.0 g من الماء من درجة حرارة 4.5 °C إلى درجة حرارة 83.0 °C؟

$$Q = mC\Delta T$$
$$= (0.0500\ \text{kg})(4180\ \text{J/kg.°C})(83.0°\text{C} - 4.5°\text{C})$$
$$= 1.64\times10^{4}\ \text{J}$$

51. يمتص قالب من المعدن كتلته 5.0×10^{2} g كمية من الحرارة مقدارها 5016 J عندما تتغير درجة حرارته من 20.0 °C إلى 30.0 °C. احسب السعة الحرارية النوعية للمعدن.

$$Q = mC\Delta T$$

لذا فإن

$$C = \frac{Q}{m\Delta T}$$
$$= \frac{5016\ \text{J}}{(5.0\times10^{-1}\ \text{kg})(30.0°\text{C} - 20.0°\text{C})}$$
$$= 1.0\times10^{3}\ \text{J/kg.°C}$$
$$= 1.0\times10^{3}\ \text{J/kg.K}$$

تابع الفصل 5

52. وضعت كتلة من التنجستن مقدارها 1.00×10^2 g ودرجة حرارتها 100.0 °C في 2.00×10^2 g من الماء عند درجة 20.0 °C. فوصل الخليط إلى الاتزان الحراري عند درجة 21.6 °C. احسب السعة الحرارية النوعية للتنجستن.

$$\Delta Q_{\text{التنجستن}} + \Delta Q_{\text{ماء}} = 0$$

أو

$$m_{\text{التنجستن}} C_{\text{التنجستن}} \Delta T_{\text{التنجستن}} = -m_{\text{ماء}} C_{\text{ماء}} \Delta T_{\text{ماء}}$$

$$C_{\text{التنجستن}} = \frac{-m_{\text{ماء}} C_{\text{ماء}} \Delta T_{\text{ماء}}}{m_{\text{التنجستن}} \Delta T_{\text{التنجستن}}} = \frac{-(0.200\ \text{kg})(4180\ \text{J/kg.K})(21.6°\text{C} - 20.0°\text{C})}{(0.100\ \text{kg})(21.6°\text{C} - 100.00°\text{C})}$$

$$= 171\ \text{J/kg.K}$$

53. خُلطت عينة كتلتها 6.0×10^2 g من الماء عند درجة 90.0 °C بعينة ماء كتلتها 4.0×10^2 g عند 22.0 °C. فإذا افترضت عدم فقدان أي حرارة للمحيط، فما درجة الحرارة النهائية للخليط؟

$$T_f = \frac{m_A C_A \Delta T_{Ai} + m_B C_B \Delta T_{Bi}}{m_A C_A + m_B C_B}$$

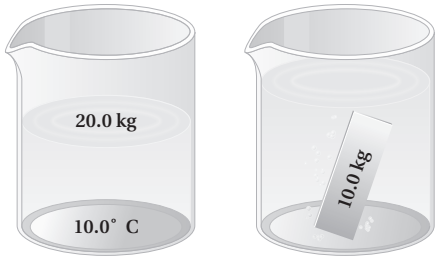
ولكن: $C_A = C_B$، وذلك لأن كلا السائلين عبارة عن ماء، لذا ستختصر C.

$$T_f = \frac{m_A T_{Ai} + m_B T_{Bi}}{m_A + m_B} =$$

$$= \frac{(6.0\times10^2\ \text{g})(90.0°\text{C}) + (4.00\times10^2\ \text{g})(22.0°\text{C})}{6.0\times10^2\ \text{g} + 4.00\times10^2\ \text{g}}$$

$$= 63°\text{C}$$

54. وضعت قطعة خارصين في وعاء ماء كما في **الشكل 18–5**. فإذا كانت كتلة القطعة 10.0 kg، ودرجة حرارتها 71.0 °C، وكتلة الماء 20.0 kg، ودرجة حرارته قبل إضافة القطعة 10.0 °C، فما درجة الحرارة النهائية للماء والخارصين؟



■ **الشكل 18–5**

$$T_f = \frac{m_A C_A \Delta T_{Ai} + m_B C_B \Delta T_{Bi}}{m_A C_A + m_B C_B}$$

$$= \frac{(10.0\ \text{kg})(388\ \text{J/kg.K})(71.0°\text{C}) + (20.0\ \text{kg})(4180\ \text{J/kg.K})(10.0°\text{C})}{(10.0\ \text{kg})(388\ \text{J/kg.K}) + (20.0\ \text{kg})(4180\ \text{J/kg.K})}$$

$$= 12.7°\text{C}$$

تابع الفصل 5

55. إن الطاقة الحركية لسيارة صغيرة تتحرك بسرعة 100 km/h هي 2.9×10^5 J. لتكوّن انطباعًا جيدًا عن مفهوم الطاقة، احسب حجم الماء (باللتر) الذي ترتفع حرارته من درجة حرارة الغرفة (20.0 °C) إلى درجة الغليان (100.0 °C) إذا اكتسب طاقة مقدارها 2.9×10^5 J.

$$Q = mC\Delta T = \rho VC\Delta T$$

حيث تمثل ρ كثافة المادة

لذا فإن:

$$V = \frac{Q}{\rho C\Delta T} = \frac{2.9\times10^5\ \text{J}}{(1.00\ \text{kg/L})(4180\ \text{J/kg.°C})(100.0°\text{C} - 20.0°\text{C})}$$

$$= 0.87\ \text{L}$$

56. سخان الماء يستخدم سخان ماء قدرته 3.0×10^2 W لتسخين قدح ماء كما في **الشكل 19–5**. ما مقدار الزمن اللازم لجعل الماء يغلي، إذا كان القدح مصنوعًا من الزجاج وكتلته 3.00×10^2 g ويحتوي 250 g من الماء عند 15 °C؟ افترض أن درجة حرارة القدح مساوية لدرجة حرارة الماء، وأنه لن يفقد الحرارة إلى الهواء.

■ **الشكل 19–5**

$$Q = m_{\text{الزجاج}}\, C_{\text{الزجاج}}\, \Delta T_{\text{الزجاج}} + m_{\text{الماء}}\, C_{\text{الماء}}\, \Delta T_{\text{الماء}}$$

ولكن

$$\Delta T_{\text{الزجاج}} = \Delta T_{\text{الماء}}$$

لذا فإن

$$Q = (m_{\text{الزجاج}}\, C_{\text{الزجاج}} + m_{\text{الماء}}\, C_{\text{الماء}})\, \Delta T$$

$$= ((0.300\ \text{kg})\ (840\ \text{J/kg.°C}) + (0.250\ \text{kg})(4180\ \text{J/kg.°C}))(100.0\ °\text{C} - 15\ °\text{C})$$

$$= 1.1\times10^5\ \text{J}$$

والآن

$$P = \frac{E}{t} = \frac{Q}{t}$$

$$t = \frac{Q}{P} = \frac{1.1\times10^5\ \text{J}}{3.0\times10^2\ \text{J/s}}$$

$$= 370\ \text{s} = 6.1\ \text{min}$$

تابع الفصل 5

57. محرك السيارة يحتوي محرك سيارة حديد كتلته 2.50×10^2 kg كما يحتوي على ماء للتبريد. افترض أن درجة حرارة المحرك لحظة توقفه عن العمل 35.0 °C، ودرجة حرارة الهواء 10.0 °C. فما مقدار كتلة الماء المستخدمة لتبريد المحرك، إذا كانت كمية الحرارة الناتجة عن المحرك والماء داخله عندما يبردان ليصلا إلى درجة حرارة الهواء هي 4.40×10^6 J؟

$$Q = m_{\text{ماء}}\, C_{\text{ماء}}\, \Delta T + m_{\text{الحديد}}\, C_{\text{الحديد}}\, \Delta T$$

$$m_{\text{ماء}} = \frac{Q - m_{\text{الحديد}}\, C_{\text{الحديد}}\, \Delta T}{C_{\text{ماء}}\, \Delta T} = \frac{(4.40\times10^6\ \text{J}) - ((2.50\times10^2\ \text{kg})(450\ \text{J/kg.°C})(35.0°\text{C} - 10.0°\text{C}))}{(4180\ \text{J/kg.°C})(35.0°\text{C} - 10.0°\text{C})}$$

$$= 15\ \text{kg}$$

5–2 تغيرات حالة المادة وقوانين الديناميكا الحرارية

صفحة 168–167

58. كانت إحدى طرائق التبريد قديمًا تقتضي استخدام قالب من الجليد كتلته 20.0 kg يوميًّا في صندوق الجليد المنزلي. وكانت درجة حرارة الجليد 0.0 °C عند استلامه. فما مقدار كمية الحرارة التي يمتصها القالب في أثناء انصهاره؟

$$Q = mH_{\text{f}} = (20.0\ \text{kg})(3.34\times10^5\ \text{J/kg}) = 6.68\times10^6\ \text{J}$$

59. كُثفت عينة من الكلوروفورم كتلتها 40.0 g من بخار عند درجة 61.6 °C إلى سائل عند درجة 61.6 °C، فانبعثت كمية من الحرارة مقدارها 9870 J. ما الحرارة الكامنة لتبخر الكلوروفورم؟

$$Q = mH_{\text{v}}$$

$$H_{\text{v}} = \frac{Q}{m} = \frac{9870\ \text{J}}{0.0400\ \text{kg}} = 2.47\times10^5\ \text{J/kg}$$

60. تحركت سيارة كتلتها 750 kg بسرعة 23 m/s ثم توقفت بالضغط على المكابح. فإذا احتوت المكابح على 15 kg من الحديد الذي يمتص الحرارة. فما مقدار الزيادة في درجة حرارة المكابح؟

تحولت الطاقة الحركية للسيارة خلال توقفها إلى طاقة حرارية، لذا فإن:

$$\Delta KE_{\text{C}} + Q_{\text{B}} = 0.0$$

حيث ترمز C إلى السيارة، و B إلى المكابح

$$\Delta KE_{\text{C}} + m_{\text{B}}C_{\text{B}}\Delta T = 0.0$$

لذا فإن:

$$\Delta T = \frac{-\Delta \text{KE}_{\text{C}}}{m_{\text{B}}C_{\text{B}}} = \frac{-\frac{1}{2}\, m_{\text{C}}(v_{\text{f}}^2 - v_{\text{i}}^2)}{m_{\text{B}}\, C_{\text{B}}}$$

$$= \frac{-\frac{1}{2}(750\ \text{kg})(0.0^2 - (23\ \text{m/s})^2)}{(15\ \text{kg})(450\ \text{J/kg.°C})}$$

$$= 29°\text{C}$$

تابع الفصل 5

61. ما مقدار كمية الحرارة المضافة إلى كتلة 10.0 g من الجليد عند درجة 20.0 °C− لتحويلها إلى بخار ماء عند درجة 120.0 °C؟

كمية الحرارة التي تتطلبها كتلة الجليد لتصبح درجة حرارتها 0.0°C تساوي

$$Q = mC\Delta T$$

$$= (0.0100\ \text{kg})(2060\ \text{J/kg.°C})(0.0°\text{C} - (-20.0°\text{C}))$$

$$= 412\ \text{J}$$

كمية الحرارة التي يتطلبها صهر الجليد تساوي

$$Q = mH_f$$

$$= (0.0100\ \text{kg})(3.34\times10^5\ \text{J/kg})$$

$$= 3.34\times10^3\ \text{J}$$

كمية الحرارة التي يتطلبها تسخين الماء إلى درجة 100.0°C تساوي

$$Q = mC\Delta T$$

$$= (0.0100\ \text{kg})(4180\ \text{J/kg.°C})(100.0°\text{C} - 0.0°\text{C})$$

$$= 4.18\times10^3\ \text{J}$$

كمية الحرارة التي يتطلبها غلي الماء تساوي

$$Q = mH_v$$

$$= (0.0100\ \text{kg})(2.26\times10^6\ \text{J/kg})$$

$$= 2.26\times10^4\ \text{J}$$

كمية الحرارة التي يتطلبها تسخين البخار إلى درجة 120.0°C تساوي

$$Q = mC\Delta T$$

$$= (0.0100\ \text{kg})(2060\ \text{J/kg.°C})(120.0°\text{C} - 100.0°\text{C})$$

$$= 404\ \text{J}$$

كمية الحرارة الكلية تساوي

$$412\ \text{J} + 3.34\times10^3\ \text{J} + 4.18\times10^3\ \text{J} + 2.26\times10^4\ \text{J} + 404\ \text{J} = 3.09\times10^4\ \text{J}$$

62. تتحرك قذيفة من الرصاص كتلتها 4.2 g بسرعة 275 m/s فتصطدم بصفيحة فولاذية وتتوقف، فإذا تحولت طاقتها الحركية كلها إلى طاقة حرارية دون فقدان أي شيء منها، فما مقدار التغير في درجة حرارتها؟ افترض أن الحرارة كلها بقيت في الرصاصة وأن مادتها هي الرصاص.

بما أن الطاقة الحركية قد تحولت إلى طاقة حرارية فإن $\Delta KE + Q = 0$، لذا فإن

$$\Delta KE = -m_{\text{القذيفة}}\, C_{\text{القذيفة}} \Delta T$$

و

$$\Delta T = \frac{-\Delta KE}{m_{\text{القذيفة}}\, C_{\text{القذيفة}}} = \frac{-\frac{1}{2} m_{\text{القذيفة}} (v_f^2 - v_i^2)}{m_{\text{القذيفة}}\, C_{\text{القذيفة}}}$$

ومن ثم تختصر كتلة القذيفة فنحصل على:

$$\Delta T = \frac{-\frac{1}{2}(v_f^2 - v_i^2)}{C_{\text{القذيفة}}}$$

$$= \frac{-\frac{1}{2}((0.0\ \text{m/s})^2 - (275\ \text{m/s})^2)}{130\ \text{J/kg.°C}}$$

$$= 290°\text{C}$$

63. ينتج كل 100 ml من مشروب خفيف طاقة مقدارها 1.7 kJ، فإذا كانت العلبة منه تحتوي على 375 ml، وشربت فتاة العلبة وأرادت أن تفقد مقدار ما شربته من الطاقة من خلال صعود درجات سلم، فما مقدار الارتفاع الذي ينبغي أن تصعد إليه الفتاة إذا كانت كتلتها 65.0 kg؟

اكتسبت الفتاة من المشروب الخفيف طاقة مقدارها

$$(3.75)(1.7\ \text{kJ}) = 6.4\times10^3\ \text{J}$$

ومن مبدأ حفظ الطاقة فإن

$$E + \Delta PE = 0$$

أو

$$6.4\times10^3\ \text{J} = -mg\Delta h$$

لذا فإن

$$\Delta h = \frac{6.4\times10^3\ \text{J}}{-mg} = \frac{6.4\times10^3\ \text{J}}{-(65.0\ \text{kg})(-9.80\ \text{m/s}^2)}$$

$$= 1.0\times10^1\ \text{m}$$

مراجعة عامة

صفحة 168

64. ما كفاءة المحرك الذي ينتج 2200 J/s عندما يحرق من البنزين ما يكفي لإنتاج 5300 J/s؟ وما مقدار كمية الحرارة الضائعة التي ينتجها المحرك كل ثانية؟

$$\text{الكفاءة} = \frac{W}{Q_H} \times 100$$

$$= \frac{2200\ \text{J}}{5300\ \text{J}} \times 100$$

$$= 42\%$$

الحرارة الضائعة تساوي

$$5300\ \text{J} - 2200\ \text{J} = 3100\ \text{J}$$

65. مكبس أختام تبذل آلة أختام معدنية في مصنع 2100 J من الشغل في كلّ مرة تختم فيها قطعة معدنية. ثم تغمس كل قطعة مختومة في حوض يحتوي 32.0 kg من الماء للتبريد. فما مقدار الزيادة في درجات حرارة الحوض في كل مرة تغمس فيها قطعة معدنية مختومة؟

لو افترضنا أن القطعة المعدنية المختومة قد امتصت من الآلة مقدارًا من الشغل يساوي 2100 J على شكل طاقة حرارية، فإن الحوض يجب أن يمتص 2100 J على شكل حرارة من كل قطعة. لم يُبذل أيّ شغل على الماء، ويحدث انتقال حرارة فقط. ويحسب التغير في درجة حرارة الماء بالمعادلة التالية:

$$\Delta U = mC\Delta T$$

لذا فإن

$$\Delta T = \frac{\Delta U}{mC}$$

$$= \frac{2100\ \text{J}}{(32.0\ \text{kg})(4180\ \text{J/kg.°C})}$$

$$= 0.016°\text{C}$$

66. تحركت سيارة كتلتها 1500 kg بسرعة 25 m/s، ثم توقفت تمامًا عن الحركة بعد ضغط سائقها على المكابح. ما مقدار التغير في درجة حرارة المكابح إذا أودعت كامل طاقة السيارة في المكابح المصنوعة من الألومنيوم والتي كتلتها 45 kg؟

التغير في طاقة السيارة يساوي

$$\Delta KE = \frac{1}{2}(1500\ \text{kg})(25\ \text{m/s})^2 = 4.7\times10^5\ \text{J}$$

إذا تحولت هذه الطاقة جميعها إلى شغل في المكابح فإن

$$\Delta U = \Delta KE = mC\Delta T$$

لذا فإن

$$\Delta T = \frac{\Delta KE}{mC}$$

$$= \frac{4.7\times10^5\ \text{J}}{(45\ \text{kg})(897\ \text{J/kg.°C})}$$

$$= 12°\text{C}$$

67. الشاي المثلج لتصنع الشاي المثلج تمزجه بالماء الساخن، ثم تضيف إليه الجليد. فإذا بدأت بمقدار 1.0 L من الشاي عند درجة 90 °C، فما أقل كمية من الجليد يتطلبها تبريده إلى درجة 0 °C؟ وهل من الأفضل ترك الشاي يبرد إلى درجة حرارة الغرفة قبل إضافة الجليد إليه؟

الحرارة التي يفقدها الشاي

$$Q = mC\Delta T$$

$$= (1.0\ \text{kg})(4180\ \text{J/kg.K})(90°\text{C})$$

$$= 376\ \text{kJ}$$

كمية الجليد المنصهر

$$m = \frac{Q}{H_f}$$

$$= \frac{376\ \text{kJ}}{334\ \text{kJ}} = 1.1\ \text{kg}$$

لذا تحتاج إلى جليد أكثر قليلاً من الشاي، ولكن هذه النسبة ستقلل من تركيز الشاي، لذا دع الشاي يبرد إلى درجة حرارة الغرفة قبل إضافة الجليد.

تابع الفصل 5

68. وضع قالب من النحاس عند 100.0 °C ملامسًا قالبًا من الألومنيوم عند 20.0°C، كما في **الشكل 20–5**. ما الكتل النسبية للقالبين إذا كانت درجة الحرارة النهائية لهما 60.0 °C؟

■ **الشكل 20– 5**

الحرارة التي يفقدها النحاس تساوي الحرارة التي يكتسبها الألومنيوم. ومقدار التغير في درجة حرارة النحاس تساوي 40.0°C–، في حين أن مقدار التغير في درجة حرارة الألومنيوم تساوي 40.0°C+ ؛ لذا فإن

$$m_{\text{النحاس}} C_{\text{النحاس}} = m_{\text{الألومنيوم}} C_{\text{الألومنيوم}}$$

$$\frac{m_{\text{النحاس}}}{m_{\text{الألومنيوم}}} = \frac{C_{\text{الألومنيوم}}}{C_{\text{النحاس}}}$$

$$= \frac{897\ \text{J/kg.K}}{385\ \text{J/kg.K}} = 2.3$$

لقالب النحاس كتلة أكبر 2.3 مرة من كتلة قالب الألومنيوم.

69. ينزلق قالب من النحاس كتلته 0.53 kg على سطح الأرض، ويصطدم بقالب مماثل يتحرك في الاتجاه المعاكس بمقدار السرعة نفسه. فإذا توقف القالبان بعد الاصطدام، وازدادت درجة حرارتهما بمقدار 0.20 °C نتيجة التصادم، فما مقدار سرعتيهما قبل الاصطدام؟

التغير في الطاقة الحرارية للقالبين تساوي

$$\Delta U = mC\Delta T$$

$$= (1.06\ \text{kg})(385\ \text{J/kg.°C})(0.20°\text{C})$$

$$= 82\ \text{J}$$

لذا فإن 82 J تساوي الطاقة الحركية للقالبين قبل التصادم.

$$82\ \text{J} = (2)\left(\frac{1}{2}\right)mv^2$$

$$v = \sqrt{\frac{82\ \text{J}}{0.53\ \text{kg}}}$$

$$= 12\ \text{m/s}$$

تابع الفصل 5

70. ينزلق قالب من الجليد كتلته 2.2 kg على سطح خشن. فإذا كانت سرعته الابتدائية 2.5 m/s وسرعته النهائية 0.5 m/s، فما مقدار ما ينصهر من قالب الجليد نتيجة للشغل المبذول بفعل الاحتكاك؟

الشغل المبذول بفعل الاحتكاك يساوي سالب التغير في الطاقة الحركية للقالب، وذلك مع افتراض عدم انصهار كمية كبيرة من القالب.

$$\Delta KE = \frac{1}{2}(2.2\text{ kg})(0.50\text{ m/s})^2 - \frac{1}{2}(2.2\text{ kg})(2.5\text{ m/s})^2 = -6.6\text{ J}$$

لذا فإن 6.6 J+ قد أضيفت إلى الجليد. وتحسب كمية الجليد المنصهر بالعلاقة التالية:

$$m = \frac{KE}{H_f}$$

$$= \frac{6.6\text{ J}}{3.34\times10^5\text{ J/kg}}$$

$$= 2.0\times10^{-5}\text{ kg}$$

التفكير الناقد

صفحة 169

71. حلّل ثم استنتج ينتزع محرك حراري معين 50.0 J من الطاقة الحرارية من مستودع حار عند درجة حرارة $T_H = 545\text{ K}$، ويبعث 40.0 J من الحرارة إلى مستودع بارد عند درجة حرارة $T_L = 325\text{ K}$. كما يعمل على نقل الإنتروبي من مستودع إلى آخر أيضًا خلال العملية.

a. كيف يعمل المحرك على تغيير الإنتروبي الكلي للمستودعين؟

ينتزع المحرك في أثناء عمله الطاقة من المستودع الحار، لذا فإن

$$\Delta S_H = \frac{Q_H}{T_H}$$

ومن ثم فإن الإنتروبي للمستودع الحار يقل.

أما الإنتروبي للمستودع البارد $\Delta S_L = \frac{Q_L}{T_L}$ **فيزداد.**

$$\Delta S_L = \frac{Q_L}{T_L}$$

ومحصلة الزيادة في الإنتروبي للمستودعين معًا تساوي

$$\Delta S_T = \Delta S_L - \Delta S_H$$

$$= \frac{Q_L}{T_L} - \frac{Q_H}{T_H}$$

$$\Delta S_T = \frac{40.0\text{ J}}{325\text{ K}} - \frac{50.0\text{ J}}{545\text{ K}}$$

$$= 0.0313\text{ J/K}$$

b. ماذا سيكون تغير الإنتروبي الكلي في المستودعين إذا كانت $T_L = 205\text{ K}$؟

$$\Delta S_T = \frac{40.0\text{ J}}{205\text{ K}} - \frac{50.0\text{ J}}{545\text{ K}} = 0.103\text{ J/K}$$

ازداد التغير الكلي في الإنتروبي في المستودعين وفي الكون بمعامل يساوي 3 تقريبًا.

تابع الفصل 5

72. حلّل ثم استنتج تزداد عمليات الأيض للاعبي كرة القدم خلال اللعبة بمقدار 30.0 W. ما مقدار العرق الذي يجب أن يتبخر من اللاعب كل ساعة ليبدد هذه الطاقة الحرارية الإضافية؟

كمية الطاقة الحرارية التي تبدّدت خلال 1.00 h تساوي

$$U = (30.0\ \text{J/s})(1\text{h})(3600\ \text{s/h}) = 1.08\times10^{5}\ \text{J}$$

كمية الماء (العرق) التي يجب أن تتبخّر تساوي

$$m = \frac{Q}{H_v}$$

$$= \frac{1.08\times10^{5}\ \text{J}}{2.26\times10^{6}\ \text{J/kg}}$$

$$= 0.0478\ \text{kg}$$

73. حلّل ثم استنتج يستخدم الكيميائيون المسعر لقياس كمية الحرارة الناتجة عن التفاعلات الكيميائية. فعلى سبيل المثال، يذيب كيميائي 1.0×10^{22} جزيئًا من مسحوق مادة في مسعر يحتوي 0.5 kg من الماء، فتتحطم الجزيئات وتتحرّر طاقة ربطها ليمتصها الماء، فتزداد درجة حرارة الماء إلى 2.3 °C. ما مقدار طاقة الربط لكل جزيء في هذه المادة؟

كمية الطاقة المضافة إلى الماء تساوي

$$\Delta U = mC\Delta T$$

$$= (0.50\ \text{kg})(4180\ \text{J/kg.°C})(2.3°\text{C})$$

$$= 4.8\ \text{kJ}$$

مقدار الطاقة لكل جزيء يساوي

$$\frac{4.8\ \text{kJ}}{10^{22}\ \text{جزيء}} = 4.8\times10^{-19}\ \text{J/جزيء}$$

74. تطبيق المفاهيم تعد الشمس مصدر جميع أشكال الطاقة على الأرض. حيث تكون درجة حرارة سطح الشمس 10^{4} K تقريبًا. ماذا يحدث للعالم لو كانت درجة حرارة سطح الشمس 10^{3} K؟

ستتنوع الإجابات، ولكن ينبغي أن تدور حول تغير متوسط درجات الحرارة على الأرض، وأنماط الطقس المختلفة، وأصناف النباتات وأنواع الحيوانات المنقرضة... إلخ.

تابع الفصل 5

الكتابة في الفيزياء

صفحة 169

75. لقد تأثر فهمنا للعلاقة بين الحرارة والطاقة بأعمال بنجامين ثومسون، وكونت رمفورد، وجيمس جول. حيث اعتمدوا على النتائج التجريبية لتطوير أفكارهم. تحقق من التجارب التي قاموا بها، وقدِّر هل من الإنصاف تسمية وحدة الطاقة بالجول بدلاً من ثومسون.

كان الاعتقاد في عام 1799 م أن الحرارة سائل يتدفق من جسم إلى آخر. واعتقد كونت رمفورد أن الحرارة تحدث بسبب حركة الجزيئات في الفلز. ولم تلاقِ أفكاره قبولا واسعًا، إذ لم يجر أي قياسات كمية. في حين أجرى جول في عام 1843 م قياسات دقيقة، فقاس التغير في درجة الحرارة الذي يسببه إضافة حرارة أو بذل شغل على كمية من الماء. وأثبت أن الحرارة صفة مميزة للطاقة وأن الطاقة محفوظة. فاستحق جول أن يُنسب إليه الفضل وتسمّى الوحدة باسمه.

76. للماء سعة حرارية نوعية كبيرة غير عادية، كما أن كلاًّ من الحرارة الكامنة لانصهاره وتبخره عالية. ويعتمد الطقس على الماء في حالاته الثلاث. تُرى كيف يكون العالم إذا كانت خصائص الماء الحرارية مثل خصائص الموادّ الأخرى كالميثانول مثلاً؟

إن السعة الحرارية النوعية الكبيرة والحرارة الكامنة للانصهار والحرارة الكامنة للتبخر الكبيرتين تعني أن الماء في حالاته الثلاث: الماء والجليد والبخار يمكنه أن يخزن كمية كبيرة من الطاقة الحرارية دون أن يَحدث تغير كبير في درجات حرارته. وآثار ذلك كثيرة؛ فالمحيطات والبحيرات الكبيرة تلطف من تغيرات درجة الحرارة في المناطق المجاورة على نحو يومي وموسمي. ويكون التغير في درجة الحرارة بين النهار والليل بالقرب من البحيرة أقل كثيرًا من التغير في درجة الحرارة بين الليل والنهار في الصحراء. وتحدّ الحرارة الكامنة للانصهار الكبيرة للماء من تغير المواسم في القطبين الشمالي والجنوبي. ويبطئ امتصاص الماء للطاقة — عندما يتجمد الماء في الخريف وتحريرها في الربيع — من تغيرات درجة الحرارة في الغلاف الجوي. كما يمتص الماء ويخزن كمية كبيرة من الطاقة عند تبخره، وهذه الطاقة الحرارية هي التي تؤدي إلى تغيرات الطقس المتطرفة مثل العواصف الرعدية والأعاصير.

مراجعة تراكمية

صفحة 169

77. ترفع رافعة كتلة مقدارها 180 kg إلى ارتفاع 1.95 m. فما مقدار الشغل الذي تبذله الرافعة لرفع الكتلة؟ (الفصل 3)

$$W = mgh$$

$$= (180\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2)(1.95\ \text{m})$$

$$= 3.4\times10^3\ \text{J}$$

78. في عرض للقوة طُلب إلى مجموعة من الجنود الأشداء دحرجة صخور كتلة كل منها 215 kg إلى أعلى تل ارتفاعه 33 m، فإذا كان بإمكان أحد المشاركين توليد قدرة متوسطها 0.2 kW، فكم صخرة خلال 1 h يستطيع أن يدحرج إلى أعلى التل؟ (الفصل4)

مقدار الشغل اللازم لدحرجة صخرة واحدة إلى أعلى يساوي

$$W = mgh = (215\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2)(33\ \text{m})$$

$$= 70000\ \text{J}$$

ينجز هذا المشارك في ساعة واحدة شغلاً مقداره

$$= (0.2\times10^3\ \text{J})(3600\ \text{s}) = 720000\ \text{J}$$

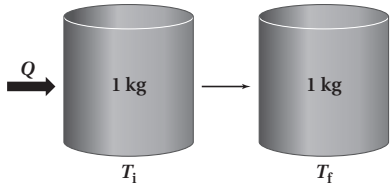
وقد دحرج إلى أعلى التل عددًا من الصخور يساوي

$$\frac{(720000)}{(70000)} = \text{عشر صخور في ساعة واحدة}$$

مسألة تحفيز

صفحة 158

للإنتروبي بعض الخصائص المدهشة. قارن بين الحالات الآتية، ووضح أوجه الاختلاف، بين هذه التغيرات للإنتروبي، معللاً ذلك.



1. تسخين 1 kg من الماء من 273 K إلى 274 K.

$$\Delta S = \frac{Q}{T} = \frac{mC\Delta T}{T}$$

$$= \frac{(1.0\ \text{kg})(4180\ \text{J/kg.K})(274\ \text{K} - 273\ \text{K})}{273\ \text{K}}$$

$$= 15\ \text{J/K}$$

2. تسخين 1 kg من الماء من 353 K إلى 354 K.

$$\Delta S = \frac{Q}{T} = \frac{mC\Delta T}{T}$$

$$= \frac{(1.0\ \text{kg})(4180\ \text{Jkg.K})(354\ \text{K} - 353\ \text{K})}{353\ \text{K}}$$

$$= 12\ \text{J/K}$$

3. صهْر 1 kg من الجليد بشكل كامل عند 273 K.

$$\Delta S = \frac{Q}{T} = \frac{mH_f}{T}$$

$$= \frac{(1.0\ \text{kg})(3.34\times10^5\ \text{J/kg})}{273\ \text{K}}$$

$$= 1.2\times10^3\ \text{J/K}$$

4. تسخين 1 kg من الرصاص من 273 K إلى 274 K.

$$\Delta S = \frac{Q}{T} = \frac{mC\Delta T}{T}$$

$$= \frac{(1.0\ \text{kg})(130\ \text{J/kg.K})(274\ \text{K} - 273\ \text{K})}{273\ \text{K}}$$

$$= 0.48\ \text{J/K}$$

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.

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

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

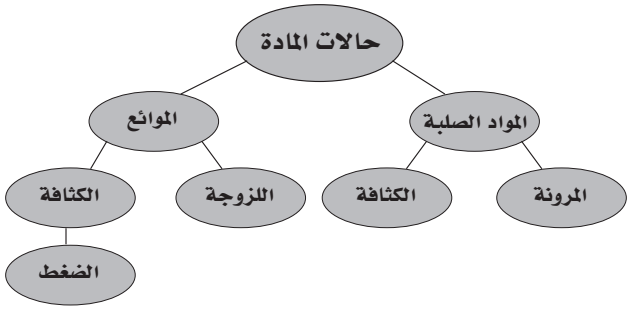
ستصبح الفجوة أكثر اتساعًا. وستزيد أبعاد الحلقة جميعها عند تسخينها.

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. $0.85\ g/cm^3$

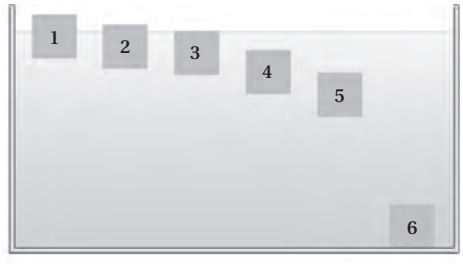
b. $0.95\ g/cm^3$

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

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

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

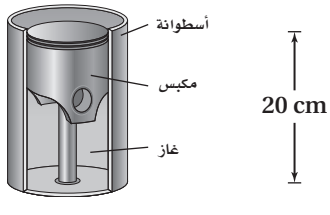
لذا فإن الكتلة تساوي

$$m = nM$$

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

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

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

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

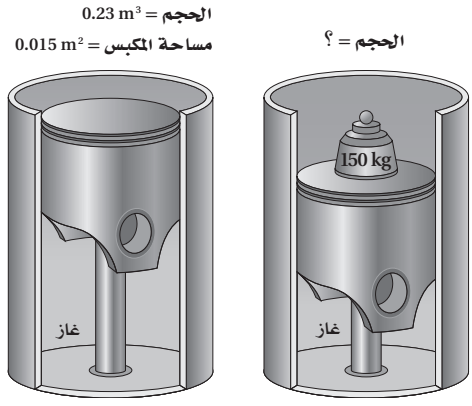
$$h_2 = \frac{h_1 T_2}{T_1}$$

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

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

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**

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

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

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

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

$$= 0.14\ \text{m}^3$$

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؟

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

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

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

$$= 3.2\times10^5\ \text{Pa}$$

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 54 N في الهواء، وعندما غمرت في سائل كثافته ضعف كثافة الماء أصبح وزنها الظاهري 46 N، 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

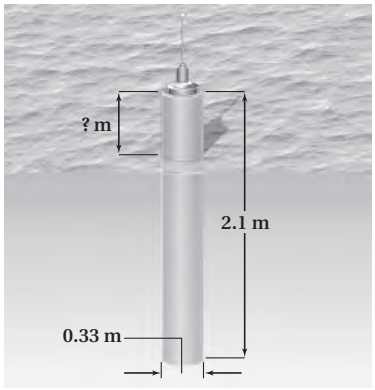
$$V = \frac{F_{\text{g}} - F_{\text{الظاهري، السائل}}}{2\rho_{\text{الماء}}\, g}$$

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 $350.0\ \text{K}$، فإذا بُرّد إلى $270.0\ \text{K}$ فما مقدار:

a. حجمه عند درجة $270.0\ \text{K}$؟

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

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

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

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

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

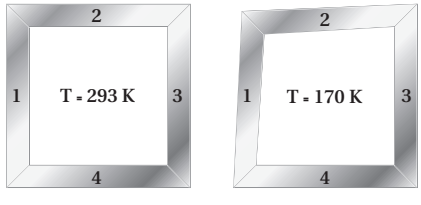
b. طول ضلع المكعب عند درجة $270.0\ \text{K}$؟

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

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

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

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 $293\ \text{K}$، ولكن عند درجة $170\ \text{K}$ 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؟

$$P_1V_1 = P_2V_2$$
$$V_2 = \frac{P_1V_1}{P_2}$$
$$= \frac{(P_{\text{الجوي}} + \rho_{\text{ماء}} gh)V_1}{P_{\text{الجوي}}}$$
$$= \frac{(1.01\times10^{5}\ \text{Pa} + (1.00\times10^{3}\ \text{kg/m}^3)(9.80\ \text{m/s}^2)(5.0\ \text{m}))(4.2\times10^{-6}\ \text{m}^3)}{1.01\times10^{5}\ \text{Pa}}$$
$$= 6.2\times10^{-6}\ \text{m}^3$$

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؟

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

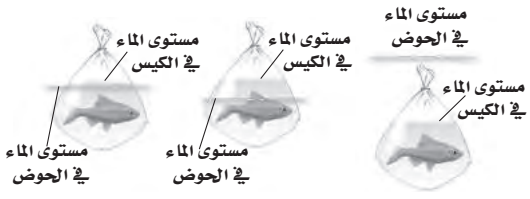
$$\rho_{\text{الماء}}\, Vg = \rho_{\text{الكرة}}\, Vg + F_{\text{رأسية إلى أسفل}}$$

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

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

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

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؟

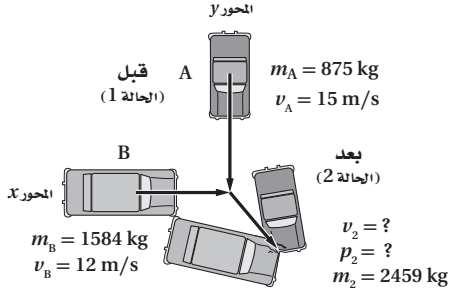
كان العالم الفرنسي جاي – لوساك مهتمًا أيضًا بصعود المنطاد إلى ارتفاعات عالية. وقد اكتشف أنه عندما يكون للغازات درجة الحرارة نفسها والضغط نفسه فإن أحجامها تتفاعل بنسب ذات أعداد صغيرة وصحيحة. وقد أسهم إنجاز جاي – لوساك في اكتشاف صيغة الماء، وذلك بإثباته أن حجمين من غاز الهيدروجين يتفاعلان مع حجم واحد من 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)

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

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

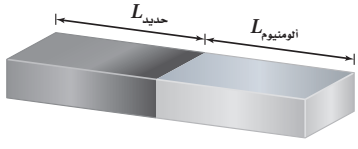
$$P = F_g v$$

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

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

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

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

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

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

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

مسائل تدريبية

7–1 الحركة الدورية (صفحة 9–14)

صفحة 12

1. ما مقدار استطالة نابض عند تعليق جسم وزنه 18 N في نهايته إذا كان ثابت النابض له يساوي 56 N/m؟

$$F = kx$$

$$x = \frac{F}{k} = \frac{18\ \text{N}}{56\ \text{N/m}} = 0.32\ \text{m}$$

2. ما مقدار طاقة الوضع المرونية المخزَّنة في نابض عند ضغطه مسافة 16.5 cm، إذا كان ثابت النابض له يساوي 144 N/m؟

$$PE_{sp} = \frac{1}{2}kx^2$$

$$= \frac{1}{2}(144\ \text{N/m})(0.165\ \text{m})^2 = 1.96\ \text{J}$$

3. ما المسافة التي يستطيلها نابض حتى يخزّن طاقة وضع مرونية مقدارها 48 J، إذا كان ثابت النابض له يساوي 256 N/m؟

$$PE_{sp} = \frac{1}{2}kx^2$$

$$x = \sqrt{\frac{2PE_{sp}}{k}} = \sqrt{\frac{(2)(48\ \text{J})}{256\ \text{N/m}}} = 0.61\ \text{m}$$

صفحة 13

4. ما طول بندول موجود على سطح القمر، حيث $g = 1.6\ \text{m/s}^2$ حتى يكون الزمن الدوري له 2.0 s؟

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

$$l = g\left(\frac{T}{2\pi}\right)^2 = (1.6\ \text{m/s}^2)\left(\frac{2.0\ \text{s}}{2\pi}\right)^2 = 0.16\ \text{m}$$

5. إذا كان الزمن الدوري لبندول طوله 0.75 m يساوي 1.8 s على سطح أحد الكواكب، فما مقدار g على هذا الكوكب؟

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

$$g = l\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 = (0.75\ \text{m})\left(\frac{2\pi}{1.8\ \text{s}}\right)^2 = 9.1\ \text{m/s}^2$$

مراجعة القسم

7–1 الحركة الدورية (صفحة 9–14)

صفحة 14

6. **قانون هوك** علّقت أجسام مختلفة الوزن بنهاية شريط مطاطي مثبت بخطاف، ثم رسمت العلاقة البيانية بين وزن الأجسام المختلفة واستطالة الشريط المطاطي. كيف تستطيع الحكم – اعتمادًا على الرسم البياني – ما إذا كان الشريط المطاطي يحقق قانون هوك أم لا؟

إذا كانت العلاقة البيانية خطيّة فإن الشريط المطاطي يحقق قانون هوك، أما إذا كانت العلاقة البيانية على شكل منحنى فإنه لا يحقق قانون هوك.

7. **البندول** ما مقدار التغير اللازم في طول بندول حتى يتضاعف زمنه الدوري إلى الضعف؟ وما مقدار التغير اللازم في طوله حتى يقل زمنه الدوري إلى نصف زمنه الدوري الأصلي؟

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

لذا فإن

$$\frac{T_2}{T_1} = \sqrt{\frac{l_2}{l_1}}$$

لمضاعفة الزمن الدوري

$$\frac{T_2}{T_1} = \sqrt{\frac{l_2}{l_1}} = 2$$

لذا فإن

$$\frac{l_2}{l_1} = 4$$

يجب مضاعفة طول البندول أربع مرات.

ولتقليل الزمن الدوري للبندول إلى النصف

$$\frac{T_2}{T_1} = \sqrt{\frac{l_2}{l_1}} = \frac{1}{2}$$

لذا فإن

$$\frac{l_2}{l_1} = \frac{1}{4}$$

يجب تقليل طول البندول ليساوي طوله ربع طوله الأصلي.

8. طاقة النابض ما الفرق بين الطاقة المختزنة في نابض استطال 0.40 m والطاقة المختزنة في النابض نفسه عندما يستطيل 0.20 m؟

$$PE_{sp} = \frac{1}{2}kx^2$$

$$\frac{PE_1}{PE_2} = \frac{x_1^{\,2}}{x_2^{\,2}}$$

$$= \frac{(0.40\ \text{m})^2}{(0.20\ \text{m})^2} = 4.0$$

تكون الطاقة المختزنة أكبر أربع مرات عندما يستطيل النابض إلى 0.40 m.

9. الرنين إذا كانت عجلات سيارة غير متوازِنة فسوف تهتز السيارة بقوة عند سرعة محدّدة، ولا يحدث ذلك عند سرعات أقل أو أكبر من هذه السرعة. فسّر ذلك.

عند تلك السرعة يقترب تردد دوران الإطار من التردد الطبيعي للسيارة؛ مما يؤدي إلى حدوث الرنين.

10. التفكير الناقد ما أوجه الشبه بين الحركة الدائرية المنتظمة والحركة التوافقية البسيطة؟ وما أوجه الاختلاف بينهما؟

الحركتان دوريتان إلا أنه في الحركة الدائرية المنتظمة لا تتناسب القوة التي تُحدث التسارع مع الإزاحة. بالإضافة إلى أن الحركة التوافقية البسيطة تحدث في بعد واحد، أما الحركة الدائرية المنتظمة فتحدث في بعدين.

مسائل تدريبية

7–2 خصائص الموجات (صفحة 20–15)

صفحة 20

11. أطلق فادي صوتًا عاليًا في اتجاه جرف رأسي يبعد 465 m عنه، وسمع الصدى بعد 2.75 s. احسب مقدار:

a. سرعة صوت فادي في الهواء.

$$v = \frac{d}{t} = \frac{(2)(465\ \text{m})}{2.75\ \text{s}} = 338\ \text{m/s}$$

b. تردّد موجة الصوت إذا كان طولها الموجي يساوي 0.750 m.

$$v = \lambda f$$

لذا فإن

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{338\ \text{m/s}}{0.750\ \text{m}} = 451\ \text{Hz}$$

c. الزمن الدوري للموجة.

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{451\ \text{Hz}} = 2.22\times10^{-3}\ \text{s}$$

12. إذا أردت زيادة الطول الموجي لموجات في حبل فهل تهز الحبل بتردد كبير أم بتردد صغير؟

تهز الحبل بتردد صغير؛ وذلك لأن الطول الموجي يتناسب عكسيًا مع التردد.

13. ولّد مصدرٌ في حبل اضطرابًا تردّده 6.00 Hz، فإذا كانت سرعة الموجة المستعرضة في الحبل 15.0 m/s، فما طولها الموجي؟

$$v = \lambda f$$

لذا فإن

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{15.0\ \text{m/s}}{6.00\ \text{Hz}} = 2.50\ \text{m}$$

14. تتولّد خمس نبضات في خزان ماء كل 0.100 s، فإذا كان الطول الموجي للموجات السطحية 1.20 cm، فما مقدار سرعة انتشار الموجة؟

$$\frac{0.100\ \text{s}}{5\ \text{نبضات}} = 0.0200\ \text{s/نبضة}$$

لذا فإن

$$T = 0.0200\ \text{s}$$

$$\lambda = vT$$

لذا فإن

$$v = \frac{\lambda}{T}$$

$$v = \frac{1.20\ \text{cm}}{0.0200\ \text{s}}$$

$$= 60.0\ \text{cm/s}$$

$$= 0.600\ \text{m/s}$$

مراجعة القسم

2–7 خصائص الموجات (صفحة 20–15)

صفحة 20

15. **السرعة في أوساط مختلفة** إذا سحبت أحد طرفي نابض، هل تصل النبضة إلى طرفه الآخر في اللحظة نفسها؟ ماذا يحدث لو سحبت حبلاً؟ ماذا يحدث عند ضرب طرف قضيب حديدي؟ قارن بين سرعة انتقال النبضات في المواد الثلاث.

تحتاج النبضة إلى فترة زمنية حتى تصل إلى الطرف الآخر في كل حالة، ويكون انتقالها في الحبل أسرع منه في النابض، والنبضة الأسرع تكون في قضيب الحديد.

16. **خصائص الموجة** إذا ولّدت موجة مستعرضة في حبل عن طريق هزّ يدك وتحريكها من جانب إلى آخر، ثم بدأت تهزّ الحبل أسرع من دون تغيير المسافة التي تتحركها يدك، فماذا يحدث لكل من: السعة، والطول الموجي، والتردد، والزمن الدوري، وسرعة الموجة؟

لا يتغير كل من السعة والسرعة، إلا أن التردد يزداد، في حين يقل كل من الزمن الدوري والطول الموجي.

17. **الموجات تنقل الطاقة** افترض أنه طُلب إليك أنت وزميلك في المختبر توضيح أن الموجة المستعرضة تنقل الطاقة دون انتقال مادة الوسط، فكيف توضح ذلك؟

اربط قطعة من الصوف في مكانٍ ما بالقرب من منتصف الحبل، ثم اطلب إلى زميلك أن يثبت أحد طرفي الحبل، ثم حرّك الحبل إلى أعلى وإلى أسفل لتوليد موجة مستعرضة. لاحظ أنه عندما تتحرّك الموجة خلال الحبل فإن قطعة الصوف تتحرك إلى أعلى وإلى أسفل، ولكنها تبقى في المكان نفسه على الحبل.

18. **الموجات الطولية** صف الموجات الطولية. وما أنواع الأوساط التي تنقل الموجات الطولية؟

تهتزّ دقائق الوسط، في الموجات الطولية، في اتجاه موازٍ لاتجاه حركة الموجة. وتسمح الأوساط جميعها تقريبًا للموجات الطولية بالانتقال خلالها سواءً أكانت أوساطًا صلبة أم سائلة أم غازية.

19. **التفكير الناقد** إذا سقطت قطرة مطر في بركة فستولّد موجات ذات سعات صغيرة. أما إذا قفز سبّاح في البركة فسيولّد موجات ذات سعات كبيرة. فلماذا لا تولّد الأمطار الغزيرة في أثناء العواصف الرعدية موجات ذات سعات كبيرة؟

تنتقل طاقة السبّاح إلى الموجة عبر مساحة صغيرة وخلال فترة زمنية قصيرة، في حين تنتشر طاقة حبات المطر على مساحة أوسع خلال فترة زمنية أكبر.

مراجعة القسم

3–7 سلوك الموجات (صفحة 25–21)

صفحة 25

20. **الموجات عند الحدود الفاصلة** أيّ خصائص الموجة الآتية لا تتغير عندما تمر الموجة خلال حد فاصل بين وسطين مختلفين: التردد، السعة، الطول الموجي، السرعة، الاتجاه؟

لا يتغير التردد، في حين يتغير كل من السعة والطول الموجي والسرعة عندما تعبر الموجة وسطًا جديدًا. أما الاتجاه فقد يتغير أو لا يتغير، وذلك اعتمادًا على الاتجاه الأصلي للموجة.

21. **انكسار الموجات** لاحظ **الشكل a 17–7**، وبين كيف يتغير اتجاه الموجة عندما تمر من وسط إلى آخر. وهل يمكن أن تعبر موجة في بعدين حدًّا فاصلاً بين وسطين دون أن يتغير اتجاهها؟ وضح ذلك.

نعم، إذا سقطت الموجة عموديًّا على الحد الفاصل، أو إذا كان لها السرعة نفسها في الوسطين.

22. **الموجات الموقوفة** العلاقة بين عدد العقد وعدد البطون في موجة موقوفة في نابض مثبت الطرفين؟

يزيد عدد العقد دائمًا واحدة على عدد البطون.

23. **التفكير الناقد** هناك طريقة أخرى لفهم انعكاس الموجات، وهي أن تغطي الطرف الأيمن لكل رسم في **الشكل 13a–7** بقطعة ورق، على أن يكون طرف الورقة موجودًا عند النقطة N (العقدة)، ثم تركز على الموجة الناتجة التي تظهر باللون الأزرق الغامق، وتلاحظ أنها تبدو مثل موجة منعكسة عن حد فاصل. فهل هذا الحد الفاصل حائط صلب أم ذو نهاية مفتوحة؟ كرّر هذا التمرين مع **الشكل 13b–7**.

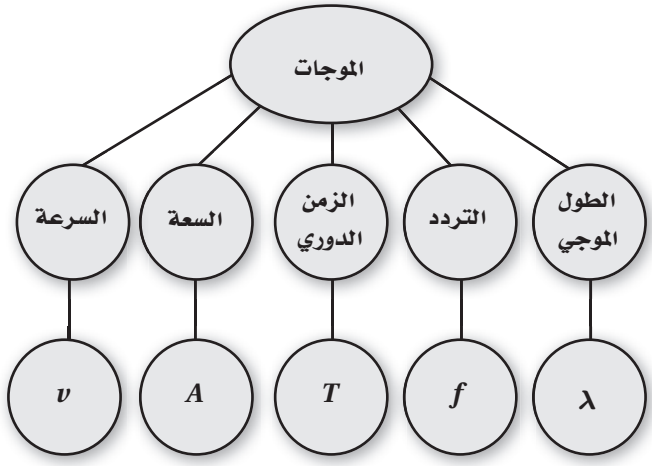
الشكل 13a–7 يسلك سلوك جدار صلب؛ لأن الموجة المنعكسة منقلبة. أما الشكل 13b–7 فيسلك سلوك النهاية المفتوحة؛ لأن الحد الفاصل بطن، والموجة المنعكسة غير منقلبة.

تقويم الفصل

خريطة المفاهيم

صفحة 30

24. أكمل خريطة المفاهيم أدناه باستخدام المصطلحات والرموز التالية: السعة، التردد، v, λ, T.



إتقان المفاهيم

صفحة 31–30

25. ما الحركة الدورية؟ أعط ثلاثة أمثلة عليها. (1–7)

الحركة الدورية حركة تعيد نفسها في دورة منتظمة. ومن الأمثلة عليها: اهتزاز نابض، وتأرجح بندول بسيط، والحركة الدائرية المنتظمة.

26. ما الفرق بين الزمن الدوري والتردد؟ وكيف يرتبطان؟ (1–7)

التردد هو عدد الدورات أو التكرارات في الثانية، والزمن الدوري هو الزمن الذي يتطلبه إكمال دورة واحدة. ويمثّل التردد مقلوب الزمن الدوري.

27. إذا حقق نابض قانون هوك؛ فكيف يكون سلوكه؟ (1–7)

ينضغط النابض مسافة تتناسب طرديًا مع القوة المؤثرة فيه.

28. كيف يمكن أن نستخلص من رسم بياني للقوة والإزاحة لنابضٍ ما قيمة ثابت النابض؟ (1–7)

ثابت النابض يساوي ميل العلاقة البيانية بين F و x.

29. كيف يمكن أن نستخلص من الرسم البياني للقوة والإزاحة طاقة الوضع في نابضٍ ما؟ (1–7)

طاقة الوضع تساوي المساحة تحت منحنى العلاقة بين F و x.

30. هل يعتمد الزمن الدوري لبندول على كتلة ثقله؟ وهل يعتمد على طول خيطه؟ وعلامَ يعتمد الزمن الدوري للبندول أيضًا؟ (1–7)

لا يعتمد على كتلة ثقله، ويعتمد على طول خيطه، وتسارع الجاذبية الأرضية g.

31. ما الطرائق العامة لانتقال الطاقة؟ أعط مثالين على كل منها. (2–7)

طريقتان. تُنقل الطاقة بانتقال الجسيمات والموجات. وهناك أكثر من مثال على كل منهما: البيسبول والرصاصة لانتقال الجسيمات، وموجات الصوت والضوء لانتقال الموجات.

32. ما الفرق الرئيس بين الموجات الميكانيكية والموجات الكهرومغناطيسية؟ (2–7)

الاختلاف الرئيس هو أن الموجات الميكانيكية تحتاج إلى وسط ناقل لتنتقل خلاله، أما الموجات الكهرومغناطيسية فلا تحتاج إلى وسط ناقل.

33. ما الفروق بين كلٍّ من: الموجة المستعرضة، والموجة الطولية والموجة السطحية؟ (2–7)

تسبّب الموجات المستعرضة اهتزاز جسيمات الوسط في اتجاه عمودي على اتجاه انتشار الموجة. أما الموجات الطولية فتسبّب اهتزاز جسيمات الوسط في اتجاه موازٍ لاتجاه انتشار الموجة. أما الموجات السطحية فلها صفات الموجتين الطولية والمستعرضة.

34. ما الفرق بين النبضة الموجية والموجة الدورية؟ (2–7)

النبضة عبارة عن اضطراب مفرد في الوسط، أما الموجة الدورية فتتكوّن من عدة اضطرابات متجاورة.

35. انتقلت موجات خلال نابض طوله ثابت. أجب عن السؤالين التاليين: (2–7)

a. هل تتغير سرعة الموجات في النابض؟ وضح ذلك.

لا تتغير سرعة الموجات؛ لأنها تعتمد فقط على الوسط الناقل.

b. هل يتغير تردد الموجة في النابض؟ وضح ذلك.

يمكن تغيير التردد عن طريق تغيير تردد توليد الموجات.

36. افترض أنك ولّدت نبضة خلال حبل، فكيف تقارن موضع نقطة على الحبل قبل وصول النبضة بموضعها بعد مرور النبضة؟ (2–7)

بمجرد مرور النبضة فإن هذه النقطة تعود تمامًا كما كانت قبل وصول النبضة.

تابع الفصل 7

37. افترض أنك ولّدت موجة مستعرضة بهزّ أحد طرفي نابض جانبيًّا، فكيف يكون تردد يدك مقارنة بتردد الموجة؟ (2–7)

يكونان متساويين .

38. متى تكون النقاط في موجة في الطور نفسه؟ ومتى تكون في حالة اختلاف في الطور؟ أعط مثالاً على كل حالة. (2–7)

تكون النقاط في الطور نفسه إذا كان لها الإزاحة نفسها والسرعة المتجهة نفسها. وخلاف ذلك تكون النقاط في حالة اختلاف في الطور. فمثلا تكون قمتان في الموجة في الطور نفسه إحداهما بالنسبة إلى الأخرى. أما القمة والقاع فلا يكونان في الطور نفسه أحدهما بالنسبة إلى الآخر.

39. صف العلاقة بين سعة موجة والطاقة التي تحملها. (2–7)

تتناسب الطاقة التي تحملها الموجة طرديًّا مع مربع سعتها.

40. عندما تمر موجة خلال حد فاصل بين حبل رفيع وآخر سميك، كما في **الشكل 18–7**، ستتغير سرعتها وطولها الموجي، ولن يتغير ترددها. فسر لماذا يبقى التردد ثابتًا. (3–7)

■ **الشكل 18–7**

يعتمد التردد فقط على معدل اهتزاز الحبل الرفيع، الذي بدوره يؤدّي إلى اهتزاز الحبل السميك بالتردد نفسه.

41. ثُبتت شريحة فلزية رقيقة من مركزها، ونُثر عليها سكر. فإذا نقر على قوس بالقرب منها فإن أحد طرفيها يبدأ في الاهتزاز، ويبدأ السكر في التجمع في مساحات محدّدة، ويتحرك مبتعدًا عن مساحات أخرى. صف هذه المناطق بدلالة الموجات الموقوفة. (3–7)

المساحات الخالية هي مناطق البطون؛ حيث يكون فيها أكبر اهتزاز. أما المساحات التي يتجمّع فيها السكر فهي مناطق العُقد التي لا يكون عندها اهتزاز.

42. إذا اهتز حبل مشكِّلاً أربعة أجزاء أو أقسام فإنك تستطيع أن تلمس عددًا من النقاط عليه دون أن تحدث اضطرابًا في حركته. بيّن عدد هذه النقاط. (3–7)

تتكوّن موجة موقوفة، ويمكن أن تلمس الحبل عند أي نقطة من العُقد الخمس.

43. مرّت مقدمات موجات بزاوية من وسط إلى آخر، وتحركت فيه بسرعة مختلفة. صف تغيرين في هذه المقدمات، وما الذي لم يتغير؟ (3–7)

يتغير كل من الطول الموجي واتجاه مقدمات الموجة، أما التردد فلا يتغير.

تطبيق المفاهيم

صفحة 31

44. تهتز كرة إلى أعلى وإلى أسفل عند طرف نابض مثبت رأسيًّا. صِف تغيرات الطاقة التي تحدث خلال دورة كاملة. وهل تغيرت الطاقة الميكانيكية الكلية؟

تكون طاقة الوضع المرونية عند أسفل الحركة عند قيمتها العظمى، وطاقة الوضع الجاذبية عند قيمتها الصغرى، والطاقة الحركية صفرًا. أما عند وضع الاتزان فتكون الطاقة الحركية (*KE*) عند قيمتها العظمى، وطاقة الوضع المرونية صفرًا. أما عند أعلى نقطة في مسار الحركة – لحظة الارتداد إلى أسفل –فتكون الطاقة الحركية (*KE*) صفرًا، وتكون كل من طاقة الوضع الجاذبية وطاقة الوضع المرونية عند قيمتها العظمى، وتكون الطاقة الميكانيكية الكلية محفوظة.

45. هل يمكن استخدام ساعة بندول في محطة فضائية دولية تتحرك في مدارها؟ وضح ذلك.

لا، تكون المحطة الفضائية في حالة سقوط حر، لذا تكون القيمة الظاهرية لثابت الجاذبية g صفرًا، ولا يتأرجح البندول.

46. افترض أنك أمسكت قضيبًا فلزيًّا طوله 1 m، وضربت أحد طرفيه بمطرقة، في اتجاه موازٍ لطوله أولاً، ثم في اتجاه يصنع زاوية قائمة مع طوله ثانيًا. صف الموجات المتولّدة في الحالتين.

تتولّد في الحالة الأولى موجات طولية؛ أما في الحالة الثانية فتتولّد موجات مستعرضة.

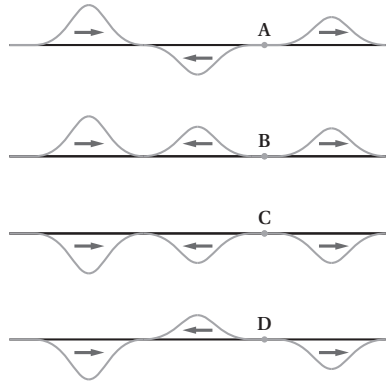
47. افترض أنك غمست إصبعك بشكل متكرّر في حوض مملوء بالماء لتوليد موجات دائرية، فماذا يحدث لطول الموجة إذا حركت إصبعك بسرعة؟

يزداد تردد الموجات؛ وتبقى السرعة نفسها؛ ويقل الطول الموجي.

48. افترض أنك أحدثت نبضة واحدة في نابض مشدود، فما الطاقة التي يتطلبها إحداث نبضة لها ضعف السعة؟

أربعة أضعاف الطاقة تقريبًا.

49. تكون النبضة اليسرى في كل واحدة من الموجات الموضحة في **الشكل 19–7** أدناه هي النبضة الأصلية، وتتحرك إلى اليمين، وتكون النبضة التي في المركز هي النبضة المنعكسة، بينما تكون النبضة اليمنى هي النبضة النافذة. صف صلابة الحد الفاصل عند النقاط A، B، C، D.



■ **الشكل 19–7**

يكون كل من الحدين الفاصلين A وD أكثر صلابة؛ أما الحدان الفاصلان، B و C فيكونان أقل صلابة.

إتقان حل المسائل

صفحة 32–31

7–1 الحركة الدورية

صفحة 32–31

50. ماصّات الصدمات إذا كان ثابت كل نابض من نوابض سيارة وزنها 1200 N يساوي 25000 N/m. فكم ينضغط كل نابض إذا حُمّلت السيارة بربع وزنها؟

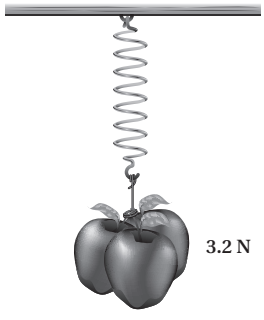
$$F = kx$$

لذا فإن

$$x = \frac{F}{k}$$

$$x = \frac{\left(\frac{1}{4}\right)(1200\ \text{N})}{25000\ \text{N/m}} = 0.012\ \text{m}$$

51. إذا استطال نابض مسافة 0.12 m عندما علّق في أسفله عدد من التفاحات وزنها 3.2 N كما في **الشكل 20–7**، فما مقدار ثابت النابض؟



■ **الشكل 20–7**

$$F = kx$$

لذا فإن

$$k = \frac{F}{x} = \frac{3.2\ \text{N}}{0.12\ \text{m}}$$

$$= 27\ \text{N/m}$$

52. قاذفة الصواريخ تحتوي لعبة قاذفة الصواريخ على نابض ثابته يساوي 35 N/m. ما المسافة التي يجب أن ينضغطها النابض حتى يخزّن طاقة مقدارها 1.5 J؟

$$PE_{sp} = \frac{1}{2}kx^2$$

لذا فإن

$$x = \sqrt{\frac{2PE_{sp}}{k}} = \sqrt{\frac{(2)(1.5\ \text{J})}{35\ \text{N/m}}}$$

$$= 0.29\ \text{m}$$

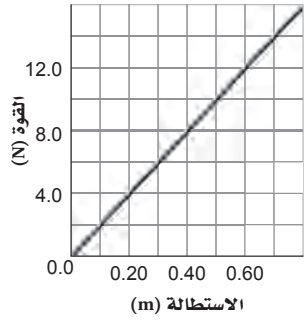
53. ما مقدار طاقة الوضع المختزنة في نابض عندما يستطيل مسافة 16 cm علمًا بأن مقدار ثابته يساوي 27 N/m؟

$$PE_{sp} = \frac{1}{2}kx^2$$

$$PE_{sp} = \frac{1}{2}(27\ \text{N/m})(0.16)^2$$

$$= 0.35\ \text{J}$$

54. يبين **الشكل 21–7** العلاقة البيانية بين القوة المؤثرة في نابض ومقدار استطالته. احسب مقدار:



■ **الشكل 21–7**

a. ثابت النابض.

$$k = \text{الميل} = \frac{\Delta F}{\Delta x} = \frac{12.0\ \text{N} - 4.0\ \text{N}}{0.6\ \text{m} - 0.2\ \text{m}} = 20\ \text{N/m}$$

b. الطاقة المختزنة في النابض عندما يستطيل ويصبح طوله 0.50 m.

$$PE_{sp} = \text{المساحة} = \frac{1}{2}bh = \left(\frac{1}{2}\right)(0.50\ \text{m})(10.0\ \text{N}) = 2.50\ \text{J}$$

7–2 خصائص الموجات

صفحة 32

55. موجات المحيط إذا كان طول موجة محيطية 12.0 m، وتمر بموقع ثابت كل 3.0 s، فما سرعة الموجة؟

$$v = \lambda f = \lambda\left(\frac{1}{T}\right) = (12.0\ \text{m})\left(\frac{1}{3.0\ \text{s}}\right) = 4.0\ \text{m/s}$$

56. تنتقل موجة ماء في بركة مسافة 3.4 m في 1.8 s. فإذا كان الزمن الدوري للاهتزازة الواحدة يساوي 1.1 s، فاحسب مقدار:

a. سرعة موجات الماء.

$$v = \frac{d}{t} = \frac{3.4\ \text{m}}{1.8\ \text{s}} = 1.9\ \text{m/s}$$

b. الطول الموجي لهذه الموجات.

$$\lambda = \frac{v}{f} = vT = (1.9\ \text{m/s})(1.1\ \text{s}) = 2.1\ \text{m}$$

57. السونار يرسل سونار (جهاز يكشف المواقع تحت سطح الماء عن طريق الصدى) في الماء إشارة ترددها 1.00×10^6 Hz وطولها الموجي يساوي 1.50 mm. احسب مقدار:

a. سرعة الإشارة في الماء.

$$v = \lambda f = (1.50\times10^{-3}\ \text{m})(1.00\times10^{6}\ \text{Hz}) = 1.50\times10^{3}\ \text{m/s}$$

b. الزمن الدوري للإشارة في الماء.

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{1.00\times10^{6}\ \text{Hz}} = 1.00\times10^{-6}\ \text{s}$$

c. الزمن الدوري للإشارة في الهواء.

1.00×10^{-6} s

الزمن الدوري والتردد لا يتغيرا.

58. جلس عمر وطارق بعد السباحة على شاطئ بركة، وقدّرا المسافة الفاصلة بين قاع الموجة السطحية وقمتها بمقدار 3.0 m، فإذا عدّا 12 قمة مرت بالشاطئ خلال 20.0 s، فاحسب سرعة انتشار الموجات.

$$\lambda = (2)(3.0\ \text{m}) = 6.0\ \text{m}$$

$$f = \frac{(\text{موجة } 12)}{20.0\ \text{s}} = 0.60\ \text{Hz}$$

$$v = \lambda f = (6.0\ \text{m})(0.60\ \text{Hz}) = 3.6\ \text{m/s}$$

59. الزلازل إذا كانت سرعة الموجات المستعرضة الناتجة عن زلزال 8.9 km/s وسرعة الموجات الطولية 5.1 km/s، وسجّل جهاز السيزموجراف زمن وصول الموجات المستعرضة قبل وصول الموجات الطولية بـِ 68 s، فكم يبعد مركز الزلزال؟

نبدأ بالمعادلة: $d = vt$، ونحن لا نعلم مقدار الزمن t، ولكننا نعلم مقدار الفرق في الزمن: Δt فقط. المسافة التي قطعتها الموجات المستعرضة $d_T = v_T t$ تساوي المسافة التي قطعتها الموجات الطولية $d_L = v_L(t + \Delta t)$. استخدم المعادلة الآتية وحلها بالنسبة إلى t:

$$v_T t = v_L(t + \Delta t)$$

$$t = \frac{v_L \Delta t}{v_T - v_L}$$

$$t = \frac{(5.1\ \text{km/s})(68\ \text{s})}{8.9\ \text{km/s} - 5.1\ \text{km/s}} = 91\ \text{s}$$

ثم عوض قيمة t في المعادلة الآتية:

$$d_T = v_T t = (8.9\ \text{km/s})(91\ \text{s})$$

$$= 8.1\times10^2\ \text{km}$$

7–3 سلوك الموجات

صفحة 32

60. إذا كانت سرعة الموجة في وتر طوله 63 cm تساوي 265 m/s، وقد حرّكته من مركزه بسحبه إلى أعلى ثم تركته، فتحرّكت نبضة في الاتجاهين، ثم انعكست النبضتان عند نهايتي الوتر:

a. فما الزمن الذي تحتاج إليه النبضة حتى تصل طرف الوتر ثم تعود إلى مركزه؟

$$d = \frac{(2)(63\ \text{cm})}{2} = 63\ \text{cm}$$

لذا فإن

$$t = \frac{d}{v} = \frac{0.63\ \text{m}}{265\ \text{m/s}} = 2.4\times10^{-3}\ \text{s}$$

b. هل يكون الوتر أعلى موضع سكونه أم أسفله عندما تعود النبضتان؟

تنقلب النبضات عندما تنعكس عن وسط أكثر كثافة، لذا يكون اتجاه النبضة المنعكسة إلى أسفل.

c. إذا حرّكت الوتر من نقطة تبعد 15 cm عن أحد طرفيه فأين تلتقي النبضتان؟

15 cm من الطرف الآخر، حيث المسافات المقطوعة هي نفسها.

مراجعة عامة

صفحة 33–32

61. ما الزمن الدوري لبندول طوله 1.4 m؟

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

$$= 2\pi\sqrt{\frac{1.4\ \text{m}}{9.80\ \text{m/s}^2}}$$

$$= 2.4\ \text{s}$$

62. موجات الراديو تبث إشارات راديو Am بترددات بين 550 kHz و 1600 kHz وتنتقل بسرعة 3.00×10^8 m/s، أجب عما يلي:

a. ما مدى الطول الموجي لهذه الإشارات؟

$$v = \lambda f$$

$$\lambda_1 = \frac{v}{f_1} = \frac{3.00\times10^8\ \text{m/s}}{5.5\times10^5\ \text{Hz}}$$

$$= 550\ \text{m}$$

$$\lambda_2 = \frac{v}{f_2} = \frac{3.00\times10^8\ \text{m/s}}{1.6\times10^6\ \text{Hz}}$$

$$= 190\ \text{m}$$

المدى من 190 m إلى 550 m.

b. إذا كان مدى ترددات FM بين 88 MHz (ميجا Hz) و108 MHz وتنتقل بالسرعة نفسها، فما مدى الطول الموجي لموجات FM؟

$$v = \lambda f$$

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{3.00\times10^8\ \text{m/s}}{8.8\times10^7\ \text{Hz}}$$

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

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{3.00\times10^8\ \text{m/s}}{1.08\times10^8\ \text{Hz}}$$

$$= 2.78\ \text{m}$$

المدى من 2.78 m إلى 3.4 m.

63. القفز بالحبل المطاطي قفز لاعب من منطاد على ارتفاع عالٍ بواسطة حبل نجاة قابل للاستطالة طوله 540 m، وعند اكتمال القفزة كان اللاعب معلقًا بالحبل الذي أصبح طوله 1710 m. ما مقدار ثابت النابض لحبل النجاة إذا كانت كتلة اللاعب 68 kg؟

$$k = \frac{F}{x} = \frac{mg}{x} = \frac{(68\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2)}{1710\ \text{m} - 540\ \text{m}} = 0.57\ \text{N/m}$$

تابع الفصل 7

64. تأرجح جسر يتأرجح طارق وحسن على جسر بالحبال فوق أحد الأنهار، حيث يربطان حبالهما عند إحدى نهايتي الجسر، ويتأرجحان عدة دورات جيئة وذهابًا، ثم يسقطان في النهر. أجب عن الأسئلة التالية:

a. إذا استخدم طارق حبلا طوله 10.0 m، فما الزمن الذي يحتاج إليه حتى يصل قمة الدورة في الجانب الآخر من الجسر؟

التأرجح إلى قمة الدورة $= \frac{1}{2}T$

$$= \pi\sqrt{\frac{l}{g}} = \pi\sqrt{\frac{10.0\ \text{m}}{9.80\ \text{m/s}^2}} = 3.17\ \text{s}$$

b. إذا كانت كتلة حسن تزيد 20 kg على كتلة طارق، فكم تتوقع أن يختلف الزمن الدوري لحسن عما هو لطارق؟

لن يكون هناك اختلاف، فالزمن الدوري T لا يتأثر بالكتلة.

c. أي نقطة في الدورة تكون عندها KE أكبر ما يمكن؟

عند أسفل التأرجح.

d. أي نقطة في الدورة تكون عندها PE أكبر ما يمكن؟

عند قمة التأرجح.

e. أي نقطة في الدورة تكون عندها KE أقل ما يمكن؟

عند قمة التأرجح.

f. أي نقطة في الدورة تكون عندها PE أقل ما يمكن؟

عند أسفل التأرجح.

65. نوابض السيارات إذا أُضيفت حمولة مقدارها 45 kg إلى صندوق سيارة صغيرة جديدة، ينضغط النابضان الخلفيان مسافة إضافية مقدارها 1.0 cm، احسب مقدار:

a. ثابت النابض لكل من النابضين الخلفيين.

$$F = mg = (45\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2) = 440\ \text{N}$$

لذا تساوي القوة المؤثرة في كل نابض 220 N.

$$F = kx$$

لذا فإن

$$k = \frac{F}{x}$$

$$k = \frac{220\ \text{N}}{0.010\ \text{m}} = 22000\ \text{N/m}$$

b. طاقة الوضع الإضافية المختزنة في كل من النابضين الخلفيين بعد تحميل صندوق السيارة.

$$PE = \frac{1}{2}kx^2$$

$$= \left(\frac{1}{2}\right)(22000\ \text{N/m})(0.010\ \text{m})^2 = 1.1\ \text{J}$$

التفكير الناقد

صفحة 34–33

66. حلّل واستنتج إذا لزمت قوة مقدارها 20 N لإحداث استطالة في نابض مقدارها 0.5 m، فأجب عما يلي:

a. ما مقدار ثابت النابض؟

$$F = kx$$

لذا فإن

$$k = \frac{F}{x} = \frac{20\text{ N}}{0.5\text{ m}} = 40\text{ N/m}$$

b. ما مقدار الطاقة المختزنة في النابض؟

$$PE_{sp} = \frac{1}{2}kx^2$$

$$= \frac{1}{2}(40\text{ N/m})(0.5\text{ m})^2 = 5\text{ J}$$

c. لماذا لا يكون الشغل المبذول لإطالة النابض مساويًا لحاصل ضرب القوة في المسافة، أو 10 J؟

القوة غيرثابتة في أثناء انضغاط النابض. ويُعطي حاصل ضرب متوسط القوة 10 N في المسافة الشغل الصحيح.

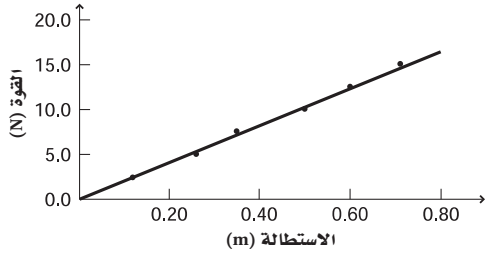
67. إنشاء الرسوم البيانية واستخدامها عُلّقت عدة كتل في نهاية نابض، وقيست الزيادة في طول النابض. ويبين **الجدول 1–7** المعلومات التي تم الحصول عليها.

الجدول 1 – 7

الأوزان المعلقة في النابض

القوة F(N)	الاستطالة x(m)
2.5	0.12
5.0	0.26
7.5	0.35
10.0	0.50
12.5	0.60
15.0	0.71

a. مثّل بيانيًّا القوة المؤثرة في النابض مقابل الاستطالة فيه، على أن ترسم القوة على المحور y.



b. احسب ثابت النابض من الرسم البياني.

ثابت النابض يساوي الميل.

$$k = \text{الميل} = \frac{\Delta F}{\Delta x} = \frac{15.0\text{ N} - 2.5\text{ N}}{0.71\text{ m} - 0.12\text{ m}} = 21\text{ N/m}$$

c. استخدم الرسم البياني في إيجاد طاقة الوضع المرونية المختزنة في النابض عندما يستطيل مسافة 0.50 m

طاقة الوضع المرونية تساوي المساحة تحت المنحنى.

$$PE_{sp} = \text{المساحة} = \frac{1}{2}\text{bh}$$

$$= \frac{1}{2}(0.50\text{ m})(10.0\text{ N}) = 2.5\text{ J}$$

68. تطبيق المفاهيم تتكون تموجات ترابية في الغالب على الطرق الترابية، ويكون بعضها متباعدًا عن بعض بصورة منتظمة، كما تكون هذه التموجات عمودية على الطريق كما في **الشكل 22–7**. وينتج هذا التموج بسبب حركة معظم السيارات بالسرعة نفسها واهتزاز النوابض المتصلة بعجلات السيارة بالتردد نفسه. فإذا كان بعد التموجات بعضها عن بعض 1.5 m، وتتحرك السيارات على هذا الطريق بسرعة 5 m/s، فما تردد اهتزاز نوابض السيارة؟

■ **الشكل 22–7**

$$v = \lambda f$$

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{5\text{ m/s}}{1.5\text{ m}} = 3\text{ Hz}$$

الكتابة في الفيزياء

صفحة 34

69. بحث درس العالم كرستيان هيجنز في الموجات، وحدث خلاف بينه وبين نيوتن حول طبيعة الضوء. قارن بين تفسير كل منهما لظواهر الانعكاس والانكسار. أيّ النموذجين تؤيد؟ ولماذا؟

وضَع هيجنز النظرية الموجية للضوء. أما نيوتن فقد وضع النظرية الجسيمية للضوء. ويمكن تفسير قانون الانعكاس باستخدام النظريتين، أما في تفسير قانون الانكسار فهما متناقضتان.

مراجعة تراكمية

صفحة 34

70. تقطع سيارة سباق كتلتها 1400 kg مسافة 402 m خلال 9.8 s. فإذا كانت سرعتها النهائية 112 m/s، فأجب عما يلي: (الفصل 4)

a. ما مقدار الطاقة الحركية النهائية للسيارة؟

$$KE = \frac{1}{2}mv^2$$

$$KE = \left(\frac{1}{2}\right)(1400\ \text{kg})(112\ \text{m/s})^2$$

$$= 8.8\times10^6\ \text{J}$$

b. ما أقل مقدار من الشغل بذله محرك السيارة؟ ولماذا لا يمكنك حساب مقدار الشغل الكلي المبذول؟

أقل مقدار من الشغل يجب أن يساوي الطاقة الحركية (*KE*)؛ أيْ 8.8×10^6 J. ويبذل المحرك شغلا أكبر للتعويض عن الشغل الضائع ضد قوة الاحتكاك.

c. ما مقدار التسارع المتوسط للسيارة؟

$$\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$\bar{a} = \frac{112\ \text{m/s}}{9.8\ \text{s}} = 11\ \text{m/s}^2$$

مسألة تحفيز

صفحة 14

سيارة كتلتها m(kg) تستقر على قمة تل ارتفاعه h(m) قبل أن تهبط على طريق عديم الاحتكاك في اتجاه حاجز تصادم عند أسفل التل. فإذا احتوى حاجز التصادم على نابض مقدار ثابته يساوي k(N/m) مصمَّم على أن يوقف السيارة بأقل الأضرار.

1. بيّن أقصى مسافة x ينضغطها النابض عندما تصطدم به السيارة بدلالة m و h و k و g.

يشير مبدأ حفظ الطاقة إلى أن طاقة الوضع الجاذبية للسيارة عند أعلى التل تساوي طاقة الوضع المرونية في النابض عندما يتسبّب النابض في توقف السيارة. وبمساواة معادلتي هاتين الطاقتين وحلّهما بالنسبة إلى المتغير x ينتج:

$$PE_g = PE_{\text{نابض}}$$

لذا فإن

$$mgh = \frac{1}{2}kx^2$$

$$x = \sqrt{\frac{2mgh}{k}}$$

2. كم ينضغط النابض إذا هبطت السيارة من قمة تل ارتفاعه ضعف ارتفاع التل السابق؟

تضاعف الارتفاع، ولما كانت x تتناسب مع الجذر التربيعي للارتفاع، لذا؛ ستزداد قيمة x بمقدار $\sqrt{2}$.

3. ماذا يحدث بعد أن تتوقف السيارة؟

في حالة النابض المثالي، سيدفع النابض السيارة إلى أعلى التل.

مسائل تدريبية

8–1 خصائص الصوت والكشف عنه (صفحة 37–44)

صفحة 39

1. ما الطول الموجي لموجة صوتية ترددها 18 Hz تتحرك في هواء درجة حرارته (20 °C)؟ (يُعد هذا التردد من أقل الترددات التي يمكن للأذن البشرية سماعها).

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{343\ \text{m/s}}{18\ \text{Hz}} = 19\ \text{m}$$

2. إذا وقفت عند طرف وادٍ وصرخت، وسمعت الصدى بعد مرور 0.80 s، فما عرض هذا الوادي؟

$$v = \frac{d}{t}$$

لذا فإن

$$d = vt = (343\ \text{m/s})(0.40\ \text{s}) = 140\ \text{m}$$

3. تنتقل موجة صوتية ترددها 2280 Hz وطولها الموجي 0.655 m، في وسط غير معروف. حدّد نوع الوسط.

$$\lambda = \frac{v}{f}$$

لذا فإن

$$v = \lambda f = (0.655\ \text{m})(2280\ \text{Hz})$$
$$= 1490\ \text{m/s}$$

وتقابل هذه السرعة سرعة الصوت في الماء عند 25°C.

صفحة 43

4. افترض أنك في سيارة تتحرك بسرعة 25.0 m/s في اتجاه صفارة إنذار. إذا كان تردد صوت الصفارة 365 Hz، فما التردد الذي ستسمعه؟ علمًا بأن سرعة الصوت في الهواء 343 m/s.

$$v = 343\ \text{m/s}, f_s = 365\ \text{Hz}, v_s = 0,$$

$$v_d = -25.0\ \text{m/s}$$

$$f_d = f_s\left(\frac{v - v_d}{v - v_s}\right)$$
$$= (365\ \text{Hz})\left(\frac{343\ \text{m/s} + 25.0\ \text{m/s}}{343\ \text{m/s}}\right)$$
$$= 392\ \text{Hz}$$

5. افترض أنك في سيارة تتحرك بسرعة 24.6 m/s، وتتحرك سيارة أخرى في اتجاهك بالسرعة نفسها. فإذا انطلق المنبه فيها بتردد 475 Hz، فما التردد الذي ستسمعه؟ علمًا بأن سرعة الصوت في الهواء 343 m/s.

$$v = 343\ \text{m/s}, f_s = 475\ \text{Hz}, v_s = +24.6\ \text{m/s}$$

$$v_d = -24.6\ \text{m/s}$$

$$f_d = f_s\left(\frac{v - v_d}{v - v_s}\right)$$
$$= (475\ \text{Hz})\left(\frac{343\ \text{m/s} + 24.6\ \text{m/s}}{343\ \text{m/s} - 24.6\ \text{m/s}}\right)$$
$$= 548\ \text{Hz}$$

6. تتحرك غوّاصة في اتجاه غوّاصة أخرى بسرعة 9.20 m/s، وتصدر موجات فوق صوتية بتردد 3.50 MHz. ما التردد الذي تلتقطه الغوّاصة الأخرى وهي ساكنة؟ علمًا بأن سرعة الصوت في الماء 1482 m/s.

$$v = 1482\ \text{m/s}, f_s = 3.50\ \text{MHz}$$

$$v_s = 9.20\ \text{m/s}, v_d = 0\ \text{m/s}$$

$$f_d = f_s\left(\frac{v - v_d}{v - v_s}\right)$$
$$= (3.50\ \text{MHz})\left(\frac{1482\ \text{m/s}}{1482\ \text{m/s} - 9.20\ \text{m/s}}\right)$$
$$= 3.52\ \text{MHz}$$

7. يرسل مصدر صوت موجات بتردد 262 Hz. ما السرعة التي يجب أن يتحرك بها المصدر لتزيد حدّة الصوت إلى 271 Hz؟ علمًا بأن سرعة الصوت في الهواء 343 m/s.

$$v = 343\ \text{m/s}, f_s = 262\ \text{Hz}, f_d = 271\ \text{Hz}$$

$$v_d = 0\ \text{m/s}$$

أما v_s فهي كمية غير معروفة القيمة.

$$f_d = f_s\left(\frac{v - v_d}{v - v_s}\right)$$

حل المعادلة السابقة بالنسبة إلى v_s.

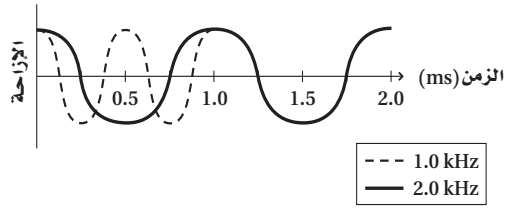
$$v_s = v - \frac{f_s}{f_d}(v - v_d)$$
$$= 343\ \text{m/s} - \left(\frac{262\ \text{Hz}}{271\ \text{Hz}}\right)(343\ \text{m/s} - 0\ \text{m/s})$$
$$= 11.4\ \text{m/s}$$

مراجعة القسم

1–8 خصائص الصوت والكشف عنه (صفحة 44–37)

صفحة 44

8. رسم بياني تتحرك طبلة الأذن إلى الخلف وإلى الأمام استجابة لتغيرات ضغط موجات الصوت. مثّل بيانيًّا العلاقة بين إزاحة طبلة الأذن والزمن لدورتين لنغمة ترددها 1.0 kHz، ولدورتين لنغمة ترددها 2.0 kHz.



9. تأثير الوسط اذكر خصيصتين من خصائص الصوت تتأثران بالوسط الذي تتحرك فيه موجة الصوت، وخصيصتين من الخصائص التي لا تتأثر بالوسط.

الخصيصتان اللتان تتأثران: السرعة والطول الموجي، أما الخصيصتان اللتان لا تتأثران فهما الزمن الدوري والتردد.

10. خصائص الصوت ما الخصيصة الفيزيائية التي يجب تغييرها لموجة صوت حتى تتغير حدّة الصوت؟ وما الخصيصة التي يجب تغييرها حتى يتغير علوّ الصوت؟

التردد، السعة

11. مقياس الديسبل ما نسبة مستوى ضغط صوت جزازة العشب (110 dB) إلى مستوى ضغط صوت محادثة عادية (50 dB)؟

يزداد مستوى ضغط الصوت 10 مرات مقابل كل زيادة مقدارها 20 dB في مستوى الصوت؛ لذا فإن 60 dB تقابل زيادة مقدارها 1000 ضعف في مستوى ضغط الصوت.

12. الكشف المبكر كان الناس في القرن التاسع عشر يضعون آذانهم على مسار سكة الحديد ليترقّبوا وصول القطار. لماذا تُعد هذه الطريقة نافعة؟

إن سرعة الصوت في المواد الصلبة أكبر من سرعته في الغازات. لذا تنتقل موجات الصوت بسرعة أكبر في القضبان الفولاذية مقارنة بسرعة انتقالها في الهواء. وتساعد القضبان على عدم انتشار طاقة الموجات الصوتية على مساحة أكبر؛ لذا لا يتلاشى الصوت بسرعة كما يحدث له في الهواء.

13. الخفافيش يرسل الخفاش نبضات صوت قصيرة بتردد عالٍ ويستقبل الصدى. ما الطريقة التي يميز بها الخفاش بين:

a. الصدى المرتد عن الحشرات الكبيرة والصدى المرتد عن الحشرات الصغيرة إذا كانت على البعد نفسه منه؟

سيختلفان في الشدة، حيث تعكس الحشرات الأكبر طاقةً صوتية أكبر في اتجاه الخفاش.

b. الصدى المرتد عن حشرة طائرة مقتربة منه والصدى المرتد عن حشرة طائرة مبتعدة عنه؟

إن الحشرة التي تطير نحو الخفاش تعيد الصدى بتردد أكبر (انزياح دوبلر)، أما الحشرة التي تطير مبتعدة عن الخفاش فستعيد الصدى بتردد أقل.

14. التفكير الناقد هل يستطيع شرطي يقف على جانب الطريق استخدام الرادار لتحديد سرعة سيارة في اللحظة التي تمر فيها أمامه؟ وضح ذلك.

لا، يجب أن تتحرك السيارة مقتربة أو مبتعدة عن المراقب لملاحظة تأثير دوبلر؛ حيث لا تنتج الحركة المستعرضة أي أثر لتأثير دوبلر.

مسائل تدريبية

8–2 الرنين في الأعمدة الهوائية والأوتار (صفحة 53–45)

صفحة 51

15. إذا وضعت شوكة رنانة تهتز بتردّد 440 Hz فوق أنبوب مغلق، فأوجد الفواصل بين أوضاع الرنين عندما تكون درجة حرارة الهواء 20 °C.

الفواصل بين أوضاع الرنين تساوي $\frac{\lambda}{2}$. وعند استخدام العلاقة التالية: $\lambda = \frac{v}{f}$ فإن الفواصل بين أوضاع الرنين تساوي:

$$\frac{\lambda}{2} = \frac{v}{2f} = \frac{343\ \text{m/s}}{(2)(440\ \text{Hz})} = 0.39\ \text{m}$$

16. استخدمت شوكة رنانة تهتز بتردد 440 Hz مع عمود رنين لتحديد سرعة الصوت في غاز الهيليوم. فإذا كانت الفواصل بين أوضاع الرنين 110 cm، فما سرعة الصوت في غاز الهيليوم؟

الفواصل بين أوضاع الرنين $= 1.1\ \text{m} = \frac{\lambda}{2}$

لذا فإن

$$\lambda = 2.2\ \text{m}$$

$$v = \lambda f = (2.2\ \text{m})(440\ \text{Hz}) = 970\ \text{m/s}$$

17. استخدم طالب عمود هواء عند درجة حرارة 27 °C، ووجد فواصل بين أوضاع الرنين بمقدار 20.2 cm. ما تردّد الشوكة الرنانة؟ استخدم سرعة الصوت في الهواء المحسوبة في المثال 2 عند درجة الحرارة 27 °C .

$$v = 347\ \text{m/s}$$

وذلك عند 27 °C

ومن خلال الفواصل بين أوضاع الرنين نحصل على

$$\frac{\lambda}{2} = 0.202\ \text{m}$$

أو

$$\lambda = 0.404\ \text{m}$$

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{347\ \text{m/s}}{0.404\ \text{m}} = 859\ \text{Hz}$$

مراجعة القسم

8–2 الرنين في الأعمدة الهوائية والأوتار (صفحة 53–45)

صفحة 53

18. مصادر الصوت ما الشيء المهتز الذي ينتج الأصوات في كل ممّا يلي؟

a. الصوت البشري

الحبال الصوتية

b. صوت المذياع

غشاء رقيق (غشاء السماعة)

19. الرنين في الأنابيب المفتوحة ما النسبة بين طول الأنبوب المفتوح والطول الموجي للصوت لإنتاج الرنين الأول؟

طول الأنبوب يساوي نصف الطول الموجي.

20. الرنين في الأوتار يصدر وتر نغمة حادة ترددها 370 Hz. ما ترددات الإيقاعات الثلاثة اللاحقة الناتجة بهذه النغمة؟

إيقاعات الوتر تساوي أعدادًا صحيحة مضروبة في التردد الأساسي، وعليه فإن ترددات الإيقاعات هي:

$$f_2 = 2f_1$$
$$= (2)(370\ \text{Hz})$$
$$= 740\ \text{Hz}$$

$$f_3 = 3f_1$$
$$= (3)(370\ \text{Hz})$$
$$= 1110\ \text{Hz}$$
$$= 1100\ \text{Hz}$$

$$f_4 = 4f_1$$
$$= (4)(370\ \text{Hz})$$
$$= 1480\ \text{Hz}$$
$$= 1500\ \text{Hz}$$

21. الرنين في الأنابيب المغلقة يبلغ طول أنبوب مغلق 2.40 m. ما تردد النغمة التي يصدرها هذا الأنبوب؟

$$\lambda = 4L$$
$$= (4)(2.40\ \text{m})$$
$$= 9.60\ \text{m}$$
$$\lambda = \frac{v}{f}$$
$$f = \frac{v}{\lambda}$$
$$= \frac{343\ \text{m/s}}{9.60\ \text{m}}$$
$$= 35.7\ \text{Hz}$$

22. التفكير الناقد اضرب شوكة رنانة بمطرقة مطاطية واحملها بحيث تكون ذراعك ممدودة، ثم اضغط بمقبضها على طاولة، وباب، وخزانة، وأجسام أخرى. فما الذي تسمعه؟ ولماذا؟

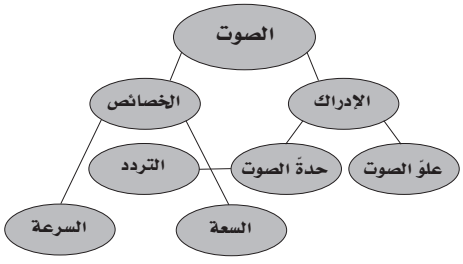
يتضخم صوت الشوكة الرنانة كثيرًا عندما تضغط بمقبضها على أجسام أخرى؛ لأن هذه الأجسام تولّد رنينًا كاللوحات الصوتية. وتختلف الأصوات الناتجة من جسم إلى آخر؛ لأن كلاً منها يولّد رنينًا مع ترددات وإيقاعات مختلفة؛ لذا يكون لها طابع صوت مختلف.

تقويم الفصل

خريطة المفاهيم

صفحة 58

23. أكمل الخريطة المفاهيمية أدناه باستخدام المصطلحات التالية: السعة، الإدراك، حدّة الصوت، السرعة.



إتقان المفاهيم

صفحة 58

24. ما الخصائص الفيزيائية لموجات الصوت؟ (1–8)

يمكن وصف الموجات الصوتية بواسطة التردد، والطول الموجي، والسعة، والسرعة.

25. عند قياس زمن الركض لمسافة 100 m يبدأ المراقبون عند خط النهاية تشغيل ساعات الإيقاف لديهم عند رؤيتهم دخانًا يتصاعد من المسدس الذي يشير إلى بدء السباق، وليس عند سماعهم صوت الإطلاق. فسِّر ذلك. وما الذي يحدث لقياس زمن الركض إذا ابتدأ التوقيت عند سماع الصوت؟ (1–8)

ينتقل الضوء بسرعة $3.00\times10^8\ \text{m/s}$، في حين ينتقل الصوت في الهواء بسرعة 343 m/s. لذا سيرى المراقبون الدخان قبل سماع صوت إطلاق المسدس. وسيكون الزمن أقل من الزمن الفعلي لو اعتمد على سماع الصوت.

26. اذكر نوعين من أنواع إدراك الصوت والخصائص الفيزيائية المرتبطة معهما. (1–8)

الحدّة – التردد؛ العلوّ – السعة.

27. هل يحدث انزياح دوبلر لبعض أنواع الموجات فقط أم لجميع أنواع الموجات؟ (1–8)

لجميع أنواع الموجات.

28. الموجات فوق الصوتية موجات صوتية ترددتها أعلى من تلك التي تسمع بالأذن البشرية، وتنتقل هذه الموجات خلال الجسم البشري. كيف يمكن استخدام الموجات فوق الصوتية لقياس سرعة الدم في الأوردة أو الشرايين؟ وضح كيف تتغير الموجات لتجعل هذا القياس ممكنًا. (1–8)

يستطيع الأطباء قياس انزياح دوبلر من الصوت المنعكس عن خلايا الدم المتحركة. ولأن الدم يتحرك، لذا يحدث انزياح دوبلر لهذا الصوت، وتتقارب الانضغاطات أو تتباعد، مما يؤدي إلى تغيير تردد الموجة.

29. ما الضروري لتوليد الصوت وانتقاله؟ (2–8)

توافر جسم يهتز ووسط مادي.

30. **المشاة** عند وصول جنود المشاة في الجيش إلى جسر فإنهم يسيرون على الجسر بخطوات غير منتظمة. فسّر ذلك. (2–8)

عندما يسير الجنود بخطوات منتظمة ينشأ تردد معين يؤدي إلى اهتزاز الجسر بالتردد نفسه؛ أي يحدث رنين مع الجسر؛ مما يؤدي إلى زيادة سعة اهتزازه ومن ثم انهياره. ولا يكون هناك تضخيم لتردد معين عندما يسيرون بخطوات غير منتظمة.

تطبيق المفاهيم

صفحة 59–58

31. **التقدير** لتقدير المسافة بينك وبين وميض برق بالكيلومترات، عُدّ الثواني بين رؤية الوميض وسماع صوت الرعد، واقسم على 3. وضح كيف تعمل هذه القاعدة.

إن سرعة الصوت تساوي:

$$343\ m/s = 0.343\ km/s = (1/2.92)\ km/s$$

، أو ينتقل الصوت تقريبًا 1 km خلال 3 s؛ لذا قسّم عدد الثواني على 3. أما بالنسبة إلى وحدة الميل فإن الصوت ينتقل تقريبًا 1 mile خلال زمن مقداره 5 s؛ لذا قسّم عدد الثواني على 5.

32. تزداد سرعة الصوت بمقدار 0.6 m/s لكل درجة سلسيوس عند ارتفاع درجة حرارة الهواء بمقدار درجة واحدة. ماذا يحدث لكل مما يلي بالنسبة لصوتٍ ما عند ارتفاع درجة الحرارة؟

a. التردد

لا يوجد تغير في التردد.

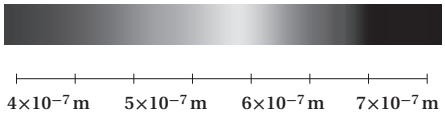
b. الطول الموجي

يزداد الطول الموجي.

33. **الأفلام** انفجر قمر اصطناعي في فيلم خيال علمي؛ حيث سمع الطاقم في مركبة فضائية قريبة من الانفجار صوته وشاهدوه فورًا. إذا اخترت مستشارًا فما الخطآن الفيزيائيان اللذان تلاحظهما ويتعين عليك تصحيحهما؟

أولاً: إذا سمعت صوتًا فإنك ستسمعه بعد رؤيتك للانفجار؛ فموجات الصوت تنتقل أبطأ كثيرًا من الموجات الكهرومغناطيسية. ثانيًا: كثافة المادة في الفضاء قليلة جدًّا، إلى الحد الذي لا تنتشر معه موجات الصوت لذا لن يسمع أي صوت.

34. **الانزياح نحو الأحمر** لاحظ الفلكيون أن الضوء القادم من المجرات البعيدة يبدو مزاحًا نحو الأحمر أكثر من الضوء القادم من المجرات القريبة. فسّر لماذا استنتج الفلكيون أن المجرات البعيدة تتحرك مبتعدة عن الأرض، اعتمادًا على **الشكل 17–8** للطيف المرئي.



■ **الشكل 17–8**

للضوء الأحمر طول موجي أكبر، لذا فإن تردده أقل من تردد الألوان الأخرى. أما بالنسبة إلى انزياح دوبلر للضوء القادم من المجرات البعيدة نحو الترددات المنخفضة (اللون الأحمر) فيشير ذلك إلى أن تلك المجرات تتحرّك مبتعدة عنا.

35. يبلغ مستوى صوت 40 dB. فهل تغيُّر ضغطه أكبر 100 مرة من عتبة السمع، أم 40 مرة؟

للصوت 40 dB ضغط صوت أكبر 100 مرة.

36. إذا ازدادت حدّة الصوت، فما التغير الذي يحدث لكل مما يلي؟

a. التردد

يزداد التردد.

b. الطول الموجي

يقل الطول الموجي.

c. سرعة الموجة

تبقى سرعة الموجة نفسها.

d. سعة الموجة

تبقى السعة نفسها.

37. تزداد سرعة الصوت بازدياد درجة الحرارة. هل تزداد حدّة صوت أنبوب مغلق عند ارتفاع درجة حرارة الهواء أم تقل؟ افترض أن طول الأنبوب لا يتغير.

$\lambda = 4L$ و $v = \lambda f$، لذا فإن $v = 4fL$. إذا ازدادت v وبقيت L ثابتة فإن f تزداد، وتزداد حدّة الصوت أيضًا.

38. يولّد أنبوب مغلق نغمة معينة، فإذا أُزيلت السدادة من نهايته المغلقة ليصبح أنبوبًا مفتوحًا فهل تزداد حدّة الصوت أم تقل؟

تزداد حدّة الصوت؛ حيث يكون التردد أكبر بمقدار الضعف للأنبوب المفتوح مقارنة بالأنبوب المغلق.

إتقان حل المسائل

صفحة 61–59

8–1 خصائص الصوت والكشف عنه

صفحة 60–59

39. إذا سمعت صوت إطلاق قذيفة من مدفع بعيد بعد 5.0 s من رؤيتك للوميض فما بُعد المدفع عنك؟

$$d = vt = (343\ \text{m/s})(5.0\ \text{s}) = 1.7\ \text{km}$$

40. إذا صِحت في وادٍ وسمعت الصدى بعد 3.0 s، فما مقدار عرض الوادي؟

المسافة الكلية المقطوعة تساوي

$$d = vt = (343\ \text{m/s})(3.0\ \text{s})$$

أما المسافة بينك وبين الجانب الآخر للوادي فتساوي:

$$\frac{1}{2}(343\ \text{m/s})(3.0\ \text{s}) = 5.1\times10^{2}\ \text{m}$$

41. إذا انتقلت موجة صوت تردُّدها 4700 Hz في قضيب فولاذي، وكانت المسافة بين التضاغطات المتتالية هي 1.1 m، فما سرعة الموجة؟

$$v = \lambda f = (1.1\ \text{m})(4700\ \text{Hz}) = 5200\ \text{m/s}$$

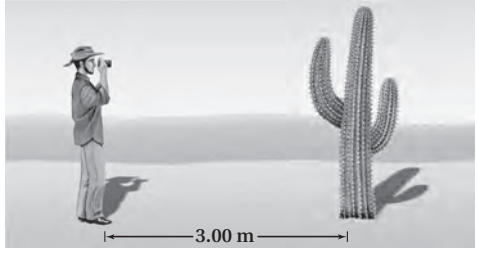
42. الخفافيش يرسل الخفاش موجات صوتية طولها الموجي 3.5 mm. ما تردد الصوت في الهواء؟

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{343\ \text{m/s}}{0.0035\ \text{m}} = 9.8\times10^{4}\ \text{Hz}$$

43. ينتقل صوت تردده 261.6 Hz خلال ماء درجة حرارته 25 °C. أوجد الطول الموجي لموجات الصوت في الماء. (لا تخلط بين الموجات الصوتية المتحركة خلال الماء والموجات السطحية المتحركة فيه).

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{1493\ \text{m/s}}{261.6\ \text{Hz}} = 5.707\ \text{m}$$

44. التصوير الفوتوجرافي تحدّد بعض الكاميرات بُعد الجسم عن طريق إرسال موجة صوت وقياس الزمن الذي يحتاج إليه الصدى للعودة إلى الكاميرا، كما يبين **الشكل 18–8**. ما الزمن الذي تحتاج إليه موجة الصوت حتى تعود إلى الكاميرا إذا كان بعد الجسم عنها يساوي 3.00 m؟



■ الشكل 18–8

المسافة الكلية التي يجب أن يقطعها الصوت تساوي

$$6.00\ \text{m}$$

$$v = \frac{d}{t}$$

لذا فإن

$$t = \frac{d}{v} = \frac{6.00\ \text{m}}{343\ \text{m/s}} = 0.0175\ \text{s}$$

45. إذا كان الطول الموجي لموجات صوت ترددها 2.40×10^{2} Hz في ماء نقي هو 3.30 m فما سرعة الصوت في هذا الماء؟

$$v = \lambda f = (3.30\ \text{m})(2.40\times10^{2}\ \text{Hz})$$
$$= 7.92\times10^{2}\ \text{m/s}$$

46. ينتقل صوت تردّده 442 Hz خلال قضيب حديد. أوجد الطول الموجي لموجات الصوت في الحديد.

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{5130\ \text{m/s}}{442\ \text{Hz}} = 11.6\ \text{m}$$

47. الطائرة النفاثة يعمل موظف في المطار بالقرب من طائرة نفاثة على وشك الإقلاع، فتأثر بصوت مستواه 150 dB.

a. إذا وضع الموظف أداة حماية للأذن تخفض مستوى الصوت إلى حد صوت النشيد الوطني المدرسي فما مقدار الانخفاض في المستوى؟

إن مستوى صوت النشيد 110 dB، لذا يتطلب تخفيضًا بمقدار 40 dB.

b. إذا سمع الموظف صوتًا مثل الهمس لا يكاد يُسمع إلا بصعوبة فما الذي يسمعه شخص لا يضع أداة الحماية على أذنيه؟

إن الهمس الذي يكاد يكون مسموعًا له مستوى صوت 10 dB، لذا فإن المستوى الفعلي سيكون 50 dB، أو مماثلا لمستوى متوسط صوت طلاب صف دراسي.

48. النشيد تُنشد فرقة نشيد بصوت مستواه 80 dB. ما مقدار الزيادة في ضغط الصوت لفرقة أخرى تُنشد بالمستويات التالية؟

a. 100 dB

كل زيادة مقدارها 20 dB تؤدي إلى زيادة في الضغط مقدارها 10 مرات؛ لذا ينتج ضغط أكبر 10 مرات.

b. 120 dB

$10 \times 10 = 100$ ؛ أي 100 مرة ضغط أكبر

49. يهتز ملف نابضي للعبة بتردد 4.0 Hz بحيث تظهر موجات موقوفة بطول موجي 0.50 m. ما سرعة انتشار الموجة؟

$$v = \lambda f = (0.50\ \text{m})(4.0\ \text{s}^{-1}) = 2.0\ \text{m/s}$$

50. يجلس مشجع في مباراة كرة قدم على بُعد 152 m من حارس المرمى في يوم دافئ درجة حرارته 30 °C. احسب مقدار:

a. سرعة الصوت في الهواء عند درجة حرارة 30 °C.

تزداد السرعة بمعدل 0.6 m/s لكل 1°C، لذا فإنه عند ارتفاع درجة الحرارة من 20°C حتى 30°C، تكون الزيادة في السرعة 6 m/s. لذا تصبح السرعة تساوي

$$343 + 6 = 349\ \text{m/s}$$

b. الزمن الذي يحتاج إليه المشجع ليسمع صوت ضرب الكرة بعد مشاهدته لضرب الحارس لها.

$$t = \frac{d}{v} = \frac{152\ \text{m}}{349\ \text{m}} = 0.436\ \text{s}$$

51. وقف شخص على بُعد d من جرف صخري، كما يبين **الشكل 19–8** فإذا كانت درجة الحرارة 15 °C، وصفّق الشخص بيديه فسمع صدى الصوت بعد 2.0 s، فما بُعد الجرف الصخري؟

■ **الشكل 19–8**

عند درجة حرارة 15°C تكون سرعة الصوت أبطأ بمقدار 3 m/s، مقارنة بسرعة الصوت عند درجة حرارة 20°C؛ لذا فإن سرعة الصوت تصبح 340 m/s عند درجة الحرارة تلك.

$$v = 340\ \text{m/s}$$

و

$$2t = 2.0\ \text{s}$$

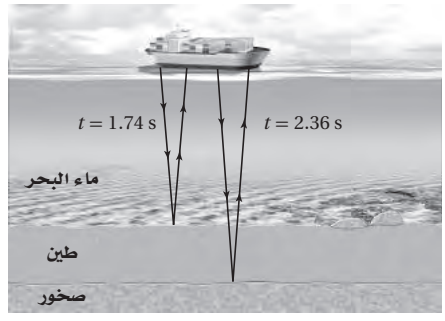
$$d = vt = (340\ \text{m/s})(1.0\ \text{s}) = 3.4 \times 10^2\ \text{m}$$

52. التصوير الطبي تستخدم موجات فوق صوتية بتردّد 4.25 MHz للحصول على صور للجسم البشري. فإذا كانت سرعة الصوت في الجسم مماثلة لسرعته في الماء المالح وهي 1.50 km/s، فما الطول الموجي لموجة ضغط تردُّدها 4.25 MHz في الجسم؟

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{1.50 \times 10^3\ \text{m/s}}{4.25 \times 10^6\ \text{Hz}}$$

$$= 0.353\ \text{mm}$$

53. السونار تمسح سفينة قاع المحيط بإرسال موجات سونار مباشرة من السطح إلى أسفل سطح الماء، كما يبين **الشكل 20–8**. وتستقبل السفينة الانعكاس الأول عن الطين عند القاع بعد زمن مقداره 1.74 s من إرسال الموجات. ويصل الانعكاس الثاني عن الصخور تحت الطين بعد 2.36 s. فإذا كانت درجة حرارة ماء المحيط 25 °C، وسرعة الصوت في الطين 1875 m /s، فاحسب ما يلي:



الشكل 20–8 ■

a. عمق الماء.

سرعة الصوت في ماء البحر تساوي 1533 m/s، وزمن رحلة الصوت خلال الذهاب أو الإياب فقط يساوي 0.87 s، لذا فإن:

$$d_{\text{ماء}} = vt_{\text{ماء}}$$
$$= (1533\ \text{m/s})(0.87\ \text{s})$$
$$= 1300\ \text{m}$$

b. سمك طبقة الطين.

مقدار زمن رحلة الصوت ذهابًا وإيابًا خلال طبقة الطين يساوي

$$2.36\ \text{s} - 1.74\ \text{s} = 0.62\ \text{s}$$

مقدار زمن رحلة الصوت ذهابًا أو إيابًا فقط خلال طبقة الطين يساوي 0.31 s، لذا فإن

$$d_{\text{الطين}} = vt_{\text{الطين}}$$
$$= (1875\ \text{m/s})(0.31\ \text{s})$$
$$= 580\ \text{m}$$

54. تتحرك سيارة إطفاء بسرعة 35 m/s، وتتحرك حافلة أمام سيارة الإطفاء في الاتجاه نفسه بسرعة 15 m/s. فإذا انطلقت صفارة إنذار سيارة الإطفاء بتردد 327 Hz فما التردّد الذي يسمعه سائق الحافلة؟

$$v_s = 35\ \text{m/s},\ v = 343\ \text{m/s},\ v_d = 15\ \text{m/s},$$

$$f_s = 327\ \text{Hz}$$

$$f_d = f_s\left(\frac{v - v_d}{v - v_s}\right)$$
$$= (327\ \text{Hz})\left(\frac{343\ \text{m/s} - 15\ \text{m/s}}{343\ \text{m/s} - 35\ \text{m/s}}\right) = 350\ \text{Hz}$$

55. يتحرك قطار في اتجاه مراقب صوت، وعندما كانت سرعته 31 m/s انطلقت صفارته بتردد 305 Hz. ما التردد الذي يستقبله المراقب في كل حالة مما يلي:

a. المراقب ثابت.

$$f_d = f_s\left(\frac{v - v_d}{v - v_s}\right)$$
$$= \frac{(305\ \text{Hz})(343\ \text{m/s} - 0)}{343\ \text{m/s} - 31.0\ \text{m/s}}$$
$$= 335\ \text{Hz}$$

b. المراقب يتحرك في اتجاه القطار بسرعة 21.0 m/s.

$$f_d = f_s\left(\frac{v - v_d}{v - v_s}\right)$$
$$= \frac{(305\ \text{Hz})(343\ \text{m/s} - (-21.0\ \text{m/s}))}{343\ \text{m/s} - 31.0\ \text{m/s}}$$
$$= 356\ \text{Hz}$$

56. إذا تحرك القطار في المسألة السابقة مبتعدًا عن المراقب فما التردد الذي يستقبله الكاشف في كل حالة مما يلي:

a. المراقب ثابت.

$$f_d = f_s\left(\frac{v - v_d}{v - v_s}\right)$$
$$= \frac{(305\ \text{Hz})(343\ \text{m/s} - 0)}{343\ \text{m/s} - (-31.0\ \text{m/s})}$$
$$= 2.80 \times 10^2\ \text{Hz}$$

b. المراقب يتحرك مبتعدًا عن القطار بسرعة 21.0 m/s.

$$f_d = f_s\left(\frac{v - v_d}{v - v_s}\right)$$

$$= \frac{(305\ \text{Hz})(343\ \text{m/s} - 21.0\ \text{m/s})}{343\ \text{m/s} - (-31.0\ \text{m/s})}$$

$$= 2.63\times10^{2}\ \text{Hz}$$

8–2 الرنين في الأعمدة الهوائية والأوتار

صفحة 61–60

57. أنبوب في وضع رأسي مملوء بالماء وله صنبور عند قاعدته، وتهتز شوكة رنانة فوق طرفه العلوي. فإذا سُمع رنين عند تخفيض مستوى الماء في الأنبوب بمقدار 17 cm، وسُمع رنين مرة أخرى عند تخفيض مستوى الماء عن فوهة الأنبوب بمقدار 49 cm، فما تردّد الشوكة الرنانة؟

$$49\ \text{cm} - 17\ \text{cm} = 32\ \text{cm}$$

أو

$$0.32\ \text{m}$$

يوجد $\frac{1}{2}\lambda$ بين نقطتي الرنين

$$\frac{1}{2}\lambda = 0.32\ \text{m}$$

$$\lambda = 0.64\ \text{m}$$

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{343\ \text{m/s}}{0.64\ \text{m}}$$

$$= 540\ \text{Hz}$$

58. **السمع البشري** القناة السمعية التي تؤدي إلى طبلة الأذن عبارة عن أنبوب مغلق طوله 3.0 cm. أوجد القيمة التقريبية لأقل تردّد رنين. أهمل تصحيح النهاية.

$$L = \frac{\lambda}{4}$$

$$\lambda = \frac{v}{f}$$

$$f = \frac{v}{4L}$$

$$= \frac{343\ \text{m/s}}{(4)(0.030\ \text{m})}$$

$$= 2.9\ \text{kHz}$$

59. إذا أمسكت قضيب ألومنيوم طوله 1.2 m من منتصفه وضربت أحد طرفيه بمطرقة فسيهتز كأنه أنبوب مفتوح، ويكون هناك بطن ضغط عند مركز القضيب؛ بسبب توافق بطون الضغط لعُقَد الحركة الجزيئية. فإذا كانت سرعة الصوت في الألومنيوم 5150 m/s فما أقل تردّد اهتزاز للقضيب؟

طول القضيب يساوي $\frac{1}{2}\lambda$، لذا فإن

$$\lambda = 2.4\ \text{m}$$

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{5150\ \text{m/s}}{2.4\ \text{m}} = 2.1\ \text{kHz}$$

60. إذا أنتج أنبوب مفتوح نغمة تردّدها 370 Hz فما ترددات الإيقاعات الثاني، والثالث، والرابع المصاحبة لهذا التردد؟

$$f_2 = 2f_1 = (2)(370\ \text{Hz})$$

$$= 740\ \text{Hz}$$

$$f_3 = 3f_1 = (3)(370\ \text{Hz}) = 1110\ \text{Hz}$$

$$= 1100\ \text{Hz}$$

$$f_4 = 4f_1 = (4)(370\ \text{Hz}) = 1480\ \text{Hz}$$

$$= 1500\ \text{Hz}$$

61. إذا أنتج أنبوب مغلق نغمة تردّدها 370 Hz فما تردّد أقل ثلاثة إيقاعات يُنتجها هذا الأنبوب؟

$$3f_1 = (3)(370\ \text{Hz}) = 1110\ \text{Hz} = 1100\ \text{Hz}$$

$$5f_1 = (5)(370\ \text{Hz}) = 1850\ \text{Hz} = 1800\ \text{Hz}$$

$$7f_1 = (7)(370\ \text{Hz}) = 2590\ \text{Hz} = 2600\ \text{Hz}$$

62. ضبط وتر طوله 65.0 cm لينتج أقل تردّد، ومقداره 196 Hz. احسب مقدار:

a. سرعة الموجة في الوتر.

$$\lambda_1 = 2L = (2)(0.650\ \text{m})$$

$$= 1.30\ \text{m}$$

$$v = \lambda f = (1.30\ \text{m})(196\ \text{Hz})$$

$$= 255\ \text{m/s}$$

b. الترددين التاليين لرنين هذا الوتر.

$$f_2 = 2f_1 = (2)(196\ \text{Hz}) = 392\ \text{Hz}$$

$$f_3 = 3f_1 = (3)(196\ \text{Hz}) = 588\ \text{Hz}$$

63. يمثّل **الشكل 21–8** أنبوبًا بلاستيكيًّا مموَّجًا مرنًا طوله 0.85 m. وعندما يتأرجح ينتج نغمة ترددها يماثل أقل تردّد ينتجه أنبوب مفتوح له الطول نفسه. فما تردُّد النغمة؟

■ **الشكل 21–8**

$$L = 0.85\ \text{m} = \frac{\lambda}{2},$$

لذا فإن

$$\lambda = 1.7\ \text{m}$$

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{343\ \text{m/s}}{1.7\ \text{m}} = 2.0\times10^2\ \text{Hz}$$

64. إذا تأرجح الأنبوب في المسألة السابقة بسرعة أكبر منتجًا نغمة حدّتها أعلى، فما التردد الجديد؟

$$f_2 = 2f_1 = (2)(2.0\times10^2\ \text{Hz}) = 4.0\times10^2\ \text{Hz}$$

65. إذا كانت سعة موجة ضغط خلال محادثة عادية 0.020 Pa،

a. فما القوة المؤثرة في طبلة أذن مساحتها $0.52\ \text{cm}^2$؟

$$F = PA$$

$$= (0.020\ \text{N/m}^2)(0.52\times10^{-4}\ \text{m}^2)$$

$$= 1.0\times10^{-6}\ \text{N}$$

b. إذا انتقلت القوة نفسها التي في الفرع a كاملة إلى العظام الثلاثة في الأذن الوسطى، فما مقدار القوة التي تؤثر بها هذه العظام في الفتحة البيضية؛ أي الغشاء المرتبط مع العظمة الثالثة؟ علمًا بأن الفائدة الميكانيكية لهذه العظام 1.5.

$$MA = \frac{F_r}{F_e}$$

لذا فإن

$$F_r = (MA)(F_e)$$

$$F_r = (1.5)(1.0\times10^{-6}\ \text{N}) = 1.5\times10^{-6}\ \text{N}$$

c. ما مقدار الضغط الإضافي الذي انتقل إلى السائل الموجود في القوقعة نتيجة تأثير هذه القوة، إذا كانت مساحة الفتحة البيضية $0.026\ \text{cm}^2$؟

$$P = \frac{F}{A} = \frac{1.5\times10^{-6}\ \text{N}}{0.026\times10^{-4}\ \text{m}^2} = 0.58\ \text{Pa}$$

مراجعة عامة

صفحة 62–61

66. أنبوب مفتوح طوله 1.65 m. ما نغمة التردّد الأساسي التي ينتجها في الهيليوم عند درجة حرارة 0 °C؟

طول الأنبوب المفتوح يساوي نصف الطول الموجي للتردد الأساسي، وعليه، فإن $\lambda = 3.30\ \text{m}$.

إن سرعة الصوت في الهيليوم تساوي 972 m/s، لذا فإن

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{972\ \text{m/s}}{3.30\ \text{m}} = 295\ \text{Hz}$$

67. يطير طائر نحو رائد فضاء على كوكب مكتشف حديثًا بسرعة 19.5 m/s، ويُغرِّد بحدّة مقدارها 954 Hz. فإذا سمع الرائد النغمة بتردّد 985 Hz فما سرعة الصوت في الغلاف الجوي لهذا الكوكب؟

$$f_d = 985\ \text{Hz}, f_s = 945\ \text{Hz}, v_s = 19.5\ \text{m/s}$$

$$v = ?$$

$$\frac{f_d}{f_s} = \frac{v}{v - v_s} = \frac{1}{1 - \frac{v_s}{v}}$$

لذا فإن

$$\frac{v_s}{v} = 1 - \frac{f_s}{f_d}$$

أو

$$v = \frac{v_s}{1 - \frac{f_s}{f_d}} = \frac{19.5\ \text{m/s}}{1 - \left(\frac{945\ \text{Hz}}{985\ \text{Hz}}\right)}$$

$$= 4.80\times10^2\ \text{m/s}$$

68. إذا ألقيت حجرًا في بئر عمقها 122.5 m كما في **الشكل 22–8**، فبعد كم ثانية تسمع صوت ارتطام الحجر بقاع البئر؟

■ **الشكل 22–8**

احسب أولا الزمن الذي يحتاج إليه الحجر عند سقوطه ليصل إلى قعر البئر بالمعادلة التالية:

$$d = \frac{1}{2}gt^2$$

لذا فإن

$$t = \sqrt{\frac{d}{\frac{1}{2}g}} = \sqrt{\frac{122.5\ \text{m}}{\left(\frac{1}{2}\right)(9.80\ \text{m/s}^2)}}$$

$$= 5.00\ \text{s}$$

يحسب الزمن الذي يستغرقه الصوت عند عودته إلى أعلى بالمعادلة التالية:

$$d = v_s t$$

لذا فإن

$$t = \frac{d}{v_s} = \frac{122.5\ \text{m}}{343\ \text{m/s}}$$

$$= 0.357\ \text{s}$$

الزمن الكلي يساوي

$$5.00\ \text{s} + 0.357\ \text{s} = 5.36\ \text{s}$$

69. تستخدم سفينة موجات السونار بتردّد 22.5 kHz. فإذا كانت سرعة الصوت في ماء البحر 1533 m/s فما مقدار التردّد الذي يصل السفينة بعد انعكاسه عن حوت يتحرك بسرعة 4.15 m/s مبتعدًا عن السفينة؟ افترض أن السفينة ساكنة.

الجزء الأول: من السفينة حتى الحوت

$$v_d = +4.15\ \text{m/s},\ v = 1533\ \text{m/s},$$

$$f_s = 22.5\ \text{kHz},\ v_s = 0$$

$$f_d = f_s\left(\frac{v - v_d}{v - v_s}\right)$$

$$= (22.5\ \text{kHz})\left(\frac{1533\ \text{m/s} - 4.15\ \text{m/s}}{1533\ \text{m/s}}\right)$$

$$= 22.4\ \text{kHz}$$

الجزء الثاني: من الحوت حتى السفينة

$$v_s = -4.15\ \text{m/s},\ v = 1533\ \text{m/s},$$

$$f_s = 22.4\ \text{kHz},\ v_d = 0$$

$$f_d = f_s\left(\frac{v - v_d}{v - v_s}\right) = (22.4\ \text{kHz})\left(\frac{1533\ \text{m/s}}{1533\ \text{m/s} + 4.15\ \text{m/s}}\right)$$

$$= 22.3\ \text{kHz}$$

70. يتحرك قطار نحو نفق بسرعة **37.5 m/s**، ويصدر صوتًا بتردّد **327 Hz**، فيرتد الصوت من فتحة النفق. ما تردّد الصوت المنعكس الذي يُسمع في القطار، علمًا بأن سرعة الصوت في الهواء كانت **343 m/s**؟ تلميح: *حل المسألة في جزأين، افترض في الجزء الأول أن النفق مراقب ثابت، واحسب التردّد. ثم افترض في الجزء الثاني أن النفق مصدر ثابت، واحسب التردّد المقيس في القطار.*

الجزء الأول:

$$v_s = +37.5\ \text{m/s},\ v = 343\ \text{m/s},$$

$$f_s = 327\ \text{Hz}$$

$$f_d = f_s\left(\frac{v - v_d}{v - v_s}\right) = (327\ \text{Hz})\left(\frac{343\ \text{m/s}}{343\ \text{m/s} - 37.5\ \text{m/s}}\right)$$

$$= 367\ \text{Hz}$$

الجزء الثاني:

$$v_d = -37.5\ \text{m/s},\ v = 343\ \text{m/s},$$

$$f_s = 367\ \text{Hz}$$

$$f_d = f_s\left(\frac{v - v_d}{v - v_s}\right) = (367\ \text{Hz})\left(\frac{343\ \text{m/s} - (-37.5\ \text{m/s})}{343\ \text{m/s}}\right)$$

$$= 407\ \text{Hz}$$

التفكير الناقد

صفحة 62

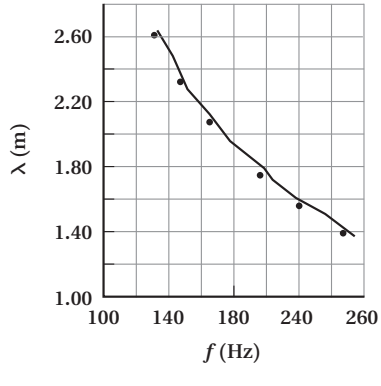
71. إنشاء الرسوم البيانية واستخدامها يبين **الجدول 2–8** الأطوال الموجية لموجات صوتية ناتجة عن مجموعة من الشوكات الرنانة عند تردّدات معيّنة.

الجدول 2–8

الشوكات الرنانة	
الطول الموجي (m)	التردد (Hz)
2.62	131
2.33	147
2.08	165
1.75	196
1.56	220
1.39	247

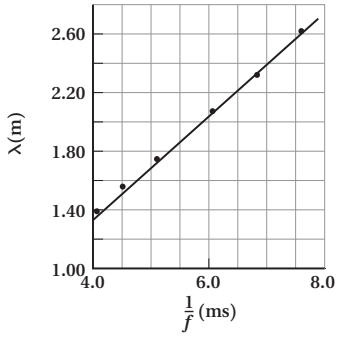
a. مثّل بيانيًّا العلاقة بين الطول الموجي والتردّد (المتغير المضبوط). ما نوع العلاقة التي يبيّنها الرسم البياني؟

يبين الرسم البياني وجود علاقة عكسية بين التردد والطول الموجي.



b. مثّل بيانيًّا العلاقة بين الطول الموجي ومقلوب التردّد $\left(\frac{1}{f}\right)$. ما نوع العلاقة التي يبيّنها الرسم البياني؟ حدّد سرعة الصوت من الرسم البياني.

يبين الرسم البياني وجود علاقة طردية بين الزمن الدوري $\left(\frac{1}{f}\right)$ والطول الموجي. ويمكن حساب سرعة الصوت من خلال حساب ميل الخيط الموضح في الرسم البياني، والذي يساوي تقريبًا 343 m/s.



72. إعداد الرسوم البيانية افترض أن تردّد بوق سيارة يساوي 300 Hz عندما كانت السيارة ثابتة، فكيف يكون الرسم البياني للعلاقة بين التردّد والزمن عندما تقترب السيارة منك ثم تتحرك مبتعدة عنك؟ صمّم مخطّطًا تقريبيًّا للمسألة.

يجب أن يوضح الرسم البياني ترددًا ثابتًا نوعًا ما أعلى من 300 Hz عندما تقترب السيارة، ويوضح ترددًا ثابتًا نوعًا ما أقل من 300 Hz عندما تبتعد.

73. حلّل واستنتج صف كيف تستخدم ساعة إيقاف لتقدر سرعة الصوت إذا كنت على بعد 200 m من حفرة ملعب جولف، وكان مجموعة من اللاعبين يضربون كراتهم. هل يكون تقديرك لسرعة الصوت كبيرًا جدًّا أم صغيرًا جدًّا؟

تبدأ تشغيل الساعة لقياس الزمن لحظة رؤيتك اللاعب يضرب الكرة، وتوقفها لحظة سماعك صوت الضربة. ويمكن حساب السرعة من خلال قسمة المسافة 200 m على الزمن المقيس. سيكون الزمن المقيس كبيرًا؛ وذلك لأنك تستطيع تحديد لحظة ضرب الكرة بالنظر بدقة، ولكنك لا تستطيع تحديد لحظة وصول الصوت بدقة، ومن ثم تكون السرعة المحسوبة قليلة جدًّا.

تابع الفصل 8

74. تطبيق المفاهيم وجد أن تردد موجة ضوء قادمة من نقطة على الحافة اليسرى للشمس أكبر قليلاً من تردّد الضوء القادم من الجهة اليمنى. علام يدل هذا بالنسبة لحركة الشمس اعتمادًا على هذا القياس؟

يجب أن تدور الشمس حول محورها بنفس نمط دوران الأرض. ويشير انزياح دوبلر إلى أن الجانب الأيسر من الشمس يقترب نحونا، في حين يبتعد الجانب الأيمن عنا.

الكتابة في الفيزياء

صفحة 62

75. ابحث في استخدام تأثير دوبلر في دراسة الفلك. ما دوره في نظرية الانفجار الكبير؟ وكيف يستخدم في الكشف عن الكواكب حول النجوم، ودراسة حركة المجرّات؟

يجب أن يناقش الطلاب عمل إدوين هابل، والانزياح نحو الأحمر، وتمدد الكون، والتحليل الطيفي، واكتشاف التذبذبات في حركة أنظمة الكوكب– النجم.

مراجعة تراكمية

صفحة 62

76. ما سرعة الموجات المتولّدة في وتر طوله 60.0 cm، إذا نُقر في منطقة الوسط فأنتج نغمة ترددها 440 Hz؟ (الفصل 7)

$$\lambda = 2L = 2(0.600\ \text{m}) = 1.20\ \text{m}$$

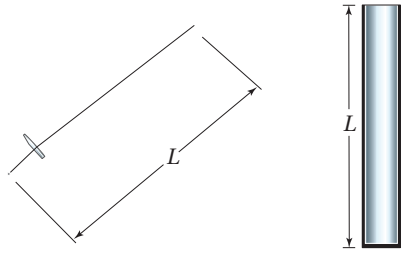
$$v = \lambda f = (1.20\ \text{m})(440\ \text{Hz}) = 530\ \text{m/s}$$

مسألة تحفيز

صفحة 52

1. حدّد قوة الشد، F_T، في وتر كتلته m وطوله L، عندما يهتز بالتردد الأساسي، والذي يساوي التردد نفسه لأنبوب مغلق طوله L. عبّر عن إجابتك بدلالة m وL وسرعة الصوت في الهواء v. استخدم معادلة سرعة الموجة في

$u = \sqrt{\frac{F_T}{\mu}}$، حيث تمثل F_T قوة الشد في الوتر، و μ الكتلة لكل وحدة طول من الوتر.



يساوي الطول الموجي الأساسي في الأنبوب المغلق 4L، لذا فإن التردد $f = \frac{v}{4L}$. والطول الموجي الأساسي في الوتر يساوي 2L، لذا فإن تردد الوتر $f = \frac{u}{2L}$، حيث u هي سرعة الموجة في الوتر

$$u = \sqrt{\frac{F_T}{\mu}}$$

والكتلة لكل وحدة طول للوتر هي $\mu = m/L$، وبتربيع الترددين وترتيبهما بعلاقة مساواة ينتج

$$\frac{v^2}{16L^2} = \frac{u^2}{4L^2}$$

$$= \frac{F_T}{4L^2\mu}$$

$$= \frac{F_T L}{4L^2 m}$$

$$= \frac{F_T}{4Lm}$$

أخيرًا، بإعادة الترتيب بالنسبة إلى قوة الشد ينتج

$$F_T = \frac{mv^2}{4L}$$

2. ما مقدار قوة الشد في وتر كتلته 1.0 g وطوله 40.0 cm يهتز بالتردد نفسه لأنبوب مغلق له الطول نفسه؟

بالنسبة إلى وتر كتلته 1.0 g وطوله 0.40 m، فإن قوة الشد تساوي

$$F_T = \frac{mv^2}{4L} = \frac{(0.0010\ \text{kg})(343\ \text{m/s})^2}{4(0.400\ \text{m})} = 74\ \text{N}$$

مسائل تدريبية

9–1 الاستضاءة (صفحة 73–65)

صفحة 70

1. تحرّك مصباح فوق صفحات كتاب من مسافة 30 cm إلى 90 cm. قارن بين استضاءة الكتاب قبل الحركة وبعدها.

$$\frac{E_{\text{بعد}}}{E_{\text{قبل}}} = \frac{\left(\frac{\mathrm{P}}{4\pi d_{\text{بعد}}^2}\right)}{\left(\frac{\mathrm{P}}{4\pi d_{\text{قبل}}^2}\right)} = \frac{d_{\text{قبل}}^2}{d_{\text{بعد}}^2} = \frac{(30\ \text{cm})^2}{(90\ \text{cm})^2} = \frac{1}{9}$$

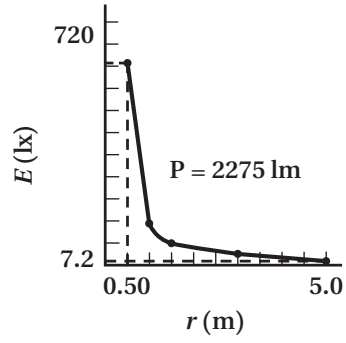
لذا فإنه بعد تحرّك المصباح الكهربائي فإن الاستضاءة تعادل $\frac{1}{9}$ الاستضاءة الأصلية.

2. ارسم المنحنى البياني للاستضاءة المتولّدة بواسطة مصباح ضوئي متوهج قدرته 150 W بين 0.50 m و5.0 m.

الاستضاءة لمصباح قدرته 150 W

$$P = 2275\ \text{lm},\ d = 0.50, 0.75, \ldots, 5.0\ \text{m}$$

$$E(d) = \frac{\mathrm{P}}{4\pi d^2}$$



3. مصدر ضوئي نقطي شدّة إضاءته 64 cd يقع على ارتفاع 3.0 m فوق سطح مكتب. ما الاستضاءة على سطح المكتب بوحدة لوكس (lx)؟

$$\mathrm{P} = 4\pi(64\ \text{cd}) = 256\pi\ \text{lm}$$

لذا فإن

$$E = \frac{\mathrm{P}}{4\pi d^2} = \frac{256\pi\ \text{lm}}{4\pi(3.0\ \text{m})^2} = 7.1\ \text{lx}$$

4. يتطلب قانون المدارس الحكومية أن تكون الاستضاءة الصغرى 160 lx على سطح كل مقعد. وتقتضي المواصفات التي يوصي بها المهندسون المعماريون أن تكون المصابيح الكهربائية على بعد 2.0 m فوق المقاعد. ما مقدار أقل تدفق ضوئي تولده المصابيح الكهربائية؟

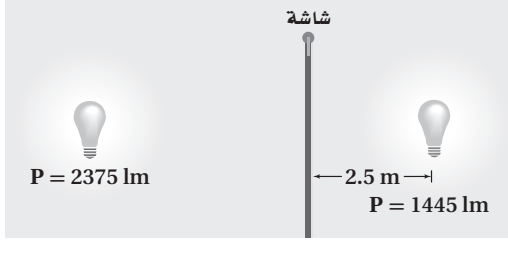
$$E = \frac{\mathrm{P}}{4\pi d^2}$$

$$\mathrm{P} = 4\pi E d^2$$

$$= 4\pi\ (160\ \text{lm/m}^2)(2.0\ \text{m})^2$$

$$= 8.0\times10^3\ \text{lm}$$

5. وضعت شاشة بين مصباحين كهربائيين يُضيئانها بالتساوي، كما في **الشكل 7–9**. فإذا كان التدفق الضوئي للمصباح الأول 1445 lm عندما كان يبعد مسافة 2.5 m عن الشاشة فما بُعد المصباح الثاني عن الشاشة إذا كان تدفقه الضوئي 2375 lm؟



■ **الشكل 7–9**

$$E_1 = E_2$$

لذا فإن

$$\frac{\mathrm{P}_1}{{d_1}^2} = \frac{\mathrm{P}_2}{{d_2}^2}$$

أو

$$d_2 = d_1\sqrt{\frac{\mathrm{P}_2}{\mathrm{P}_1}}$$

$$= (2.5\ \text{m})\sqrt{\frac{2375\ \text{lm}}{1445\ \text{lm}}}$$

$$= 3.2\ \text{m}$$

مراجعة القسم

9–1 الاستضاءة (صفحة 73–65)

صفحة 73

6. الاستضاءة هل يولّد مصباح كهربائي واحد إضاءة أكبر من مصباحين مماثلين يقعان على ضعف بُعد مسافة المصباح الأول؟ وضّح إجابتك.

يولّد مصباح واحد استضاءة أكبر مرتين من الاستضاءة التي يولّدها مصباحان مماثلان معًا يقعان عند ضعف المسافة؛ لأن

$$E \propto \frac{P}{d^2}$$

7. المسافة التي يقطعها الضوء يمكن إيجاد بُعد القمر باستخدام مجموعة من المرايا يحملها روّاد الفضاء على سطح القمر. فإذا تم إرسال نبضة ضوء إلى القمر وعادت إلى الأرض خلال 2.562 s، فاحسب المسافة بين الأرض وسطح القمر، مستخدمًا القيمة المقيسة لسرعة الضوء.

$$d = ct$$
$$= (299800000\ \text{m/s})(\tfrac{1}{2})(2.562\ \text{s})$$
$$= 3.840\times10^{8}\ \text{m}$$

8. شدة الإضاءة يضيء مصباحان شاشة بالتساوي بحيث يقع المصباح A على بعد 5.0 m، ويقع المصباح B على بعد 3.0 m، فإذا كانت شدة إضاءة المصباح A 75 cd، فما شدة إضاءة المصباح B؟

$$E = \frac{I}{d^2}$$

لما كانت الاستضاءة متساوية

$$E_1 = E_2$$

فإن

$$\frac{I_1}{d_1^{\,2}} = \frac{I_2}{d_2^{\,2}}$$

أو

$$I_2 = \frac{I_1 d_2^{\,2}}{d_1^{\,2}}$$
$$= \frac{(75\ \text{cd})(3.0\ \text{m})^2}{(5.0\ \text{m})^2} = 27\ \text{cd}$$

9. بُعد المصدر الضوئي افترض أن مصباحًا كهربائيًّا يضيء سطح مكتبك ويولّد فقط نصف الاستضاءة المطلوبة. فإذا كان المصباح يبعد حاليًّا مسافة 1.0 m فكم ينبغي أن يكون بعده ليولّد الاستضاءة المطلوبة؟

تعتمد الاستضاءة على $\frac{1}{d^2}$

لذا فإن

$$\frac{E_i}{E_f} = \frac{d_f^{\,2}}{d_i^{\,2}} = \frac{1}{2}$$
$$\frac{d_f^{\,2}}{(1.0\ \text{m})^2} = \frac{1}{2}$$
$$d_f = \sqrt{\tfrac{1}{2}}\ \text{m}$$
$$= 0.71\ \text{m}$$

10. التفكير الناقد استخدم الزمن الصحيح الذي يحتاج إليه الضوء لقطع مسافة تعادل قطر مدار الأرض والذي يساوي 16.5 min، وقطر مدار الأرض 2.98×10^{11} m، وذلك لحساب سرعة الضوء باستخدام طريقة رومر. وهل تبدو هذه الطريقة دقيقة؟ ولماذا؟

$$v = \frac{d}{t} = \frac{3.0\times10^{11}}{(16\ \text{min})(60\ \text{s/min})}$$
$$= 3.1\times10^{8}\ \text{m/s}$$

مسائل تدريبية

9–2 الطبيعة الموجية للضوء (صفحة 85–74)

صفحة 84

11. ما تردّد خط طيف الأكسجين إذا كان طوله الموجي 513 nm؟

استخدم المعادلة $\lambda = \frac{c}{f}$ **وحلها بالنسبة لـ** f

$$f = \frac{c}{\lambda}$$
$$= \frac{3.00\times10^{8}\ \text{m/s}}{5.13\times10^{-7}\ \text{m}}$$
$$= 5.85\times10^{14}\ \text{Hz}$$

تابع الفصل 9

12. تتحرك ذرة هيدروجين في مجرة بسرعة $6.55\times10^{6}\ \text{m/s}$ مبتعدة عن الأرض، وتبعث ضوءًا بتردّد $6.16\times10^{14}\ \text{Hz}$. ما التردّد الذي سيلاحظه فلكي على الأرض للضوء المنبعث من ذرة الهيدروجين؟

السرعة النسبية على طول المحور أقل كثيرًا من سرعة الضوء. لذا يمكنك استخدام معادلة تردد الضوء المُراقَب. واستخدم الصيغة السالبة لمعادلة تردد الضوء المُراقَب؛ لأن عالم الفلك والمجرة يبتعد أحدهما عن الآخر.

$$f_{\text{المُراقَب}} = f\left(1-\frac{v}{c}\right)$$

$$= (6.16\times10^{14}\ \text{Hz})\left(1-\left(\frac{6.55\times10^{6}\ \text{m/s}}{3.00\times10^{8}\ \text{m/s}}\right)\right)$$

$$= 6.03\times10^{14}\ \text{Hz}$$

13. ينظر فلكي إلى طيف مجرة، فيجد أن هناك خطًّا لِطَيْف الأكسجين بالطول الموجي 525 nm، في حين أن القيمة المقيسة في المختبر تساوي 513 nm، احسب سرعة تحرك المجرة بالنسبة للأرض، ووضح ما إذا كانت المجرة تتحرك مقتربة من الأرض أم مبتعدة عنها، وكيف تعرف ذلك؟

افترض أن السرعة النسبية على امتداد المحور أقل كثيرًا من سرعة الضوء. لذا يمكنك استخدام معادلة انزياح دوبلر.

$$(\lambda_{\text{المُراقَب}} - \lambda) = \pm\frac{v}{c}\lambda$$

ويبدو الطول الموجي المُراقب (الظاهري) أكبر من الطول الموجي الحقيقي لخط طيف الأكسجين. وهذا يعني أن الفلكي والمجرة يتحركان مبتعدًا أحدهما عن الآخر؛ لذا استخدم الصيغة الموجبة لمعادلة انزياح دوبلر.

$$(\lambda_{\text{المُراقَب}} - \lambda) = +\frac{v}{c}\lambda$$

وحل المعادلة بالنسبة للمتغير المجهول

$$v = \frac{c(\lambda_{\text{المُراقَب}} - \lambda)}{\lambda}$$

$$= (3.00\times10^{8}\ \text{m/s})\left(\frac{(525\ \text{nm} - 513\ \text{nm})}{513\ \text{nm}}\right)$$

$$= 7.02\times10^{6}\ \text{m/s}$$

مراجعة القسم

9–2 الطبيعة الموجية للضوء (صفحة 85–74)

صفحة 85

14. **مزج ألوان الضوء** ما لون الضوء الذي يجب أن يتّحد مع الضوء الأزرق للحصول على الضوء الأبيض؟

الأصفر (مزيج من اللونين الأساسيين الآخرين؛ الأحمر والأخضر).

15. **تفاعل الضوء مع الصبغة** ما اللون الذي يظهر به الموز الأصفر عندما يُضاء بواسطة كلٍّ مما يأتي؟

a. الضوء الأبيض

الأصفر

b. الضوء الأخضر والضوء الأحمر معًا.

الأصفر

c. الضوء الأزرق

الأسود

16. الخصائص الموجية للضوء سرعة الضوء الأحمر في الهواء والماء أقل من سرعته في الفراغ. فإذا علمت أن التردد لا يتغير عندما يدخل الضوء الأحمر في الماء، فهل يتغير الطول الموجي؟ وإذا كان هناك تغير فكيف يكون؟

نعم؛ لأن $v = \lambda f$ و $\lambda = \frac{v}{f}$ ؛ لذا فعندما تقل v فإن λ تقل أيضًا.

17. مزج الأصباغ ما الألوان الأساسية للأصباغ التي يجب أن تمزج لإنتاج اللون الأحمر؟ وضح كيف ينتج اللون الأحمر باختزال لون من ألوان الصبغة؟

تُستخدم الصبغتان الصفراء والحمراء المزرقة (الأرجواني) في إنتاج اللون الأحمر. فالصبغة الصفراء تختزل اللون الأزرق وصبغة الأحمر المزرق تختزل اللون الأخضر، ولا تختزل أيّ منهما اللون الأحمر؛ لذا سيعكس المزيج اللون الأحمر.

18. الاستقطاب صف تجربة بسيطة يمكنك إجراؤها لتحديد ما إذا كانت النظارات الشمسية المتوافرة في المتجر مستقطبة أم لا.

تَحقّق مما إذا كانت النظارات تقلّل من السطوع الصادر عن السطوح العاكسة، ومنها النوافذ والطرق المعبَّدة. ويستفيد المصورون الفوتوجرافيون من استقطاب الضوء المنعكس بتصوير الأجسام لحظة التخلص من السطوع.

19. التفكير الناقد توصّل الفلكيون إلى أن مجرّة الأندروميدا، وهي المجرّة القريبة من مجرتنا (مجرة درب التبانة)، تتحرك في اتجاه مجرتنا. وضح كيف تمكّن العلماء من تحديد ذلك. وهل يمكنك التفكير في دليل محتمل لاقتراب مجرة الأندروميدا من مجرتنا؟

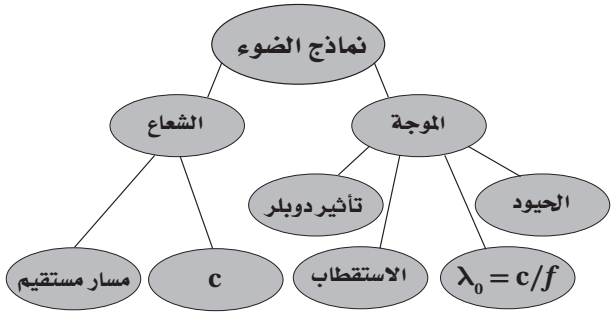
خطوط طيف الانبعاث للذرات المعروفة مزاحة نحو الأزرق في الضوء الذي نراه قادمًا من مجرّة الأندروميدا؛ لذا فإن مجرّة الأندروميدا تتحرك في اتجاه مجرتنا؛ وذلك بسبب قوة الجاذبية. وقد تكون المجرتان متحركتين في مدار متذبذب إحداهما حول الأخرى.

تقويم الفصل

خريطة المفاهيم

صفحة 90

20. أكمل خريطة المفاهيم التالية باستخدام المصطلحات التالية: الموجة، c، تأثير دوبلر، الاستقطاب.



إتقان المفاهيم

صفحة 90

21. لا ينتقل الصوت خلال الفراغ، فكيف تعرف أن الضوء ينتقل في الفراغ؟ (1–9)

يصل ضوء الشمس إلينا من خلال الفراغ.

22. فرّق بين المصدر المضيء والمصدر المستضيء. (1–9)

يبعث الجسم المضيء الضوء، أما الجسم المستضيء (المُضاء) فهو ذلك الجسم الذي يسقط عليه الضوء ثم ينعكس.

23. انظر بعناية إلى مصباح متوهج تقليدي. هل هو مصدر مضيء أم مصدر مستضيء؟ (1–9)

إنه مضاء بصورة رئيسة؛ فالفتيلة مضيئة، أما زجاج المصباح فهو مستضيء (مُضاء).

24. وضح كيف يمكنك رؤية الأجسام العادية غير المضيئة في غرفة الصف؟ (1–9)

ترى الأجسام العادية غير المضيئة عن طريق عكسها للضوء.

25. فرّق بين الأجسام الشفافة وشبه الشفافة وغير الشفافة (المعتمة). (1–9)

يمر الضوء من خلال الوسط الشفاف دون تشوّه ونرى الأجسام من خلاله، ويمرّر الوسط شبه الشفاف الضوء إلا أنه يشوّهه؛ لذا لا يمكن تمييز الأجسام عند النظر إليها من خلاله، أما الوسط المعتم فلا يمرّر الضوء ولا نرى الأجسام من خلاله.

26. ما الذي يتناسب طرديًّا مع استضاءة سطح بمصدر ضوئي؟ وما الذي يتناسب معه عكسيًّا؟ (1–9)

تتناسب الاستضاءة على سطح ما طرديًّا مع شدة إضاءة مصدر الضوء، وتتناسب عكسيًّا مع مربع المسافة بين السطح ومصدر الضوء.

27. ما افتراض جاليليو بالنسبة لسرعة الضوء؟ (1–9)

سرعة الضوء كبيرة جدًّا إلا أنها محدّدة.

28. لماذا يعد حيود الموجات الصوتية أكثر شيوعًا في الحياة اليومية من حيود الموجات الضوئية؟ (2–9)

يكون الحيود أكثر وضوحًا حول العوائق التي تكون أبعادها مساويةً للطول الموجي للموجة تقريبًا. وأغلب العوائق التي حولنا ذات أبعاد تُحيد موجات الصوت ذات الطول الموجي الكبير.

29. ما لون الضوء الذي لديه أقصر طول موجي؟ (2–9)

الضوء البنفسجي.

30. ما مدى الأطوال الموجية للضوء، بدءًا من الأقصر إلى الأطول؟ (2–9)

400 nm إلى 700 nm

31. ما الألوان التي يتكوّن منها الضوء الأبيض؟ (2–9)

يتركّب الضوء الأبيض من الألوان جميعها، أو من الألوان الأساسية على الأقل.

32. لماذا يظهر جسم ما باللون الأسود؟ (2–9)

يظهر الجسم باللون الأسود؛ لأن قليلاً من الضوء – إن وجِد– ينعكس عن الجسم.

33. هل يمكن أن تكون الموجات الطولية مستقطبة؟ وضح إجابتك. (2–9)

لا؛ لأنه ليس لها مركّبات مستعرضة.

34. تبعث مجرة بعيدة خطًّا طيفيًّا في منطقة اللون الأخضر من الطيف الضوئي، فهل ينزاح الطول الموجي المُراقَب على الأرض إلى الضوء الأحمر أو إلى الضوء الأزرق؟ وضح إجابتك. (2–9)

لما كانت المجرة بعيدة فإنها ستبدو كأنها تتحرك مبتعدة عن الأرض، وسيُزاح الطول الموجي في اتجاه اللون الأحمر ذي الطول الموجي الكبير.

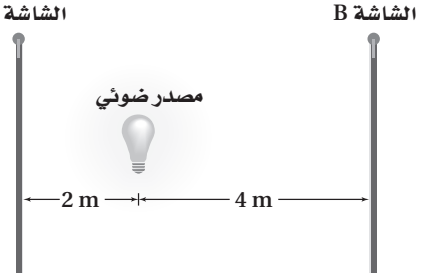
35. ماذا يحدث للطول الموجي للضوء عندما يزداد تردده؟ (2–9)

كلما ازداد التردد قلّ الطول الموجي.

تطبيق المفاهيم

صفحة 91–90

36. يقع مصدر ضوء نقطي على بُعد 2.0 m من الشاشة A، وعلى بُعد 4.0 m من الشاشة B، كما يتضح من **الشكل 21–9**. قارن بين الاستضاءة على الشاشة B والاستضاءة على الشاشةA؟



■ الشكل 21–9

لما كانت الاستضاءة $E \propto \frac{1}{r^2}$؛ فإنها ستكون عند الشاشة B ربع الاستضاءة عند الشاشة A.

37. **مصباح الدراسة** يبعد مصباح صغير مسافة 35 cm من صفحات كتاب، فإذا ضاعفت المسافة:

a. فهل تبقى الاستضاءة على الكتاب هي نفسها دون تغيير؟

لا.

b. إذا لم تكن كذلك فكم تكون أكبر أو أصغر؟

الاستضاءة على بُعد 35 cm أكبر، وتكون الاستضاءة عند مضاعفة المسافة $\frac{1}{4}$ القيمة الأولى.

38. لماذا يُطلى السطح الداخلي للمناظير وآلات التصوير باللون الأسود؟

يُطلى السطح الداخلي باللون الأسود؛ لأنه لا يعكس أي كمية من الضوء؛ لذا لا يكون هناك تداخل للضوء في أثناء مشاهدة الأجسام أو في أثناء تصويرها.

39. لون إضاءة الشوارع تحتوي بعض مصابيح الشوارع الفعّالة جدًّا على بخار الصوديوم تحت ضغط عالٍ. وتنتج هذه المصابيح ضوءًا معظمه أصفر وجزء قليل منه أحمر. هل تستخدم المجتمعات التي فيها مثل هذه المصابيح سيارات شرطة ذات لون أزرق فاتح؟ ولماذا؟

لن تكون سيارات الشرطة ذات اللون الأزرق الفاتح مرئية؛ لأنها تمتص الضوء الأحمر والضوء الأصفر. ويتعين عليهم شراء سيارات صفراء أو طلاء سيارتهم باللون الأصفر، حيث ستكون مرئية بدرجة كبيرة.

ارجع إلى الشكل 22–9 عند حل المسألتين التاليتين.

■ الشكل 22–9

40. ماذا يحدث للاستضاءة على صفحات الكتاب عند تحريك المصباح بعيدًا عن الكتاب؟

تتناقص الاستضاءة كما تم وصفها بقانون التربيع العكسي.

41. ماذا يحدث لشدّة إضاءة المصباح عند تحريكه بعيدًا عن الكتاب؟

لا يوجد تغير، لا تؤثر المسافة في شدة الإضاءة.

42. الصور المستقطبة يضع مصورو الفوتوجراف مرشِّحات استقطاب فوق عدسات الكاميرا لكي تبدو الغيوم أكثر وضوحًا، فتبقى الغيوم بيضاء في حين تبدو السماء داكنة بصورة أكبر. وضح ذلك معتمدًا على معرفتك بالضوء المستقطَب.

يعد الضوء المُشتَّت من الغلاف الجوي ضوءًا مستقطبًا، إلا أن الضوء المُشتَّت عن الغيوم غير مستقطب. حيث يقلّل المصوّر كمية الضوء المستقطب الذي يصل إلى الفيلم عن طريق تدوير المرشّح.

43. إذا كان لديك الأصباغ التالية: الصفراء والزرقاء الفاتحة والحمراء المزرقّة فكيف تستطيع عمل صبغة زرقاء اللون؟ وضح إجابتك.

مزج الصبغة الزرقاء الفاتحة بالصبغة الحمراء المزرقة (الأرجوانية).

44. إذا وضعت قطعة سلوفان حمراء على مصباح يدوي، ووضعت قطعة سلوفان خضراء على مصباح آخر، وسلّطت حزمًا ضوئية على حائط أبيض اللون فما الألوان التي ستراها عندما تتراكب الحزم الضوئية للمصباحين؟

الأصفر.

45. تبدو التفاحة حمراء لأنها تعكس الضوء الأحمر وتمتص الضوء الأزرق والضوء الأخضر.

a. لماذا يظهر السلوفان الأحمرُ أحمرَ اللون عند النظر إليه من خلال الضوء المنعكس؟

يعكس السلوفان الضوء الأحمر، ويمتص أو يمرّر الضوأين الأزرق والأخضر.

b. لماذا يظهر مصباح الضوء الأبيض أحمر اللون عند النظر إليه من خلال السلوفان الأحمر؟

يمرّر السلوفان الضوء الأحمر.

c. ماذا يحدث لكل من: الضوء الأزرق والضوء الأخضر؟

تم امتصاص الضوء الأزرق والضوء الأخضر.

46. في المسألة السابقة، إذا وضعت قطعتي السلوفان الحمراء والخضراء على أحد المصباحين، وسلّطت حزمة ضوئية منه على حائط أبيض اللون، فما اللون الذي ستراه؟ وضح إجابتك.

الأسود؛ غالبًا لا ينفذ ضوء؛ لأن الضوء المار من خلال المرشّح الأول يُمتص عن طريق المرشّح الثاني.

تابع الفصل 9

47. مخالفة السير هبْ أنك شرطي مرور، وأوقفت سائقًا تجاوز الإشارة الحمراء، وافترض أيضًا أن السائق وضّح لك من خلال رسم **الشكل 23–9** أن الضوء كان يبدو أخضر بسبب تأثير دوبلر عندما قطع الإشارة. وضّح له مستخدمًا معادلة إزاحة دوبلر، كم يجب أن تكون سرعته حتى يبدو الضوء الأحمر ($\lambda = 645\ nm$) على شكل ضوء أخضر ($\lambda = 545\ nm$)؟ *تلميح: افترض لحل هذه المسألة أن معادلة إزاحة دوبلر يمكن تطبيقها عند هذه السرعة.*

■ الشكل 23–9

$$\left(\frac{645\ nm - 545\ nm}{645\ nm}\right)(3.00\times10^{8}\ m/s) = 4.65\times10^{7}\ m/s$$

حتى يبدو الضوء الأحمر على شكل ضوء أخضر يجب أن تكون سرعة السيارة $4.65\times10^{7}\ m/s$، لذا فإنه إن لم يحصل على مخالفة بسبب تجاوز الإشارة الحمراء، فإنه سيخالف لأنه تجاوز حد السرعة المقررة.

إتقان حل المسائل

صفحة 93–92

9–1 الاستضاءة

صفحة 92

48. أوجد الاستضاءة على مسافة 4.0 m أسفل مصباح تدفقه الضوئي 405 lm.

$$E = \frac{P}{4\pi d^2} = \frac{405\ lm}{4\pi(4.0\ m)^2} = 2.0\ lx$$

49. يحتاج الضوء إلى زمن مقداره 1.28 s لينتقل من القمر إلى الأرض. فما مقدار المسافة بينهما؟

$$d = vt = (3.00\times10^{8}\ m/s)(1.28\ s)$$

$$= 3.84\times10^{8}\ m$$

50. يستهلك مصباح كهربائي ثلاثي الضبط قدرة كهربائية 150 W، 100 W، 50 W لإنتاج تدفق ضوئي 2285 lm, 1620 lm، 665 lm في أزرار ضبطه الثلاثة. إذا وضع المصباح على بُعد 80 cm فوق ورقة وكانت أقل استضاءة لازمة لإضاءة الورقة هي 175 lx، فما أقل زر ضبط ينبغي أن يُستخدم؟

$$E = \frac{P}{4\pi d^2}$$

$$P = 4\pi E d^2 = 4\pi(175\ lx)(0.80\ m)^2$$

$$= 1.4\times10^{3}\ lm$$

لذا يجب ضبطه على 100 W (1620 lm).

51. سرعة الأرض وجد العالم أولي رومر أن متوسط زيادة التأخير في اختفاء القمر lo أثناء دورانه حول المشتري من دورة إلى التي تليها يساوي 13 s، فأجب عما يلي:

a. ما المسافة التي يقطعها الضوء خلال 13 s؟

$$3.9\times10^{9}\ \text{m}$$

b. تحتاج كل دورة للقمر lo إلى 42.5 h، وتتحرك الأرض المسافة المحسوبة في الفرع a خلال 42.5 h. أوجد سرعة الأرض بوحدة km/s.

$$v=\frac{d}{t}$$

$$=\left(\frac{3.9\times10^{9}\ \text{m}}{1.53\times10^{5}\ \text{s}}\right)\left(\frac{1\ \text{km}}{1000\ \text{m}}\right)$$

$$=25\ \text{km/s}$$

c. تحقق أن إجابتك للفرع b منطقية، واحسب سرعة الأرض في المدار مستخدمًا نصف قطر المدار 1.5×10^{8} km والفترة 1.0 yr.

$$v=\frac{d}{t}=\left(\frac{2\pi(1.5\times10^{8}\ \text{km})}{365\ \text{day}}\right)\left(\frac{1\ \text{day}}{24\ \text{h}}\right)\left(\frac{1\ \text{h}}{3600\ \text{s}}\right)$$

$$=3.0\times10^{1}\ \text{km/s},$$

وهذه النتيجة دقيقة إلى حدٍّ ما.

52. يريد أحد الطلاب مقارنة التدفق الضوئي لمصباح ضوئي يدوي بمصباح آخر تدفقه الضوئي 1750 lm، وكان كل منهما يضيء ورقة بالتساوي. فإذا كان المصباح 1750 lm يقع على بُعد 1.25 m من الورقة، في حين كان المصباح الضوئي اليدوي يقع على بُعد 1.08 m، فاحسب التدفق الضوئي للمصباح اليدوي.

$$E=\frac{\mathrm{P}}{4\pi d^{2}}$$

لما كانت الاستضاءة متساوية

$$E_1=E_2$$

فإن

$$\frac{\mathrm{P}_1}{d_1^{\,2}}=\frac{\mathrm{P}_2}{d_2^{\,2}}$$

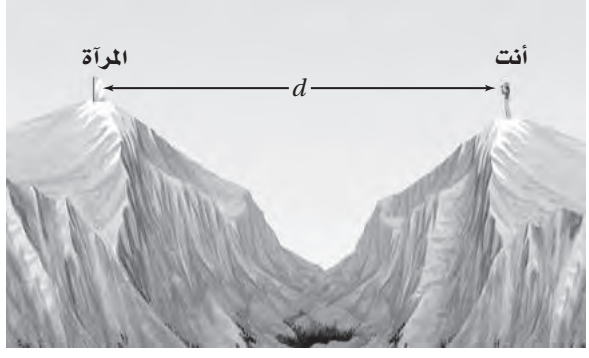
أو

$$\mathrm{P}_2=\frac{\mathrm{P}_1 d_2^{\,2}}{d_1^{\,2}}$$

$$=\frac{(1750\ \text{lm})(1.08\ \text{m})^{2}}{(1.25\ \text{m})^{2}}$$

$$=1.31\times10^{3}\ \text{lm}$$

53. افترض أنك أردت قياس سرعة الضوء، وذلك بوضع مرآة على قمة جبل بعيد، ثم قمت بضغط زر وميض آلة تصوير وقياس الزمن الذي احتاج إليه الوميض لينعكس عن المرآة ويعود إليك، كما موضّح في **الشكل 24–9**، وتمكّن شخص من تحديد فترة زمنية مقدارها 0.10 s تقريبًا دون استخدام أجهزة. ما بعد المرآة عنك؟ قارن بين هذه المسافة وبعض المسافات المعروفة.



■ **الشكل 24–9**

$$d = vt$$
$$= (3.00\times10^{8}\ \text{m/s})(0.1\ \text{s})\left(\frac{1\ \text{km}}{1000\ \text{m}}\right)$$
$$= 3\times10^{4}\ \text{km}$$

تكون المرآة عند منتصف المسافة التي ينتقلها الضوء خلال 0.10 s؛ أي 15000 km. وهذه المسافة تمثل $\frac{3}{8}$ محيط الأرض، حيث إن محيط الأرض يساوي 40000 km.

9–2 الطبيعة الموجية للضوء

صفحة 93–92

54. حوّل الطول الموجي للضوء الأحمر 700 nm إلى وحدة الأمتار.

$$(700\ \text{nm})\left(\frac{1\times10^{-9}\ \text{m}}{1\ \text{nm}}\right) = 7\times10^{-7}\ \text{m}$$

55. **حركة المجرة** ما السرعة التي تتحرك بها مجرة بالنسبة للأرض، إذا كان خط طيف الهيدروجين 486 nm قد أزيح نحو الأحمر 491 nm؟

افترض أن السرعة النسبية على طول المحور أقل كثيرًا من سرعة الضوء، لذا يمكنك استخدام معادلة انزياح دوبلر.

$$(\lambda_{\text{الظاهري}} - \lambda) = \pm\frac{v}{c}\lambda$$

يكون الضوء منزاحًا نحو الأحمر، لذا يكون الفلكي والمجرة متحركين مبتعدًا أحدهما عن الآخر؛ لذا استخدم الصيغة الموجبة لمعادلة الطول الموجي الظاهري للضوء.

$$(\lambda_{\text{الظاهري}} - \lambda) = +\frac{v}{c}\lambda$$

وحل المعادلة بالنسبة إلى المتغير المجهول

$$v = c\frac{(\lambda_{\text{الظاهري}} - \lambda)}{\lambda}$$
$$= (3.00\times10^{8}\ \text{m/s})\left(\frac{491\ \text{nm} - 486\ \text{nm}}{486\ \text{nm}}\right)$$
$$= 3.09\times10^{6}\ \text{m/s}$$

ونستنتج من ذلك أن الافتراض الأصلي صحيح.

تابع الفصل 9

56. النظارات الشمسية المستقطبة في أي اتجاه يجب توجيه محور النفاذ للنظارات الشمسية المستقطبة للتخلّص من الوهج الصادر عن سطح الطريق: في الاتجاه الرأسيّ أم الأفقي؟ فسّر إجابتك.

يجب أن يتجه محور النفاذ رأسيًا؛ لأن الضوء المنعكس عن الطريق يكون مستقطبًا جزئيًا في الاتجاه الأفقي، فلا يمرّر محور النفاذ الرأسي الموجات الأفقية.

57. حركة المجرة إذا كان خط طيف عنصر الهيدروجين المعروف بطول موجي 434 nm مزاحًا نحو الأحمر بنسبة 6.50% في الضوء القادم من مجرة بعيدة، فما سرعة ابتعاد المجرة عن الأرض؟

افترض أن السرعة النسبية على طول المحور أقل كثيرًا من سرعة الضوء؛ لذا يمكنك استخدام معادلة انزياح دوبلر.

$$(\lambda_{\text{الظاهري}} - \lambda) = \pm \frac{v}{c}\lambda$$

يكون الضوء منزاحًا نحو الأحمر، لذا يكون الفلكي والمجرة متحركين مبتعدًا أحدهما عن الآخر، لذا استخدم الصيغة الموجبة لمعادلة الطول الموجي الظاهري للضوء.

$$(\lambda_{\text{الظاهري}} - \lambda) = + \frac{v}{c}\lambda$$

وحل المعادلة بالنسبة إلى المتغير المجهول

$$v = c\frac{(\lambda_{\text{الظاهري}} - \lambda)}{\lambda}$$

$$= (3.00\times10^{8}\ \text{m/s})\left(\frac{(1.065)(434\ \text{nm}) - 434\ \text{nm}}{434\ \text{nm}}\right)$$

$$= 1.95\times10^{7}\ \text{m/s}$$

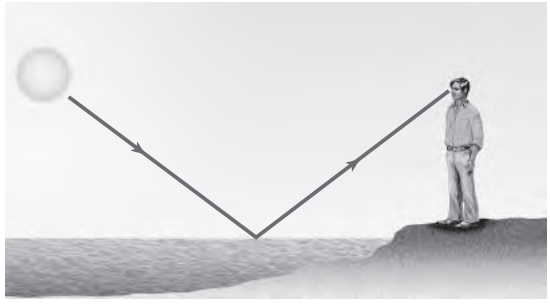
ونستنتج من ذلك أن الافتراض الأصلي صحيح.

58. لأي خط طيفي، ما القيمة غير الحقيقية للطول الموجي الظاهري لمجرة تتحرك مبتعدة عن الأرض؟ ولماذا؟

إن القيمة غير الحقيقية للطول الموجي هي التي تجعل المجرة تبدو لنا وكأنها تتحرك بسرعة قريبة من سرعة الضوء أو أكبر منها. وباستخدام معادلة إزاحة دوبلر لسرعة قليلة تعطي فرقًا في الطول الموجي مقداره $+\frac{c}{c}\lambda = (\lambda - \lambda_{\text{الظاهري}})$، وبحل هذه المعادلة فإنها تُعطي طولا موجيًا ظاهريًا مقداره 2λ ؛ وأي طول موجي ظاهري قريب أو أكبر من ضعف الطول الموجي الحقيقي سيكون غير حقيقي.

تابع الفصل 9

59. افترض أنك كنت تتجه إلى الشرق عند شروق الشمس. وينعكس ضوء الشمس عن سطح بحيرة، كما في **الشكل 25–9**، فهل الضوء المنعكس مستقطَب؟ إذا كان كذلك ففي أي اتجاه؟



■ الشكل 25–9

الضوء المنعكس مستقطب جزئيًا في اتجاه موازٍ لسطح البحيرة، ومتعامد مع اتجاه انتشار الضوء من البحيرة إلى عينيك.

مراجعة عامة

صفحة 93

60. **إضاءة مصابيح الطرق** عمود إنارة يحوي مصباحين متماثلين يرتفعان 3.3 m عن سطح الأرض. فإذا أراد مهندسو البلدية توفير الطاقة الكهربائية وذلك بإزالة أحد المصباحين، فكم يجب أن يكون ارتفاع المصباح المتبقي عن الأرض لإعطاء الاستضاءة نفسها على الأرض؟

$$E = \frac{P}{4\pi d^2}$$

إذا قلّت P بمعامل مقداره 2، وجب أن يقل المقدار d^2 بالمعامل نفسه.

لذا يقل d بمعامل مقداره $\sqrt{2}$ ليصبح

$$\frac{(3.3\ \text{m})}{\sqrt{2}} = 2.3\ \text{m}$$

61. مصدر ضوء نقطي شدة إضاءته 10.0 cd ويبعد 6.0 m عن جدار. كم يبعد مصباح آخر شدة إضاءته 60.0 cd عن الجدار إذا كانت استضاءة المصباحين متساوية عنده؟

$$E = \frac{I}{d^2}$$

لما كانت استضاءة المصباحين على الجدار متساوية فإن

$$E_1 = E_2$$

لذا فإن

$$\frac{I_1}{d_1^2} = \frac{I_2}{d_2^2}$$

أو

$$d_2 = d_1\sqrt{\frac{I_2}{I_1}} = (6.0\ \text{m})\sqrt{\frac{60.0\ \text{cd}}{10.0\ \text{cd}}}$$
$$= 15\ \text{m}$$

62. الرعد والبرق وضح لماذا تحتاج إلى 5 s لسماع الرعد عندما يبعد البرق مسافة 1.6 km.

لا يحتاج الضوء إلى زمن يذكر (5.3 μs)، في حين يحتاج الصوت إلى 4.7 s.

63. الدوران الشمسي لأن الشمس تدور حول محورها فإن أحد جوانبها يتحرك في اتجاه الأرض، أما الجانب المقابل فيتحرك مبتعدًا عنها. وتكمل الشمس دورة كاملة كل 25 يومًا تقريبًا، ويبلغ قطرها 1.4×10^{9} m. فإذا بعث عنصر الهيدروجين في الشمس ضوءًا بتردّد 6.16×10^{14} Hz من كلا الجانبين فما التغير في الطول الموجي المراقَب؟

سرعة الدوران تساوي المحيط مقسومًا على الزمن الدوري للدوران.

$$v_{\text{دوران}} = \frac{(1.4\times10^{9}\ \text{m})\pi}{(25\ \text{days})(24\ \text{h/day})(3600\ \text{s/h})}$$

$$= 2.04\times10^{3}\ \text{m/s}$$

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

$$= \frac{3.00\times10^{8}\ \text{m/s}}{6.16\times10^{14}\ \text{Hz}}$$

$$= 4.87\times10^{-7}\ \text{m}$$

$$\Delta\lambda = \pm\frac{v}{c}\lambda$$

$$\Delta\lambda = \pm\frac{v_{\text{دوران}}}{c}\lambda$$

$$= \pm\frac{(2.04\times10^{3}\ \text{m/s})}{(3.00\times10^{8}\ \text{m/s})}(4.87\times10^{-7}\ \text{m})$$

$$= \pm 3.3\times10^{-12}\ \text{m}$$

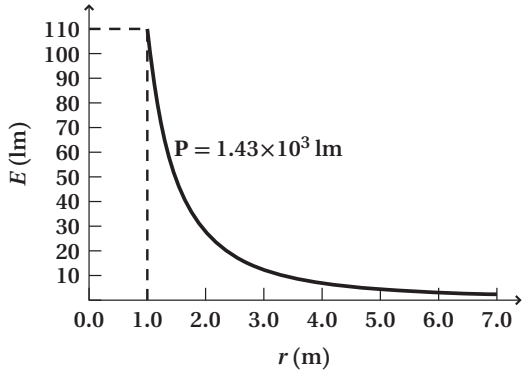
التفكير الناقد

صفحة 93

64. ابحث لماذا لم يتمكن جاليليو من قياس سرعة الضوء؟

لأنه لم يكن قادرًا على قياس الفترات الزمنية الصغيرة المتضمنة في قياس المسافات التي يقطعها الضوء بين نقطتين على سطح الأرض.

65. إنشاء الرسوم البيانية واستخدامها يبعد مصدر ضوئي شدة إضاءته 110 cd مسافة 1.0 m عن شاشة. حدِّد الاستضاءة على الشاشة في البداية، وأيضًا عند كل متر تزداد فيه المسافة حتى 7.0 m، ومثّل البيانات بيانيًا.



a. ما شكل المنحنى البياني؟

قطع زائد

b. ما العلاقة بين الاستضاءة والمسافة الموضحة بواسطة الرسم البياني؟

تربيع عكسي

66. حلّل واستنتج إذا كنت تقود سيارتك عند الغروب في مدينة مزدحمة ببنايات جدرانها مغطّاة بالزجاج، حيث يؤدي ضوء الشمس المنعكس عن الجدران إلى انعدام الرؤيا لديك مؤقتًا. فهل تحل النظارات المستقطبة هذه المشكلة؟

نعم، الضوء المنعكس عن الزجاج مستقطب جزئيًا؛ لذا ستقلل نظارات الاستقطاب من السطوع أو الوهج إذا رتّبت محاور استقطابها بصورة صحيحة.

تابع الفصل 9

الكتابة في الفيزياء

صفحة 94

67. اكتب مقالاً تصف فيه تاريخ المعرفة البشرية المتعلقة بسرعة الضوء، وضمّنه إنجازات العلماء المهمة في هذا المجال.

ستختلف الإجابات.

68. ابحث في معلومات النظام الدولي للوحدات SI المتعلقة بوحدة الشمعة cd، وعبّر بلغتك الخاصة عن المعيار الذي يستخدم في تحديد قيمة 1 cd.

ستختلف الإجابات، ابدأ بعنصر الثوريوم، ثم سخنه لتصبح درجة حرارته مساوية لدرجة انصهار عنصر البلاتينيوم، وعند هذه الدرجة سيتوهج الثوريوم. ثم غلّف الثوريوم بمادة معتمة حتى تتمكن من اكتساب الحرارة الكبيرة، واترك فتحة مساحتها ($\frac{1}{60}\text{cm}^2$)، تعرف الشمعة cd بأنها مقدار التدفق المنتظم لطاقة الضوء الذي ينبعث من الثوريوم المتوهج خلال الفتحة التي مساحتها ($\frac{1}{60}\text{cm}^2$).

مراجعة تراكمية

صفحة 94

69. ما الطول الموجي لموجة صوتية ترددها 17000 Hz تنتقل في ماء درجة حرارته 25 °C؟ (الفصل 8)

$$\lambda = \frac{v}{f}$$

$$= \frac{1493\ \text{m/s}}{17000\ \text{Hz}}$$

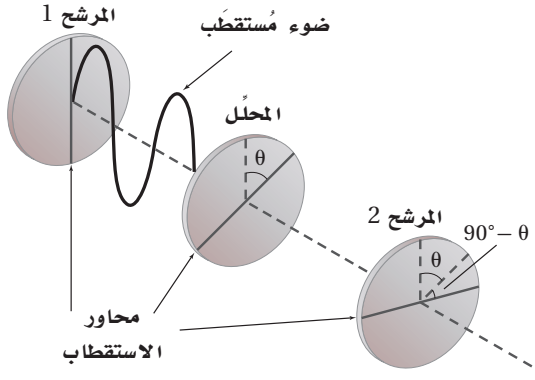
$$= 0.0878\ \text{m}$$

$$= 8.8\ \text{cm}$$

مسألة تحفيز

صفحة 81

إذا وضعت مرشّحًا محلِّلاً بين مرشّحين متقاطعين (محورا استقطابهما متعامدان)، بحيث لا يوازي محور استقطابه أيًّا من محوري استقطاب المرشّحين المتقاطعين، كما هو موضح في الشكل أدناه.



1. فإنك تلاحظ أن قسمًا من الضوء يمر من خلال المرشح 2، على الرغم من أنه لم يكن هناك ضوء يمر من خلاله قبل إدخال المرشّح المحلِّل. فلمَ يحدث ذلك؟

يسمح المرشّح المحلّل لبعض الضوء بالمرور من خلاله؛ لأن محور استقطابه ليس متعامدًا مع محور استقطاب المرشّح الأول. ويستطيع الآن مرشّح الاستقطاب الثاني تمرير الضوء المار من المرشّح المحلّل لكون محور استقطاب المرشّح المحلّل غير متعامد مع محور استقطاب المرشّح الثاني.

2. إذا وضع المرشّح المحلّل بحيث يصنع محوره زاوية θ بالنسبة لمحور استقطاب المرشّح 1 فاشتق معادلة لحساب شدة الضوء الخارج من المرشّح 2 مقارنة بشدة الضوء الخارج من المرشّح 1.

I_1 تمثّل شدة الضوء الخارجة من المرشّح الأول، و $I_{\text{المحلل}}$ تمثّل شدة الضوء الخارجة من المرشّح المحلّل، و I_2 تمثّل شدة الضوء الخارجة من المرشّح الثاني.

$$I_{\text{المحلل}} = I_1 \cos^2\theta$$

$$I_2 = I_{\text{المحلل}} \cos^2(90° - \theta)$$

$$I_2 = I_1 \cos^2(\theta)\cos^2(90° - \theta)$$

مسائل تدريبية

1–10 الانعكاس عن المرايا المستوية (صفحة 103–97)

صفحة 100

1. عند سكب كمية ماء فوق سطح زجاج خشن يتحوّل انعكاس الضوء من انعكاس غير منتظم إلى انعكاس منتظم. وضح ذلك.

تصبح السطوح ملساء أكثر؛ لأن الماء ملأ المناطق الخشنة.

2. إذا كانت زاوية سقوط شعاع ضوئي $42.0°$ فما مقدار كل مما يأتي:

a. زاوية الانعكاس.

$$\theta_r = \theta_i = 42.0°$$

b. الزاوية المحصورة بين الشعاع الساقط والمرآة.

$$\theta_{i,\text{المرآة}} = 90.0° - \theta_i = 90.0° - 42.0° = 48.0°$$

c. الزاوية المحصورة بين الشعاع الساقط والشعاع المنعكس.

$$\theta_i + \theta_r = 2\theta_i = 84.0°$$

3. سقطت حزمة ضوء ليزر على سطح مرآة مستوية بزاوية $38.0°$ بالنسبة للعمود المقام. فإذا حُرّك الليزر بحيث زادت زاوية السقوط بمقدار $13.0°$ فما مقدار زاوية الانعكاس الجديدة؟

$$\theta_{i,} = \theta_{i,\text{ابتدائي}} + 13.0°$$
$$= 38.0° + 13.0° = 51.0°$$
$$\theta_r = \theta_i = 51.0°$$

4. وضعت مرآتان مستويتان إحداهما عمودية على الأخرى. فإذا أُسقط شعاع ضوئي على إحداهما بزاوية $30.0°$ بالنسبة للعمود المقام، وانعكس في اتجاه المرآة الثانية، فما مقدار زاوية انعكاس الشعاع الضوئي عن المرآة الثانية؟

$$\theta_{r1} = \theta_{i1} = 30.0°$$
$$\theta_{i2} = 90.0° - \theta_{r1}$$
$$= 90.0° - 30.0°$$
$$= 60.0°$$

مراجعة القسم

1–10 الانعكاس عن المرايا المستوية (صفحة 103–97)

صفحة 103

5. الانعكاس سقط شعاع ضوئي على سطح مصقول عاكس بزاوية سقوط $80°$. ما الزاوية التي يصنعها الشعاع المنعكس مع سطح المرآة؟

$$\theta_r = \theta_i$$
$$= 80.0°$$
$$\theta_{r,\text{المرآة}} = 90.0° - \theta_r$$
$$= 90.0° - 80.0°$$
$$= 10.0°$$

6. قانون الانعكاس اشرح كيف يُطبّق قانون الانعكاس في حالة الانعكاس غير المنتظم.

يطبق قانون الانعكاس على الأشعة المفردة للضوء. تؤدي السطوح الخشنة إلى انعكاس الأشعة الضوئية في اتجاهات مختلفة، لكن لكل شعاع زاوية سقوط مساوية لزاوية الانعكاس.

7. السطوح العاكسة صنّف السطوح التالية إلى سطوح عاكسة منتظمة (ملساء) وسطوح عاكسة غير منتظمة (خشنة): ورقة، معدن مصقول، زجاج نافذة، معدن خشن، إبريق حليب بلاستيكي، سطح ماء ساكن، زجاج خشن (مصنفر).

سطح عاكس منتظم: زجاج النافذة، سطح ماء ساكن، معدن مصقول.

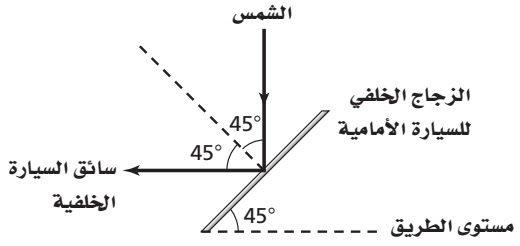
سطح عاكس غير منتظم: ورقة، معدن خشن، زجاج خشن، إبريق حليب بلاستيكي.

8. صفات الصورة يقف طفل طوله $50\ cm$ على بُعد $3\ m$ من مرآة مستوية وينظر إلى صورته. ما بُعد الصورة وطولها؟ وما نوع الصورة المتكوّنة؟

$$d_i = d_o$$
$$= 3\ m$$
$$h_i = h_o$$
$$= 50\ cm$$

تبعد الصورة $3.0\ m$ عن المرآة، وطولها يساوي $50.0\ cm$، وتكون خيالية.

9. مخطّط الصور إذا كانت سيارة تتبع سيارة أخرى على طريق أفقيـة، وكان الزجاج الخلفي للسـيارة الأمامية يميل بزاوية 45°، فارسم مخطّطًا للأشعة يبين موقع الشمس الذي يجعل أشـعتها تنعكس عن الزجاج الخلفي للسـيارة الأمامية، في اتجاه عيني سائق السيارة الخلفية.



المخططات التوضيحية يجب أن ترسم بحيث توضح أن موقع الشمس فوق الرأسي تمامًا، حيث ينعكس الضوء في اتجاه عين السائق وفق قانون الانعكاس.

10. التفكيـر الناقد وضح كيـف يُمكِّنك الانعكاس غير المنتظم للضوء عن جسـم معين من رؤية الجسـم عند النظر إليه من أي زاوية.

سينعكس الضوء الساقط عن سطح الجسم في الاتجاهات جميعها، مما يجعلك قادرًا على رؤية الجسم من أي موقع.

مسائل تدريبية

2–10 المرايا الكروية (صفحة 113–104)

صفحة 109

11. وضع جسـم علـى بُعـد 36.0 cm أمـام مرآة مقعـرة بُعدها البؤري 16.0 cm. أوجد بُعْد الصورة.

$$\frac{1}{f}=\frac{1}{d_o}+\frac{1}{d_i}$$

$$d_i=\frac{d_o f}{d_o-f}$$

$$=\frac{(36.0\text{ cm})(16.0\text{ cm})}{36.0\text{ cm}-16.0\text{ cm}}$$

$$=28.8\text{ cm}$$

12. وضع جسم طوله 2.4 cm على بُعد 16.0 cm من مرآة مقعرة بعدها البؤري 7.0 cm. أوجد طول الصورة.

$$\frac{1}{f}=\frac{1}{d_o}+\frac{1}{d_i}$$

$$d_i=\frac{d_o f}{d_o-f}$$

$$=\frac{(16.0\text{ cm})(7.0\text{ cm})}{16.0\text{ cm}-7.0\text{ cm}}$$

$$=12.4\text{ cm}$$

$$m=\frac{h_i}{h_o}=\frac{-d_i}{d_o}$$

$$h_i=\frac{-d_i h_o}{d_o}$$

$$=\frac{-(12.4\text{ cm})(2.4\text{ cm})}{16.0\text{ cm}}$$

$$=-1.9\text{ cm}$$

13. وضع جسم بالقرب من مرآة مقعرة بعدها البؤري 10.0 cm، فتكوّن له صورة مقلوبة طولها 3.0 cm على بُعد 16.0 cm من المرآة. أوجد طول الجسم وبُعده عن المرآة.

$$\frac{1}{f}=\frac{1}{d_o}+\frac{1}{d_i}$$

$$d_o=\frac{d_i f}{d_i-f}$$

$$=\frac{(16.0\text{ cm})(10.0\text{ cm})}{16.0\text{ cm}-10.0\text{ cm}}$$

$$=26.7\text{ cm}$$

$$m=\frac{h_i}{h_o}=\frac{-d_i}{d_o}$$

$$h_o=\frac{-d_o h_i}{d_i}$$

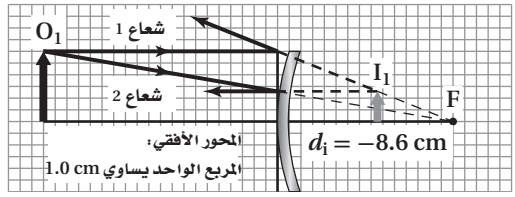
$$=\frac{-(26.7\text{ cm})(-3.0\text{ cm})}{16.0\text{ cm}}$$

$$=5.0\text{ cm}$$

تابع الفصل 10

صفحة 112

14. إذا وضع جسم على بُعد 20.0 cm أمام مرآة محدبة بُعدها البؤري 15.0 cm− فأوجد بُعد الصورة المتكوّنة عن المرآة باستخدام الرسم التخطيطي وفق مقياس رسم، وباستخدام معادلة المرايا.



$$\frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i} = \frac{1}{f}$$

لذا فإن

$$d_i = \frac{d_o f}{d_o - f}$$

$$= \frac{(20.0\text{ cm})(-15.0\text{ cm})}{20.0\text{ cm} - (-15.0\text{ cm})}$$

$$= -8.57\text{ cm}$$

15. إذا وضع مصباح ضوئي قطره 6.0 cm أمام مرآة محدبة بعدها البؤري 13.0 cm−، وعلى بُعد 60.0 cm منها، فأوجد بُعد صورة المصباح وقطرها.

$$\frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i} = \frac{1}{f}$$

$$d_i = \frac{d_o f}{d_o - f}$$

$$= \frac{(60.0\text{ cm})(-13.0\text{ cm})}{60.0\text{ cm} - (-13.0\text{ cm})}$$

$$= -10.7\text{ cm}$$

$$m = \frac{h_i}{h_o} = \frac{-d_i}{d_o}$$

$$m = \frac{-(-10.7\text{ cm})}{60.0\text{ cm}}$$

$$= +0.178$$

$$h_i = m h_o = (0.178)(6.0\text{ cm})$$

$$= 1.1\text{ cm}$$

16. تكوّنت صورة بواسطة مرآة محدبة، فإذا كان بُعد الصورة 24 cm خلف المرآة، وحجمها يساوي $\frac{3}{4}$ حجم الجسم، فما البعد البؤري لهذه المرآة؟

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_i} + \frac{1}{d_o}$$

$$f = \frac{d_o d_i}{d_o + d_i}$$

و

$$m = \frac{-d_i}{d_o}$$

لذا فإن

$$d_o = \frac{-d_i}{m}$$

$$d_i = -24\text{ cm}$$

و

$$m = 0.75$$

لذا فإن

$$d_o = \frac{-(-24\text{ cm})}{0.75}$$

$$= 32\text{ cm}$$

$$f = \frac{(32\text{ cm})(-24\text{ cm})}{32\text{ cm} + (-24\text{ cm})}$$

$$= -96\text{ cm}$$

17. تقف فتاة طولها 1.8 m على بُعد 2.4 m من مرآة، فتكونت لها صورة طولها 0.36 m. ما البعد البؤري للمرآة؟

$$m = \frac{h_i}{h_o} = \frac{-d_i}{d_o}$$

$$d_i = \frac{-d_o h_i}{h_o}$$

$$= \frac{-(2.4\ \text{m})(0.36\ \text{m})}{1.8\ \text{m}}$$

$$= -0.48\ \text{m}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$

$$f = \frac{d_i d_o}{d_i + d_o}$$

$$= \frac{(-0.48\ \text{m})(2.4\ \text{m})}{-0.48\ \text{m} + 2.4\ \text{m}}$$

$$= -0.60\ \text{m}$$

مراجعة القسم

2–10 المرايا الكروية (صفحة 113–104)

صفحة 113

18. صفات الصورة إذا كنت تعرف البعد البؤري لمرآة مقعرة فأين يجب أن تضع جسمًا بحيث تكون صورته مكبّرة ومعتدلة بالنسبة للجسم؟ وهل تكون هذه الصورة حقيقية أم خيالية؟

ضع الجسم بين المرآة والبؤرة. ستكون الصورة المتكونة خيالية.

19. التكبير وضع جسم على بُعد 20.0 cm أمام مرآة مقعرة بعدها البؤري 9.0 cm. ما تكبير الصورة؟

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$

$$d_i = \frac{d_o f}{d_o - f}$$

$$= \frac{(20.0\ \text{cm})(9.0\ \text{cm})}{20.0\ \text{cm} - 9.0\ \text{cm}}$$

$$= 16.4\ \text{cm}$$

$$m = \frac{-d_i}{d_o}$$

$$= \frac{-16.4\ \text{cm}}{20.0\ \text{cm}}$$

$$= -0.82$$

20. بعد الجسم عند وضع جسم أمام مرآة مقعرة بعدها البؤري 12.0 cm، تكوّنت له صورة على بُعد 22.3 cm من المرآة، فما بُعد الجسم عن المرآة؟

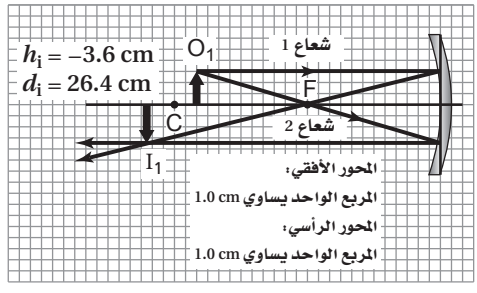
$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$

$$d_o = \frac{d_i f}{d_i - f}$$

$$= \frac{(22.3\text{ cm})(12.0\text{ cm})}{22.3\text{ cm} - 12.0\text{ cm}}$$

$$= 26.0\text{ cm}$$

21. بعد الصورة وطولها وضع جسم طوله 3.0 cm على بُعد 22.0 cm من مرآة مقعرة بعدها البؤري 12.0 cm. ارسم مخطّطًا بمقياس رسم مناسب يبين بُعد الصورة وطولها، وتحقق من إجابتك باستخدام معادلتي المرايا والتكبير.



$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$

$$d_i = \frac{d_o f}{d_o - f}$$

$$= \frac{(22.0\text{ cm})(12.0\text{ cm})}{22.0\text{ cm} - 12.0\text{ cm}}$$

$$= 26.4\text{ cm}$$

$$m = \frac{h_i}{h_o}$$

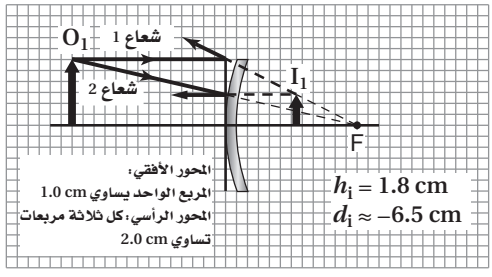
$$= \frac{-d_i}{d_o}$$

$$h_i = \frac{-d_i h_o}{d_o}$$

$$= \frac{-(26.4\text{ cm})(3.0\text{ cm})}{22.0\text{ cm}}$$

$$= -3.6\text{ cm}$$

22. مخطّط الأشعة وضع جسم طوله 4.0 cm على بُعد 14.0 cm من مرآة محدبة بُعدها البؤري 12.0 cm−. ارسم مخطّطًا بمقياس رسم مناسب يبين بُعد الصورة وطولها، وتحقق من إجابتك باستخدام معادلتي المرايا والتكبير.



$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$

$$d_i = \frac{d_o f}{d_o - f}$$

$$= \frac{(14.0\text{ cm})(-12.0\text{ cm})}{14.0\text{ cm} - (-12.0\text{ cm})}$$

$$= -6.46\text{ cm}$$

$$m = \frac{h_i}{h_o} = \frac{-d_i}{d_o}$$

$$h_i = \frac{-d_i h_o}{d_o}$$

$$= \frac{-(-6.46\text{ cm})(4.0\text{ cm})}{14.0\text{ cm}}$$

$$= 1.8\text{ cm}$$

23. نصف قطر التكوّر وضع جسم طوله 6.0 cm على بُعد 16.4 cmمن مرآة محدبة. فإذا كان طول الصورة المتكوّنة 2.8 cm فما نصف قطر تكوّر المرآة؟

$$m = \frac{h_i}{h_o} = \frac{-d_i}{d_o}$$

$$d_i = \frac{-d_o h_i}{h_o}$$

$$= \frac{-(16.4\ \text{cm})(2.8\ \text{cm})}{6.0\ \text{cm}}$$

$$= -7.7\ \text{cm}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$

$$f = \frac{d_o d_i}{d_o + d_i}$$

$$= \frac{(-7.7\ \text{cm})(16.4\ \text{cm})}{-7.7\ \text{cm} + 16.4\ \text{cm}}$$

$$= -14.5\ \text{cm}$$

$$r = 2|f|$$

$$= (2)\ (|-14.5\ \text{cm}|)$$

$$= 29\ \text{cm}$$

24. البعد البؤري استخدمت مرآة محدبة لتكوين صورة حجمها يساوي $\frac{2}{3}$ حجم الجسم على بُعد 12.0 cm خلف المرآة. ما البعد البؤري للمرآة؟

$$m = \frac{h_i}{h_o} = \frac{-d_i}{d_o}$$

$$d_o = \frac{-d_i}{m}$$

$$= \frac{-(-12\ \text{cm})}{\left(\frac{2}{3}\right)}$$

$$= 18\ \text{cm}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$

$$f = \frac{d_o d_i}{d_o + d_i}$$

$$= \frac{(-12\ \text{cm})(18\ \text{cm})}{-12\ \text{cm} + 18\ \text{cm}}$$

$$= -36\ \text{cm}$$

25. التفكير الناقد هل يكون الزوغان الكروي للمرآة أقل إذا كان ارتفاعها أكبر من نصف قطر تكورها أم إذا كان ارتفاعها أقل من نصف قطر تكورها؟ وضّح ذلك.

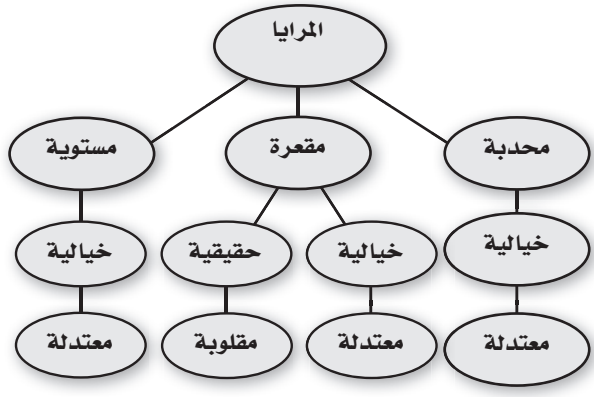
سيكون أقل بالنسبة إلى مرآة ارتفاعها أصغر نسبيًّا مقارنة بنصف قطر تكورها. تكون الأشعة المتشتتة والقادمة من الجسم التي تسقط على المرآة قريبة أكثر من المحور الرئيس عندما يكون ارتفاع المرآة قليلًا، لذا ستتجمع تلك الأشعة في مكان قريب من المرآة فتتكوّن صورة واضحة باهتة.

تقويم الفصل

خريطة المفاهيم

صفحة 118

26. أكمل خريطة المفاهيم باستخدام المصطلحات التالية: محدبة، معتدلة، مقلوبة، حقيقية، خيالية.



إتقان المفاهيم

صفحة 118

27. كيف يختلف الانعكاس المنتظم عن الانعكاس غير المنتظم؟ (10–1)

عندما تسقط أشعة متوازية على سطح أملس فإنها تنعكس عنه بحيث تكون متوازية بعضها بالنسبة إلى بعض أيضًا، والناتج هو صورة طبق الأصل للمصدر الذي سقطت منه هذه الأشعة. أما عندما تنعكس الأشعة عن سطح خشن فإنها تنعكس مشتتة في اتجاهات مختلفة، لذا لا تتكوّن صورة للمصدر.

28. ماذا يقصد بالعبارة "العمود المقام على السطح"؟ (10–1)

أي خط متعامد مع السطح عند أي نقطة.

29. أين تقع الصورة التي تكوّنها المرآة المستوية؟ (10–1)

تقع الصورة على الخط المتعامد مع المرآة، وتقع خلف المرآة على بُعد مساوٍ لبعد الجسم الموضوع أمام المرآة.

30. صف خصائص المرآة المستوية؟ (10–1)

المرآة المستوية عبارة عن سطح مستوٍ مصقول ينعكس عنه الضوء انعكاسًا منتظمًا. وتكون الصورة المتكوّنة بواسطة المرآة المستوية خيالية، ومعتدلة، وبعدها عن المرآة مساويًا لبعد الجسم عن المرآة وتقع خلفها.

31. يعتقد طالب أن فيلمًا فوتوجرافيًّا حسّاسًا جدًّا يمكنه الكشف عن الصورة الخيالية، فوضع الطالب الفيلم في موقع تكوّن الصورة الخيالية. هل ينجح هذا الإجراء؟ وضّح ذلك. (10–1)

لا، فالأشعة لا تتجمع لتكوّن الصورة الخيالية. لا تتكوّن صورة والطالب لا يلتقط صورة. تتكوّن الصور الخيالية خلف المرآة.

32. كيف تثبت لشخص أن صورة ما هي صورة حقيقية؟ (10–1)

ضع قطعة من ورقة مستوية أو فيلم فوتوجرافي في موقع الصورة، وسوف تكون قادرًا على تجميع الصورة.

33. ما الخلل أو العيب الموجود في جميع المرايا الكروية المقعرة؟ وما سببه؟ (10–2)

الأشعة المتوازية والموازية للمحور الرئيس التي تسقط على حوافّ المرآة المقعرة الكروية لا تنعكس مارة بالبؤرة. ويسمى هذا التأثير الزوغان الكروي.

34. ما العلاقة بين مركز تكور المرآة المقعرة وبعدها البؤري؟ (10–2)

$$C = 2f$$

35. إذا عرفت بُعد الصورة وبُعد الجسم عن مرآة كروية، فكيف يمكنك تحديد تكبير هذه المرآة؟ (10–2)

التكبير يساوي سالب بُعد الصورة مقسومًا على بُعد الجسم عن المرآة.

36. لماذا تستخدم المرايا المحدّبة على أنها مرايا مخصّصة للنظر إلى الخلف؟ (10–2)

تستخدم المرايا المحدبة للنظر إلى الخلف في السيارات؛ لأنها توفر مدى واسعًا للرؤية، مما يساعد السائق على رؤية مساحة أكبر مما توفره المرايا العادية للمَشاهد الخلفية بالنسبة إلى السائق.

37. لماذا يستحيل تكوين صور حقيقية بالمرآة المحدبة؟ (10–2)

لأنها تشتت الأشعة الضوئية دائمًا.

تطبيق المفاهيم

صفحة 119–118

38. الطريق المبتلّة تعكس الطريق الجافة الضوء بتشتّت أكبر من الطريق المبتلّة. بالاعتماد على **الشكل 16–10**، اشرح لماذا تبدو الطريق المبتلّة أكثر سوادًا من الطريق الجافة بالنسبة للسائق؟

طريق مبتل

طريق جاف

■ **الشكل 16–10**

تنعكس كمية أقل من الضوء عن الطريق المبتلة نحو السيارة.

39. صفحات الكتاب لماذا يُفضل أن تكون صفحات الكتاب خشنة على أن تكون ملساء ومصقولة؟

الصفحات الملساء والمصقولة تعكس الضوء بتشتت أقل من الصفحات الخشنة؛ لذا ينتج عن الصفحات الملساء وهج أكبر.

40. اذكر الصفات الفيزيائية للصورة التي تكوّنها مرآة مقعرة إذا كان الجسم موضوعًا عند مركز تكوّرها، وحدّد موقعها.

ستتكون الصورة عند مركز التكور C، وستكون مقلوبة وحقيقية ومساوية لحجم الجسم.

41. إذا وضع جسم خلف مركز تكور مرآة مقعرة فحدّد موقع الصورة، واذكر صفاتها الفيزيائية.

ستتكون الصورة بين C و F، وستكون مقلوبة وحقيقية وأصغر من الجسم.

42. المنظار الفلكي (التلسكوب) إذا احتجت إلى مرآة مقعرة كبيرة لصنع تلسكوب يكوّن صورًا ذات جودة عالية فهل تستخدم مرآة كروية أم مرآة قطع مكافئ؟ وضّح ذلك.

عليك استعمال مرآة قطع مكافئ للتخلص من الزوغان الكروي.

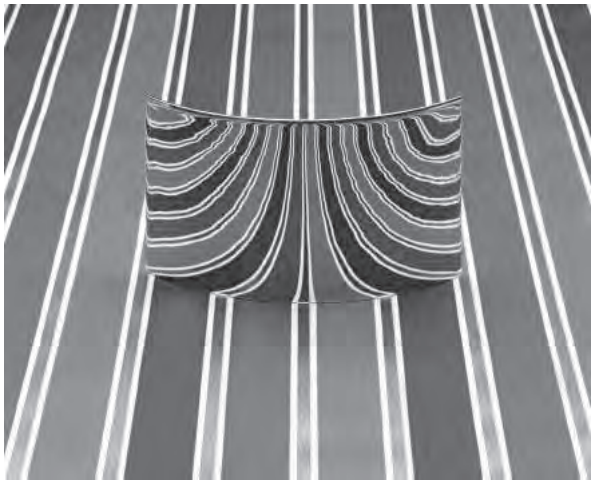
43. ما الشروط اللازم توافرها لتكوين صورة حقيقية باستخدام مرآة كروية مقعرة؟

يوضع الجسم خلف البؤرة لتتكوّن صورة حقيقية.

44. ما الشروط اللازم توافرها لتكوين صورة مصغرة بمرآة كروية محدبة أو مقعرة؟

تستخدم مرآة مقعرة على أن يوضع الجسم خلف مركز التكور، أو تستخدم مرآة محدبة ويوضع الجسم في أي نقطة أمامها.

45. صف خصائص الصورة التي كوّنتها المرآة المحدبة الموضحة في **الشكل 17–10**.



■ **الشكل 17–10**

توفر المرآة المحدبة صورًا مصغرة خيالية ومعتدلة وأقرب إلى المرآة من الجسم.

46. المرايا المستخدمة للرؤية الخلفية يُكتب على مرايا السيارة الجانبية المستخدمة في النظر إلى الخلف التحذير التالي: "الأجسام في المرآة أقرب مما تبدو عليه". ما نوع هذه المرايا؟ وبمَ تمتاز عن غيرها؟

مرايا محدبة، وتمتاز بأنها توفر مدى أوسع للرؤية.

إتقان حل المسائل

صفحة 121–119

1–10 الانعكاس عن المرايا المستوية

صفحة 120–119

47. سقط شعاع ضوئي بزاوية °38 مع العمود المقام عند نقطة السقوط. ما الزاوية التي يصنعها الشعاع المنعكس مع العمود المقام؟

$$\theta_r = \theta_i$$
$$= 38.0°$$

48. إذا سقط شعاع ضوئي بزاوية °53 مع سطح المرآة؛ فأوجد مقدار:

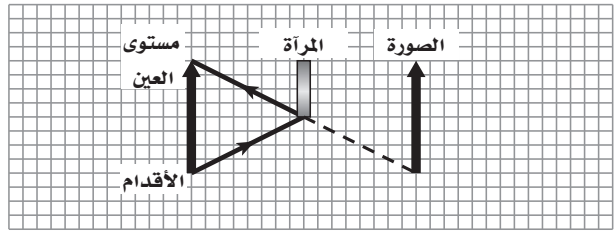
a. زاوية الانعكاس.

$$\theta_i = 90.0° - 53.0°$$
$$\theta_i = 37.0°$$
$$\theta_r = \theta_i$$
$$= 37.0°$$

b. الزاوية بين الشعاع الساقط والشعاع المنعكس.

$$\theta = \theta_i + \theta_r$$
$$= 37.0° + 37.0°$$
$$= 74°.0$$

49. ارسم مخطّط أشعة لمرآة مستوية تبين فيه أنه إذا أردت رؤية نفسك من قدميك حتى قمة رأسك فيجب أن يكون طول المرآة المستخدمة على الأقل يساوي نصف طولك.



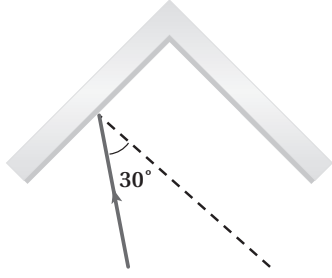
يسقط الشعاع القادم من قمة الرأس على سطح المرآة عند نقطة تساوي منتصف المسافة بين قمة الرأس والعينين. ويسقط الشعاع القادم من القدمين على المرآة عند نقطة تساوي منتصف المسافة بين القدمين والعينين، وتمثّل المسافة بين النقطتين على المرآة نصف الطول الكلي.

50. الصورة في المرآة أراد طالب أن يلتقط صورة لصورته في مرآة مستوية كما في **الشكل 18–10**. فإذا كانت الكاميرا على بعد 1.2 m أمام المرآة، فعلى أي بُعد يجب أن يركز عدسة الكاميرا لالتقاط الصورة؟

■ **الشكل 10–18**

الصورة على بُعد 1.2 m خلف المرآة؛ لذا يجب أن توضع عدسة الكاميرا على بُعد 2.4 m.

51. يبين **الشكل 19–10** مرآتين مستويتين متجاورتين بينهما زاوية °90، فإذا سقط شعاع ضوئي على إحداهما بزاوية سقوط °30، فأجب عما يلي:



■ **الشكل 19–10**

a. ما زاوية انعكاس الشعاع عن المرآة الأخرى؟

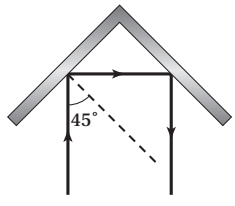
الانعكاس عن المرآة الأولى:

$$\theta_{r1} = \theta_{i1}$$
$$= 30.0°$$

الانعكاس عن المرآة الثانية:

$$\theta_{i2} = 90° - \theta_{r1}$$
$$= 90.0° - 30.0°$$
$$= 60.0°$$
$$\theta_{r2} = \theta_{i2}$$
$$= 60.0°$$

b. البريسكوب العاكس هو أداة تعكس الأشعة الضوئية في اتجاه معاكس وموازٍ لاتجاه الأشعة الضوئية الساقطة. ارسم مخطّطًا يبين زاوية السقوط على إحدى المرآتين بحيث يعمل نظام المرآتين عمل عاكس.



تكون زاوية السقوط على المرآة الأولى 45°.

52. وضِعت مرآتان مستويتان بحيث كانت الزاوية بينهما 45°. فإذا سقط شعاع ضوئي على إحداهما بزاوية سقوط 30° وانعكس عن المرآة الثانية، فاحسب زاوية انعكاسه عن المرآة الثانية.

الانعكاس عن المرآة الأولى:

$$\theta_{r,1} = \theta_{i,1} = 30.0°$$

الزاوية التي يكوّنها الشعاع المنعكس عن المرآة الأولى مع سطح المرآة الأولى تساوي

$$90° - 30° = 60°$$

إن الأشعة المنعكسة عن المرآة الأولى ستسقط على المرآة الثانية، ولما كانت الزاوية بين المرآتين تساوي 45°، فإن الزاوية بين الأشعة الساقطة على المرآة الثانية وسطح المرآة الثانية تساوي

$$180° - 60° - 45° = 75°$$

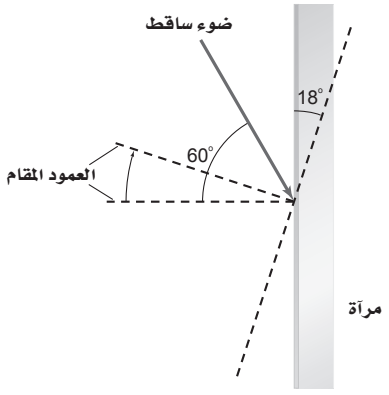
لذا تكون زاوية سقوط الأشعة على المرآة الثانية تساوي

$$\theta_{i,2} = 90° - 75° = 15°$$

أما زاوية الانعكاس عن المرآة الثانية فتساوي

$$\theta_{r,2} = \theta_{i,2} = 15°$$

53. سقط شعاع ضوئي على مرآة مستوية بزاوية سقوط 60°. فإذا أديرت المرآة بزاوية 18° في اتجاه حركة عقارب الساعة كما في **الشكل 20–10**، فما الزاوية التي يصنعها الشعاع المنعكس مع المرآة؟



■ **الشكل 20–10**

$$\theta_i = \theta_{i,\text{القديمة}} - 18.0°$$
$$= 60.0° - 18.0°$$
$$= 42.0°$$
$$\theta_r = \theta_i$$
$$= 42.0°$$
$$\theta_{r,\text{المرآة}} = 90.0° - \theta_r$$
$$= 90.0° - 42.0°$$
$$= 48.0°$$

10–2 المرايا الكروية

صفحة 121–120

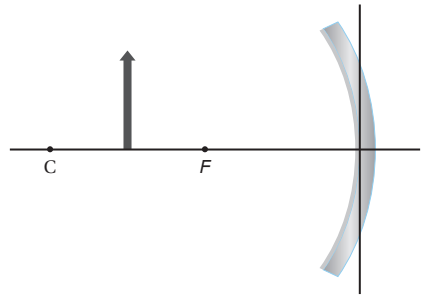
54. بيت الألعاب يقف طالب بالقرب من مرآة محدبة في بيت الألعاب، فلاحظ أن صورته تظهر بطول 0.60 m. فإذا كان تكبير المرآة $\frac{1}{3}$ فما طول الطالب؟

$$m = \frac{h_i}{h_o}$$

$$h_o = \frac{h_i}{m}$$

$$= \frac{0.60\ \text{m}}{\left(\frac{1}{3}\right)}$$
$$= 1.8\ \text{m}$$

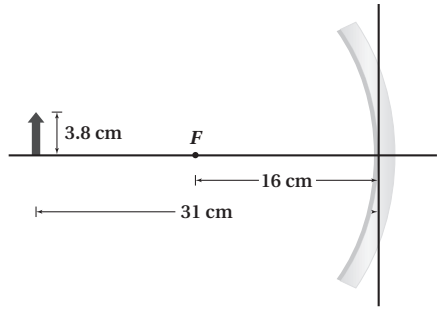
55. صف الصورة المتكونة للجسم في **الشكل 21–10**، مبينًا هل هي حقيقية أم خيالية، مقلوبة أم معتدلة، وهل هي أقصر من الجسم أم أطول منه؟



■ الشكل 21 – 10

حقيقية؛ ومقلوبة؛ وأطول من طول الجسم.

56. احسب بُعد الصورة وارتفاعها للجسم الموضح في **الشكل 22–10**.



■ الشكل 22 – 10

$$\frac{1}{f}=\frac{1}{d_o}+\frac{1}{d_i}$$

$$d_i=\frac{d_o f}{d_o-f}$$

$$=\frac{(31\text{ cm})(16\text{ cm})}{31\text{ cm}-16\text{ cm}}$$

$$=33\text{ cm}$$

$$m=\frac{h_i}{h_o}=\frac{-d_i}{d_o}$$

$$h_i=\frac{-d_i h_o}{d_o}$$

$$=\frac{-(33\text{ cm})(3.8\text{ cm})}{31\text{ cm}}$$

$$=-4.1\text{ cm}$$

57. صورة نجم جُمع الضوء القادم من نجم بواسطة مرآة مقعرة. ما بُعد صورة النجم عن المرآة إذا كان نصف قطر تكوّر المرآة 150 cm؟

تعد النجوم بعيدة بما يكفي حتى يمكن اعتبار أشعتها الساقطة على المرآة متوازية، وكما نعلم فإن الأشعة المتوازية تتجمّع عند البعد البؤري. لذا فإن $r=2f$

$$f=\frac{r}{2}=\frac{150\text{ cm}}{2}=75\text{ cm}$$

58. المرآة المستخدمة للرؤية الخلفية على أيّ بُعد تظهر صورة سيارة خلف مرآة محدبة بعدها البؤري 6.0 m–، عندما تكون السيارة على بُعد 10.0 m من المرآة؟

$$\frac{1}{f}=\frac{1}{d_o}+\frac{1}{d_i}$$

$$d_i=\frac{d_o f}{d_o-f}$$

$$=\frac{(10.0\text{ m})(-6.0\text{ m})}{10.0\text{ m}-(-6.0\text{ m})}$$

$$=-3.8\text{ m}$$

59. المرآة المستخدمة لرؤية الأسنان يستخدم طبيب أسنان مرآة مقعرة صغيرة نصف قطرها 40 mm لتحديد نخر في إحدى أسنان مريض، فإذا كانت المرآة على بُعد 16 mm من السن، فما تكبير الصورة الناتجة؟

$$f=\frac{r}{2}=\frac{(40\text{ mm})}{2}$$

$$=20\text{ mm}$$

$$\frac{1}{d_o}+\frac{1}{d_i}=\frac{1}{f}$$

$$d_i=\frac{d_o f}{d_o-f}$$

$$=\frac{(16\text{ mm})(20\text{ mm})}{16\text{ mm}-20\text{ mm}}$$

$$=-80\text{ mm}$$

$$m=\frac{-d_i}{d_o}$$

$$=\frac{-(-80\text{ mm})}{16\text{ mm}}$$

$$=5$$

60. وضع جسم طوله 3 cm على بُعد 22.4 cm من مرآة مقعرة، فإذا كان نصف قطر تكوّر المرآة 34.0 cm، فما بُعد الصورة عن المرآة؟ وما طولها؟

$$f = \frac{r}{2}$$

$$= \frac{34.0\ \text{cm}}{2}$$

$$= 17.0\ \text{cm}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$

$$d_i = \frac{d_o f}{d_o - f}$$

$$= \frac{(22.4\ \text{cm})(17.0\ \text{cm})}{22.4\ \text{cm} - 17.0\ \text{cm}}$$

$$= 70.5\ \text{cm}$$

$$m = \frac{h_i}{h_o} = \frac{-d_i}{d_o}$$

$$h_i = \frac{-d_i h_o}{d_o}$$

$$= \frac{-(70.5\ \text{cm})(3.0\ \text{cm})}{22.4\ \text{cm}}$$

$$= -9.4\ \text{cm}$$

61. مرآة تاجر المجوهرات يفحص تاجر مجوهرات ساعة قطرها 3.0 cm بوضعها على بُعد 8.0 cm من مرآة مقعرة بعدها البؤري 12 cm.

a. على أي بُعد ستظهر صورة الساعة؟

$$\frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i} = \frac{1}{f}$$

$$d_i = \frac{d_o f}{d_o - f} = \frac{(8.0\ \text{cm})(12.0\ \text{cm})}{8.0\ \text{cm} - 12.0\ \text{cm}}$$

$$= -24\ \text{cm}$$

b. ما قطر الصورة؟

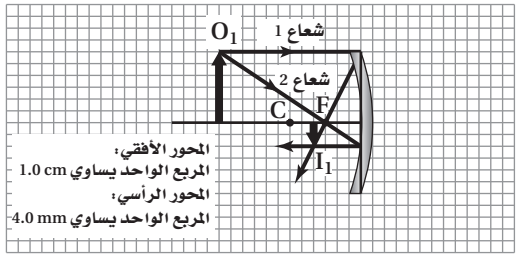
$$\frac{h_i}{h_o} = \frac{-d_i}{d_o}$$

$$h_i = \frac{-d_i h_o}{d_o} = \frac{-(-24\ \text{cm})(3.0\ \text{cm})}{8.0\ \text{cm}}$$

$$= 9.0\ \text{cm}$$

62. تسقط أشعة الشمس على مرآة مقعرة وتكوّن صورة على بُعد 3 cm من المرآة. فإذا وضع جسم طوله 24 mm على بُعد 12 cm من المرآة:

a. فارسم مخطّط الأشعة لتحديد موضع الصورة.



b. استخدم معادلة المرايا لحساب بُعد الصورة.

$$\frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i} = \frac{1}{f}$$

$$d_i = \frac{f d_o}{d_o - f} = \frac{(3.0\ \text{cm})(12.0\ \text{cm})}{12.0\ \text{cm} - 3.0\ \text{cm}}$$

$$= 4.0\ \text{cm}$$

c. ما طول الصورة؟

$$m = \frac{-d_i}{d_o} = \frac{-4.0\ \text{cm}}{12.0\ \text{cm}} = -0.33$$

$$h_i = m h_o = (-0.33)(24\ \text{mm})$$

$$= -8.0\ \text{mm}$$

مراجعة عامة

صفحة 121

63. سقط شعاع ضوئي على مرآة مستوية بزاوية 28°، فإذا حُرّك مصدر الضوء بحيث زادت زاوية السقوط بمقدار 34°، فما مقدار زاوية الانعكاس الجديدة؟

$$\theta_i = \theta_{i,\text{الابتدائي}} + 34°$$

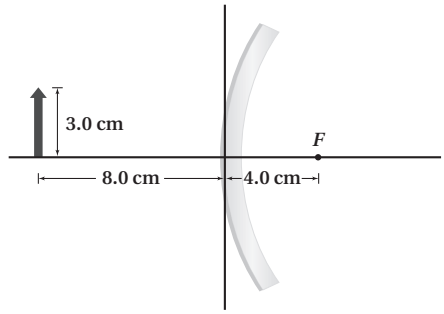
$$= 28° + 34°$$

$$= 62°$$

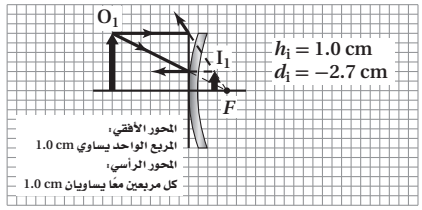
$$\theta_r = \theta_i$$

$$= 62°$$

64. انقل **الشكل 23–10** إلى دفترك، ثم ارسم أشعة على الشكل لتحديد طول الصورة المتكوّنة وموقعها.



■ الشكل 23–10



طول الصورة: 1.0 cm

بُعد الصورة عن المرآة: 2.7 cm

65. وضع جسم على بُعد 4.4 cm أمام مرآة مقعرة، نصف قطر تكوّرها 24.0 cm. أوجد بُعد الصورة باستخدام معادلة المرايا.

$$f = \frac{r}{2}$$

$$= \frac{24.0\text{ cm}}{2}$$

$$= 12.0\text{ cm}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$

$$d_i = \frac{d_o f}{d_o - f}$$

$$= \frac{(4.4\text{ cm})(12.0\text{ cm})}{4.4\text{ cm} - 12.0\text{ cm}}$$

$$= -6.9\text{ cm}$$

66. وضع جسم طوله 2.4 cm على بُعد 30.0 cm أمام مرآة مقعرة نصف قطر تكورها 26.0 cm. احسب مقدار:

a. بُعد الصورة المتكوّنة.

$$f = \frac{r}{2}$$

$$= \frac{26.0\text{ cm}}{2}$$

$$= 13.0\text{ cm}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$

$$d_i = \frac{d_o f}{d_o - f}$$

$$= \frac{(30.0\text{ cm})(13.0\text{ cm})}{30.0\text{ cm} - 13.0\text{ cm}}$$

$$= 22.9\text{ cm}$$

b. طول الصورة المتكوّنة.

$$m = \frac{h_i}{h_o}$$

$$h_i = \frac{-d_i h_o}{d_o}$$

$$= \frac{-(22.9\text{ cm})(2.4\text{ cm})}{30.0\text{ cm}}$$

$$= -1.8\text{ cm}$$

67. تُستخدم مرآة محدبة لتكوين صورة حجمها نصف حجم الجسم على بُعد 36 cm خلف المرآة. ما البعد البؤري للمرآة؟

$$m = \frac{h_i}{h_o} = \frac{-d_i}{d_o}$$

$$d_o = \frac{-d_i h_o}{h_i}$$

$$= \frac{-(-36\text{ cm})h_o}{\left(\frac{h_o}{2}\right)}$$

$$= 72\text{ cm}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$

$$f = \frac{d_o d_i}{d_o + d_i}$$

$$= \frac{(72\text{ cm})(-36\text{ cm})}{72\text{ cm} + (-36\text{ cm})}$$

$$= -72\text{ cm}$$

68. ما نصف قطر تكوّر مرآة مقعرة تُكبِّر صورة جسم 3.2+ مرة عندما يوضع على بُعد 20.0 cm منها؟

$$m = \frac{h_i}{h_o}$$

$$d_i = -md_o$$

$$= -(3.2)(20.0\ \text{cm})$$

$$= -64\ \text{cm}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$

$$f = \frac{d_o d_i}{d_o + d_i}$$

$$= \frac{(20.0\ \text{cm})(-64\ \text{cm})}{20.0\ \text{cm} + (-64\ \text{cm})}$$

$$= 29\ \text{cm}$$

$$r = 2f$$

$$= (2)\ (29\ \text{cm})$$

$$= 58\ \text{cm}$$

69. مرآة المراقبة تستخدم المحال الكبيرة مرايا المراقبة في الممرات، وكل مرآة لها نصف قطر تكوّر مقداره 3.8 m. احسب مقدار:

a. بُعد الصورة المتكوِّنة لزبون يقف أمام المرآة على بعد 6.5 m منها.

المرايا المستخدمة في المحالّ الكبيرة للمراقبة هي مرايا محدبة، لذا يكون البعد البؤري لها

$$f = \frac{-r}{2}$$

$$= \frac{-3.8\ \text{m}}{2}$$

$$= -1.9\ \text{m}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$

$$d_i = \frac{d_o f}{d_o - f}$$

$$= \frac{(6.5\ \text{m})(-1.9\ \text{m})}{6.5\ \text{m} - (-1.9\ \text{m})}$$

$$= -1.5\ \text{m}$$

b. طول صورة زبون طوله 1.7 m.

$$m = \frac{h_i}{h_o} = \frac{-d_i}{d_o}$$

$$h_i = \frac{-d_i h_o}{d_o}$$

$$= \frac{-(-1.5\ \text{m})(1.7\ \text{m})}{6.5\ \text{m}}$$

$$= 0.38\ \text{m}$$

70. مرآة الفحص والمعاينة يريد مراقب خط إنتاج في مصنع تركيب مرآة تكوّن صورًا معتدلة تكبيرها 7.5 مرات عندما توضع على بُعد 14.0 mm من طرف الآلة.

a. ما نوع المرآة التي يحتاج إليها المراقب لعمله؟

الصورة المكبرة المعتدلة تتكون فقط في المرآة المقعرة ولجسم موضوع على بعد أقل من البعد البؤري.

b. ما نصف قطر تكوّر المرآة؟

$$m = \frac{-d_i}{d_o}$$

$$d_i = -md_o = -(7.5)(14.0\ \text{mm})$$

$$= -105\ \text{mm}$$

$$\frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i} = \frac{1}{f}$$

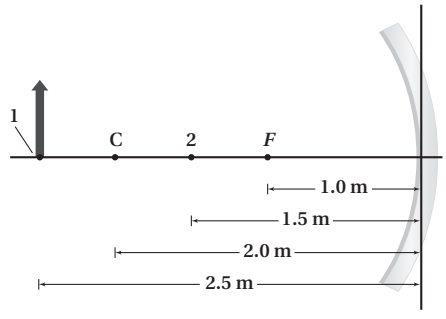
$$f = \frac{d_o d_i}{d_i + d_o} = \frac{(14.0\ \text{mm})(-105\ \text{mm})}{14.0\ \text{mm} + (-105\ \text{mm})}$$

$$= 16\ \text{mm}$$

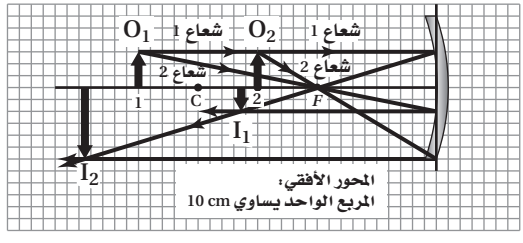
$$r = 2f = (2)(16\ \text{mm})$$

$$= 32\ \text{mm}$$

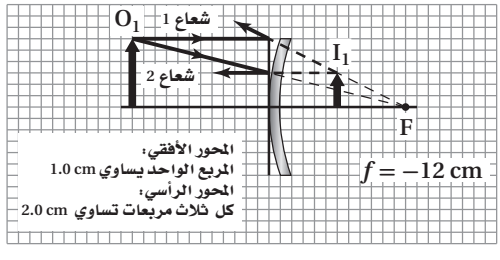
71. تحرّك الجسم في **الشكل 24–10** من الموقع 1 إلى الموقع 2. انقل الشكل إلى دفترك، ثم ارسم أشعة تبين كيف تتغير الصورة.



■ **الشكل 24–10**



72. وضع جسم طوله 4.0 cm على بُعد 12.0 cm من مرآة محدبة. فإذا كان طول صورة الجسم 2.0 cm وبُعدها 6.0 cm−، فما البعد البؤري للمرآة؟ ارسم مخطّط الأشعة للإجابة عن السؤال، واستخدم معادلتي المرايا والتكبير للتحقق من إجابتك.



$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$

$$f = \frac{d_o d_i}{d_o + d_i}$$

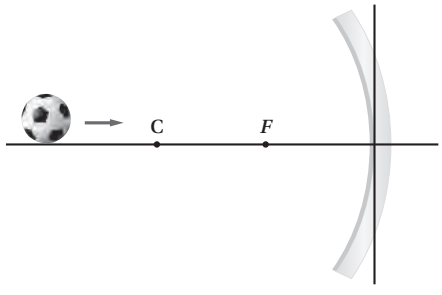
$$= \frac{(12.0\text{ cm})(-6.0\text{ cm})}{12.0\text{ cm} + (-6.0\text{ cm})}$$

$$= -12.0\text{ cm}$$

التفكير الناقد

صفحة 122

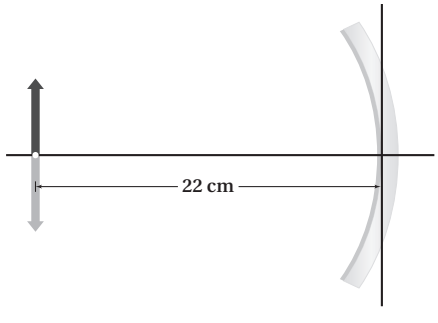
73. تطبيق المفاهيم تتدحرج الكرة في **الشكل 25–10** ببطء إلى اليمين نحو مرآة مقعرة. صف كيف يتغيّر حجم صورة الكرة في أثناء تدحرجها نحو المرآة.



■ **الشكل 25–10**

عندما تكون الكرة خلف النقطة C، تكون الصورة أصغر من الكرة وحقيقية. وعندما تكون الكرة في مركز التكور C يكون حجم صورة الكرة مساويًا لحجم الكرة. وكلما تدحرجت الكرة نحو المرآة ازداد حجم صورة الكرة. ويستمر حجم الصورة في الازدياد حتى تختفي صورة الكرة، وعندئذ تكون الكرة في البؤرة *F*. وبعد تعدّي *F* تصبح الصورة خيالية ومكبرة ومعتدلة.

74. التحليل والاستنتاج وضع جسم على بُعد 22 cm من مرآة مقعرة، كما في **الشكل 26–10**. ما البعد البؤري للمرآة؟



■ **الشكل 26–10**

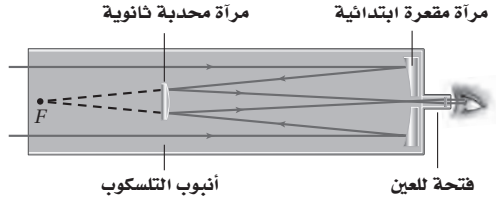
$$f = \frac{r}{2}$$

$$= \frac{d_o}{2}$$

$$= \frac{22\text{ cm}}{2}$$

$$= 11\text{ cm}$$

75. التحليل والاستنتاج يستخدم ترتيب بصري في بعض التلسكوبات يُسمى (تركيز كاسيجرين) كما في **الشكل 27–10**. ويستخدم هذا التلسكوب مرآة محدبة ثانوية توضع بين المرآة الابتدائية وبؤرتها. أجب عما يلي:



■ **الشكل 27–10**

a. تكوّن المرآة المحدبة المفردة صورًا خيالية فقط. اشرح كيف تكوّن هذه المرآة في هذا النظام من المرايا صورًا حقيقية؟

توضع المرآة المحدبة لتعترض الأشعة القادمة من المرآة المقعرة قبل أن تتجمع. وتعمل المرآة المحدبة على جعل نقطة التجمع في الاتجاه المعاكس للبعد البؤري الأصلي للمرآة الابتدائية، أي في اتجاه المرآة المقعرة، وتزيد من المسافة الكلية التي يقطعها الضوء قبل تجمّعه. وهذه العملية تزيد بشكل فعّال البعدَ البؤري مقارنة باستخدام المرآة المقعرة فقط؛ لذا تزيد من التكبير الكلي.

b. هل الصور المتكوّنة في هذا النظام معتدلة أم مقلوبة؟ وما علاقة ذلك بعدد مرات تقاطع الأشعة؟

مقلوبة، في كل مرة تتقاطع الأشعة الضوئية تنقلب الصورة.

الكتابة في الفيزياء

صفحة 122

76. تعكس المرايا الأشعة لأنها مطلية بالفلزات. ابحث في واحد مما يأتي، واكتب ملخصًا حوله:

a. الأنواع المختلفة للطلاء المستخدم، ومزايا كل نوع وسلبياته.

ستختلف إجابات الطلاب، ولكنها يجب أن تتضمن معلومات حول اللمعان، فضلا عن مقاومة التشوه، ومقاومة زوال البريق.

b. صقل الألومنيوم بدرجة دقيقة من النعومة، بحيث لا تحتاج إلى زجاج لعمل مرآة.

ستختلف إجابات الطلاب. وقد تتضمّن إجاباتهم معلومات حول تشوُّه المرايا نتيجة وزنها وذلك عند زيادة حجمها، وكيف يمكن أن تؤثر المرآة المصنوعة من الألومنيوم في هذه المشكلة.

77. ابحث في طريقة صقل وتلميع وفحص المرايا المستخدمة في التلسكوب العاكس. ويمكنك الكتابة في الطرائق التي يستخدمها الفلكي المبتدئ الذي يصنع تلسكوبه الخاص بيده، أو الطريقة التي تُستخدم في المختبر الوطني، وأعدّ تقريرًا في ورقة واحدة تصف فيه الطريقة، ثم اعرضه على طلاب الصف.

ستختلف إجابات الطلاب، وذلك اعتمادًا على المرايا والطرائق التي اختارها الطلاب. وتتمثل طرائق الفلكي المبتدئ عادة في فرك قطعتي زجاج إحداهما بالأخرى على أن توضع حبيبات رمل لها أحجام مختلفة بين سطحي قطعتي الزجاج. أما الطرائق المستخدمة في المختبر الوطني فتختلف عن ذلك.

مراجعة تراكمية

صفحة 122

78. ما الزمن الدوري لبندول طوله 2.0 m على سطح القمر؟ علمًا بأن كتلة القمر 7.34×10^{22} kg ونصف قطره 1.74×10^{6} m، وما الزمن الدوري لهذا البندول على سطح الأرض؟ (الفصل 7)

$$\mathbf{g_{\text{القمر}}} = \frac{\mathbf{Gm_{\text{القمر}}}}{\mathbf{d^2_{\text{القمر}}}}$$

$$= \frac{(6.67\times10^{-11}\ \mathbf{N.m^2/kg^2})(7.34\times10^{22}\ \mathbf{kg})}{(1.74\times10^{6}\ \mathbf{m})^2}$$

$$= 1.62\ \mathbf{m/s^2}$$

$$T_{\text{القمر}} = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} = 2\pi\sqrt{\frac{2.0\ \mathbf{m}}{1.62\ \mathbf{m/s^2}}} = 7.0\ \mathbf{s}$$

$$T_{\text{الأرض}} = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} = 2\pi\sqrt{\frac{2.0\ \mathbf{m}}{9.80\ \mathbf{m/s^2}}} = 2.8\ \mathbf{s}$$

تابع الفصل 10

79. وضع مرشِّحان ضوئيّان على مصباحين يدويين بحيث يُنفِّذ أحدهما ضوءًا أحمر، ويُنفِّذ الآخر ضوءًا أخضر. إذا تقاطعت الحزمتان الضوئيتان فلماذا يبدو لون الضوء في منطقة التقاطع أصفر، ثم يعود إلى لونه الأصلي بعد التقاطع؟ فسّر بدلالة الموجات. (الفصل 9)

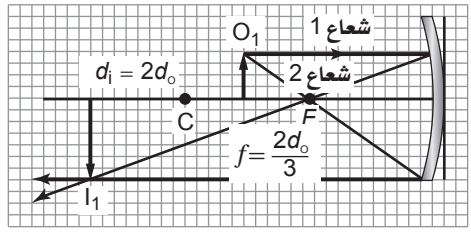
قد تتداخل الموجات، وتُجمع ثم يقطع بعضها بعضًا دون أن تتأثر. وفي هذه الحالة تحتفظ الموجات بالمعلومات الخاصة بألوانها عندما يعبر بعضها بعضًا.

مسألة تحفيز

صفحة 110

وضع جسم طوله h_o على بعد d_o من مرآة مقعرة بعدها البؤري f.

1. ارسم شكلا لمخطط أشعة يوضح البعد البؤري وموقع الجسم إذا كان بُعد الصورة الناتجة يساوي ضعف بُعد الجسم عن المرآة، وأثبت صحة إجابتك رياضيًّا. واحسب البعد البؤري بوصفه دالّة رياضية في بُعد الجسم في هذه الحالة.



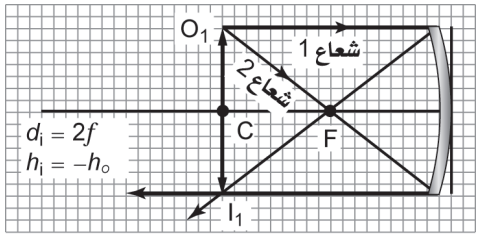
$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$

$$f = \frac{(d_o d_i)}{(d_o + d_i)}$$

$$f = \frac{\left(d_o(2d_o)\right)}{(d_o + 2d_o)}$$

$$f = \frac{2d_o}{3}$$

2. ارسم شكلا لمخطّط أشعة يوضح بُعد الجسم إذا كان بُعد الصورة عن المرآة يساوي ضعف البعد البؤري، وأثبت صحة إجابتك رياضيًّا، واحسب طول الصورة بوصفه دالّة رياضية في طول الجسم في هذه الحالة.



$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$

$$d_o = \frac{(f d_i)}{(d_i - f)}$$

$$= \frac{f(2f)}{(2f - f)}$$

$$= 2f$$

$$m = \frac{h_i}{h_o}$$

$$= \frac{(-d_i)}{d_o}$$

$$h_i = \frac{(-d_i h_o)}{d_o}$$

$$h_i = \frac{(-(2f)h_o)}{2f}$$

$$h_i = -h_o$$

3. أين يجب وضع الجسم بحيث لا تتكوّن له صورة؟

يجب أن يوضع الجسم في البؤرة.

مسائل تدريبية

1–11 انكسار الضوء (صفحة 133–125)

صفحة 127

1. أُسقطت حزمة ليزر في الهواء على إيثانول بزاوية 37.0°. ما مقدار زاوية الانكسار؟

$$n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$$

$$\theta_2 = \sin^{-1}\left(\frac{n_1 \sin\theta_1}{n_2}\right)$$

$$= \sin^{-1}\left(\frac{(1.00)(\sin 37.0^\circ)}{1.36}\right)$$

$$= 26.3^\circ$$

2. ينتقل ضوء في الهواء إلى داخل الماء بزاوية 30.0° بالنسبة للعمود المقام. أوجد مقدار زاوية الانكسار.

$$n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$$

$$\theta_2 = \sin^{-1}\left(\frac{n_1 \sin\theta_1}{n_2}\right)$$

$$= \sin^{-1}\left(\frac{(1.00)(\sin 30.0^\circ)}{1.33}\right)$$

$$= 22.1^\circ$$

3. غمر قالب من مادة غير معروفة في الماء. أُسقط عليه ضوء بزاوية 31°، فكانت زاوية انكساره في القالب 27°. ما معامل الانكسار للمادة المصنوع منها القالب؟

$$n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$$

$$n_2 = \frac{n_1 \sin\theta_1}{\sin\theta_2}$$

$$= \frac{(1.33)(\sin 31^\circ)}{\sin 27^\circ}$$

$$= 1.5$$

مراجعة القسم

1–11 انكسار الضوء (صفحة 133–125)

صفحة 133

4. معامل الانكسار عند نفاذ الضوء من الماء إلى سائل معين فإنه ينحرف مقتربًا من العمود المقام، ولكن عند نفاذ الضوء من زاجاج العدسات إلى السائل نفسه فإنه ينحرف مبتعدًا عن العمود المقام. ما الذي تستنتجه عن معامل انكسار السائل؟

$$n_{\text{ماء}} < n_{\text{السائل}} < n_{\text{زجاج العدسات}}$$

يجب أن يكون معامل انكسار السائل بين 1.33 (معامل انكسار الماء) و 1.52 (معامل انكسار زجاج العدسات).

5. معامل الانكسار سقط شعاع ضوئي في الهواء بزاوية 30.0° على قالب من مادة غير معروفة، فانكسر فيها بزاوية 20.0°. ما معامل انكسار المادة؟

$$n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$$

$$n_2 = \frac{n_1 \sin\theta_1}{\sin\theta_2}$$

$$= \frac{(1.00)(\sin 30.0^\circ)}{\sin 20.0^\circ}$$

$$= 1.46$$

6. سرعة الضوء هل يمكن أن يكون معامل الانكسار أقل من 1؟ وما الذي يعنيه هذا بالنسبة لسرعة الضوء في ذلك الوسط؟

لا؛ فهذا يعني أنّ سرعة الضوء في الوسط أكبر من سرعة الضوء في الفراغ.

7. سرعة الضوء ما سرعة الضوء في الكلوروفورم؟(n=1.51)

$$n = \frac{c}{v}$$

$$v_{\text{الكلوروفورم}} = \frac{c}{n_{\text{الكلوروفورم}}}$$

$$= \frac{3.00\times10^8\ \text{m/s}}{1.51}$$

$$= 1.99\times10^8\ \text{m/s}$$

8. الانعكاس الكلي الداخلي إذا توافر لديك الكوارتز وزجاج العدسات لتصنع ليفًا بصريًّا، فأيّهما تستخدم لطبقة الغلاف؟ ولماذا؟

زجاج العدسات؛ لأنّ معامل انكساره أقلّ لذا ينتج انعكاس كلي داخلي.

تابع الفصل 11

9. زاوية الانكسار تعبر حزمة ضوئية الماء إلى داخل البولي إيثيلين (معامل انكساره $n=1.50$). فإذا كانت $\theta_i = 57.5°$ فما زاوية الانكسار في البولي إيثيلين؟

$$n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$$

$$\theta_2 = \sin^{-1}\left(\frac{n_1 \sin\theta_1}{n_2}\right)$$

$$= \sin^{-1}\left(\frac{(1.33)(\sin 57.5°)}{1.50}\right)$$

$$= 48.4°$$

10. الزاوية الحرجة هل هناك زاوية حرجة للضوء المنتقل من الزجاج إلى الماء، وللضوء المنتقل من الماء إلى الزجاج؟

نعم؛ لأنّ الماء $n_{\text{الماء}}$ < $n_{\text{الزجاج}}$، ولكن لا توجد زاوية حرجة عندما ينتقل الضوء من الماء إلى الزجاج.

11. التفريق لماذا تستطيع رؤية صورة الشمس فوق الأفق تمامًا عندما تكون الشمس نفسها قد غابت فعلًا؟

وذلك بسبب انحراف أشعة الضوء في الغلاف الجوي؛ وانكسارها.

12. التفكير الناقد في أي اتجاه تستطيع رؤية قوس المطر في مساء يوم ماطر؟ وضح إجابتك.

في الشرق؛ لأنّ الشمس تكون في الغرب، ويجب أن تسطع أشعة الشمس من خلفك حتى تتمكن من رؤية قوس المطر .

مسائل تدريبية

2–11 العدسات المحدّبة والمقعرة (صفحة 141–134)

صفحة 138

13. تكوَّن لجسم موجود بالقرب من عدسة محدبة صورة حقيقية مقلوبة طولها 1.8 cm على بُعد 10.4 cm منها. فإذا كان البعد البؤري للعدسة 6.8 cm فما بُعد الجسم؟ وما طوله؟

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$

$$d_o = \frac{d_i f}{d_i - f}$$

$$= \frac{(10.4\text{ cm})(6.8\text{ cm})}{10.4\text{ cm} - 6.8\text{ cm}}$$

$$= 2.0\times10^1\text{ cm}$$

$$m = \frac{h_i}{h_o} = \frac{-d_i}{d_o}$$

$$h_o = \frac{-d_o h_i}{d_i}$$

$$= \frac{-(19.6\text{ cm})(-1.8\text{ cm})}{10.4\text{ cm}}$$

$$= 3.4\text{ cm}$$

تابع الفصل 11

14. وضع جسم عن يسار عدسة محدبة بعدها البؤري 25 mm، فتكوّنت له صورة حجمها يساوي حجم الجسم. ما بُعد كل من الجسم والصورة؟

$$\frac{1}{f}=\frac{1}{d_o}+\frac{1}{d_i}$$

ولما كانت

$$d_o=d_i$$

لأن

$$m=\frac{-d_i}{d_o}$$

و

$$m=-1$$

لذا فإن

$$\frac{1}{f}=\frac{2}{d_i}$$

$$d_i=2f$$

$$=2(25\text{ mm})$$

$$=5.0\times10^{1}\text{ mm}$$

$$d_o=d_i$$

$$=5.0\times10^{1}\text{ mm}$$

صفحة 139

15. إذا وضعت صحيفة على بُعد 6.0 cm من عدسة محدبة بعدها البؤري 20.0 cm فأوجد بُعد الصورة المتكوِّنة لها.

$$\frac{1}{f}=\frac{1}{d_o}+\frac{1}{d_i}$$

لذا فإن

$$d_i=\frac{d_o f}{d_o-f}$$

$$=\frac{(6.0\text{ cm})(20.0\text{ cm})}{6.0\text{ cm}-20.0\text{ cm}}$$

$$=-8.6\text{ cm}$$

16. إذا وضعت عملة معدنية قطرها 2.0 cm على بُعد 3.4 cm من عدسة مُكبِّرة بعدها البؤري 12.0 cm فحدّد موقع صورة العملة المعدنية، وقطر الصورة.

$$\frac{1}{f}=\frac{1}{d_i}+\frac{1}{d_o}$$

$$d_i=\frac{d_o f}{d_o-f}$$

$$=\frac{(3.4\text{ cm})(12.0\text{ cm})}{3.4\text{ cm}-12.0\text{ cm}}$$

$$=-4.7\text{ cm}$$

$$h_i=\frac{-h_o d_i}{d_o}$$

$$=\frac{-(2.0\text{ cm})(-4.7\text{ cm})}{3.4\text{ cm}}$$

$$=2.8\text{ cm}$$

17. يريد أحد هواة جمع الطوابع تكبير طابع بمقدار 4.0 مرات عندما يكون الطابع على بُعد 3.5 cm من العدسة. ما البعد البؤري للعدسة اللّازمة؟

$$m=\frac{-d_i}{d_o}$$

$$d_i=-m\,d_o$$

$$=-(4.0)(3.5\text{ cm})$$

$$=-14\text{ cm}$$

$$\frac{1}{f}=\frac{1}{d_i}+\frac{1}{d_o}$$

$$f=\frac{d_o d_i}{d_o+d_i}$$

$$=\frac{(3.5\text{ cm})(-14\text{ cm})}{3.5\text{ cm}+(-14\text{ cm})}$$

$$=4.7\text{ cm}$$

مراجعة القسم

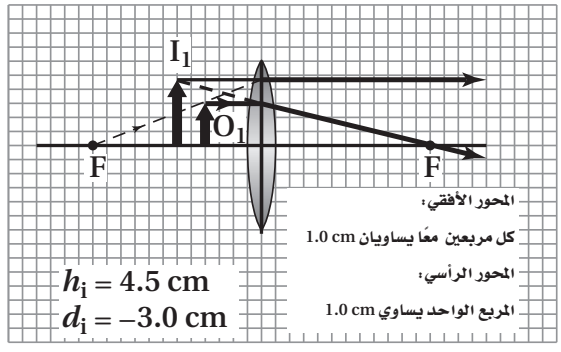
11–2 العدسات المحدّبة والمقعّرة (صفحة 141–134)

صفحة 141

18. التكبير تُستخدم العدسات المكبّرة عادة لتكوين صور أكبر من الأجسام، ولكنها أيضًا يمكن أن تكوّن صورًا أصغر من الأجسام. وضّح ذلك.

إذا كان موقع الجسم على بُعد أكبر من ضعف البعد البؤري من العدسة، يكون حجم الصورة أصغر من حجم الجسم.

19. بُعد الصورة وطولها وضع جسم طوله 3.0 cm على بُعد 2.0 cm من عدسة محدبة بعدها البؤري 6.0 cm. ارسم مخطّط الأشعة لتحديد موقع الصورة وطولها، واستخدم معادلة العدسة الرقيقة ومعادلة التكبير للتحقق من إجابتك.



$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$

$$d_i = \frac{d_o f}{d_o - f}$$

$$= \frac{(2.0\text{ cm})(6.0\text{ cm})}{2.0\text{ cm} - 6.0\text{ cm}}$$

$$= -3.0\text{ cm}$$

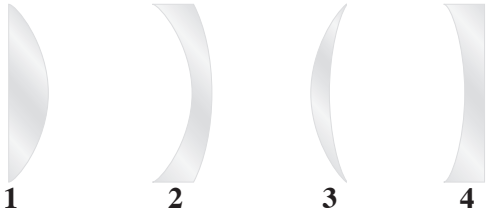
$$m \equiv \frac{h_i}{h_o} = \frac{-d_i}{d_o}$$

$$h_i = \frac{-d_i h_o}{d_o}$$

$$= \frac{-(-3.0\text{ cm})(3.0\text{ cm})}{2.0\text{ cm}}$$

$$= 4.5\text{ cm}$$

20. أنواع العدسات يبيّن **الشكل 16–11** المقطع العرضي لأربع عدسات رقيقة. أي هذه العدسات:



■ **الشكل 16–11**

a. محدبة؟

العدستان 1 و 3

b. مقعرة؟

العدستان 2 و 4

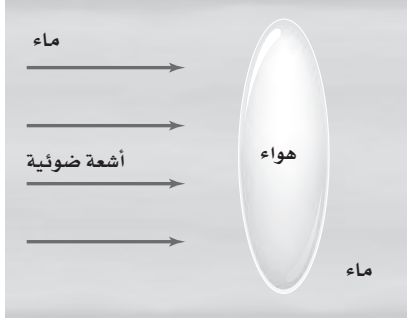
21. الزوغان اللوني للعدسات البسيطة كلها زوغان لوني. فسر ذلك. لماذا لا ترى هذا الأثر عندما تنظر خلال الميكروسكوب (المجهر)؟

تستخدم الأدوات البصرية الدقيقة جميعها مجموعة من العدسات تسمى العدسات اللالونية لتقليل الزوغان اللوني.

22. الزوغان اللوني إذا سمحت لضوء أبيض بالمرور من خلال عدسة محدبة إلى شاشة، وضبطت المسافة بين الشاشة والعدسة لتجمّع اللون الأحمر، ففي أي اتجاه يجب أن تحرك الشاشة لتُجمِّع الضوء الأزرق؟

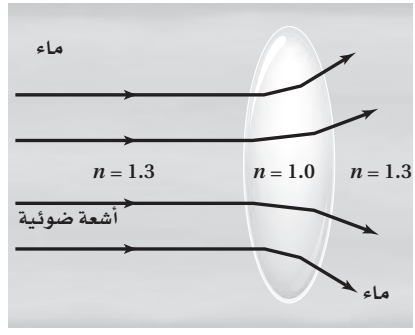
أقرب إلى العدسة.

23. التفكير الناقد تتكون عدسة هوائية، موضوعة في خزان ماء من زجاجتي ساعة. انقل **الشكل 17–11** إلى دفترك، وارسم تأثير هذه العدسة في أشعة الضوء المتوازية الساقطة عليها.



■ **الشكل 17–11**

ستتباعد أشعة الضوء



مراجعة القسم

3–11 تطبيقات العدسات (صفحة 145–142)

صفحة 145

24. الانكسار فسّر لماذا تعدّ القرنية عنصر التجميع الرئيس للأشعة في العين؟

إنّ الفرق بين معاملي انكسار الهواء والقرنية أكبر من أيّ فرق تواجهه أشعة الضوء عندما تنتقل نحو الشبكية.

25. أنواع العدسات أيّ العدسات المحدبة أم المقعرة ينبغي أن يستخدمها الشخص المصاب بقصر النظر؟ وأيها ينبغي أن يستخدمها الشخص المصاب بطول النظر؟

يجب أن يستخدم الشخص المصاب بقصر النظر عدسة مقعرة، أما الشخص المصاب بطول النظر فيستخدم عدسة محدبة.

26. الصورة لماذا تكون الصورة المُشاهَدةُ في التلسكوب مقلوبة؟

بعد أن يمرّ الضوء من خلال العدسة الشيئية، تتقاطع الأشعة مشكّلةً صورة مقلوبة. وتحتفظ العدسة العينية بهذا الاتجاه عندما تستخدم الصورة بوصفها جسمًا لها.

27. المنشور ما المزايا الثلاث لاستخدام المنشورين في المنظار؟

يؤدي المنشوران إلى زيادة طول مسار الضوء لجعل المنظار مضغوطًا بصورة أكثر (أقصر)، ويؤديان كذلك إلى انقلاب أشعة الضوء بحيث يرى المشاهد صورة معتدلة، وزيادة المسافة الفاصلة بين العدستين الشيئيتين ممّا يحسّن من الرؤية الثلاثية الأبعاد للجسم.

28. البعد البؤري افترض أنك ركّزت آلة التصوير التي لديك على شخص يبعد 2 m، ثم أردت أن تُركِّزها على شجرة أبعد من ذلك، فهل يتعين عليك أن تحرك العدسة قريبًا من الفيلم أم بعيدًا عنه؟

أقرب إلى الفيلم؛ تكون الصور الحقيقية دائمًا أبعد من البعد البؤري . كلما زاد بُعد الجسم عن العدسة كانت الصورة أقرب إلى البؤرة.

29. التفكير الناقد عندما تستخدم التكبير الأقصى في المجهر فإن الصورة تكون معتمة أكثر منها في حالة التكبير الأقل. ما الأسباب المحتملة لتكوّن الصورة المعتمة؟ وما الذي يمكن أن تفعله للحصول على صورة أوضح؟

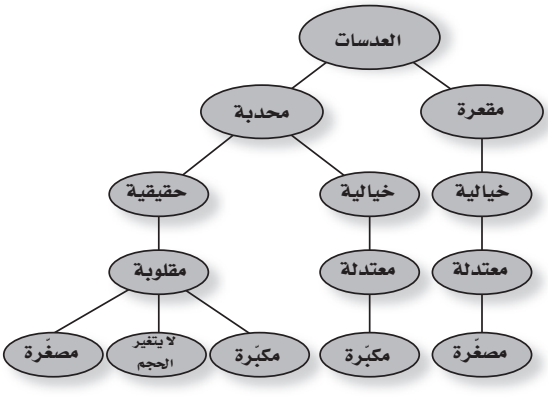
لأنك تستفيد من الضوء الذي يسقط على مساحة صغيرة من الجسم، ويمكن استخدام مصباح أكثر سطوعًا.

تقويم الفصل

خريطة المفاهيم

صفحة 150

30. أكمل خريطة المفاهيم أدناه باستخدام المصطلحات التالية: مقلوبة، مكبرة، مصغّرة، خيالية.



تابع الفصل 11

إتقان المفاهيم
صفحة 150

31. قارن زاوية السقوط بزاوية الانكسار عندما ينتقل شعاع الضوء من الزجاج إلى الهواء بزاوية لا تساوي صفرًا؟ (1–11)

تكون زاوية السقوط في الزجاج أقل من زاوية الانكسار في الهواء؛ لأنّ معامل انكسار الهواء أقل.

32. على الرغم من أنّ الضوء القادم من الشمس ينكسر في أثناء مروره في الغلاف الجويّ للأرض، إلا أنّ الضوء لا يتحلّل إلى طيفه. فإلامَ يشير هذا بالنسبة لسرعات الألوان المختلفة للضوء المنتقلة في الهواء؟ (1–11)

تنتقل ألوان الضوء المختلفة في الهواء بالسرعة نفسها.

33. فسر لماذا يبدو القمر أحمر اللون في أثناء الخسوف؟ (1–11)

تحجب الأرض أشعة الشمس عن القمر في أثناء خسوف القمر، إلا أن الغلاف الجوي للأرض يُسبب انكسار أشعة الشمس ويغير مسارها لتسقط في اتجاه القمر. ولما كان الطول الموجي للضوء الأزرق يتشتت أكثر فإن الضوء الأحمر يصل إلى القمر وينعكس عنه في اتجاه الأرض.

34. ما العامل الذي يحدّد موقع البؤرة للعدسة، غير تقوّس سطح العدسة؟ (2–11)

يحدد أيضًا معامل انكسار المادة التي صنعت منها العدسة موقعَ بؤرتها.

35. عند عرض صورة بواسطة آلة عرض الأفلام على شاشة فإنَّ الفيلم يوضع بين F و$2F$ لعدسة مجمِّعة. ويُنتج هذا الترتيب صورة مقلوبة، فلماذا يظهر مشهد الفيلم معتدلاً عندما يعرض الفيلم؟ (2–11)

يحتوي النظام البصري لآلة العرض على عدسة أخرى لقلب الصورة مجدّدًا فتصبح الصورة معتدلة نتيجة ذلك مقارنة بالجسم الأصلي. أو توضع الشرائح بصورة مقلوبة بالنسبة إلى وضعها الأصلي.

36. وضّح لماذا تستخدم الآلات البصرية الدقيقة العدسات اللّالونية؟ (2–11)

للعدسات جميعها زوغان لوني، مما يعني انحراف أطوال موجية مختلفة من الضوء بزوايا مختلفة قليلاً عند أطرافها، وتكون العدسة اللالونية مكونة من عدستين أو أكثر ولها معاملات انكسار بقيم مختلفة لتعمل على تقليل هذا الأثر.

37. ما الحالة التي يكون عندها البعد البؤري للعين قصيرًا جدًّا بحيث لا يمكنه تجميع الضوء على الشبكية؟ (3–11)

قصر النظر.

38. ما طبيعة الصورة المتكوّنة بالعدسة الشيئية في المنظار الفلكي الكاسر؟ (3–11)

صورة حقيقية، مقلوبة.

39. لماذا تعد زيادة المسافة بين العدستين الشيئيتين في المنظار أمرًا نافعًا؟ (3–11)

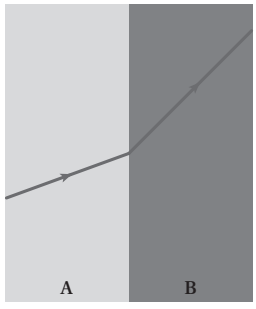
يعمل ذلك على تحسين المشاهدة الثلاثية الأبعاد.

40. ما الغرض من المرآة العاكسة في آلة التصوير؟ (3–11)

تعمل المرآة العاكسة على انحراف الصورة في اتجاه المنشور بحيث يمكن مشاهدتها قبل التقاط الصورة الفوتوجرافية. عند الضغط على مفتاح نافذة آلة التصوير فإنّ المرآة العاكسة تبتعد لتركّز العدسةُ الصورةَ على سطح الفيلم أو على كاشف تصويري آخر.

تطبيق المفاهيم
صفحة 151–150

41. أي المادتين، A، أم B، في **الشكل 24–11** لها معامل انكسار أكبر؟ وضح ذلك.



■ الشكل 24–11

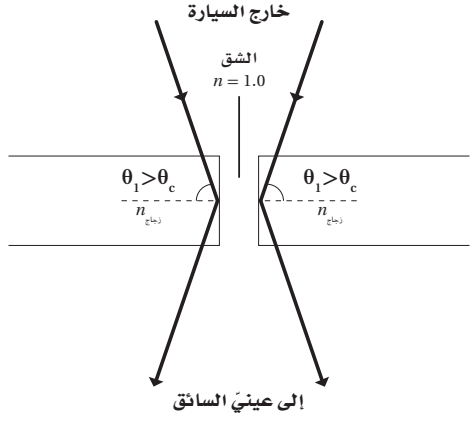
الزاوية في المادة A أقل، لذا يكون معامل انكسارها أكبر.

42. كيف يتغير مقدار الزاوية الحرجة مع زيادة معامل الانكسار؟

كلما زاد معامل انكسار المادة قلّت الزاوية الحرجة.

43. الزجاج الأمامي المتشقق إذا نظرت خلال زجاج سيارة متشقِّق فإنك ترى خطًّا فضيًّا على امتداد الشق، حيث يكون الزجاج منفصلا عنده، وهناك هواء في الشق. ويشير هذا الخط الفضي إلى أن الضوء ينعكس عن الشق. ارسم مخطّط أشعة لتفسير سبب حدوث هذا. وما الظاهرة التي يمثّلها؟

يبين هذا انعكاس الضوء عند زوايا أكبر من الزاوية الحرجة؛ أي حدوث انعكاس كلي داخلي.



44. قوس المطر لماذا لا تستطيع رؤية قوس المطر في السماء جنوبًا إذا كنت في نصف الكرة الأرضية الشمالي؟ وإذا كنت في نصف الكرة الأرضية الجنوبي فإلى أي اتجاه يجب أن تنظر لترى قوس المطر؟

تستطيع رؤية قوس المطر عندما تأتي أشعة الشمس من خلفك بزاوية لا تزيد على 42° مع الأفقي فقط. وعندما تواجه الجنوب في نصف الكرة الشمالي فإنّ الشمس لا تكون خلفك مطلقًا عند زاوية 42° أو أقل. ولن ترى مطلقًا قوس المطر في السماء شمالاً عند وجودك في النصف الجنوبي للكرة، حيث يمكنك رؤية قوس المطر عندما تكون الشمس خلفك عند الزاوية 42°.

45. يستخدم سباح عدسة مكبِّرة لمشاهدة جسم صغير في قاع بركة سباحة، واكتشف أنها لا تُكبِّر الجسم بشكل جيد، فسّر لماذا لا تعمل العدسة المكبّرة في الماء كما كانت تعمل في الهواء.

يكون التكبير في الماء أقل كثيرًا من التكبير في الهواء. لأن الاختلاف في معاملي انكسار الماء والزجاج أقل كثيرًا من الاختلاف بين معاملي انكسار الهواء والزجاج.

46. لماذا يكون هنالك زوغان لوني للضوء المار خلال عدسة، في حين لا يكون للضوء الذي ينعكس عن مرآة زوغان لوني؟

يعزى الزوغان اللوني للعدسات إلى تشتت الضوء (للأطوال الموجية المختلفة للضوء سرعات مختلفة في العدسة، وتنكسر بزوايا مختلفة بدرجات قليلة)، ولا يعتمد الانعكاس في المرايا على الطول الموجي.

47. يكون بؤبؤ العينين صغيرًا عندما تتعرض لضوء الشمس الساطع مقارنة بالتعرض لضوء خافت، وضّح لماذا تستطيع عيناك تجميع الضوء بشكل أفضل في الضوء الساطع؟

تعمل العيون على تجميع الضوء الساطع بشكل أفضل؛ لأنّ الأشعة المنكسرة بزوايا أكبر تزال بواسطة القزحية؛ لذا تتجمع الأشعة عند مدى زوايا أصغر، ويكون الزوغان الكروي أقل.

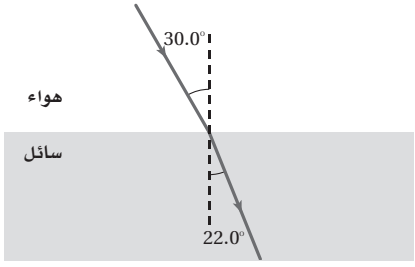
إتقان حل المسائل

صفحة 152–151

11–1 انكسار الضوء

صفحة 152–151

48. ينتقل شعاع ضوء من الهواء إلى سائلٍ ما، كما في **الشكل 25–11**، حيث يسقط الشعاع على السائل بزاوية 30.0°، وينكسر بزاوية 22.0°.



■ **الشكل 25–11**

a. احسب معامل انكسار السائل باستخدام قانون سنل.

$$n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$$

$$n_2 = \frac{n_1 \sin\theta_1}{\sin\theta_2}$$

$$= \frac{(1.00)(\sin 30.0^\circ)}{\sin 22.0^\circ}$$

$$= 1.33$$

b. قارن معامل الانكسار الذي حسبته بالقيم الموجودة في **الجدول 1–11**، وماذا يمكن أن يكون هذا السائل؟

الماء

49. يسقط شعاع ضوئي على زجاج مسطح لأحد جوانب حوض سمك، بزاوية مقدارها 40° بالنسبة للعمود المقام. فإذا علمت أن معامل انكسار الزجاج $n = 1.5$، فاحسب مقدار:

a. زاوية انكسار الضوء في الزجاج.

$$n_{\text{الهواء}} \sin\theta_{\text{الهواء}} = n_{\text{الزجاج}} \sin\theta_{\text{الزجاج}}$$

$$\theta_{\text{الزجاج}} = \sin^{-1}\left(\frac{n_{\text{الهواء}} \sin\theta_{\text{الهواء}}}{n_{\text{الزجاج}}}\right)$$

$$= \sin^{-1}\left(\frac{(1.00)(\sin 40.0^\circ)}{1.50}\right)$$

$$= 25.4^\circ$$

b. زاوية انكسار الضوء في الماء.

$$n_{\text{الزجاج}} \sin\theta_{\text{الزجاج}} = n_{\text{الماء}} \sin\theta_{\text{الماء}}$$

$$\theta_{\text{الماء}} = \sin^{-1}\left(\frac{n_{\text{الزجاج}} \sin\theta_{\text{الزجاج}}}{n_{\text{الماء}}}\right)$$

$$= \sin^{-1}\left(\frac{(1.50)(\sin 25.4^\circ)}{1.33}\right)$$

$$= 28.9^\circ$$

50. ارجع إلى **الجدول 1–11**، واستخدم معامل انكسار الألماس لحساب سرعة الضوء فيه.

$$n = \frac{c}{v}$$

$$v_{\text{الألماس}} = \frac{c}{n_{\text{الألماس}}}$$

$$= \frac{3.00\times10^8\ \text{m/s}}{2.42}$$

$$= 1.24\times10^8\ \text{m/s}$$

51. ارجع إلى **الجدول 1–11**، وأوجد الزاوية الحرجة للألماس في الهواء.

$$\theta_{c,\text{الألماس/الهواء}} = \sin^{-1}\left(\frac{n_2}{n_1}\right)$$

$$= \sin^{-1}\left(\frac{1.00}{2.42}\right)$$

$$= 24.4^\circ$$

52. حوض سمك استخدمت صفيحة سميكة من البلاستيك $n = 1.500$، في صنع حوض سمك، فإذا انعكس ضوء عن سمكة موجودة في الماء وسقط على صفيحة البلاستيك بزاوية 35.0°، فما مقدار الزاوية التي سيخرج فيها الضوء إلى الهواء؟

$$n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$$

$$n_{\text{الماء}} \sin\theta_{\text{الماء}} = n_{\text{البلاستيك}} \sin\theta_{\text{البلاستيك}}$$

$$\theta_{\text{البلاستيك}} = \sin^{-1}\left(\frac{n_{\text{الماء}} \sin\theta_{\text{الماء}}}{n_{\text{البلاستيك}}}\right)$$

$$= \sin^{-1}\left(\frac{(1.33)(\sin 35.0^\circ)}{1.500}\right)$$

$$= 30.57^\circ$$

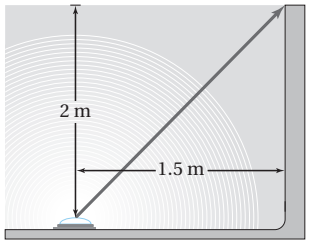
$$n_{\text{البلاستيك}} \sin\theta_{\text{البلاستيك}} = n_{\text{الهواء}} \sin\theta_{\text{الهواء}}$$

$$\theta_{\text{الهواء}} = \sin^{-1}\left(\frac{n_{\text{البلاستيك}} \sin\theta_{\text{البلاستيك}}}{n_{\text{الهواء}}}\right)$$

$$= \sin^{-1}\left(\frac{(1.500)(\sin 30.57^\circ)}{1.00}\right)$$

$$= 49.7^\circ$$

53. وضع مصدر ضوء في قاع حوض سباحة على عمق 2.0 m من سطح الماء ويبعد عن طرف الحوض 1.5 m كما في **الشكل 26–11**. وكان الحوض مملوءًا بالماء إلى قمته.



■ **الشكل 26–11**

a. ما مقدار الزاوية التي يصل فيها الضوء طرف المسبح خارجًا من الماء؟

$$\theta_i = \tan^{-1}\left(\frac{1.5\ \text{m}}{2.0\ \text{m}}\right)$$

$$= 37^\circ$$

لإيجاد الزاوية في الهواء

$$n_{\text{الهواء}} \sin\theta_{\text{الهواء}} = n_{\text{الماء}} \sin\theta_{\text{الماء}}$$

$$\theta_{\text{الهواء}} = \sin^{-1}\left(\frac{n_{\text{الماء}} \sin\theta_{\text{الماء}}}{n_{\text{الهواء}}}\right)$$

$$= \sin^{-1}\left(\frac{(1.33)(\sin 37^\circ)}{1.00}\right)$$

$$= 53^\circ$$

b. هل تؤدي رؤية الضوء بهذه الزاوية إلى ظهوره بشكل أعمق أم أقل عمقًا مما هو عليه في الواقع؟

$$\tan 53^\circ = \frac{\text{الضلع المقابل}}{\text{الضلع المجاور}}$$

$$\text{الضلع المجاور} = \frac{\text{الضلع المقابل}}{\tan 53^\circ}$$

$$= \frac{1.5\ \text{m}}{\tan 53^\circ}$$

$$= 1.1\ \text{m}, \text{أقل عمقًا}$$

54. إذا كانت سرعة الضوء في بلاستيك شفاف $1.90\times10^8\ \text{m/s}$. وسقط شعاع ضوء على البلاستيك بزاوية 22.0°، فما مقدار الزاوية التي ينكسر بها الشعاع؟

$$n_{\text{الهواء}} \sin\theta_{\text{الهواء}} = n_{\text{البلاستيك}} \sin\theta_{\text{البلاستيك}}$$

$$n_{\text{البلاستيك}} = \frac{c}{v_{\text{البلاستيك}}}$$

لذا فإن

$$n_{\text{الهواء}} \sin\theta_{\text{الهواء}} = \frac{c}{v_{\text{البلاستيك}}} \sin\theta_{\text{البلاستيك}}$$

$$\sin\theta_{\text{البلاستيك}} = \frac{v_{\text{البلاستيك}} n_{\text{الهواء}} \sin\theta_{\text{الهواء}}}{c}$$

$$\theta_{\text{البلاستيك}} = \sin^{-1}\left(\frac{v_{\text{البلاستيك}} n_{\text{الهواء}} \sin\theta_{\text{الهواء}}}{c}\right)$$

$$= \sin^{-1}\left(\frac{(1.90\times10^8\ \text{m/s})(1.00)(\sin 22.0^\circ)}{3.00\times10^8\ \text{m/s}}\right)$$

$$= 13.7^\circ$$

11–2 العدسات المحدبة والمقعرة

صفحة 152

55. إذا وضع جسم على بُعد 10.0 cm من عدسة مجمّعة بعدها البؤري 5.00 cm، فعلى أيّ بُعد من العدسة تتكوَّن الصورة؟

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$

$$d_i = \frac{d_o f}{d_o - f}$$

$$= \frac{(10.0\ \text{cm})(5.00\ \text{cm})}{10.0\ \text{cm} - 5.00\ \text{cm}}$$

$$= 10.0\ \text{cm}$$

56. إذا أردنا استخدام عدسة محدبة لتكوِّن صورة حجمها يساوي 0.75 من حجم الجسم، وأن تكون الصورة على بُعد 24 cm من الجانب الآخر للعدسة، فما البعد البؤري للعدسة الذي يحقق ذلك؟

$$m \equiv \frac{h_i}{h_o} = \frac{-d_i}{d_o}$$

$$d_o = \frac{-d_i}{m}$$

$$= \frac{-(24\ \text{cm})}{-0.75}$$

$$= 32\ \text{cm}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$

$$f = \frac{d_o d_i}{d_o + d_i}$$

$$= \frac{(32\ \text{cm})(24\ \text{cm})}{32\ \text{cm} + 24\ \text{cm}}$$

$$= 14\ \text{cm}$$

57. وضع جسم طوله 3.0 cm على بُعد 15 cm أمام عدسة مجمّعة، فتكوّنت له صورة حقيقية على بُعد 10 cm من العدسة.

a. ما البعد البؤري للعدسة؟

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$

$$f = \frac{d_o d_i}{d_o + d_i}$$

$$= \frac{(15\text{ cm})(10\text{ cm})}{15\text{ cm} + 10\text{ cm}}$$

$$= 6.0\text{ cm}$$

b. إذا استُبدِلت العدسة الأصلية، ووُضِع مكانها عدسة أخرى لها ضعفا البعد البؤري، فحدّد موقع الصورة وطولها واتجاهها.

$$f_{\text{الجديدة}} = 2f$$

$$= 2(6.0\text{ cm})$$

$$= 12\text{ cm}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$

$$d_{i,\text{الجديدة}} = \frac{d_o f_{\text{الجديدة}}}{d_o - f_{\text{الجديدة}}}$$

$$= \frac{(15\text{ cm})(12\text{ cm})}{15\text{ cm} - 12\text{ cm}}$$

$$= 60\text{ cm}$$

$$h_{i,\text{الجديدة}} = \frac{-d_{i,\text{الجديدة}} h_o}{d_o}$$

$$= \frac{-(60\text{ cm})(3.0\text{ cm})}{15\text{ cm}}$$

$$= -12\text{ cm}$$

الصورة مقلوبة مقارنة بالجسم

58. وضع جسم بالقرب من عدسة مفرّقة بعدها البؤري 15 cm، فتكوّنت له صورة طولها 2.0 cm على بُعد 5.0 cm من العدسة.

a. ما بُعد الجسم عن العدسة؟ وما طوله؟

$$\frac{1}{f}=\frac{1}{d_o}+\frac{1}{d_i}$$

$$d_o=\frac{d_i f}{d_i-f}$$

$$=\frac{(-5.0\text{ cm})(-15\text{ cm})}{-5.0\text{ cm}-(-15\text{ cm})}$$

$$=7.5\text{ cm}$$

$$m\equiv\frac{h_i}{h_o}=\frac{-d_i}{d_o}$$

$$h_o=\frac{-d_o h_i}{d_i}$$

$$=\frac{-(7.5\text{ cm})(2.0\text{ cm})}{-5.0\text{ cm}}$$

$$=3.0\text{ cm}$$

b. إذا استُبدِلت العدسة المفرِّقة، ووُضِع مكانها عدسة مجمّعة لها البعد البؤري نفسه فما موقع الصورة وطولها واتجاهها؟ وهل هي خيالية أم حقيقية؟

$$f_{\text{الجديدة}}=-f$$

$$=-(-15.0\text{ cm})$$

$$=15.0\text{ cm}$$

$$\frac{1}{f_{\text{الجديدة}}}=\frac{1}{d_o}+\frac{1}{d_{i,\text{الجديدة}}}$$

$$d_{i,\text{الجديدة}}=\frac{d_o f_{\text{الجديدة}}}{d_o-f_{\text{الجديدة}}}$$

$$=\frac{(7.5\text{ cm})(15\text{ cm})}{7.5\text{ cm}-15\text{ cm}}$$

$$=-15\text{ cm}$$

$$m\equiv\frac{h_i}{h_o}=\frac{-d_i}{d_o}$$

$$h_{i,\text{الجديدة}}=\frac{-d_{i,\text{الجديدة}}h_o}{d_o}$$

$$=\frac{-(-15\text{ cm})(3.0\text{ cm})}{7.5\text{ cm}}$$

$$=6.0\text{ cm}$$

موقع الصورة: 15 cm، طول الصورة: 6.0 cm، وتكون الصورة معتدلة مقارنةً بالجسم وخيالية.

11–3 تطبيقات العدسات

صفحة 152

59. النظارات يجب أن يكون الكتاب على بُعد 25 cm من العين لقراءته بوضوح. فإذا كان هناك فتاة تعاني من طول النظر، وتحتاج إلى أن يكون الكتاب على بُعد 45 cm من عينيها لقراءته بوضوح، فما البعد البؤري اللازم لعدستي نظارتها؟

$$\frac{1}{f}=\frac{1}{d_i}+\frac{1}{d_o}$$

وعليه، فإن

$$f=\frac{d_o d_i}{d_o+d_i}$$

$$=\frac{(25\text{ cm})(-45\text{ cm})}{25\text{ cm}+(-45\text{ cm})}$$

$$=56\text{ cm}$$

60. آلة نسخ البعد البؤري للعدسة المحدبة الخاصة بآلة نسخ يساوي 25.0 cm. فإذا وضعت رسالة على بُعد 40.0 cm من العدسة لنسخها

a. فعلى أي بُعد من العدسة يجب أن تكون ورقة النسخ؟

$$\frac{1}{f}=\frac{1}{d_i}+\frac{1}{d_o}$$

$$d_i=\frac{d_o f}{d_o-f}$$

$$=\frac{(40.0\text{ cm})(25.0\text{ cm})}{40.0\text{ cm}-25.0\text{ cm}}$$

$$=66.7\text{ cm}$$

b. ما تكبير ورقة النسخ؟

$$\frac{h_i}{h_o} = \frac{-d_i}{d_o}$$

$$h_i = \frac{-d_i h_o}{d_o} = \frac{-(66.7\ \text{cm})(h_o)}{40.0\ \text{cm}}$$

$$= -1.67\ h_o$$

تكون الورقة المنسوخة مكبّرة ومقلوبة.

61. الميكروسوب (المجهر) وضعت شريحة من خلايا البصل على بُعد 12 mm من عدسة المجهر الشيئية، فإذا كان البعد البؤري لهذه العدسة 10.0 mm:

a. فما بُعد الصورة المتكوّنة عن العدسة؟

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_i} + \frac{1}{d_o}$$

لذا فإن

$$d_i = \frac{d_o f}{d_o - f}$$

$$= \frac{(12\ \text{mm})(10.0\ \text{mm})}{12\ \text{mm} - 10.0\ \text{mm}}$$

$$= 6.0 \times 10^1\ \text{mm}$$

b. ما تكبير هذه الصورة؟

$$m_o = \frac{-d_i}{d_o} = \frac{-6.0 \times 10^1\ \text{mm}}{12\ \text{mm}} = -5.0$$

c. تتكوّن الصورة الحقيقية على بُعد 10.0 mm تحت العدسة العينية. فإذا كان بعدها البؤري 20.0 mm فما موقع الصورة النهائية؟

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_i} + \frac{1}{d_o}$$

$$d_i = \frac{d_o f}{d_o - f}$$

$$= \frac{(10.0\ \text{mm})(20.0\ \text{mm})}{10.0\ \text{mm} - 20.0\ \text{mm}}$$

$$= -20.0\ \text{mm}$$

أو

$$= 20.0\ \text{mm}$$ **أسفل العدسة العينية**

d. ما التكبير النهائي لهذا النظام المركّب؟

$$m_e = \frac{-d_i}{d_o} = \frac{-(-20.0\ \text{mm})}{10.0\ \text{mm}} = 2.00$$

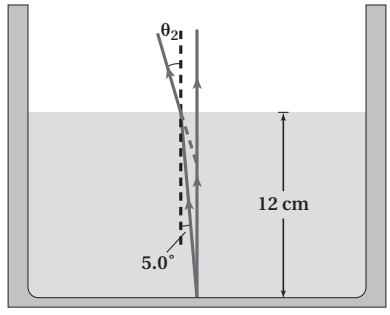
$$m_{\text{النهائي}} = m_o m_e = (-5.0)(2.00)$$

$$= -1.0 \times 10^1$$

مراجعة عامة

صفحة 153–152

62. العمق الظاهري ينعكس ضوء الشمس من قاع حوض سمك وينتشر في جميع الاتجاهات. ويوضّح **الشكل 27–11** شعاعين من هذه الأشعة المنعكسة من نقطة في قاع الحوض ينتقلان إلى السطح، فتنكسر الأشعة في الهواء كما هو مبين. إن امتداد الخط الأحمر المتقطع إلى الخلف، من شعاع الضوء المنكسر هو خط النظر الذي يتقاطع مع الشعاع الرأسي عند الموقع الذي سيرى فيه المشاهد صورة قاع الحوض.



■ الشكل 27–11

a. أوجد زاوية انكسار الشعاع في الهواء.

$$n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$$

$$\theta_2 = \sin^{-1}\left(\frac{n_1 \sin\theta_1}{n_2}\right)$$

$$= \sin^{-1}\left(\frac{(1.33)(\sin 5.0^\circ)}{1.0}\right)$$

$$= 6.7^\circ$$

b. على أي عمق سيبدو قاع الحوض عندما تنظر إلى الماء؟ اقسم العمق الظاهري على العمق الحقيقي وقارن هذه النسبة بمعامل الانكسار.

باستخدام هندسة المثلث القائم الزاوية

$$\text{(العمق الحقيقي)}(\tan\theta_1) = \text{(العمق الظاهري)}(\tan\theta_2)$$

$$\text{العمق الظاهري} = (12\text{ cm})\left(\frac{\tan 5.0^\circ}{\tan 6.7^\circ}\right)$$

$$= 8.9\text{ cm}$$

تتلاقى الأشعة المنكسرة على عمق 8.9 cm أسفل سطح الماء، وهذا هو العمق الظاهري. وبقسمة العمق الظاهري على العمق الحقيقي نحصل على

$$\frac{\text{العمق الظاهري}}{\text{العمق الحقيقي}} = \frac{8.9\text{ cm}}{12\text{ cm}} = 0.74$$

وبقسمة معاملي انكسار الوسطين نحصل على

$$\frac{n_{\text{الهواء}}}{n_{\text{الماء}}} = \frac{1.0}{1.33} = 0.75$$

أيْ أن

$$\frac{\text{العمق الظاهري}}{\text{العمق الحقيقي}} = \frac{n_{\text{الهواء}}}{n_{\text{الماء}}}$$

63. إذا كانت الزاوية الحرجة لقالب زجاجي 45° فما معامل انكساره؟

$$\sin\theta_c = \frac{n_2}{n_1}$$

$$n_1 = \frac{n_2}{\sin\theta_c}$$

بالنسبة إلى الهواء، $n_2 = 1.00$

$$n_1 = \frac{1.00}{\sin 45.0^\circ}$$

$$= 1.41$$

64. أوجد سرعة الضوء في حجر ثالث أوكسيد الأنتيموني (antimony trioxide)، إذا كان معامل انكساره 2.35.

$$n = \frac{c}{v}$$

$$v = \frac{c}{n}$$

$$= \frac{3.00\times10^8\ \text{m/s}}{2.35}$$

$$= 1.28\times10^8\ \text{m/s}$$

65. وضع جسم طوله 3 cm على بُعد 20 cm أمام عدسة مجمّعة. فتكوّنت له صورة حقيقية على بُعد 10 cm من العدسة. ما البعد البؤري للعدسة؟

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$

$$f = \frac{d_o d_i}{d_o + d_i}$$

$$= \frac{(20\ \text{cm})(10\ \text{cm})}{20\ \text{cm} + 10\ \text{cm}}$$

$$= 7\ \text{cm}$$

66. اشتق العلاقة $n = sin\theta_1 / sin\theta_2$ من الصيغة العامة لقانون سنل في الانكسار $n_1 sin\theta_1 = n_2 sin\theta_2$. واذكر الافتراضات والمحدّدات.

يجب أن تكون زاوية السقوط في الهواء، فإذا اعتبرنا أنّ المادة الأولى هي الهواء فعندئذ تكون $n_1 = 1.0$، دع $n_2 = n$، لذا فإنّ

$$n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$$

$$\sin\theta_1 = n \sin\theta_2$$

$$\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} = n$$

67. الفلك كم دقيقة إضافية يستغرق وصول الضوء من الشمس إلى الأرض إذا امتلأ الفضاء بينهما بالماء بدلاً من الفراغ؟ علمًا بأن بُعد الشمس عن الأرض 1.5×10^8 km.

الزمن خلال الفراغ:

$$t = \frac{d}{c}$$

$$= \frac{(1.5\times10^8\ \text{km})(1000\ \text{m/1 km})}{3.00\times10^8\ \text{m/s}}$$

$$= 5.0\times10^2\ \text{s}$$

السرعة في الماء:

$$v = \frac{c}{n}$$

$$= \frac{3.00\times10^8\ \text{m/s}}{1.33}$$

$$= 2.26\times10^8\ \text{m/s}$$

الزمن خلال الماء:

$$t = \frac{d}{v}$$

$$= \frac{(1.5\times10^8\ \text{km})(1000\ \text{m/1 km})}{2.26\times10^8\ \text{m/s}}$$

$$= 660\ \text{s}$$

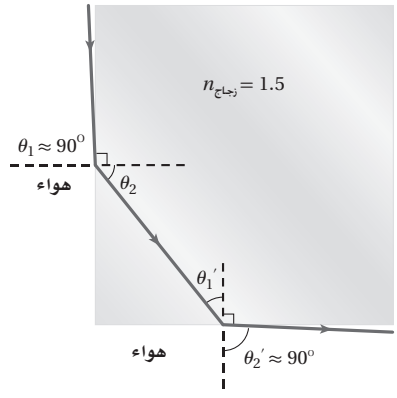
$$\Delta t = 660\ \text{s} - 500\ \text{s}$$

$$= 160\ \text{s}$$

$$= (160\ \text{s})(1\ \text{min}/60\ \text{s})$$

$$= 2.7\ \text{min}$$

68. من غير الممكن الرؤية من خلال الجوانب المتجاورة لقوالب مربعة الشكل من زجاج معامل انكساره 1.5، حيث يؤثّر الجانب المجاور للجانب الذي يَنظر من خلاله مراقبٌ كأنّه مرآة. ويمثل **الشكل 28–11** الحالة المحدّدة لجانب مجاور لا يؤثر كأنه مرآة. استخدم معلوماتك في الهندسة، والزوايا الحرجة، لتثبت أنّ هيئة هذا الشعاع لا يمكن تحقيقها عندما تكون $n_{\text{زجاج}}=1.5$.



■ **الشكل 28–11**

يدخل شعاع الضوء الزجاج بزاوية θ_1، وينكسر بالزاوية θ_2

$$\theta_2 = \sin^{-1}\left(\frac{n_{\text{الهواء}} \sin\theta_{\text{الهواء}}}{n_{\text{الزجاج}}}\right)$$

$$= \sin^{-1}\left(\frac{(1.00)(\sin 90^\circ)}{1.5}\right)$$

$$= 42^\circ$$

لذا فإنّ $\theta'_1 = 48^\circ$، ولكن الزاوية الحرجة للزجاج هي:

$$\theta_c = \sin^{-1}\left(\frac{n_{\text{الهواء}}}{n_{\text{الزجاج}}}\right)$$

$$= \sin^{-1}\left(\frac{1.00}{1.5}\right)$$

$$= 42^\circ$$

ولما كانت $\theta'_1 > \theta_c$، فإنّ الضوء ينعكس داخل الزجاج، ولا يمكن للمرء رؤية الخارج من الجانب المجاور.

التفكير الناقد

صفحة 154–153

69. إدراك العلاقة المكانية ينتقل ضوء أبيض في هواء معامل انكساره 1.0003، ويدخل شريحة زجاجية بزاوية سقوط 45°. فإذا كان معامل انكسار الزجاج الصواني الكثيف يساوي 1.7708 للضوء الأزرق، ويساوي 1.7273 للضوء الأحمر، فما مقدار زاوية الانكسار (التشتت) التي ينحصر فيها الطيف المرئي؟ علمًا بأن الطول الموجي للضوء الأزرق 435.8 nm، والطول الموجي للضوء الأحمر 643.8 nm.

احسب زاويتي الانكسار للضوء الأحمر والضوء الأزرق، ثم احسب الفرق بين الزاويتين:

باستخدام قانون سنل:

$$n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$$

لذا فإن

$$\theta_2 = \sin^{-1}\left(\frac{n_1 \sin\theta_1}{n_2}\right)$$

للضوء الأحمر:

$$\theta_2 = \sin^{-1}\left(\frac{(1.0003)(\sin 45.000^\circ)}{1.7273}\right)$$

$$= 24.173^\circ$$

للضوء الأزرق:

$$\theta_2 = \sin^{-1}\left(\frac{(1.0003)(\sin 45.000^\circ)}{1.7708}\right)$$

$$= 23.543^\circ$$

الفرق:

$$24.173^\circ - 23.543^\circ = 0.630^\circ$$

70. قارن أوجد الزاوية الحرجة للجليد الذي معامل انكساره1.31. في المناطق الباردة جدًّا، هل تكون أسلاك الألياف الضوئية المصنوعة من الجليد أفضل من تلك المصنوعة من الزجاج لحفظ الضوء داخل السلك؟ وضح ذلك.

$$\theta_c = \sin^{-1}\left(\frac{n_{\text{الهواء}}}{n_{\text{الجليد}}}\right) = \sin^{-1}\left(\frac{1.00}{1.31}\right)$$

$$= 49.8^\circ$$

الزاوية الحرجة °49.8 وعند المقارنة فإنّ الزاوية الحرجة للزجاج الذي معامل انكساره 1.54 تساوي °40.5. والزاوية الحرجة الكبيرة تعني أنّه سيحدث انعكاس كلي داخلي لكمية أقل من الأشعة في قلب الجليد مقارنة بتلك التي سيحدث عندها انعكاس كلي داخلي في قلب الزجاج؛ لذا فإنّها لن تكون قادرة على نقل كمية ضوء أكبر. ومن ثم فإنّ الألياف البصرية المصنوعة من الزجاج ستعمل بشكل أفضل.

71. التفكير الناقد تستخدم عدسة لعرض صورة جسم على شاشة. افترض أنك غطيت النصف الأيمن من العدسة، فما الذي يحدث للصورة؟

ستصبح خافتة؛ لأنّ عددًا أقل من الأشعة سيتجمّع، ولكن سترى صورة كاملة.

الكتابة في الفيزياء

صفحة 154

72. إنّ عملية تكيف العين – وهي عملية انقباض العضلات المحيطة بعدسة العين أو انبساطها لرؤية الأجسام القريبة أو البعيدة – تختلف من كائن لآخر. ابحث هذه الظاهرة في حيوانات مختلفة، وأعدّ تقريرًا للصف تبين من خلاله كيفية التكيّف في عيونها لرؤية الأشياء.

ستختلف إجابات الطلاب، وذلك اعتمادًا على الحيوانات التي يختارونها.

73. ابحث في نظام العدسات المستخدم في الآلات البصرية، ومنها جهاز عرض الشفافيات أو آلات التصوير الخاصة أو التلسكوب، وحضّر عرضًا تصويريًّا للصف تبين من خلاله كيف تكوّن هذه الآلات الصور.

ستختلف إجابات الطلاب، ولكنهم قد يجدون أنه من الضروري تبسيط أنظمتهم التي اختاروها لأغراض التوضيح.

مراجعة تراكمية

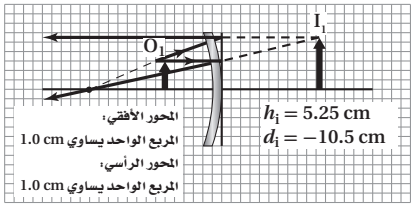
صفحة 154

74. تطلق سيارة صوت بوقها عندما تقترب من شخص يمشي على ممر المشاة. ما الذي يسمعه الشخص عند توقف السيارة لتسمح للشخص بعبور الشارع؟ (الفصل 8)

إنّ حدّة صوت منبه السيارة الذي يسمعه الشخص سيقل عندما تقل سرعة السيارة.

75. مرآة التجميل وضعت شمعة طولها 3.00 cm على بُعد 6.00 cm أمام مرآة مقعرة بعدها البؤري 14.0 cm. أوجد موقع صورة الشمعة وطولها بواسطة ما يلي: (الفصل 10)

a. رسم مخطّط الأشعة بمقياس رسم.



b. معادلتي المرايا والتكبير.

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$

$$d_i = \frac{d_o f}{d_o - f}$$

$$= \frac{(6.00\text{ cm})(14.0\text{ cm})}{6.00\text{ cm} - 14.0\text{ cm}}$$

$$= -10.5\text{ cm}$$

$$m = \frac{h_i}{h_o}$$

$$= \frac{-d_i}{d_o}$$

$$h_i = \frac{-d_i h_o}{d_o}$$

$$= \frac{-(-10.5\text{ cm})(3.00\text{ cm})}{6.00\text{ cm}}$$

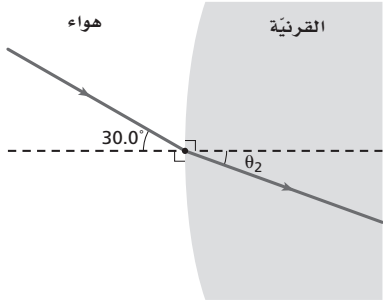
$$= 5.25\text{ cm}$$

تابع الفصل 11

مسألة تحفيز

صفحة 143

عندمـا يدخـل الضوء إلى العين فإنه يواجه الحد الفاصل بين الهواء والقرنية. فإذا دخل شـعاع ضوء الحد الفاصل بين الهواء والقرنية لعين شخص بزاوية 30° بالنسبة للعمود المقام، وكان معامل انكسار القرنية 1.4 تقريبًا، أجب عن الأسئلة التالية:



1. استخدم قانون سنل لحساب زاوية الانكسار.

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

$$\theta_2 = \sin^{-1}\left(\frac{n_1 \sin \theta_1}{n_2}\right)$$

$$\theta_2 = \sin^{-1}\left(\frac{(1.0)\ (\sin 30.0^\circ)}{1.4}\right)$$

$$\theta_2 = 21^\circ$$

2. ما مقدار زاوية الانكسار إذا كان الشخص يسبح أسفل الماء؟

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

$$\theta_2 = \sin^{-1}\left(\frac{n_1 \sin \theta_1}{n_2}\right)$$

$$\theta_2 = \sin^{-1}\left(\frac{(1.33)\ (\sin 30.0^\circ)}{1.4}\right)$$

$$\theta_2 = 28^\circ$$

3. أيهما أكبر: الانكسار في الهواء أم في الماء؟ وهل يعني هذا أن الأجسام التي تحت الماء تبدو أقرب أم أبعد مما لو كانت في الهواء؟

تكون زاوية الانكسار في الهواء أكبر؛ لأنّ الشعاع الضوئي سقط من وسط معامل انكساره كبير (الماء) إلى وسط معامل انكساره أقل (الهواء)، وتبدو الأجسام أقرب في الماء.

4. لو أردت أن تكون زاوية الانكسار لشعاع الضوء في الماء مساوية لها كما في الهواء فكم يجب أن تكون زاوية السقوط الجديدة؟

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

$$\theta_1 = \sin^{-1}\left(\frac{n_2 \sin \theta_2}{n_1}\right)$$

$$\theta_2 = \sin^{-1}\left(\frac{(1.4)\ (\sin 21^\circ)}{1.33}\right)$$

$$\theta_2 = 22^\circ$$

مسائل تدريبية

12–1 التداخل (صفحة 166–157)

صفحة 161

1. ينبعث ضوء برتقالي مُصفر من مصباح غاز الصوديوم بطول موجي 596 nm، ويسقط على شقّين البعد بينهما 1.90×10^{-5} m. ما المسافة بين الهدب المركزي المضيء والهدب الأصفر ذي الرتبة الأولى إذا كانت الشاشة تبعد مسافة 0.600 m من الشقّين؟

$$x = \frac{\lambda L}{d}$$

$$= \frac{(596\times10^{-9}\ \text{m})(1.90\times10^{-5}\ \text{m})}{0.600\ \text{m}}$$

$$= 1.88\times10^{-2}\ \text{m} = 18.8\ \text{mm}$$

2. في تجربة يونج، استخدم الطلاب أشعة ليزر طولها الموجي 632.8 nm. فإذا وضع الطلاب الشاشة على بُعد 1.00 m من الشقّين، ووجدوا أن الهدب الضوئي ذا الرتبة الأولى يبعد 65.5 mm من الخط المركزي، فما المسافة الفاصلة بين الشقّين؟

$$\lambda = \frac{xd}{L}$$

$$d = \frac{\lambda L}{x}$$

$$= \frac{(632.8\times10^{-9}\ \text{m})(1.00\ \text{m})}{65.5\times10^{-3}\ \text{m}}$$

$$= 9.66\times10^{-6}\ \text{m} = 9.66\ \mu\text{m}$$

صفحة 165

3. ارجع إلى المثال 2، ثم أوجد أقل سُمْك ممكن للغشاء لتكوين حزمة ضوء منعكسة لونها أحمر (λ = 635 nm).

$$2d = \left(m + \frac{1}{2}\right)\frac{\lambda}{n_{\text{الزيت}}}$$

بالنسبة إلى الغشاء الأقل سمكًا

$$m = 0$$

$$d = \left(\frac{1}{4}\right)\frac{\lambda}{n_{\text{الزيت}}}$$

$$= \frac{635\ \text{nm}}{(4)\ (1.45)}$$

$$= 109\ \text{nm}$$

4. وضع غشاء من فلوريد الماغنسيوم معامل انكساره 1.38 على عدسة زجاجية مطلية بطبقة غير عاكسة معامل انكسارها 1.52. كم يجب أن يكون سمك الغشاء بحيث يمنع انعكاس الضوء الأصفر المخضر؟

لأن $n_{\text{الغشاء}} > n_{\text{الهواء}}$ فإن هناك انقلابًا في الطور في الانعكاس الأول، ولأن $n_{\text{الزجاج}} > n_{\text{الغشاء}}$ فإن هناك انقلابًا في الطور في الانعكاس الثاني. ولمنع انعكاس الضوء الأصفر المخضر يجب أن يكون التداخل هدّامًا

$$2d = \left(m + \frac{1}{2}\right)\frac{\lambda}{n_{\text{الغشاء}}}$$

بالنسبة إلى الغشاء الأقل سمكًا

$$m = 0$$

$$d = \left(\frac{1}{4}\right)\frac{\lambda}{n_{\text{الغشاء}}}$$

$$= \frac{555\ \text{nm}}{(4)\ (1.38)}$$

$$= 101\ \text{nm}$$

5. ما أقل سمك لغشاء صابون معامل انكساره 1.33 ليتداخل عنده ضوء طوله الموجي 521 nm تداخلا بنّاءً مع نفسه؟

حتى يتداخل الضوء تداخلا بناءً

$$2d = (m + \frac{1}{2})\frac{\lambda}{n_{\text{الغشاء}}}$$

بالنسبة إلى الغشاء الأقل سمكًا

$$m = 0$$

$$d = \left(\frac{1}{4}\right)\frac{\lambda}{n_{\text{الغشاء}}}$$

$$= \frac{521\ \text{nm}}{(4)\ (1.33)}$$

$$= 97.9\ \text{nm}$$

مراجعة القسم

1–12 التداخل (صفحة 161–153)

صفحة 166

6. سمك الغشاء يمسك خالد بلعبة الفقاعات، وينفخ في غشاء الصابون المعلق رأسيًّا في الهواء مكوّنًا فقاعات. ما العرض الثاني الأقل سمكًا لغشاء الصابون الذي يتوقع عنده رؤية شريط مضيء إذا كان الطول الموجي للضوء الذي يضيء الغشاء 575 nm؟ افترض أن معامل انكسار محلول الصابون 1.33.

سيكون هناك انقلاب واحد في الطور؛ لذا سيحدث التداخل البناء عندما:

$$2d = \left(m + \frac{1}{2}\right)\frac{\lambda}{n_{\text{الغشاء}}}$$

بالنسبة إلى العرض الثاني الأقل سمكًا، تكون

$$m = 1$$

$$d = \left(\frac{3}{4}\right)\frac{\lambda}{n_{\text{الغشاء}}}$$

$$= \frac{(3)\ (575\ \text{nm})}{(4)\ (1.33)}$$

$$= 324\ \text{nm}$$

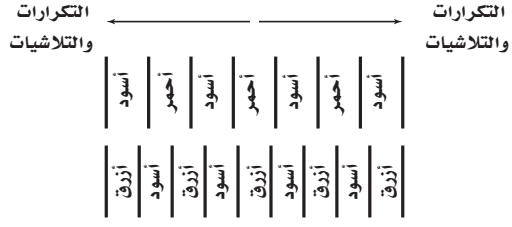
7. الأنماط المضيئة والمعتمة تم تكوين شقّين متقاربين جدًّا في قطعة كبيرة من الكرتون، وأُضيء الشقّان بضوء أحمر أحادي اللون. وعند وضع ورقة بيضاء بعيدًا عن الشقّين شوهد نمط من الأهداب المضيئة والمعتمة على الورقة. صف كيف تسلك الموجة عندما تقابل شقًّا؟ وفسّر لماذا تظهر أهداب مضيئة وأخرى معتمة؟

عندما تواجه الموجة شقًّا فإنها تنحني. فالضوء يحيد بواسطة الشقوق، والضوء النافذ من أحد الشقوق يتداخل مع الضوء النافذ من الشق الآخر، فإذا كان التداخل بنّاءً فسيتكون هدب مضيء، أما إذا كان التداخل هدّامًا فإن الهدب سيكون معتمًا.

8. أنماط التداخل وضّح بالرسم النمط الذي وصِف في المسألة السابقة.

ستكون شبيهة بالنمط الذي تشاهده للضوء الأحمر.

9. أنماط التداخل مثّل ما يحدث لنمط التداخل في المسألة 7 عند استخدام ضوء أزرق بدلا من الضوء الأحمر.



تصبح أهداب الضوء بعضها أقرب إلى بعض.

10. سمك الغشاء غشاء بلاستيكي عاكس معامل انكساره 1.83، ثُبِّت على نافذة زجاجية، فإذا علمت أن معامل انكسار الزجاج 1.52:

a. فما أقل سمك ينعكس عنده الضوء الأصفر المخضر؟

لمّا كان $n_{\text{الغشاء}} < n_{\text{الهواء}}$ فإن هناك تغيرًا في الطور في الانعكاس الأول، ولمّا كان $n_{\text{الغشاء}} < n_{\text{الزجاج}}$ فلن يحدث تغير في الطور في الانعكاس الثاني. وحتى ينعكس الضوء الأصفر المخضر يجب أن يكون التداخل بنّاءً

$$2d = \left(m + \frac{1}{2}\right)\frac{\lambda}{n_{\text{الغشاء}}}$$

$$m = 0$$

بالنسبة إلى الغشاء الأقل سمكًا

$$d = \left(\frac{1}{4}\right)\frac{\lambda_{\text{الأصفر المخضر}}}{n_{\text{الغشاء}}}$$

$$= \frac{555\ \text{nm}}{(4)\ (1.83)}$$

$$= 75.8\ \text{nm}$$

b. إذا علمت أن هذا الغشاء لا يمكن صناعته بهذا السمك، فما السمك التالي الذي يحدث التأثير نفسه؟

$$m = 1$$

$$d = \left(\frac{3}{4}\right)\frac{\lambda_{\text{الأصفر المخضر}}}{n_{\text{الغشاء}}}$$

$$= \frac{(3)\ (555\ \text{nm})}{(4)\ (1.83)}$$

$$= 227\ \text{nm}$$

11. التفكير الناقد تستخدم معادلة الطول الموجي المشتقة من تجربة يونج عندما تكون الزاوية θ صغيرة جدًّا، وعندها يكون $\sin\theta \approx \tan\theta$. إلى أيّ زاوية يبقى هذا التقريب جيدًا؟ وهل تزداد الزاوية العظمى للتقريب الجيد والصحيح أم تتناقص عندما تزيد دقة قياسك لها؟

$\sin\theta = \tan\theta$ لزاوية تتكون من رقمين معنويين حتى $9.9°$، وزيادة دقة القياس يقلل هذه الزاوية إلى $2.99°$.

مسائل تدريبية

12–2 الحيود (صفحة 175–167)

صفحة 169

12. يسقط ضوء أخضر أحادي اللون طوله الموجي 546 nm على شقّ مفرد عرضه 0.095 mm. إذا كان بُعد الشقّ عن الشاشة يساوي 75 cm، فما عرض الهدب المركزي المضيء؟

$$\lambda = \frac{x_{\text{أقل}}\, w}{L}$$

$$x_{\text{أقل}} = \frac{\lambda L}{w}$$

$$= \frac{(5.46\times10^{-7}\ \text{m})(0.75\ \text{m})}{9.5\times10^{-5}\ \text{m}}$$

$$= 4.3\ \text{mm}$$

عرض الهدب المركزي المضيء $= 2x_{\text{أقل}}$

$$2x_{\text{أقل}} = 2(4.3\ \text{mm})$$

$$= 8.6\ \text{mm}$$

13. سقط ضوء أصفر على شقّ مفرد عرضه 0.0295 mm، فظهر نمط على شاشة تبعد عنه مسافة 60.0 cm. فإذا كان عرض الهدب المركزي المضيء 24.0 mm، فما الطول الموجي للضوء؟

$$2x_1 = \frac{2\lambda L}{w}$$

$$\lambda = \frac{(2x_1)w}{2L}$$

$$= \frac{(24.0\times10^{-3}\ \text{m})(0.0295\times10^{-3}\ \text{m})}{(2)(60.0\times10^{-2}\ \text{m})}$$

$$= 5.90\times10^{2}\ \text{nm}$$

14. سقط ضوء أبيض على شقّ مفرد عرضه 0.050 mm، فإذا وضعت شاشة على بُعد 1.00 m منه، ووضع طالب مرشّحًا أزرق– بنفسجيًّا (λ=441 nm) على الشقّ، ثم أزاله ووضع مرشّحًا أحمر (λ=622 nm)، ثم قاس الطالب عرض الهدب المركزي المضيء:

a. فأيّ المرشّحين ينتج هدبًا ضوئيًّا أكثر عرضًا؟

الأحمر؛ لأن عرض الهدب يتناسب طرديًّا مع الطول الموجي.

b. احسب عرض الهدب المركزي المضيء لكل من المرشّحين.

$$2x_1 = \frac{2\lambda L}{w}$$

للأزرق:

$$2x_1 = \frac{2(4.41\times10^{-7}\ \text{m})(1.00\ \text{m})}{5.0\times10^{-5}\ \text{m}}$$

$$= 18\ \text{mm}$$

للأحمر:

$$2x_1 = \frac{2(6.22\times10^{-7}\ \text{m})(1.00\ \text{m})}{5.0\times10^{-5}\ \text{m}}$$

$$= 25\ \text{mm}$$

صفحة 172

15. يسقط ضوء أبيض من خلال محزوز على شاشة. صف النمط المتكوّن.

يُشاهد طيف ضوئي كامل للألوان جميعها. وبسبب اختلاف الأطوال الموجية فإن الأهداب المعتمة لأحد الأطوال الموجية ستسقط عليها أهداب مضيئة لطول موجي آخر.

تابع الفصل 12

16. يسقط ضوء أزرق طوله الموجي 434 nm على محزوز حيود، فتكوّنت أهداب على شاشة على بعد 1.05 m. إذا كانت الفراغات بين هذه الأهداب 0.55 m، فما المسافة الفاصلة بين الشقوق في محزوز الحيود؟

$$\lambda = d \sin\theta$$

$$d = \frac{\lambda}{\sin\theta}$$

حيث إن

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{x}{L}\right)$$

$$d = \frac{\lambda}{\sin\left(\tan^{-1}\left(\frac{x}{L}\right)\right)}$$

$$= \frac{434\times10^{-9}}{\sin\left(\tan^{-1}\left(\frac{0.55\text{ m}}{1.05\text{ m}}\right)\right)}$$

$$= 9.4\times10^{-7}\text{ m}$$

17. يُضاء محزوز حيود تفصل بين شقوقه مسافة 8.60×10^{-7} m بضوء بنفسجي طوله الموجي 421 nm. فإذا كان البعد بين الشاشة والمحزوز 80.0 cm، فما مقدار المسافات الفاصلة بين الأهداب في نمط الحيود؟

$$\lambda = d \sin\theta$$

$$\sin\theta = \frac{\lambda}{d}$$

$$\tan\theta = \frac{x}{L}$$

$$x = L\tan\theta$$

$$= L\tan\left(\sin^{-1}\left(\frac{\lambda}{d}\right)\right)$$

$$= (0.800\text{ m})\left(\tan\left(\sin^{-1}\left(\frac{421\times10^{-9}\text{ m}}{8.60\times10^{-7}\text{ m}}\right)\right)\right)$$

$$= 0.449\text{ m}$$

18. يسقط ضوء أزرق على قرص DVD في المثال 3، فإذا كانت المسافات الفاصلة بين النقاط المتكوّنة على جدار يبعد 0.65 m تساوي 58.0 cm، فما مقدار الطول الموجي للضوء؟

$$\lambda = d\sin\theta = d\sin\left(\tan^{-1}\left(\frac{x}{L}\right)\right)$$

$$= (7.41\times10^{-7}\text{ m})\left(\sin\left(\tan^{-1}\left(\frac{0.58\text{ m}}{0.65\text{ m}}\right)\right)\right)$$

$$= 490\text{ nm}$$

19. يمر ضوء طوله الموجي 632 nm خلال محزوز حيود، ويكوّن نمطًا على شاشة تبعد عن المحزوز مسافة 0.55 m. فإذا كان الهدب المضيء الأول يبعد 5.6 cm عن الهدب المركزي المضيء، فما عدد الشقوق لكل سنتمتر في المحزوز؟

$$\lambda = d \sin\theta$$

هناك شق واحد خلال المسافة d، لذا فإن المقدار $\frac{1}{d}$ يعطي عدد الشقوق لكل سنتمتر.

$$d = \frac{\lambda}{\sin\theta}$$

$$= \frac{\lambda}{\sin\left(\tan^{-1}\left(\frac{x}{L}\right)\right)}$$

$$= \frac{632\times10^{-9}\ \text{m}}{\sin\left(\tan^{-1}\left(\frac{0.056\ \text{m}}{0.55\ \text{m}}\right)\right)}$$

$$= 6.2\times10^{-6}\ \text{m} = 6.2\times10^{-4}\ \text{cm}$$

$$1\ \text{شقّ}/6.2\times10^{-4}\ \text{cm} = 1.6\times10^{3}\ \text{شقّ}/\text{cm}$$

مراجعة القسم

12–2 الحيود (صفحة 175–167)

صفحة 175

20. المسافة بين الأهداب المعتمة ذات الرتبة الأولى يسقط ضوء أخضر أحادي اللون طول موجته 546 nm على شقّ مفرد عرضه 0.080 mm. ويقع الشقّ على بُعد 68.0 cm من شاشة. ما المسافة الفاصلة بين الهدب المعتم الأول على أحد جانبي الهدب المركزي المضيء والهدب المعتم الأول على الجانب الآخر؟

$$2x_{\text{أقل}} = \frac{2\lambda L}{w}$$

$$= \frac{(2)(546\times10^{-9}\ \text{m})(68.0\times10^{-2}\ \text{m})}{0.080\times10^{-3}\ \text{m}}$$

$$= 9.3\ \text{mm}$$

21. معيار ريليه نجم الشِّعرى اليمانية (سيريوس) أكثر النجوم سطوعًا في السماء في فصل الشتاء في نصف الكرة الأرضية الشمالي. ونجم الشعِّرى – في الحقيقة– نظام مكوّن من نجمين يدور كل منهما حول الآخر، فإذا وجّه تلسكوب هابل الفضائي (قطر فتحته 2.4 m) نحو هذا النظام الذي يبعد 8.44 سنوات ضوئية عن الأرض، فما أقل مسافة فاصلة بين النجمين تلزمنا للتمييز بينهما باستخدام التلسكوب؟ (افترض أن متوسط الطول الموجي للضوء القادم من النجمين يساوي 550 m).

$$x_{\text{الجسم}} = \frac{1.22\,\lambda L_{\text{الجسم}}}{D}$$

$$= \frac{1.22\ (550\times10^{-9}\ \text{m})(7.99\times10^{16}\ \text{m})}{2.4\ \text{m}}$$

$$= 2.2\times10^{10}\ \text{m}$$

تابع الفصل 12

22. التفكير الناقد شاهدت جهاز مطياف، إلا أنك لا تعلم ما إذا كان الطيف الناتج عنه باستخدام منشور أو محزوز. كيف تعرف ذلك من خلال النظر إلى طيف الضوء الأبيض؟

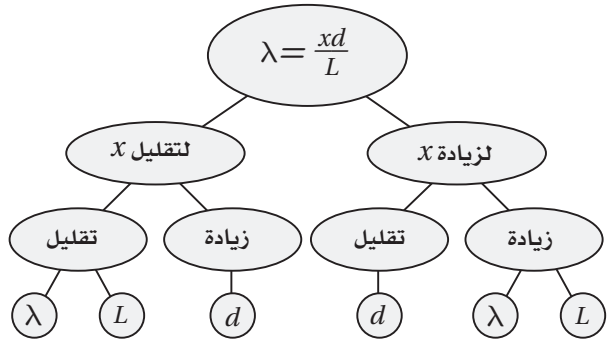
حدّد ما إذا كان اللون البنفسجي أم الأحمر في نهاية الطيف يصنع زاوية أكبر مع اتجاه حزمة الضوء الأبيض الساقط. يكسر المنشور اللون البنفسجي الذي يقع في نهاية الطيف بدرجة أكبر، في حين يحيد المحزوز الأطوال الموجية للضوء الأحمر بمقدار أكبر.

تقويم الفصل

خريطة المفاهيم

صفحة 180

23. يضيء ضوء أحادي اللون طوله الموجي λ شقّين في تجربة يونج. فإذا كانت المسافة الفاصلة بين الشقّين d، وتكوّن نمط على شاشة تبعد مسافة L عن الشقّين، فأكمل خريطة المفاهيم التالية مستخدمًا λ و L و d لتبين كيف يمكنك تغييرها لتحصل على التغير المشار إليه في الفراغ بين الأهداب المضيئة المتجاورة x.



إتقان المفاهيم

صفحة 180

24. لماذا يُعدّ استخدام ضوء أحادي اللون مهمًّا في تكوين نمط التداخل في تجربة التداخل ليونج؟ (1–12)

عندما تستخدم الضوء الأحادي اللون، تحصل على نمط تداخل دقيق المعالم؛ وإذا كنت تستخدم ضوءًا أبيض فستحصل على مجموعة من الأهداب الملونة.

25. وضّح لماذا لا يمكن استخدام موقع الهدب المركزي المضيء لنمط تداخل الشقّ المزدوج لحساب الطول الموجي لموجات الضوء؟ (1–12)

الأطوال الموجية جميعها تنتج الهدب المركزي في الموقع نفسه.

26. صف كيف يمكنك استخدام ضوء معلوم الطول الموجي لإيجاد المسافة بين شقّين؟ (1–12)

أسقط الضوء على الشق المزدوج، ودع نمط التداخل يسقط على ورقة، ثم قس المسافات بين الأهداب المضيئة x، واستخدم المعادلة $d = \frac{\lambda L}{x}$.

27. يشع ضوء أبيض خلال محزز حيود. هل تكون الفراغات بين الخطوط الحمراء الناتجة متقاربة أم متباعدة أكثر مقارنة بالخطوط البنفسجية الناتجة؟ ولماذا؟ (2–12)

تتناسب المسافة طرديًّا مع الطول الموجي. ولمّا كان للضوء الأحمر طول موجي أطول منه للضوء البنفسجي، فإن الخطوط الحمراء ستفصلها مسافات أكبر من الخطوط البنفسجية.

28. ما لون الضوء المرئي الذي ينتج خطًّا ساطعًا قريبًا جدًّا من الهدب المركزي المضيء بالنسبة لمحزوز حيود معين؟ (2–12)

الضوء البنفسجي هو اللون ذو الطول الموجي الأقصر.

29. لماذا يكون التلسكوب ذو القطر الصغير غير قادر على التمييز بين صورتين لنجمين متقاربين جدًّا؟ (2–12)

للفتحات الصغيرة أنماط حيود كبيرة تُحدّ من القدرة على التمييز بين الصورتين.

تطبيق المفاهيم

صفحة 181–180

30. حدّد في كل من الأمثلة التالية ما إذا كان اللون ناتجًا عن التداخل في الأغشية الرقيقة، أم عن الانكسار، أم نتيجة وجود الأصباغ.

a. فقاعات الصابون

التداخل

b. بتلات الوردة

الأصباغ

c. غشاء زيتي

التداخل

d. قوس المطر

الانكسار

31. صف التغيرات في نمط حيود الشقّ المفرد عندما يتناقص عرض الشقّ.

تأخذ الأهداب في الاتساع، وتأخذ إضاءتها في الخفوت.

32. معرض العلوم أحد المعروضات في معرض العلوم عبارة عن غشاء كبير جدًّا من الصابون ذي عرض ثابت تقريبًا، ويُضاء بواسطة ضوء طوله الموجي 432 nm، فيظهر السطح كاملا تقريبًا على شكل ظل أرجواني اللون. فماذا ستشاهد في الحالات التالية؟

a. عندما يتضاعف سمك الغشاء.

تداخل هدّام كامل.

b. عندما يزداد سمك الغشاء بمقدار نصف الطول الموجي للضوء الساقط.

تداخل بنّاء كامل.

c. عندما يتناقص سمك الغشاء بمقدار ربع الطول الموجي للضوء الساقط.

تداخل هدّام كامل.

33. تحدّي مؤشر الليزر إذا كان لديك مؤشرا ليزر، أحدهما ضوؤه أحمر، والآخر ضوؤه أخضر، واختلف زميلاك أحمد وفيصل في تحديد أيهما له طول موجي أكبر، وأصرّ أحمد على أن اللون الأحمر طوله الموجي أكبر، بينما فيصل متأكد أن الضوء الأخضر له طول موجي أكبر. فإذا كان لديك محزوز حيود فَصِف العرض الذي ستنفّذه بواسطة هذه الأداة، وكيف يمكنك توضيح النتائج التي توصّلت إليها لكل من أحمد وفيصل لحل الخلاف بينهما؟

سلط كل مؤشر ليزر خلال المحزوز على جدار قريب، فسيُنتج الضوء ذو الطول الموجي الأكبر نقاطًا تفصلها مسافات كبيرة على الجدار؛ لأن المسافة بينها تتناسب طرديًّا مع الطول الموجي. (الصحيح هو قول أحمد: الطول الموجي للضوء الأحمر أكبر من الطول الموجي للضوء الأخضر).

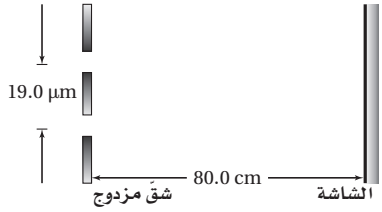
إتقان حل المسائل

صفحة 181

12–1 التداخل

صفحة 181

34. يسقط ضوء على شقّين متباعدين بمقدار 19.0 µm، ويبعدان عن شاشة 80.0 cm، كما في **الشكل 17–12**. فإذا كان الهدب المضيء ذو الرتبة الأولى يبعد 1.90 cm عن الهدب المركزي المضيء فما مقدار الطول الموجي للضوء؟



■ **الشكل 17–12**

$$\lambda = \frac{xd}{L}$$

$$= \frac{(1.90\times10^{-2}\ \text{m})(19.0\times10^{-6}\ \text{m})}{80.0\times10^{-2}\ \text{m}}$$

$$= 451\ \text{nm}$$

35. البقع النفطية خرج أسامة وعمر في نزهة قصيرة بعد المطر، ولاحظَا طبقة نفطية رقيقة معامل انكسار مادتها 1.45 على سطح بركة صغيرة تُنتج ألوانًا مختلفة. ما أقل سمك لطبقة النفط، عندما تُكوّن تداخلا بنّاءً لضوء طوله الموجي 545 nm؟

لا يوجد انقلاب في الطور، لذا سيحدث التداخل البنّاء عندما

$$2d = \left(m + \frac{1}{2}\right)\frac{\lambda}{n_{\text{الطبقة النفطية}}}$$

وعند أقل سمك تكون

$$m = 0$$

$$d = \left(\frac{1}{4}\right)\frac{\lambda}{n_{\text{الطبقة النفطية}}}$$

$$= \frac{545\ \text{nm}}{(4)(1.45)}$$

$$= 94.0\ \text{nm}$$

36. يوجّه علي مؤشر ليزر أحمر نحو ثلاث مجموعات من الشقوق المزدوجة المختلفة. فإذا كانت المسافة الفاصلة بين الشقّين في المجموعة A 0.150 mm، وبُعد الشاشة عن الشقّين 0.60 m، أما في المجموعة B فكانت المسافة الفاصلة بين الشقّين 0.175 mm، وبُعد الشاشة عنهما 0.80 m، وفي المجموعة C كانت المسافة الفاصلة بين الشقّين 0.150 mm وبُعد الشاشة عنهما 0.80 m، فرتّب المجموعات الثلاث اعتمادًا على المسافة الفاصلة بين الهدب المركزي المضيء والهدب المضيء ذي الرتبة الأولى، وذلك من المسافة الفاصلة الأصغر إلى الأكبر.

$$\lambda = \frac{xd}{L}$$

$$x = \frac{\lambda L}{d}$$

لما كانت λ هي نفسها للمجموعات جميعها فإنه ينبغي أن تحسب المقدار $\frac{x}{\lambda}$؛ وذلك للمقارنة بين المجموعات.

$$\frac{x}{\lambda} = \frac{L}{d}$$

المجموعة A:

$$= \frac{0.60\ \text{m}}{1.50\times10^{-4}\ \text{m}}$$

$$= 4.0\times10^{3}$$

المجموعة B:

$$= \frac{0.80\ \text{m}}{1.75\times10^{-4}\ \text{m}}$$

$$= 4.6\times10^{3}$$

المجموعة C:

$$= \frac{0.80\ \text{m}}{1.50\times10^{-4}\ \text{m}}$$

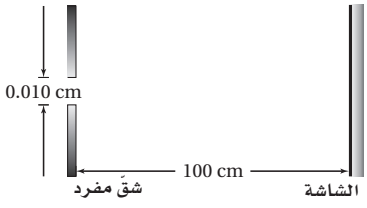
$$= 5.3\times10^{3}$$

$$x_C > x_B > x_A$$

12–2 الحيود

صفحة 181

37. يعبر ضوء أحادي اللون خلال شقّ مفرد عرضه 0.010 cm، ثم يسقط على شاشة تبعد عنه مسافة 100 cm، كما في **الشكل 18–12**. فإذا كان عرض الهدب المركزي المضيء 1.20 cm، فما مقدار الطول الموجي للضوء؟



■ **الشكل 18–12**

$$2x_1 = \frac{2\lambda L}{w}$$

$$\lambda = \frac{xw}{L}$$

$$= \frac{(0.60\ \text{cm})(0.010\ \text{cm})}{100\ \text{cm}}$$

$$= 600\ \text{nm}$$

38. يمرّ ضوء طوله الموجي 4.5×10^{-5} cm خلال شق مفرد ويسقط على شاشة تبعد 100 cm. فإذا كان عرض الشق 0.015 cm، فما مقدار المسافة بين مركز النمط والهدب المعتم الأول؟

$$2x_1 = \frac{2\lambda L}{w}$$

وتمثل الكمية $2x_1$؛ عرض الهدب المضيء، ولإيجاد المسافة بين مركز النمط والهدب المعتم الأول ينبغي التقسيم على 2.

$$x_1 = \frac{\lambda L}{w}$$

$$= \frac{(4.5\times10^{-5}\ \text{cm})(100\ \text{m})}{0.015\ \text{cm}}$$

$$= 0.3\ \text{cm}$$

39. يمر ضوء أحادي اللون طوله الموجي 425 nm خلال شقّ مفرد، ويسقط على شاشة تبعد 75 cm. فإذا كان عرض الحزمة المركزية المضيئة 0.60 cm، فما عرض الشقّ؟

$$2x_1 = \frac{2\lambda L}{w}$$

$$w = \frac{2\lambda L}{2x_1}$$

$$= \frac{\lambda L}{x_1}$$

$$x_1 = \left(\frac{1}{2}\right)(2x_1)$$

$$= 0.30\ \text{cm}$$

$$w = \frac{(4.25\times10^{-5}\ \text{cm})(75\ \text{cm})}{0.30\ \text{cm}}$$

$$= 1.1\times10^{-2}\ \text{cm}$$

40. المطياف يستخدم في جهاز المطياف محزوز حيود يحوي cm/ خط 12000. أوجد الزاويتين اللتين توجد عندهما الأهداب المضيئة ذات الرتبة الأولى لكل من الضوء الأحمر الذي طوله الموجي 632 nm، والضوء الأزرق الذي طوله الموجي 421 nm.

$$d = \frac{1}{12000\ \text{خط/cm}}$$

$$= 8.33\times10^{-5}\ \text{cm}$$

$$\lambda = d\sin\theta$$

$$\sin\theta = \frac{\lambda}{d}$$

للضوء الأحمر

$$\theta = \sin^{-1}\left(\frac{6.32\times10^{-5}\ \text{cm}}{8.33\times10^{-5}\ \text{cm}}\right)$$

$$= 49.3^\circ$$

للضوء الأزرق

$$\theta = \sin^{-1}\left(\frac{4.21\times10^{-5}\ \text{cm}}{8.33\times10^{-5}\ \text{cm}}\right)$$

$$= 30.3^\circ$$

مراجعة عامة

صفحة 182

41. يوضع طلاء مانع للانعكاس معامل انكساره 1.2 على عدسة، فإذا كان سمك الطلاء 125 nm، فما لون/ألوان الضوء التي يحدث عندها تداخل هدّام بصورة كاملة؟ تلميح: افترض أن العدسة مصنوعة من الزجاج.

لمّا كانت $n_{\text{الطلاء}} < n_{\text{الهواء}}$، فإن هناك انقلابًا في الطور في الانعكاس الأول، ولمّا كانت:

$$n_{\text{العدسة}} = 1.52 > n_{\text{الطلاء}}$$

فإن هناك انقلابًا في الطور في الانعكاس الثاني.

وحتى يحدث التداخل الهدّام:

$$2d = \left(m + \frac{1}{2}\right)\frac{\lambda}{n_{\text{الطلاء}}}$$

$$\lambda = \frac{2dn_{\text{الطلاء}}}{\left(m + \frac{1}{2}\right)}$$

$$= \frac{(2)(125\text{ nm})(1.2)}{\left(m + \frac{1}{2}\right)}$$

$$= \left(m + \frac{1}{2}\right)^{-1}(3.0\times10^{2}\text{ nm})$$

وعندما تكون، $m = 0$

$$\lambda = \left(\frac{1}{2}\right)^{-1}(3.0\times10^{2}\text{ nm})$$

$$= 6.0\times10^{2}\text{ nm}$$

لذا فإن الضوء مائل إلى الحمرة (محمر)–برتقالي. وبالنسبة إلى قيم أخرى لـ m يكون الطول الموجي أقصر منه لهذا الضوء.

التفكير الناقد

صفحة 182

42. تطبيق المفاهيم سقط ضوء أصفر على محزوز حيود، فتكوّنت ثلاث بقع على الشاشة خلف المحزوز؛ إحداها عند الدرجة صفر حيث لا يحدث حيود، والثانية عند $30°+$، والثالثة عند $30°-$. فإذا أسقطتَ ضوءًا أزرق متماثل الشدة في اتجاه الضوء الأصفر نفسه، فما نمط البقع التي ستراها على الشاشة الآن؟

بقعة خضراء عند $0°$، بقع صفراء عند $30° +$ و $30°-$، وبقعتان زرقاوان متقاربتان إلى حد ما.

43. تطبيق المفاهيم يمر ضوء أزرق طوله الموجي λ عبر شقّ مفرد عرضه w، حيث يظهر نمط حيود على شاشة. فإذا استخدمت الآن ضوءًا أخضر طوله الموجي 1.5λ بدلا من الضوء الأزرق، فكم يجب أن يكون عرض الشقّ للحصول على النمط السابق نفسه؟

تعتمد زاوية الحيود على النسبة بين عرض الشق والطول الموجي، لذا يزيد العرض ليصبح $1.5\,w$.

الكتابة في الفيزياء

صفحة 182

44. ابحث، ثم صِف مساهمات العالم توماس يونج في الفيزياء. وقوّم تأثير أبحاثه في الفكر العلمي حول طبيعة الضوء.

قد تختلف إجابات الطلاب، ولكنها يجب أن تتضمن تجربة الشق المزدوج ليونج التي تتيح لهم القدرة على قياس الطول الموجي للضوء بدقة.

45. ابحث ثم فسر دور الحيود في كل من الطب وعلم الفلك، وصِف على الأقل تطبيقين لكل منهما.

قد تختلف إجابات الطلاب، ولكنها يجب أن تتضمن الحيود في التلسكوبات والميكروسكوبات والمطياف.

مراجعة تراكمية

صفحة 182

46. ما الأطوال الموجية لموجات الميكروويف في فرن إذا كان تردّدها 2.4 GHz؟ (الفصل 7)

$$c = f\lambda$$

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3.00\times10^{8}\ \text{m/s}}{2.4\times10^{9}\ \text{Hz}}$$

$$= 0.12\ \text{m}$$

47. وضع جسم طوله 2.0 cm أمام مرآة مقعرة نصف قطرها 48.0 cm، وعلى بُعد 12.0 cm منها. احسب بُعد الصورة وطولها. (الفصل 10)

$$f = \frac{r}{2}$$

$$= \frac{48.0\ \text{cm}}{2}$$

$$= 24.0\ \text{cm}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$

$$d_i = \frac{d_o f}{d_o - f}$$

$$= \frac{(12.0\ \text{cm})(24.0\ \text{cm})}{12.0\ \text{cm} - 24.0\ \text{cm}}$$

$$= -24.0\ \text{cm}$$

$$m \equiv \frac{h_i}{h_o} = \frac{-d_i}{d_o}$$

$$h_i = \frac{-d_i h_o}{d_o}$$

$$= \frac{-(-24.0\ \text{cm})(2.0\ \text{cm})}{12.0\ \text{cm}}$$

$$= 4.0\ \text{cm}$$

48. وضعت شمعة طولها 2.00 cm على بُعد 7.50 cm من عدسة محدبة بعدها البؤري 21.0 cm. استخدم معادلة العدسة الرقيقة لحساب بُعد الصورة وطولها. (الفصل 11)

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$

$$d_i = \frac{d_o f}{d_o - f}$$

$$= \frac{(7.50\ \text{cm})(21.0\ \text{cm})}{7.50\ \text{cm} - 21.0\ \text{cm}}$$

$$= -11.7\ \text{cm}$$

$$m \equiv \frac{h_i}{h_o} = \frac{-d_i}{d_o}$$

$$h_i = \frac{-d_i h_o}{d_o}$$

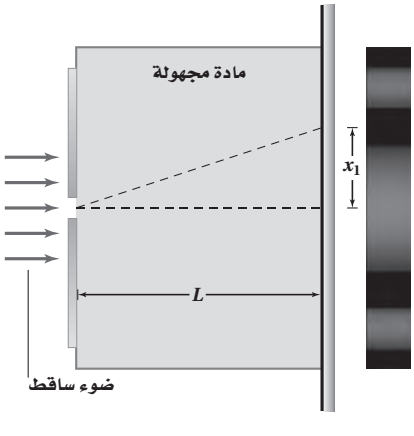
$$= \frac{-(-11.7\ \text{cm})(2.00\ \text{cm})}{7.50\ \text{cm}}$$

$$= 3.11\ \text{cm}$$

مسألة تحفيز

صفحة 169

لديك مجموعة من المواد غير المعروفة، وأردت أن تتعرف أنواعها باستخدام أدوات حيود الشقّ المفرد، فقرّرت وضع عينة من المادة المجهولة في المنطقة بين الشقّ والشاشة، واستخدمت البيانات التي حصلت عليها لتحديد نوع كل مادة، وذلك بحساب معامل الانكسار. اعتمادًا على ذلك، أجب عما يأتي:



1. اكتب صيغة عامة لمعامل الانكسار لمادة مجهولة بدلالة الطول الموجي للضوء في الفراغ $\lambda_{\text{الفراغ}}$، وعرض الشق w، والمسافة بين الشقّ والشاشة L، والمسافة بين الهدب المركزي المضيء والهدب المعتم الأول x_1.

استخدم (1) $\lambda = \frac{x_{\text{الأقل}}\, w}{L}$

(2) $v_{\text{المادة}} = \lambda_{\text{المادة}} f$ **وكذلك**

(3) $n_{\text{المادة}} = \frac{c}{v}$

بناءً على دمج (2) و(3) فإن

$$n_{\text{المادة}} = \frac{\lambda_{\text{الفراغ}} f}{\lambda_{\text{المادة}} f}$$

$$= \frac{\lambda_{\text{الفراغ}}}{\lambda_{\text{المادة}}} \quad (4)$$

تم اختصار التردد من البسط والمقام؛ لأنه يبقى ثابتًا عندما يقطع الضوء الحد الفاصل.

أعد كتابة المعادلة (1) بدلالة المادة الموجودة في الفراغ بين الشق والشاشة.

$$\lambda_{\text{المادة}} = \frac{(x_{\text{الأقل}}\, w)}{L} \quad (5)$$

بناءً على دمج (4) و (5) وحل المعادلة الناتجة بالنسبة إلى المتغير (x) نحصل على

$$n_{\text{المادة}} = \frac{\lambda_{\text{الفراغ}}}{\frac{x_{\text{الأقل}}\, w}{L}}$$

$$x_{\text{أقل}} = \frac{\lambda_{\text{الفراغ}} L}{n_{\text{المادة}}\, w}$$

2. إذا كان الطول الموجي لضوء المصدر الذي تستخدمه 634 nm، وعرض الشقّ 0.10 mm، والبعد بين الشقّ والشاشة 1.15 m، وغمرت الأدوات في الماء ($n_{\text{المادة}} = 1.33$)، فكم تتوقع أن يكون عرض الهدب المركزي؟

$$x = \frac{\lambda_{\text{الفراغ}} L}{n_{\text{المادة}}\, w}$$

$$= \frac{(634\times10^{-9}\,\text{m})(1.15\,\text{m})}{(1.33)(0.10\times10^{-3}\,\text{m})}$$

$$= 5.5\times10^{-3}\,\text{m}$$

الفصل الأول

1. إذا ازدادت السرعة المتجهة الدورانية للعبة الحصان الدوّار في مدينة الألعاب بمعدل ثابت من 1.5 rad /s إلى 3.5 rad /s خلال زمن مقداره 9.5 s، فما التسارع الدوراني للعبة الحصان الدوّار؟

$$\alpha = \frac{\Delta\omega}{\Delta t} = \frac{(3.5\ \text{rad/s}) - (1.5\ \text{rad/s})}{(9.5\ \text{s})}$$

$$= 0.21\ \text{rad/s}^2$$

2. إذا كانت إبرة رأس الكتابة والقراءة في مسجل أسطوانات تبعد 6.5 cm عن مركز الأسطوانة الدوّارة، وكانت أسطوانة التسجيل تدور بسرعة 45 دورة في الدقيقة، فما السرعة المتجهة للإبرة؟

في البداية حوّل وحدة السرعة من دورة في الدقيقة إلى rad/s

$$\left(\frac{45\ \text{rev}}{1\ \text{min}}\right)\left(\frac{2\pi\ \text{rad}}{1\ \text{rev}}\right)\left(\frac{1\ \text{min}}{60\ \text{s}}\right) = 4.71\ \text{rad/s}$$

$$v = r\omega = (6.5\ \text{cm})\left(\frac{1\ \text{m}}{100\ \text{cm}}\right)(4.71\ \text{rad/s})$$

$$= 0.31\ \text{m/s}$$

3. افترض أن كرة بيسبول تدحرجت على الأرض 3.2 m، فإذا كانت الإزاحة الزاويّة للكرة 82 rad، فما محيط الكرة؟

$$d = r\theta$$

$$r = \frac{d}{\theta} = \frac{3.2\ \text{m}}{82\ \text{rad}} = 0.039\ \text{m}$$

$$c = 2\pi r = 2\pi\ (0.039\ \text{m}) = 0.25\ \text{m}$$

4. يستخدم عامل طلاء مفكًّا طوله 25.8 cm لفتح غطاء علبة الطلاء. إذا أثر العامل في نهاية المفك بقوة مقدارها 85 N وتميل بزاوية مقدارها 60° على الرأسي، فاحسب العزم.

$$\tau = Fr\sin\theta = (85\ \text{N})(0.258\ \text{m})(\sin 60.0°)$$

$$= 19\ \text{N.m}$$

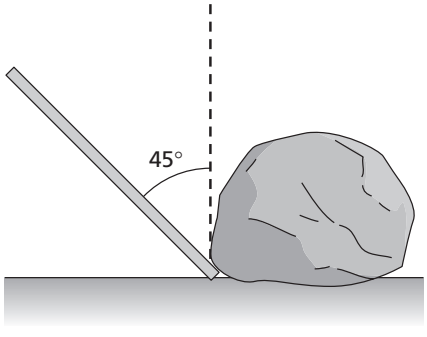
5. أثرت قوة مقدارها 25 N رأسيًّا في نهاية مقبض مفتاح شد طوله 45 cm لشد برغي مع اتجاه حركة عقارب الساعة. ما العزم اللازم من البرغي ليحافظ على المفك ثابتًا دون دوران؟

للمحافظة على ثبات المفك دون دوران، يتعين أن يكون العزم المؤثر من البرغي مساويًا في المقدار ومعاكسًا في الاتجاه للعزم المطبّق بالمفك.

$$\tau = Fr\sin\theta = (25\ \text{N})(0.45\ \text{m})(\sin 90.0°)$$

$$= 11\ \text{N.m}$$ **في عكس اتجاه حركة عقارب الساعة**

6. استخدم رجل كتلته 92 kg لوحًا طوله 3.05 m في محاولة منه لتحريك صخرة، كما هو موضح في الشكل أدناه. وسحب الرجل طرف اللوح بقوة مساوية لوزنه فاستطاع أن يحرّكه بزاوية مقدارها 45° عن الرأسي. احسب العزم المطبّق.



$$\tau = Fr\sin\theta$$

$$= mgr\sin\theta$$

$$= (92\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2)(3.05\ \text{m})\sin 45°)$$

$$= 1.9 \times 10^2\ \text{N.m}$$

7. إذا حاول طفل كتلته 25 kg أن يؤثر بالعزم نفسه كما في السؤال السابق، مستخدمًا وزنه فقط للقوة المطبّقة، فكم يجب أن يكون طول ذراع القوة التي يستخدمها؟

$$L = r\sin\theta$$

$$= \frac{\tau}{F} = \frac{\tau}{mg} = \frac{1.9 \times 10^3\ \text{N.m}}{(25\ \text{kg})\ (9.80\ \text{m/s}^2)}$$

$$= 7.8\ \text{m}$$

8. جلس أحمد على بعد 1.20 m من مركز لعبة الميزان. إذا تعيّـن على سـامي أن يجلس على بعد 0.80 m من مركز اللعبة لموازنة أحمد، فما كتلة سـامي، إذا كانت كتلة أحمد 18 kg؟

$$F_A r_A = F_s r_s$$

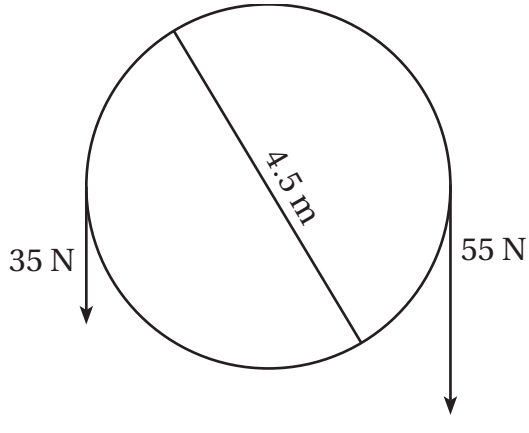
$$m_A g r_A = m_s g r_s$$

$$m_s = \frac{m_A\ r_A}{r_s}$$

$$= \frac{(18\ \text{kg})(1.20\ \text{m})}{0.80\ \text{m}}$$

$$= 27\ \text{kg}$$

9. أثّـرت قوتان في لعبة الحصـان الدوّار والتي قطرها 4.5 m. إذا كانت إحدى القوتين 55 N تؤثر في اتجاه حركة عقارب الساعة، وتؤثر الأخرى 35 N في عكس اتجـاه حركة عقارب السـاعة، فمـا محصلة العزم؟



محصلة العزم تساوي مجموع العزوم المفردة

$$\tau_{\text{محصلة}} = \tau_{ccw} + \tau_{cw}$$

$$= F_{ccw} r \sin\theta + F_{cw} r \sin\theta$$

$$= (F_{ccw} + F_{cw}) r \sin\theta$$

$$= (35\ \text{N} - 55\ \text{N})\ (\tfrac{4.5\ \text{m}}{2})(\sin 90.0°)$$

$$= -45\ \text{N.m}$$

45 N.m في اتجاه حركة عقارب الساعة

10. أُسند لوح طوله 1.5 m على دعامتين. إذا كان مقدار القوة المؤثرة في اللوح بواسطة الدعامة الأولى 25 N وكان مقدار القوة المؤثرة في اللوح بواسطة الدعامة الثانية 62 N، فما كتلة اللوح؟

$$F_{\text{محصلة}} = F_1 + F_2 + (-F_g)$$

لما كان النظام في حالة اتزان، فإن:

$$F_{\text{محصلة}} = 0$$

$$0 = F_1 + F_2 + F_g$$

$$F_g = F_1 + F_2$$

$$mg = F_1 + F_2$$

$$m = \frac{F_1 + F_2}{g}$$

$$= \frac{25\ \text{N} + 62\ \text{N}}{9.80\ \text{m/s}^2}$$

$$= 8.9\ \text{kg}$$

11. بدأ طفل بناء بيت مستعملاً بطاقات كرتونية متماثلة طـول كل منهـا 8.5 cm، وكتلتهـا 0.75 g، وذلك بوضع البطاقة A موازية للبطاقة B في وضع رأسي، ثم وضع البطاقة الثالثة فوقهما. فإذا كانت البطاقة A على بعد 2.0 cm من الطرف الأول للبطاقة العلوية وأثرت فيها بقوة مقدارها 1.5×10^{-3} N، فكم يجب أن تبعد البطاقة B عن الطرف الثاني للبطاقة العلوية؟ افترض أنّ محور الدوران عند نقطة تلامس البطاقة A مع البطاقة العلوية.

$$F_{\text{محصلة}} = F_A + F_B + F_g$$

لما كان النظام في حالة اتزان، فإن:

$$F_{\text{محصلة}} = 0$$

$$0 = F_A + F_B - F_g$$

$$F_B = F_g + F_A$$

$$= mg - F_A$$

الفصل الثاني

1. إذا ارتدت كرة مقدار زخمها الابتدائي 6.00 kg.m /s عن حائط في الاتجاه المعاكس بزخم مقداره 4.00 kg.m /s فما مقدار الدفع المؤثر في الكرة؟

$$p_f = +4.00\ \text{kg.m./s}$$

$$p_i = -6.00\ \text{kg.m/s}$$

$$\text{الدفع} = p_f - p_i$$

$$= (4.00\ \text{kg.m/s}) - (-6.00\ \text{kg.m/s})$$

$$= 10.0\ \text{kg.m/s}$$

2. إذا تلامست الكرة مع الحائط في السؤال السابق فترة زمنية مقدارها 0.22 s، فما متوسط القوة المؤثرة في الحائط؟

$$\text{الدفع} = F\Delta t$$

$$F = \frac{\text{الدفع}}{\Delta t}$$

$$= \frac{10.0\ \text{kg.m/s}}{0.22\ \text{s}} = 45\ \text{N}$$

3. تحرك متزلج كتلته 42.0 kg بسرعة 1.50 m /s فاصطدم بحائط وارتد عنه. إذا كان مقدار الدفع 150.0 kg.m /s، فاحسب السرعة المتجهة النهائية للمتزلج.

اعتبر الاتجاه المبتعد عن الحائط هو الاتجاه الموجب

$$\text{الدفع} = p_f - p_i = mv_f - (-mv_i)$$

$$= m(v_f + v_i)$$

$$v_f = \frac{\text{الدفع}}{m} - v_i$$

$$= \frac{150.0\ \text{kg.m/s}}{42.0\ \text{kg}} - 1.50\ \text{m/s}$$

$$= 2.07\ \text{m/s}$$

4. إذا تحركت سيارة ألعاب كتلتها 50.0 g، بسرعة 3.00 m /s في اتجاه الشمال، ثم اصطدمت بلعبة سيارة إطفاء كتلتها 180.0 g تتحرك بسرعة 0.50 m /s

لما كان محور الدوران حول البطاقة الداعمة A فإن:

$$\tau_A = 0$$

لذا فإن

$$\tau_{\text{محصلة}} = \tau_B + \tau_g$$

ولما كان النظام في حالة اتزان، فإن

$$\tau_{\text{محصلة}} = 0$$

$$0 = \tau_B + \tau_g$$

$$\tau_B = -\tau_g$$

$$\tau_B = r_B F_B \text{ و } \tau_g = -r_g F_g$$

$$r_B F_B = r_g F_g$$

$$r_B = \frac{(r_g F_g)}{F_B}$$

$$= \frac{(r_g mg)}{(mg - F_A)}$$

$$= \frac{\left(\left(\frac{1}{2}\right)(0.085\ \text{m}) - 0.020\ \text{m}\right)(7.5\times10^{-4}\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2)}{(7.5\times10^{-4}\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2) - (1.5\times10^{-3}\ \text{N})}$$

$$= 2.8\times10^{-2}\ \text{m}$$

$$= 28\ \text{cm}$$

12. إذا تحركت البطاقة A في المسألة السابقة فأصبحت على بعد 2.5 cm من طرف البطاقة العلوية، فكم يجب أن تبعد البطاقة B عن الطرف الثاني للبطاقة العلوية عند إعادة البناء ليبقى البناء متزنًا؟

$$r_B = \frac{r_g mg}{mg - F_A}$$

$$= \frac{\left(\left(\frac{1}{2}\right)(0.085\ \text{m}) - 0.025\ \text{m}\right)(7.5\times10^{-4}\ \text{kg})(9.80\ \text{m s}^2)}{(7.5\times10^{-4}\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2) - (1.5\times10^{-3}\ \text{N})}$$

$$= 2.2\times10^{-2}\ \text{m}$$

$$= 22\ \text{cm}$$

جنوبًا، فالتحمتا معًا بعد التصادم، فما مقدار واتجاه سرعتهما بعد التصادم؟

باعتبار c ترمز إلى السيارة، وt ترمز إلى سيارة الإطفاء.

اعتبر الاتجاه شمالًا هو الاتجاه الموجب

$$p_i = p_f$$

$$p_{ci} + p_{ti} = p_f$$

$$m_c v_{ci} + m_t v_{ti} = (m_c + m_t)\, v_t$$

$$v_f = \frac{m_c\, v_{ci} + m_t\, v_{ti}}{m_c + m_t}$$

$$= \frac{(50.0\text{ g})(3.00\text{ m/s}) + (180.0\text{ g})(-0.50\text{ m/s})}{(50.0\text{ g} + 180.0\text{ g})}$$

$$= 0.26\text{ m/s, نحو الشمال}$$

5. أُطلقت رصاصة كتلتها 0.040 kg نحو قالب خشبي ساكن كتلته 3.50 kg. فاستقرت الرصاصة داخل القالب بعد التصادم. وتحرك القالب والرصاصة معًا بسرعة متجهة مقدارها 7.40 m/s. كم كانت السرعة المتجهة للرصاصة قبل التصادم؟

$$p_i = p_f$$

$$p_{bi} + p_{wi} = p_f$$

$$m_b v_{bi} + m_w v_{wi} = (m_b + m_w)\, v_f$$

حيث إن $v_{wi} = 0$

فإن

$$v_{bi} = \frac{(0.040\text{ kg} + 3.50\text{ kg})(7.40\text{ m/s})}{(0.040\text{ kg})}$$

$$= 6.5 \times 10^2\text{ m/s}$$

6. اصطدمت الكرة A، والتي كتلتها 0.20 kg، بالكرة B التي كتلتها 0.30 kg. إذا كانت السرعة المتجهة الابتدائية للكرة A 0.95 m/s وكانت الكرة B في وضع السكون، فما مقدار واتجاه سرعة الكرتين A و B بعد التصادم إذا التحمتا ببعض بعد التصادم؟

$$p_i = p_f$$

$$m_A v_{Ai} = (m_A + m_B) v_f$$

$$v_f = \frac{m_A\, v_{Ai}}{m_A + m_B}$$

$$= \frac{(0.20\text{ kg})(0.95\text{ m/s})}{0.20\text{ kg} + 0.30\text{ kg}}$$

$$= 0.38\text{ m/s}$$

في اتجاه السرعة المتجهة الابتدائية للكرة A نفسه

7. دفع متزلج كتلته 75.0 kg متزلجًا آخر كتلته 42.0 kg، حيث كان المتزلجان ساكنين بدايةً. وبعد الدفع تحرك المتزلج ذو الكتلة الأكبر بسرعة 0.75 m/s شرقًا. ما مقدار واتجاه سرعة المتزلج ذي الكتلة الأصغر بعد الدفع؟

$$p_i = p_f$$

$$= m_1 v_{f1} + m_2 v_{f2}$$

$$v_{f2} = \frac{(-m_1\, v_{f1})}{m_2}$$

$$= \frac{-(75.0\text{ kg})(0.75\text{ m/s})}{42.0\text{ kg}}$$

$$= -1.3\text{ m/s}$$

تحرك المتزلج الثاني بسرعة متجهة 1.3 m/s غربًا.

8. متزلج كتلته 55.0 kg في وضع السكون. إذا أطلق المتزلج رصاصة كتلتها 0.045 kg من مسدس كتلته 2.5 kg فتحركت الرصاصة بسرعة متجهة 565.0 m/s، فما السرعة المتجهة للمتزلج بعد إطلاق الرصاصة؟

باعتبار s ترمز إلى المتزلج، و b إلى الرصاصة، وg إلى المسدس

$$p_i = p_f$$

$$0 = p_{fs} + p_{fb}$$

$$= (m_s + m_g)\, v_{fs} + m_b v_{fb}$$

لأن الكتلة النهائية للمتزلج تتضمن كتلة المسدس الذي يحمله المتزلج.

$$v_{fs} = \frac{-m_b\, v_{fb}}{m_s + m_g}$$

$$v_{fs} = \frac{-(0.045\ \text{kg})(565.0\ \text{m/s})}{55.0\ \text{kg} + 2.50\ \text{kg}}$$
$$= -0.44\ \text{m/s}$$

9. وُضِع مدفع كتلته 1200 kg على حلبة تزلج جليدية في وضع السكون. إذا أطلقت منه قذيفة كتلتها 95.0 kg، فارتد المدفع بسرعة 6.80 m/s، فما سرعة القذيفة؟

باعتبار c ترمز إلى المدفع، وb إلى القذيفة.

$$p_i = p_f$$

لما كان المدفع وقذيفته في البداية في وضع السكون وذلك قبل الإطلاق فإن: $p_i = 0.00\ \text{kg.m/s}$، لذا فإن

$$p_{fc} = -p_{fb}$$
$$m_c v_{fc} = -m_b v_{fb}$$
$$v_{fb} = \frac{(-m_c v_{fc})}{m_b}$$
$$= \frac{-(1200\ \text{kg})(6.80\ \text{m/s})}{(95.0\ \text{kg})}$$
$$= -86\ \text{m/s}$$

10. تحرك لاعب كرة قدم كتلته 82 kg بسرعة 0.75 m/s شمالاً، فأوقفه لاعب آخر كتلته 110.0 kg كان يتحرك بسرعة مقدارها 0.15 m/s شرقًا، فسقطا على الأرض معًا. احسب السرعة المتجهة النهائية لهما (مقدارًا واتجاهًا).

باعتبار r ترمز إلى اللاعب الأول، وd إلى اللاعب الثاني.

$$p_{ri} = m_r v_{ri,y} = (82\ \text{kg})(0.75\ \text{m/s})$$
$$= 62\ \text{kg.m/s}\ \text{شمالاً}$$
$$p_{di} = m_d v_{di,x} = (110.0\ \text{kg})(0.15\ \text{m/s})$$
$$= 16\ \text{kg.m/s}, \text{شرقًا}$$

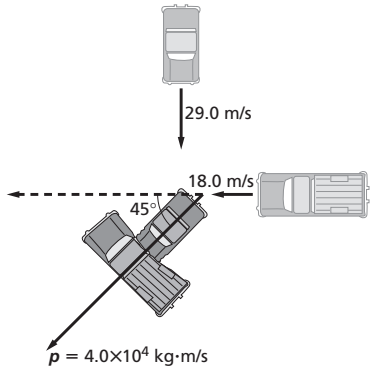
ينص قانون حفظ الزخم على أن

$$p_i = p_f$$
$$p_{f,x} = p_{i,x} = 16\ \text{kg.m/s}$$
$$p_{f,y} = p_{i,y} = 62\ \text{kg.m/s}$$
$$p_f = (p_{f,x}^2 + p_{f,y}^2)^{\frac{1}{2}}$$
$$= ((16\ \text{kg.m/s})^2 + (62\ \text{kg.m/s})^2)^{\frac{1}{2}}$$
$$= 64\ \text{kg.m/s}$$

$$v_f = \frac{p_f}{m_r + m_d} = \frac{64\ \text{kg.m/s}}{82\ \text{kg} + 110.0\ \text{kg}}$$
$$= 0.33\ \text{m/s}$$
$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{p_{f,y}}{p_{f,x}}\right)$$
$$= \tan^{-1}\left(\frac{m_r v_{ri,y}}{m_d v_{di,x}}\right)$$
$$= \tan^{-1}\left(\frac{(82\ \text{kg})(0.75\ \text{m/s})}{(110.0\ \text{kg})(0.15\ \text{m/s})}\right)$$
$$= 75°$$

11. تحركت سيارة كتلتها 985 kg بسرعة 29.0 m/s جنوبًا، فاصطدمت بشاحنة متحركة بسرعة 18 m/s غربًا، كما هو موضّح في الشكل أدناه. إذا التحمت المركبتان وتحركتا بزخم نهائي مقداره 4.0×10^4 kg.m/s وبزاوية مقدارها 45° بعد الاصطدام، فما مقدار كتلة الشاحنة؟

باعتبار c ترمز إلى السيارة، وt إلى الشاحنة.



$$p_f^2 = p_{fx}^2 + p_{fy}^2$$
$$p_f^2 = p_{ix}^2 + p_{iy}^2$$
$$p_f^2 = m_c^2 v_{ci}^2 + m_t^2 v_{ti}^2$$
$$m_t = \left(\frac{(p_f^2 - m_c^2 v_{ci}^2)}{v_{ti}^2}\right)^{\frac{1}{2}}$$
$$= \left(\frac{(4.0\times10^4\ \text{kg.m/s})^2 - (985\ \text{kg})^2\ (29.0\ \text{m/s})^2}{(18.0\ \text{m/s})^2}\right)^{\frac{1}{2}}$$
$$= 1.6\times10^3\ \text{kg}$$

12. يمشي رجل كتلته 77.0 kg بسرعة مقدارها 0.10 m/s شرقًا في أثناء ممارسته الرياضة في النادي. فرمى لاعب كرة كتلتها 15.0 kg جنوبًا فأصابت الرجل بالصدفة، فتحركت الكرة والرجل معًا بسرعة متجهة

مقدارها 0.085 m/s. أوجد اتجاه حركة الرجل والكرة.

باعتبار M ترمز إلى الرجل، وb إلى الكرة.

$$\theta = \cos^{-1}\left(\frac{p_{fx}}{p_f}\right)$$

$$= \cos^{-1}\left(\frac{p_{ix}}{p_f}\right)$$

$$= \cos^{-1}\left(\frac{(m_M v_{iM})}{(m_M + m_b) v_f}\right)$$

$$= \cos^{-1}\left(\frac{(77.0\text{ kg})(0.10\text{ m/s})}{(77.0\text{ kg}+15.0\text{ kg})(0.085\text{ m/s})}\right)$$

$$= 1.0^\circ \times 10^1$$ **جنوب الشرق**

الفصل الثالث

1. دُفعت لعبة شاحنة فوق طاولة مسافة 0.80 m شمالاً، ثم سُحبت إلى الخلف مسافة 0.80 m جنوبًا. إذا طُبقت قوة أفقية ثابتة مقدارها 15 N في كلا الاتجاهين، فما محصلة الشغل؟

اعتبر الاتجاه شمالًا هو الاتجاه الموجب.

$$W_{\text{محصلة}} = W_{\text{شمالا}} + W_{\text{جنوبًا}}$$

$$= (Fd) + (-Fd)$$

$$= (15\text{ N})(0.80\text{ m}) + (-15\text{ N})(0.80\text{ m})$$

$$= 0.0\text{ J}$$

2. تسارعت طفلة كتلتها 15 kg بتسارع مقداره 0.25 m/s²، عندما سحبتها أختها مسافة 1.7 m أفقيًّا على الأرض. احسب مقدار التغير في الطاقة الحركية للطفلة.

$$\Delta KE = W = Fd$$

$$= mad$$

$$= (15\text{ kg})\ (0.25\text{ m/s}^2)\ (17.\text{m})$$

$$= 6.4\text{ J}$$

3. دفع رجل سريرًا مسافة 0.75 m، فإذا كان الشغل المبذول 113 J، فما مقدار القوة الأفقية المؤثرة؟

$$W = Fd$$

$$F = \frac{W}{d}$$

$$= \frac{(113\text{ J})}{(0.75\text{ m})}$$

$$= 1.5 \times 10^2\text{ N}$$

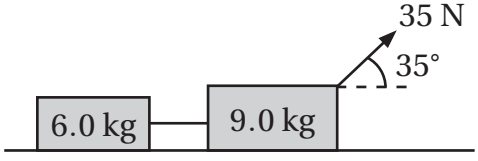
4. ربطت طوبتان معًا بخيط أفقي، وسحبتا معًا مسافة 2.7 m فوق طاولة هوكي هوائية، بقوة ثابتة مقدارها 35 N تؤثر بزاوية 35° إلى أعلى من جهة الطوبة التي كتلتها 9.0 kg، كما هو مبين في الشكل التالي. ما مقدار التغير في الطاقة الحركية في نظام الطوبتين؟

$$W = \Delta KE$$

$$= Fd\cos\theta$$

$$= (35\text{ N})\ (2.7\text{ m})\ (\cos 35^\circ)$$

$$= 77\text{ J}$$



5. إذا كان نظام الطوبتين الموصوف في السؤال السابق في وضع السكون بدايةً، فما سرعته المتجهة النهائية؟

$$\Delta KE = \frac{1}{2} m\Delta v^2$$

$$= \frac{1}{2} m(v_f^2 - v_i^2)$$

ولما كانت الطوبتان في وضع السكون بدايةً فإن

$$v_i = 0$$

لذا فإن

$$\Delta KE = \frac{1}{2} m v_f^2$$

$$v_f = \sqrt{\frac{2\Delta KE}{m}}$$

$$= \sqrt{\frac{(2)(77\text{ J})}{15\text{ kg}}}$$

$$= 3.2\text{ m/s}$$

6. سُحبت سيارة ألعاب كتلتها 0.75 kg مسافة 3.2 m فوق الأرض بقوة ثابتة مقدارها 110 N وبزاوية

فـوق الأفقـي. إذا كان مقدار الشـغل المبذول 67 J فما الزاوية بين القوة المؤثرة والأفقي؟

$$W = Fd\cos\theta$$

$$\theta = \cos^{-1}\left(\frac{W}{Fd}\right)$$

$$= \cos^{-1}\left(\frac{67\text{ J}}{(110\text{ N})(3.2\text{ m})}\right)$$

$$= 79°$$

7. شُـغّل مصبـاح كهربائي قدرتـه 75 W مدة 2 h فما مقدار الشغل الذي يبذله المصباح؟

$$(2.0\text{ h})\left(\frac{3600\text{ s}}{1.0\text{ h}}\right) = 7.2\times10^3\text{ s}$$

$$P = \frac{W}{t}$$

$$W = Pt = (75\text{ W})\ (7.2\times10^3\text{ s})$$

$$= 5.4\times10^5\text{ J}$$

8. تستطيع جزازة عشب ذاتية الحركة قدرتها 6.5 حصان ميكانيكي (hp) أن تنطلق من سرعة 0.0 m /s إلى 0.56 m /s خلال فترة زمنية مقدارها 0.050 s. فإذا كانـت كتلتهـا 48.0 kg، فما المسـافة التي تقطعها الجزازة خلال هذه الفترة؟ (ملاحظة: استعمل معامل التحويل الآتي: 1 hp = 746 W).

$$(6.50\text{ hp})\left(\frac{746\text{ W}}{1\text{ hp}}\right) = 4.85\times10^3\text{ W}$$

$$a = \frac{\Delta v}{t}$$

$$P = \frac{W}{t}$$

$$= \frac{Fd}{t} = \frac{mad}{t}$$

$$= \frac{m\left(\frac{\Delta v}{t}\right)d}{t} = \frac{m\,(v_f - v_i)d}{t^2}$$

$$d = \frac{Pt^2}{m\,(v_f - v_i)}$$

$$= \frac{(4.85\times10^3\text{ W})\ (0.050\text{ s})^2}{(48.0\text{ kg})(0.36\text{ m/s} - 1.00\text{ m/s})}$$

$$= 0.45\text{ m}$$

9. إذا قامـت رافعة مزودة بمحرك قدرته 156 W برفع صنـدوق مسـافة 9.8 m خـلال 11 s، فمـا كتلـة الصندوق؟

$$v_{avg} = \frac{d}{t} = \frac{9.8\text{ m}}{11\text{ s}} = 0.89\text{ m/s}$$

إذا كان الصندوق ساكنًا في البداية:

$$v_{avg} = \frac{v_i + v_f}{2} = \frac{v_f}{2}$$

$$v_f = 2v_{avg} = (2)(0.89\text{ m/s}) = 1.8\text{ m/s}$$

$$P = \frac{W}{t} = \frac{(\Delta\text{KE})}{t} = \frac{(m\Delta v^2)}{2t}$$

$$m = \frac{2Pt}{\Delta v^2} = \frac{(2Pt)}{(v_f^2 - v_i^2)}$$

$$= \frac{(2)(156\text{ W})(11\text{ s})}{(1.8\text{ m/s})^2}$$

$$= 1.1\times10^3\text{ kg}$$

10. يؤثـر رجـل بقوة مقدارهـا 310 N فـي رافعة ليرفع صندوق كتلته 910 kg. إذا كانت كفاءة الرافعة 78% فما مقدار الفائدة الميكانيكية المثالية IMA للرافعة؟

$$\left(\frac{\frac{F_r}{F_e}}{e}\right)(100) = \left(\frac{\frac{mg}{F_e}}{e}\right)(100)$$

$$= \left(\frac{\frac{(910\text{ kg})(9.80\text{ m/s}^2)}{310\text{ N}}}{78}\right)(100)$$

$$= 37$$

11. اسـتخدم عامل بكرة لرفع جسـم كتلته 45 kg، فإذا كانت الفائدة الميكانيكية للبكرة 5.2 فما مقدار القوة المسلّطة التي يؤثر بها العامل؟

$$MA = \frac{F_r}{F_e}$$

$$F_e = \frac{F_r}{MA}$$

$$= \frac{mg}{MA} = \frac{(45\text{ kg})(9.80\text{ m/s}^2)}{(5.2)}$$

$$= 85\text{ N}$$

12. عندما تُسحب سلسلة الدراجة الهوائية مسافة 0.95 m، فإنّ الإطار الخلفي يتحرك مسـافة 14 cm. إذا كان نصف قطر ناقل الحركة 3.5 cm، فما مقدار نصف قطر الإطار الخلفي؟

$$IMA = \frac{d_e}{d_r} = \frac{r_e}{r_r}$$

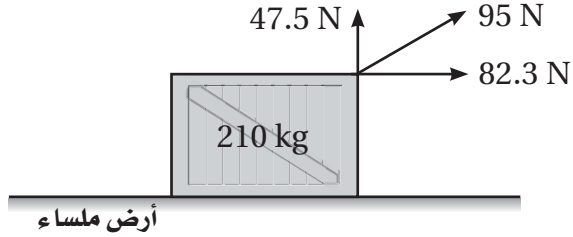
$$r_r = \frac{(r_e\, d_r)}{d_e}$$

$$= \frac{(3.50\text{ cm})(14.0\text{ cm})}{0.95\text{ cm}}$$

$$= 52\text{ cm}$$

الفصل الرابع

1. يتسارع صندوق كتلته 210 kg أفقيًّا بفعل قوة مقدارها 95 N تؤثر بزاوية إلى أعلى مع الأفقي، بحيث تكون مركّبة القوة الرأسية 47.5 N ومركّبتها الأفقية 82.3 N (انظر الشكل أدناه). إذا سُحب الصندوق مسافة 5.5 m على أرض ملساء، فما مقدار التغير في الطاقة الحركية للصندوق؟



$$W = \Delta KE = Fd$$
$$= (82.3\ \text{N})\ (5.5\ \text{m})$$
$$= 4.5 \times 10^2\ \text{J}$$

2. افترض أنّ الصندوق الموصوف في السؤال السابق كان ساكنًا في البداية، فما السرعة المتجهة النهائية للصندوق؟

$$\Delta KE = KE_f - KE_i$$
$$KE_f = \frac{1}{2} m v_f^2$$
$$KE_i = \frac{1}{2} m v_i^2$$

ولما كان الصندوق ساكنًا في البداية، فإن $KE_i = 0$

لذا فإن

$$\Delta KE = KE_f = \frac{1}{2} m v_f^2$$
$$v_f = \sqrt{\frac{2\Delta KE}{m}} = \sqrt{\frac{(2)(4.5 \times 10^2\ \text{J})}{210\ \text{kg}}}$$
$$= 2.1\ \text{m/s}$$

3. إذا أثر في الصندوق الموضح في المسألة 1 قوة احتكاك مقدارها 15 N، فما الطاقة الحركية النهائية للصندوق؟

افترض أن اتجاه حركة الصندوق موجبًا.

$$W = \Delta KE = Fd$$
$$F = F_{\text{الأفقية}} + f_k = 82.0\ \text{N} + (-15\ \text{N})$$
$$= 67\ \text{N}$$
$$\Delta KE = W = Fd = (67\ \text{N})(5.5\ \text{m})$$
$$= 3.7 \times 10^2\ \text{J}$$

ولما كان الصندوق ساكنًا في البداية، فإن

$$\Delta KE = KE_f$$
$$KE_f = 3.7 \times 10^2\ \text{J}$$

4. تصعد عربة أفعوانية كتلتها 150 kg على سكة الحديد إلى قمة تل ارتفاعه 91 m. ما مقدار الشغل المبذول ضد الجاذبية عندما تصبح العربة عند قمة هذا التل؟

$$W = Fd$$
$$F = mg$$
$$W = mgd$$
$$= (150\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2)(91\ \text{m})$$
$$= 1.3 \times 10^5\ \text{J}$$

5. يتأرجح بندول كتلته 0.50 kg إلى أقصى ارتفاع مقداره 1.0 m. ما مقدار طاقته الحركية عند ارتفاع 0.40 m؟

$$E_{\text{الكليّة}} = KE + PE$$

لما كانت الطاقة محفوظة، فإن الطاقة الكليّة ثابتة.

عندما تكون كتلة البندول عند أقصى ارتفاع، تكون: $E_{\text{الكليّة}} = PE$.

$$PE = mgh$$
$$= (0.50\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2)(1.0\ \text{m})$$
$$= 4.9\ \text{J}$$

وعندما تكون كتلة البندول على ارتفاع 0.40 m، فإن:

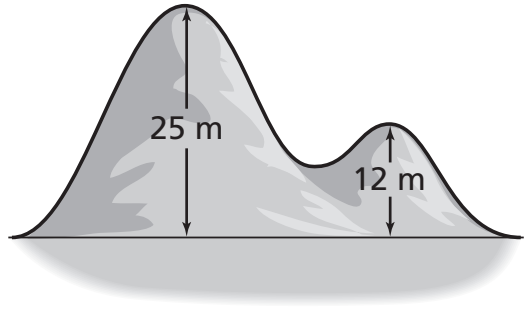
$$PE = mgh = (0.50\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2)(0.40\ \text{m})$$
$$= 2.0\ \text{J}$$

$$KE = E_{\text{الكليّة}} - PE$$

$$= 4.9\ \text{J} - 2.0\ \text{J}$$

$$= 2.9\ \text{J}$$

6. يقف شخص على زلاجته على قمة تل ارتفاعه 25 m بجانبه تل آخر ارتفاعه 12 m (انظر الشكل أدناه). أُعطي المتزلج دفعة ابتدائية أكسبته طاقة حركية مقدارها 3674 J. أوجد السرعة المتجهة للشخص عند قمة التل الثاني الذي ارتفاعه 12 m، علمًا بأنّ كتلة الزلاجة والشخص معًا 95 kg، وذلك مع إهمال الاحتكاك.



$$E = KE + PE$$

عند قمة التل الذي ارتفاعه 25 m:

$$KE = 3674\ \text{J}$$

$$PE = mgh = (95\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2)(25\ \text{m})$$

$$= 2.3\times10^4\ \text{J}$$

$$E = KE + PE = 3674\ \text{J} + 2.3\times10^4\ \text{J}$$

$$= 2.7\times10^4\ \text{J}$$

عند قمة التل الذي ارتفاعه 12 m:

$$PE = mgh = (95\ \text{kg})\ (9.80\ \text{m/s}^2)(12\ \text{m})$$

$$= 1.1\times10^4\ \text{J}$$

$$KE = E - PE = 2.7\times10^4\ \text{J} - 1.1\times10^4\ \text{J}$$

$$= 1.6\times10^4\ \text{J}$$

$$v = \sqrt{\left(\frac{2\text{KE}}{m}\right)} = \sqrt{\frac{(2)(1.6\times10^4\ \text{J})}{95\ \text{kg}}}$$

$$= 18\ \text{m/s}$$

7. يركب طفل كتلته 35 kg أرجوحة، ويصل إلى أقصى ارتفاع مقداره 0.80 m. احسب طاقة الوضع الجاذبية لدى الطفل عند أقصى ارتفاع يصله، مهملاً الاحتكاك. وما الطاقة الحركية لدى الطفل عند هذا الارتفاع؟

$$PE = mgh = (35\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2)(0.80\ \text{m})$$

$$= 2.7\times10^2\ \text{J}$$

عندما يصل الطفل إلى أقصى ارتفاع تكون سرعته المتجهة صفرًا.

$$KE = \frac{1}{2}mv^2 = 0\ \text{J}$$

8. يركب شخص زلاجته عند قمة تل ارتفاعه 35 m. إذا كانت طاقة وضعه الجاذبية هو وزلاجته معًا 3.0×10^4 J، فما وزن الزلاجة وراكبها؟

$$PE = mgh$$

$$F_g = mg$$

$$PE = F_g h$$

$$F_g = \frac{PE}{h} = \frac{3.0\times10^4\ \text{J}}{35\ \text{m}} = 8.6\times10^4\ \text{N}$$

9. إذا كان ارتفاع التل الكبير في لعبة الأفعوانية 91 m، وكانت كتلة العربة وراكِبَيها 314 kg، وكانت السرعة المتجهة القصوى التي وصلتها العربة 28 m/s، فما مقدار الطاقة المفقودة بفعل الاحتكاك؟

عند قمة التل الذي ارتفاعه 91 m:

$$E = PE = mgh$$

$$= (314\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2)(91\ \text{m})$$

$$= 2.8\times10^5\ \text{J}$$

وعند أسفل التل:

$$E = KE = \frac{1}{2}mv^2$$

$$v = \sqrt{\frac{2KE}{m}} = \sqrt{\frac{(2)(2.8\times10^5\ \text{J})}{314\ \text{kg}}}$$

$$= 42\ \text{m/s}$$

إذا لم تفقد طاقة بفعل الاحتكاك تكون السرعة 42 m/s، تكون الطاقة الحركية الفعلية عند أسفل التل:

$$KE = \frac{1}{2}mv^2$$

$$= (\tfrac{1}{2})(314\ \text{kg})(28\ \text{m/s})^2$$

$$= 1.2\times10^5\ \text{J}$$

$$E = KE + E_{\text{الاحتكاك}}$$

$$E_{\text{الاحتكاك}} = E - KE$$

$$= 2.8\times10^5\ \text{J} - 1.2\times10^5\ \text{J}$$

$$= 1.6\times10^5\ \text{J}$$

10. عُلِّق قرص تصويب سهام كتلته 2.20 kg من السقف بحيث كان ساكنًا في البداية. رمي نحوه سهم كتلته 0.030 kg بسرعة متجهة مقدارها 1.3 m/s، وبعد أن أصاب السهم القرص تحركا معًا بسرعة متجهة مقدارها 0.025 m/s. ما مقدار الطاقة الحركية المفقودة في النظام؟

باعتبار d ترمز إلى السهم، وb إلى قرص التصويب.

$$KE_i = \frac{1}{2}m_d v_d^2$$

$$= (\tfrac{1}{2})(0.030\ \text{kg})\ (1.3\ \text{m/s})^2$$

$$= 2.5\times10^{-2}\ \text{J}$$

$$KE_f = (\tfrac{1}{2})\ (m_d + m_b)\ v_f^2$$

$$= (\tfrac{1}{2})\ (0.030\ \text{kg} + 2.20\ \text{kg})(0.025\ \text{m/s})^2$$

$$= 6.97\times10^{-4}\ \text{J}$$

$$E_{\text{مفقودة}} = KE_i - KE_f$$

$$= (2.5\times10^{-2}\ \text{J}) - (6.97\times10^{-4}\ \text{J})$$

$$= 2.4\times10^{-2}\ \text{J}$$

11. أحدث طلاب تصادمًا بين عربتين على مسار عديم الاحتكاك في مختبر الفيزياء. بيّن ما إذا كانت الطاقة الحركية محفوظة أم لا، وذلك استنادًا إلى البيانات الواردة في الجدول أدناه.

	الكتلة (kg)	v_i (m/s)	v_f (m/s)
العربة A	0.25	0.18	−0.21
العربة B	0.36	−0.20	0.11

$$KE_{iA} = \frac{1}{2}m_A v_{iA}^2$$

$$= (\tfrac{1}{2})\ (0.25\ \text{kg})(0.18\ \text{m/s})^2$$

$$= 4.0\times10^{-3}\ \text{J}$$

$$KE_{iB} = \frac{1}{2}m_B v_{iB}^2$$

$$= (\tfrac{1}{2})\ (0.36\ \text{kg})\ (-0.20\ \text{m/s})^2$$

$$= 7.2\times10^{-3}\ \text{J}$$

$$KE_{fA} = \frac{1}{2}m_A v_{fA}^2$$

$$= (\tfrac{1}{2})\ (0.25\ \text{kg})\ (-0.21\ \text{m/s})^2$$

$$= 5.5\times10^{-3}\ \text{J}$$

$$KE_{fB} = \frac{1}{2}m_B v_{fB}^2$$

$$= (\tfrac{1}{2})(0.36\ \text{kg})\ (0.11\ \text{m/s})^2$$

$$= 2.2\times10^{-3}\ \text{J}$$

إذا كانت الطاقة الحركية محفوظة فإن:

$$KE_i = KE_f$$

$$KE_i = KE_{iA} + KE_{iB}$$

$$= 4.0\times10^{-3}\ \text{J} + 7.2\times10^{-3}\ \text{J}$$

$KE_i = 11.2\times10^{-3}\ \text{J}$

$KE_f = KE_{fA} + KE_{fB}$

$= 5.5\times10^{-3}\ \text{J} + 2.2\times10^{-3}\ \text{J}$

$= 7.7\times10^{-3}\ \text{J}$

KE ليست محفوظة

12. رميت كرة كتلتها 0.150 kg بسرعة متجهة مقدارها 30.0 m /s فضربت حائطًا، وارتدت عنه في الاتجاه المعاكس بسرعة مقدارها 25.0 m /s، ما مقدار الشغل التي بذلته الكرة؟

حفظ الطاقة:

$W_{\text{الكرة}} - \Delta KE = 0$

$W_{\text{الكرة}} = \Delta KE = KE_f - KE_i$

$KE_i = \frac{1}{2}mv_i^2 = (\frac{1}{2})\ (0.150\ \text{kg})(30.0\ \text{m/s})^2$

$= 67.5\ \text{J}$

$KE_f = \frac{1}{2}mv_f^2 = \frac{1}{2}\ (0.150\ \text{kg})(-25.0\ \text{m/s})^2$

$= 46.9\ \text{J}$

$W_{\text{الكرة}} = KE_f - KE_i$

$= 46.9\ \text{J} - 67.5\ \text{J}$

$= -20.6\ \text{J}$

الفصل الخامس

1. حوّل درجات الحرارة التالية من السلسيوس إلى الكلفن.

a. −196°C

$T_K = T_C + 273 = -196°C + 273 = 77\ \text{K}$

b. 32°C

$T_K = T_C + 273 = 32°C + 273 = 305\ \text{K}$

c. 212°C

$T_K = T_C + 273 = 212°C + 273 = 485\ \text{K}$

d. −273°C

$T_K = T_C + 273 = -273°C + 273 = 0\ \text{K}$

e. 273°C

$T_K = T_C + 273 = 273°C + 273 = 546\ \text{K}$

f. 27°C

$T_K = T_C + 273 = 27°C + 273 = 300\ \text{K}$

2. أوجد درجة حرارة الأجسام التالية بالسلسيوس والكلفن.

a. متوسط درجة حرارة جسم الإنسان.

37°C, 310 K وتساوي تقريبًا 98.6°F

b. القهوة الساخنة.

70°C, 343 K تقريبًا

c. الشاي المثلج.

0°C, 273 K تقريبًا

d. الماء المغلي.

100°C, 373 K

3. حوّل درجات الحرارة التالية من الكلفن إلى السلسيوس.

a. 4K

$$T_C = T_K - 273 = 4\ K - 273 = -269°C$$

b. 25 K

$$T_C = T_K - 273 = 25\ K - 273 = -248°C$$

c. 272 K

$$T_C = T_K - 273 = 272\ K - 273 = -1°C$$

d. 373 K

$$T_C = T_K - 273 = 373 - 273 = 100°C$$

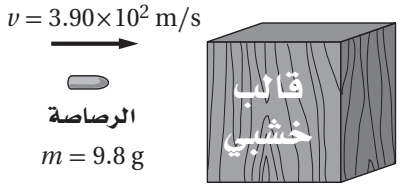
e. 298 K

$$T_C = T_K - 273 = 298\ K - 273 = 25°C$$

f. 316 K

$$T_C = T_K - 273 = 316\ K - 273 = 43°C$$

4. أطقت رصاصة كتلتها 9.8 g بسرعة 3.9×10^2 m /s، فأوقفها قالب خشبي. ما مقدار التغير في درجة حرارة الرصاصة إذا ذهب ربع طاقتها الحركية الأصلية في تسخين الرصاصة؟



$$KE = \frac{1}{2}mv^2$$

$$\frac{1}{4}KE = Q = mC\Delta T$$

$$(\frac{1}{4})(\frac{1}{2})\ mv^2 = mC\Delta T$$

$$\Delta T = \frac{(\frac{1}{8}v^2)}{C}$$

$$= \frac{(\frac{1}{8})(3.90\times10^2\ m/s^2)^2}{130\ J/kg.K}$$

$$= 1.5\times10^2\ K$$

5. مـا مقدار التغير في درجة حرارة 2.2 kg من المواد الواردة أدناه، إذا أضيفت إلى كل منها طاقة حرارية مقدارها 8.5×10^3 J ؟

a. جليد

$$\Delta T = \frac{Q}{mC}$$

$$= \frac{(8.5\times10^3\ J)}{(2.2\ kg)(2060\ J/kg.K)}$$

$$= 1.9\ K$$

b. ماء

$$\Delta T = \frac{Q}{mC}$$

$$= \frac{(8.5\times10^3\ J)}{(2.2\ kg)(4180\ J/kg.K)}$$

$$= 0.92\ K$$

c. بخار

$$\Delta T = \frac{Q}{mC}$$

$$= \frac{(8.5\times10^3\ J)}{(2.2\ kg)(2020\ J/kg.K)}$$

$$= 1.9\ K$$

d. ألومنيوم

$$\Delta T = \frac{Q}{mC}$$

$$= \frac{8.5\times10^3\ J}{(2.2\ kg)(897\ J/kg.K)}$$

$$= 4.3\ K$$

e. فضة

$$\Delta T = \frac{Q}{mC}$$

$$= \frac{8.5\times10^3\ J}{(2.2\ kg)(235\ J/kg.K)}$$

$$= 16\ K$$

f. نحاس

$$\Delta T = \frac{Q}{mC}$$

$$= \frac{8.5\times10^3\ J}{(2.2\ kg)(300\ J/kg.K)}$$

$$= 1.0\times10^1\ K$$

6. يمتص تمثال مصنوع من الجرانيت كتلته 2350 kg طاقة مقدارها 2.8×10^7 J من الشمس؛ لتتغير درجة

حرارته من 5.0 °C ليلاً إلى 20.0 °C نهارًا. حدد السعة الحرارية النوعية للجرانيت من خلال المعطيات السابقة.

$$Q = mCT$$

$$C = \frac{Q}{m\Delta T} = \frac{2.8 \times 10^7\ J}{(2350\ kg)(20.0°C - 5.0°C)}$$

$$= 7.9 \times 10^2\ J/kg.K$$

7. مزجت عينة ماء كتلتها 2.00×10^3 g عند درجة حرارة 100.0 °C مع عينة ماء أخرى كتلتها 4.00×10^3 g عند درجة حرارة 0.0 °C في مسعر حراري، ما درجة حرارة المزيج عند اتزانه؟

$$m_A C_A (T_f - T_{Ai}) + m_B C_B (T_f - T_{Bi}) = 0$$

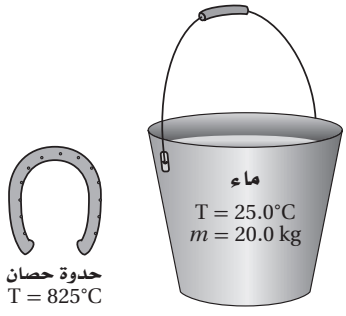
ولما كانت $C_A = C_B$ فإن السعة الحرارة النوعية يلغي بعضها بعضًا.

$$T_f = \frac{(m_A T_{Ai} + m_B T_{Bi})}{(m_A + m_B)}$$

$$= \frac{(2.00\ kg)(100.0°C) + (4.00\ kg)(0.0°C)}{(2.00\ kg + 4.00\ kg)}$$

$$= 33°C$$

8. سُخّنت حدوة حصان كتلتها 220 g إلى 825 °C ثم غمست في دلو مملوء بـ 20.0 kg من الماء عند درجة حرارة 25.0 °C. ما درجة حرارة الماء النهائية عند الاتزان؟ مع افتراض أنّه ليس هناك طاقة قد انتقلت إلى المحيط الخارجي.



$$m_A C_A (T_f - T_{Ai}) + m_B C_B (T_f - T_{Bi}) = 0$$

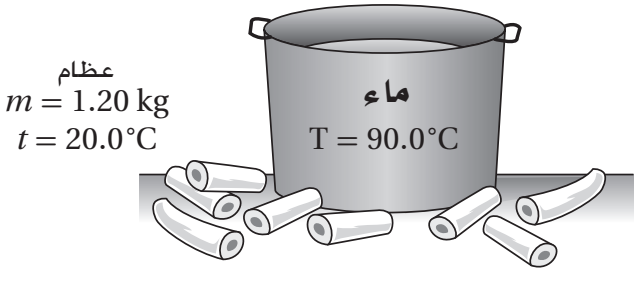
$$T_f = \frac{(m_A C_A T_{Ai} + m_B C_B T_{Bi})}{(m_A C_A + m_B C_B)}$$

$$= \frac{(0.22\ kg)(450\ J/kg.K)(825°C) + (20.0\ kg)(4180\ J/kg.K)(25.0°C)}{(0.22\ kg)(450\ J/kg.K) + (20.0\ kg)(4180\ J/kg.K)}$$

$$= 26°C$$

9. أراد طالب إيجاد السعة الحرارية النوعية للعظام، فأحضر 1.20 kg من عظام خروف وأضافها إلى 12.5 kg من الماء الساخن، وكانت درجة حرارة العظام 20 °C، أما درجة حرارة الماء الساخن فكانت 90. °C. إذا كانت السعة الحرارية النوعية للماء 4180 J /kg. K، ومع افتراض أنّه لا توجد حرارة مفقودة إلى المحيط الخارجي، فما السعة الحرارية النوعية للعظام إذا كانت درجة حرارة الاتزان هي 87.2 °C؟

باعتبار A ترمز إلى العظام، وB إلى الماء.



$$m_A C_A (T_f - T_{Ai}) + m_B C_B (T_f - T_{Bi}) = 0$$

$$C_A = -\frac{m_B C_B (T_f - T_{Bi})}{m_A (T_f - T_{Ai})}$$

$$= -\frac{(12.5\text{ kg})(4180\text{ J/kg.K})(87.2°\text{C}-90.0°\text{C})}{(1.20\text{ kg})(87.2°\text{C}-20.0°\text{C})}$$

$$= 1.81\times10^3\text{ J/kg.K}$$

10. وضعت أسطوانة نحاسية كتلتها 150.0 g ودرجة حرارتها 425 °C في قالب ثلج كبير درجة حرارته 0.00 °C. فما كتلة الجليد التي ستنصهر، مع افتراض أنّه ليس هناك فقدان في الطاقة إلى المحيط الخارجي.

تأتي الحرارة التي ستصهر الجليد من تبريد النحاس

$$Q = mC\Delta T$$

وتعمل هذه الكمية من الطاقة على صهر الجليد، لذا فإن

$$Q = m_{\text{جليد}}\, H_f$$

$$m_{\text{جليد}} = \frac{Q}{H_f} = \frac{mC\Delta T}{H_f}$$

$$= \frac{(0.1500\text{ kg})(385\text{ J/kg.°C})(425°\text{C}-0.00°\text{C})}{(3.34\times10^5\text{ J/kg})}$$

كتلة الجليد التي ستنصهر $= 0.0735\text{ kg}$

11. ما مقدار الطاقة اللازمة لصهر أونصة واحدة من الذهب (31.1 g) عند درجة انصهاره؟

$$Q = mH_f$$

$$= (0.0311\text{ kg})(6.30\times10^4\text{ J/kg})$$

$$= 1.96\times10^3\text{ J}$$

12. سكب فنان 1.00 cm^3 من الذهب السائل والذي درجة حرارته 1064 °C ببطء في قالب جليد كبير درجة حرارته 0.00 °C محاولاً صنع شكل مدهش بالذهب الذي كثافته 19.3 g/cm^3، وسعته الحرارية النوعية 128 J/kg.K. ما كتلة الجليد الذي سينصهر بعد أن يبرد الذهب جميعه وتصبح درجة حرارته 0.00 °C؟

تأتي الحرارة التي ستصهر الجليد من الطاقة المنطلقة عند تجمد الذهب، ومن الطاقة المنطلقة عندما يبرد الذهب من درجة انصهاره إلى أن تصبح درجة حرارته تساوي 0.00°C.

$$Q_{\text{كلية}} = Q_{\text{تجمد}} + Q_{\text{تبريد}}$$

$$Q_{\text{تجمد}} = mH_f$$

$$= (0.0193\text{ kg/cm}^3)(1.00\text{ cm}^3)$$

$$(6.30\times10^4\text{ J/kg})$$

$$= 1216\text{ J}$$

$$Q_{\text{تبريد}} = mC\Delta T$$

$$= (0.0193\text{ kg/cm}^3)(1.00\text{ cm}^3)$$

$$(128\text{ J/kg.°C})$$

$$(1064°\text{C} - 0.00°\text{C})$$

$$= 2628\text{ J}$$

$$Q_{\text{كلية}} = 1216\text{ J} + 2628\text{ J} = 3844\text{ J}$$

$$Q_{\text{تجمد}} = mH_f$$

$$m = \frac{Q_{\text{تجمد}}}{H_f}$$

$$= \frac{3844\text{ J}}{3.34\times10^5\text{ J/kg}} = 1.15\times10^{-2}\text{ kg}$$

13. تحتوي أسطوانة على 1.00 g من الماء بدرجة الغليان. سُخن الماء إلى أن تحوّل كله إلى بخار، ودفع البخار المتمدد مكبسًا مسافة 0.365 m. إذا كان هناك قوة احتكاك مقدارها 215 N تؤثر في عكس اتجاه حركة المكبس فما مقدار التغير في الطاقة الحرارية للماء؟

$$\Delta U = Q - W$$

$$Q = mH_v$$

$$= (1.00\times10^{-3}\text{ kg})(2.26\times10^6\text{ J/kg})$$

$$= 2.26\times10^3\text{ J}$$

$$W = Fd = (215\text{ N})(0.365\text{ m}) = 78.5\text{ J}$$

$$\Delta U = Q - W$$

$$= 2.25\times10^3\text{ J} - 78.5\text{ J}$$

$$= 2.18\times10^3\text{ J}$$

14. ما مقدار التغير في درجة حرارة ماء بعد سقوطه من شلال ارتفاعه 50.0 m؟ افترض أنّ الماء كان ساكنًا قبل سقوطه وبعد وصوله قاع الشلال مباشرة.

$$\Delta U = Q - W$$

$$\Delta U = 0$$

و

$$W = \Delta KE = PE = mgh$$

$$Q = mC\Delta T$$

لذا فإن

$$mC\Delta T = mgh$$

$$\Delta T = \frac{gh}{C} = \frac{(9.80\ m/s^2)(50.0\ m)}{(4180\ J/kg.K)}$$

$$= 0.117\ K$$

15. احتكـت طوبتان مصنوعتـان من الرصاص كتلة كل واحدة منهما 6.35 kg ، إذا استمر احتكاكهما إلى أن ارتفعت درجتا حرارتهما 1.50 K فما مقدار الشغل المبذول على الطوبتين؟

$$\Delta U = Q - W$$

و

$$\Delta U = 0$$

$$W = Q = mC\Delta T$$

$$= (12.70\ kg)(130\ J/kg)(1.50\ K)$$

$$= 2500\ J$$

الفصل السادس

1. استخدم **الجدول 1–6** لتقدير مقدار الضغط بوحدة (atm) الواقع على متسلق يقف على قمة جبل إفرست. وهـل هـذا الضغط أكبـر أم أقل من نصـف الضغط الجوي المعياري (1.0 atm)؟

$$(3\times10^4\ Pa)\left(\frac{1.0\ atm}{1.0\times10^5\ Pa}\right) = 0.3\ atm$$

وهذا أقل من نصف الضغط الجوي المعياري.

2. ترتدي امرأة كتلتها 45 kg حذاءً له كعب عال بحيث يستند كل وزنها على الكعبين. إذا كانت مساحة كل كعـب $1.2\ cm^2$ فمـا مقـدار الضغط الـذي تؤثر به المرأة في الأرض؟

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

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

$$= \left(\frac{(45\ kg)(9.80\ m/s^2)}{(2)\ (1.2\ cm^2)}\right)\left(\frac{100\ cm}{1\ m}\right)^2$$

$$= 1.8\times10^3\ kPa$$

3. طوبة أبعادها: $20.0\ cm \times 10.0\ cm \times 5.0\ cm$، ووزنها يساوي 20.0 N. ما مقدار الضغط الذي تؤثر به الطوبة عندمـا توضع على جانبها الأصغر مقارنةً بالضغط الذي تؤثر به عندما توضع على جانبها الأكبر؟

$$P_{\text{الأصغر}} = \frac{F}{A_{\text{الأصغر}}}$$

$$= \left(\frac{20.0\ N}{(10.0\ cm)(5.0\ cm)}\right)\left(\frac{100\ cm}{1\ m}\right)^2$$

$$= 4.0\times10^3\ Pa$$

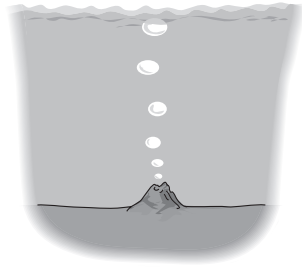
$$P_{\text{الأكبر}} = \frac{F}{A_{\text{الأكبر}}}$$

$$= \left(\frac{20.0\ N}{(20.0\ cm)(10.0\ cm)}\right)\left(\frac{100\ cm}{1\ m}\right)^2$$

$$= 1.00\times10^3\ Pa$$

يكون الضغط أكبر أربع مرات عندما توضع الطوبة على جانبها الأصغر.

4. ترتفع فقاعة غاز حجمها $1.20\ cm^3$ من تحت الماء كما هو موضح في الشكل أدناه، وفي أثناء ارتفاعها إلى السطح ازدادت درجة حرارتها من $27\ ^\circ C$ إلى $54\ ^\circ C$، وانخفض الضغط إلى ثلث قيمته الابتدائية. فما حجم الفقاعة عندما تصل إلى سطح الماء؟



$$T_1 = 27^\circ C + 273 = 300\ K$$

$$T_2 = 54^\circ C + 273 = 327\ K$$

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

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

$$= \frac{P_1\,(1.20\ cm^3)(327\ K)}{(300\ K)\left(\frac{1}{3}\right)P_1}$$

$$= 3.9\ cm^3$$

5. تُشغل عينة من غاز الإيثان حيزًا حجمه $1.2\times10^{-2}\ m^3$ عند $46^\circ C$ و$2.4\times10^5\ Pa$. ما عدد مولات الإيثان الموجودة في العينة؟ وما مقدار كتلة العينة؟ علمًا بأن الكتلة المولية لغاز الإيثان $= 30.1\ g/mol$.

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

$$= \frac{(2.4\times10^5\ Pa)(1.2\times10^{-2}\ m^3)}{(8.31\ Pa.m^3/mol.K)(319\ K)}$$

$$= 1.1 \text{ مول من الإيثان}$$

$$m = Mn$$

$$= (30.1\ g/mol)(1.1\ mol)$$

$$= 33\ g$$

6. الثابت R يساوي $8.31\ Pa.m^3/mol.K$ كما تم تعرُّفه في قانون الغاز المثالي في هذا الفصل. ويشغل مول واحد من الغاز المثالي حيزًا حجمه $22.4\ L$ عند درجة الحرارة والضغط المعياريين، والمعرّفين عند $0.00\ ^\circ C$ و $1.00\ atm$. أوجد قيمة الثابت R بوحدة $L.atm/mol.K$، من خلال المعطيات السابقة.

$$R = \frac{PV}{nT}$$

$$= \frac{(1.00\ atm)(22.4\ L)}{(1\ mol)(273\ K)}$$

$$= 0.0821\ L.atm/mol.K$$

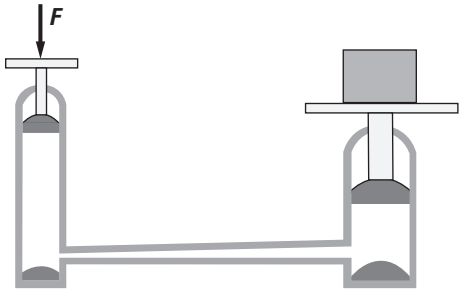
7. افترض أنّ لديك مكبسين أسطوانيين متصلين معًا، فأثبت أنّ النسبة بين القوتين المؤثرتين تتناسب طرديًّا مع مربع نصفي قطر المقطعين العرضيين لسطحيهما الدائريين.

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

$$\frac{F_1}{\pi r_1^2} = \frac{F_2}{\pi r_2^2}$$

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{r_1^2}{r_2^2}$$ **تناسب طردي**

8. إذا كانت نسبة مساحة المقطع العرضي للمكبسين في النظام الموضح أدناه هي 25 إلى 1، وكانت القوة القصوى التي يمكن تطبيقها على المكبس الصغير 12 N، فما أكبر وزن يمكن أن يرفعه هذا المكبس؟



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

$$= \frac{(12\ N)(25)}{1}$$

$$= 3.0\times10^2\ N$$

9. تستقرّ سيارة كتلتها $1.35\times10^3\ kg$، على مكبس هيدروليكي كبير مساحة سطحه $1.23\ m^2$ ومتصل بمكبس صغير مساحة سطحه $144\ cm^2$. ما وزن السيارة؟ وكم يجب أن تكون القوة التي يؤثر بها الميكانيكي في المكبس الصغير حتى يرفع السيارة؟

$$F_g = mg = (1.35\times10^3\ kg)(9.80\ m/s^2)$$

$$= 1.32\times10^4\ N$$

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

$$= \frac{(mgA_2)}{A_1}$$

$$= \frac{(1.35\times10^3\ kg)(9.80\ m/s^2)(1.44\times10^{-2}\ m^2)}{(1.23\ m^2)}$$

$$= 155\ N$$

10. على أيّ عمق في الماء العذب يؤثر الماء في غواص بضغط مقداره $1.00\ atm$، حيث $1\ atm = 1.013\times10^5\ Pa$؟

$$P = \rho g h$$

$$h = \frac{P}{(\rho g)}$$

$$= \frac{1.013\times10^5\ N/m^2}{(1.00\times10^3\ kg/m^3)(9.80\ m/s^2)}$$

$$= 10.3\ m$$

11. يطفو جبل جليدي على سطح البحر، حيث يكون جزء منه تحت مستوى سطح الماء والآخر مكشوفًا (فوق سطح الماء). أثبت أنَّ قيمة $\frac{V_{\text{المغمور}}}{V_{\text{الكلي}}}$ تساوي $\frac{\rho_{\text{الجليد}}}{\rho_{\text{ماء البحر}}}$. ما نسبة الجزء المكشوف من الجبل الجليدي، علمًا بأن كثافة ماء البحر $1.03\times10^3\ kg/m^3$، وكثافة الجليد $0.92\times10^3\ kg/m^3$؟

لما كان الجليد يطفو فإن

$$F_{\text{الطفو}} = F_g$$

$$\rho_{\text{ماء البحر}} V_{\text{المغمور}} g = \rho_{\text{جليد}} V_{\text{الكلي}} g$$

$$\frac{V_{\text{المغمور}}}{V_{\text{الكلي}}} = \frac{\rho_{\text{الجليد}}}{\rho_{\text{ماء البحر}}}$$

وهذه نتيجه عامة للأجسام الطافية

$$\frac{\rho_{\text{الجليد}}}{\rho_{\text{ماء البحر}}} = \frac{(0.92\times10^3\ kg/m^3)}{(1.03\times10^3\ kg/m^3)}$$

$$= 0.89$$

لذا فإن 89 % من الجبل الجليدي مغمور و 11 % منه مكشوف أو طافٍ.

12. طوبة أسمنتية معامل تمددها الحجمي $\beta = 36\times10^{-6}\ °C^{-1}$ وحجمها $0.035\ m^3$ ودرجة حرارتها $30.0\ °C$. تمّ تبريدها لتصبح درجة حرارتها $-10.0\ °C$. ما مقدار التغير في حجمها؟

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

$$= (36\times10^{-6}\ °C^{-1})(0.035\ m^3)(-10.0\ °C - 30.0°C)$$

$$= -5.0\times10^{-5}\ m^3$$

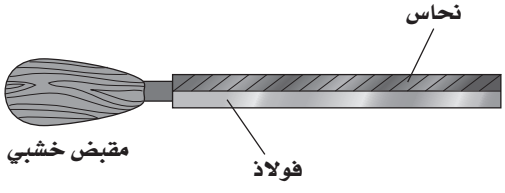
13. استخدمت مرآة زجاجية في تلسكوب موضوع على قمة جبل، وكانت تلك المرآة تتعرض لدرجات حرارة تتراوح بين $-15\ °C$ و$45\ °C$. إذا كان قطر المرآة عند درجة الحرارة الدنيا $5.1\ m$ وكان معامل التمدد الطولي لزجاجها $3.0\times10^{-6}\ °C^{-1}$ فما أكبر تغير في قطر المرآة عندما تخضع للتمدد الحراري؟

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

$$= (3.0\times10^{-6}\ °C^{-1})(5.1\ m)\big(45\ °C - (-15\ °C)\big)$$

$$= 9.2\times10^{-4}\ m$$

14. يتكوّن شريط ثنائي الفلز من قطعة نحاس معامل تمددها الطولي $\alpha = 16\times10^{-6}\ °C^{-1}$ وقطعة فولاذ معامل تمددها الطولي $\alpha = 8\times10^{-6}\ °C^{-1}$ وكانت القطعتان بالطول نفسه عند درجة حرارة الغرفة.



a. عندما يسخن الشريط فما نسبة التغير في طول النحاس إلى طول الفولاذ؟

$$\frac{\Delta L_{\text{نحاس}}}{\Delta L_{\text{فولاذ}}} = \frac{\alpha_{\text{نحاس}} L_1 \Delta T}{\alpha_{\text{فولاذ}} L_1 \Delta T}$$

$$= \frac{\alpha_{\text{نحاس}}}{\alpha_{\text{فولاذ}}}$$

$$= \frac{(16\times 10^{-6}\ °C^{-1})}{(8\times 10^{-6}\ °C^{-1})} = \frac{2}{1}$$

b. كيف ينحني الشريط عندما يسخن إلى درجة حرارة أعلى من درجة حرارة الغرفة، وعندما يُبرّد إلى أقل من درجة حرارة الغرفة؟

عندما يسخن الشريط الثنائي الفلز ينحني بحيث يكون النحاس على السطح الخارجي للمنحنى، وعندما يبرد ينحني في الاتجاه العكسي، حيث يكون النحاس في الجزء الداخلي للمنحنى.

15. حجم كرة رصاص مربوطة كثقل بصنارة صيد $1.40\times10^{-5}\ m^3$. إذا كانت كثافة الرصاص $1.2\times10^4\ kg/m^3$ فما الوزن الظاهري للثقل (كرة الرصاص) عندما يغطس في الماء العذب؟ وهل الوزن الظاهري للثقل عندما يغطس في ماء البحر أكبر من وزنه الظاهري عندما يغطس في الماء العذب أم أقل منه؟ وضّح إجابتك، علمًا بأن كثافة ماء البحر أكبر قليلاً من كثافة الماء العذب.

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

$$= \rho_{\text{الرصاص}} gV - \rho_{\text{الماء}} gV$$

$$= gV(\rho_{\text{الرصاص}} - \rho_{\text{الماء}})$$

$$= (9.80\ m/s^2)(1.40\times10^{-5}\ m^3)$$

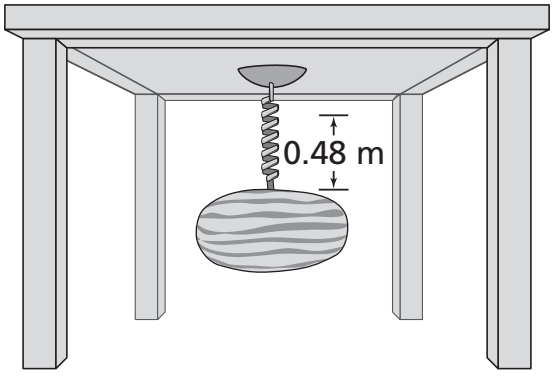
$$(1.2\times10^4\ kg/m^3 - 1.00\times10^3\ kg/m^3)$$

$$= 1.5\ N$$

تكون قوة الطفو أكبر قليلًا في ماء البحر، وذلك لأن كثافته أكبر. لذا فإن الوزن الظاهري للثقل وهو مغمور في ماء البحر يكون أصغر قليلاً مما لو كان مغمورًا في الماء العذب.

الفصل السابع

1. ما كتلة البطيخة الموضحة في الشكل أدناه، إذا كان ثابت النابض يساوي 128 N/m؟



$$F = kx = mg$$

$$m = \frac{kx}{g} = \frac{(128\ N/m)(0.48\ m)}{(9.80\ m/s^2)}$$

$$= 6.3\ kg$$

2. ما مقدار استطالة نابض معلّق رأسيًّا عند تعليق صندوق كتلته 2.6 kg في نهايته إذا كان ثابت النابض له يساوي 89 N/m؟

$$F = kx = mg$$

$$x = \frac{mg}{k} = \frac{(2.6\ kg)(9.80\ m/s^2)}{(89\ N/m)}$$

$$= 0.29\ m$$

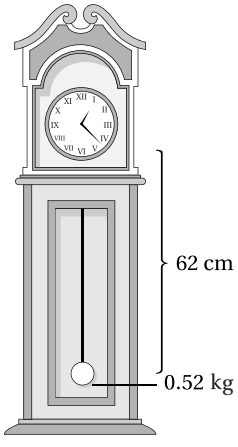
$$= 29\ cm \quad \text{أو}$$

3. ما مقدار طاقة الوضع المرونية لنابض عندما يستطيل 18 cm إذا كان ثابت النابض له يساوي 54 N/m؟

$$PE_{sp} = \frac{1}{2} kx^2 = \frac{1}{2} (54\ N/m)\ (0.18\ m)^2$$

$$= 0.87\ J$$

4. ما الزمن الدوري لبندول الساعة المبينة في الشكل أدناه؟



$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

$$= 2\pi\sqrt{\frac{(0.62\ \text{m})}{(9.80\ \text{m/s}^2)}}$$

$$= 1.6\ \text{s}$$

5. إذا كان الزمن الدوري لبندول ساعة 0.95 s فكم يجب أن يزيد طول البندول حتى يكون الزمن الدوري له 1.0 s؟

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

$$l = \frac{gT^2}{4\pi^2}$$

$$l_2 - l_1 = \frac{g}{4\pi^2}(T_2^2 - T_1^2)$$

$$= \left(\frac{9.80\ \text{m/s}^2}{4\pi^2}\right)((1.0\ \text{s}^2 - (0.95\ \text{s})^2)$$

$$= 0.024\ \text{m} = 2.4\ \text{cm}$$

يجب أن يزيد طول البندول 2.4 cm.

6. ما طول بندول زمنه الدوري 89.4 ms؟

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

$$l = \frac{gT^2}{4\pi^2} = \frac{(9.80\ \text{m/s}^2)(89.4\times10^{-3}\ \text{s})^2}{4\pi^2}$$

$$= 1.98\times10^{-3}\ \text{m}$$

$$= 1.98\ \text{mm}$$

7. يقطع عمر شجرة في أرض جرداء مكشوفة (لا شجر أو حواجز فيها)، وكان أسامة يقف على الطرف الآخر للأرض، فيرى الفأس ينزل ويضرب الشجرة، ويسمع صوت الضربة بعد 1.5 s. فما عرض هذه الأرض؟

$$d = vt$$

$$= (343\ \text{m/s})(1.5\ \text{s}) = 5.1\times10^2\ \text{m}$$

8. ضرب يوسف وترًا في المختبر فنتجت نغمة ترددها 256 Hz.

a. ما الطول الموجي لتلك النغمة إذا كانت سرعة الصوت في المختبر 340 m/s؟

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{(340\ \text{m/s})}{(256\ \text{Hz})} = 1.3\ \text{m}$$

b. ما مقدار الزمن الدوري للموجة (النغمة)؟

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{256\ \text{Hz}}$$

$$= 0.00391\ \text{s}\ \text{أو}\ 3.91\ \text{ms}$$

9. يقف محمد على رصيف حاجز لأمواج البحر ولاحظ أنّ هناك موجة واحدة تمر كل 4.2 s. وكانت المسافة بين القمم 12.3 m.

a. ما تردد الموجة؟

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{4.2\ \text{s}}$$

$$= 0.24\ \text{Hz}$$

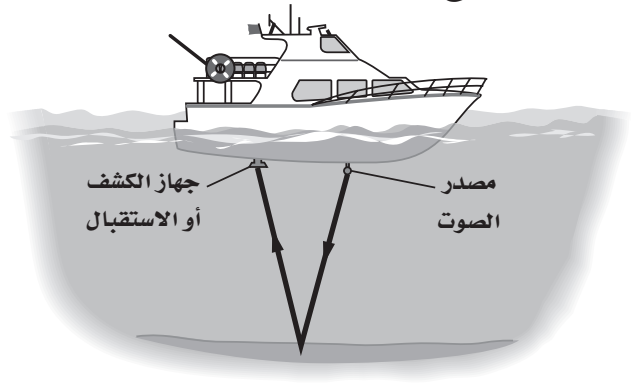
b. ما سرعة الموجة؟

$$v = \lambda f = \lambda\left(\frac{1}{T}\right) = (12.3\ \text{m})\left(\frac{1}{4.2\ \text{s}}\right)$$

$$= 2.9\ \text{m/s}$$

الفصل الثامن

1. استخدمت الموجات الصوتية لتحديد عمق بحيرة عذبة، كما هو موضح في الشكل أدناه. فإذا كانت درجة حرارة الماء 25 °C، واستغرق الصدى 1.2 s حتى يرجع إلى جهاز الاستقبال، فما عمق البحيرة؟



$$\text{العمق} = vt = (1493\ \text{m/s})\left(\frac{1.2\ \text{s}}{2}\right) = 9.0\times10^{2}\ \text{m}$$

2. أوجد الطول الموجي لموجة ترددها 8300 Hz في النحاس.

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{(3560\ \text{m/s})}{(8300\ \text{Hz})} = 0.43\ \text{m}$$

3. تقف سارة على بعد 58.2 m من نجوى. فإذا نادتها نجوى، فما الزمن المستغرق حتى تسمعها سارة، علمًا بأنَّ سرعة الصوت 343 m/s؟

$$t = \frac{d}{v} = \frac{(58.2\ \text{m})}{(343\ \text{m/s})} = 0.170\ \text{s}$$

4. إذا كان تردد صوت محرك دراجة نارية 85 Hz، وكانت الدراجة تتحرك بسرعة 29.6 m/s في اتجاه مراقب ساكن، فما التردد الذي سيسمعه المراقب، علمًا بأنّ سرعة الصوت 343 m/s؟

$$v_d = 0 \text{ و } f_d = f_s\left(\frac{v - v_d}{v - v_s}\right)$$

لذا فإن

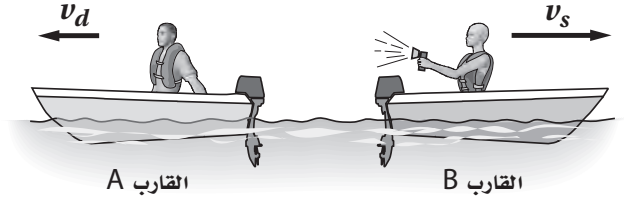
$$f_d = f_s\left(\frac{1}{1 - \frac{v_s}{v}}\right) = (85\ \text{Hz})\left(\frac{1}{1 - \frac{29.6\ \text{m/s}}{343\ \text{m/s}}}\right) = 93\ \text{Hz}$$

5. إذا كانت سرعة موجة في وتر طوله 78 cm معروفة على أنّها تساوي 370 m/s، فما مقدار التردد الأساسي؟

$$\lambda_1 = 2L = (2)(0.78\ \text{m}) = 1.56\ \text{m}$$

$$f_1 = \frac{v}{2L} = \frac{370\ \text{m/s}}{1.56\ \text{m}} = 240\ \text{Hz}$$

6. يتحرك القارب A بسرعة 4.6 m/s، ويبتعد القارب B عن القارب A بسرعة 9.2 m/s، كما هو موضح في الشكل أدناه. إذا أطلق قبطان القارب B صوتًا منبهًا من بوق بتردد 550 Hz، فما التردد الذي سيسمعه قبطان القارب A؟ علمًا بأنّ سرعة الصوت 343 m/s.



$$f_d = f_s\left(\frac{v - v_d}{v - v_s}\right) = (550\ \text{Hz})\left(\frac{343\ \text{m/s} - 4.6\ \text{m/s}}{343\ \text{m/s} - (-9.2\ \text{m/s})}\right) = 5.3\times10^{2}\ \text{Hz}$$

7. تتحرك غواصة في اتجاه كاشف صوت ثابت. فإذا أطلقت الغواصة صوتًا بتردد 260 Hz، فاستقبله الكاشف بتردد 262 Hz فما سرعة حركة الغواصة، علمًا بأنَّ سرعة الصوت في ماء البحر 1533 m/s؟

$$f_d = f_s\left(\frac{v - v_d}{v - v_s}\right)$$

$$v_d = 0 \text{ و}$$

لذا فإن

$$v - v_s = \frac{f_s v}{f_d}$$

$$v_s = v\left(1 - \frac{f_s}{f_d}\right)$$

$$= (1533\ \text{m/s})\left(1-\frac{260\ \text{Hz}}{262\ \text{Hz}}\right)$$

$$= 12\ \text{m/s}$$

8. وضعت شوكة رنانة فوق أنبوب طرفه الآخر مغمور في الماء. إذا حدث للأنبوب رنين عند الطولين 15 cm و 35 cm، فما تردد الشوكة الرنانة، علمًا بأنَّ سرعة الصوت 343 m/s؟

الأنبوب المغلق:

$$\lambda = 2(L_B - L_A)$$

$$= (2)(0.35\ \text{m} - 0.15\ \text{m}) = 0.40\ \text{m}$$

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{343\ \text{m/s}}{0.40\ \text{m}}$$

$$= 8.6\times10^2\ \text{Hz}$$

9. وضعت شوكة رنانة ترددها 350 Hz فوق أنبوب طرفه الآخر مغمور في الماء. فما الفواصل بين أوضاع الرنين للأنبوب إذا كانت سرعة الصوت 348 m/s؟

$$\lambda = \frac{v}{f}$$

و

$$L_B - L_A = \frac{\lambda}{2}$$ **للأنبوب المغلق**

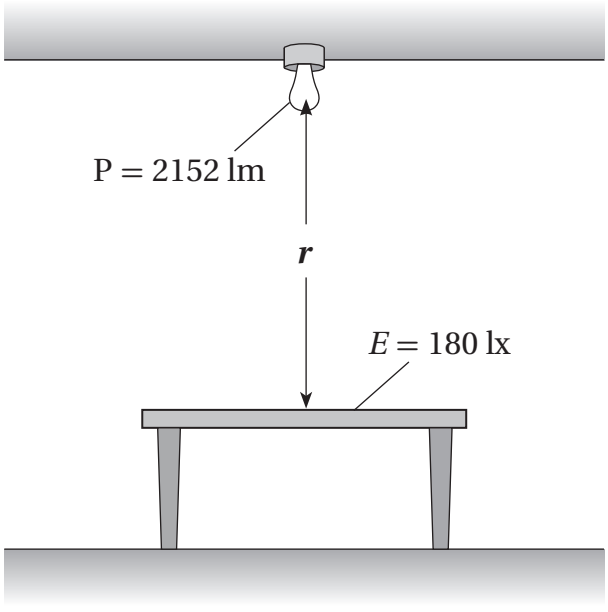
لذا فإن

$$L_B - L_A = \frac{v}{2f} = \frac{348\ \text{m/s}}{(2)(350\ \text{Hz})}$$

$$= 0.50\ \text{m}$$

الفصل التاسع

1. ما المسافة r الفاصلة بين المصباح الكهربائي والطاولة في الشكل أدناه؟



$$E = \frac{P}{4\pi r^2}$$

$$r = \sqrt{\frac{P}{4\pi E}} = \sqrt{\frac{2152\ \text{lm}}{4\pi(180\ \text{lx})}} = 0.98\ \text{m}$$

2. ما التدفق الضوئي لمصباح كهربائي يدوي تكون استضاءته على سطح الماء 145 lx، وذلك عندما يرتفع المصباح مسافة 0.5 m فوق سطح الماء؟

$$E = \frac{P}{4\pi r^2}$$

$$P = 4\pi r^2 E = 4\pi\ (0.50\ \text{m})^2\ (145\ \text{lx})$$

$$= 4.6\times10^2\ \text{lm}$$

3. ثُبتت ثُريّا تحتوي على ثلاثة مصابيح كهربائية بالسقف، وكان التدفق الضوئي لكل مصباح 1892 lm. إذا ثُبتت الثريَّا على ارتفاع 1.8 m فوق أرضية الغرفة فما مقدار الاستضاءة على هذه الأرضية؟

$$E = \frac{P}{4\pi r^2} = \frac{(3)(1892\ \text{lm})}{4\pi\ (1.8\ \text{m})^2} = 1.4\times10^2\ \text{lx}$$

4. ما الطول الموجي في الهواء لضوء تردده $4.6\times10^{14}\ \text{Hz}$؟

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{(3.00\times10^{8}\ \text{m/s})}{(4.6\times10^{14}\ \text{Hz})}$$
$$= 6.5\times10^{-7}\ \text{m} = 650\ \text{nm}$$

5. تتحرك ذرة هيليوم في مجرة بسرعة $4.89\times10^{6}\ \text{m/s}$ مبتعدة عن الأرض. لاحظ فلكي على الأرض أنَّ التردد المنبعث من ذرة الهيليوم يساوي $6.52\times10^{14}\ \text{Hz}$، فما التردد الأصلي للضوء المنبعث منها؟

$$f_{\text{المراقب}} = f\left(1 \pm \frac{v}{c}\right)$$

يتحرك كل منهما مبتعدًا عن الآخر، لذا استخدم المعادلة بصيغة الإشارة السالبة

$$f_{\text{المراقب}} = f\left(1 - \frac{v}{c}\right)$$
$$(6.52\times10^{14}\ \text{Hz}) = f\left(1 - \frac{4.89\times10^{6}\ \text{m/s}}{3.00\times10^{8}\ \text{m/s}}\right)$$
$$= f\,(0.984)$$
$$f = 6.63\times10^{14}\ \text{Hz}$$

6. شاهد فلكي جزيئًا في مجرة يتحرك نحو الأرض وينبعث منه ضوء طوله الموجي 514 nm. إذا طابق الفلكي الجزيء مع آخر يبعث في الحقيقة ضوءًا بطول موجي مقداره 525 nm. فما السرعة المتجهة لحركة المجرة؟

$$\Delta\lambda = \lambda_{\text{المراقب}} - \lambda$$
$$= 5.14\times10^{-7}\ \text{m} - 5.25\times10^{-7}\ \text{m}$$
$$\Delta\lambda = -\frac{v}{c}\lambda$$
$$v = -c\left(\frac{\Delta\lambda}{\lambda}\right)$$
$$= -(3.00\times10^{8}\ \text{m/s})\ \frac{(5.14\times10^{-7}\ \text{m} - 5.25\times10^{-7}\ \text{m})}{(5.25\times10^{-7}\ \text{m})}$$
$$= 6.29\times10^{6}\ \text{m/s}$$

الفصل العاشر

1. ينعكس شعاع ضوء عن مرآة مستوية بزاوية مقدارها 25° بالنسبة إلى العمود المقام. وينعكس شعاع ضوء آخر من مصدر آخر بزاوية مقدارها 54° بالنسبة إلى العمود المقام، فما الفرق بين زوايتي الأشعة الساقطة من مصدري الضوء؟

$$\text{الفرق} = 54° - 25°$$
$$= 29°$$

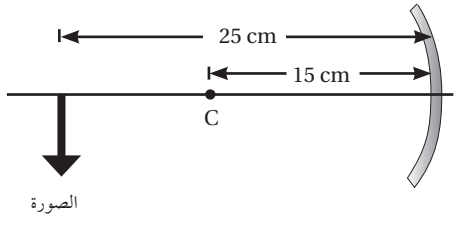
2. ينعكس شعاع ضوء عن مرآة مستوية، كما هو موضح في الشكل أدناه. ما مقدار زاوية الانعكاس؟

$$\theta_i = 90° - \text{(الزاوية بين الشعاع والمرآة)}$$
$$= 90° - 13° = 77°$$
$$\theta_r = \theta_i$$
$$= 77°$$

3. إذا كانت الزاوية بين الشعاع الساقط والشعاع المنعكس 70.0°، فما مقدار زاوية الانعكاس؟

$$\theta_r = \theta_i$$
$$= \frac{70.0°}{2}$$
$$= 35.0°$$

4. تنتج مرآة مقعرة صورة، كما هو موضح في الشكل أدناه. فما موقع الجسم؟



$$f = \frac{r}{2}$$

$$f = \frac{15\text{ cm}}{2}$$
$$= 7.5\text{ cm}$$
$$d_o = \frac{fd_i}{d_i - f}$$
$$= \frac{(7.5\text{ cm})(25\text{ cm})}{25\text{ cm} - 7.5\text{ cm}}$$
$$= 1.0 \times 10^1\text{ cm}$$

5. ما تكبير الصورة في المسألة السابقة؟

$$m = \frac{-d_i}{d_o}$$
$$= \frac{-25\text{ cm}}{11\text{ cm}}$$
$$= -2.3$$

6. إذا كان طول الجسم في المسألة رقم 4 يساوي 3.5 cm، فما طول الصورة المتكونة؟

$$m = \frac{h_i}{h_o}$$
$$h_i = mh_o$$
$$= (-2.3)(3.5\text{ cm})$$
$$= -8.2\text{ cm}$$

طول الصورة يساوي 8.2 cm. والإشارة السالبة تشير إلى أن الصورة مقلوبة.

7. إذا وضع جسم طوله 6.2 m على بعد 2.3 m من مرآة محدبة بعدها البؤري 0.8 m−، فما تكبير الصورة؟

$$d_i = \frac{fd_o}{d_o - f}$$
$$= \frac{(-0.8\text{ m})(2.3\text{ m})}{2.3 - (-0.8\text{ m})}$$
$$= -0.6\text{ m}$$
$$m = \frac{-d_i}{d_o}$$
$$= \frac{-(-0.6\text{ m})}{(2.3\text{ m})}$$
$$= 0.3$$

8. ما طول الصورة في المسألة السابقة؟

$$m = \frac{h_i}{h_o}$$
$$h_i = mh_o$$
$$= (0.3)(6.2\text{ m})$$
$$= 2\text{ m}$$

9. وضعت كرة على بعد 6.5 m من مرآة محدبة فكان تكبير الصورة 0.75. إذا كان قطر صورة الكرة 0.25 m، فما قطر الكرة في الحقيقة؟

$$m = \frac{h_i}{h_o}$$

يمكن استخدام المتغير h لأي بُعد في المرايا المستوية والكروية، وفي هذه المسألة يمثل المتغير h_o قطر الكرة.

$$h_o = \frac{h_i}{m}$$
$$= \frac{0.25\text{ m}}{0.75}$$
$$= 0.33\text{ m}$$

الفصل الحادي عشر

1. وضعـت قطعة من الزجـاج الصوّاني فوق وعاء من الماء (انظر الشكل أدناه). إذا سقط شعاع من الضوء الأحمر في الهواء على قطعة الزجاج بزاوية 28°، فما مقدار زاوية الانكسار في قطعة الزجاج الصوّاني؟

$$n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$$
$$\theta_2 = \sin^{-1}\left(\frac{n_1 \sin\theta_1}{n_2}\right)$$
$$= \sin^{-1}\left(\frac{(1.0003)(\sin 28°)}{1.62}\right)$$
$$= 17°$$

2. إذا كانت زاوية الانكسار في الزجاج في المسألة السابقة تساوي 22°، فما مقدار زاوية الانكسار في الماء؟

$$n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$$
$$\theta_2 = \sin^{-1}\left(\frac{n_1 \sin\theta_1}{n_2}\right)$$
$$= \sin^{-1}\left(\frac{(1.62)(\sin 22°)}{(1.33)}\right)$$
$$= 27°$$

3. عندما يسـقط شـعاع الضوء في المسألة 1 من الماء ليختـرق الزجـاج، فمـا أكبر زاوية سـقوط في الماء ينفذ معها الضوء إلى الهواء الموجود فوق الزجاج؟
تلميح: استخدم زاوية الانكسار في الهواء على أنها 90°.

سيحدث ذلك عندما يكون مقدار زاوية انكسار الشعاع في الهواء 90°.

استعمل

$$\theta_2 = 89.9°$$
$$n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$$

عند الحد الفاصل بين الزجاج الصوّاني والهواء:

$$\theta_1 = \sin^{-1}\left(\frac{n_2 \sin\theta_2}{n_1}\right)$$
$$= \sin^{-1}\left(\frac{(1.0003)(\sin 89.9°)}{(1.62)}\right)$$
$$= 38.1°$$

عند الحد الفاصل بين الماء والزجاج الصوّاني:

$$\theta_1 = \sin^{-1}\left(\frac{n_2 \sin\theta_2}{n_1}\right)$$
$$= \sin^{-1}\left(\frac{(1.62)(\sin 38.1°)}{1.33}\right)$$
$$= 48.7°$$

4. إذا وضع جسم على بعد 24 cm من عدسة محدبة فتكوّن له صورة حقيقية على بعد 13 cm من العدسة، فما البعد البؤري للعدسة؟

$$f = \frac{(d_i d_o)}{(d_i + d_o)} = \frac{(13\text{ cm})(24\text{ cm})}{(13\text{ cm}+24\text{ cm})}$$
$$= 8.4\text{ cm}$$

5. إذا وضـع جسـم طوله 5.0 cm علـى بعد 16 cm من عدسة محدبة بعدها البؤري 8.4 cm، فما طول الصورة، وما اتجاهها؟

$$d_i = \frac{f d_o}{d_o - f}$$
$$= \frac{(8.4\text{ cm})(16\text{ cm})}{(16\text{ cm} - 8.4\text{ cm})}$$
$$= 17.7\text{ cm}$$
$$m = \frac{h_i}{h_o} = \frac{-d_i}{d_o}$$
$$h_i = \frac{-d_i h_o}{d_o} = \frac{-(17.7\text{ cm})(5.0\text{ cm})}{16\text{ cm}}$$
$$= -5.5\text{ cm}$$

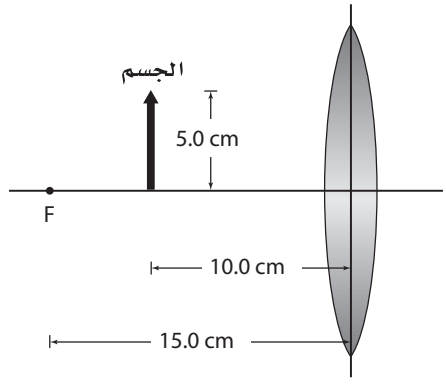
الصورة مقلوبة بالنسبة إلى الجسم.

6. وضع جسم على بعد 185 cm من عدسة محدبة بعدها البؤري 25 cm. إذا كانت الصورة المتكوّنة مقلوبة، وطولها 12 cm، فما طول الجسم؟

$$d_i = \frac{f d_o}{d_o - f}$$
$$= \frac{(25\text{ cm})(185\text{ cm})}{185\text{ cm} - 25\text{ cm}}$$
$$= 29\text{ cm}$$
$$m = \frac{h_i}{h_o} = \frac{-d_i}{d_o}$$
$$h_o = \frac{-d_o h_i}{d_i}$$
$$= \frac{-(185\text{ cm})(-12\text{ cm})}{(29\text{ cm})}$$
$$= 77\text{ cm}$$

طول الجسم يساوي 77 cm.

7. ما طول الصورة واتجاهها التي تكوّنها العدسة المحدبة الموضحة في الشكل أدناه؟



$$d_i = \frac{f d_o}{d_o - f}$$
$$= \frac{(15.0\text{ cm})(10.0\text{ cm})}{10.0\text{ cm} - 15.0\text{ cm}}$$
$$= -3.0 \times 10^1\text{ cm}$$
$$m = \frac{h_i}{h_o} = \frac{-d_i}{d_o}$$
$$h_i = \frac{-d_i h_o}{d_o}$$
$$= \frac{-(-3.0 \times 10^1\text{ cm})(5.0\text{ cm})}{(10.0\text{ cm})}$$
$$= 15\text{ cm}$$

الصورة معتدلة بالنسبة إلى الجسم.

8. يمكن استخدام عدسة محدبة على أنها عدسة مكبرة. وعند وضع جسم على بعد 15.0 cm من العدسة فإنَّ الصورة المتكوّنة تكون أكبر 55 مرة من حجم الجسم. فما البعد البؤري للعدسة؟

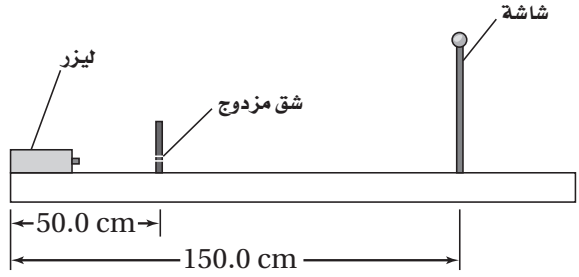
$$m = \frac{-d_i}{d_o}$$
$$d_i = -m d_o$$
$$= -(55)(15.0\text{ cm})$$
$$= -825\text{ cm}$$
$$f = \frac{d_i d_o}{d_i + d_o}$$
$$= \frac{(-825\text{ cm})(15.0\text{ cm})}{(-825\text{ cm}) + (15.0\text{ cm})}$$
$$= 15.3\text{ cm}$$

9. تكوّن عدسة مقعرة بعدها البؤري −220 cm صورة خيالية طولها 36 cm. إذا وضع الجسم على بعد 128 cm من العدسة، فما تكبير الصورة؟

$$d_i = \frac{f d_o}{d_o - f}$$
$$= \frac{(-220\text{ cm})(128\text{ cm})}{128\text{ cm} - (-220\text{ cm})}$$
$$= -81\text{ cm}$$
$$m = \frac{-d_i}{d_o}$$
$$= \frac{-(-81\text{ cm})}{128\text{ cm}}$$
$$= 0.63$$

الفصل الثاني عشر

1. يجري طالب فيزياء تجربة الشق المزدوج على طاولة خاصة في مختبر البصريات، كما هو موضح في الشكل أدناه، مستخدمًا ليزر هيليوم–نيون، حيث الطول الموجي لضوئه 632.8 nm، فيمر ضوء الليزر من خلال الشقين اللذين تفصلهما مسافة 0.020 mm، ما المسافة بين مركز الهدب المركزي المضيء ومركز هدب الرتبة الأولى؟



$$L = 150.0\ cm - 50.0\ cm$$
$$= 100.0\ cm$$

$$\lambda = \frac{xd}{L}$$

$$x = \frac{\lambda L}{d}$$
$$= \frac{(6.328\times10^{-7}\ m)(1.000\ m)}{(2.0\times10^{-5}\ m)}$$
$$= 3.2\times10^{-2}\ m$$
$$= 3.2\ cm$$

2. استخدم ليزر مجهول الطول الموجي بدلاً من ليزر الهيليوم–النيون في التجربة الموصوفة في السؤال السابق. وللحصول على أفضل نمط للتداخل وضعت الشاشة على بعد 104.0 cm. فإذا كانت المسافة بين مركز الهدب المركزي المضيء ومركز هدب الرتبة الأولى 1.42 cm فما الطول الموجي لضوء الليزر المستخدم؟

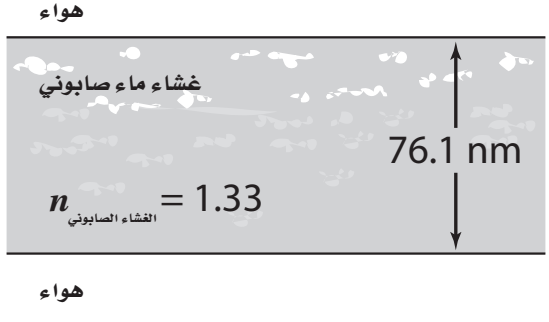
$$L = 104.0\ cm - 50.0\ cm$$
$$= 54.0\ cm$$

$$\lambda = \frac{xd}{L}$$
$$= \frac{(1.42\times10^{-2}\ m)(2.0\times10^{-5}\ m)}{(0.54\ m)}$$
$$= 5.3\times10^{-7}\ m$$
$$= 530\ nm$$

3. يمر ضوء طوله الموجي 454.5 nm عبر شقين يبعدان عن شاشة مسافة 95.2 cm، إذا كانت المسافة بين مركز الهدب المركزي المضيء ومركز هدب الرتبة الأولى 15.2 mm فما المسافة الفاصلة بين الشقين؟

$$\lambda = \frac{xd}{L}$$
$$d = \frac{\lambda L}{x}$$
$$= \frac{(4.545\times10^{-7}\ m)(0.952\ m)}{(0.0152\ m)}$$
$$= 2.85\times10^{-5}\ m$$

4. ما لون الضوء الذي سينعكس عن غشاء الماء المحتوي على الصابون المبين في الشكل أدناه؟



$$2d = \left(m+\frac{1}{2}\right)\frac{\lambda}{n_{\text{الغشاء الصابوني}}}$$

عندما تكون $m=0$، فإن

$$2d = \frac{1}{2}\frac{\lambda}{n_{\text{الغشاء الصابوني}}}$$

$$\lambda = 4dn_{\text{الغشاء الصابوني}}$$
$$= (4)\ (76.1\ nm)(1.33)$$
$$= 405\ nm$$

الضوء بنفسجي اللوّن.

5. يمكن لغشاء من مادة مجهولة سمكه 95.7 nm منع ضوء طوله الموجي 555 nm من الانعكاس عندما يُحاط بالهواء. ما معامل انكسار هذه المادة؟

$$2d = (m + \frac{1}{2})\ \frac{\lambda}{n_{\text{المادة المجهولة}}}$$

عندما تكون $m=0$، فإن

$$2d = \frac{1}{2}\ \frac{\lambda}{n_{\text{المادة المجهولة}}}$$

$$n_{\text{المادة المجهولة}} = \frac{\lambda}{4d}$$

$$= \frac{555\text{ nm}}{(4)(95.7\text{ nm})}$$

$$= 1.45$$

6. يوجد غشاء من الزيت سمكه 118 nm على سطح بركة ماء في الشارع. ما تردد الضوء الذي سينعكس إذا علمت أنَّ معامل انكسار الغشاء الزيتي $n = 1.45$؟

$$2d = (m + \frac{1}{2})\frac{\lambda}{n_{\text{الغشاء الزيتي}}}$$

عندما تكون $m=0$، فإن

$$2d = \frac{1}{2}\ \frac{\lambda}{n_{\text{الغشاء الزيتي}}}$$

$$\lambda = 4\,dn_{\text{الغشاء الزيتي}}$$

$$= (4)\ (118\text{ nm})\ (1.45)$$

$$= 685\text{ nm}$$

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

$$f = \frac{c}{\lambda}$$

$$= \frac{3.00\times10^{8}\text{ m/s}}{6.85\times10^{-7}\text{ m}}$$

$$= 4.38\times10^{14}\text{ Hz}$$

7. يسقط ضوء بنفسجي طوله الموجي 415 nm على شقّ عرضه 0.040 mm. إذا كانت المسافة بين مركز الهدب المركزي المضيء ومركز هدب الرتبة الثالثة المعتم 18.7 cm فما المسافة بين الشق والشاشة؟

$$x_m = \frac{mL\lambda}{w}$$

$$L = \frac{x_m w}{m\lambda}$$

$$= \frac{(0.187\text{ m})(4.0\times10^{-5}\text{ m})}{(3)(4.15\times10^{-7}\text{ m})}$$

$$L = 6.0\text{ m}$$

8. يسقط ضوء أحمر طوله الموجي 685 nm على شق عرضه 0.025 mm. فإذا كانت المسافة بين مركز الهدب المركزي المضيء ومركز هدب الرتبة الثانية المعتم 6.3 cm فما عرض الهدب المركزي؟

$$x_m = \frac{mL\lambda}{w}$$

$$L = \frac{x_m w}{m\lambda}$$

$$= \frac{(0.063\text{ m})(2.5\times10^{-5}\text{ m})}{(2)(6.85\times10^{-7}\text{ m})}$$

$$= 1.1\text{ m}$$

$$2x_1 = \frac{2\lambda L}{w}$$

$$= \frac{(2)(6.85\times10^{-7}\text{ m})(1.1\text{ m})}{(2.5\times10^{-5}\text{ m})}$$

$$= 0.063\text{ m}$$

9. إذا كان عرض الهدب المركزي المضيء في نمط الحيود 2.9 cm، وكان ضوء ليزر مجهول الطول الموجي يمر عبر شق مفرد عرضه 0.042 mm ويسقط على شاشة تبعد عن الشق 1.5 m فما الطول الموجي للضوء؟

$$2x_1 = \frac{2\lambda L}{w}$$

$$\lambda = \frac{2x_1 w}{2L}$$

$$= \frac{(0.029\text{ m})(4.2\times10^{-5}\text{ m})}{(2)(1.5\text{ m})}$$

$$= 4.1\times10^{-7}\text{ m}$$

10. لمحزوز حيود 13400 خط في كل بوصة (إنش)، فما المسافة الفاصلة بين الشقوق؟ (استخدم معامل التحويل التالي بين البوصة والسنتمتر 1 inch = 2.54 cm).

$$d = \left(\frac{1\text{ inch}}{13{,}400\text{ lines}}\right)\left(\frac{2.54\text{ cm}}{1\text{ inch}}\right)\left(\frac{1\text{ m}}{100\text{ cm}}\right)$$

$$= 1.90\times10^{-6}\text{ m/line}$$

11. إذا مرَّ ضوء ليزر الهيليوم–نيون والذي طوله الموجي 632.8 nm عبر محزوز الحيود الموصوف في المسألة السابقة، فما الزاوية بين الخط المركزي المضيء والخط المضيء الأول؟

$$\lambda = d \sin \theta$$

$$\theta = \sin^{-1}\left(\frac{\lambda}{d}\right)$$

$$= \sin^{-1}\left(\frac{6.328\times10^{-7}\ \text{m}}{1.90\times10^{-6}\ \text{m}}\right)$$

$$= 19.5°$$

12. يمر ضوء طوله الموجي 589 nm عبر محزوز حيود؛ المسافة الفاصلة بين شقوقه 3.4×10^{-6} m، إذا كانت المسافة الفاصلة بين الخطوط في نمط الحيود 0.25 m فما المسافة بين محزوز الحيود والشاشة؟

$$\lambda = d \sin \theta$$

$$\theta = \sin^{-1}\left(\frac{\lambda}{d}\right)$$

$$= \sin^{-1}\left(\frac{5.89\times 10^{-7}\ \text{m}}{3.40\times 10^{-6}\ \text{m}}\right)$$

$$= 9.98°$$

$$\tan \theta = \frac{x}{L}$$

$$L = \frac{x}{\tan \theta}$$

$$= \frac{0.25\ \text{m}}{\tan 9.98°}$$

$$= 1.4\ \text{m}$$

وزارة التربية والتعليم
Ministry of Education
المملكة العربية السعودية

دليل حلول المسائل

الصف الثالث الثانوي

قسم العلوم الطبيعية

العبيكان Obeikan

١٤٣٥ هـ - ٢٠١٤ م

Mc Graw Hill Education

الفيزياء ـ الصف الثالث الثانوي

Glencoe Sience

SOLUTIONS MANUAL

Physics

دليل حلول المسائل

أعدَّ النسخة العربية: شركة العبيكان للتعليم

www.obeikaneducation.com

Education

English Edition Copyright © the McGraw-Hill Companies, Inc.
All rights reserved.

Arabic Edition is published by Obeikan under agreement with
The McGraw-Hill Companies, Inc. © 2008.

حقوق الطبعة الإنجليزية محفوظة لشركة ماجروهل©.

الطبعة العربية: مجموعة العبيكان للاستثمار
وفقًا لاتفاقيتها مع شركة ماجروهل© ٢٠٠٨م/ ١٤٢٩هـ.

لا يسمح بإعادة إصدار هذا الكتاب أو نقله في أي شكل أو واسطة، سواءً أكانت إلكترونية أو ميكانيكية، بما في ذلك التصوير بالنسخ «فوتوكوبي»، أو التسجيل، أو التخزين و الاسترجاع، دون إذن خطي من الناشر.

المحتويات

مقدمة للمعلم

الفصل 1: الكهرباء الساكنة 5

الفصل 2: المجالات الكهربائية 20

الفصل 3: الكهرباء التيارية 38

الفصل 4: دوائر التوالي والتوازي الكهربائية 53

الفصل 5: المجالات المغناطيسية 72

الفصل 6: الحث الكهرومغناطيسي 90

الفصل 7: الكهرومغناطيسية 106

الفصل 8: نظرية الكم 119

الفصل 9: الذرة 132

الفصل 10: إلكترونيات الحالة الصلبة 145

الفصل 11: الفيزياء النووية 159

ملاحق المسائل الإضافية:

ملحق الفصل 1: الكهرباء الساكنة 178

ملحق الفصل 2: المجالات الكهربائية 181

ملحق الفصل 3: الكهرباء التيارية 186

ملحق الفصل 4: دوائر التوالي والتوازي الكهربائية 189

ملحق الفصل 5: المجالات المغناطيسية 194

ملحق الفصل 6: الحث الكهرومغناطيسي 196

ملحق الفصل 7: الكهرومغناطيسية 198

ملحق الفصل 8: نظرية الكم 202

ملحق الفصل 9: الذرة 205

ملحق الفصل 10: إلكترونيات الحالة الصلبة 207

ملحق الفصل 11: الفيزياء النووية 211

إلى المعلم

يعدّ دليل **حلول المسائل** دليلاً شاملاً للمسائل الواردة في كتاب الطالب، ويشمل المسائل التدريبية، ومسائل مراجعة الدرس، ومسائل تقويم الفصل، فضلاً عن مسائل التحفيز الواردة في كل فصل وأضيف إلى الدليل ملاحق مسائل إضافية لكل فصل تشتمل مسائل في مستوى الكتاب واحيانًا أكثر صعوبة. ولقد أعيدت كتابة المسائل في هذا الدليل حتى لا يضطر المعلم إلى الرجوع إلى كتاب الطالب أو دليل المعلم عند استعراض المسائل مع الطلاب.

مراجعة القسم

1–1 الشحنة الكهربائية صفحة (14–9)

صفحة 14

1. **الأجسام المشحونة** بعد دلك مشط بسترة مصنوعة من الصوف يمكنه جذب قصاصات ورق صغيرة. لماذا يفقد المشط هذه القدرة بعد عدة دقائق؟

يفقد المشط شحنته في الوسط المحيط به، ويصبح متعادل من جديد.

2. **أنواع الشحنات** من خلال التجارب التي مرت في هذا القسم، كيف يمكنك أن تعرف أيّ الشريطين B أو T موجب الشحنة؟

قرّب قضيبًا زجاجيًّا مشحونًا بشحنة موجبة إلى كل من الشريطين، فيكون الشريط الذي يتنافر معه موجب الشحنة.

3. **أنواع الشحنات** كرة البيلسان كرة صغيرة مصنوعة من مادة خفيفة، مثل البوليسترين، وتكون عادة مطلية بطبقة من الجرافيت أو الألومنيوم. كيف يمكنك أن تحّدد ما إذا كانت كرة البيلسان المعلقة بخيط عازل متعادلة كهربائيًّا أو ذات شحنة موجبة أو ذات شحنة سالبة؟

أحضر جسمًا مشحونًا بشحنة معلومة، ولتكن سالبة، وقربه إلى كرة البيلسان، إذا تنافرت الكرة معه فإن شحنتها تكون مشابهة لشحنة الجسم المقرّب، وإذا انجذبت إليه فإن شحنتها إما تكون مخالفة لشحنة الجسم أو متعادلة. ولتحديد الشحنة الموجبة قرّب قضيبًا زجاجيًّا مشحونًا بشحنة موجبة إلى كرة البيلسان فإذا تنافرا؛ فإن شحنة الكرة تكون موجبة، أما إذا انجذب أحدهما إلى الآخرفإن كرة البيلسان تكون متعادلة الشحنة.

4. **فصل الشحنات** يُشحن قضيب مطاط بشحنة سالبة عند دلكه بالصوف. ماذا يحدث لشحنة الصوف؟ ولماذا؟

يصبح الصوف موجب الشحنة؛لأنه فقد الإلكترونات التي اكتسبها قضيب المطاط.

5. **شحن الموصلات** افترض أنك علّقت قضيبًا فلزيًّا طويلًا بخيوط حرير بحيث أصبح القضيب معزولاً، ثم لامست أحد طرفي القضيب الفلزي بقضيب زجاجي مشحون، فصف كيف يُشحن القضيب الفلزي؟ وما نوع الشحنات عليه؟

يجذب قضيب الزجاج الإلكترونات من القضيب الفلزي؛ لذا يصبح الفلز موجب الشحنة، وتتوزع الشحنات عليه بانتظام.

6. **الشحن بالدلك** يمكنك شحن قضيب مطاط بشحنة سالبة بدلكه بالصوف. ماذا يحدث عند دلك قضيب نحاس بالصوف؟

لأن النحاس مادة موصلة؛ لذا يبقى متعادلا ما دام ملامسًا ليدك.

7. **التفكير الناقد** يمكن أن يفترض أحدهم أن الشحنة الكهربائية نوع من الموائع تتدفق من أجسام لديها فائض في المائع إلى أجسام لديها نقص فيه. لماذا يكون نموذج التيار الثنائي الشحنة أفضل من نموذج المائع الأحادي؟

يمكن لنموذج التيار الثنائي الشحنة أن يوضح التنافر والتجاذب بطريقة أفضل، وهو يوضح أيضًا كيف يمكن أن تشحن الأجسام عند دلك بعضها ببعض. في حين يشير نموذج المائع الأحادي إلى أن الشحنة يجب أن تتساوى على الأجسام المتلامسة.

مسائل تدريبية

2–1 القوة الكهربائية صفحة (25–15)

صفحة 23

8. تفصل مسافة مقدارها 0.30 m بين شحنتين؛ الأولى سالبة ومقدارها 2.0×10^{-4} C، والثانية موجبة ومقدارها 8.0×10^{-4} C. ما القوة المتبادلة بين الشحنتين؟

$$F = K\frac{q_A q_B}{r_{AB}^2} = \frac{(9.0\times10^9\ \text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2)(2.0\times10^{-4}\ \text{C})(8.0\times10^{-4}\ \text{C})}{(0.30\ \text{m})^2}$$

$$= 1.6\times10^4\ \text{N}$$

9. إذا أثرت الشحنة السالبة 0.6×10^{-6} C بقوة جذب مقدارها 65 N في شحنة ثانية تبعد عنها مسافة 0.050 m، فما مقدار الشحنة الثانية؟

$$F = K\frac{q_A q_B}{r_{AB}^2}$$

$$q_B = \frac{Fr_{AB}^2}{Kq_A} = \frac{(65\ \text{N})(0.050\ \text{m})^2}{(9.0\times10^9\ \text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2)(6.0\times10^{-6}\ \text{C})}$$

$$= 3.0\times10^{-6}\ \text{C}$$

10. في المثال 1، إذا أصبحت شحنة الكرة B تساوي $+3.0\mu$C، فارسم الحالة الجديدة للمثال، وأوجد القوة المحصلة المؤثرة في الكرة A.

مقادير جميع القوى تبقى كما هي،في حين يتغير اتجاه القوة إلى 42^o فوق محور السينات السالب، أي 138^o مع محور السينات الموجب.

11. وضعت كرة A شحنتها $+2.0\times10^{-6}$ C عند نقطة الأصل، في حين وضعت كرة B مشحونة بشحنة سالبة مقدارها 3.6×10^{-6} C عند الموقع $+0.60$ cm على المحور x. أما الكرة C المشحونة بشحنة مقدارها $+4.0\times10^{-6}$ C فقد وضعت عند الموقع $+0.80$ m على المحور x. احسب القوة المحصلة المؤثرة في الكرة A.

$$F_{\text{A على B}} = K\frac{q_A q_B}{r_{AB}^2} = \frac{(9.0\times10^9\ \text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2)\ (2.0\times10^{-6}\ \text{C})(3.6\times10^{-6}\ \text{C})}{(0.60\ \text{m})^2} = 0.18\ \text{N}$$ **الاتجاه: نحو اليمين**

$$F_{\text{A على C}} = K\frac{q_A q_C}{r_{AC}^2} = \frac{(9.0\times10^9\ \text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2)(2.0\times10^{-6}\ \text{C})(4.0\times10^{-6}\ \text{C})}{(0.80\ \text{m})^2} = 0.1125\ \text{N}$$ **الاتجاه: نحو اليسار**

$$F_{\text{المحصلة}} = F_{\text{A على B}} - F_{\text{A على C}} = (0.18\ \text{N}) - (0.1125\ \text{N}) = 0.0675\ \text{N}$$ **نحو اليمين**

تابع الفصل 1

12. في المسألة السابقة، أوجد القوة المحصلة المؤثرة في الكرة B.

$$F_{\text{B على A}} = K\frac{q_A q_B}{r_{AB}^2}$$

$$F_{\text{B على C}} = K\frac{q_A q_B}{r_{AB}^2}$$

$$F_{\text{المحصلة}} = F_{\text{B على C}} - F_{\text{B على A}}$$

$$= K\frac{q_B q_C}{r_{BC}^2} - K\frac{q_A q_B}{r_{AB}^2}$$

$$= (9.0\times10^9\ \text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2)\ \frac{(3.6\times10^{-6}\ \text{C})(4.0\times10^{-6}\ \text{C})}{(0.20\ \text{m})^2} - (9.0\times10^9\ \text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2)\ \frac{(2.0\times10^{-6}\ \text{C})(3.6\times10^{-6}\ \text{C})}{(0.60\ \text{m})^2}$$

$$= \textbf{3.1 N باتجاه اليمين}$$

مراجعة القسم

2–1 القوة الكهربائية صفحة (25–15)

صفحة 25

13. **القوة والشحنة** كيف ترتبط القوة الكهربائية بالشحنة؟ صِف القوة عندما تكون الشحنات متشابهة، وصِفها عندما تكون الشحنات مختلفة.

تتناسب القوة الكهربائية طرديًا مع مقدار كل شحنة. الشحنات المتشابهة تتنافر، والشحنات المختلفة تتجاذب.

14. **القوة والمسافة** كيف ترتبط القوة الكهربائية مع المسافة؟ وكيف تتغير القوة إذا زادت المسافة بين شحنتين إلى ثلاثة أمثالها؟

تتناسب القوة عكسيًا مع مربع المسافة بين الشحنتين. القوة الجديدة ستساوي $\frac{1}{9}$ القوة الأصلية.

15. **الكشاف الكهربائي** عند شحن كشّاف كهربائي ترتفع ورقتاه الفلزيتان لتشكِّلا زاوية معينة، وتبقى الورقتان محافظتين على تلك الزاوية. لماذا لا ترتفع الورقتان أكثر من ذلك؟

في أثناء ابتعاد الورقتين إحداهما عن الأخرى تتناقص القوة الكهربائية بينهما إلى أن تتزن مع قوة الجاذبية الأرضية فتتطبق الورقتان.

16. **شحن كشّاف كهربائي** اشرح كيف يمكن شحن كشّاف كهربائي بشحنة موجبة باستخدام:

a. قضيب موجب.

لامس القضيب للكشّاف الكهربائي، فتنتقل الشحنات السالبة إلى القضيب، تاركة الكشّاف الكهربائي مشحونًا بشحنة موجبة.

b. قضيب سالب.

قرب القضيب السالب إلى الكشّاف الكهربائي دون لمسه، ثم اعمل على تأريض الكشّاف الكهربائي بلمسه بإصبعك للسماح للإلكترونات بالإنتقال إلى إصبعك، ثم أزِل التأريض وأبعد القضيب عن الكشّاف الكهربائي.

17. **جذب الأجسام المتعادلة** ما الخاصيتان اللتان تفسّران سبب انجذاب جسم متعادل إلى كل من الأجسام المشحونة بشحنة موجبة والأجسام المشحونة بشحنة سالبة؟

ينتج فصل الشحنات الكهربائية عن قوة التجاذب بين الشحنات المختلفة وقوة التنافر بين الشحنات المتشابهة. حيث تتحرك شحنات الجسم المتعادل باتجاه الشحنات المخالفة لها بالنوع في الجسم الآخر. والعلاقة العكسية بين القوة الكهربائية والمسافة بين الشحنات تبين أن الشحنات الأقرب تتأثر بقوة أكبر. فعند تقريب جسم مشحون من آخر متعادل تتباعد الشحنات المشابهة لشحنة الجسم المشحون وتنجذب الشحنات المخالفة لشحنة ذلك الجسم.

تابع الفصل 1

18. الشـحن بالحث ماذا يحدث عند شحن كشّاف كهربائي بالحث، وإبعاد قضيب الشحن قبل فصل تأريض القرص؟

تعود الشحنات التي فرِّغت إلى الأرض؛ لذا يبقى الكشاف الكهربائي متعادلًا.

19. القوى الكهربائية كرتان A و B مشحونتان، المسافة بين مركزيهما r. إذا كانت شحنة الكرة A تساوي $+3\ \mu C$ وشحنة الكرة B تساوي $+9\ \mu C$ فقارن بين القوة التي تؤثر بها الكرة A في الكرة B والقوة التي تؤثر بها الكرة B في الكرة A.

القوتان متساويتان في المقدار ومتعاكستان في الاتجاه.

20. التفكيـر الناقد افترض أنك تختبر صحة قانون كولوم باستخدام كرة بلاستيكية صغيرة موجبة الشحنة وكرة فلزية كبيرة موجبة الشحنة، فوفق قانون كولوم تتناسب القوة مع $\frac{1}{r^2}$ حيث تمثل r المسافة بين مركزيالكرتين. ولكن عند تقريب الكرتين إحداهما إلى الأخرى وجِد أن القوة بينهما أصغر مما هو متوقع من قانون كولوم. وضّح ذلك.

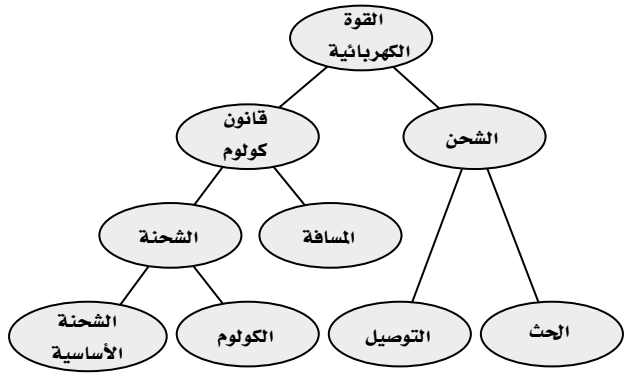
بعض الشحنات على الكرة الفلزية ستتنافر مع الشحنات على الكرة البلاستيكية، ممّا يؤدي إلى تحركها إلى الجهة البعيدة عن الكرة البلاستيكية، وهذا يجعل المسافة الفعلية بين الشحنات أكبر من المسافة بين مركزي الكرتين.

تقويم الفصل

خريطة المفاهيم

صفحة 30

21. أكمل خريطة المفاهيم أدناه باستخدام المصطلحات التالية: التوصيل، المسافة، الشحنة الأساسية.



إتقان المفاهيم

صفحة 30

22. إذا مشّطت شعرك في يوم جاف فسوف يُشحن المشط بشحنة موجبة. هل يمكن أن يبقى شعرك متعادلاً؟ وضّح إجابتك.

لا. فوفق مفهوم حفظ الشحنة فإن شعرك يجب أن يصبح سالب الشحنة.

23. أعدّ قائمة ببعض المواد العازلة والمواد الموصلة.

ستختلف إجابات الطلاب، ولكنها قد تتضمن العوازل: الهواء الجاف والخشب، والبلاستيك والزجاج والملابس، والماء المنزوع الأيونات. والموصلات: الفلزات وماء الصنبور وجسمك.

24. ما الخاصية التي تجعل الفلز موصلًا جيدًا، والمطاط عازلًا جيدًا؟

تحتوي الفلزات على إلكترونات حرة، أما المطاط فلا يحتوي إلكترونات حرّة؛ لأن قوة الإرتباط بين الإلكترونات والنواة كبيرة جدًا.

25. غسّالة الملابس عندما نخرج الجوارب من مجفّف الملابس تكون أحيانًا ملتصقة بملابس أخرى. لماذا؟

شُحنت بالدلك مع الملابس الأخرى، لذا فهي تنجذب إلى الملابس المتعادلة أو التي لها شحنة مخالفة.

26. الأقراص المدمجة لماذا يجذب قرص مدمج الغبار إذا مسحته بقطعة قماش نظيفة؟

إن عملية دلك القرص المدمج CD تؤدي إلى شحنه، فيجذب جسيمات متعادلة، كجسيمات الغبار.

27. عملات معدنية مجموع شحنة جميع إلكترونات عملة مصنوعة من النيكل يساوي مئات الآلاف من الكولوم. هل يخبرنا هذا بشيء عن صافي الشحنة على هذه العملة؟ وضّح إجابتك.

لا، إن صافي الشحنة هو الفرق بين الشحنات الموجبة والسالبة. فيبقى صافي الشحنة على قطعة العملة المعدنية صفرًا.

تابع الفصل 1

28. كيف تؤثر المسافة بين شحنتين في القوة المتبادلة بينهما؟ وإذا قلّت المسافة و بقي مقدار الشحنتين كما هو فماذا يحدث للقوة؟

تتناسب القوة الكهربائية عكسيًا مع مربع المسافة بين الشحنتين. فعندما تقل المسافة ويبقى مقدار الشحنتين كما هو دون تغيير، فإن القوة تزداد بما يتناسب مع مربع المسافة.

29. اشرح كيف يمكنك شحن موصل بشحنة سالبة إذا كان لديك قضيب موجب الشحنة فقط.

حرك الموصل بحيث يصبح قريبًا من القضيب،ولكن دون أن يلامسه. صِل الموصل بالأرض بوجود القضيب المشحون، ثم أزِل التأريض قبل إزالة القضيب المشحون. فيكتسب القضيب شحنة سالبة.

تطبيق المفاهيم

صفحة 30

30. فيم تختلف شحنة الإلكترون عن شحنة البروتون؟ وفيم تتشابهان؟

مقدار شحنة البروتون تساوي تمامًا مقدار شحنة الإلكترون، ولكنها مختلفة عنها في النوع.

31. كيف يمكنك أن تحدّد ما إذا كان جسم ما موصلًا أم لا، باستخدام قضيب مشحون وكشّاف كهربائي؟

استخدم عازلا معروفًا لتمسك إحدى نهايتي الجسم بالقرب من الكشّاف الكهربائي. المس النهاية الأخرى للجسم بالقضيب المشحون، إذا انفرجت ورقتا الكشّاف الكهربائي فإن الجسم يكون موصلًا.

32. قُرّب قضيب مشحون إلى مجموعة كرات بلاستيكية صغيرة جدًّا، فانجذبت بعض الكرات إلى القضيب، إلا أنها لحظة ملامستها للقضيب اندفعت مبتعدة عنه في اتجاهات مختلفة. وضّح ذلك.

بدايةً، تنجذب الكرات المتعادلة إلى القضيب المشحون، وعندما تلامس الكرات القضيب تكتسب شحنة مشابهة لشحنته؛ لذا فإنها تتنافر معه.

33. **البرق** يحدث البرق عادة عندما تنتقل الشحنات السالبة في الغيوم إلى الأرض. فإذا كان سطح الأرض متعادلاً فما الذي يوفر قوة الجذب المسؤولة عن سحب الإلكترونات نحو الأرض؟

الشحنة في الغيمة تتنافر مع الإلكترونات على الأرض في المنطقة المقابلة لها، مما يؤدي إلى فصل الشحنات فتصبح شحنة هذه المنطقة القريبة من الغيمة موجبة، مما يؤدي إلى ظهور قوة تجاذب.

34. وضّح ما يحدث لورقتي كشّاف كهربائي مشحون بشحنة موجبة عند تقريب قضيب مشحون بالشحنات التالية إليه، مع مراعاة عدم لمس القضيب للكشّاف الكهربائي:

a. شحنة موجبة.

يزداد انفراج ورقتي الكشّاف.

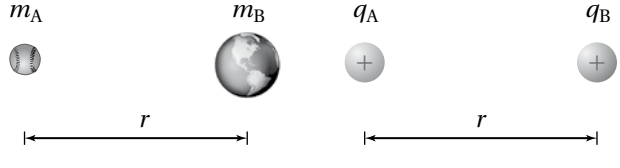
b. شحنة سالبة.

يقل انفراج ورقتي الكشّاف.

35. يبدو أن قانون كولوم وقانون نيوتن في الجذب العام متشابهان، كما هو موضح في **الشكل 13–1** . فيم تتشابه القوة الكهربائية وقوة الجاذبية؟ وفيم تختلفان؟

قانون كولوم **قانون الجذب العام**

$$F = K\frac{q_A q_B}{r^2} \qquad F = G\frac{m_A m_B}{r^2}$$



■ **الشكل 13–1 (الرسم ليس وفق مقياس الرسم)**

التشابه: يعتمد التربيع العكسي على المسافة، تتناسب القوة طرديًا مع حاصل ضرب كتلتين أو شحنتين.

الاختلاف: هناك إشارة واحدة فقط للكتلة لذا؛ فإن قوة الجاذبية دائمًا تجاذب، أما الشحنة فلها إشارتان لذا؛ فإن القوة الكهربائية يمكن أن تكون إما قوة تجاذب أو قوة تنافر.

36. قيمة الثابت K في قانون كولوم أكبر كثيرًا من قيمة الثابت G في قانون الجذب العام. علاّم يدل ذلك؟

القوة الكهربائية أكبر كثيرًا من قوة الجاذبية.

37. وَصَف هذا الفصل طريقة كولوم لشحن كرتين A وB، بحيث تكون الشحنة على الكرة B نصف الشحنة على الكرة A تمامًا. اقترح طريقة تطبقها لتصبح شحنة الكرة B مساوية لثلث شحنة الكرة A.

بعد شحن الكرتين A وB بشحنتين متساويتين اجعل الكرة B تلامس كرتين أخريين غير مشحونتين ومماثلتين لها في الحجم، وتلامس كل منها الأخرى. ستتوزّع الآن شحنة الكرة B بالتساوي على الكرات الثلاث، بحيث تحمل كل منها ثلث الشحنة الكلية.

38. قاس كولوم انحراف الكرة A عندما كان للكرتين A وB الشحنة نفسها، وتبعد إحداهما عن الأخر مسافة مقدارها r. ثم جعل شحنة الكرة B تساوي ثلث شحنة الكرة A. كم يجب أن تكون المسافة الجديدة بين الكرتين بحيث تنحرف الكرة A بمقدار مساوٍ لانحرافها السابق؟

لنحصل على القوة نفسها بثلث مقدار الشحنة الأصلية يجب تقليل المسافة بين الشحنتين بحيث تكون $r^2 = \frac{1}{3}$ أو تساوي 0.58 مرة ضعف المسافة الابتدائية بينهما.

39. يؤثر جسمان مشحونان أحدهما في الآخر بقوة مقدارها 0.145 N عندما كانا على بُعد مُعيّن أحدهما من الآخر. فإذا قُرِّب أحدهما إلى الآخر بحيث أصبحت المسافة بينهما رُبع المسافة السابقة فما مقدار القوة المؤثرة في كل منهما؟

$$F_1 \propto \frac{1}{r^2}$$

$$F_2 \propto \frac{1}{\left(\frac{r}{4}\right)^2} = \frac{16}{r^2},\ F_2 \propto \frac{16}{r^2}$$

أي أن القوة الناتجة أكبر من القوة الأصلية بـِ 16 مرة.

40. القوى الكهربائية بين الشحنات كبيرة جدًّا عند مقارنتها بقوى الجاذبية بينها، ومع ذلك لا نشعر عادة بالقوى الكهربائية بيننا وبين المحيط من حولنا، إلا أننا نشعر بتأثيرات قوى الجاذبية مع الأرض. فسّر ذلك.

قوى الجاذبية قوى جذب فقط. أما القوى الكهربائية فهي إما قوى جذب أو قوى تنافر، ويكون شعورنا فقط بالمجموع الإتجاهي لها، والذي يكون عادة صغيرًا. أما شعورنا بكبر قوة الجاذبية الأرضية فيعود إلى كبر كتلة الأرض.

إتقان حل المسأل

2–1 القوة الكهربائية

(صفحة 32–31)

41. شحنتان كهربائيتان، q_A وq_B، تفصل بينهما مسافة r، ويؤثر كل منهما في الآخر بقوة مقدارها F. حلّل قانون كولوم، وحدّد القوة الجديدة التي تنتج تحت الظروف التالية:

a. مضاعفة الشحنة q_A مرتين.

$2q_A$ ، **تصبح القوة الجديدة** $2F$

b. تقليل الشحنتان q_A و q_B إلى النصف.

$\frac{1}{2}q_A$ **و** $\frac{1}{2}q_B$ ، **تصبح القوة الجديدة** $\left(\frac{1}{2}\right)\left(\frac{1}{2}\right)F = \frac{1}{4}F$

c. مضاعفة r ثلاث مرات

$3r$ **فتصبح القوة الجديدة** $= \frac{F}{(3)^2} = \frac{1}{9}F$

d. تقليل r إلى النصف

$\frac{1}{2}r$ **فتصبح القوة الجديدة** $= \frac{F}{\left(\frac{1}{2}\right)^2} = 4F$

e. مضاعفة q_A ثلاث مرات وr مرتين

$3q_A$ **و** $2r$ **فتصبح القوة الجديدة** $= \frac{(3)F}{(2)^2} = \frac{3}{4}F$

42. البرق إذا نقلت صاعقة برق قوية شحنة مقدارها 25 C إلى الأرض فما عدد الإلكترونات المنقولة؟

$$(-25\ \text{C})\left(\frac{\text{1 إلكترون}}{-1.60\times10^{-19}\ \text{C}}\right) = \text{إلكترون } 1.6\times10^{20}$$

تابع الفصل 1

43. **الذرات** إذا كانت المسافة بين إلكترونين في ذرة $1.5\times10^{-10}\ \text{m}$ ، فما مقدار القوة الكهربائية بينهما؟

$$F=\frac{Kq_Aq_B}{r^2}=\frac{(9.0\times10^9\ \text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2)(1.60\times10^{-19}\ \text{C})(1.60\times10^{-19}\ \text{C})}{(1.5\times10^{-10}\ \text{m})^2}$$

$$=1.0\times10^{-8}\ \text{N}\text{، تنافر}$$

44. شحنتان كهربائيتان مقدار كل منهما $2.5\times10^{-5}\ \text{C}$، والمسافة بينهما 15 cm. أوجد القوة التي تؤثر في كل منهما؟

$$F=\frac{Kq_Aq_B}{r^2}=\frac{(9.0\times10^9\ \text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2)(2.5\times10^{-5}\ \text{C})(2.5\times10^{-5}\ \text{C})}{(1.5\times10^{-1}\ \text{m})^2}$$

$$=2.5\times10^{2}\ \text{N}\text{، ويتجه كل من القوتين نحو الشحنة الأخرى}$$

45. إذا كانت القوة التي تؤثر في كل من الشحنتين $+8\times10^{-5}\ \text{C}$ و $+3\times10^{-5}\ \text{C}$ تساوي $2.4\times10^{2}\ \text{N}$ فاحسب مقدار المسافة بينهما.

$$F=\frac{Kq_Aq_B}{r^2}$$

$$r=\sqrt{\frac{Kq_Aq_B}{F}}=\sqrt{\frac{(9.0\times10^9\ \text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2)(8.0\times10^{-5}\ \text{C})(3.0\times10^{-5}\ \text{C})}{2.4\times10^{2}\ \text{N}}}$$

$$=0.30\ \text{m}$$

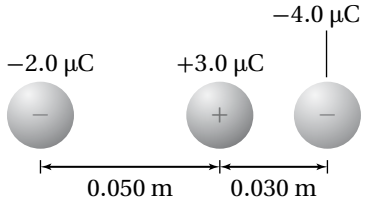
46. إذا أثرت شحنتان موجبتان متماثلتان كل منهما في الأخرى بقوة تنافر مقدارها $6.4\times10^{-9}\ \text{N}$، عندما كانت إحداهما تبعد عن الأخرى مسافة $3.8\times10^{-10}\ \text{m}$، فاحسب مقدار شحنة كل منهما.

$$F=\frac{Kq_Aq_B}{r^2}=\frac{Kq^2}{r^2}$$

$$q=\sqrt{\frac{Fr^2}{K}}=\sqrt{\frac{(6.4\times10^{-9}\ \text{N})(3.8\times10^{-10}\ \text{m})^2}{9.0\times10^9\ \text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2}}$$

$$=3.2\times10^{-19}\ \text{C}$$

47. تُسحب شحنة موجبة مقدارها $+3.0\ \mu C$ بشحنتين سالبتين، كما هو موضح في **الشكل 14–1**. فإذا كانت إحدى الشحنتين السالبتين $-2.0\mu C$ تبعد مسافة $0.05\ m$ إلى الغرب، وتبعد الشحنة الأخرى $-4.0\ \mu C$ مسافة $0.030\ m$ إلى الشرق فما مقدار واتجاه القوة المحصلة المؤثرة في الشحنة الموجبة؟



الشكل 14–1 ■

$$F_1 = \frac{(9.0\times10^9\ \text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2)(3.0\times10^{-6}\ \text{C})(2.0\times10^{-6}\ \text{C})}{(0.050\ \text{m})^2}$$

$= 22\ \text{N}$، نحو الغرب (اليسار)

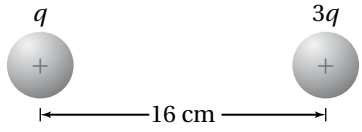
$$F_2 = \frac{(9.0\times10^9\ \text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2)(3.0\times10^{-6}\ \text{C})(4.0\times10^{-6}\ \text{C})}{(0.030\ \text{m})^2}$$

$= 120\ \text{N}$، نحو الشرق (اليمين)

$$F_{\text{المحصلة}} = F_2 - F_1 = (120\ \text{N}) - (22\ \text{N})$$

$= 98\ \text{N}$، نحو الشرق

48. يوضح **الشكل 15–1** كرتين مشحونتين بشحنتين موجبتين، شحنة إحداهما تساوي ثلاث أضعاف شحنة الأخرى، والمسافة بين مركزيهما $16\ cm$. إذا كانت القوة المتبادلة بينهما $0.28\ N$ فما مقدار الشحنة على كل منهما؟



الشكل 15–1 ■

$$F = \frac{Kq_Aq_B}{r^2} = \frac{Kq_A3q_A}{r^2}$$

$$q_A = \sqrt{\frac{Fr^2}{3K}} = \sqrt{\frac{(0.28\ \text{N})(0.16\ \text{m})^2}{3(9.0\times10^9\ \text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2)}} = 5.2\times10^{-7}\ \text{C}$$

$$q_B = 3q_A = 1.5\times10^{-6}\ \text{C}$$

تابع الفصل 1

49. **الشحنة على عملة نقدية** ما مقدار الشحنة المقيسة بالكولوم للإلكترونات الموجودة في قطعة نقدية مصنوعة من النيكل؟ استخدم الطريقة التالية لتجد الإجابة:

a. اوجد عدد الذرات في قطعة النقد إذا كانت كتلة هذه القطعة 5 g و 75%منها نحاس، أما الـ 25% المتبقية منها فمن النيكل، لذا تكون كتلة كل مول من ذرات العملة 62 g.

$$\frac{(5\ \text{g})}{(62\ \text{g})} = 0.08\ \text{قطع العملة تكافئ، مول}$$

لذا؛ يكون عدد الذرات في قطعة العملة النقدية يساوي : $(0.08)(6.02\times10^{23}) = 5\times10^{22}$ **ذرة**

b. أوجد عدد الإلكترونات في قطعة النقد، علمًا أن متوسط عدد الإلكترونات لكل ذرة يساوي 28.75.

$(5\times10^{22}\ \text{ذرة})(28.75\ \text{إلكترون / ذرة}) = 1\times10^{24}\ \text{إلكترون}$

c. أوجد شحنة الإلكترونات بالكولوم.

$(1\times10^{24}\ \text{إلكترون})(1.6\times10^{-19}\ \text{كولوم / إلكترون}) = 2\times10^{6}\ \text{C}$

مراجعة عامة

صفحة 32

50. إذا لامَسَت كرة فلزية صغيرة شحنتها $1.2\times10^{-5}\ \text{C}$ كرة مماثلة متعادلة، ثم وُضعت على بُعد 0.15 m منها فما القوة الكهربائية بين الكرتين؟

تصبح شحنة كل من الكرتين متساوية بعد الملامسة وتساوي $6.0\times10^{-6}\ \text{C}$.

$$F = K\frac{q_A q_B}{r^2} = (9.0\times10^{9}\ \text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2)\frac{(6.0\times10^{-6}\ \text{C})(6.0\times10^{-6}\ \text{C})}{(0.15\ \text{m})^2}$$

$$= 14\ \text{N}$$

51. **الذرات** ما القوة الكهربائية بين إلكترون وبروتون يبعد أحدهما عن الآخر $5.3\times10^{-11}\ \text{m}$؟ هذه المسافة تساوي نصف القطر التقريبي لذرة الهيدروجين.

$$F = K\frac{q_A q_B}{r^2}$$

$$= (9.0\times10^{9}\ \text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2)\frac{(1.60\times10^{-19}\ \text{C})(1.60\times10^{-19}\ \text{C})}{(5.3\times10^{-11}\ \text{m})^2}$$

$$= 8.2\times10^{-8}\ \text{N}$$

52. تؤثر قوة مقدارها 0.36 N في كرة صغيرة شحنتها 2.4 μC، وذلك عند وضعها على بُعد 5.5 cm من مركز كرة ثانية مشحونة بشحنة غير معروفة. ما مقدار شحنة الكرة الثانية؟

$$F = K\frac{q_A q_B}{r^2}$$

$$q_B = \frac{Fr^2}{Kq_A} = \frac{(0.36\ \text{N})(5.5\times10^{-2}\ \text{m})^2}{(9.0\times10^{9}\ \text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2)(2.4\times10^{-6}\ \text{C})} = 5.0\times10^{-8}\ \text{C}$$

تابع الفصل 1

53. كرتان متماثلتان مشحونتان، المسافة بين مركزيهما 12 cm. فإذا كانت القوة الكهربائية بينهما 0.28 N، فما شحنة كل كرة؟

$$F = K\frac{q_A q_B}{r^2}$$

لكن، $q_A = q_B$

$$q = \sqrt{\frac{Fr^2}{K}} = \sqrt{\frac{(0.28\ \text{N})(1.2\times 10^{-2}\ \text{m})^2}{(9.0\times10^9\ \text{N•m}^2/\text{C}^2)}}$$

$$= 6.7\times10^{-7}\ \text{C}$$

54. في التجربة المستخدم فيها جهاز كولوم، يبعد مركز كرة شحنتها 3.6×10^{-8} C مسافة 1.4 cm عن مركز كرة ثانية غير معلومة الشحنة. فإذا كانت القوة بين الكرتين 2.7×10^{-2} N ،فما شحنة الكرة الثانية؟

$$F = K\frac{q_A q_B}{r^2}$$

$$q_B = \frac{Fr^2}{Kq_A} = \sqrt{\frac{(2.7\times10^{-2}\ \text{N})(1.4\times10^{-2}\ \text{m})2}{(9.0\times10^9\ \text{N•m}^2/\text{C}^2)(3.6\times10^{-8}\ \text{C})}}$$

$$= 1.6\times10^{-8}\ \text{C}$$

55. إذا كانت القوة بين بروتون وإلكترون 3.5×10^{-10} N، فما المسافة بين الجسيمين؟

$$F = K\frac{q_A q_B}{r^2}$$

$$r = \sqrt{K\frac{q_A q_B}{F^2}}$$

$$= \sqrt{(9.0\times10^9\ \text{N•m}^2/\text{C}^2)\ \frac{(1.60\times10^{-19}\ \text{C})(1.6\times10^{-19}\ \text{C})}{3.5\times10^{-10}\ \text{N}}} = 8.1\times10^{-10}\ \text{m}$$

التفكير الناقد

صفحة30

56. **تطبيق المفاهيم** احسب نسبة القوة الكهربائية إلى قوة الجاذبية بين الإلكترون والبروتون في ذرة الهيدروجين.

$$\frac{F_e}{F_g} = \frac{K\frac{q_e q_p}{r^2}}{G\frac{m_e m_p}{r^2}} = \frac{Kq_e q_p}{Gm_e m_p}$$

$$= \frac{(9.0\times10^9\ \text{N•m}^2/\ \text{C}^2)(1.60\times10^{-19}\ \text{C})^2}{(6.67\times10^{-11}\ \text{N•m}^2/\text{kg}^2)(9.11\times10^{-31}\ \text{kg})(1.67\times10^{-27}\ \text{kg})}$$

$$= 2.3\times10^{39}$$

57. **حلّل واستنتج** وضعت الكرة A التي تحمل شحنة مقدارها 64+ μC عند نقطة الأصل، ووضعت كرة ثانية B تحمل شحنة مقدارها 16− μC عند النقطة 1.00 m+ على محور x. أجب عن الأسئلة التالية:

a. أين يجب وضع كرة ثالثة C شحنتها 12+ μC بحيث تكون القوة المحصلة المؤثرة فيها صفرًا؟

$$F_{AC} = K\frac{q_A q_C}{r_{AC}^2} = K\frac{q_B q_C}{r_{BC}^2} = F_{BC}$$

$$\frac{q_A}{r_{AC}^2} = \frac{q_B}{r_{BC}^2},\ 16r_{AC}^2 = 64r_{BC}^2 \qquad \text{أو} \qquad r_{AC}^2 = 4r_{BC}^2,\ r_{AC} = 2r_{BC}$$

لذا يجب وضع الكرة الثالثة C عند النقطة 2.00 m + على محور x ،فتكون بعيدة عن الكرة الأولى مثليّ بعدها عن الكرة الثانية.

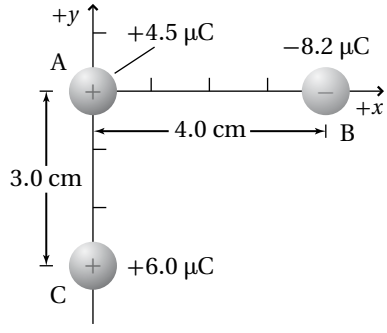
b. إذا كانت شحنة الكرة الثالثة C تساوي 6+ μC فأين يجب وضعها على أن تبقى محصلة القوى المؤثرة فيها صفرًا؟

الشحنة الثالثة q_c تُختصر من المعادلة، لذا فإن مقدارها ونوعها لا يؤثر.

c. إذا كانت شحنة الكرة الثالثة $-12\ \mu C$، فأين يجب وضعها على أن تبقى محصلة القوى المؤثرة فيها صفرًا؟

كما في الفرع b ، يكون مقدار شحنة الكرة الثالثة q_c ونوعها لا يؤثر.

58. وضعت ثلاث كرات مشحونة، كما هو موضح في **الشكل 16–1**. أوجد القوة المحصلة المؤثرة في الكرة B.



■ **الشكل 16–1**

$$F_1 = F_{\text{B على A}}$$

$$= \frac{Kq_Aq_B}{r^2} = \frac{(9.0\times10^9\ \text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2)(4.5\times10^{-6}\ \text{C})(-8.2\times10^{-6}\ \text{C})}{(0.040\ \text{m})^2}$$

$$= -208\ \text{N} = 208\ \text{N}, \text{نحو اليسار}$$

المسافة بين الشحنتين الأخرتين هي:

$$\sqrt{(0.040\text{m})^2 + (0.030\ \text{m})^2} = 0.050\ \text{m}$$

$$\theta_1 = \tan^{-1}\left(\frac{0.030\ \text{m}}{0.040\ \text{m}}\right) = 37^\circ$$

أي تميل القوة $F_{\text{B على C}}$ على محور x الموجب 217° أو تميل إلى أسفل محور x السالب 37° .

$$F_2 = F_{\text{B على C}}$$

$$= K\frac{q_Cq_B}{r^2} = \frac{(9.0\times10^9\ \text{N}\cdot\text{m}^2\ \text{C})(-8.2\times10^{-6}\ \text{C})(6.0\times10^{-6}\ \text{C})}{(0.050\ \text{m})^2}$$

$$= -177\ \text{N} = 177\ \text{N}, 217^\circ$$

أي تميل بزاوية مع محور x الموجب تساوي $(37^\circ + 180^\circ)$

مركبات القوة F_2 هي:

$$F_{2x} = F_2\cos\theta = (177\ \text{N})(\cos 217^\circ) = -142\ \text{N} = 142\ \text{N}, \text{ويتجه نحو اليسار}$$

$$F_{2y} = F_2\sin\theta = (177\ \text{N})(\sin 217^\circ) = -106\ \text{N} = 106\ \text{N}, \text{ويتجه نحو الأسفل}$$

مركبات القوة المحصلة هي:

$F_{\text{المحصلة } x} = -208\ \text{N} - 142\ \text{N} = -350\ \text{N} = 350\ \text{N}$، **نحو اليسار**

$F_{\text{المحصلة } y} = 106$، **وتتجه نحو الأسفل**

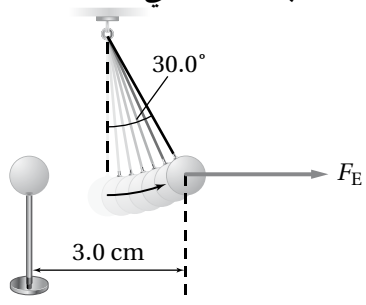
$$F_{\text{المحصلة}} = \sqrt{(350\ \text{N})^2 + (106\ \text{N})^2} = 366\ \text{N} \simeq 3.7\times10^2\ \text{N}$$

$$\theta_2 = \tan^{-1}\left(\frac{106\ \text{N}}{350\ \text{N}}\right) = 17°$$

أي تميل بزاوية $17°$ **أسفل محور** x **السالب**

$F_{\text{المحصلة}} = 3.7\times10^2\ \text{N}$ **أي تميل بزاوية** $197°$ **مع محور** x **الموجب،**

59. يوضح **الشكل 17–1** كرتي بيلسان، كتلة كل منهما 1.0 g، وشحنتاهما متساويتان، إحداهما معلّقة بخيط عازل، والأخرى قريبة منها ومثبتة على حامل عازل، والبعد بين مركزيهما 3.0 cm. فإذا اتزنت الكرة المعلّقة عندما شكّل الخيط العازل الذي يحملها زاوية مقدارها $30.0°$ مع الرأسي فاحسب كلًّا مما يأتي:



■ **الشكل 17–1**

a. F_g المؤثرة في الكرة المعلّقة.

$$F_g = mg = (1.0\times10^{-3}\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2) = 9.8\times10^{-3}\ \text{N}$$

b. F_E المؤثرة في الكرة المعلّقة.

$$\tan 30.0° = \frac{F_E}{F_g}$$

$$F_E = mg \tan 30.0°$$

$$= (1.0\times10^{-3}\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2)(\tan 30.0°)$$

$$= 5.7\times10^{-3}\ \text{N}$$

c. الشحنة عى كل من الكرتين

$$F = \frac{Kq_Aq_B}{r^2} = \frac{Kq^2}{r^2}$$

$$q = \sqrt{\frac{Fr}{K}} = \sqrt{\frac{(5.7\times10^{-3}\ \text{N})(3.0\times10^{-2}\ \text{m}^2)}{(9.0\times10^9\ \text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2)}} = 2.4\times10^{-8}\ \text{C}$$

تابع الفصل 1

60. وضعت شحنتان نقطيتان ساكنتان q_A و q_B بالقرب من شحنة اختبار موجبة، q_T، مقدارها $+7.2\ \mu C$. فإذا كانت الشحنة الأولى q_A موجبة وتساوي $3.6\ \mu C$ وتقع على بُعد $2.5\ cm$ من شحنة الاختبار q_T عند زاوية $35°$، وكانت الشحنة q_B سالبة ومقدارها $-6.6\ \mu C$ وتقع على بُعد $6.8\ cm$ من شحنة الاختبار عند زاوية $125°$:

a. فحدّد مقدار كل قوة من القوتين اللتين تؤثران في شحنة الاختبار q_T.

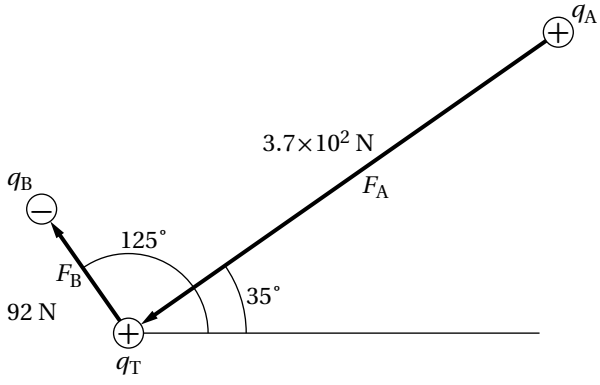
$$F_A = K\frac{q_T q_A}{r^2} = \frac{(9.0\times10^9\ N\cdot m^2/C^2)(7.2\times10^{-6}\ C)(3.6\times10^{-6}\ C)}{(0.025\ m)^2}$$

$$= 3.7\times10^2\ N,\ (\text{وتتجه نحو الشحنة } q_T)$$

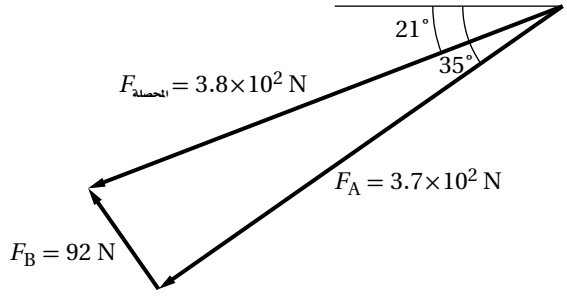
$$F_B = \frac{Kq_T q_B}{r^2} = \frac{(9.0\times10^9\ N\cdot m^2/C^2)(7.2\times10^{-6}\ C)(6.6\times10^{-6}\ C)}{(0.068\ m)^2}$$

$$= 92\ N,\ (\text{وتتجه بعيدًا عن الشحنة } q_T)$$

b. ارسم مخطّط القوة.



c. حدّد بالرسم القوة المحصلة المؤثرة في شحنة الاختبار q_T.



الكتابة في الفيزياء

صفحة 31

61. **تاريخ العلم** ابحث في الأجهزة المختلفة التي كانت تستخدم في القرنين السابع عشر والثامن عشر في دراسة الكهرباء الساكنة. قد تتطرق مثلًا إلى قارورة ليدن وآلة ويمشورست. ناقش كيف تم بناؤهما، ومبدأ عمل كل منهما.

ستختلف الإجابات، ولكن يجب أن تتضمن المعلومات التالية: اخترعت قارورة ليدن في منتصف أربعينيات القرن الثامن عشر، وكانت أول مكثف يتم استخدامه. وقد استخدمت خلال القرنين الثامن عشر والتاسع عشر لتخزين الشحنات الكهربائية المتعلقة بالتجارب والعروض. أما آلة ويمشورت فقد استخدمت في القرن التاسع عشر وبداية القرن العشرين لتوليد وتفريغ الشحنات الكهربائية الساكنة. واستُبدل بها مولد فان دي جراف في القرن العشرين.

تابع الفصل 1

62. هناك قوى بين جزيئات الماء تؤدي إلى أن يكون الماء أكبر كثافة عندما يكون سائلًا بين 0 °C و4 °C مقارنة بحالته عندما يكون صلبًا عند 0 °C. هذه القوى في طبيعتها ما هي إلا قوى كهروسكونية. ابحث في القوى الكهروسكونية بين الجزيئات، ومنها قوى فان درفال وقوى الاستقطاب، وصِف أثرها في المادة.

ستختلف الإجابات، ولكن يجب أن يصف الطلاب التفاعل بين الشحنات الموجبة والسالبة على المستوى الجزيئي. وعليهم أن يلاحظوا أن شدة هذه القوى هي المسؤولة عن الاختلافات في درجتي الانصهار والغليان، وعن خصوصية تمدّد الماء بين 0 °C و4 °C.

مراجعة تراكمية

صفحة 31

63. إذا أثرت شحنتان $2.0\times10^{-5}\ \text{C}$ و$8.0\times10^{-6}\ \text{C}$ إحداهما في الأخرى بقوة مقدارها 9.0 N فاحسب مقدار البعد بينهما.

$$F = K\frac{(q_A q_B)}{r^2},$$

أي أن:

$$r = \sqrt{\frac{Kq_A q_B}{F}}$$

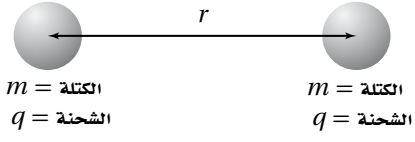
$$= \sqrt{\frac{(9.0\times10^9\ \text{N.m}^2/\text{C}^2)(2.0\times10^{-5}\ \text{C})(8.0\times10^{-6}\ \text{C})}{9.0\ \text{N}}}$$

$$= 0.40\ \text{m}$$

مسألة التحفيز

صفحة 23

يبين الشكل المجاور كرتين لهما الكتلة نفسها m، وشحنة كل منهما $+q$، والبعد بين مركزيهما r .



1. اشتق تعبيرًا للشحنة q التي يجب أن تكون على كلتا الكرتين لكي تكونا في حالة اتزان. هذا يعني أن هناك اتزانًا بين قوتي التجاذب والتنافر.

قوة التجاذب بين الكرتين هي قوة الجاذبية ، في حين قوة التنافر هي قوة كهربائية ، لذا فيعبر عنهما بالتساوي:

$$F_g = G\frac{m_A m_B}{r^2} = K\frac{q_A q_B}{r^2} = F_e$$

شحنة كل من الكرتين وكتلتهما متساوية، وتُختصر المسافة من التعبير الرياضي لذا:

$Gm^2 = kq^2$, and

$$q = m\sqrt{\frac{G}{K}}$$

$$= m\sqrt{\frac{(6.67\times10^{-11}\ \text{N}\cdot\text{m}^2/\text{kg}^2)}{(9.0\times10^9\ \text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2)}}$$

$$= (8.61\times10^{-11}\ \text{C/kg})\text{m}$$

تابع الفصل 1

2. إذا تضاعفت المسافة بين الكرتين فكيف يؤثر هذا في قيمة الشحنة q التي حدّدتها في المسألة السابقة؟ وضّح ذلك.

المسافة بين الكرتين لا تؤثر على مقدار الشحنة q على كل من الكرتين لأن؛ كل من القوتين يتناسب عكسيًّا مع مربع المسافة بين الكرتين، والمسافة تُختصر من التعبير الرياضي.

3. إذا كانت كتلة كل من الكرتين 1.50 kg فحدّد قيمة الشحنة التي ينبغي أن تكون موجودة على كل منهما للحفاظ على حالة الاتزان.

$$q = (8.61\times10^{-11}\ \text{C/kg})(1.50\ \text{kg})$$

$$= 1.29\times10^{-10}\ \text{C}$$

مسائل تدريبية

2–1 توليد المجالات الكهربائية وقياسها(صفحة 42–35)

صفحة 39–38

1. يؤثر مجال كهربائي بقوة مقدارها $2.0\times10^{-4}\ \text{N}$ في شحنة اختبار موجبة مقدارها $5.0\times10^{-6}\ \text{C}$. ما مقدار المجال الكهربائي عند موقع شحنة الاختبار؟

$$E=\frac{F}{q}=\frac{2.0\times10^{-4}\ \text{N}}{5.0\times10^{-6}\ \text{C}}=4.0\times10^{1}\ \text{N/C}$$

2. وُضِعت شحنة سالبة مقدارها $2.0\times10^{-8}\ \text{C}$ في مجال كهربائي، فتأثرت بقوة مقدارها $0.060\ \text{N}$ في اتجاه اليمين. ما مقدار واتجاه المجال الكهربائي عند موقع الشحنة؟

$$E=\frac{F}{q}=\frac{0.060\ \text{N}}{2.0\times10^{-8}\ \text{C}}=3.0\times10^{6}\ \text{N/C}$$

باتجاه اليسار

3. وُضِعت شحنة موجبة مقدارها $3.0\times10^{-7}\ \text{C}$ في مجال كهربائي شدته $27\ \text{N/C}$ يتجه إلى الجنوب. ما مقدار القوة المؤثرة في الشحنة؟

$$E=\frac{F}{q}$$

$$F=Eq=(27\ \text{N/C})(3.0\times10^{-7}\ \text{C})$$

$$=8.1\times10^{-6}\ \text{N}$$

4. وُضِعت كرة بيلسان وزنها $2.1\times10^{-3}\ \text{N}$ في مجال كهربائي شدته $6.5\times10^{4}\ \text{C/N}$، يتجه رأسيًّا إلى أسفل. ما مقدار ونوع الشحنة التي يجب أن توضع على الكرة، بحيث توازِن القوة الكهربائية المؤثرة فيها قوة الجاذبية الأرضية، وتبقى الكرة معلّقة في المجال؟

بما أن الكرة معلقة في المجال أي لا تتحرك؛ فإن المجموع الجبري للقوة الكهربائية وقوة الجاذبية الأرضية يساوي صفرًا.

$$F_g+F_e=0,$$

أي $F_e=-F_g$

$$E=\frac{F_e}{q}$$

$$q=\frac{F_e}{E}=-\frac{F_g}{E}=-\frac{2.1\times10^{-3}\ \text{N}}{6.5\times10^{4}\ \text{N/C}}$$

$$=-3.2\times10^{-8}\ \text{C}$$

وبما أن القوة الكهربائية إلى أعلى (عكس المجال الكهربائي) لذا؛ فالشحنة سالبة.

5. يفحص زيد المجال الكهربائي الناشئ عن شحنة مجهولة المقدار والنوع. فيرسم أولاً المجال بشحنة اختبار مقدارها $1.0\times10^{-6}\ \text{C}$، ثم يكرّر عمله بشحنة اختبار أخرى مقدارها $2.0\times10^{-6}\ \text{C}$.

a. هل يحصل زيد على القوى نفسها في الموقع نفسه عند استخدام شحنتي الاختبار؟ وضّح إجابتك.

لا، ستكون القوة المؤثرة في الشحنة $2.0\times10^{-6}\ \text{C}$ ضعفي القوة المؤثرة في الشحنة $1.0\times10^{-6}\ \text{C}$.

b. هل يجد زيد أن شدة المجال هي نفسها عند استخدام شحنتي الاختبار؟ وضّح إجابتك.

نعم، لأنه سيقسم القوة على مقدار شحنة الاختبار، والنتيجة ستكون نفسها.

6. ما مقدار المجال الكهربائي عند نقطة تبعد 1.2 m عن شحنة نقطية مقدارها $4.2\times10^{-6}\ \text{C}$؟

$$E=\frac{F}{q'}=K\frac{q}{r^2}$$

$$=(9\times10^{9}\ \text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2)\frac{(4.2\times10^{-6}\ \text{C})}{(1.2\ \text{m})^2}$$

$$=2.6\times10^{4}\ \text{N/C}$$

7. ما مقدار المجال الكهربائي عند نقطة تقع على بُعد يساوي ضعف البعد عن الشحنة النقطية الواردة في المسألة السابقة؟

لأن شدة المجال الكهربائي تتناسب عكسيًا مع مربع البعد عن الشحنة النقطية، فإن شدة المجال الجديدة تساوي $\frac{1}{4}$ شدة المجال الأصلي أي $6.5\times10^{3}\ \text{N/C}$.

8. ما شدة المجال الكهربائي عند نقطة تبعد 1.6 m إلى الشرق من شحنة نقطية مقدارها $+7.2\times10^{-6}\ \text{C}$ ؟

$$E=\frac{F}{q'}=K\frac{q}{r^2}$$

$$=(9.0\times10^{9}\ \text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2)\frac{(7.2\times10^{-6}\ \text{C})}{(1.6\ \text{m})^2}$$

$$=2.5\times10^{4}\ \text{N/C}$$

ويكون اتجاه المجال الكهربائي نحو الشرق أي بعيدًا عن الشحنة النقطية الموجبة.

9. إذا كانت شدة المجال الكهربائي الناشئ على بُعد 0.25 m من كرة صغيرة مشحونة يساوي 450 N/C ويتجه نحو الكرة، فما مقدار ونوع شحنة الكرة؟

$$E=\frac{F}{q'}=K\frac{q}{r^2}$$

$$q=\frac{Er^2}{K}$$

$$=\frac{(450\ \text{N/C})(0.25\ \text{m})^2}{(9.0\times10^{9}\ \text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2)}=3.1\times10^{-9}\ \text{C}$$

الشحنة سالبة ؛ لأن المجال يتجه نحوها.

10. على أي بُعد من شحنة نقطية مقدارها $+2.4\times10^{-6}\ \text{C}$ يجب وضع شحنة اختبار للحصول على مجال كهربائي شدته 360 N/C؟

$$E=\frac{F}{q'}=K\frac{q}{r^2}$$

$$r=\sqrt{\frac{Kq}{E}}$$

$$=\frac{(9.0\times10\ 9\ \text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2)(2.4\times10^{-6}\ \text{C})}{360\ \text{N/C}}$$

$$=7.7\ \text{m}$$

مراجعة القسم

1–2 توليد المجالات الكهربائية وقياسها (صفحة 42–35)

صفحة 44

11. **قياس المجالات الكهربائية** افترض أنه طلب إليك قياس المجال الكهربائي في مكان أو فضاء معين، فكيف تستكشف وجود المجال عند نقطة معينة في ذلك الفضاء؟ وكيف تحدّد مقدار المجال؟ وكيف تختار مقدار شحنة الاختبار؟ وكيف تحُدِّد اتجاه المجال؟

يمكنك استكشاف المجال بوضع شحنة اختبار عند تلك النقطة، ثم تحدد ما إذا كانت هناك قوة تؤثر فيها. ولحساب مقدار المجال قسّم مقدار القوة المؤثرة في شحنة الاختبار على مقدار شحنة الاختبار. أما عن اختيار مقدار شحنة الاختبار فعليك مراعاة أن يكون مقدارها صغير جدًا مقارنة بمقادير الشحنات التي تولد المجال. بعد ذلك حدّد اتجاه القوة المؤثرة في شحنة الاختبار وذلك لتحديد اتجاه المجال.

12. **شدة المجال واتجاهه** تؤثر قوة كهربائية مقدارها $1.50\times10^{-3}\ \text{N}$ في اتجاه الشرق في شحنة اختبار موجبة مقدارها $2.40\times10^{-8}\ \text{C}$، أوجد المجال الكهربائي في موقع شحنة الاختبار.

$$E=\frac{F}{q}=\frac{1.50\times10^{-3}\ \text{N}}{2.40\times10^{-8}\ \text{C}}$$

$$=6.25\times10^{4}\ \text{N/C}\ \text{في اتجاه الشرق}$$

13. **خطوط المجال الكهربائي في الشكل 4–2**، هل يمكنك تحديد أيّ الشحنتين موجبة، وأيّهما سالبة؟ ماذا تضيف لإكمال خطوط المجال؟

لا. يجب أن يكون لخطوط المجال رؤوس أسهم تشير إلى اتجاهها، حيث تكون خارجة من الشحنة الموجبة وداخلة إلى الشحنة السالبة.

14. **المجال مقابل القوة** كيف يختلف تأثير المجال الكهربائي E في شحنة اختبار عن تأثير القوة F في شحنة الاختبار نفسها؟

يعد المجال خاصية لتلك المنطقة من الفضاء، ولا يعتمد على شحنة الاختبار المستخدمة في قياسه. بينما تعتمد القوة الكهربائية على مقدار شحنة الاختبار ونوعها.

15. **التفكير الناقد** افترض أن الشحنة العلوية في **الشكل 2c–2** هي شحنة اختبار موضوعة في ذلك المكان؛ لقياس محصلة المجال الناشئ عن الشحنتين السالبتين. هل الشحنة صغيرة بدرجة كافية للقيام بعملية القياس بدقة؟ وضّح إجابتك.

لا. هذه الشحنة كبيرة بمقدار كاف لتوليد مجال كهربائي قادر على تشويه المجال الناتج عن الشحنتين الأخريين.

مسائل تدريبية

2–2 تطبيقات المجالات الكهربائية صفحة (55–43)
صفحة 49

16. شدة المجال الكهربائي بين لوحين فلزيين واسعين متوازيين ومشحونين $6000\ \text{N/C}$، والمسافة بينهما $0.05\ \text{m}$. احسب فرق الجهد الكهربائي بينهما.

$$\Delta V=Ed=(6000\ \text{N/C})(0.05\ \text{m})$$

$$=300\ \text{J/C}=3\times10^{2}\ \text{V}$$

17. إذا كانت قراءة فولتمتر متصل بلوحين متوازيين مشحونين $400\ \text{V}$، عندما كانت المسافة بينهما $0.020\ \text{m}$، فاحسب المجال الكهربائي بينهما.

$$\Delta V=Ed$$

$$E=\frac{\Delta V}{d}=\frac{400\ \text{V}}{0.020\ \text{m}}=2\times10^{4}\ \text{N/C}$$

18. عندما طُبّق فرق جهد كهربائي مقداره $125\ \text{V}$ على لوحين متوازيين، تولّد بينهما مجال كهربائي مقداره $4.25\times10^{3}\ \text{N/C}$. ما البعد بين اللوحين؟

$$\Delta V=Ed$$

$$d=\frac{\Delta V}{E}=\frac{125\ \text{V}}{4.25\times10^{3}\ \text{N/C}}=2.94\times10^{-2}\ \text{m}$$

19. ما الشغل المبذول لتحريك شحنة $3.0\ \text{C}$ خلال فرق جهد كهربائي مقداره $1.5\ \text{V}$؟

$$W=q\Delta V=(3.0\ \text{C})(1.5\ \text{V})=4.5\ \text{J}$$

20. يمكن لبطارية سيارة جهدها $12\ \text{V}$ ومشحونة بصورة كاملة أن تختزن شحنة مقدارها $1.44\times10^{6}\ \text{C}$. ما مقدار الشغل الذي يمكن أن تبذله البطارية قبل أن تحتاج إلى إعادة شحنها؟

$$W=q\Delta V=(1.44\times10^{6}\ \text{C})(12\ \text{V})$$

$$=1.7\times10^{7}\ \text{J}$$

21. يتحرك إلكترون خلال أنبوب الأشعة المهبطية لتلفاز، فتعرّض لفرق جهد مقداره $18000\ \text{V}$. ما مقدار الشغل المبذول على الإلكترون عند عبوره لفرق الجهد هذا؟

$$W=q\Delta V=(1.60\times10^{-19}\ \text{C})(1.8\times10^{4}\ \text{V})$$

$$=2.9\times10^{-15}\ \text{J}$$

22. إذا كان مقدار المجال الكهربائي في مُسارِع جسيمات يساوي $4.5\times10^{5}\ \text{N/C}$، فما مقدار الشغل المبذول لتحريك بروتون مسافة $25\ \text{cm}$ خلال هذا المجال؟

$$W=q\Delta V=qEd$$

$$=(1.60\times10^{-19}\ \text{C})(4.5\times10^{5}\ \text{N/C})(0.25\ \text{m})$$

$$=1.8\times10^{-14}\ \text{J}$$

تابع الفصل 2

صفحة 50

23. تسقط قطرة زيت في جهاز ملّيكان دون وجود مجال كهربائي. ما القوى المؤثرة فيها؟ وإذا سقطت القطرة بسرعة متجهة ثابتة فصِف القوى المؤثرة فيها.

قوة الجاذبية الأرضية (الوزن) في اتجاه الأسفل، وقوة الاحتكاك مع الهواء في اتجاه الأعلى. وإذا سقطت القطرة بسرعة متجهة ثابتة تكون القوتان متساويتان في المقدار.

24. إذا عُلّقت قطرة زيت وزنها $1.9\times10^{-15}\ \text{N}$ في مجال كهربائي مقداره $6.0\times10^{3}\ \text{N/C}$ فما مقدار شحنة القطرة؟ وما عدد فائض الإلكترونات التي تحملها القطرة؟

$$F_g = Eq$$

$$q = \frac{F_g}{E} = \frac{1.9\times10^{-15}\ \text{N}}{6.0\times10^{3}\ \text{N/C}}$$

$$= 3.2\times10^{-19}\ \text{C}$$

$$\text{عدد الإلكترونات} = \frac{q}{q_e} = \frac{3.2\times10^{-19}\ \text{C}}{1.60\times10^{-19}\ \text{C}} = 2\ \bar{e}$$

25. تحمل قطرة زيت وزنها $6.4\times10^{-15}\ \text{N}$ إلكترونًا فائضًا واحدًا. ما مقدار المجال الكهربائي اللازم لتعليق القطرة ومنعها من الحركة؟

$$E = \frac{F}{q} = \frac{6.4\times10^{-15}\ \text{m}}{1.60\times10^{-19}\ \text{C}} = 4.0\times10^{4}\ \text{N/C}$$

26. عُلّقت قطرة زيت مشحونة بشحنة موجبة وزنها $1.2\times10^{-14}\ \text{N}$ بين لوحين متوازيين البعد بينهما $0.64\ \text{cm}$. إذا كان فرق الجهد بين اللوحين $240\ \text{V}$، فما مقدار شحنة القطرة؟ وما عدد الإلكترونات التي فقدتها ليكون لها هذه الشحنة؟

$$E = \frac{\Delta V}{r} = \frac{240\ \text{V}}{6.4\times10^{-3}\ \text{m}} = 3.8\times10^{4}\ \text{N/C}$$

$$E = \frac{F}{q}$$

$$q = \frac{F}{E} = \frac{1.2\times10^{-14}\ \text{N}}{3.8\times10^{4}\ \text{N/C}}$$

$$= 3.2\times10^{-19}\ \text{C}$$

$$\text{عدد الإلكترونات} = \frac{q}{q_e} = \frac{3.2\times10^{-19}\ \text{C}}{1.60\times10^{-19}\ \text{C}} = 2\ \bar{e}$$

صفحة 54

27. مكثف كهربائي سعته $27\ \mu F$ وفرق الجهد الكهربائي بين لوحيه $45\ \text{V}$. ما مقدار شحنة المكثف؟

$$q = C\Delta V = (27\times10^{-6}\ F)(45\ \text{V})$$

$$= 1.2\times10^{-3}\ \text{C}$$

28. مكثفان، سعة الأول $3.3\ \mu F$، وسعة الآخر $6.8\ \mu F$، إذا وصل كل منهما بفرق جهد $24\ \text{V}$ فأي المكثفين له شحنة أكبر؟ وما مقدارها؟

$$q = C\Delta V$$

المكثف الذي سعته أكبر تكون شحنته أكبر.

$$q = (6.8\times10^{-6}\ F)(24\ \text{V}) = 1.6\times10^{-4}\ \text{C}$$

29. إذا شحن كل من المكثفين في المسألة السابقة بشحنة مقدارها $3.5\times10^{-4}\ \text{C}$ فأي المكثفين له فرق جهد كهربائي أكبر بين طرفيه؟ وما مقداره؟

$$\Delta V = \frac{q}{C}$$

المكثف الذي سعته أصغر، يكون له جهد أكبر.

$$\Delta V = \frac{3.5\times10^{-4}\ \text{C}}{3.3\times10^{-6}\ F} = 1.1\times10^{2}\ \text{V}$$

30. شحن مكثف كهربائي سعته $2.2\ \mu F$ حتى أصبح فرق الجهد الكهربائي بين لوحيه $6.0\ \text{V}$، ما مقدار الشحنة الإضافية التي يتطلبها رفع فرق الجهد بين طرفيه إلى $15.0\ \text{V}$؟

$$q = C\Delta V$$

$$\Delta q = C(\Delta V_2 - \Delta V_1)$$

$$= (2.2\times10^{-6}\ F)(15.0\ \text{V} - 6.0\ \text{V})$$

$$= 2.0\times10^{-5}\ \text{C}$$

31. عند إضافة شحنة مقدارها $2.5\times10^{-5}\ \text{C}$ إلى مكثف يزداد فرق الجهد بين لوحيه من $12.0\ \text{V}$ إلى $14.5\ \text{V}$، احسب مقدار سعة المكثف.

$$C = \frac{q}{\Delta V_2 - \Delta V_1} = \frac{2.5\times10^{-5}\ \text{C}}{14.5\ \text{V} - 12.0\ \text{V}}$$

$$= 1.0\times10^{-5}\ F$$

مراجعة القسم

2–2 تطبيقات المجالات الكهربائية صفحة (55–43)

صفحة 55

32. **فرق الجهد الكهربائي** ما الفرق بين طاقة الوضع الكهربائية وفرق الجهد الكهربائي؟

تتغير طاقة الوضع الكهربائية عندما يُبذل شغل لنقل شحنة في مجال كهربائي، كما أنها تعتمد على كمية الشحنة المنقولة. أما فرق الجهد الكهربائي فهو الشغل المبذول لنقل وحدة الشحنات في مجال كهربائي، وهو لا يعتمد على كمية الشحنة المنقولة.

33. **المجال الكهربائي وفرق الجهد** بيّن أن الفولت لكل متر هو نفسه نيوتن لكل كولوم.

$$\mathbf{V/m = J/C \cdot m = N \cdot m/C \cdot m = N/C}$$

34. **تجربة ملّيكان** عندما تتغير شحنة قطرة الزيت المعلّقة داخل جهاز مليكان تبدأ القطرة في السقوط. كيف يجب تغيير فرق الجهد بين اللوحين لجعل القطرة تعود إلى الاتزان من جديد؟

يجب زيادة فرق الجهد.

35. **الشحنة وفرق الجهد** إذا كان التغير في فرق الجهد الكهربائي في المسألة السابقة لا يؤثر في القطرة الساقطة فعلامَ يدل ذلك بشأن الشحنة الجديدة على القطرة؟

يدل على أن القطرة متعادلة كهربائيًا.

36. **السعة الكهربائية** ما مقدار الشحنة المختزنة في مكثف سعته $0.47\ \mu F$ عندما يُطبّق عليه فرق جهد مقداره 12 V؟

$$q = C\Delta V = (4.7\times10^{-7}\ F)(12\ \text{V})$$

$$= 5.6\times10^{-6}\ \text{C}$$

37. **توزيع الشحنات** عند ملامسة كرة موصلة صغيرة مشحونة بشحنة سالبة لكرة موصلة كبيرة مشحونة بشحنة موجبة، ماذا يمكن القول عن:

a. جهد كل من الكرتين.

سيكون جهدا الكرتين متساويًا.

b. شحنة كل من الكرتين.

ستكون شحنة الكرة الكبيرة أكبر من شحنة الكرة الصغيرة، ولكن سيكون لهما النوع نفسه.

38. **التفكير الناقد** بالرجوع إلى **الشكل 3a–2**، وضح كيف تستمر الشحنات في التراكم على القُبّة الفلزية لمولّد فان دي جراف، ولماذا لا تتنافر الشحنات لتعود إلى الحزام عند النقطة B؟

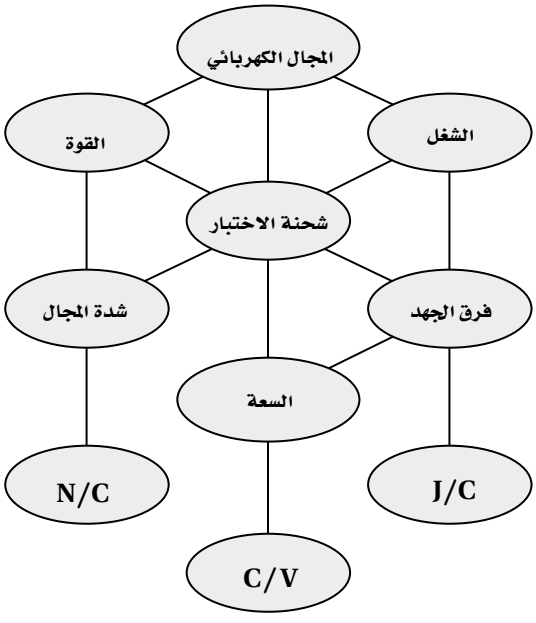
لا تولّد الشحنات الموجودة على القبة الفلزية مجالًا كهربائيًا داخلها، بل تنتقل الشحنات فورًا من الحزام إلى السطح الخارجي للقبة، حيث لا يكون لها تأثير في الشحنات الجديدة التي تصل إلى النقطة B.

تقويم الفصل

خريطة المفاهيم

صفحة 60

39. أكمل خريطة المفاهيم أدناه باستخدام المصطلحات التالية: السعة، شدة المجال، J/C ، الشغل.



إتقان المفاهيم

صفحة 60

40. ما الخاصيتان اللتان يجب أن تكونا لشحنة الاختبار؟

يجب أن يكون مقدار شحنة الاختبار صغيرًا جدًا مقارنة مع مقادير الشحنات التي تولّد المجال الكهربائي، كما يجب أن تكون موجبة.

41. كيف يحدّد اتجاه المجال الكهربائي؟

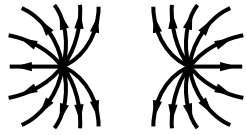
اتجاه المجال هو اتجاه القوة المؤثرة في شحنة موجبة موضوعة في المجال. وبهذا تكون خطوط المجال الكهربائي خارجة من الشحنة الموجبة وداخلة في الشحنة السالبة.

42. ما المقصود بخطوط المجال الكهربائي؟

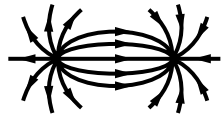
خطوط القوى الكهربائية

43. ارسم بعض خطوط المجال الكهربائي لكل من الحالات التالية:

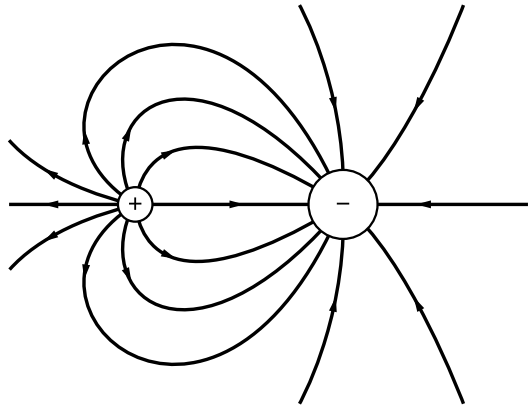
a. شحنتين متساويتين في المقدار ومتماثلتين في النوع.



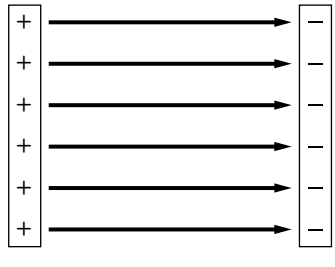
b. شحنتين مختلفتين في النوع ولهما المقدار نفسه.



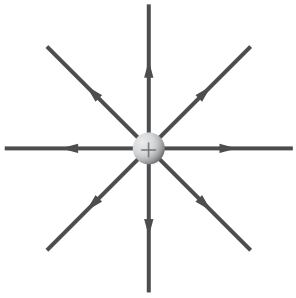
c. شحنة موجبة وأخرى سالبة مقدارها يساوي ضعف مقدار الشحنة الموجبة.



d. لوحين متوازين مختلفين في الشحنة.



44. في **الشكل 15–2**، أين تنتهي خطوط المجال الكهربائي الخارجة من الشحنة الموجبة؟



■ **الشكل 15–2**

تنتهي عند شحنات سالبة بعيدة موجودة في مكان ما خارج حواف الرسم التخطيطي.

45. كيف يتم الإشارة لشدة المجال الكهربائي من خلال خطوط المجال الكهربائي؟

كلما تقاربت خطوط المجال بعضها من بعض زادت قوة المجال الكهربائي.

46. ما وحدة قياس طاقة الوضع الكهربائية؟ وما وحدة قياس فرق الجهد الكهربائي، حسب النظام الدولي للوحدات SI؟

وحدة قياس طاقة الوضع الكهربائية هي الجول، ووحدة قياس فرق الجهد الكهربائي هو الفولت.

47. عرّف الفولت بدلالة التغير في طاقة الوضع الكهربائية لشحنة تتحرك في مجال كهربائي.

الفولت هو التغير في طاقة الوضع الكهربائية ΔPE الناتج عن انتقال وحدة شحنة اختبار q مسافة r مقدارها 1 m في مجال كهربائي E مقداره 1 N/C.

$$\Delta V = \frac{\Delta PE}{q} = Er$$

48. لماذا يفقد الجسم المشحون شحنته عند وصله بالأرض؟

لأن الجسم المشحون يشارك شحنته مع سطح الأرض التي تعدّ جسمًا ضخمًا جدًا.

49. وضع قضيب مطاطي مشحون على طاولة فحافظ على شحنته بعض الوقت. لماذا لا تُفرغ شحنة القضيب المشحون مباشرة؟

لأن الطاولة مادة عازلة ، أو على الأقل موصل رديء جدًا.

تابع الفصل 2

50. شُحن صندوق فلزي. قارن بين تركيز الشحنة على زوايا الصندوق وتركيزها على جوانب الصندوق.

يكون تركيز الشحنة عند الزوايا أكبر من تركيزها على جوانب الصندوق .

51. **أجهزة الحاسوب** لماذا توضع الأجزاء الدقيقة في الأجهزة الإلكترونية – كتلك الموضحة في **الشكل 16–2**– داخل صندوق فلزي موضوع داخل صندوق آخر بلاستيكي؟

■ **الشكل 16–2**

لأن الصندوق الفلزي يحمي هذه الأجزاء من المجالات الكهربائية الخارجية التي لا تنفذ إلى داخل الموصل الأجوف.

تطبيق المفاهيم

صفحة 61–60

52. ماذا يحدث لشدة المجال الكهربائي عندما تنقص شحنة الاختبار إلى نصف قيمتها؟

لا يحدث شيء؛ لأن القوة المؤثرة في شحنة الاختبار ستقل إلى النصف، أي أن النسبة $\frac{F'}{q'}$ والمجال الكهربائي تبقى هي نفسها.

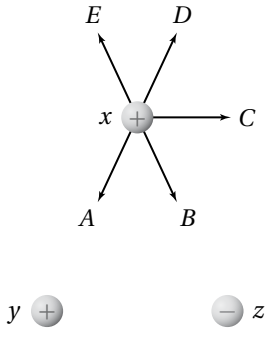
53. هل يلزم طاقة أكبر أم طاقة أقل لتحريك شحنة موجبة ثابتة خلال مجال كهربائي متزايد؟

تتناسب الطاقة طرديًا مع القوة، وتتناسب القوة طرديًا مع المجال الكهربائي، لذا يلزم طاقة أكبر.

54. ماذا يحدث لطاقة الوضع الكهربائية لجسم مشحون موجود داخل مجال كهربائي عندما يُطلق الجسيم ليصبح حرّ الحركة؟

ستتحول طاقة الوضع الكهربائية للجسيم إلى طاقة حركية له.

55. يبيّن **الشكل 17–2** ثلاث كرات مشحونة بالمقدار نفسه. أما أنواعها فموضّحة على الشكل. الكرتان y و z ثابتتان في مكانيهما، أما الكرة x فهي حرة الحركة. والمسافة بين الكرة x وكل من الكرتين y و z في البداية متساوية. حدّد المسار الذي ستبدأ الكرة x في سلوكه. افترض أنه لا يوجد أي قوى أخرى تؤثر في الكرات.



■ **الشكل 17–2**

ستسلك الكرة x المسار C؛ لأنها ستتأثر بالقوتين الموضّحتين بالمتجهين DوB، ومحصلتهما هي المتجه C.

56. ما وحدة قياس فرق الجهد الكهربائي بدلالة m، وkg، وs، وC؟

$$V = \frac{\mathrm{J}}{\mathrm{C}} = \frac{\mathrm{N \cdot m}}{\mathrm{C}} = \left(\frac{\mathrm{kg \cdot m}}{\mathrm{s^2}}\right)\left(\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{C}}\right)$$
$$= \mathrm{kg \cdot m^2/s^2 \cdot C}$$

57. كيف تبدو خطوط المجال الكهربائي عندما يكون للمجال الكهربائي الشدة نفسها عند النقاط جميعها في منطقة ما؟

تكون متوازية، وتفصلها مسافات متساوية

58. **تجربة قطرة الزيت لملّيكان** يفضل عند إجراء هذه التجربة استخدام قطرات زيت لها شحنات صغيرة. هل يتعين عليك البحث عن القطرات التي تتحرك ببطء عندما يتم تشغيل المجال الكهربائي؟ وضّح إجابتك.

يتعين البحث عن القطرات التي تتحرك ببطء؛ فكلما كانت الشحنة أكبر كانت القوة المؤثرة فيها أكبر؛ لذا تكون سرعتها الحدية أكبر .

59. فـي تجربة قطرة الزيت لملّيـكان تم تثبيت قطرتي زيت في المجال الكهربائي.

a. هل يمكنك استنتاج أن شحنتيهما متماثلتان؟

لا. قد تكون كتلتاهما مختلفتين.

b. أي خصائص قطرتي الزيت نِسبُها متساوية؟

نسبة الشحنة إلى الكتلة $\frac{q}{m}$ أو نسبة الكتلة إلى الشحنة $\frac{m}{q}$.

60. يقف زيد وأخته ليلى على سطح مستوٍ معزول متلامسين بالأيدي عندما تم إكسابهما شحنة، كما هو موضّح في **الشكل 18–2**. إذا كانت المساحة السطحية لجسم زيد أكبر من ليلى فمن منهما يكون له كمية أكبر من الشحنات، أم سيكون لهما المقدار نفسه من الشحنات؟

■ الشكل 18–2

يمتلك زيد مساحة سطحية أكبر، لذا سيمتلك كمية أكبر من الشحنة.

61. إذا كان قطـرا كرتـي ألومنيـوم 1 cm و10 cm فأيّهما له سعة أكبر؟

للكرة التي قطرها 10 cm سعة كهربائية أكبر؛ لأن الشحنات يمكنها أن تبتعد بعضها عن بعض بصورة أكبر، وهذا يقلّل من ارتفاع جهدها عندما تُشحن.

62. كيـف يمكنـك تخزين كميـات مختلفة من الشـحنة في مكثف؟

بتغيير الجهد بين طرفي المكثف.

إتقان حل المسائل

2–1 توليد المجالات الكهربائية وقياسها

صفحة 62–61

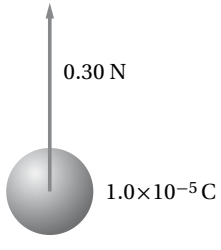
شحنة الإلكترون تساوي -1.60×10^{-19} C، استخدم هذه القيمة حيث يلزم.

63. ما مقدار شحنة اختبار إذا تعرضت لقوة مقدارها 1.4×10^{-8}N عند نقطة شدة المجال الكهربائي فيها 5.0×10^{-4} N/C ؟

$$E=\frac{F}{q}$$

$$q=\frac{F}{E}=\frac{1.4\times10^{-8}\ \text{N}}{5.0\times10^{-4}\ \text{N/C}}=2.8\times10^{-5}\ \text{C}$$

64. يوضّح **الشكل 19–2** شحنة موجبة مقدارها 1.0×10^{-5} C، تتعرض لقوة 0.30 N، عند وضعها عند نقطة معينة. ما شدة المجال الكهربائي عند تلك النقطة؟



■ الشكل 19–2

$$E=\frac{F}{q}=\frac{0.30\ \text{N}}{1.0\times10^{-5}\ \text{C}}=3.0\times10^{4}\ \text{N/C}$$

وفي اتجاه القوة الكهربائية نفسها (إلى أعلى)

65. إذا كان المجـال الكهربائي في الغلاف الجوي يسـاوي 150 N/C تقريبًا، ويتجه إلى أسفل، فأجب عما يلي:

a. ما اتجاه القوة المؤثرة في جسيم مشحون بشحنة سالبة؟

اتجاه القوة المؤثرة في الجسيم يكون إلى أعلى.

b. أوجـد القوة الكهربائية التـي يؤثر بها هذا المجال في إلكترون.

$$E=\frac{F}{q}$$

$$F=qE=(1.6\times10^{-19}\ \text{C})(150\ \text{N/C})$$

$$=2.4\times10^{-17}\ \text{N}$$

في اتجاه الأعلى $F=2.4\times10^{-17}$ N

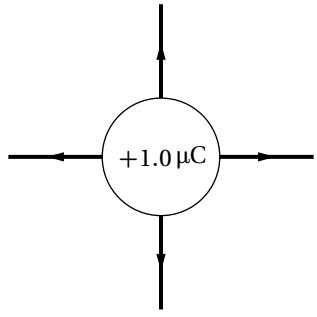
c. قارن بين القوة في الفرع b وقوة الجاذبية الأرضية المؤثرة في الإلكترون نفسه. (كتلة الإلكترون تساوي 9.1×10^{-31} kg)

$$F = mg = (9.1\times10^{-31}\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2)$$
$$= 8.9\times10^{-30}\ \text{N}$$
$$F = 8.9\times10^{-30}\ \text{N (إلى أسفل)}$$

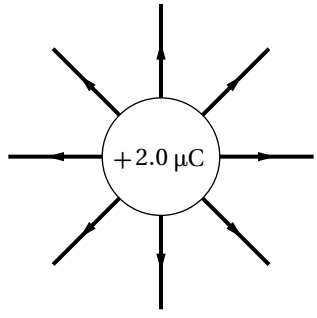
قوة الجاذبية أقل بأكثر من تريليون مرة من القوة الكهربائية.

66. ارسم بدقة الحالات التالية:

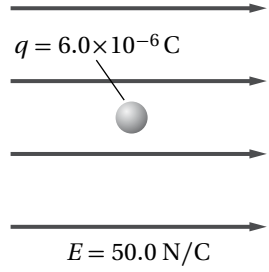
a. المجال الكهربائي الناتج عن شحنة مقدارها $+1.0\ \mu C$.



b. المجال الكهربائي الناتج عن شحنة $+2.0\ \mu C$ (اجعل عدد خطوط المجال متناسبًا مع التغير في مقدار الشحنة).



67. وضعت شحنة اختبار موجبة مقدارها 6.0×10^{-6} C في مجال كهربائي شدته 50.0 N/C، كما هو موضّح في **الشكل 20–2**. ما مقدار القوة المؤثرة في شحنة الاختبار؟

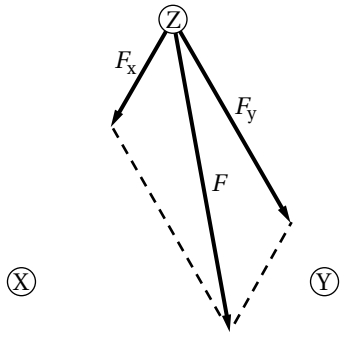


الشكل 20–2 ■

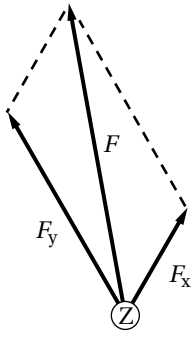
$$E = \frac{F}{q}$$
$$F = qE = (6.0\times10^{-6}\ \text{C})(50.0\ \text{N/C})$$
$$= 3.0\times10^{-4}\ \text{N}$$

68. ثلاث شحنات: X وY و Z يبعد بعضها عن بعض مسافات متساوية. إذا كان مقدار الشحنة X يساوي $+1.0\ \mu C$، ومقدار الشحنة Y يساوي $+2.0\ \mu C$، والشحنة Z صغيرة وسالبة:

a. فارسم سهمًا يُمثّل القوة المحصلة المؤثرة في الشحنة Z.



b. إذا كانت الشحنة Z موجبة وصغيرة فارسم سهمًا يمثّل القوة المحصلة المؤثرة فيها.



69. تتسارع الإلكترونات في أنبوب الأشعة المهبطية في تلفاز نتيجة مجال كهربائي مقداره 1.00×10^5 N/C. احسب ما يلي:

a. القوة المؤثرة في الإلكترون.

$$E = \frac{F}{q}$$
$$F = Eq$$
$$= (-1.60\times10^{-19}\ \text{C})(1.00\times10^5\ \text{N/C})$$
$$= -1.60\times10^{-14}\ \text{N}$$

b. تسارع الإلكترون إذا كان المجال منتظمًا. اعتبر كتلة الإلكترون 9.11×10^{-31} kg.

$$F = ma$$

$$a = \frac{F}{m} = \frac{-1.60\times10^{-14}\ \text{N}}{9.11\times10^{-31}\ \text{kg}}$$

$$= -1.76\times10^{16}\ \text{m/s}^2$$

70. أوجد شدة المجال الكهربائي على بُعد 20.0 cm من شحنة نقطية مقدارها 8.0×10^{-7} C .

$$E = \frac{F}{q'},\ F = \frac{Kqq'}{r^2}$$

أي:

$$E = \frac{Kq}{r^2}$$

$$= \frac{(9.0\times10^9\ \text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2)(8.0\times10^{-7}\ \text{C})}{(0.200\ \text{m})^2}$$

$$= 1.8\times10^5\ \text{N/C}$$

71. شحنة نواة ذرة رصاص تساوي شحنة 82 بروتونًا.

a. أوجد مقدار واتجاه المجال الكهربائي على بُعد 1.0×10^{-10} m من النواة.

$$Q = (\text{82 بروتون})(1.60\times10^{-19}\ \text{C/ بروتون})$$

$$= 1.31\times10^{-17}\ \text{C}$$

$$E = \frac{F}{q} = \frac{1}{q}\left(\frac{KqQ}{r^2}\right) = \frac{KQ}{r^2}$$

$$= \frac{(9.0\times10^9\ \text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2)(1.31\times10^{-17}\ \text{C})}{(1.0\times10^{-10}\ \text{m}^2)}$$

$$= 1.2\times10^{13}\ \text{N/C}\ \text{في اتجاه بعيدًا عن النواة}$$

b. أوجد مقدار واتجاه القوة المؤثرة في إلكترون موضوع على البعد نفسه.

$$F = Eq$$

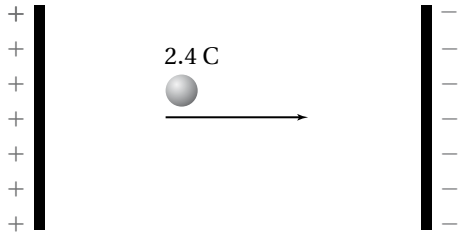
$$= (1.2\times10^{13}\ \text{N/C})(-1.60\times10^{-19}\ \text{C})$$

$$= -1.9\times10^{-6}\ \text{N},\ \text{في اتجاه النواة}$$

2–2 تطبيقات المجالات الكهربائية

صفحة 63–62

72. إذا بُذل شغل مقداره 120 J لتحريك شحنة مقدارها 2.4 C من اللوح الموجب إلى اللوح السالب، كما هو موضّح في **الشكل 21–2**، فما فرق الجهد الكهربائي بين اللوحين؟



الشكل 21–2 ■

$$\Delta V = \frac{W}{q} = \frac{120\ \text{J}}{2.4\ \text{C}} = 5.0\times10^1\ \text{V}$$

73. ما مقدار الشغل اللازم لنقل شحنة مقدارها 0.15 C خلال فرق جهد كهربائي مقداره 9.0 V؟

$$\Delta V = \frac{W}{q}$$

$$W = q\Delta V = (0.15\ \text{C})(9.0\ \text{V})$$

$$= 1.4\ \text{J}$$

74. بذلت بطارية شغلاً مقداره 1200 J لنقل شحنة كهربائية. ما مقدار هذه الشحنة المنقولة إذا كان فرق الجهد بين طرفي البطارية 12 V؟

$$\Delta V = \frac{W}{q}$$

$$q = \frac{W}{\Delta V} = \frac{1200\ \text{J}}{12\ \text{V}} = 1.0\times10^2\ \text{C}$$

75. إذا كانت شدة المجال الكهربائي بين لوحين متوازيين مشحونين 1.5×10^3 N/C، والبعد بينهما 0.060 m فما فرق الجهد الكهربائي بين اللوحين بوحدة الفولت؟

$$\Delta V = Er$$

$$= (1.5\times10^3\ \text{N/C})(0.060\ \text{m})$$

$$= 9.0\times10^1\ \text{V}$$

76. تبيّن قراءة فولتمتر أن فرق الجهد الكهربائي بين لوحين متوازيين مشحونين 70.0 V. فإذا كان البعد بين اللوحين 0.020 m فما شدة المجال الكهربائي بينهما؟

$$\Delta V = Er$$

$$E = \frac{\Delta V}{r} = \frac{70.0\ \text{V}}{0.020\ \text{m}} = 3500\ \text{V/m}$$

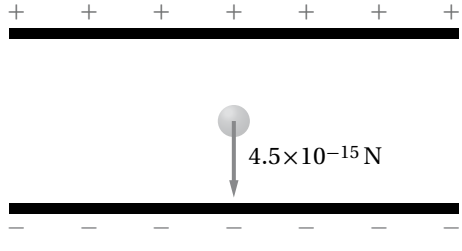
$$= 3500\ \text{N/C}$$

77. يختزن مكثف موصول بمصدر جهد 45.0 V شحنة مقدارها 90.0 μC، ما مقدار سعة المكثف؟

$$C = \frac{q}{\Delta V}$$

$$C = \frac{q}{\Delta V} = \frac{90.0\times10^{-6}\ \text{C}}{45.0\ \text{V}} = 2.00\ \mu\text{F}$$

78. تم تثبيت قطرة الزيت الموضحة في **الشكل 22–2** والمشحونة بشحنة سالبة في مجال كهربائي شدته 5.6×10^{3} N/C. فإذا كان وزن القطرة 4.5×10^{-15} N:



■ **الشكل 22–2**

a. فما مقدار الشحنة التي تحملها القطرة؟

$$E = \frac{F}{q}$$

$$q = \frac{F}{E} = \frac{4.5\times10^{-15}\ \text{N}}{5.6\times10^{3}\ \text{N/C}}$$

$$= 8.0\times10^{-19}\ \text{C}$$

b. وما عدد الإلكترونات الفائضة التي تحملها القطرة؟

$$(8.0\times10^{-19}\ \text{C})\frac{\text{إلكترون 1}}{1.60\times10^{-19}\ \text{C}} = \text{إلكترونات 5}$$

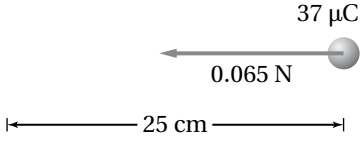
79. ما شحنة مكثف سعته 15.0 pF عند توصيله بمصدر جهد 45.0 V؟

$$C = \frac{q}{\Delta V}$$

$$q = C\Delta V = (15.0\times10^{-12}\ F)(45.0\ \text{V})$$

$$= 6.75\times10^{-10}\ \text{C}$$

80. إذا لزم قوة مقدارها 0.065 N لتحريك شحنة مقدارها 37 μC مسافة 25 cm في مجال كهربائي منتظم، كما يوضّح **الشكل 23–2**، فما مقدار فرق الجهد الكهربائي بين النقطتين؟



■ **الشكل 23–2**

$$W = Fr$$

$$\Delta V = \frac{W}{q} = \frac{Fr}{q}$$

$$= \frac{(0.065\ \text{N})(0.25\ \text{m})}{37\times10^{-6}\ \text{C}}$$

$$= 4.4\times10^{2}\ \text{V}$$

81. **آلة التصوير** يعبر عن الطاقة المختزنة في مكثف سعته C، وفرق الجهد الكهربائي بين طرفيه ΔV كما يلي: $W = \frac{1}{2}C\Delta V^2$. ومن التطبيقات على ذلك آلة التصوير الإلكترونية ذات الفلاش الضوئي، كالتي تظهر في **الشكل 24–2**. إذا شُحن مكثف في آلة تصوير مماثلة سعته 10.0 μF، إلى أن أصبح فرق الجهد عليه 3.0×10^{2} V فما مقدار الطاقة المختزنة في المكثف؟

■ **الشكل 24–2**

$$W = \frac{1}{2}C\Delta V^2$$

$$= \frac{1}{2}(10.0\times10^{-6}\ F)(3.0\times10^{2}\ \text{V})^2$$

$$= 0.45\ \text{J}$$

تابع الفصل 2

82. افترض أن شحن المكثف في المسألة السابقة استغرق 25 s، فأجب عما يلي:

a. أوجد متوسط القدرة اللازمة لشحن المكثف خلال هذا الزمن.

$$P = \frac{W}{t} = \frac{0.45\ \text{J}}{25\ \text{s}} = 1.8\times10^{-2}\ \text{W}$$

b. عند تفريغ شحنة هذا المكثف خلال مصباح الفلاش يفقد طاقته كاملة خلال زمن مقداره 1.0×10^{-4} s. أوجد القدرة التي تصل إلى مصباح الفلاش.

$$P = \frac{W}{t} = \frac{0.45\ \text{J}}{1.0\times10^{-4}\ \text{s}} = 4.5\times10^{3}\ \text{W}$$

c. ما أكبر قيمة ممكنة للقدرة؟

تتناسب القدرة عكسيًا مع الزمن؛ فكلما قل زمن استهلاك كمية محددة من الطاقة زادت القدرة الناتجة.

83. **الليزر** تستخدم أجهزة الليزر لمحاولة إنتاج تفاعلات اندماج نووي مسيطر عليها. ويتطلب تشغيل هذه الليزرات نبضات صغيرة من الطاقة تُخزّن في غرف كبيرة مملوءة بالمكثفات. وتقدّر السعة الكهربائية لغرفة واحدة بـ $61\times10^{-3}\ F$ تشحن حتى يصل فرق الجهد عليها إلى 10.0 kV.

a. إذا علمت أن $W = \frac{1}{2}C\Delta V^2$ فأوجد الطاقة المختزنة في المكثفات.

$$W = \frac{1}{2}C\Delta V^2$$

$$= \left(\frac{1}{2}\right)(61\times10^{-3}\ F)(1.00\times10^{4}\ \text{V})^2$$

$$= 3.1\times10^{6}\ \text{J}$$

b. إذا تم تفريغ المكثفات خلال 10 ns (أي 1×10^{-8} s) فما مقدار الطاقة الناتجة؟

$$P = \frac{W}{t} = \frac{3.1\times10^{6}\ \text{J}}{1.0\times10^{-8}\ \text{s}} = 3.1\times10^{14}\ W$$

c. إذا تم شحن المكثفات بواسطة مولّد قدرته 1.0 kW فما الزمن بالثواني اللازم لشحن المكثفات؟

$$t = \frac{W}{P} = \frac{3.1\times10^{6}\ \text{J}}{1.0\times10^{-3}\ \text{W}} = 3.1\times10^{3}\ \text{s}$$

مراجعة عامة

صفحة 64–63

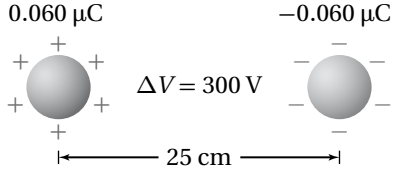
84. ما مقدار الشغل المبذول لتحريك شحنة مقدارها 0.25 μC بين لوحين متوازيين، البعد بينهما 0.40 cm، إذا كان المجال بين اللوحين 6400 N/C؟

$$W = q\Delta V = qEr$$
$$= (2.5\times10^{-7}\ \text{C})(6400\ \text{N/C})(4.0\times10^{-3}\ \text{m})$$
$$= 6.4\times10^{-6}\ \text{J}$$

85. ما مقدار الشحنات المختزنة في مكثف ذي لوحين متوازيين سعته 0.22 μ*F*، إذا كان البعد بين لوحيه 1.2 cm، والمجال الكهربائي بينهما 2400 N/C؟

$$q = C\Delta V = CEr$$
$$= (2.2\times10^{-7}\ F)(2400\ \text{N/C})(1.2\times10^{-2}\ \text{m})$$
$$= 6.3\ \mu\text{C}$$

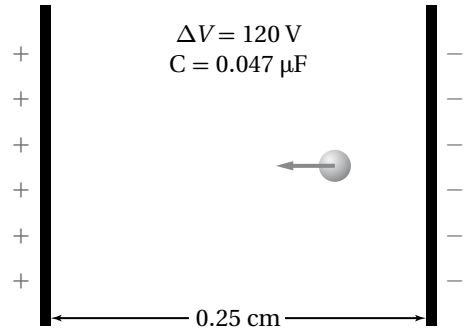
86. يبين **الشكل 25–2** كرتين فلزيتين صغيرتين متماثلتين، البعد بينهما 25 cm، وتحملان شحنتين مختلفتين في النوع، مقدار كل منهما 0.060 μC. فإذا كان فرق الجهد بينهما 300 V فما مقدار السعة الكهربائية للنظام؟



■ **الشكل 25–2**

$$C = \frac{q}{\Delta V} = \frac{6.0\times10^{-8}\ \text{C}}{300\ \text{V}} = 2\times10^{-10}\ F$$

ارجع إلى المكثف الموضح في **الشكل 26–2** عند حل **المسائل 90–87**.



■ **الشكل 26–2**

87. إذا شُحن هذا المكثف حتى أصبح فرق الجهد بين لوحيه 120 V فما مقدار الشحنة المختزنة فيه؟

$$C = \frac{q}{\Delta V}$$

$$q = C\Delta V$$

$$= (4.7\times10^{-8}\ F)(120\ \text{V})$$

$$= 5.6\times10^{-6}\ \text{C} = 5.6\ \mu\text{C}$$

88. ما مقدار شدة المجال الكهربائي بين لوحي المكثف؟

$$\Delta V = Er$$

$$E = \frac{\Delta V}{r}$$

$$= \frac{120\ \text{V}}{2.5\times10^{-3}\ \text{m}} = 4.8\times10^{4}\ \text{V/m}$$

89. إذا وضع إلكترون بين لوحي المكثف فما مقدار القوة المؤثرة فيه؟

$$E = \frac{F}{q}$$

$$F = qE = (4.8\times10^{4}\ \text{V/m})\ (1.6\times10^{-19}\ \text{C})$$

$$= 7.7\times10^{-15}\ \text{N}$$

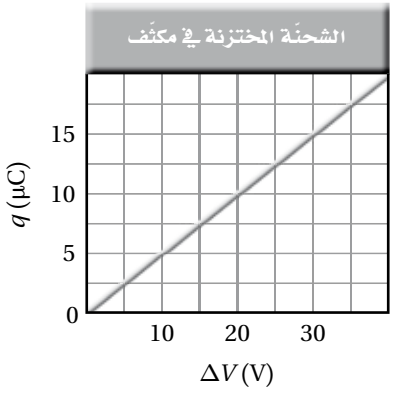
90. ما مقدار الشغل اللازم لتحريك شحنة إضافية مقدارها 0.010 μC بين لوحي المكثف عندما يكون فرق الجهد بينهما 120 V؟

$$\Delta V = \frac{W}{q}$$

$$W = q\,\Delta V$$

$$= (1.0\times10^{-8}\ \text{C})(120\ \text{V}) = 1.2\times10^{-6}\ \text{J}$$

ارجع إلى الرسم البياني الموضح في **الشكل 27–2**، والذي يمثل الشحنة المختزنة في مكثف في أثناء زيادة فرق الجهد عليه، عند **حل المسائل 95–91**.



■ **الشكل 27–2**

91. ماذا يمثّل ميل الخط الموضّح على الرسم البياني؟

السعة الكهربائية للمكثف.

92. ما سعة المكثف الممثّل في هذا الشكل؟

$$C = \text{الميل} = 0.50\ \mu F$$

93. ماذا تمثّل المساحة تحت الخط البياني؟

الشغل المبذول لشحن المكثف.

94. ما مقدار الشغل اللازم لشحن هذا المكثف ليصبح فرق الجهد بين لوحيه 25 V؟

$$W = \text{المساحة} = \frac{1}{2}(\text{الطول} \times \text{العرض})$$

$$= \left(\frac{1}{2}\right)(25\ \text{V})(12.5\ \mu\text{C})$$

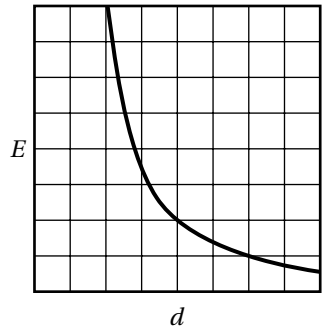
$$= 160\ \mu\text{J}$$

95. لماذا لا يساوي الشغل الناتج في المسألة السابقة المقدار $q\,\Delta V$؟

لأن فرق الجهد لا يكون ثابتًا في أثناء شحن المكثف، لذا يجب حساب المساحة تحت المنحنى البياني لإيجاد الشغل، وليس فقط من حسابات ضرب بسيطة.

تابع الفصل 2

96. مثّل بيانيًّا شدة المجال الكهربائي الناشئ بالقرب من شحنة نقطية موجبة، على شكل دالة رياضية في البعد عنها.



97. أين يكون المجال الكهربائي الناشئ عن شحنة نقطية صفرًا؟

لا يوجد مكان، أو عند مسافة لانهائية من الشحنة النقطية.

98. ما شدة المجال الكهربائي على بُعد 0 m من شحنة نقطيـة؟ هل هنـاك شـيء يشـبه الشحنة النقطية تمامًا؟

لا نهائي. لا.

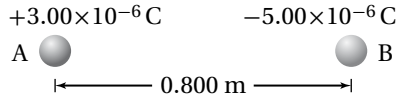
التفكير الناقد

صفحة 65–64

99. **تطبيق المفاهيم** على الرغم من تصميم قضيب مانعة الصواعق ليوصل الشـحنات بأمان إلى الأرض، إلا أن هدفه الرئيس هو منع ضربة الصاعقة في المقام الأول، فكيف تعمل مانعة الصواعق ذلك؟

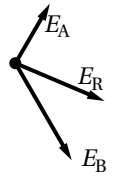
إن النقطة الحادة عند نهاية القضـيب تُسـرِّب شـحنات إلى الغلاف الجوي قبل أن ينتج عن تراكُمِها فرق جهد يكون كافيًا لحدوث ضربة صاعقة البرق.

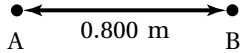
100. حلّل واستنتج وُضِعت الكرتان الصغيرتـان A وB على محور x، كما هو موضح في **الشكل 28–2**. فإذا كانت شحنة الكرة A تساوي 3.00×10^{-6} C،والكرة B تبعد مسافة مقـدارها 0.800 m عن يمين الكرة A، وتحمل شحنـة مقـدارها -5.00×10^{-6} C فما شـــدة المجال الكهربائي واتجاهه عند نقطة فوق المحور x، بحيث تشـكل هذه النقطة رأس مثلث متسـاوي الأضلاع مع الكرتين A و B؟



■ الشكل 28–2

تُرسم الكرات التي تمثل الشحنات وكذلك المتجهات التي تمثل المجال الكهربائي للشحنات عند النقطة المحددة.





$$E_A = \frac{F_A}{q'} = \frac{Kq_A}{r^2} = \frac{(9.0\times10^9\ \text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2)(3.00\times10^{-6}\ \text{C})}{(0.800\ \text{m})^2} = 4.22\times10^4\ \text{N/C}$$

$$E_B = \frac{F_B}{q'} = \frac{Kq_B}{r^2} = \frac{(9.0\times10^9\ \text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2)(5.00\times10^{-6}\ \text{C})}{(0.800\ \text{m})^2} = 7.03\times10^4\ \text{N/C}$$

$$E_{Ax} = E_A \cos 60.0° = (4.22\times10^4\ \text{N/C})(\cos 60.0°) = 2.11\times10^4\ \text{N/C}$$

$$E_{Ay} = E_A \sin 60.0° = (4.22\times10^4\ \text{N/C})(\sin 60.0°) = 3.65\times10^4\ \text{N/C}$$

$$E_{Bx} = E_B \cos(-60.0°) = (7.03\times10^4\ \text{N/C})(\cos -60.0°) = 3.52\times10^4\ \text{N/C}$$

$$E_{By} = E_B \sin(-60.0°) = (7.03\times10^4\ \text{N/C})(\sin -60.0°) = -6.09\times10^4\ \text{N/C}$$

$$E_x = E_{Ax} + E_{Bx} = (2.11\times10^4\ \text{N/C}) + (3.52\times10^4\ \text{N/C}) = 5.63\times10^4\ \text{N/C}$$

$$E_y = E_{Ay} + E_{By} = (3.65\times10^4\ \text{N/C}) + (-6.09\times10^4\ \text{N/C}) = -2.44\times10^4\ \text{N/C}$$

$$E_R = \sqrt{E_x^2 + E_y^2} = 6.14\times10^4\ \text{N/C}$$

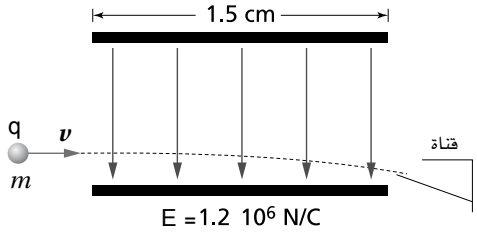
$$\tan\theta = \frac{E_y}{E_x}$$

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{E_x}{E_y}\right)$$

$$= \tan^{-1}\left(\frac{-2.44\times10^4\ \text{N/C}}{5.63\times10^4\ \text{N/C}}\right)$$

$$= -23.4°$$

101. **حلّل واستنتج** في طابعة نفث الحبر، تُعطى قطرات الحبر كمية معيّنة من الشحنة قبل أن تتحرك بين لوحين كبيرين متوازيين، الهدف منهما توجيه الشحنات بحيث يتم إيقافها لتتحرك في قناة؛ لكي لا تصل إلى الورقة، كما هو موضّح في **الشكل 29–2**. ويبلغ طول كل لوح 1.5 cm، ويتولّد بينهما مجال كهربائي مقداره 1.2×10^{6} N/C. فإذا تحركت قطرات حبر، كتلة كلٍّ منها 0.10 ng، وشحنتها 1.0×10^{-16} C، أفقيًّا بسرعة 15 m/s في اتجاه موازٍ للوحين، كما في الشكل، فما مقدار الإزاحة الرأسية للقطرات لحظة مغادرتها اللوحين؟ لمساعدتك على إجابة السؤال أجب عن الأسئلة التالية:



■ **الشكل 29–2**

a. ما القوة الرأسية المؤثرة في القطرات؟

$$F = Eq$$

$$= (1.0\times10^{-16}\,\text{C})(1.2\times10^{6}\ \text{N/C})$$

$$= 1.2\times10^{-10}\,\text{N}$$

b. ما مقدار التسارع الرأسي للقطرات؟

$$a = \frac{F}{m} = \frac{1.2\times10^{-10}\,\text{N}}{1.0\times10^{-13}\,\text{kg}} = 1.2\times10^{3}\ \text{m/s}^2$$

c. ما الزمن الذي بقيت فيه القطرات بين اللوحين؟

$$t = \frac{L}{v} = \frac{1.5\times10^{-2}\,\text{m}}{15\,\text{m/s}} = 1.0\times10^{-3}\,\text{s}$$

d. ما إزاحة القطرات؟

$$y = \frac{1}{2}at^2$$

$$= \left(\frac{1}{2}\right)(1.2\times10^{3}\,\text{m/s}^2)(1.0\times10^{-3}\,\text{s})^2$$

$$= 6.0\times10^{-4}\,\text{m} = 0.60\,\text{mm}$$

تابع الفصل 2

102. تطبيق المفاهيم افترض أن القمر يحمل شحنة فائضة تساوي $-q$، وأن الأرض تحمل شحنة فائضة تساوي $+10\ q$، ما مقدار الشحنة q التي تنتج مقدار القوة نفسه الناتج عن قوة الجاذبية بين كتلتيهما؟

بمساواة العلاقتين الرياضيتين لقوة الجاذبية وقوة كولوم بين الأرض والقمر:

$$F = \frac{Gm_E m_M}{r^2} = \frac{Kq_E q_M}{r^2} = \frac{10Kq^2}{r^2}$$

حيث $-q$ الشحنة المحصلة (الصافية) التي يحملها القمر و q_E الشحنة الموجبة المحصلة (الصافية) التي تحملها الأرض وتساوي $+10\ q$.

وبحل المعادلة بالرموز ثم التعويض بالأرقام ينتج:

$$q = \sqrt{\frac{Gm_E m_M}{10\,K}}$$

$$= \sqrt{\frac{(6.67\times10^{-11}\ \text{N}\cdot\text{m}^2/\text{kg}^2)(6.00\times10^{24}\ \text{kg})(7.31\times10^{22}\ \text{kg})}{(10)(9.0\times10^{9}\ \text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2)}}$$

$$= 1.8\times10^{13}\ \text{C}$$

الكتابة في الفيزياء

صفحة 65

103. اختر اسمًا لوحدة كهربائية، مثل: الكولوم، أو الفولت، أو الفاراد، وابحث عن حياة وعمل العالم الذي سُمِّيت باسمه. واكتب مقالة موجزة عن هذا العالم على أن تتضمن المقالة مناقشة العمل الذي برّر إطلاق اسمه على تلك الوحدة.

ستختلف إجابات الطلاب، بعض الأمثلة من العلماء الذين يمكن أن يختارهم الطلاب: فولتا، أو كولوم، أو أوم، أو أمبير.

مراجعة تراكمية

صفحة 65

104. إذا كانت القوة بين شحنتين Q و q تساوي F عندما كانت المسافة بينهما r، فما مقدار القوة الجديدة التي تنتج في كل حالة من الحالات التالية:

a. مضاعفة r ثلاث مرات.

$$\frac{F}{9}$$

b. مضاعفة Q ثلاث مرات.

$$3F$$

c. مضاعفة كل من r، وQ ثلاث مرات.

$$\frac{F}{3}$$

d. مضاعفة كل من r، وQ مرتين.

$$\frac{F}{2}$$

e. مضاعفة كل من r، وQ، وq ثلاث مرات.

$$F$$

تابع الفصل 2

مسألة التحفيز

صفحة 55

يجذب لوحا مكثّف كهربائي أحدهما الآخر لأنهما يحملان شحنتين مختلفتين، فإذا كانت المسافة بين لوحي مكثف متوازيين ،r وسعته الكهربائية C فأجب عما يلي:

1. اشتق علاقة للقوة الكهربائية بين اللوحين عندما يكون للمكثف شحنة مقدارها q.

بما أن: $F = Eq$ ،$E = \frac{\Delta V}{r}$ ، $\Delta V = \frac{q}{C}$

أي: $F = Eq = \left(\frac{\Delta V}{r}\right)q = \left(\frac{\left(\frac{q}{C}\right)}{r}\right)q = \frac{q^2}{Cr}$

2. ما مقدار الشحنة التي يجب أن تخزّن في مكثف سعته $22\ \mu F$، والمسافة بين لوحيه $1.5\ \text{mm}$ لتكون القوة بين لوحيه $2.0\ \text{N}$؟

بما أن: $F = \frac{q^2}{Cr}$

أي: $q = \sqrt{FCr}$

$$= \sqrt{(2.0\ \text{N})(2.2\times10^{-5}\ F)(1.5\times10^{-3}\ \text{m})}$$

$$= 2.6\times10^{-4}\ \text{C}$$

مسائل تدريبية

3–1 التيار الكهربائي والدوائر الكهربائية (صفحة 84–73)

صفحة 77

1. إذا مرّ تيار كهربائي مقداره 0.50 A في مصباح كهربائي فرق الجهد بين طرفيه 125 V، فما المعدل الزمني لتحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة ضوئية؟ افترض أن كفاءة المصباح 100%.

$$P = IV = (0.50\ \text{A})(125\ \text{V}) = 63\ \text{J/s} = 63\ \text{W}$$

2. تَوَلّد تيار مقداره 2.0 A في مصباح متصل ببطارية سيارة. ما مقدار القدرة المستهلكة في المصباح إذا كان فرق الجهد عليه 12 V؟

$$P = IV = (2.0\ \text{A})(12\ \text{V}) = 24\ \text{W}$$

3. ما مقدار التيار الكهربائي المار في مصباح قدرته 75 W متصل بمصدر جهد مقداره 125 V؟

$$P = IV$$

$$I = \frac{P}{V} = \frac{75\ \text{W}}{125\ \text{V}} = 0.60\ \text{A}$$

4. يمرّ تيار كهربائي مقداره 210 A في جهاز بدء التشغيل في محرك سيارة. فإذا كان فرق الجهد بين قطبي البطارية 12 V فما مقدار الطاقة الكهربائية التي تصل إلى جهاز بدء التشغيل خلال 10.0 s؟

$$P = IV$$

$$E = Pt \quad \text{و}$$

$$E = IVt = (210\ \text{A})(12\ \text{V})(10.0\ \text{s}) \quad \text{أي أن:}$$

$$= 2.5\times10^{4}\ \text{J}$$

5. مصباح كهربائي كُتب عليه 0.90 W. إذا كان فرق الجهد بين طرفيه 3.0 V فما مقدار شدة التيار المار فيه؟

$$P = IV$$

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

$$= \frac{0.90\ \text{W}}{3.0\ \text{V}} = 0.30\ \text{A}$$

صفحة 82

افترض في هذه المسائل جميعها أن جهد البطارية ومقاومات المصابيح ثابتة، بغض النظر عن مقدار التيار.

6. إذا وُصل محرك بمصدر جهد، وكانت مقاومة المحرك في أثناء تشغيله 32 Ω، ومقدار التيار المار في تلك الدائرة 3.8 A، فما مقدار جهد المصدر؟

$$V = IR = (3.8\ \text{A})(32\ \Omega) = 1.2\times10^{2}\ \text{V}$$

7. يمر تيار مقداره 2.0×10^{-4} A في مجسّ عند تشغيله ببطارية جهدها 3.0 V. ما مقدار مقاومة دائرة جهاز المجسّ؟

$$R = \frac{V}{I} = \frac{3.0\ \text{V}}{2.0\times10^{-4}\ \text{A}}$$

$$= 1.5\times10^{4}\ \Omega$$

8. يسحب مصباح تيارًا مقداره 0.5 A عند توصيله بمصدر جهد مقداره 120 V. احسب مقدار:

a. مقاومة المصباح.

$$R = \frac{V}{I} = \frac{120\ \text{V}}{0.50\ \text{A}} = 2.4\times10^{2}\ \Omega$$

b. القدرة الكهربائية المستهلكة في المصباح.

$$P = IV = (0.50\ \text{A})(120\ \text{V}) = 6.0\times10^{1}\ \text{W}$$

9. وصِل مصباح كُتب عليه 75 W بمصدر جهد 125 V، احسب مقدار:

a. التيار المار في المصباح.

$$I = \frac{P}{V} = \frac{75\ \text{W}}{125\ \text{V}} = 0.60\ \text{A}$$

b. مقاومة المصباح.

$$R = \frac{V}{I} = \frac{125\ \text{V}}{0.60\ \text{A}} = 2.1\times10^{2}\ \Omega$$

10. في المسألة السابقة، إذا أُضيفت مقاومة للمصباح لتقليل التيار المار فيه إلى نصف قيمته الأصلية، فما مقدار:

a. فرق الجهد بين طرفي المصباح؟

التيار المار بالمصباح بعد إضافة المقاومة هو:

$$\frac{0.60\ \text{A}}{2} = 0.30\ \text{A}$$

$$V = IR = (0.30\ \text{A})(2.1\times10^{2}\ \Omega)$$

$$= 6.3\times10^{1}\ \text{V}$$

b. المقاومة التي أُضيفت إلى الدائرة؟

أصبحت المقاومة الكلية في الدائرة:

$$R_{\text{الكلية}} = \frac{V}{I} = \frac{125\ \text{V}}{0.30\ \text{A}} = 4.2\times10^{2}\ \Omega$$

لذلك

$$R_{\text{المضافة}} = R_{\text{الكلية}} - R_{\text{المصباح}}$$

$$= 4.2\times10^{2}\ \Omega - 2.1\times10^{2}\ \Omega$$

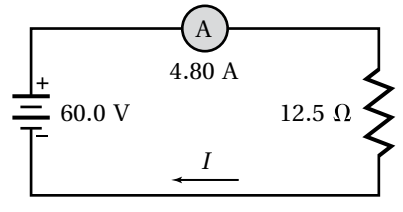
$$= 2.1\times10^{2}\ \Omega$$

c. القدرة الكهربائية التي يستهلكها المصباح الآن؟

$$P = IV = (0.30\ \text{A})(6.3\times10^{1}\ \text{V}) = 19\ \text{W}$$

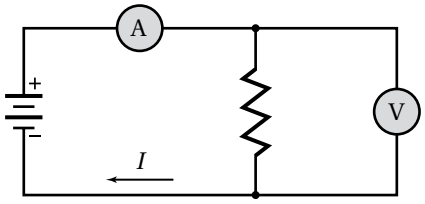
صفحة 84

11. ارسم رسمًا تخطيطيًّا لدائرة توالٍ تحتوي على بطارية فرق الجهد بين طرفيها 60.0V، وأميتر، ومقاومة مقدارها 12.5Ω، أوجد قراءة الأميتر، وحدّد اتجاه التيار.



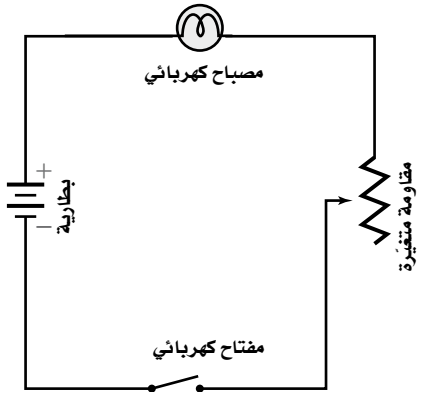
$$I = \frac{V}{R} = \frac{60.0\ \text{V}}{12.5\ \Omega} = 4.80\ \text{A}$$

12. أضف فولتمتر إلى الرسم التخطيطي للدائرة الكهربائية في المسألة السابقة لقياس فرق الجهد بين طرفي المقاومتين، ثم أعد حلّها.



وبما أن مقاومة الأميتر تعتبر صفرًا، فإن قراءة الفولتمتر ستكون 60.0 V.

13. ارسم دائرة على أن تستخدم بطارية ومصباحًا ومفتاحًا كهربائيًّا ومقاومة متغيرة لتعديل سطوع المصباح.

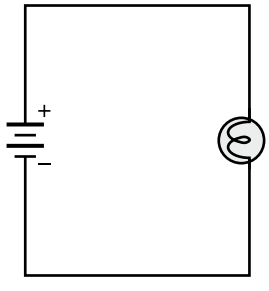


مراجعة القسم

1–3 التيار الكهربائي والدوائر الكهربائية (صفحة 84–73)

صفحة 84

14. **رسم تخطيطي** ارسم رسمًا تخطيطيًّا لدائرة كهربائية تحتوي على بطارية ومصباح كهربائي، وتأكد من أن المصباح الكهربائي سيضيء في هذه الدائرة .



15. **المقاومة الكهربائية** يدَّعي طارق أن المقاومة ستزداد بزيادة فرق الجهد؛ وذلك لأن $R = V/I$. فهل ما يدعيه طارق صحيح؟ فسر ذلك.

لا، تعتمد المقاومة على الجهاز، لذا؛ فعند زيادة الجهد V يزداد التيار I أيضًا.

16. **المقاومة الكهربائية** إذا أردت قياس مقاومة سلك طويل فبيّن كيف تركّب دائرة كهربائية باستخدام بطارية وفولتمتر وأميتر والسلك الذي تريد قياس مقاومته. حدّد ما الذي ستقيسه؟ وبيّن كيف تحسب المقاومة؟

أقيس التيار المارّ في السلك وفرق الجهد بين طرفيه، ثم أقسّم فرق الجهد على التيار لتحصل على مقاومة السلك.

17. **القدرة** تتصل دائرة كهربائية مقاومتها $12\ \Omega$ ببطارية جهدها $12\ V$. حدّد التغير في القدرة إذا قلّت المقاومة إلى $9.0\ \Omega$؟

$$P_1 = V^2/R_1 = (12\ V)^2/12\ \Omega = 12\ W$$

$$P_2 = V^2/R_2 = (12\ V)^2/9.0\ \Omega = 16\ W$$

$$P = P_2 - P_1 = 16\ W - 12\ W = 4.0\ W$$

يزداد 4.0 W

18. **الطاقة** تحوِّل دائرة كهربائية طاقة مقدارها $2.2\times10^3\ J$ عندما تُشغَّل ثلاث دقائق. حدّد مقدار الطاقة التي ستتحول عندما تُشغَّل مدة ساعة واحدة.

$$E = \left(\frac{2.2\times10^3}{3\ min}\right)(60.0\ min)$$

$$= 4.4\times10^4\ J$$

19. **التفكير الناقد** نقول إن القدرة تستهلك وتُستنفد في مقاومة. والاستنفاد يعني الاستخدام، أو الضياع. فما (الاستخدام) عند مرور شحنات في مقاومة كهربائية؟

تتناقص طاقة الوضع الكهربائية للشحنات عند مرورها خلال المقاومة، ويستخدم هذا النقص في طاقة الوضع في توليد حرارة فيها.

مسائل تدريبية

3–2 استخدام الطاقة الكهربائية (صفحة 91–85)

صفحة 87

20. يعمل سخّان كهربائي مقاومته $15\ \Omega$ على فرق جهد مقداره $120\ V$. احسب مقدار:

a. التيار المار في مقاومة السخان.

$$I = \frac{V}{R} = \frac{120\ V}{15\ \Omega} = 8.0\ A$$

b. الطاقة المستهلكة في مقاومة السخان خلال $30.0\ s$.

$$E = I^2Rt = (8.0\ A)^2(15\ \Omega)(30.0\ s)$$

$$= 2.9\times10^4\ J$$

c. الطاقة الحرارية الناتجة في هذه المدة.

الطاقة الحرارية الناتجة هي $2.9\times10^4\ J$ ؛لأن الطاقة الكهربائية تتحول في السخّان إلى طاقة حرارية.

21. إذا وُصِلت مقاومة مقدارها $39\ \Omega$ ببطارية جهدها $45\ V$ فاحسب مقدار:

a. التيار المار في الدائرة.

$$I = \frac{V}{R} = \frac{45\ V}{39\ \Omega} = 1.2\ A$$

b. الطاقة المستهلكة في المقاومة خلال $5.0\ min$.

$$E = \frac{V^2}{R}t$$

$$= \frac{(45\ V)^2}{(39\ \Omega)}(5.0\ min)(60\ s/min)$$

$$= 1.6\times10^4\ J$$

22. مصباح كهربائي قدرته $100.0\ W$، وكفاءته 22%؛ أي أن 22% فقط من الطاقة الكهربائية تتحول إلى طاقة ضوئية.

a. ما مقدار الطاقة الحرارية التي ينتجها المصباح الكهربائي كل دقيقة؟

$$E = Pt$$

$$= (0.78)(100.0\ J/s)(1.0\ min)(60.0\ s/min)$$

$$= 4.7\times10^3\ J$$

b. مـا مقدار الطاقة التـي يحوّلها المصباح إلى ضوء كل دقيقة في أثناء إضاءته؟

$$E = Pt$$

$$= (0.22)(100.0\ \text{J/s})(1.0\ \text{min})(60\ \text{s/min})$$

$$= 1.3\times10^{3}\ \text{J}$$

23. تبلغ مقاومة عنصر التسخين في طبّاخ كهربائي عند درجة حرارة تشغيله 11 Ω .

a. إذا تـم توصيـل الطبّـاخ بمصدر جهد مقـداره 220 V فما مقدار التيار الكهربائي المار في عنصر التسخين؟

$$I = \frac{V}{R} = \frac{220\ \text{V}}{11\ \Omega} = 2.0\times10^{1}\ \text{A}$$

b. مـا مقـدار الطاقة التـي يحوّلها هذا العنصـر إلى طاقة حرارية خلال 30.0 s؟

$$E = I^2Rt = (2.0\times10^{1}\ \text{A})^2(11\Omega)(30.0\ \text{s})$$

$$= 1.3\times10^{5}\ \text{J}$$

c. استخدم العنصر في تسخين غلاية تحتوي على 1.20 kg مـن الماء. افترض أن الماء امتـص 65% من الحرارة الناتجة، فما مقـدار الارتفاع في درجة حرارته خلال 30.0 s؟

$$Q = mC\Delta T,\ Q = 0.65E$$

$$\Delta T = \frac{0.65E}{mC} = \frac{(0.65)(1.3\times10^{5}\ \text{J})}{(1.20\ \text{kg})(4180\ \text{J/kg}\cdot^{\circ}\text{C})}$$

$$= 17^{\circ}\text{C}$$

24. اسـتغرق سـخان ماء كهربائي جهده 120 V زمنًا مقداره 2.2 h لتسخين حجم معيّن من الماء إلى درجة الحرارة المطلوبة. احسب المدة اللازمة لإنجاز المهمة نفسها، وذلك باستخدام سخّان آخر جهده 240 V مع بقاء التيار نفسه.

$$E = IVt = I(2V)\left(\frac{t}{2}\right)$$

مضـاعفة الجهـد لإعطاء كمية الحرارة نفسـها؛ سـيقلل الزمن إلى النصف.

$$t = \frac{2.2\ \text{h}}{2} = 1.1\ \text{h}$$

صفحة 91

25. يمر تيار كهربائي مقداره 15.0 A في مدفأة كهربائية عند وصلها بمصدر فرق جهد 120 V. فإذا تم تشغيل المدفأة بمتوسّط 5.0 h يوميًّا فاحسب:

a. مقدار القدرة التي تستهلكها المدفأة.

$$P = IV = (15.0\ \text{A})(120\ \text{V})$$

$$= 1800\ \text{W} = 1.8\ \text{kW}$$

b. مقدار الطاقة المستهلكة في 30 يومًا بوحدة kWh.

$$E = Pt = (1.8\ \text{kW})(5.0\ \text{h/day})(30\ \text{days})$$

$$= 270\ \text{kWh}$$

c. تكلفة تشغيلها مدة 30 يومًا، إذا كان ثمن الكيلوواط. ساعة 0.12 ريال.

$$\text{التكلفة} = (0.12\ \text{ريال/kWh})(270\ \text{kWh})$$

$$= 32.40\ \text{ريال}$$

26. تبلغ مقاومة ساعة رقمية 12,000 Ω، وهي موصولة بمصدر فرق جهد مقداره 115 V. احسب:

a. مقدار التيار الذي يمر فيها.

$$I = \frac{V}{R} = \frac{115\ \text{V}}{12000\ \Omega} = 9.6\times10^{-3}\ \text{A}$$

b. مقدار القدرة الكهربائية التي تستهلكها الساعة.

$$P = VI = (115\ \text{V})(9.6\times10^{-3}\ \text{A}) = 1.1\ \text{W}$$

c. تكلفـة تشـغيل السـاعة 30 يومًـا، إذا كان ثـمـن الكيلـوواط.ساعة 0.12 ريال.

$$\text{التكاليف} = (1.1\times10^{-3}\ \text{kWh})(0.12\ \text{ريال/kWh})(30\ \text{days})(24\ \text{h/day})$$

$$= 0.10\ \text{ريال}$$

27. تنتج بطارية سيارة تيارًا مقداره 55 A لمدة 1.0 h، وذلك عندما يكون فرق جهدها 12 V. ويتطلب إعادة شحنها طاقة أكبر 1.3 مرّة من الطاقة التي تزوّدنا بها؛ لأن كفاءتها أقل من الكفاءة المثالية. ما الزمن اللازم لشحن البطارية باستخدام تيار مقداره 7.5 A؟ افترض أن فرق جهد الشحن هو نفسه فرق جهد التفريغ.

طاقة الشحن: $E_{\text{شحن}} = (1.3)IVt$

$$= (1.3)(55\text{ A})(12\text{ V})(1.0\text{ h})$$

$$= 858\text{ Wh}$$

$$t = \frac{E}{IV} = \frac{858\text{ Wh}}{(7.5\text{ A})(12\text{ V})} = 9.5\text{ h}$$

مراجعة القسم

3–2 استخدام الطاقة الكهربائية (صفحة 91–85)

صفحة 91

28. **الطاقة** يُشغّل محركُ السيارة المولدَ الكهربائي، والذي يولّد بدوره التيار الكهربائي اللازم لعمل السيارة، ويُخزّن شحنات كهربائية في بطارية السيارة. وتَستخدم المصابيح الرئيسة في السيارة الشحنةَ الكهربائية المختزنة في بطارية السيارة. جهّز قائمة بأشكال الطاقة في العمليات السابقة.

تتحول الطاقة الميكانيكية من المحرك إلى طاقة كهربائية في المولّد؛ وتختزن الطاقة الكهربائية على شكل طاقة كيميائية في البطارية، وتتحوّل الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية في البطارية، وتتحوّل الطاقة الكهربائية إلى ضوء وطاقة حرارية في المصابيح الرئيسة.

29. **المقاومة الكهربائية** يتم تشغيل مجفّف الشعر بوصله بمصدر جهد 120 V، ويكون فيه خياران: حار ودافئ. في أيّ الخيارين تكون المقاومة أصغر؟ ولماذا؟

يستهلك مجفف الشعر عند ضبطه على الساخن قدرة أكبر من الطاقة. وحيث أن $P = IV$، والجهد ثابت لذا يكون التيار المار فيه أكبر، ولأن $I = V/R$، فإن المقاومة تكون أقلّ.

30. **القدرة** حدّد مقدار التغير في القدرة في دائرة كهربائية إذا قل الجهد المُطبّق إلى النصف.

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{V_2^2/R}{V_1^2/R} = \frac{(0.5V_1)^2/R}{V_1/\text{R}} = 0.25$$

ستنخفض إلى ربع القيمة الأصلية.

31. **الكفاءة** قوّم أثر البحث لتحسين خطوط نقل القدرة الكهربائية في المجتمع والبيئة؟

بعض الفوائد المحتملة: تقليل تكلفة الكهرباء المستهلكة، وكلّما قلّت القدرة المفقودة خلال خطوط النقل قل استهلاك الفحم وغيره من المصادر الأخرى المستخدمة لتوليد القدرة الكهربائية، والذي من شأنه تحسين البيئة.

32. **الجهد** لماذا يتم توصيل الطبّاخ الكهربائي وسخّان الماء الكهربائي بدائرة جهدها 240 V بدلاً من دائرة جهدها 120 V؟

يقل التيار إلى النصف عند مضاعفة الجهد للقدرة نفسها، وستقل خسارة I^2R في شبكة أسلاك الدائرة الكهربائية بشكلٍ كبير؛ لأن تلك خسارة تتناسب طرديًا مع مربع التيار.

33. **التفكير الناقد** عندما يرتفع الطلب على القدرة الكهربائية تقوم شركات الكهرباء أحيانًا بتقليل الجهد، مما يؤدي إلى خفوت الأضواء. ما الذي يبقى محفوظًا ولا يتغير؟

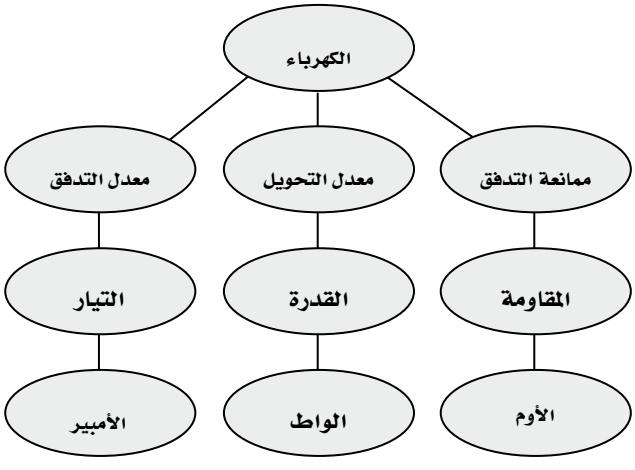
القدرة ستبقى محفوظة ولا تتغير، وليست الطاقة، وستعمل تلك الأجهزة لفترة زمنية أطول.

تقويم الفصل

خريطة المفاهيم

صفحة 96

34. أكمل خريطة المفاهيم أدناه باستخدام المصطلحات التالية: الواط، التيار، المقاومة.

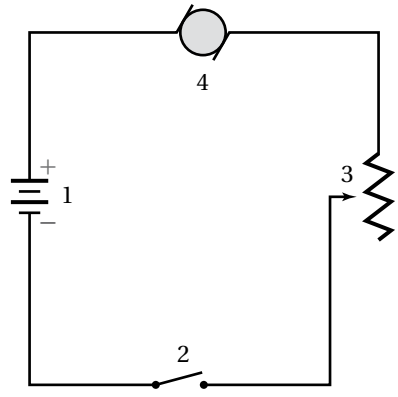


تابع الفصل 3

35. عـرّف وحدة قياس التيـار الكهربائي بدلالـة الوحدات الأساسية MKS.

$1\ A = 1\ C/1\ s$

ارجع إلى **الشكل 11–3** للإجابة عن **الأسئلة 39–36** .



■ **الشكل 11–3**

36. كيـف يجـب وصـل فولتمتـر في الشـكل لقيـاس جهد المحرك؟

يوصل القطب الموجب للفولتمتر مع قطب الذراع اليسرى للمحرك، ويوصل القطب السالب للفولتمتر مع قطب الذراع اليمنى للمحرك.

37. كيف يجب وصل أميتر في الشكل لقياس تيار المحرك؟

افتـح الدائـرة بين البطاريـة والمحرك، ثم صِـل القطب الموجـب للأميتر مع الطـرف الموجب لمكان فتح الدائرة (الطرف الموصول مع القطب الموجب للبطارية) وصِل القطب السـالب للأميتر مع الطرف السالب (الطرف الأقرب إلى المحرك).

38. ما اتجاه التيار الاصطلاحي في المحرك؟

من اليسار إلى اليمين خلال المحرك.

39. ما رقم الأداة التي :

a. تحوّل الطاقة الكهربائية إلى طاقة ميكانيكية؟

4

b. تحوّل الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية؟

1

c. تعمل على فتح الدائرة وإغلاقها؟

2

d. تحول الطاقة الكهربائية إلى طاقة حرارية؟

3

40. صف تحوّلات الطاقة التي تحدث في الأدوات التالية:

a. مصباح كهربائي متوهّج.

تتحوّل الطاقة الكهربائية إلى طاقة حرارية وضوء.

b. مجففة ملابس.

تتحـوّل الطاقة الكهربائية إلى طاقة حرارية وطاقة حركية.

c. مذياع رقمي مزوّد بساعة.

تتحوّل الطاقة الكهربائية إلى ضوء وصوت.

41. أي السلكين يوصل الكهرباء بمقاومة أقل: سلك مساحة مقطعه العرضي كبيرة، أم سلك مساحة مقطعه العرضي صغيرة؟

للسلك ذي المقطع العرضي الأكبر مقاومة أقل؛ لأن هناك عددًا أكبر من الإلكترونات لحمل الشحنة.

42. لمـاذا يكون عدد المصابيح التي تحترق لحظة إضاءتها أكبر كثيرًا من عدد المصابيح التي تحترق وهي مُضاءة؟

تسمح المقاومة القليلة للفتيلة الباردة بمرور تيار كبير في البداية، ومن ثم يحدث تغيّر كبير في درجة حرارتها مما يؤدي إلى تعرّض الفتيلة لإجهاد كبير وزيادة مقاومتها.

43. عند عمل دائرة قصر لبطارية بوصل طرفي سلك نحاسي بقطبي البطارية ترتفع درجة حرارة السـلك. فسّـر لماذا يحدث ذلك؟

تولّد دائرة القصر تيارًا كبيرًا مما يسبب تصادم عدد أكبر من الإلكترونات مع ذرات السلك وهذا يؤدي إلى رفع الطاقة الحركية للذرات وكذلك رفع درجة حرارة السلك.

44. ما الكميات الكهربائية التي يجب المحافظة على مقاديرها قليلة عند نقل الطاقة الكهربائية مسـافات طويلة بصورة اقتصادية؟

مقاومة السلك والتيار المار فيه.

45. عرّف وحدة القدرة الكهربائية بدلالة الوحدات الأساسية MKS.

$$W = \frac{C}{s} \cdot \frac{J}{C} = \frac{kg\,\frac{m^2}{s^2}}{s} = \frac{kg.m^2}{s^3}$$

تطبيق المفاهيم

صفحة 96–97

46. **خطوط القدرة** لماذا تستطيع الطيور الوقوف على خطوط الجهد المرتفع دون أن تتعرض لصدمة كهربائية؟

لا يوجد فرق جهد على امتداد السلك، لذا لا يمر تيار كهربائي خلال جسم الطائر.

47. صِف طريقتين لزيادة التيار في دائرة كهربائية.

إما بزيادة الجهد أو بتقليل المقاومة.

48. **المصابيح الكهربائية** يعمل مصباحان كهربائيان في دائرة كهربائية جهدها 120 V، فإذا كانت قدرة أحدهما 50 W والآخر 100 W، فأيّ المصباحين مقاومته أكبر؟ وضّح إجابتك.

المصباح الكهربائي 50 W ؛ $P = \frac{V^2}{R}$ لذا فإن $R = \frac{V^2}{P}$ فالمقاومة الكبيرة تسبّب قدرة أقل.

49. إذا ثُبّت فرق الجهد في دائرة كهربائية، وتم مضاعفة مقدار المقاومة، فما تأثير ذلك في تيار الدائرة؟

إذا تضاعفت المقاومة فإن التيار سيقل إلى النصف.

50. ما تأثير مضاعفة كل من الجهد والمقاومة في تيار دائرة كهربائية؟ وضّح إجابتك.

لا تأثير، لأن $V = IR$، لأن $I = \frac{V}{R}$، فإذا تضاعف كل من الجهد والمقاومة فإن التيار لا يتغيّر.

51. **قانون أوم** وجدت سارة أداة تُشبه مقاومة. عندما وصلت هذه الأداة ببطارية جهدها 1.5 V مرَّ فيها تيار مقداره 45×10^{-6} A فقط، ولكن عندما استخدمت بطارية جهدها 3.0 V مر فيها تيار مقداره 25×10^{-3} A ، فهل تحقّق هذه الأداة قانون أوم؟

لا؛ لأنه عند 1.5 V وباستخدام العلاقة $R = \frac{V}{I}$ تكون المقاومة $R = \frac{1.5\ V}{45 \times 10^{-6}\ A} = 3.3 \times 10^4\ \Omega$، وعند 3.0 V تكون المقاومة $R = \frac{3\ V}{25 \times 10^{3}\ A} = 120\ \Omega$. فالجهاز الذي يحقّق قانون أوم له مقاومة لا تعتمد على الجهد المُطّبق.

52. إذا غُيّر موقع الأميتر المبين في **الشكل 3a–3** ليُصبح أسفل الشكل، فهل تبقى قراءة الأميتر هي نفسها؟ وضّح ذلك.

نعم؛ لأن قيمة التيار متساوية عند كل النقاط في الدائرة.

53. سلكان أحدهما مقاومته كبيرة والآخر مقاومته صغيرة. إذا وصِل كل منهما بقطبي بطارية جهدها 60 V، فأي السلكين ينتج طاقة بمعدل أكبر؟ ولماذا؟

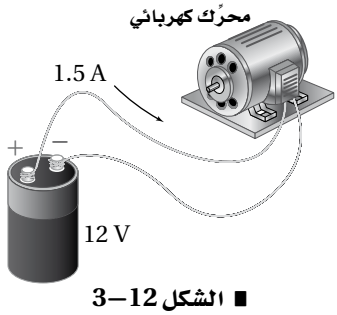
السلك الذي له أقل مقاومة؛ لأن $P = \frac{V^2}{R}$ ، فالمقاومة R الأقل تولّد قدرة P أكبر تتبدّد في السلك، حيث يولّد طاقة حرارية بمعدل أكبر.

إتقان حل المسائل

3–1 التيار الكهربائي والدوائر الكهربائية

صفحة 97–98

54. وصل محرك ببطارية جهدها 12 V كما هو موضّح في **الشكل 12–3**. احسب مقدار:



■ الشكل 12–3

a. القدرة التي تصل إلى المحرك.

$$P = VI = (12\ V)(1.5\ A) = 18\ W$$

b. الطاقة المُحوَّلة إذا تم تشغيل المحرك 15 min.

$$E = Pt = (18\ W)(15\ min)(60\ s/min)$$

$$= 1.6 \times 10^4\ J$$

55. يمر تيار كهربائي مقداره 0.50 A في مصباح متصل بمصدر جهده 120 V، احسب مقدار:

a. القدرة الواصلة.

$$P = IV = (0.50\ A)\ (120\ V) = 6 \times 10^1\ W$$

b. الطاقة التي يتم تحويلها خلال 5.0 min.

القدرة: $P = \frac{E}{t}$

لذا: $E = Pt$

$$= (6\times10^{1}\ \text{W})\left(\frac{5.0\ \text{min}}{1}\right)\left(\frac{60\ \text{s}}{\text{min}}\right)$$

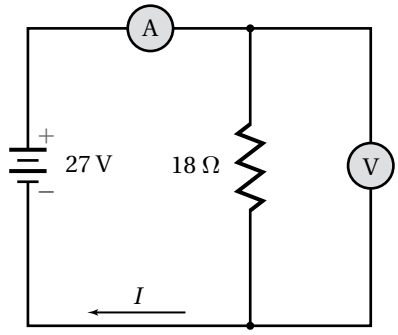
$$= 18{,}000\ \text{J} = 1.8\times10^{4}\ \text{J}$$

56. **مجفّفات الملابس** وصلت مجفّفة ملابس قدرتها 4200 W بدائرة كهربائية جهدها 220 V، احسب مقدار التيار المار فيها.

$$P = IV$$

$$I = \frac{P}{V} = \frac{4200\ \text{W}}{220\ \text{V}} = 19\ \text{A}$$

57. ارجع إلى **الشكل 13–3** للإجابة عن الأسئلة التالية:



الشكل 13–3 ■

a. ما قراءة الأميتر؟

$$I = \frac{V}{R} = \frac{27\ \text{V}}{18\ \Omega} = 1.5\ \text{A}$$

b. ما قراءة الفولتمتر؟

27 V

c. ما مقدار القدرة الواصلة إلى المقاومة؟

$$P = VI = (27\ \text{V})(1.5\ \text{A}) = 41\ \text{W}$$

d. ما مقدار الطاقة التي تصل إلى المقاومة كل ساعة؟

$$E = Pt = (41\ \text{W})(3600\ \text{s}) = 1.5\times10^{5}\ \text{J}$$

58. **المصابيح اليدوية** إذا وصل مصباح يدوي بفرق جهد 3.0 V، فمرّ فيه تيار مقداره 1.5 A:

a. فما معدل الطاقة الكهربائية المستهلكة في المصباح؟

$$P = IV = (1.5\ \text{A})(3.0\ \text{V}) = 4.5\ \text{W}$$

b. ما مقدار الطاقة الكهربائية التي يحولها المصباح خلال 11 min؟

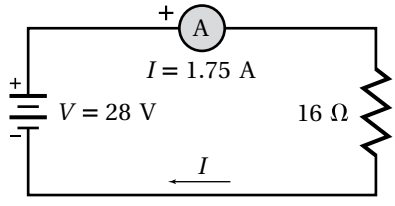
القدرة: $P = \frac{E}{t}$

لذا: $E = Pt$

$$= (4.5\ \text{W})(11\ \text{min})\left(\frac{60\ \text{s}}{\text{min}}\right)$$

$$= 3.0\times10^{3}\ \text{J}$$

59. ارسم رسمًا تخطيطيًّا لدائرة توالٍ كهربائية تحوي مقاومة مقدارها 16 Ω، وبطارية، وأميترًا قراءته 1.75 A، حدّد كلًّا من الطرف الموجب للبطارية وجهدها، والطرف الموجب للأميتر، واتجاه التيار الاصطلاحي.



$$V = IR = (1.75\ \text{A})(16\ \Omega) = 28\ \text{V}$$

60. يمر تيار كهربائي مقداره 66 mA في مصباح عند توصيله ببطارية جهدها 6.0 V، ويمر فيه تيار مقداره 75 mA عند استخدم بطارية جهدها 9.0 V، أجب عن الأسئلة التالية:

a. هل يحقّق المصباح قانون أوم؟

لا يحقّق، لأن يزداد الجهد بمعامل مقداره $\frac{9.0}{6.0} = 1.5$

في حين يزداد التيار بمعامل مقداره $\frac{75}{66} = 1.1$.

b. ما مقدار القدرة المستنفدة في المصباح عند توصيله ببطارية 6.0 V؟

$$P = IV = (66\times10^{-3}\ \text{A})(6.0\ \text{V}) = 0.40\ \text{W}$$

c. ما مقدار القدرة المستنفدة في المصباح عند توصيله ببطارية 9.0 V؟

$$P = IV = (75\times10^{-3}\ \text{A})(9.0\ \text{V}) = 0.68\ \text{W}$$

61. يمر تيار مقداره 0.40 A في مصباح موصول بمصدر جهد 120 V، أجب عما يلي:

a. ما مقدار مقاومة المصباح في أثناء إضاءته؟

$$V = IR$$

$$R = \frac{V}{I} = \frac{120\ \text{V}}{0.40\ \text{A}} = 3.0\times10^{2}\ \Omega$$

b. تُصبح مقاومة المصباح عندما يبرد $\frac{1}{5}$ مقاومته عندما يكون ساخنًا. ما مقدار مقاومة المصباح وهو بارد؟

$$\left(\frac{1}{5}\right)(3.0\times10^{2}\ \Omega) = 6.0\times10^{1}\ \Omega$$

c. ما مقدار التيار المار في المصباح لحظة إضاءته من خلال وصله بفرق جهد مقداره 120 V؟

$$V = IR$$

$$I = \frac{V}{R} = \frac{120\ \text{V}}{6.0\times10^{1}\ \Omega} = 2.0\ \text{A}$$

62. **المصابيح الكهربائية** ما مقدار الطاقة المستنفدة في مصباح قدرته 60.0 W خلال نصف ساعة؟ وإذا حوّل المصباح 12% من الطاقة الكهربائية إلى طاقة ضوئية فما مقدار الطاقة الحرارية التي يولّدها خلال نصف ساعة؟

$$P = \frac{E}{t}$$

$$E = Pt = (60.0\ \text{W})(1800\ \text{s})$$

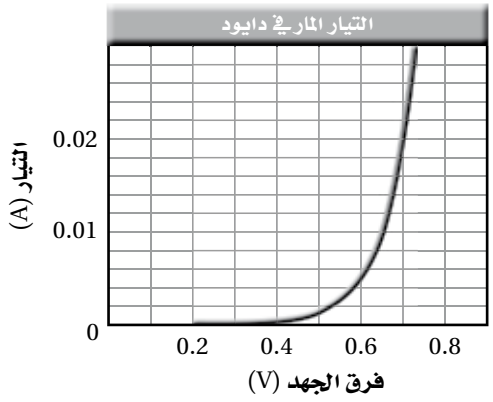
$$= 1.08\times10^{5}\ \text{J}$$

إذا كانت كفاءة إضاءة المصباح 12% أي 88%

تفقد على شكل طاقة حرارية، لذا:

$$Q = (0.88)(1.08\times10^{5}\ \text{J}) = 9.5\times10^{4}\ \text{J}$$

63. يمثل الرسم البياني في **الشكل 14–3** العلاقة بين فرق الجهد والتيار المار في جهاز يسمى الصمام الثنائي (الدايود) وهو مصنوع من السليكون. أجب عن الأسئلة التالية:



الشكل 14–3

a. إذا وصِل الدايود بفرق جهد مقداره 0.70 V فما مقدار مقاومته؟

من الشكل فإن I=22mA

$$V = IR$$

$$R = \frac{V}{I} = \frac{0.70\ \text{V}}{2.2\times10^{-2}\ \text{A}} = 32\ \Omega \quad \text{أي:}$$

b. ما مقدار مقاومة الدايود عند استخدام فرق جهد مقداره 0.60 V؟

$$R = \frac{V}{I} = \frac{0.60\ \text{V}}{5.2\times10^{-3}\ \text{A}} = 1.2\times10^{2}\ \Omega$$

c. هل يُحقّق الدايود قانون أوم؟

لا، لأن المقاومة تعتمد على الجهد .

3–2 استخدام الطاقة الكهربائية

صفحة 98–99

64. **البطاريات** يبلغ ثمن بطارية جهدها 9.0 V تقريبًا 10 ريالات، وتولّد هذه البطارية تيارًا مقداره 0.0250 A مدة 26.0 h قبل أن يتم تغييرها. احسب تكلفة كل kWh تُزوِّدنا به هذه البطارية.

$$E_{\text{الطاقة المستهلكة}} = IVt = (0.0250\ \text{A})(9.0\ \text{V})(26.0\ \text{h})$$

$$= 5.9\ \text{Wh} = 5.9\times10^{-3}\ \text{kWh}$$

$$\text{تكلفة kWh} = \frac{\text{ثمن البطارية}}{E} = \frac{\text{ريالات 10}}{5.9\times10^{-3}\ \text{kWh}}$$

$$= 1700\ \text{ريال/kWh}$$

65. ما مقدار أكبر تيار ينتج عن قدرة كهربائية مقدارها 5.0 W في مقاومة مقدارها 220 Ω ؟

$$P = I^2R$$

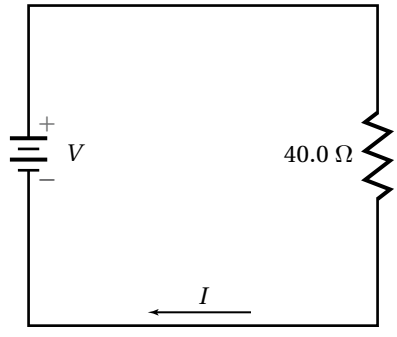
$$I = \sqrt{\frac{P}{R}} = \sqrt{\frac{5.0\ \text{W}}{220\ \Omega}} = 0.15\ \text{A}$$

66. يمر تيار مقداره 3.0 A في مكواة كهربائية جهدها 110 V. ما مقدار الطاقة الحرارية الناتجة خلال ساعة؟

$$Q = E = VIt = (110\ \text{V})(3.0\ \text{A})(1.0\ \text{h})(3600\ \text{s/h})$$

$$= 1.2\times10^6\ \text{J}$$

67. في الدائرة الموضّحة في **الشكل 15–3** تبلغ أكبر قدرة كهربائية آمنة 50.0 W. استخدم الشكل لإيجاد كل مما يلي:



الشكل 15–3 ■

a. أكبر تيار آمن.

$$P = I^2R$$

$$I = \sqrt{\frac{P}{R}} = \sqrt{\frac{50.0\ \text{W}}{40.0\ \Omega}} = 0.15\ \text{A}$$

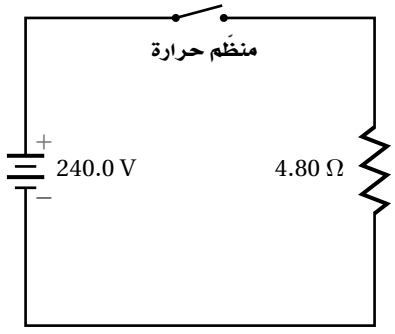
b. أكبر جهد آمن.

$$P = \frac{V^2}{R}$$

$$V = \sqrt{PR} = \sqrt{(50.0\ \text{W})(40.0\ \Omega)}$$

$$= 45\ \text{V}$$

68. يمثل **الشكل 16–3** دائرة فرن كهربائي. احسب قيمة الفاتورة الشهرية (30 يومًا) إذا كان ثمن الكيلوواط. ساعة 0.10 ريال، وتم ضبط منظّم الحرارة ليشتغل الفرن ربع الفترة الزمنية؟



الشكل 16–3 ■

$$E = \left(\frac{V^2}{R}\right)(t)$$

$$= \left(\frac{(240.0\ \text{V})^2}{4.80\ \Omega}\right)(30\ \text{day})(24\ \text{h/day})(0.25)$$

$$= 2160\ \text{kWh}$$

قيمة الفاتورة الشهرية = (2160 kWh)(0.100 ريال/kWh)

= 216 ريال

69. **التطبيقات** يُكلّف تشغيل مُكيّف هواء 50 ريالًا خلال 30 يومًا، وذلك على اعتبار أن المُكيّف يعمل نصف الفترة الزمنية، وثمن كل kWh هو 0.090 ريال. احسب التيار الذي يمر في المكيّف عند تشغيله على فرق جهد مقداره 120 V؟

قيمة الفاتورة الشهرية = (E) (ثمن kWh)

$$E = \frac{\text{التكاليف}}{\text{ثمن kWh}} = \frac{\text{50 ريال}}{\text{0.090/kWh ريال}}$$

$$= 556\ \text{kWh}$$

$$E = IVt$$

$$I = \frac{E}{Vt} = \frac{(556\ \text{kWh})(1000\ \text{W/kW})}{(120\ \text{V})(30\ \text{d})(24\ \text{h/d})(0.5)}$$

$$= 12.9\ \text{A}$$

70. **المذياع** يتم تشغيل مذياع ببطارية جهدها 9.0 V، بحيث تزوّده بتيار مقداره 50.0 mA.

a. إذا كان ثمن البطارية 10.00 ريالات، وتعمل لمدة 300.0 h فاحسب تكلفة كل kWh تُزوِّدنا به هذه البطارية عند تشغيل المذياع هذه الفترة.

$$P = IV = (0.050\ \text{A})(9.0\ \text{V}) = 0.45\ \text{W}$$

$$= 4.5\times10^{-4}\ \text{kW}$$

$$\text{ثمن kWh} = \frac{\text{10 ريال}}{(4.5\times10^{-4}\ \text{kW})(300.0\ \text{h})}$$

$$= \text{74 ريال/kWh}$$

b. إذا تم تشغيل المذياع نفسه بواسطة محوِّل موصول بدائرة المنزل، وكان ثمن الكيلوواط.ساعة 0.12 ريال، فاحسب تكلفة تشغيل المذياع مدة 300.0 h.

$$\text{تكلفة التشغيل} = (\text{0.12 ريال/kWh})(4.5\times10^{-4}\ \text{kW})(300\ \text{h})$$

$$= \text{0.02 ريال}$$

مراجعة عامة

صفحة 99

71. يمر تيار مقداره 1.2 A في مقاومة مقدارها 50.0 Ω مدة 5.0 min، احسب مقدار الحرارة المتولدة في المقاومة خلال هذه الفترة.

$$Q = E = I^2Rt$$

$$= (1.2\ \text{A})^2(50.0)(5.0\ \text{min})\left(\frac{60\ \text{s}}{\text{min}}\right)$$

$$= 2.2\times10^4\ \text{J}$$

72. وصِلت مقاومة مقدارها 6.0 Ω ببطارية جهدها 15 V

a. ما مقدار التيار المار في الدائرة؟

$$V = IR$$

$$I = \frac{V}{R} = \frac{15\ \text{V}}{6.0\ \Omega} = 2.5\ \text{A}$$

b. ما مقدار الطاقة الحرارية الناتجة خلال 10.0 min؟

$$Q = E = I^2Rt$$

$$= (2.5\ \text{A})^2(6.0\ \Omega)(10.0\ \text{min})\left(\frac{60\ \text{s}}{\text{min}}\right)$$

$$= 2.3\times10^4\ \text{J}$$

73. المصابيح الكهربائية تبلغ مقاومة مصباح كهربائي متوهّج 10.0 Ω قبل إنارته، وتُصبح 40.0 Ω عند إنارته بتوصيله بمصدر جهد 120 V. أجب عن الأسئلة التالية:

a. ما مقدار التيار الذي يمر في المصباح عند إنارته؟

$$I = \frac{V}{R} = \frac{120\ \text{V}}{40.0\ \Omega} = 3.0\ \text{A}$$

b. ما مقدار التيار الذي يمر في المصباح لحظة إنارته (التيار اللحظي)؟

$$I = \frac{V}{R} = \frac{120\ \text{V}}{10.0\ \Omega} = 12\ \text{A}$$

c. متى يستهلك المصباح أكبر قدرة كهربائية؟

في اللحظة التي يُشغَّل فيها.

74. تستخدم مقاومة مُتغيّرة للتحكم في سرعة محرك كهربائي جهده 12 V. عند ضَبط المقاومة ليتحرك المحرك بأقل سرعة يمر فيه تيار مقداره 0.02 A، وعندما تضبط المقاومة ليتحرك المحرك بأكبر سرعة يمر فيه تيار مقداره 1.2 A، ما مدى المقاومة المتغيرة؟

المقاومة عند أقل سرعة

$$R = V/I = 12\ \text{V}/0.02\ \text{A} = 600\ \Omega.$$

المقاومة عند أكبر سرعة

$$R = V/I = 12\ \text{V}/1.2\ \text{A} = 1.0\times10^1\ \Omega.$$

المدى من $1.0\times10^1\ \Omega$ إلى 600 Ω

75. يُشغّل محرك كهربائي مضخّة توزيع الماء في مزرعة بحيث تضخ 1.0×10^4 L من الماء رأسيًّا إلى أعلى مسافة 8.0 m في كل ساعة. فإذا وصِل المحرك بمصدر جهد 110 V، وكانت مقاومته في أثناء تشغيله 22.0 Ω فما مقدار:

a. التيار المار في المحرك؟

$$V = IR$$

$$I = \frac{V}{R} = \frac{110\ \text{V}}{22.0\ \Omega} = 5.0\ \text{A}$$

b. كفاءة المحرك

$$E_w = mgd$$

$$= (1\times10^4\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2)(8.0\ \text{m})$$

$$= 8\times10^5\ \text{J}$$

$$E_m = IVt = (5.0\ \text{A})(110\ \text{V})(3600\ \text{s})$$

$$= 2.0\times10^6\ \text{J}$$

$$\text{كفاءة المحرك} = \frac{E_w}{E_m}\times 100$$

$$= \frac{8\times10^5\ \text{J}}{2.0\times10^6\ \text{J}}\times 100$$

$$= 40\%$$

76. ملف تسخين مقاومته $4.0\ \Omega$ ، ويعمل على جهد مقداره 120 V، أجب عما يلي:

a. ما مقدار التيار الكهربائي المار في الملف عند تشغيله؟

$$V = IR$$

$$I = \frac{V}{R} = \frac{120\ \text{V}}{4.0\ \Omega} = 3.0\times10^1\ \text{A}$$

b. ما مقدار الطاقة الواصلة إلى الملف خلال 5.0 min؟

$$E = I^2Rt$$

$$= (3.0\times10^1\ \text{A})^2(4.0\ \Omega)(5.0\ \text{min})\left(\frac{60\ \text{s}}{\text{min}}\right)$$

$$= 1.1\times10^6\ \text{J}$$

c. إذا غُمر الملف في وعاء عازل يحتوي على 20.0 kg من الماء فما مقدار الزيادة في درجة حرارة الماء؟ افترض أن الماء امتص الحرارة الناتجة بنسبة 100%.

$$Q = mC\Delta T$$

$$\Delta T = \frac{Q}{mC}$$

$$= \frac{1.1\times10^6\ \text{J}}{(20.0\ \text{kg})(4180\ \text{J/kg}\cdot^\circ\text{C})}$$

$$= 13^\circ\text{C}$$

d. إذا كان ثمن الكيلوواط.ساعة 0.08 ريال فما تكلفة تشغيل الملف 30 min في اليوم مدة 30 يومًا؟

$$\text{تكلفة التشغيل} = \left(\frac{1.1\times10^6\ \text{J}}{5\ \text{min}}\right)\left(\frac{30\ \text{min}}{\text{day}}\right)(30\ \text{days})\left(\frac{1\ \text{kWh}}{3.6\times10^6\ \text{J}}\right)\left(\frac{0.08\ \text{ريال}}{\text{kWh}}\right)$$

$$= 4.40\ \text{ريال}$$

77. **التطبيقات** مدفأة كهربائية تصل قدرتها إلى 500 W. أجب عما يلي:

a. ما مقدار الطاقة الواصلة إلى المدفأة في نصف ساعة؟

$$E = Pt = (5\times10^2\ \text{W})(1800\ \text{s})$$

$$= 9\times10^5\ \text{J}$$

b. تستخدم المدفأة لتدفئة غرفة تحتوي على 50 kg من الهواء، فإذا كانت الحرارة النوعية للهواء 1.10 kJ/kg.˚C، و50% من الطاقة الحرارية الناتجة تعمل على تسخين الهواء في الغرفة، فما مقدار التغير في درجة هواء الغرفة خلال نصف ساعة؟

$$Q = mC\Delta T$$

$$\Delta T = \frac{Q}{mC}$$

$$= \frac{(0.5)(9\times10^5\ \text{J})}{(50.0\ \text{kg})(1100\ \text{J/kg}\cdot^\circ\text{C})}$$

$$= 8^\circ\text{C}$$

c. إذا كان ثمن الكيلوواط.ساعة 0.08 ريال، فما تكلفة تشغيل المدفأة 6.0 h في اليوم مدة 30 يومًا؟

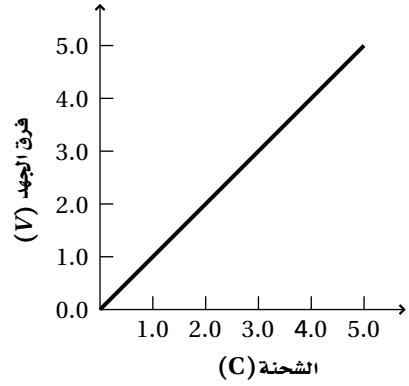
$$\text{تكلفة التشغيل} = \left(\frac{500\ \text{J}}{\text{s}}\right)\left(\frac{6.0\ \text{h}}{\text{day}}\right)\left(\frac{3600\ \text{s}}{\text{h}}\right)(30\ \text{days})\left(\frac{1\text{kWH}}{3.6\times10^6\ \text{J}}\right)\left(\frac{0.08\ \text{ريال}}{\text{kWh}}\right)$$

$$= 7\ \text{ريال}$$

التفكير الناقد

صفحة 100

78. تصميم النماذج ما مقدار الطاقة المختزنة في مكثف؟ يُعبَّر عن الطاقة اللازمة لزيادة فرق الجهد للشحنة q بالعلاقة: $E = qV$، ويحسب فرق الجهد في مكثف بالعلاقة: $V = q/C$. لذا كلما زادت الشحنة على المكثف يزداد فرق الجهد، ومن ثم فإن الطاقة اللازمة لإضافة شحنة عليه تزداد. إذا استخدم مكثف سعته الكهربائية 1.0 F بوصفه جهازًا لتخزين الطاقة في حاسوب شخصي فمثِّل بيانيًا فرق الجهد V عند شحن المكثف بإضافة شحنة مقدارها 5.0 C إليه. ما مقدار فرق الجهد بين طرفي المكثف؟ إذا كانت المساحة تحت المنحنى تمثّل الطاقة المختزنة في المكثف فأوجد هذه الطاقة بوحدة الجول، وتحقق مما إذا كانت تساوي الشحنة الكلية مضروبة في فرق الجهد النهائي. وضّح إجابتك.



الجهد $V = \frac{q}{C} = \frac{5.0\ \text{C}}{1.0\ \text{F}} = 5.0\ \text{V}$

الطاقة = المساحة تحت المنحنى $= E$

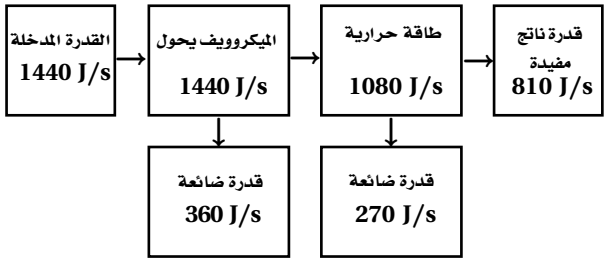
$$= \frac{1}{2}(5.0\ \text{V})(5.0\ \text{C})$$

$$= 13\ \text{J}$$

لا. لأن الشحنة الكلية مضروبة في فرق الجهد النهائي بيانيًا تساوي ضعف المساحة تحت المنحنى تمامًا. وفيزيائيًا هذا يعني أن كل كولوم يحتاج إلى كمية الطاقة القصوى نفسها لتخزينها في المكثف. وفي الواقع تزداد كمية الطاقة اللازمة لإضافة كل شحنة كلما تراكمت الشحنة في المكثف.

79. تطبيق المفاهيم يعمل فرن ميكروويف على فرق جهد 120 V، ويمر فيه تيار مقداره 12 A. إذا كانت كفاءته الكهربائية (تحويل تيار AC إلى أشعة ميكروويف) 75%، وكفاءة تحويله أشعة الميكروويف إلى حرارة تستخدم في تسخين الماء أيضًا 75% فأجب عما يلي:

a. ارسم نموذجًا تخطيطيًا للقدرة الكهربائية مشابهًا لنموذج الطاقة الموضّح في **الشكل 2b–3**. ميّز وظيفة كلّ جزء منه وفقًا للجولات الكلية لكل ثانية.



b. اشتق معادلة لمعدل الزيادة في درجة الحرارة $(\Delta T/s)$ لمادة موضوعة في الميكروويف مستعينًا بالمعادلة $\Delta Q = mC\Delta T$، حيث ΔQ التغير في الطاقة الحرارية للمادة، و m كتلتها، و C حرارتها النوعية، و ΔT التغير في درجة حرارتها.

$$\frac{\Delta T}{\Delta t} = \frac{1}{mC}\left(\frac{\Delta Q}{\Delta t}\right)$$

c. استخدم المعادلة التي توصلت إليها لإيجاد معدل الارتفاع في درجة الحرارة بوحدة سلسيوس لكل ثانية، وذلك عند استخدام هذا الفرن لتسخين 250 g من الماء إلى درجة حرارة أعلى من درجة حرارة الغرفة.

$$\frac{\Delta T}{\Delta t} = \frac{1}{mC}\left(\frac{\Delta Q}{\Delta t}\right)$$

$$= \frac{810\ \text{J/s}}{(0.25\ \text{kg})(4180\ \text{J/kg}\cdot^\circ\text{C})}$$

$$= 0.78^\circ\text{C/s}$$

d. راجع حساباتك جيدًا وانتبه إلى الوحدات المستخدمة، وبين ما إذا كانت إجابتك صحيحة.

ألغيت وحدة kg ووحدة J ، وبقيت °C/s.

e. ناقش بصورة عامة الطرائق المختلفة التي يمكنك بها زيادة كفاءة تسخين الميكروويف؟

كفاءة التحويل من الطاقة الكهربائية إلى طاقة في الميكروويف هي 75%، ومن المحتمل إيجاد طريقة أخرى مختلفة لتحويل الطاقة الكهربائية إلى إشعاع تكون أكثر فاعلية. وكفاءة التحويل من أشعة الميكروويف إلى طاقة حرارية في الماء 75%، ومن المحتمل تحسين عملية تحويل أشعة الميكروويف إلى طاقة حرارية عند استخدام ترددات مختلفة للإشعاع الكهرمغناطيسي.

f. ناقش لماذا يجب عدم تشغيل أفران الميكروويف وهي فارغة؟

عند تشغيل الفرن الفارغ فأن طاقة الميكروويف ستتبدّد في الفرن. وهذا قد يؤدي إلى مزيد من السخونة لأجزاء الفرن، ومن ثم تلفها.

80. **تطبيق المفاهيم** تتراوح أحجام مقاومة مقدارها 10 Ω بين رأس دبوس إلى وعاء حساء. وضح ذلك.

يُحدّد الحجم الفيزيائي للمقاومة حسب قدرتها. فالمقاومات التي تنتج قدره عند 100 W تكون أكبر كثيرًا من تلك التي تنتج قدرتة مقدارها 1 W.

81. **إنشاء الرسوم البيانية واستخدامها** الرسم البياني للصمام الثنائي (الدايود) الموضّح في **الشكل 15–3** أكثر فائدة من رسم بياني مشابه للمقاومة يحقّق قانون أوم. وضح ذلك.

المنحنى البياني فولت – أمبير للمقاومة الذي يحقّق قانون أوم عبارة عن خط مستقيم ونادرًا ما يكون ضروريًا.

الكتابة في الفيزياء

صفحة 100

82. هناك ثلاث أنواع من المعادلات التي تواجهها في العلوم: (1) التعريفات، (2) القوانين، (3)الاشتقاقات. ومن الأمثلة عليها: (1) الأمبير الواحد يساوي كولوم واحد لكل ثانية. (2) القوة تساوي الكتلة مضروبة في التسارع. (3) القدرة الكهربائية تساوي مربع الجهد مقسومًا على المقاومة. اكتب صفحة واحدة توضح فيها متى تكون العلاقة "المقاومة تساوي الجهد مقسومًا على التيار" صحيحة. قبل أن تبدأ ابحث في التصنيفات الثلاثة للمعادلات المعطاة أعلاه.

يجب أن تتضمن إجابات الطلاب فكرة أن الأجهزة التي تحقّق قانون أوم يتناسب هبوط الجهد فيها طرديًا مع التيار المارّ في الجهاز، وأن الصيغة الرياضية $R = V/I$، وأن تعريف المقاومة، مشتق من قانون أوم.

83. تمدد المادة عند تسخينها. ابحث في العلاقة بين التمدد الحراري وأسلاك التوصيل المستخدمة لنقل الجهد العالي.

ستختلف الإجابات، لكن على الطلاب أن يوضحوا أن أسلاك (خطوط) نقل القدرة الكهربائية تصبح ساخنة بمقدار كاف لكي تتمدد وترتخي عندما يمر فيها تيارات كبيرة وتصبح هذه الأسلاك المرتخية خطيرة إذا لامست أجسامًا أسفل منها، كالأشجار أو خطوط قدرة أخرى.

مراجعة تراكمية

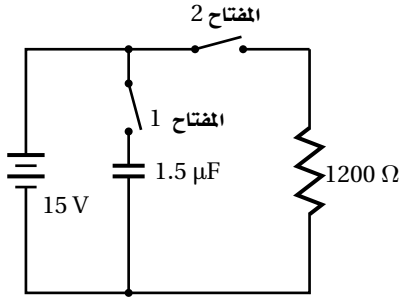
صفحة 100

84. تبعد شحنة مقدارها $+3.0\times10^{-6}$ C مسافة 2.0 m عن شحنة أخرى مقدارها $+6.0\times10^{-5}$ C، احسب مقدار القوة المتبادلة بينهما.

$$F = K\frac{q_A q_B}{r^2}$$
$$= (9.0\times10^9\ \text{N.m}^2/\text{C}^2)\frac{(3.0\times10^{-6}\ \text{C})(6.0\times10^{-5}\ \text{C})}{(2.0\ \text{m})^2}$$
$$= 0.41\ \text{N}$$

مسألة التحفيز

صفحة 90



استخدم الشكل المجاور للإجابة عن الأسئلة التالية:

1. في البداية، المكثف غير مشحون، والمفتاح 1 مغلق، والمفتاح 2 بقي مفتوحًا. احسب فرق الجهد بين طرفي المكثف.

15 V

2. إذا فُتِح المفتاح 1 الآن، وبقي المفتاح 2 مفتوحًا فما فرق الجهد بين طرفي المكثف؟ لماذا؟

سيبقى فرق الجهد 15 V بين طرفي المكثف، لأنه لا يوجد مسار لتفريغ الشحنه.

3. بعد ذلك، أُغلق المفتاح 2، وبقي المفتاح 1 مفتوحًا. ما فرق الجهد بين طرفي المكثف؟ وما مقدار التيار المار في المقاومة بعد إغلاق المفتاح 2 مباشرة؟

فرق الجهد بين طرفي المكثف 15 V ، والتيار المار في المقاوم 13 mA

4. مع مرور الوقت، ماذا يحدث لجهد المكثف والتيار المار في المقاومة؟

يبقى جهد المكثف 15 V؛ لأنه لا يوجد مسار لتفريغ شحنات المكثف ، ويبقى مقدار التيار المار في الدائرة 13 mA ؛ لأن جهد البطارية ثابت عند 15 V. لكن إذا كان كل من البطارية والمكثف من العناصر المستخدمة في الحياة اليومية بدلًا من عناصر الدائرة المثالية ؛ فإن جهد المكثف في النهاية يصبح صفرًا ، وذلك بسبب تسرب الشحنات، وسيصبح التيار في النهاية صفرًا كذلك؛ بسبب استنفاد البطارية.

مسائل تدريبية

1–4الدوائر الكهربائية البسيطة (صفحة 113 –103)

صفحة 106

1. وصِلت المقاومات Ω 5 وΩ 15 وΩ 10 في دائرة توالٍ كهربائية ببطارية جهدها V 90. ما مقدار المقاومة المكافئة للدائرة؟ وما مقدار التيار المار فيها؟

$$R = R_1 + R_2 + R_3$$

$$= 10\ \Omega + 15\ \Omega + 5\ \Omega = 30\ \Omega$$

$$I = \frac{V}{R} = \frac{90\ \text{V}}{30\ \Omega} = 3\ \text{A}$$

2. وصِلت بطارية جهدها V 9 بثلاث مقاومات موصولة على التوالي في دائرة كهربائية. إذا زاد مقدار أحد المقاومات فأجب عما يلي

a. كيف تتغير المقاومة المكافئة؟

ستزداد المقاومة المكافئة

b. ماذا يحدث للتيار؟

سيقل التيار، لأن $I = \frac{V}{R}$

c. هل يكون هناك أي تغير في جهد البطارية؟

لا، لأنها لا تعتمد على المقاومة.

3. وصِل طرفا سلك زينة فيه عشرة مصابيح ذات مقاومات متساوية ومتصلة على التوالي بمصدر جهد V 120، فإذا كان التيار المار في المصابيح A 0.06 فاحسب مقدار:

a. المقاومة المكافئة للدائرة.

$$R = \frac{V}{I} = \frac{120\ \text{V}}{0.06\ \text{A}} = 2\times10^3\ \Omega$$

b. مقاومة كل مصباح.

$$R_{\text{مصباح}} = \frac{R}{10} = \frac{2\times10^3\ \Omega}{10} = 2\times10^2\ \Omega$$

4. احسب الهبوط في الجهد خلال المقاومات الثلاث الواردة في المسألة 1، ثم تحقق أن مجموع الهبوط في الجهد عبر المصابيح الثلاثة يساوي جهد البطارية.

$$V_1 = IR_1 = (3\ \text{A})(10\ \Omega) = 30\ \text{V}$$

$$V_2 = IR_2 = (3\ \text{A})(15\ \Omega) = 45\ \text{V}$$

$$V_3 = IR_3 = (3\ \text{A})(5\ \Omega) = 15\ \text{V}$$

$$V_1 + V_2 + V_3 = 30\ \text{V} + 45\ \text{V} + 15\ \text{V}$$

$$= 90\ \text{V}$$

$$= \text{جهد البطارية}$$

صفحة 109

5. إذا أظهرت الدائرة الموضّحة في المثال 1 النتائج التالية: قراءة الأميتر A 0، وقراءة V_A تساوي V 0، وقراءة V_B تساوي V 45، فما الذي حدث؟

فُصل المقاوم R_B فاصبحت مقامته لانهائية، وظهرت البطارية وكأنها متصلة مع الفولتمتر V_B فقط.

6. افترض أن قيم عناصر الدائرة الكهربائية الموضّحة في المثال 1 هي: $R_A = 255\ \Omega$ و$R_B = 292\ \Omega$ و$V_A = 17.0\ \text{V}$، وليس هناك أيّ معلومات أخرى، فأجب عما يلي:

a. ما مقدار التيار الكهربائي المار في الدائرة؟

$$I = \frac{V}{R} = \frac{17.0\ \text{V}}{255.0\ \Omega} = 66.7\ \text{mA}$$

b. ما مقدار جهد البطارية؟

$$R = R_A + R_B$$

$$= 255\ \Omega + 292\ \Omega$$

$$= 547\ \Omega$$

$$V = IR = (66.7\ \text{mA})(547\ \Omega) = 36.5\ \text{V}$$

c. ما مقدار القدرة الكهربائية الكلية المستنفدة؟ وما مقدار القدرة المستنفدة في كل مقاومة؟

$$P = IV = (66.7\ \text{mA})(36.5\ \text{V}) = 2.43\ \text{W}$$

$$P_A = I^2R_A$$

$$= (66.7\ \text{mA})^2(255\ \Omega)$$

$$= 1.13\ \text{W}$$

$$P_B = I^2R_B$$

$$= (66.7\ \text{mA})^2(292\ \Omega)$$

$$= 1.30\ \text{W}$$

d. هل مجموع القدرة المستنفدة في كل مقاومة يساوي القدرة الكلية المستنفدة في الدائرة؟ وضّح ذلك.

نعم. القدرة الكلية المستنفذة في الدائرة تساوي مجموع القدرة المستنفدة في كل المقاومات حسب قانون حفظ الطاقة.

7. توصل مصابيح أسلاك الزينة غالبًا على التوالي، وضح لماذا تستخدم مصابيح خاصة تشكّل دائرة قصر عندما يحترق فتيلها إذا ازداد جهد المصباح ليصل إلى جهد الخط؟ ولماذا تحترق المنصهرات الكهربائية الخاصة بمجموعات المصابيح تلك بعد احتراق عدد من هذه المصابيح؟

إذا لم تكن أليّة تكوين دائرة القصر موجودة؛ فإنه عند احتراق أحد المصابيح ستتوقف سائر المصابيح عن العمل. بعد احتراق أكثر من مصباح ستقلّ المقاومة الكلية ومن ثم يزداد التيار بدرجة كافية لصهر فتيل المنصهر الكهربائي.

8. تتكوّن دائرة توالٍ كهربائية من بطارية جهدها 12.0 V وثلاثة مقاومات. فإذا كان جهد أحد المقاومات 1.21 V، وجهد مقاومة ثانية 3.33 V، فما مقدار جهد المقاومة الثالثة؟

$$V_{\text{المصدر}} = V_A + V_B + V_C$$

$$V_C = V_{\text{المصدر}} - (V_A + V_B)$$

$$= 12.0\ \text{V} - (1.21\ \text{V} + 3.33\ \text{V}) = 7.46\ \text{V}$$

9. وصِلت المقاومتان 22 Ω و33 Ω في دائرة توالٍ كهربائية بفرق جهد مقداره 120 V. احسب مقدار:

a. المقاومة المكافئة للدائرة.

$$R = R_1 + R_2 = 22\ \Omega + 33\ \Omega = 55\ \Omega$$

b. التيار المار في الدائرة.

$$I = \frac{V}{R} = \frac{120\ \text{V}}{55\ \Omega} = 2.2\ \text{A}$$

c. الهبوط في الجهد عبر كل مقاومة.

$$V_1 = IR_1$$

$$= \left(\frac{V}{R}\right)R_1$$

$$= \left(\frac{120\ \text{V}}{55\ \Omega}\right)(22\ \Omega)$$

$$= 48\ \text{V}$$

$$V_2 = IR_2 = \left(\frac{120\ \text{V}}{55\ \Omega}\right) = 72\ \text{V}$$

d. الهبوط في الجهد عبر المقاومتين معًا.

$$V = 48\ \text{V} + 72\ \text{V} = 120\ \text{V}$$

10. قام طالب بعمل مجزئ جهد يتكوّن من بطارية جهدها 45 V ومقاومتين قيمتاهما: 475 kΩ و235 kΩ. فإذا قيس الجهد الناتج عبر المقاومة الصغرى فما مقدار هذا الجهد؟

$$V_B = \frac{VR_B}{R_A + R_B}$$

$$= \frac{(45\ \text{V})(235\ \text{k}\Omega)}{475\ \text{k}\Omega + 235\ \text{k}\Omega} = 15\ \text{V}$$

11. ما مقدار المقاومة التي يمكن استخدامها عنصرًا في دائرة مجزئ جهد مع مقاومة أخرى مقدارها 1.2 kΩ، بحيث يكون الهبوط في الجهد عبر المقاومة 1.2 kΩ تساوي 2.2 V عندما يكون جهد المصدر 12 V؟

$$V_B = \frac{VR_B}{R_A + R_B}$$

$$R_A = \frac{VR_B}{V_B} - R_B$$

$$= \frac{(12.0\ \text{V})(1.2\ \text{k}\Omega)}{1.2\ \text{V}} - 1.2\ \text{k}\Omega$$

$$= 5.3\ \text{k}\Omega$$

صفحة 113

12. وصِلت ثلاثة مقاومات مقاديرها 120.0 Ω و 60.0 Ω و 40.0 Ω على التوازي مع بطارية جهدها 12.0 V، احسب مقدار:

a. المقاومة المكافئة لدائرة التوازي.

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

$$= \frac{1}{120.0\ \Omega} + \frac{1}{60.0\ \Omega} + \frac{1}{40.0\ \Omega}$$

$$R = 20.0\ \Omega$$

b. التيار الكهربائي الكلي المار في الدائرة.

$$I = \frac{V}{R} = \frac{12.0\ \text{V}}{20.0\ \Omega} = 0.600\ \text{A}$$

c. التيار المار في كل مقاومة.

$$I_1 = \frac{V}{R_1} = \frac{12.0\ \text{V}}{120.0\ \Omega} = 0.100\ \text{A}$$

$$I_2 = \frac{V}{R_2} = \frac{12.0\ \text{V}}{60.0\ \Omega} = 0.200\ \text{A}$$

$$I_3 = \frac{V}{R_3} = \frac{12.0\ \text{V}}{40.0\ \Omega} = 0.300\ \text{A}$$

13. إذا أردنا تغيير مقاومة فرع في دائرة كهربائية من 150 Ω إلى 93 Ω فإنه يجب إضافة مقاومة إلى هذا الفرع. ما مقدار المقاومة التي يجب إضافتها؟ وكيف يتم توصيلها؟

التوصيل على التوازي هو المطلوب لتقليل مقدار المقاومة

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_A} + \frac{1}{R_B}$$

$$\frac{1}{R_A} = \frac{1}{R} - \frac{1}{R_B} = \frac{1}{93\ \Omega} - \frac{1}{150\ \Omega}$$

$$R_A = 2.4 \times 10^2\ \Omega$$

مقدار المقاومة التي يجب إضافتها يساوي $2.4 \times 10^2\ \Omega$ وتوصل على التوازي مع المقاومة 150 Ω

14. وُصلت مقاومة مقدارها 12 Ω وقدرتها 2 W على التوازي بمقاومة أخرى مقدارها 6.0 Ω وقدرتها 4 W. أيهما يسخّن أكثر إذا زاد فرق الجهد بين طرفيهما باستمرار؟

$$P = \frac{V^2}{R}$$

$$V = \sqrt{PR}$$

يتساوى الجهد في توصيل المقاومات على التوازي.

$$V = \sqrt{P_1 R_1} = \sqrt{P_2 R_2}$$

$$= \sqrt{(2\ \text{W})(12\ \Omega)}$$

$$= \sqrt{(4\ \text{W})(6.0\ \Omega)}$$

$$= 5\ \text{V}\ \text{القيمة العظمى}$$

لا تسخن أي منها قبل الأخرى، بل كل منهما سيصل إلى القيمة العظمى لاستهلاك الطاقة عند الجهد نفسه.

مراجعة القسم

1–4 الدوائر الكهربائية البسيطة (صفحة 113 –103)

صفحة 113

15. **أنواع الدوائر الكهربائية** قارن بين الجهود والتيارات في دوائر التوالي ودوائر التوازي الكهربائية.

يجب ان تتضمن إجابات الطلاب الأفكار التالية: (1) في دوائر التوالي تكون التيارات المارّة في كل جهاز متساوية، ويكون مجموع الهبوط في الجهد مساويًا لجهد المصدر. (2)في دوائر التوازي يكون الهبوط في الجهد عبر كل جهاز هو نفسه، ويكون مجموع التيارات المارّة في جميع الحلقات مساويًا لتيار المصدر.

16. **التيار الكلي** دائرة توازٍ فيها أربعة أفرع للتيار، وقيم التيارات في تلك الفروع: 120 mA و 250 mA و 380 mA و 2.1 A، ما مقدار التيار الذي يُولِّده المصدر؟

$$I = I_1 + I_2 + I_3 + I_4$$

$$= 120\ \text{mA} + 250\ \text{mA} + 380\ \text{mA} + 2.1\ \text{A}$$

$$= 0.12\ \text{A} + 0.25\ \text{A} + 0.38\ \text{A} + 2.1\ \text{A}$$

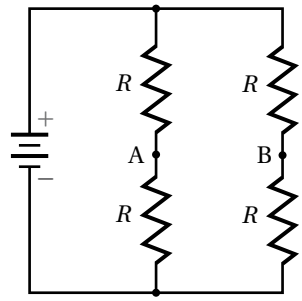
$$= 2.9\ \text{A}$$

تابع الفصل 4

17. التيـار الكلي تحتوي دائرة توالٍ علـى أربعة مقاومات. إذا كان التيار المار في أحد المقاومات يساوي 810 mA فاحسب مقدار التيار الذي يُـولِّده المصدر.

بما ان المقاومات موصولة على التوالي فالتيار المارّ في أي مقاومة هو نفسـه في المقاومة الأخرى، وهو نفسـه تيار المصدر، أي أن تيار المصدر يساوي810 mA .

18. التفكير الناقـد تحتوي الدائرة الكهربائية الموضحة في **الشـكل 8–4** على أربعة مقاومـات متماثلة. افترض أن سلكًا استُخدم لوصل النقطتين A وB. أجب عن الأسئلة التالية مع توضيح السبب:



■ الشكل 8–4

a. ما مقدار التيار المار في السلك؟

A 0، لأن جهد النقطة A يساوي جهد النقطةB .

b. ماذا يحدث للتيار المار في كل مقاومة؟

لا شيء

c. ماذا يحدث للتيار الخارج من البطارية؟

لا شيء

d. ماذا يحدث لفرق الجهد بين طرفي كل مقاومة؟

لا شيء

مسائل تدريبية

4–2 تطبيقات الدوائر الكهربائية

صفحة (119 –114)

صفحة 118

19. تحتوي دائرة كهربائية مُركّبة على ثلاثة مقاومات. تستنفد المقاومة الأولى قدرة مقدارها 2.0 W، وتسـتنفد الثانية قـدرة مقدارهـا 3.0 W، وتسـتنفد الثالثة قـدرة مقدارها 1.5 W. ما مقدار التيار الذي تسـحبه الدائرة من بطارية جهدها 12.0 V؟

باستخدام قانون حفظ الطاقة(القدرة)

$$P_{\text{كلية}} = P_1 + P_2 + P_3$$

$$= 2.0\ \text{W} + 3.0\ \text{W} + 1.5\ \text{W}$$

$$= 6.5\ \text{W}$$

$$P_{\text{كلية}} = IV$$

$$I = \frac{P_{\text{كلية}}}{V} = \frac{6.5\ \text{W}}{12\ \text{V}} = 0.54\ \text{A}$$

20. يتصـل 11 مصباحًـا كهربائيًّا معًا علـى التوالي، وتتصل المجموعة علـى التوالي بمصباحين كهربائيين يتصلان علـى التوازي. فـإذا كانت المصابيـح جميعها متماثلة، فأيها يكون سطوعه أكبر؟

سـتكون المصـابيح الـ (11)المتصـلة على التوالي أكثر سـطوعًا، في حين يكون تيار كل مصباح من المصباحين المتصلين على التوازي نصف التيار الذي يمر في المصابيح الـ ،(11)وعليه سيكون سطوع كل من هذين المصباحين ربع سطوح أي من المصابيح الـ(11) .

21. ماذا يحدث للدائرة الموصوفة في المسـألة السابقة، إذا احترق أحد المصباحين المتصلين على التوازي؟

عندئذٍ تصبح جميع المصابيح العاملة موصولة على التوالي، ويتوهج الـ (12) مصباحًا بالشدة نفسها.

22. ماذا يحدث للدائرة الموصوفة في المسألة 20 إذا حدث دائرة قصر لأحد المصباحين المتصلين على التوازي؟

سيجعل المصباح الذي حدث فيه دائرة قصر فرق الجهد خلاله وخلال المصباح الآخر المتصل معه على التوازي صـفرًا. أمـا المصـابيح الـ (11)المتصـلة علـى التوالي فستتساوى في شدة توهّجها ولكنه يزداد مقارنة بوضعها السابق، أما المصباحان المتوازيان فلن يضيئا.

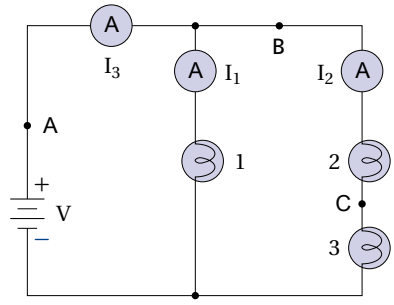
مراجعة القسم

4–2 تطبيقات الدوائر الكهربائية

صفحة (114 –119)

صفحة 119

ارجع إلى الشكل 13–4 للإجابة عن الأسئلة 23–28 ،افترض أن جميع المصابيح في الدائرة الكهربائية متماثلة.



■ الشكل 13–4

23. **السطوع** قارن بين سطوع المصابيح.

المصباحان 2 و 3متساويان في سطوعهما، ولكنهما أقل من سطوع المصباح1.

24. **التيار** إذا كان $I_1=1.1\ A$ و $I_3=1.7\ A$ فما مقدار التيار المار في المصباح 2؟

$$I_3 = I_1 + I_2$$

$$I_2 = I_3 - I_1 = 1.7\ A - 1.1\ A = 0.6\ A$$

25. **دوائر التوالي الكهربائية** إذا فُصِل السلك عند النقطة C، ووُصِلت مقاومة صغيرة على التوالي بالمصباحين 2 و3 فماذا يحدث لسطوع كل منهما؟

تخفُتُ إضاءتُهما بالتساوي، ويقلّ التيار في كل منهما بالمقدار نفسه.

26. **جهد البطارية** عند وصل فولتمتر بين طرفي المصباح 2 كانت قراءته 3.8 V، وعند وصل فولتمتر آخر بين طرفي المصباح 3 كانت قراءته 4.2 V. ما مقدار جهد البطارية؟

$$V = V_1 + V_2 = 3.8\ V + 4.2\ V = 8.0\ V$$

27. **الدوائر الكهربائية** بالرجوع إلى المعلومات الواردة في السؤال السابق، هل المصباحان 2 و3 متماثلان؟

لا. لأن المصابيح المتماثلة الموصولة على التوالي يكون الهبوط في الجهد عبرها متساويًا؛ لأن التيارات المارة فيها متساوية.

28. **التفكير الناقد** هل هناك طريقة لجعل المصابيح الثلاثة في الشكل تُضيء بالشدة نفسها دون استخدام أيّ مقاومات إضافية؟ وضّح إجابتك.

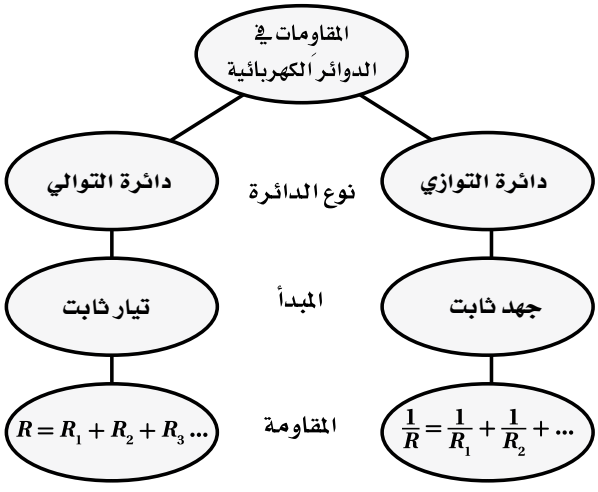
نعم. لأن شدة الإضاءة تتناسب طرديًا مع القدرة فسيكون من الضروري استخدام مصباح في الموقع 1 مقاومته تساوي أربعة أضعاف مقاومتي المصباحين في الموقعين 2و 3وهما مضاءين $\frac{V^2}{4R} = \frac{(V/2)^2}{R}$.

تقويم الفصل

خريطة المفاهيم

صفحة 124

29. أكمل خريطة المفاهيم أدناه باستخدام المصطلحات التالية: دائرة التوالي، $R=R_1+R_2+R_3$، تيار ثابت، دائرة توازي، جهد ثابت.



تابع الفصل 4

إتقان المفاهيم
صفحة 124

30. لمـاذا تنطفئ جميع المصابيح الموصولـة على التوالي إذا احترق أحدها؟

عندمـا يحتـرق أحد المصـابيح تفتح الدائـرة فتنطفئ المصابيح الأخرى.

31. لماذا تقل المقاومة المكافئة في دائرة التوازي كلما أضيف المزيد من المقاومات؟

لأن كل مقاومة ستُوفّر مسارًا إضافيًا للتيار.

32. إذا وصِلـت مجموعة مقاومـات مختلفة في قيمها على التوازي، فكيف تُقَارن قيمة كل منها بالمقاومة المكافئة للمجموعة؟

تكون قيمة المقاومة المكافئة أقل من قيمة أيّ مقاومة.

33. لماذا تكون تمديدات أسلاك الكهرباء في المنازل على التوازي، وليس على التوالي؟

لكي تعمل الأجهزة المنزلية الموصولة على التوازي كل منها على حدة دون أن يؤثر بعضها في الآخر.

34. قـارن بين مقدار التيار الداخل إلـى نقطة تفرّع في دائرة توازٍ ومقدار التيار الخارج منها. (نقطةالتفرّع: نقطة تتصل بها ثلاثة موصلات أو أكثر).

مجموع التيارات الداخلة إلى نقطة التفرّع يساوي مجموع التيارات الخارجة منها.

35. وضّـح كيف يعمل منصهـر كهربائي علـى حماية دائرة كهربائية ما؟

يعمل المنصهر على حماية الأجهزة والأسلاك الكهربائية من مرورتيار كهربائي كبير فيها قد يسبّب حريقًا نتيجة التسخين الزائد.

36. ما المقصود بدائرة القصر؟ ولماذا تكون خطيرة؟

دائرة القصـر هي الدائـرة ذات المقاومة القليلة جدًا. ودائرة القصر خطيرة جدًا إذا طُبّق عليها أي فرق جهد؛ لأنها تسـبب تدفق تيار كهربائي كبير، والأثر الحراري للتيار يمكنه أن يسبب حريقًا.

37. لماذا يُصمّم الأميتر بحيث تكون مقاومته صغيرة جدًّا؟

يجب أن تكون مقاومة الأميتر صغيرة جدًا؛ لأنه يوصل على التوالي في الدائرة الكهربائية، فإذا كانت مقاومته كبيرة فستتغيّر مقاومة الدائرة بشكل واضح.

38. لماذا يُصمّم الفولتمتر بحيث تكون مقاومته كبيرة جدًّا؟

يجب ان تكون مقاومة الفولتمتر كبيرة جدًا للسبب نفسه الذي يجعل مقاومة الأميتر صـغيرة، فإذا كانت مقاومة الفولتمتر صغيرة فإنه يقلّل مقاومة الجزء المتصل معه مـن الدائـرة، ممّا يزيد التيار في الدائرة، وهذا يسـبّب هبوطًا أكبر في الجهد خلال الجزء المتصل مع الفولتمتر في الدائرة، مما يغير الجهد المقيس.

39. كيـف تختلف طريقة توصيل الأميتر فـي دائرة كهربائية عن طريقة توصيل الفولتمتر في الدائرة نفسها؟

يوصـل الأميتر على التوالي، في حين يوصل الفولتمتر على التوازي.

تطبيق المفاهيم
صفحة 125–124

40. تحتوي دائرة كهربائية على ثلاثة مصابيح كهربائية موصولة على التوالي. ماذا يحدث للتيار المار في مصباحين من هذه المصابيح إذا احترق فتيل المصباح الثالث؟

إذا احترق فتيل أحد المصابيح فإن التيار يتوقف وستنطفئ المصابيح الأخرى.

41. افتـرض أن المقاومة R_A في مجزئ الجهد الموضّح في **الشكل 4–4** صُمّمت لتكون مقاومة متغيّرة، فماذا يحدث للجهد الناتج V_B في مجزئ الجهد إذا زاد مقدار المقاومة المتغيرة؟

لذا فعندما تزداد R_A تقل V_A. $V_B = V_R B/(R_A + R_B)$،

42. تحتوي الدائرة A على ثلاثة مقاومات مقدار كل منها 60 Ω موصولة على التوالي، أما الدائرة B فتحتوي على ثلاثة مقاومـات مقدار كل منها 60 Ω موصولة على التوازي. كيـف يتغير التيار المار في المقاومة الثانية في كل دائرة منهما إذا قطع مفتاح كهربائي التيار عن المقاومة الأولى؟

في الدائرة A لن يمر تيار في المقاومة. أما في الدائرة Bفسيبقى التيار في المقاومة كما هو.

43. تحتوي دائرة كهربائية على ثلاثة مصابيح كهربائية موصولة على التوازي. ماذا يحدث للتيار المار في مصباحين من هذه المصابيح إذا احترق فتيل المصباح الثالث؟

إذا احترق فتيل أحد المصابيح فإن المقاومة وفرق الجهد خلال بقية المصابيح لا تتغيّر، لذا تبقى المصابيح الأخرى مضاءة.

44. إذا توافر لديك بطارية جهدها 6 V وعدد من المصابيح جهد كلٍّ منها 1.5 V، فكيف تصل المصابيح بحيث تضيء، على ألا يزيد فرق الجهد بين طرفي كلٍّ منها على 1.5 V؟

يتم ذلك بوصل أربعة من المصابيح على التوالي.

45. مصباحان كهربائيّان مقاومة أحدهما أكبر من مقاومة الآخر. أجب عمّا يلي:

a. إذا وصل المصباحان على التوازي فأيُّهما يكون سطوعه أكبر (أيْ أيُّهما يستنفد قدرة أكبر)؟

المصباح ذو المقاومة الأقل.

b. إذا وصِل المصباحان على التوالي فأيهما يكون سطوعه أكبر؟

المصباح ذو المقاومة الأكبر.

46. اكتب نوع الدائرة المستخدمة (توالٍ أم توازٍ) فيمايلي:

a. التيار متساوٍ في جميع أجزاء الدائرة الكهربائية.

على التوالي

b. المقاومة المكافئة تساوي مجموع المقاومات المُفردة.

على التوالي

c. الهبوط في الجهد عبر كل مقاومة في الدائرة الكهربائية متساوٍ.

على التوازي

d. الهبوط في الجهد في الدائرة الكهربائية يتناسب طرديًّا مع المقاومة.

على التوالي

e. إضافة مقاومة إلى الدائرة يُقلّل المقاومة المكافئة.

على التوازي

f. إضافة مقاومة إلى الدائرة يزيد المقاومة المكافئة.

على التوالي

g. إذا أصبح مقدار التيار المار في أحد مقاومات دائرة كهربائية صفرًا، ولم يمر تيار في جميع المقاومات الأخرى الموجودة في الدائرة.

على التوالي

h. إذا أصبح مقدار التيار المار في أحد مقاومات دائرة كهربائية صفرًا، ولم تتغير مقادير التيارات الكهربائية المارة في جميع المقاومات الأخرى الموجودة في الدائرة.

على التوازي

i. هذا النوع من التوصيل مناسب لتمديدات الأسلاك في المنزل.

على التوازي

47. **منصهرات المنزل** لماذا يكون خطيرًا استعمال منصهر 30 A بدلًا من المنصهر 15 A المستخدم في حماية دائرة المنزل؟

يسمح المنصهر 30 A بمرور تيار أكبر في الدائرة، فتتولّد حرارة أكبر في الأسلاك، مما يجعل ذلك خطيرًا.

إتقان حل المسائل

1–4 الدوائر الكهربائية البسيطة

صفحة 127–125

48. احسب المقاومة المكافئة للمقاومات التالية: 680 Ω و 1.1 kΩ و 10 kΩ إذا وصلت على التوالي.

$$R = 680\ \Omega + 1100\ \Omega + 10000\ \Omega$$

$$= 12\ \text{k}\Omega$$

تابع الفصل 4

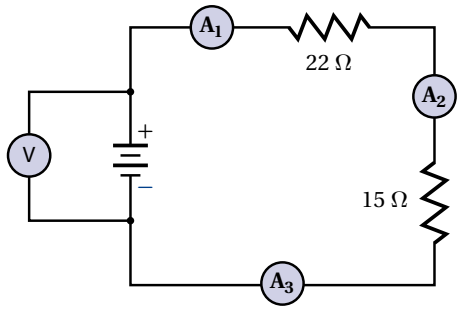
49. احسب المقاومة المكافئة للمقاومات التالية: 10.0 kΩ و 1.1 kΩ و 680 Ω إذا وصلت على التوازي.

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

$$R = \frac{1}{\left(\frac{1}{0.68\ \text{k}\Omega} + \frac{1}{1.1\ \text{k}\Omega} + \frac{1}{10\ \text{k}\Omega}\right)}$$

$$= 0.40\ \text{k}\Omega$$

50. إذا كانت قراءة الأميتر 1 الموضح في **الشكل 14–4** تساوي 0.20 A، فما مقدار:



■ **الشكل 14–4**

a. قراءة الأميتر 2؟

0.20 A، لأن التيار ثابت في المقاومات المتصلة على التوالي.

b. قراءة الأميتر3؟

0.20 A، لأن التيار ثابت في المقاومات المتصلة على التوالي.

51. إذا احتوت دائرة توالٍ على هبوطين في الجهد 6.90 V و 5.50 V فما مقدار جهد المصدر؟

$$V = 5.50\ \text{V} + 6.90\ \text{V} = 12.4\ \text{V}$$

52. يمر تياران في دائرة توازٍ، فإذا كان تيار الفرع الأول 3.45 A وتيار الفرع الثاني 1.00 A فما مقدار التيار المار في مصدر الجهد؟

$$I = 3.45\ \text{A} + 1.00\ \text{A} = 4.45\ \text{A}$$

53. إذا كانت قراءة الأميتر 1 في **الشكل 14–4** تساوي 0.20 A فما مقدار:

a. المقاومة المكافئة للدائرة؟

$$R = R_1 + R_2 = 15\ \Omega + 22\ \Omega = 37\ \Omega$$

b. جهد البطارية؟

$$V = IR = (0.20\ \text{A})(37\ \Omega) = 7.4\ \text{V}$$

c. القدرة المستنفدة في المقاومة 22 Ω ؟

$$P = I^2R = (0.20\ \text{A})^2(22\ \Omega)$$

$$= 0.88\ \text{W}$$

d. القدرة الناتجة عن البطارية؟

$$P = IV = (0.20\ \text{A})(7.4\ \text{V}) = 1.5\ \text{W}$$

54. إذا كانت قراءة الأميتر 2 الموضّح في **الشكل 14–4** تساوي 0.50 A فاحسب مقدار:

a. فرق الجهد بين طرفي المقاومة 22 Ω.

$$V = IR = (0.50\ \text{A})(22\ \Omega) = 11\ \text{V}$$

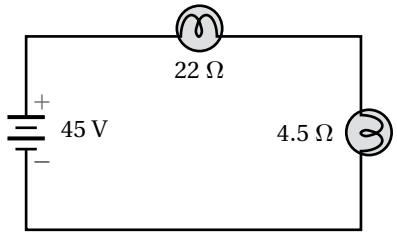
b. فرق الجهد بين طرفي المقاومة 15 Ω.

$$V = IR = (0.50\ \text{A})(15\ \Omega) = 7.5\ \text{V}$$

c. جهد البطارية.

$$V = V_1 + V_2 = (11\ \text{V}) + (7.5\ \text{V}) = 19\ \text{V}$$

55. وصِل مصباحان مقاومة الأول 22 Ω ومقاومة الثاني 4.5 Ω على التوالي بمصدر فرق جهد مقداره 45 V، كما هو موضّح في **الشكل 15–4**. احسب مقدار:



■ **الشكل 15–4**

a. المقاومة المكافئة للدائرة.

$$22\ \Omega + 4.5\ \Omega = 27\ \Omega$$

b. التيار المار في الدائرة.

$$I = \frac{V}{R} = \frac{45\ \text{V}}{27\ \Omega} = 1.7\ \text{A}$$

c. الهبوط في الجهد في كل مصباح.

$$V = IR = (1.7\ \text{A})(22\ \Omega) = 37\ \text{V}$$

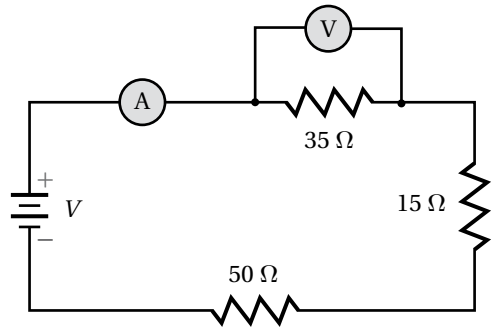
$$V = IR = (1.7\ \text{A})(4.5\ \Omega) = 7.7\ \text{V}$$

d. القدرة المستهلكة في كل مصباح.

$$P = IV = (1.7\ \text{A})(37\ \text{V}) = 63\ \text{W}$$

$$P = IV = (1.7\ \text{A})(7.7\ \text{V}) = 13\ \text{W}$$

56. إذا كانت قراءة الفولتمتر الموضّح في **الشكل 16–4** تساوي 70.0 V فأجب عن الأسئلة التالية:



■ **الشكل 16–4**

a. ما مقدار قراءة الأميتر؟

باستخدام قانون أوم $I = \frac{V}{R}$

$$= \frac{70.0\ \text{V}}{35\ \Omega} = 2.0\ \text{A}$$

b. أي المقاومات أسخن؟

50 Ω، حيث $P = I^2R$ والتيار (I) ثابت المقدار في المقاومات الموصولة على التوالي، لذا تستنتفد المقاومة الأكبر قدرة أكبر.

c. أي المقاومات أبرد؟

15 Ω، حيث $P = I^2R$ والتيار (I ثابت المقدار في المقاومات الموصولة على التوالي، لذا تستنتفد المقاومة الأقل قدرة أقل.

d. ما مقدار القدرة المزوّدة بواسطة البطارية؟

أولًا: نحسب المقاومة المكافئة:

$$R = R_1 + R_2 + R_3$$

$$= 35\ \Omega + 15\ \Omega + 50\ \Omega$$

$$= 0.1\ \text{k}\Omega$$

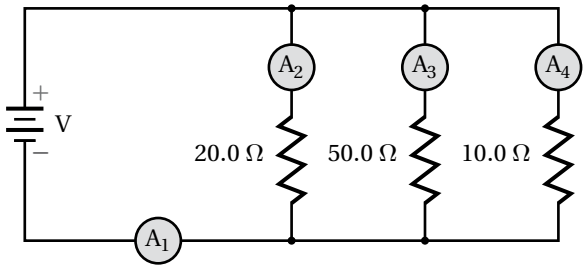
ثانيًا نحسب قدرة البطارية:

$$P = I^2R$$

$$= (2.0\ \text{A})^2(0.1\ \text{k}\Omega)(1000\ \Omega/\text{k}\Omega)$$

$$= 4\times10^2\ \text{W}$$

57. إذا كان جهد البطارية الموضحة في **الشكل 17–4** يساوي 110 V، فأجب عن الأسئلة التالية:



■ **الشكل 17–4**

a. ما مقدار قراءة الأميتر 1؟

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

$$R = \frac{1}{\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}\right)}$$

$$R = \frac{1}{\left(\frac{1}{20.0\ \Omega} + \frac{1}{50.0\ \Omega} + \frac{1}{10.0\ \Omega}\right)}$$

$$= 5.88\ \Omega$$

$$I = \frac{V}{R} = \frac{1.1\times10^2\ \text{V}}{5.88\ \Omega} = 19\ \text{A}$$

b. ما مقدار قراءة الأميتر 2؟

$$I = \frac{V}{R} = \frac{1.1\times10^2\ \text{V}}{20.0\ \Omega} = 5.5\ \text{A}$$

c. ما مقدار قراءة الأميتر 3؟

$$I = \frac{V}{R} = \frac{1.1\times10^2\ \text{V}}{50.0\ \Omega} = 2.2\ \text{A}$$

d. ما مقدار قراءة الأميتر 4؟

$$I = \frac{V}{R} = \frac{1.1\times10^{2}\ \text{V}}{10.0\ \Omega} = 11\ \text{A}$$

e. أي المقاومات أسخن؟

10.0 Ω، حيث $P = \frac{V^2}{R}$ والجهد (V ثابت المقدار في المقاومات الموصولة على التوازي، لذا تستنتفد المقاومة الأقل قدرة أكبر.

f. أي المقاومات أبرد؟

50.0 Ω، حيث $P = \frac{V^2}{R}$ والجهد (V ثابت المقدار في المقاومات الموصولة على التوازي، لذا تستنتفد المقاومة الأكبر قدرة أقل.

58. إذا كانت قراءة الأميتر 3 الموضح في **الشكل 17–4** تساوي 0.40 A فما مقدار:

a. جهد البطارية؟

$$V = IR = (0.40\ \text{A})(50.0\ \Omega) = 2.0\times10^{1}\ \text{V}$$

b. قراءة الأميتر 1؟

أولا نحسب المقاومة المكافئة:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

$$R = \frac{1}{\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}\right)}$$

$$R = \frac{1}{\left(\frac{1}{20.0\ \text{k}\Omega} + \frac{1}{50.0\ \text{k}\Omega} + \frac{1}{10.0\ \Omega}\right)}$$

$$= 5.88\ \Omega$$

ثانيًا نحسب تيار الأميتر1 :

$$I = \frac{V}{R} = \frac{2.0\times10^{2}\ \text{V}}{5.88\ \Omega} = 3.4\ \text{A}$$

c. قراءة الأميتر 2؟

$$I = \frac{V}{R} = \frac{2.0\times10^{1}\ \text{V}}{20.0\ \Omega} = 1.0\ \text{A}$$

d. قراءة الأميتر 4؟

$$I = \frac{V}{R} = \frac{2.0\times10^{1}\ \text{V}}{10.0\ \Omega} = 2.0\ \text{A}$$

59. ما اتجاه التيار الاصطلاحي المار في المقاومة 50.0 Ω الموضّح في **الشكل 17–4**؟

إلى أسفل

60. إذا كان الحمل الموصول بطرفي بطارية يتكون من مقاومتين 15 Ω و47 Ω موصولتين على التوالي فما مقدار:

a. المقاومة الكلية للحمل؟

$$R = R_1 + R_2 = 15\ \Omega + 47\ \Omega$$

$$= 62\ \Omega$$

b. جهد البطارية إذا كان مقدار التيار المار في الدائرة 97 mA؟

$$V = IR = (97\ \text{mA})(62\ \Omega) = 6.0\ \text{V}$$

61. **أنوار الاحتفالات** يتكون أحد أسلاك الزينة من 18 مصباحًا صغيرًا متماثلًا، موصولة على التوالي بمصدر جهد مقداره 120 V. فإذا كان السلك يستنفد قدرة مقدارها 64 W، فما مقدار:

a. المقاومة المكافئة لسلك المصابيح؟

$$P = \frac{V^2}{R_{\text{مكافئة}}}$$

$$R_{\text{مكافئة}} = \frac{V^2}{P} = \frac{(120\ \text{V})^2}{64\ \text{W}} = 2.3\times10^{2}\ \Omega$$

b. مقاومة كل مصباح؟

$R_{\text{مكافئة}}$ المقاومة المكافئة للمصابيح الـ 18 مقسومة على عدد المصابيح

$$\frac{2.3\times10^{2}\ \Omega}{18} = 13\ \Omega$$

c. القدرة المستنفدة في كل مصباح؟

$$\frac{64\ \text{W}}{18} = 3.6\ \text{W}$$

62. إذا احترق فتيل أحد المصابيح في المسألة السابقة، وحدث فيه دائرة قصر، بحيث أصبحت مقاومته صفرًا فأجب عما يلي:

a. ما مقدار مقاومة السلك في هذه الحالة؟

سيبقى 17 مصباحًا موصولا على التوالي بدلا من الـ18 مصباحًا، وستكون مقاومة السلك:

$$\left(\frac{17}{18}\right)(2.3\times10^{2}\ \Omega) = 2.2\times10^{2}\ \Omega$$

b. احسب القدرة المستنفدة في السلك.

$$P = \frac{V^2}{R} = \frac{(120\ \text{V})^2}{2.2\times10^{2}\ \Omega} = 65\ \text{W}$$

c. هل زادت القدرة المستنفدة أم نقصت بعد احتراق المصباح؟

ازدادت

63. وصِلت مقاومتان 16.0 Ω و20.0 Ω، على التوازي بمصدر جهد مقداره 40.0 V، احسب مقدار:

a. المقاومة المكافئة لدائرة التوازي.

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

$$R = \frac{1}{\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)}$$

$$R = \frac{1}{\left(\frac{1}{16.0\ \Omega} + \frac{1}{20.0\ \Omega}\right)}$$

$$= 8.89\ \Omega$$

b. التيار الكلي المار في الدائرة.

$$I = \frac{V}{R} = \frac{40.0\ \text{V}}{8.89\ \Omega} = 4.50\ \text{A}$$

c. التيار المار في المقاومة 16.0 Ω.

$$I_1 = \frac{V}{R_1} = \frac{40.0\ \text{V}}{16.0\ \Omega} = 2.50\ \text{A}$$

64. صمّم فيصل مجزئ جهد باستخدام بطارية جهدها 12 V ومقاومتين. فإذا كان مقدار المقاومة R_B يساوي 82 Ω، فكم يجب أن يكون مقدار المقاومة R_A حتى يكون الجهد الناتج عبر المقاومة R_B يساوي 4.0 V؟

$$V_B = \frac{VR_B}{R_A + R_B}$$

$$R_A + R_B = \frac{VR_B}{V_B}$$

$$R_A = \frac{VR_B}{V_B} - R_B$$

$$= \frac{(12\ \text{V})(82\ \Omega)}{4.0\ \text{V}} - 82\ \Omega$$

$$= 1.6\times10^{2}\ \Omega$$

65. **التلفاز** يستهلك تلفاز قدرة تساوي 275 W عند وصله بمقبس 120 V.

a. احسب مقاومة التلفاز.

$$P = IV$$

أي:

$$I = \frac{V}{R}$$

أي:

$$P = \frac{V^2}{R}$$

أي:

$$R = \frac{V^2}{P} = \frac{(120\ \text{V})^2}{275\ \text{W}} = 52\ \Omega$$

b. إذا شكّل التلفاز وأسلاك توصيل مقاومتها 2.5 Ω ومنصهر كهربائي دائرةَ توالٍ تعمل بوصفها مجزّئ جهد، فاحسب الهبوط في الجهد عبر التلفاز.

$$V_A = \frac{VR_A}{R_A + R_B}$$

$$= \frac{(120\ \text{V})(52\ \Omega)}{52\ \Omega + 2.5\ \Omega}$$

$$= 110\ \text{V}$$

c. إذا وصِل مجفّف شعر مقاومته 12 Ω بالمقبس نفسه الذي يتصل به التلفاز، فاحسب المقاومة المكافئة للجهازين.

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_A} + \frac{1}{R_B}$$

$$R = \frac{1}{\left(\frac{1}{R_A} + \frac{1}{R_B}\right)}$$

$$R = \frac{1}{\left(\frac{1}{52\ \Omega} + \frac{1}{12\ \Omega}\right)}$$

$$= 9.8\ \Omega$$

d. احسب الهبوط في الجهد عبر كل من التلفاز، ومجفّف الشعر.

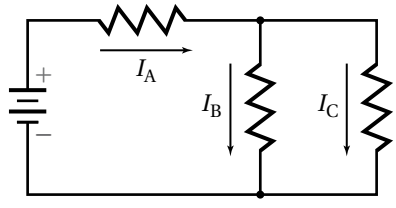
$$V_1 = \frac{VR}{R_A + R_B} = \frac{(120\ \text{V})(9.8\ \text{V})}{9.8\ \Omega + 2.5\ \Omega} = 96\ \text{V}$$

4–2 تطبيقات الدوائر الكهربائية

صفحة 127

ارجع إلى **الشكل 18–4** للإجابة عن **الأسئلة 69–66**.

66. إذا كان مقدار كل مقاومة من المقاومات الموضّحة في الشكل يساوي 30 Ω فاحسب المقاومة المكافئة.



■ **الشكل 18–4**

المقاومتان 30.0 Ω و 30.0 Ω الموصولتان على التوازي مقاومتهما المكافئة تساوي 15.0 Ω، والمقاومة الثالثة تكون متصلة معهما على التوالي، أي تكون المقاومة المكافئة للدائرة:

$$R = 30.0\ \Omega + 15.0\ \Omega = 45.0\ \Omega$$

67. إذا استنفذت كل مقاومة 120 mW فاحسب القدرة الكلية المستنفدة.

$$P = 3(120\ \text{mW}) = 360\ \text{mW}$$

68. إذا كان $I_A = 13\ \text{mA}$ و $I_B = 1.7\ \text{mA}$ فما مقدار I_C؟

$$I_C = I_A - I_B$$

$$= 13\ \text{mA} - 1.7\ \text{mA}$$

$$= 11.3\ \text{mA}$$

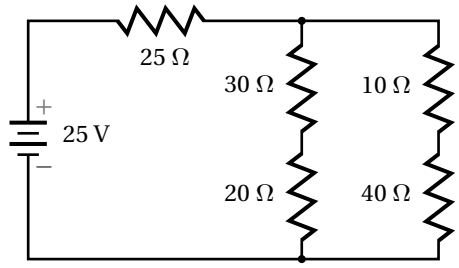
69. بافتراض أن $I_C = 1.7\ \text{mA}$ و $I_B = 13\ \text{mA}$، فما مقدار I_A؟

$$I_A = I_B + I_C$$

$$= 13\ \text{mA} + 1.7\ \text{mA}$$

$$= 14.7\ \text{mA}$$

70. بالرجوع إلى **الشكل 19–4** أجب عما يلي:



■ **الشكل 19–4**

a. ما مقدار المقاومة المكافئة؟

المقاومتان 30.0 Ω و 20.0 Ω موصولتان على التوالي .

$$R_1 = 30.0\ \Omega + 20.0\ \Omega = 50.0\ \Omega$$

المقاومتان 10.0 Ω و 40.0 Ω موصولتان على التوالي .

$$R_2 = 10.0\ \Omega + 40.0\ \Omega = 50.0\ \Omega$$

المقاومتان R_1 و R_2 موصولتان على التوازي.

$$\frac{1}{R_{\text{كلية}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

$$R_{\text{كلية}} = \frac{1}{\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)}$$

$$R_{\text{كلية}} = \frac{1}{\left(\frac{1}{50.0\ \Omega} + \frac{1}{50.0\ \Omega}\right)}$$

$$= 25.0\ \Omega$$

المقاومة الكلية للمقاومتان الناتجتان 25.0 Ω و25.0 Ω والموصولتان على التوالي تساوي:

$$R = 25.0\ \Omega + 25.0\ \Omega = 50.0\ \Omega$$

b. احسب مقدار التيار المار في المقاومة 25 Ω.

باستخدام قانون أوم والمقاومة الكلية فإن:

$$I = \frac{V}{R_{\text{كلية}}} = \frac{25\ \text{V}}{50.0\ \Omega} = 0.50\ \text{A}$$

c. أي المقاومات يكون أسخن، وأيها يكون أبرد؟

$$P = I^2R = (0.50\ \text{A})^2(25.0\ \Omega) = 6.25\ \text{W}$$

نصف التيار الكلي يمر في كل فرع من فرعي مقاومات الدائرة الموصولة على التوازي، لأن المقاومة المكافئة للفرعين متساوية.

$$P = I^2R = (0.25\ \text{A})^2(30.0\ \Omega) = 1.9\ \text{W}$$

$$P = I^2R = (0.25\ \text{A})^2(20.0\ \Omega) = 1.2\ \text{W}$$

$$P = I^2R = (0.25\ \text{A})^2(10.0\ \Omega) = 0.62\ \text{W}$$

$$P = I^2R = (0.25\ \text{A})^2(40.0\ \Omega) = 2.5\ \text{W}$$

أي أن المقاومة الأسخن هي: 25.0 Ω ، والمقاومة الأبرد هي: 10.0 Ω.

71. تتكوّن دائرة كهربائية من ستة مصابيح ومدفأة كهربائية موصولة جميعها على التوازي. فإذا كانت قدرة كلّ مصباح 60 W ومقاومته 240 Ω ، ومقاومة المدفأة 10.0 Ω، وفرق الجهد في الدائرة 120 V فاحسب مقدار التيار المار في الدائرة في الحالات التالية:

a. أربعة مصابيح فقط مضاءة.

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}$$

$$= \frac{1}{240\ \Omega} + \frac{1}{240\ \Omega} + \frac{1}{240\ \Omega} + \frac{1}{240\ \Omega}$$

$$= \frac{4}{240\ \Omega}$$

$$R = \frac{240\ \Omega}{4} = 60\ \Omega$$

$$I = \frac{V}{R} = \frac{120\ \text{V}}{60\ \Omega} = 2.0\ \text{A}$$

b. جميع المصابيح مضاءة.

$$\frac{1}{R} = \frac{240\ \Omega}{6}$$

$$R = \frac{240\ \Omega}{6} = 40\ \Omega$$

$$I = \frac{V}{R} = \frac{120\ \text{V}}{40\ \Omega} = 3.0\ \text{A}$$

c. المصابيح الستة والمدفأة جميعها تعمل.

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{40\ \Omega} + \frac{1}{10.0\ \Omega}$$

$$= \frac{5}{4.0\times10^1\ \Omega}$$

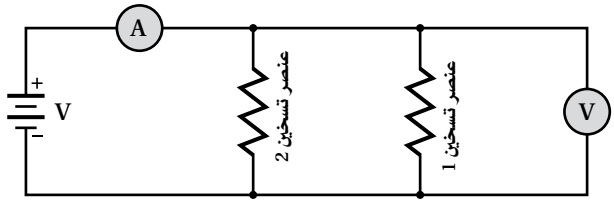
$$R = \frac{4.0\times10^1\ \Omega}{5} = 8.0\ \Omega$$

$$I = \frac{V}{R} = \frac{120\ \text{V}}{8.0\ \Omega} = 15\ \text{A}$$

72. إذا احتوت الدائرة الكهربائية في المسألة السابقة على منصهر كهربائي كُتِبَ عليه 12 A فهل ينصهر هذا المنصهر إذا شُغّلت المصابيح الستة والمدفأة؟

نعم، لأن التيار 15 A يؤدي إلى صهر المنصهر الذي يتحملّ 12 A فقط.

73. إذا زُوِّدْت خلال اختبار عملي بالأدوات التالية: بطارية جهدها V، وعنصري تسخين مقاومتهما صغيرة يُمكن وضعهما داخل ماء، وأميتر ذي مقاومة صغيرة جدًّا، وفولتمتر مقاومته كبيرة جدًّا، وأسلاك توصيل مقاومتها مهملة، ودورق معزول جيّدًا سعته الحرارية مهملة، و0.10 kg ماء درجة حرارته 25 °C. وضّح بالرسم والرموز كيفية وصل هذه الأدوات معًا لتسخين الماء في أسرع وقت ممكن.



74. إذا ثُبّتت قراءة الفولتمتر المستعمل في المسألة السابقة عند 45 V، وقراءة الأميتر عند 5.0 A فاحسب الزمن (بالثواني) اللازم لتبخير الماء الموجود في الدورق. (استخدم الحرارة النوعية للماء 4.2 kJ/kg.°C، والحرارة الكامنة لتبخره 2.3×10^6 J/kg)

$$\Delta Q_1 = mC\Delta T$$

$$= (0.10\ \text{kg})(4.2\ \text{kJ/kg}\cdot^\circ\text{C})(75^\circ\text{C})$$

الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة الماء إلى 100 °C

$$= 32\ \text{kJ}$$

$$\Delta Q_2 = mH_v = (0.10\ \text{kg})(2.3\times10^6\ \text{J/kg})$$

الحرارة اللازمة لتبخير الماء

$$= 2.3\times10^2\ \text{kJ}$$

$$\Delta Q = 32\ \text{kJ} + 2.3\times10^2\ \text{kJ}$$

معدل الطاقة اللازمة لتبخير الماء

$$= 2.6\times10^2\ \text{kJ}$$

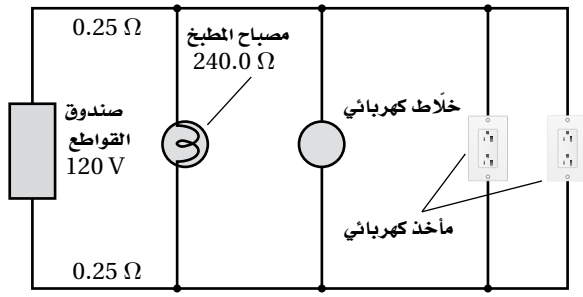
$$P = IV = (5.0\ \text{A})(45\ \text{V}) = 0.23\ \text{kJ/s}.$$

الزمن اللازم لتبخير الماء الموجود في الدورق يساوي :

$$t = \frac{2.6\times10^2\ \text{kJ}}{0.23\ \text{kJ/s}} = 1.1\times10^3\ \text{s}$$

تابع الفصل 4

75. دائرة كهربائية منزلية يوضّح **الشكل 20–4** دائرة كهربائية منزلية، حيث مقاومة كلّ سلك من السلكين الواصلين إلى مصباح المطبخ 0.25 Ω، ومقاومة المصباح 0.24 kΩ. على الرغم من أن الدائرة هي دائرة توازٍ إلا أن مقاومة الأسلاك تتصل على التوالي بجميع عناصر الدائرة. أجب عما يلي:



■ **الشكل 20–4**

a. احسب المقاومة المكافئة للدائرة المتكونة من المصباح وخطَّي النقل من المصباح وإليه.

$$R = 0.25\ \Omega + 0.25\ \Omega + 0.24\ \text{k}\Omega$$

$$= 0.24\ \text{k}\Omega$$

b. أوجد التيار المار في المصباح.

$$I = \frac{V}{R} = \frac{120\ \text{V}}{0.24\ \text{k}\Omega} = 0.50\ \text{A}$$

c. أوجد القدرة المستنفدة في المصباح.

$$P = IV = (0.50\ \text{A})(120\ \text{V}) = 6.0 \times 10^{1}\ \text{W}$$

مراجعة عامة

صفحة 128

76. إذا وُجِد هبوطان في الجهد في دائرة توالٍ كهربائية مقداراهما: 3.50 V و4.90 V فما مقدار جهد المصدر؟

$$V = 3.50\ \text{V} + 4.90\ \text{V} = 8.40\ \text{V}$$

77. تحتوي دائرة كهربائية مُركّبة على ثلاث مقاومات. فإذا كانت القدرة المستنفدة في المقاومات: 5.50 W و6.90 W و1.05 W على الترتيب فما مقدار قدرة المصدر الذي يُغذِّي الدائرة؟

$$P = 5.50\ \text{W} + 6.90\ \text{W} + 1.05\ \text{W} = 13.45\ \text{W}$$

78. وصِلت ثلاث مقاومات مقدار كل منها 150 Ω على التوالي. فإذا كانت قدرة كل مقاومة 5 W، فاحسب القيمة العظمى للقدرة الآمنة التي يمكن الحصول عليها.

جميعها تستهلك المقدار نفسه من القدرة

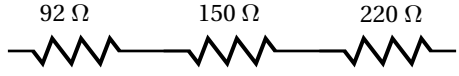
$$P = (3)(5\ \text{W}) = 15\ \text{W}$$

79. وصِلت ثلاث مقاومات مقدار كل منها 92 Ω على التوازي. فإذا كانت قدرة كل منها 5 W، فاحسب القيمة العظمى للقدرة الآمنة التي يمكن الحصول عليها.

جميعها تستهلك المقدار نفسه من القدرة

$$P = (3)(5\ \text{W}) = 15\ \text{W}$$

80. احسب القيمة العظمى للجهد الآمن الذي يمكن تطبيقه على المقاومات الثلاثة الموصولة على التوالي، والموضّحة في **الشكل 21–4**، إذا كانت قدرة كلٍّ منها 5.0 W



■ **الشكل 21–4**

بما أن التيار ثابت المقدار في المقاومات الموصولة على التوالي، لذا فالمقاومة الأكبر تستهلك قدرة أكبر.

$$P = I^2R$$

$$I = \sqrt{\frac{P}{R}} = \sqrt{\frac{5.0\ \text{W}}{220\ \Omega}} = 0.151\ \text{A}$$

مجموع المقاومات:

$$R = 92\ \Omega + 150\ \Omega + 220\ \Omega$$

$$= 462\ \Omega$$

و باستخدام قانون أوم:

$$V = IR$$

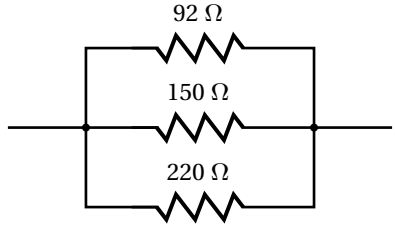
$$= (0.151\ \text{A})(462\ \Omega)$$

$$= 70\ \text{V}$$

81. احسب القيمة العظمى للقدرة الآمنة في الدائرة الموضّحة في المسألة السابقة.

$$P = \frac{V^2}{R} = \frac{(70\ \text{V})^2}{462\ \Omega} = 11\ \text{W}$$

82. احسب القيمة العظمى للجهد الآمن الذي يمكن تطبيقه على المقاومات الثلاثة الموصولة على التوازي، والموضحة في **الشكل 22–4** إذا كانت قدرة كلٍّ منها 5.0 W.



■ **الشكل 22–4**

المقاومة 92 Ω ستبدد أكبر قدرة لأنها تمرر أكبر تيار.

$$P = \frac{V^2}{R}$$

$$V = \sqrt{PR} = \sqrt{(5.0\ \text{W})(92\ \Omega)} = 21\ \text{V}$$

التفكير الناقد

صفحة 129

83. **تطبيق الرياضيات** اشتق علاقة لحساب المقاومة المكافئة في كل من الحالات التالية:

a. مقاومتان متساويتان موصولتان معًا على التوازي.

$$\frac{1}{\text{R}_{\text{المكافئة}}} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R} = \frac{2}{R}$$

$$\text{R}_{\text{المكافئة}} = \frac{R}{2}$$

b. ثلاثة مقاومات متساوية موصولة معًا على التوازي.

$$\frac{1}{\text{R}_{\text{المكافئة}}} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R} + \frac{1}{R} = \frac{3}{R}$$

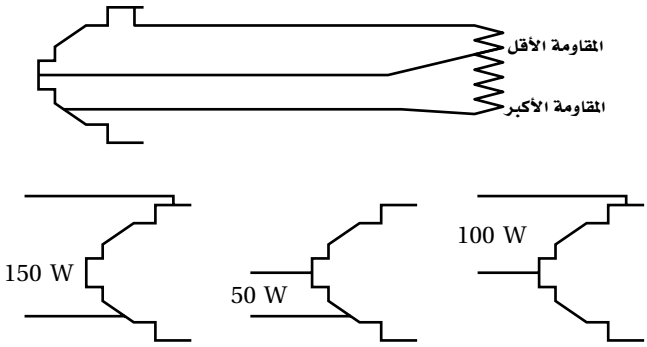
$$R_{\text{المكافئة}} = \frac{R}{3}$$

c. عدد N من مقاومات متساوية موصولة معًا على التوازي.

$$R_{\text{المكافئة}} = \frac{R}{N}$$

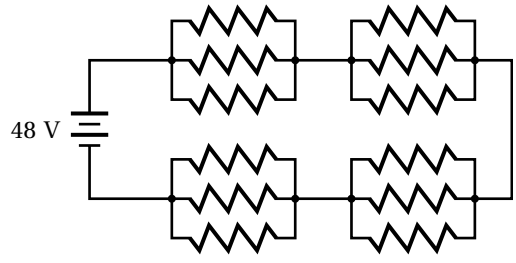
84. **تطبيق المفاهيم** إذا كان لديك ثلاثة مصابيح كتلك الموضّحة في **الشكل 23–4**، وكانت قدرتها كما يلي: 50 W و100 W و150 W، فارسم أربعة رسوم تخطيطيّة جزئية تبين من خلالها فتائل المصابيح، وأوضاع المفاتيح الكهربائية لكل مستوى سطوع، بالإضافة إلى بيان وضع الإطفاء. عنون كل رسم تخطيطيّ. (ليس هناك حاجة إلى رسم مصدر طاقة).

■ **الشكل 23–4**

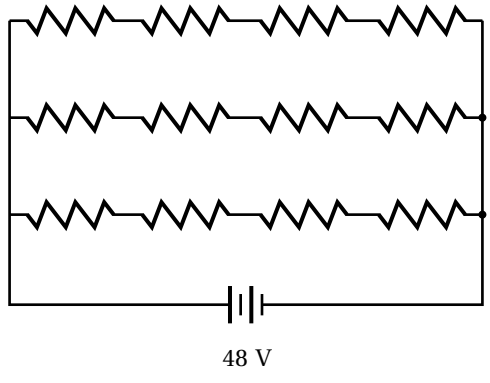


85. تطبيق المفاهيم صمّم دائرة كهربائية يمكنها إضاءة 12 مصباحًا متماثلًا، بكامل شدتها الضوئية الصحيحة بواسطة بطارية جهدها 48 V، لكل حالة مما يلي:

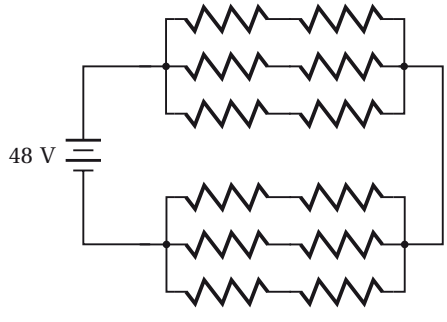
a. يقتضي التصميم A أنه إذا احترق فتيل أحد المصابيح تبقى المصابيح الأخرى مضيئة.



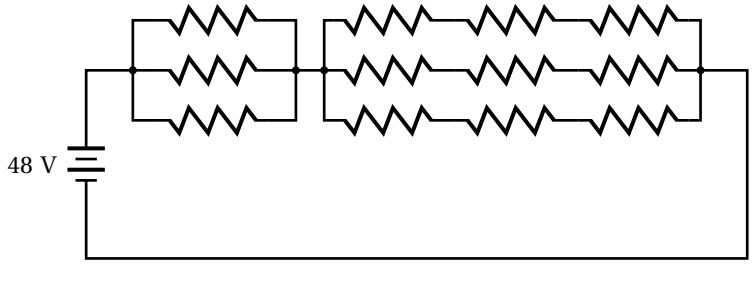
b. يقتضي التصميم B أنه إذا احترق فتيل أحد المصابيح تضيء المصابيح الأخرى التي بقيت تعمل بكامل شدتها الضوئية الصحيحة.



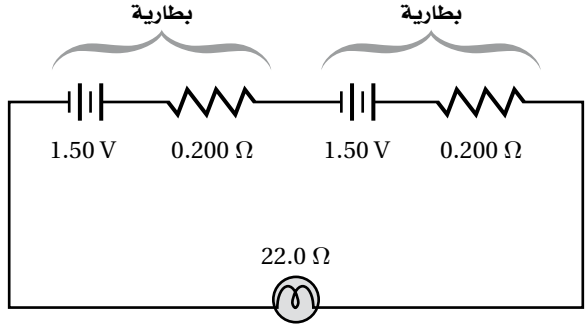
c. يقتضي التصميم C أنه إذا احترق فتيل أحد المصابيح ينطفئ مصباح آخر.



d. يقتضي التصميم D أنه إذا احترق فتيل أحد المصابيح فإما أن ينطفئ مصباحان أو لا ينطفئ أي مصباح في الدائرة.



86. **تطبيق المفاهيم** تتكوّن بطارية من مصدر فرق جهد مثالي يتصل بمقاومة صغيرة على التوالي. تنتج الطاقة الكهربائية للبطارية عن التفاعلات الكيميائية التي تحدث فيها، وينتج أيضًا عن هذه التفاعلات مقاومة صغيرة لا يمكن إلغاؤها بالكامل أو تجاهلها. فإذا علمت أن مصباحًا كهربائيًّا يدويًّا يحتوي على بطاريتين موصولتين على التوالي كما هو موضّح في **الشكل 24–4**، وفرق جهد كلٍّ منهما يساوي 1.50 V، ومقاومتها الداخلية 0.200 Ω، ومقاومة المصباح 22.0 Ω، فأجب عمّا يلي:



■ **الشكل 24–4**

a. ما مقدار التيار المار في المصباح؟

تتكوّن الدائرة من بطاريتين جهد كل منهما 1.5 V ومتصلتان على التوالي بالمقاومات 0.200 Ω و0.200 Ω و 22 Ω والمقاومة المكافئة تساوي 22.4 Ω.

$$I = \frac{V}{R}$$

$$= \frac{2(1.50)\ \text{V}}{(2(0.200\ \Omega) + 22.0\ \Omega)}$$

$$= 0.134\ \text{A}$$

b. ما مقدار القدرة المستنفدة في المصباح؟

$$P = I^2R$$

$$= (0.134)^2(22.0\ \Omega)$$

$$= 0.395\ \text{W}$$

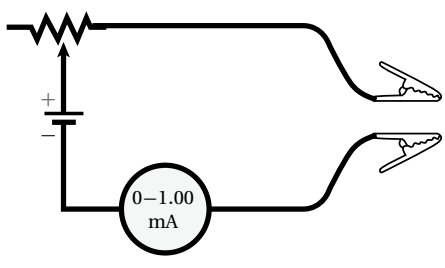
c. إذا أُهملت المقاومة الداخلية للبطاريتين فما مقدار الزيادة في القدرة المستنفدة؟

$$P = IV = \frac{V^2}{R} = \frac{(3.00\ \text{V})^2}{22.0\ \Omega} = 0.409\ \text{W}$$

$$\Delta P = 0.409\ \text{W} - 0.395\ \text{W} = 0.014\ \text{W}$$

القدرة المستنفدة ستزداد بمقدار 0.014 W.

87. **تطبيق المفاهيم** صُنع أميتر بتوصيل بطارية جهدها 6.0 V على التوالي بمقاومة متغيرة وأميتر مثالي، كما هو موضّح في **الشكل 25–4**، بحيث ينحرف مؤشر الأميتر إلى أقصى تدريج عندما يمر فيه تيار مقداره 1.0 mA. فإذا وصِل المِشبكان الموضّحان في الشكل معًا، وضُبطت المقاومة المتغيرة بحيث يمر تيار مقداره 1.0 mA، فأجب عمّا يلي:



■ **الشكل 25–4**

a. ما مقدار المقاومة المتغيرة؟

$$V = IR$$

$$R = \frac{V}{I} = \frac{6.0\ \text{V}}{1.0\times10^{-3}\ \text{A}} = 6.0\ \text{k}\Omega$$

b. إذا وصِل المشبكان الموضحان في الشكل بمقاومة مجهولة فما مقدار المقاومة التي تجعل قراءة الأميتر تساوي:

1. 0.50 mA؟

2. 0.25 mA؟

3. 0.75 mA؟

$$R = \frac{V}{I} = \frac{6.0\ \text{V}}{0.50\times10^{-3}\ \text{A}} = 12\ \text{k}\Omega$$

$$R = R_1 + R_e$$

$$R_e = R - R_1 \quad \text{أي:}$$

$$= 12\ \text{k}\Omega - 6.0\ \text{k}\Omega$$

$$= 6.0\ \text{k}\Omega$$

$$R = \frac{V}{I} = \frac{6.0\ \text{V}}{0.25\times10^{-3}\ \text{A}} = 24\ \text{k}\Omega$$

$$R_e = R - R_1 \quad \text{وكذلك:}$$

$$= 24\ \text{k}\Omega - 6.0\ \text{k}\Omega$$

$$= 18\ \text{k}\Omega$$

$$R = \frac{V}{I} = \frac{6.0\ \text{V}}{0.75\times10^{-3}\ \text{A}} = 8.0\ \text{k}\Omega$$

$$R_e = R - R_1 \quad \text{وكذلك:}$$

$$= 8.0\ \text{k}\Omega - 6.0\ \text{k}\Omega$$

$$= 2.0\ \text{k}\Omega$$

c. هل تدريج الأميتر خطي؟ وضّح إجابتك.

لا. يكون المقدار 0 Ω عند أقصى تدريج، و 6 kΩ عند منتصف التدريج، وما لانهاية Ω (أو دائرة مفتوحة) عند صفر تدريج.

الكتابة في الفيزياء

صفحة 130

88. ابحث في قوانين جوستاف كيرتشوف واكتب ملخصًا من صفحة واحدة حول كيفية تطبيقها على الأنواع الثلاثة للدوائر الكهربائية الواردة في الفصل.

يجب أن تتضمن إجابات الطلاب قانون كيرتشوف الثاني في الجهد؛ الذي يمثل حفظ الطاقة في الدوائر الكهربائية، وقانون كيرتشوف الأول في التيار؛ والذي يمثل حفظ الشحنة في الدوائر الكهربائية . وينص قانون الجهد على أن المجموع الجبري لتغيرات الجهد في مسار مغلق يساوي صفرًا. وينص قانون التيار على أن المجموع الجبري للتيارات عند نقطة تفرّع يساوي صفرًا.

مراجعة تراكمية

صفحة 130

89. إذا كانت شدة المجال الكهربائي على بُعد d من شحنة نقطية Q يساوي E، فماذا يحدث لمقدار المجال الكهربائي في الحالات التالية:

$$E = \frac{K}{d^2}$$

a. مضاعفة d ثلاث مرات.

$$\frac{E}{9}$$

b. مضاعفة Q ثلاث مرات.

$$3E$$

توضيح: شدة المجال هي القوة مقسومة على شحنة الإختبار.

c. مضاعفة كلٍّ من d وQ ثلاث مرات.

$$\frac{E}{3}$$

d. مضاعفة شحنة الاختبار q' ثلاث مرات

$$E$$

توضيح: المجال هو القوة مقسومة على شحنة الإختبار.

e. مضاعفة كلٍّ من q' وd، وQ ثلاث مرات.

$$\frac{E}{3}$$

90. إذا نقص التيار المار في دائرة كهربائية فرق الجهد فيها 12 V من 0.55 A إلى 0.44 A، فاحسب مقدار التغير في المقاومة.

$$R_1 = \frac{V}{I} = \frac{12\ \text{V}}{0.55\ \text{A}} = 21.8\ \Omega$$

$$R_2 = \frac{V}{I} = \frac{12\ \text{V}}{0.44\ \text{A}} = 27.3\ \Omega$$

$$\Delta R = R_2 - R_1$$

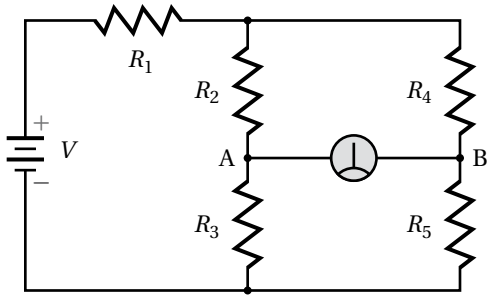
$$= 27.3\ \Omega - 21.8\ \Omega$$

$$= 5.5\ \Omega$$

مسألة تحفيز

صفحة 116

الجلفانومتر جهاز يستخدم لقياس التيارات الكهربائية وفروق الجهد الصغيرة جدًّا. وعندما تكون قراءة الجلفانومتر الموضح في الدائرة المجاورة صفرًا نقول إن الدائرة مُتزنة.



1. يقول زميلك في المختبر إن الطريقة الوحيدة لجعل الدائرة مُتزنة هي جعل جميع المقاومات متساوية. فهل هذا يجعل الدائرة مُتزنة؟ وهل هناك أكثر من طريقة لجعل الدائرة مُتزنة؟ وضّح إجابتك.

نعم، يمكن جعل جميع المقاومات متساوية بحيث تكون الدائرة متزنه .و يمكن جعل الدائرة متزنة أيضًا بالتحكّم بمقادير تلك المقاومات بحيث تكون $\frac{R_2}{R_3} = \frac{R_4}{R_5}$

مثلاً:

$R_3 = 22.5\ \Omega$

$R_4 = 40.0\ \Omega$

$R_5 = 44.0\ \Omega$

$R_2 = 20.0\ \Omega$

2. اشتق معادلة عامة لدائرة مُتزنة مستخدمًا التسميات المعطاة. تنبيه: تعامل مع الدائرة على أنها مجزئ جهد.

من تعريف الاتزان فإن ، (V_{AB}=0) فإذا كان الأتزان موجودًا فإن ، $V_{R3} = V_{R5}$ وهذا الهبوط في الجهد يمكن الحصول عليه من قانون أوم:

$$V_{R3} = I_1 R_3$$

$$V_{R5} = I_2 R_5$$

وكذلك:

$$I_1 = \frac{V-(I_1+I_2)R_1}{R_2+R_3}$$

و

$$I_2 = \frac{V-(I_1+I_2)R_1}{R_4+R_5}$$

وبالتعويض:

$$V_{R3} = \frac{R_3 V-(I_1+I_2)R_1R_3}{R_2+R_3}$$

$$V_{R5} = \frac{R_5 V-(I_1+I_2)R_1R_5}{R_4+R_5}$$

وبما أن: $V_{R3} = V_{R5}$

و بحذف R_3 من الطرف الأيسر للبسط و R_5 من الطرف الأيمن للبسط في المعادلة. ينتج:

$$\frac{V-(I_1+I_2)R_1}{\left(\frac{R_2}{R_3}+1\right)} = \frac{V-(I_1+I_2)R_1}{\left(\frac{R_4}{R_5}+1\right)}$$

$$\frac{1}{\left(\frac{R_2}{R_3}+1\right)} = \frac{1}{\left(\frac{R_4}{R_5}+1\right)}$$

أي أن:

$$\frac{R_3}{R_2} = \frac{R_5}{R_6}$$

3. أيّ المقاومات يمكن أن نضع مكانها مقاومةً متغيرةً لكي تستخدم أداة في ضبط الدائرة وموازنتها؟

أي مقاومة ما عدا R_1 .

4. أيّ المقاومات يمكن أن نضع مكانه مقاومةً متغيرةً لكي تستخدم أداة تحكّم وضبط حسّاسة؟ ولماذا يكون ذلك ضروريًّا؟ وكيف يمكن استخدامه عمليًّا؟

R_1.بما أن الجلفانومتر يمتاز بأنه أداة حساسة ويمكن أن يتلف إذا مرّ فيها تيار كبير ،لذا إذا كانت R_1 قابلة للتعديل أو الضبط وجب جعل قيمتها كبيرة قبل تشغيل الدائرة، وهذا من شأنه أن يحدَّ من قيمة التيار المار في الجلفانومتر .وعند تعديل قيمة المقاومة الموازنة واقتراب قراءة الجلفانومتر من الصفر تزداد الحساسية بنقصان مقدار المقاومة R_1 .

مسائل تدريبية

5–1 المغانط: الدائمة والمؤقتة صفحة (142 –133)

صفحة 137

1. إذا حملت قضيبين مغناطيسيين على راحتي يديك، ثم قربت يدك إحداهما إلى الأخرى فهل ستكون القوة تنافرًا أم تجاذبًا في كل من الحالتين الآتيتين:

   a. تقريب القطبين الشماليين أحدهما إلى الآخر.

   تنافر

   b. تقريب القطب الشمالي إلى القطب الجنوبي.

   تجاذب

2. يبين **الشكل 7–5** خمسة مغانط في صورة أقراص مثقوبة بعضها فوق بعض. فإذا كان القطب الشمالي للقرص العلوي متجهًا إلى أعلى فما نوع القطب الذي سيكون نحو الأعلى للمغانط الأخرى؟

■ الشكل 7–5

جنوبي، شمالي، جنوبي، شمالي، على الترتيب من أعلى إلى أسفل.

3. يجذب مغناطيس مسمارًا، ويجذب المسمار بدوره قطعًا صغيرة، كما هو موضّح في **الشكل 3–5**. فإذا كان القطب الشمالي للمغناطيس الدائم عن اليسار كما هو موضّح فأي طرفي المسمار يمثل قطبًا جنوبيًّا؟

الطرف السفلي (أو الرأس المدبب)

4. لماذا تكون قراءة البوصلة المغناطيسية غير صحيحة أحيانًا؟

لأن المجال المغناطيسي الأرضي يُشوّه بوساطة الأجسام المصنوعة من الحديد والنيكل والكوبلت الموجودة على مقربة من البوصلة، وكذلك بوساطة خامات هذه الفلزات نفسها.

صفحة 140

5. يسري تيار كهربائي في سلك مستقيم طويل من الشمال إلى الجنوب. أجب عما يأتي:

a. عند وضع بوصلة فوق السلك لوحظ أن قطبها الشمالي اتجه شرقًا. ما اتجاه التيار في السلك؟

من الجنوب إلى الشمال

b. إلى أي اتجاه تشير إبرة البوصلة إذا وضعت أسفل السلك؟

غربًا

6. ما شدة المجال المغناطيسي على بعد 1 cm من سلك يسرى فيه تيار، مقارنة بما يأتي:

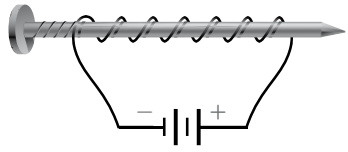
a. شدة المجال المغناطيسي على بعد 2 cm من السلك.

شدة المجال المغناطيسي تتناسب عكسيًا مع البعد عن السلك، لذا فالمجال المغناطيسي على بعد 1 cm سيكون أقوى مرتين من شدة المجال المغناطيسي على بعد 2 cm من السلك.

b. شدة المجال المغناطيسي على بعد 3 cm من السلك.

شدة المجال المغناطيسي تتناسب عكسيًا مع البعد عن السلك، لذا فالمجال المغناطيسي على بعد 1 cm سيكون أقوى ثلاث مرات من شدة المجال المغناطيسي على بعد 3 cm من السلك.

7. عمل طالب مغناطيسًا بلف سلك حول مسمار، ثم وصل طرفي السلك ببطارية، كما هو موضّح في **الشكل 13–5**. أي من طرفي المسمار (المدبب أم المسطح) سيكون قطبًا شماليًّا؟



■ **الشكل 13–5**

الرأس المدبّب.

8. إذا كان لديك بكرة سلك، وقضيب زجاجي، وقضيب حديدي، وآخر من الألومنيوم فأي قضيب تستخدم لعمل مغناطيس كهربائي يجذب قطعًا فولاذية؟ وضّح إجابتك.

استخدم قضيب الحديد، لأن الحديد سينجذب نحو المغناطيس الدائم، وسيكتسب خصائص المغناطيس، بينما لا يكتسبها كلٌ من الزجاج والألومنيوم، وتأثير الحديد سيركز المجال المغناطيسي حول الملف وسيقوي المغناطيس الكهربائي .

9. يعمل المغناطيس الكهربائي الوارد في المسالة السابقة جيدًا، فإذا أردت أن تجعل قوته قابلة للتعديل والضبط باستخدام مقاومة متغيرة فهل ذلك ممكن؟ وضّح إجابتك.

نعم، نصل المقاومة المتغيرة على التوالي مع مصدر القدرة والملفّ، ثم نضبط المقاومة المتغيرة ونعدّلها، فالمقاومة الأكبر ستقلّل مقدار المجال.

مراجعة القسم

1–5 المغانط: الدائمة والمؤقتة صفحة (142 –133)

صفحة 142

10. **المجالات المغناطيسية** هل المجال المغناطيسي حقيقي أم مجرد وسيلة من النمذجة العلمية؟

خطوط المجال ليست حقيقية. أمّا المجال فهو حقيقي.

11. **القوى المغناطيسية** اذكر بعض القوى المغناطيسية الموجودة حولك، وكيف يمكنك عرض تأثيرات هذه القوى؟

قد تختلف إجابات الطلاب، ويجب أن تتضمن الإجابات المغانط الموجودة على أبواب الثلاجة، والمجال المغناطيسي الأرضي. ويمكن عرض تاثير هذه القوى عن طريق إحضار مغناطيس آخر أو مادة يمكن مغنطتها بالقرب منها.

12. **اتجاه المجال المغناطيسي** صف قاعدة اليد اليمنى المستخدمة لتحديد اتجاه المجال المغناطيسي حول سلك مستقيم يمر فيه تيار كهربائي.

إذا قبضت على السلك بيدك اليمنى وجعلت إبهامك يشير إلى اتجاه التيار الاصطلاحي فسيشير انحناء أصابعك نحو اتجاه المجال المغناطيسي.

13. **المغانط الكهربائية** وضعت قطعة زجاج رقيقة وشفافة فوق مغناطيس كهربائي نشط، ورش فوقها برادة الحديد فترتبت بنمط معين. إذا أعيدت التجربة بعد عكس قطبية مصدر الجهد. فما الاختلافات التي ستلاحظها ؟ وضّح إجابتك.

لا شيء. برادة الحديد ستبين شكل المجال نفسه، ولكن البوصلة تبيّن انعكاس القطبية المغناطيسية.

14. **التفكير الناقد** تخيل لعبة داخلها قضيبان فلزيان متوازيان وضعا بصورة افقية أحدهما فوق الآخر، وكان القضيب العلوي حر الحركة إلى أعلى وإلى أسفل.

a. إذا كان القضيب العلوي يطفو فوق السفلي، وعُكِس اتجاه القضيب العلوي فإنه سيسقط نحو القضيب السفلي. وضّح لماذا قد يسلك القضيبان هذا السلوك؟

القضيبان الفلزيّان مغناطيسان لهما محاور متوازية، فإذا وضع القضيب العلويّ بحيث يكون قطباه الشماليّ N والجنوبي S فوق القطبين الشماليّ N والجنوبي S للقضيب السفليّ، فسيتنافر القضيب العلوي مع السفلي وسيكون معلّقًا أو طافيًا فوق السفلي، وإذا عُكس طرفا القضيب العلويّ فسيحدث تجاذب مع القضيب السفليّ.

b. افترض أن القضيب العلوي قد فُقد واستبدل به قضيب آخر. في هذه الحالة سيسقط القضيب العلوي نحو القضيب السفلي مهما كان اتجاهه، فما نوع القضيب الذي استعمل؟

إذا وضع أيّ قضيب من الحديد العاديّ في الأعلى، فسينجذب إلى المغناطيس السفليّ بأي اتجاه.

مسائل تدريبية

5–2 القوى الناتجة عن المجالات الكهربائية (صفحة 153 – 143)

صفحة 146

15. ما اسم القاعدة المستخدمة لتحديد اتجاه القوة المؤثرة في سلك يسري فيه تيار كهربائي متعامد مع المجال المغناطيسي؟ حدّد ما يجب معرفته لاستخدام هذه القاعدة.

القاعدة الثالثة لليد اليمنى، يجب أن يكون كل من اتجاه التيار الكهربائي واتجاه المجال المغناطيسي معلومين.

16. يسري تيار مقداره 8.0 A في سلك طوله 0.50 m، موضوع عموديًّا في مجال مغناطيسي منتظم مقداره 0.40 T. ما مقدار القوة المؤثرة في السلك؟

$$F = BIL = (0.40\ \text{N/A.m})(8.0\ \text{A})(0.50\ \text{m})$$
$$= 1.6\ \text{N}$$

17. سلك طوله 75 cm يسري فيه تيار مقداره 6.0 A موضوع عموديًّا في مجال مغناطيسي منتظم، فتأثر بقوة مقدارها 0.60 N. ما مقدار المجال المغناطيسي المؤثر؟

$$F = BIL$$
$$B = \frac{F}{IL} = \frac{0.60\ \text{N}}{(6.0\ \text{A})(0.75\ \text{m})} = 0.13\ \text{T}$$

18. سلك نحاسي طوله 40.0 cm، ووزنه 0.35 N. فإذا كان السلك يمر فيه تيار مقداره 6.0 A فما مقدار المجال المغناطيسي الذي يجب أن يؤثر فيه رأسيًّا بحيث يكون كافيًا لموازنة قوة الجاذبية المؤثرة في السلك (وزن السلك)؟

$F = BIL$, حيث F = وزن السلك

$$B = \frac{F}{IL} = \frac{0.35\ \text{N}}{(6.0\ \text{A})(0.400\ \text{m})} = 0.15\ \text{T}$$

19. ما مقدار التيار الذي يجب أن يسري في سلك طوله 10.0 cm وموضوع عموديًّا في مجال مغناطيسي منتظم مقداره 0.49 T ليتأثر بقوة مقدارها 0.38 N؟

$$F = BIL$$

$$I = \frac{F}{BL} = \frac{0.38\ \text{N}}{(0.49\ \text{T})(0.100\ \text{m})} = 7.8\ \text{A}$$

صفحة 152

20. إلى أي اتجاه يشير الإبهام عند استخدام القاعدة الثالثة لليد اليمنى لإلكترون يتحرك عموديًّا على مجال مغناطيسي؟

في اتجاه معاكس لحركة الإلكترونات

21. يتحرك إلكترون عموديًّا على مجال مغناطيسي شدته 0.50 T بسرعة 4.0×10^6 m/s، ما مقدار القوة المؤثرة في الإلكترون؟

$$F = Bqv$$
$$= (0.50\ \text{T})(1.60\times10^{-19}\ \text{C})(4.0\times10^{6}\ \text{m/s})$$
$$= 3.2\times10^{-13}\ \text{N}$$

22. تتحرك حزمة من الجسيمات الثنائية التأين (فقد كل جسيم إلكترونين، لذا أصبح كل جسيم يحمل شحنتين أساسيتين) بسرعة 3.0×10^4 m/s عموديًّا على مجال مغناطيسي شدته 9.0×10^{-2} T، ما مقدار القوة المؤثرة في كل أيون؟

$$F = Bqv$$
$$= (9.0\times10^{-2}\ \text{T})(2)(1.60\times10^{-19}\ \text{C})(3.0\times10^{4}\ \text{m/s})$$
$$= 8.6\times10^{-16}\ \text{N}$$

23. دخلت حزمة من الجسيمات الثلاثية التأين (يحمل كل منها ثلاث شحنات أساسية موجبة) عموديًّا على مجال مغناطيسي شدته 4.0×10^{-2} T بسرعة 9.0×10^6 m/s. احسب مقدار القوة المؤثرة في كل أيون.

$$F = Bqv$$
$$= (4.0\times10^{-2}\ \text{T})(3)(1.60\times10^{-19}\ \text{C})(9.0\times10^{6}\ \text{m/s})$$
$$= 1.7\times10^{-13}\ \text{N}$$

24. تتحرك ذرات هليوم ثنائية التأين (جسيمات ألفا) بسرعة 4.0×10^4 m/s عموديًّا على مجال مغناطيسي مقداره 5.0×10^{-2} T، ما مقدار القوة المؤثرة في كل جسيم؟

$$F = Bqv$$
$$= (5.0\times10^{-2}\ \text{T})(2)(1.60\times10^{-19}\ \text{C})(4.0\times10^{4}\ \text{m/s})$$
$$= 6.4\times10^{-16}\ \text{N}$$

مراجعة القسم

2–5 القوى الناتجة عن المجالات الكهربائية (صفحة 153 – 143)

صفحة 153

25. **القوى المغناطيسية** تخيل أن سلكًا يمتد شرق – غرب متعامدًا مع المجال المغناطيسي الأرضي، ويسري فيه تيار إلى الشرق، فما اتجاه القوة المؤثرة في السلك؟

إلى الأعلى بعيدًا سطح الأرض

26. **الانحراف** تقترب حزمة إلكترونات في أنبوب الأشعة المهبطية من المغانط التي تحرفها. فإذا كان القطب الشمالي في أعلى الأنبوب والقطب الجنوبي في أسفله، وكنت تنظر إلى الأنبوب من جهة الشاشة الفوسفورية، ففي أي اتجاه تنحرف الإلكترونات؟

نحو الجانب الأيسر من الشاشة

27. **الجلفانومترات** قارن بين مخطط الجلفانومتر الموضّح في **الشكل 18–5** ومخطط المحرك الموضّح في **الشكل 20–5**. ما أوجه التشابه والاختلاف بينهما؟

كلاهما يحتوي على ملف موضوع بين قطبي مغناطيس دائم،وعندما يمر في الملف تيار فإن ملف الجلفانومتر لا يدور أكثر من 180°، أما ملف المحرك فيدور عدة دورات كل منها 360°، يستخدم الجلفانومتر لقياس تيارات مجهولة، في حين للمحرك عدة استخدامات.

28. **المحركات الكهربائية** عندما يتعامد مستوى ملف المحرك مع المجال المغناطيسي لا تنتج القوى عزمًا على الملف، فهل هذا يعني أن الملف لا يدور؟ وضّح إجابتك.

إذا كان الملف متحرّكًا فسوف يعمل القصور الذاتي الدوراني على استمرار تحريكه ليتجاوز النقطة التي يصبح عندها مقدار العزم المؤثر فيه صفرًا، وحينها يكون تسارع الملف هو الذي يصبح صفرًا وليست سرعته.

29. **المقاومة الكهربائية** يحتاج جلفانومتر إلى 180 μA لكي ينحرف مؤشره إلى أقصى تدريج. ما مقدار المقاومة الكلية (مقاومة الجلفانومتر ومقاومة المجزئ) اللازمة للحصول على فولتمتر أقصى تدريج يقيسه 5.0 V؟

$$R = \frac{V}{I} = \frac{5.0\ \text{V}}{180\ \mu\text{A}} = 27.7\ \text{k}\Omega$$

تابع الفصل 5

30. **التفكير الناقد** كيف يمكنك معرفة أن القوتين بين سلكين متوازيين يمر فيهما تياران ناتجتان عن الجذب المغناطيسي بينهما وليستا ناتجتين عن الكهرباء السكونية؟ *تنبيه: فكر في نوع الشحنات عندما تكون القوة تجاذبًا. ثم فكر في القوى عندما يكون هناك ثلاثة أسلاك متوازية تحمل تيارات في الاتجاه نفسه.*

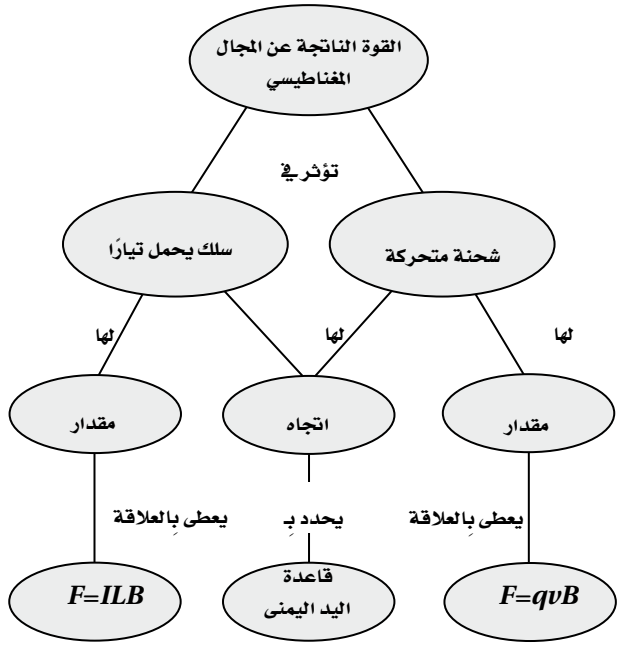
إذا كانت التيارات في الاتجاه نفسه فستكون القوة قوة تجاذب. ووفق الكهرباء الساكنة إذا كانت الشحنات متشابهة فإنها ستتنافر. كما ستتجاذب الاسلاك الثلاثة وهذا لا يمكن أن يحدث إذا كان سبب القوى هو الشحنات الكهربائية الساكنة.

تقويم الفصل

خريطة المفاهيم

صفحة 158

31. أكمل خريطة المفاهيم أدناه باستخدام المصطلحات التالية: قاعدة اليد اليمنى، $F=qvB$ و$F=ILB$.



إتقان المفاهيم

صفحة 158

32. اكتب قاعدة التنافر والتجاذب المغناطيسي.

الأقطاب المتشابهة تتنافر و الأقطاب المختلفة تتجاذب.

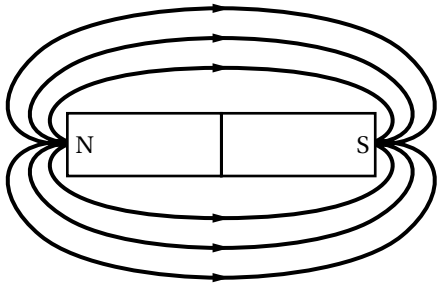
33. صف كيف يختلف المغناطيس الدائم عن المغناطيس المؤقت.

يشبه المغناطيس المؤقت المغناطيس الدائم إذا كان تحت تاثير مغناطيس آخر فقط، والمغناطيس الدائم لا يحتاج إلى مؤثرات خارجية ليجذب الأجسام.

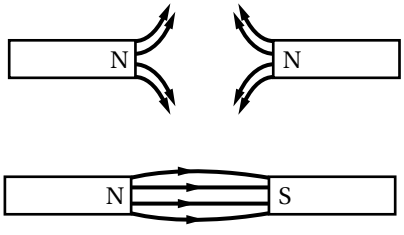
34. سمِّ العناصر المغناطيسية الثلاثة الأكثر شيوعًا.

الحديد والكوبالت والنيكل.

35. ارسم قضيبًا مغناطيسيًا صغيرًا، وبيّن خطوط المجال المغناطيسي التي تظهر حوله، واستخدم الأسهم لتحديد اتجاه خطوط المجال.



36. ارسم المجال المغناطيسي بين قطبين مغناطيسيين متشابهين وبين قطبين مغناطيسيين مختلفين مبينًا اتجاهات المجال.



37. إذا كسرت مغناطيسًا جزأين فهل تحصل على قطبين منفصلين شمالي وجنوبي؟ وضّح إجابتك.

لا، ستتكون أقطاب جديدة على كل طرف من الأطراف المكسورة.

تابع الفصل 5

38. صف كيفية استخدام القاعدة الأولى لليد اليمنى لتحديد اتجاه المجال المغناطيسي حول سلك مستقيم يسري فيه تيار كهربائي.

اقبض على السلك باليد اليمنى، واجعل الإبهام يشير إلى اتجاه التيار الاصطلاحي في السلك، وستطوّق الأصابع السلك مشيرة إلى اتجاه المجال المغناطيسي.

39. إذا مرَّ تيار كهربائي في سلك على شكل حلقة فلماذا يكون المجال المغناطيسي داخل الحلقة أكبر من خارجها؟

لأن خطوط المجال المغناطيسي تتركز في داخل الحلقة.

40. صف كيفية استخدام القاعدة الثانية لليد اليمنى لتحديد قطبي مغناطيس كهربائي.

اقبض على الملف باليد اليمنى، ستطوّق الأصابع الملف وتدور مشيرة إلى اتجاه التيار الاصطلاحي فيه، فسيشير إبهام اليد اليمنى إلى القطب الشمالي للمغناطيس الكهربائي.

41. كل إلكترون في قطعة حديد يشبه مغناطيسًا صغيرًا جدًا. إلا أن قطعة الحديد قد لا تكون مغناطيسًا. وضّح إجابتك.

لا تكون الإلكترونات في الاتجاه نفسه ولا تتحرك في الاتجاه نفسه ولذلك ستكون مجالاتها المغناطيسية عشوائية فتلغي المجالات المغناطيسية بعضها البعض.

42. لماذا يضعف المغناطيس عند طرقه أو تسخينه؟

ستتبعثر المناطق المغناطيسية مقارنة بالنسق الذي كانت عليه وتصبح عشوائية التوزيع.

43. صف كيفية استخدام القاعدة الثالثة لليد اليمنى لتحديد اتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة في سلك يسري فيه تيار موضوع في مجال مغناطيسي.

اجعل اصابع اليد اليمنى تشير إلى اتجاه المجال المغناطيسي، واجعل الإبهام يشير إلى اتجاه التيار الاصطلاحي المتدفق في السلك. سيكون اتجاه العمود الخارج من باطن الكف في اتجاه القوة المؤثرة في السلك.

44. مر تيار كهربائي كبير في سلك فجأة، ومع ذلك لم يتاثر بأي قوة، فهل يمكنك ان تستنتج أنه لا يوجد مجال مغناطيسي في موقع السلك؟ وضّح إجابتك.

لا، قد يكون المجال موازيًا للسلك، فعندها لا توجد قوة مؤثرة.

45. ما جهاز القياس الكهربائي الناتج عن توصيل مجزئ تيار مع الجلفانومتر؟

الأميتر.

تطبيق المفاهيم

صفحة 159–158

46. أُخفي مغناطيس صغير في موقع محدد داخل كرة تنس. صف تجربة يمكنك من خلالها تحديد موقع كل من القطب الشمالي والقطب الجنوبي للمغناطيس.

استخدم البوصلة، سينجذب القطب الشمالي لإبرة البوصلة إلى القطب الجنوبي للمغناطيس، والعكس صحيح.

47. انجذبت قطعة فلزية إلى أحد قطبي مغناطيس كبير. صف كيف يمكنك معرفة ما إذا كانت القطعة الفلزية مغناطيسًا مؤقتًا أم مغناطيسًا دائمًا؟

انقلها إلى القطب الآخر، فإذا انجذب الطرف نفسه فالقطعة مغناطيس مؤقت، وإذا تنافر الطرف نفسه مع المغناطيس فهي مغناطيس دائم.

48. هل القوة المغناطيسية التي تؤثر بها الأرض في الإبرة المغناطيسية للبوصلة أقل أو تساوي أو أكبر من القوة التي تؤثر بها إبرة البوصلة في الأرض؟ وضّح إجابتك.

القوى متساوية وفق القانون الثالث لنيوتن.

49. **البوصلة** افترض أنك تهت في غابة، لكنك كنت تحمل بوصلة، ولسوء الحظ كان اللون الأحمر المحدد للقطب الشمالي غير واضح، وكان معك مصباح يدوي وبطارية وسلك. كيف يمكنك تحديد القطب الشمالي للبوصلة؟

صل السلك مع البطارية، بحيث يتكون تيار مبتعدًا عنك في أحد الفرعين، ثم احمل البوصلة فوق السلك مباشرة وقريبًا من ذلك الفرع من السلك، وباستخدام قاعدة اليد اليمنى سيكون طرف إبرة البوصلة المشير نحو اليمين قطبًا شماليًا.

50. يمكن للمغناطيس جذب قطعة حديد ليست مغناطيسًا دائمًا، كما يمكن لقضيب مطاط مشحون جذب عازل متعادل. صف العمليات المجهرية المختلفة التي تُنتج هذه الظواهر المتشابهة.

يُجبر المغناطيس جميع المناطق المغناطيسية في الحديد على أن تشير إلى الاتجاه نفسه، في حين يفصل قضيب المطاط المشحونة الشحنات الموجبة عن الشحنات السالبة في العازل.

51. سلك موضوع على طاولة المختبر، يسري فيه تيار. صف طريقتين على الأقل يمكنك بهما تحديد اتجاه التيار المار به.

استخدم البوصلة لتحديد اتجاه المجال المغناطيسي، ثم أحضر مغناطسيًا قويًا وحدّد اتجاه القوة المؤثرة في السلك ثم استخدم في كلتا الحالتين قاعدة اليد اليمنى لتحديد اتجاه التيار المار بالسلك.

52. في أيّ اتجاه بالنسبة للمجال المغناطيسي يمكنك إمرار تيار كهربائي في سلك بحيث تكون القوة المؤثرة فيه صغيرة جدًّا أو صفرًا؟

اجعل السلك موازيًا للمجال المغناطيسي.

53. سلكان متوازيان يسري فيهما تياران متساويان.

a. إذا كان التياران متعاكسين فأين يكون المجال المغناطيسي الناتج عن السلكين أكبر من المجال الناتج عن أي منهما منفردًا؟

سيكون المجال المغناطيسي أكبر في أي نقطة بين السلكين.

b. أين يكون المجال المغناطيسي الناتج عن السلكين مساويًا ضعف المجال الناتج عن سلك منفرد؟

يكون المجال المغناطيسي مساويًا لمثلي المجال الناتج عن أحد السلكين على الخط المنصّف للمسافة بين السلكين.

c. إذا كان التياران في الاتجاه نفسه فأين يكون المجال الكلي صفرًا؟

يكون المجال المغناطيسي صفرًا على الخط المنصّف للمسافة بين السلكين.

54. كيف يتغير اقصى تدريج للفولتمتر إذا زادت قيمة المقاومة؟

سيزداد أقصى تدريج للفولتمتر.

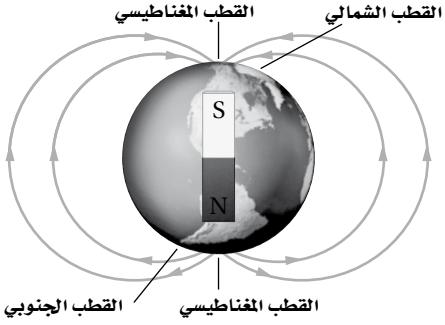
55. يمكن للمجال المغناطيسي ان يؤثر في جسيم مشحون، فهل يمكن للمجال أن يغير الطاقة الحركية للجسيم؟ وضّح إجابتك.

لا، القوة دائمًا متعامدة مع اتجاه السرعة، فلا يُبذل شغل، ولذلك لا تتغيّر الطاقة الحركية.

56. تتحرك حزمة بروتونات من الخلف إلى الأمام في غرفة. فانحرفت إلى أعلى عندما أثر فيها مجال مغناطيسي ما اتجاه المجال المغناطيسي المسبب لانحرافها؟

يكون اتجاه المجال باتجاه مقدمة الغرفة، وتكون السرعة إلى الأمام، وتكون القوة إلى أعلى، وباستخدام القاعدة الثالثة لليد اليمنى يكون المجال المغناطيسي B نحو اليسار.

57. انظر خطوط المجال المغناطيسي الأرضي الموضحة في **الشكل 23–5**. أين يكون المجال المغناطيسي أكبر: عند القطبين أم عند خط الاستواء؟ وضّح إجابتك.



■ الشكل 23–5

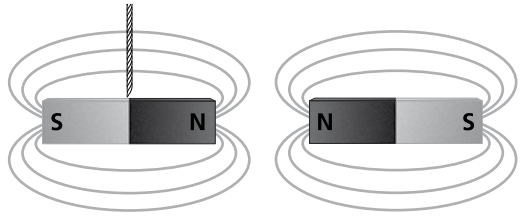
يكون مقدار المجال المغناطيسي الأرضي أكبر عند القطبين لأن الخطوط تكون متقاربة عند القطبين.

إتقان حل المسائل

5–1 المغانط: الدائمة والمؤقتة

صفحة 160–159

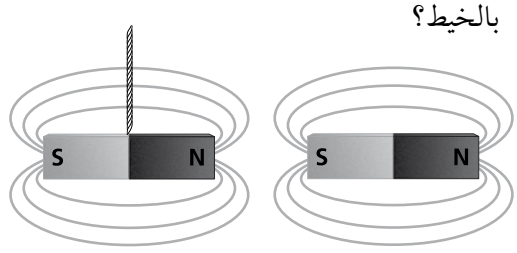
58. عند تقريب المغناطيس الموضّح في **الشكل 24–5** من المغناطيس المعلق ماذا يحدث للمغناطيس المعلق بالخيط؟



■ **الشكل 24–5**

يتحرك نحو اليسار أو يبدا في الدوران، الأقطاب المتشابة تتنافر.

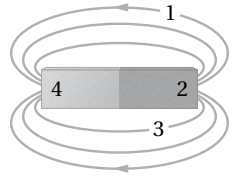
59. عند تقريب المغناطيس الموضّح في **الشكل 25–5** من المغناطيس المعلق، ماذا يحدث للمغناطيس المعلق بالخيط؟



■ **الشكل 25–5**

يتحرك نحو اليمين، الأقطاب المختلفة تتجاذب.

60. ارجع إلى **الشكل 26–5** للإجابة عن الأسئلة التالية:



■ **الشكل 26–5**

a. أين يقع القطبان؟

2 و4 من التعريف

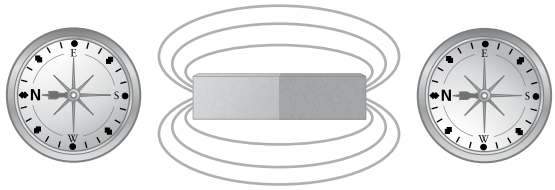
b. أين يقع القطب الشمالي؟

2 من التعريف واتجاه المجال

c. أين يقع القطب الجنوبي؟

4 من التعريف واتجاه المجال

61. يمثل **الشكل 27–5** استجابة البوصلة في موقعين مختلفين بالقرب من مغناطيس. أين يقع القطب الجنوبي للمغناطيس؟



■ **الشكل 27–5**

على الطرف الأيمن لأن الاقطاب المختلفة تتجاذب.

62. سلك طوله 1.50 m يسري فيه تيار مقداره 10.0 A، وضع عموديًّا في مجال مغناطيسي منتظم، فكانت القوة المؤثرة فيه 0.60 N. ما مقدار المجال المغناطيسي المؤثر؟

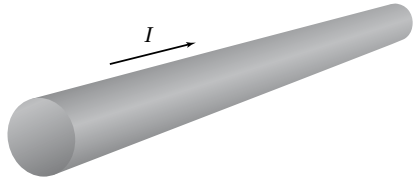
$$F = ILB$$

$$B = \frac{F}{IL} = \frac{0.60\ \text{N}}{(10.0\ \text{A})(1.50\ \text{m})} = 0.040\ \text{N/A.m}$$

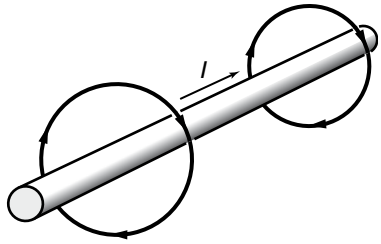
$$= 0.040\ \text{T}$$

تابع الفصل 5

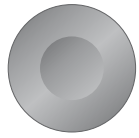
63. يسري تيار اصطلاحي في سلك، كما هو موضّح في **الشكل 28–5**. ارسم قطعة السلك في دفترك، ثم ارسم خطوط المجال المغناطيسي الناشئ عن مرور التيار في السلك.



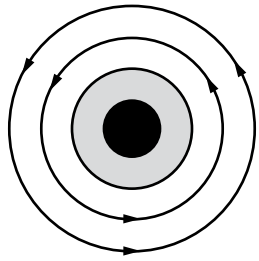
■ **الشكل 28–5**



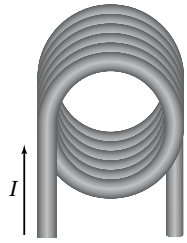
64. إذا كان التيار الاصطلاحي في **الشكل 29–5** خارجًا من مستوى الورقة فارسم الشكل في دفترك، ثم ارسم المجال المغناطيسي الناشئ عن مرور التيار في السلك.



■ **الشكل 29–5**



65. يبين **الشكل 30–5** طرف مغناطيس كهربائي يسري خلاله تيار كهربائي.



■ **الشكل 30–5**

a. ما اتجاه المجال المغناطيسي داخل الحلقات؟

إلى أسفل(داخل الصفحة)

b. ما اتجاه المجال المغناطيسي خارج الحلقات؟

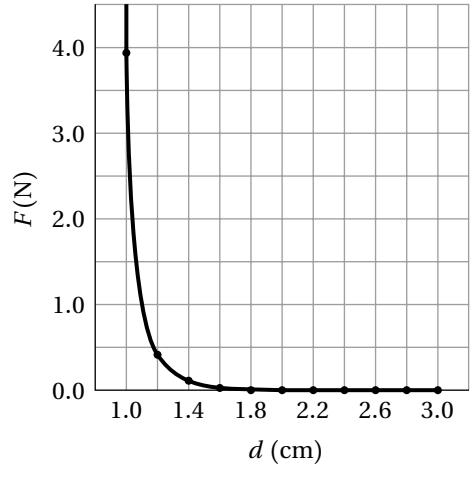
إلى أعلى(خارج الصفحة)

66. **المغانـط الخزفية** قيسـت قـوى التنافر بين مغناطيسـين خزفيين، ووجد أنها تعتمد على المسافة، كما هو موضّح في **الجدول 1–5**.

الجدول 1–5

المسافة d (cm)	القوة F (N)
1.0	3.93
1.2	0.40
1.4	0.13
1.6	0.057
1.8	0.030
2.0	0.018
2.2	0.011
2.4	0.0076
2.6	0.0053
2.8	0.0038
3.0	0.0028

a. مثّل بيانيًّا القوة كدالة مع المسافة.



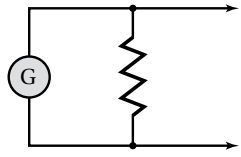
b. هل تخضع هذه القوة لقانون التربيع العكسي؟

لا.

5–2 القوى الناتجة عن المجالات المغناطيسية

صفحة 162–161

67. يسـتخدم المخطط الموضّح في **الشكل 5–31** لتحويل الجلفانومتر إلى نوع من الأجهزة. ما نوع هذا الجهاز؟



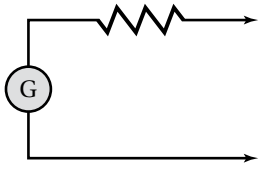
■ **الشكل 5–31**

أميتر، يمر معظم التيار خلال المقاومة وبذلك يسمح بقياس تيارات كبيرة.

68. ماذا تسمّى المقاومة في **الشكل 5–31**؟

مجزّئ التيار، ووفق التعريف يُعدّ مجزّئ التيار صيغة أخرى لتوصيل التوازي.

69. يسـتخدم المخطط الموضّح في **الشكل 5–32** لتحويل الجلفانومتر إلى نوع من الأجهزة. ما نوع هذا الجهاز؟



■ **الشكل 5–32**

فولتمتر، تقلّل المقاومة المضافة التيار إلى أي جهد معطى.

70. ماذا تسمّى المقاومة في **الشكل 5–32**؟

المضاعف، وفق التعريف تَضاعف المقاومة مقدار الجهد المقيس.

71. سلك طوله 0.50 m، يسري فيه تيار مقداره 8.0 A، وضع عموديًّا على مجال مغناطيسي منتظم، فكانت القوة المؤثرة فيه 0.40 N. ما مقدار المجال المغناطيسي المؤثر؟

$$F = ILB$$

$$B = \frac{F}{IL} = \frac{0.40\ \text{N}}{(8.0\ \text{A})(0.50\ \text{m})} = 0.10\ \text{T}$$

تابع الفصل 5

72. يسري تيار مقداره 5.0 A في سلك طوله 0.80 m، وضع عموديًّا على مجال مغناطيسي مقداره 0.60 T. ما مقدار القوة المؤثرة فيه؟

$$F = ILB = (5.0\ \text{A})(0.80\ \text{m})(0.60\ \text{N/A.m})$$

$$= 2.4\ \text{N}$$

73. يسري تيار مقداره 6.0 A في سلك طوله 25 cm، فإذا كان السلك موضوعًا في مجال مغناطيسي منتظم مقداره 0.30 T عموديًّا عليه فما مقدار القوة المؤثرة فيه؟

$$F = ILB = (6.0\ \text{A})(0.25\ \text{m})(0.30\ \text{N/A.m})$$

$$= 0.45\ \text{N}$$

74. يسري تيار مقداره 4.5 A في سلك طوله 35 cm، فإذا كان السلك موضوعًا في مجال مغناطيسي مقداره 0.53 T وموازيًا له فما مقدار القوة المؤثرة فيه؟

إذا كان السلك موازيًا للمجال فلا يوجد أي تأثير، ولذلك لا توجد قوة مؤثرة.

75. سلك طوله 625 m متعامد مع مجال مغناطيسي مقداره 0.04 T، تأثر بقوة مقدارها 1.8 N، ما مقدار التيار المار فيه؟

$$F = ILB$$

$$I = \frac{F}{BL} = \frac{1.8\ \text{N}}{(0.04\ \text{T})(625\ \text{m})}$$

$$= 0.0072\ \text{A}$$

$$= 7.2\ \text{mA}$$

76. يؤثر المجال المغناطيسي الأرضي بقوة مقدارها 0.12 N في سلك عمودي عليه طوله 0.80 m. ما مقدار التيار المار في السلك؟ استعمل المقدار 5.0×10^{-5} T للمجال المغناطيسي للأرض.

$$F = ILB$$

$$I = \frac{F}{BL} = \frac{0.12\ \text{N}}{(5.0\times10^{-5}\ \text{T})(0.80\ \text{m})}$$

$$= 3.0\times10^{3}\ \text{A}$$

$$= 3.0\ \text{kA}$$

77. إذا كانت القوة التي يؤثر بها مجال مغناطيسي مقداره 0.80 T في سلك يسري فيه تيار 7.5 A متعامد معه تساوي 3.6 N فما طول السلك؟

$$F = ILB$$

$$L = \frac{F}{BI} = \frac{3.6\ \text{N}}{(0.80\ \text{T})(7.5\ \text{A})} = 0.60\ \text{m}$$

78. سلك لنقل القدرة الكهربائية يسري فيه تيار مقداره 225 A من الشرق إلى الغرب، وهو موازٍ لسطح الأرض.

a. ما القوة التي يؤثر بها المجال المغناطيسي الأرضي في كل متر منه؟ استعمل:

$$B = 5.0\times10^{-5}\ \text{T}$$

$$F = ILB$$

$$\frac{F}{L} = IB = (225\ \text{A})(5.0\times10^{-5}\ \text{T})$$

$$= 0.011\ \text{N/m}$$

b. ما اتجاه هذه القوة؟

ستكون القوة إلى أسفل.

c. ترى، هل تعدّ هذه القوة مهمة في تصميم البرج الحامل للسلك؟ وضّح إجابتك.

لا، تكون القوة أقل كثيرًا من وزن الأسلاك.

79. **الجلفانومتر** ينحرف مؤشر الجلفانومتر إلى أقصى تدريج عندما يمر فيه تيار مقداره 50.0 μA

a. ما مقدار المقاومة الكلية للجلفانومتر ليصبح أقصى تدريج له 10.0 V عند انحرافه بالكامل؟

$$V = IR$$

$$R = \frac{V}{I} = \frac{10.0\ \text{V}}{50.0\times10^{-6}\ \text{A}} = 2.00\times10^{5}\ \Omega$$

$$= 2.00\times10^{2}\ \text{k}\Omega$$

b. إذا كانت مقاومة الجلفانومتر 1.0 kΩ فما مقدار المقاومة الموصولة على التوالي (المضاعف)؟

المقاومة الكلية = 2.00×10^{2} kΩ، فتكون المقاومة الموصولة على التوالي

$2.00\times10^{2}\ \text{k}\Omega - 1.0\text{k}\Omega = 199\ \text{k}\Omega$.

80. استُخدم الجلفانومتر في المسألة السابقة لصنع أميتر أقصى تدريج له 10 mA، فما مقدار:

a. فرق الجهد خلال الجلفانومتر إذا مر فيه تيار 50 μA، علمًا بأن مقاومة الجلفانومتر تساوي 1.0 kΩ؟

$$V = IR = (50\times10^{-6}\ \text{A})(1.0\times10^{3}\ \Omega)$$

$$= 0.05\ \text{V}$$

b. المقاومة المكافئة للأميتر الناتج إذا كان التيار الذي يقيسه 10 mA؟

$$V = IR$$

$$R = \frac{V}{I} = \frac{5\times10^{-2}\ \text{V}}{0.01\ \text{A}} = 5\ \Omega$$

c. المقاومة الموصولة بالجلفانومتر على التوازي للحصول على المقاومة المكافئة الناتجة في الفرع **b**؟

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

$$\frac{1}{R_1} = \frac{1}{R} - \frac{1}{R_2} = \frac{1}{5\ \Omega} - \frac{1}{1.0\times10^{3}\ \Omega}$$

$$R_1 = 5\ \Omega$$

81. تتحرك حزمة إلكترونات عموديًّا على مجال مغناطيسي مقداره 6.0×10^{-2} T، وبسرعة 2.5×10^{6} m/s. ما مقدار القوة المؤثرة في كل إلكترون؟

$$F = Bqv$$

$$=(6.0\times10^{-2}\ \text{T})(1.6\times10^{-19}\ \text{C})(2.5\times10^{6}\ \text{m/s})$$

$$= 2.4\times10^{-14}\ \text{N}$$

82. **الجسيم دون الذري** يتحرك ميون (جسيم له شحنة مماثلة لشحنة الإلكترون) بسرعة 4.21×10^{7} m/s عموديًّا على مجال مغناطيسي، فتأثر بقوة 5.00×10^{-12} N،

a. ما مقدار المجال المغناطيسي؟

$$F = qvB$$

$$B = \frac{F}{qv}$$

$$= \frac{5.00\times10^{-12}\ \text{N}}{(1.60\times10^{-19}\ \text{C})(4.21\times10^{7}\ \text{m/s})}$$

$$= 0.742\ \text{T}$$

b. التسارع الذي يكتسبه الجسيم إذا كانت كتلته 1.88×10^{-28} kg؟

$$F = ma$$

$$a = \frac{F}{m} = \frac{5.00\times10^{-12}\ \text{N}}{1.88\times10^{-28}\ \text{kg}}$$

$$= 2.66\times10^{16}\ \text{m/s}^2$$

83. إذا كانت القوة المؤثرة في جسيم أحادي التأين تساوي 4.1×10^{-13} N عندما تحرك عموديًّا على مجال مغناطيسي مقداره 0.61 T فما مقدار سرعة هذا الجسيم؟

$$F = qvB$$

$$v = \frac{F}{Bq} = \frac{4.1\times10^{-13}\ \text{N}}{(0.61\ \text{T})(1.60\times10^{-19}\ \text{C})}$$

$$= 4.2\times10^{6}\ \text{m/s}$$

84. يسري تيار كهربائي في حلقة سلكية مغمورة في مجال مغناطيسي منتظم قوي داخل غرفة. افترض أنك أدرت الحلقة بحيث لم يعد هناك أي ميل لها للدوران نتيجة للمجال المغناطيسي، فما اتجاه المجال المغناطيسي بالنسبة لمستوى الحلقة؟

يكون اتجاه المجال المغناطيسي عموديًّا على مستوى الحلقة، وتُستخدم قاعدة اليد اليمنى لتحديد اتجاه المجال الناتج من الحلقة، ويكون المجال المغناطيسي داخل الغرفة في اتجاه مجال الحلقة نفسه.

85. أثرت قوة 5.78×10^{-16} N في جسيم مجهول الشحنة، ومتحرك بسرعة 5.65×10^{4} m/s عموديًّا على مجال مغناطيسي مقداره 3.20×10^{-2} T، ما عدد الشحنات الأساسية التي يحملها الجسيم؟

$$F = qvB$$

$$q = \frac{F}{Bv} = \frac{5.78\times10^{-16}\ \text{N}}{(3.20\times10^{-2}\ \text{T})(5.65\times10^{4}\ \text{m/s})}$$

$$= 3.20\times10^{-19}\ \text{C}$$

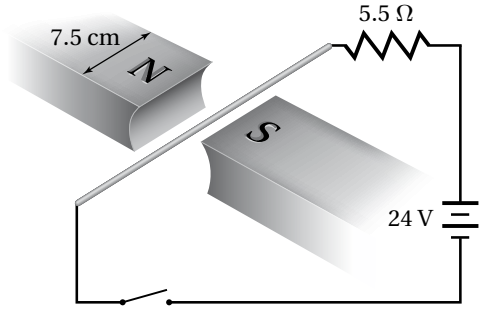
$$\text{N} = (3.20\times10^{-19}\ \text{C})\left(\frac{\text{شحنة 1}}{1.60\times10^{-19}\ \text{C}}\right)$$

$$= 2\ (\text{شحنتان})$$

مراجعة عامة

صفحة 163–162

86. وضع سلك نحاسي مهمل المقاومة في الحيز بين مغناطيسين، كما في **الشكل 33–5**. فإذا كان وجود المجال المغناطيسي مقتصرًا على هذا الحيز، وكان مقداره 1.9 T فأوجد مقدار القوة المؤثرة في السلك، واتجاهها في كل من الحالات التالية:



■ **الشكل 33–5**

a. عندما يكون المفتاح مفتوحًا.

القوة تساوي صفرًا، لأنه لا يوجد تيار، ولا يوجد مجال مغناطيسي من السلك، وأيضًا النحاس مادة غير مغناطيسية.

b. عند إغلاق المفتاح.

اتجاه القوة إلى أعلى، و تساوي 0.62 N، حيث يُحدّد اتجاه القوة بالقاعدة الثالثة لليد اليمنى.

$$I = \frac{V}{R}$$

$$F = ILB = \frac{VLB}{R}$$

$$= \frac{(24\ \text{V})(0.075\ \text{m})(1.9\ \text{T})}{5.5\ \Omega}$$

$$= 0.62\ \text{N}$$

c. عند إغلاق المفتاح وعكس البطارية.

اتجاه القوة إلى أسفل، وتساوي 0.62 N ، حيث يحدّد اتجاه القوة بالقاعدة الثالثة لليد اليمنى.

d. عند إغلاق المفتاح وتبديل السلك بقطعة مختلفة مقاومتها 5.5 Ω

الاتجاه إلى أعلى، القوة تساوي 0.31 N، اتجاه القوة يحدد بالقاعدة الثالثة لليد اليمنى.

$$I = \frac{V}{R}$$

$$F = ILB = \frac{VLB}{R}$$

$$= \frac{(24\ \text{V})(0.075\ \text{m})(1.9\ \text{T})}{5.5\ \Omega + 5.5\ \Omega}$$

$$= 0.31\ \text{N}$$

87. لديك جلفانومتران، أقصى تدريج لأحدهما 50.0 μA، وللآخر 500.0 μA، ولملفيهما المقاومة نفسها 855 Ω والمطلوب تحويلهما إلى أميترين، على أن يكون أقصى تدريج لكل منهما 100.0 mA.

a. ما مقدار مقاومة مجزئ التيار للجلفانومتر الأول؟

نجد فرق الجهد عبر الأميتر عند أقصى تدريج:

$$V = IR = (50.0\ \mu\text{A})(855\ \Omega) = 0.0428\ \text{V}$$

وبحساب مقاومة مجزئ التيار:

$$R = \frac{V}{I} = \frac{0.0428\ \text{V}}{100.0\text{mA} - 50.0\ \mu\text{A}}$$

$$= 0.428\ \Omega$$

b. ما مقدار مقاومة مجزئ التيار للجلفانومتر الثاني؟

نجد فرق الجهد عبر الأميتر عند أقصى تدريج:

$$V = IR = (500.0\ \mu\text{A})(855\ \Omega) = 0.428\ \text{V}$$

وبحساب مقاومة مجزئ التيار:

$$R = \frac{V}{I} = \frac{0.428\ \text{V}}{100.0\ \text{mA} - 500.0\ \mu\text{A}}$$

$$= 4.28\ \Omega$$

c. حدّد أيهما يعطي قراءات أدق؟ وضّح إجابتك.

يعطي الجلفانومتر الأول(50 mA) قراءة أدق، لأن لمجزئ التيار عندئذ مقاومه أقل، لذلك تكون المقاومة الكلية أصغر، حيث تكون مقاومة الأميتر المثالي صفر أوم تقريبًا.

88. **الجسيم دون الذري** يتحرك جسيم بيتا (إلكترون له سرعة كبيرة) عموديًّا على مجال مغناطيسي مقداره 0.60 T بسرعة 2.5×10^{7} m/s . ما مقدار القوة المؤثرة في الجسيم؟

$$F = Bqv$$

$$= (0.60\ \text{T})(1.6\times10^{-19}\ \text{C})(2.5\times10^{7}\ \text{m/s})$$

$$= 2.4\times10^{-12}\ \text{N}$$

89. إذا كانت كتلة الإلكترون 9.11×10^{-31} kg فما مقدار التسارع الذي يكتسبه جسيم بيتا الوارد في المسألة السابقة؟

$$F = ma$$

$$a = \frac{F}{m} = \frac{2.4\times10^{-12}\ \text{N}}{9.11\times10^{-31}\ \text{kg}}$$

$$= 2.6\times10^{18}\ \text{m/s}^2$$

90. يتحرك إلكترون بسرعة 8.1×10^{5} m/s نحو الجنوب في مجال مغناطيسي مقداره 16 T نحو الغرب. ما مقدار القوة المؤثرة في الإلكترون، واتجاهها؟

$$F = Bqv$$

$$= (16\ \text{T})(1.6\times10^{-19}\ \text{C})(8.1\times10^{5}\ \text{m/s})$$

$$= 2.1\times10^{-12}\ \text{N}$$

واتجاه القوة يكون إلى أعلى(باستخدام قاعدة اليد اليمنى)، تذكر أن حركة الإلكترون تكون بعكس إتجاه تدفق التيار.

91. **مكبر الصوت** إذا كان المجال المغناطيسي في سماعة عدد لفات ملفها 250 لفة يساوي 0.15 T، وقطر الملف 2.5 cm فما مقدار القوة المؤثرة في الملف إذا كانت مقاومته 8.0 Ω، وفرق الجهد بين طرفيه 15 V؟

$$I = \frac{V}{R}$$

$$L = (\text{المحيط})(\text{عدد اللفات}) = n\pi d$$

$$F = BIL$$

$$F = \frac{BVn\pi d}{R}$$

$$= \frac{(0.15\ \text{T})(15\ \text{V})(250)(\pi)(0.025\ \text{m})}{8.0\ \Omega}$$

$$= 5.5\ \text{N}$$

92. يسري تيار مقداره 15 A في سلك طوله 25 cm موضوع في مجال مغناطيسي منتظم مقداره 0.85 T. فإذا كانت القوة المؤثرة في السلك تعطى بالعلاقة $F=ILB\sin\theta$ فاحسب القوة المؤثرة في السلك عندما يصنع مع المجال المغناطيسي الزوايا التالية:

a. 90°

$$F = ILB\sin\theta$$

$$= (15\ \text{A})(0.25\ \text{m})(0.85\ \text{T})(\sin 90°)$$

$$= 3.2\ \text{N}$$

b. 45°

$$F = ILB\sin\theta$$

$$= (15\ \text{A})(0.25\ \text{m})(0.85\ \text{T})(\sin 45°)$$

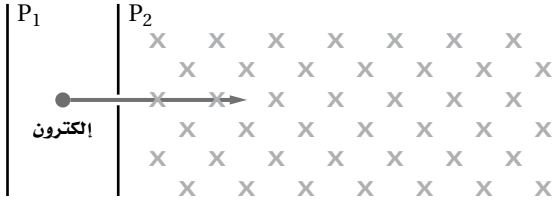
$$= 2.3\ \text{N}$$

c. 0°

$$\sin 0° = 0$$

$$F = 0\ \text{N}$$

93. سُرّع إلكترون من السكون خلال فرق جهد مقداره 20000 V بين اللوحين P_1 و P_2، كما هو موضح في **الشكل 34–5**. ثم خرج من فتحة صغيرة، ودخل مجالاً مغناطيسيًّا منتظما مقداره B إلى داخل الصفحة.



■ الشكل 34–5

a. حدّد اتجاه المجال الكهربائي بين اللوحين (من P_1 إلى P_2 أو العكس).

من P_2 إلى P_1

b. احسب سرعة الإلكترون عند P_2 بالاستعانة بالمعلومات المعطاة.

$$KE = q\Delta V = (1.6\times10^{-19}\ \text{C})(20000\ \text{J/C})$$

$$= 3.2\times10^{-15}\ \text{J}$$

$$KE = \frac{1}{2}mv^2$$

$$v = \sqrt{\frac{2KE}{m}} = \sqrt{\frac{(2)(3.2\times10^{-15}\ \text{J})}{9.11\times10^{-31}\ \text{kg}}}$$

$$= 8\times10^{7}\ \text{m/s}$$

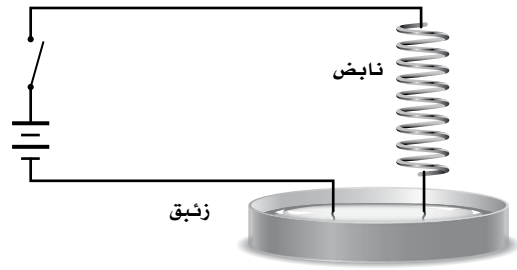
c. صف حركة الإلكترون داخل المجال المغناطيسي.

في اتجاه حركة عقارب الساعة.

التفكير الناقد

صفحة 163

94. **تطبيق المفاهيم** ماذا يحدث إذا مر تيار خلال نابض رأسي، كما هو موضّح في **الشكل 35–5** وكانت نهاية النابض موضوعة داخل كأس مملوءة بالزئبق؟ ولماذا؟



■ **الشكل 35–5**

عند مرور التيار خلال الملف يزداد المجال المغناطيسي، فتعمل القوة على ضغط النابض، لذلك يخرج طرف السلك من الزئبق وتفتح الدائرة فيقل المجال المغناطيسي عندئذٍ ينزل النابض إلى اسفل، وهكذا يتذبذب النابض إلى أعلى وإلى أسفل.

95. **تطبيق المفاهيم** يُعطى المجال المغناطيسي الناتج عن مرور تيار في سلك طويل بالعلاقة $B=(2\times10^{-7}\ \text{T.m/A})(I/d)$؛ حيث تمثل B مقدار المجال بوحدة T (تسلا)، و I التيار بوحدة A (أمبير)، و d البعد عن السلك بوحدة m. استخدم هذه العلاقة لحساب المجالات المغناطيسية التي تتعرض لها في الحياة اليومية:

a. نادرًا ما يمر في أسلاك التمديدات المنزلية تيار أكبر من 10 A. ما مقدار المجال المغناطيسي على بُعد 0.5 m من سلك مماثل لهذه الأسلاك مقارنة بالمجال المغناطيسي الأرضي.

$$I = 10\ \text{A},\ d = 0.5\ \text{m}$$

لذا فإن:

$$B = \frac{(2\times10^{-7}\ \text{T.m/A})I}{d}$$

$$= \frac{(2\times10^{-7}\ \text{T.m/A})(10\ \text{A})}{0.5\ \text{m}}$$

$$= 4\times10^{-6}\ \text{T}$$

والمجال المغناطيسي للسلك يساوي 5×10^{-5} T، في حين المغناطيسي الأرضي الأرضي يساوي 4×10^{-6} T، لذلك يكون المجال المغناطيسي الأرضي اقوى من المجال المغناطيسي للسلك بِـ12 مرة تقريبًا.

b. يسري في أسلاك نقل القدرة الكهربائية الكبيرة غالبًا تيار 200 A بجهد أكبر من 765 kV. ما مقدار المجال المغناطيسي الناتج عن سلك من هذه الأسلاك على سطح الأرض على افتراض أنه يرتفع عن سطحها 20 m؟ وما مقدار المجال مقارنة بالمجال في المنزل؟

$$I = 200\ \text{A},\ d = 20\ \text{m}$$

لذا فإن:

$$B = \frac{(2\times10^{-7}\ \text{T.m/A})I}{d}$$

$$= \frac{(2\times10^{-7}\ \text{T.m/A})(200\ \text{A})}{20\ \text{m}}$$

$$= 2\times10^{-6}\ \text{T}$$

وهذا يمثل نصف مقدار المجال المغناطيسي في الفرع a.

c. تنصح بعض المجموعات الاستهلاكية المرأة الحامل بعدم استخدام البطانية الكهربائية؛ لأن المجال المغناطيسي يسبب مشاكل صحية. قدِّر المسافة التي يمكن أن يكون فيها الجنين بعيدًا عن السلك، موضحًا فرضيتك. إذا كانت البطانية تعمل على تيار 1 A فأوجد المجال المغناطيسي عند موقع الجنين. وقارن بين هذا المجال والمجال المغناطيسي الأرضي.

افترض ان هناك سلكًا واحدًا فقط يحمل التيار فوق الجنين، واستخدم مركز الجنين (حيث توجد الأعضاء الحية) بوصفه نقطة مرجعية. في المرحلة الأولى من

الحمل يمكن ان يكون الجنين على بعد 5 cm من البطانية، وفي المراحل المتأخرة من الحمل يكون مركز الجنين على بعد 10 cm ، لذلك:

$$I = 1\ \text{A}, d = 0.05\ \text{m}$$

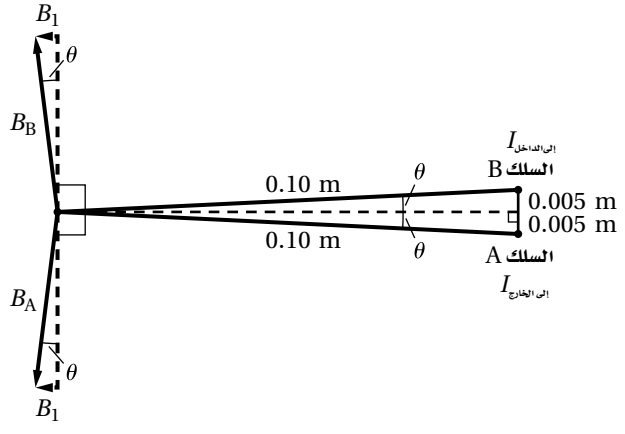
$$B = \frac{(2\times10^{-7}\ \text{T.m/A})I}{d}$$

$$= \frac{(2\times10^{-7}\ \text{T.m/A})(1\ \text{A})}{0.05\ \text{m}}$$

$$= 4\times10^{-6}\ \text{T}$$

أي أن المجال المغناطيسي الأرضي (5×10^{-5}) أقوى بـ12 مرة

96. جمع المتجهات في جميع الحالات الموصوفة في المسألة السابقة هناك سلك آخر يحمل التيار نفسه في الاتجاه المعاكس. أوجد المجال المغناطيسي المحصل على بُعد 0.10 m من السلك الذي يسري فيه تيار 10 A. إذا كانت المسافة بين السلكين 0.01 m فارسم شكلاً يوضّح هذا الوضع. احسب مقدار المجال المغناطيسي الناتج عن كل سلك، واستخدم القاعدة الأولى لليد اليمنى لرسم متجهات توضّح المجالات. واحسب أيضًا حاصل الجمع الاتجاهي للمجالين مقدارًا واتجاهًا.



لكل سلك: $I = 10\ \text{A}, d = 0.10\ \text{m}$

لذا فإن $B = \frac{(2\times10^{-7}\ \text{T.m/A})(10\ \text{A})}{0.10\ \text{m}} = 2\times10^{-5}\ \text{T}$

من الشكل، فقط المركبات الموازية للخط المنصف بين الأسلاك تساهم في محصلة المجال، حيث تعطى المركبة من كل سلك بالعلاقة: $B_1 = B\sin\theta$

حيث $\sin\theta = \frac{0.005\ \text{m}}{0.10\ \text{m}} = 0.05$ **لذلك:**

$$B_1 = (2\times10^{-5}\ \text{T})(0.05) = 1\times10^{-6}\ \text{T}$$

أي:

لكن كل سلك يساهم بالمقدار نفسه من المجال؛ أي أن المحصلة $B = 2\times10^{-6}\ \text{T}$ و هذه المحصلة تعادل $\frac{1}{25}$ من المجال المغناطيسي الأرضي.

الكتابة في الفيزياء

صفحة 164

97. ابحث في المغانط فائقة التوصيل، واكتب ملخصًا من صفحة واحدة للاستخدامات المحتملة لهذه المغانط. وتأكد من وصف أي عقبات تقف في طريق التطبيقات العملية لهذه المغانط.

قد تختلف إجابات الطلاب، تستخدم المغانط الفائقة التوصيل في التصوير بالرنين المغناطيسي MRI وقطارات الرفع المغناطيسي، وتحتاج المغانط الفائقة التوصيل إلى درجة حرارة منخفضة. يحاول العلماء تطوير مواد فائقة التوصيل عند درجات حرارة مرتفعة.

98. احسب الشغل الذي يتطلبه نقل شحنة مقدارها $6.40\times10^{-3}\ \text{C}$ خلال فرق جهد مقداره 2500 V.

$$W = qV = (6.40\times10^{-3}\ \text{C})(2500\ \text{V}) = 16\ \text{J}$$

99. إذا تغير التيار المار في دائرة جهدها 120 V من 1.3 A إلى 2.3 A فاحسب التغير في القدرة.

$$P = IV$$

$$P_1 = I_1V,\ P_2 = I_2V$$

$$\Delta P = P_2 - P_1 = I_2V - I_1V$$

$$= V(I_2 - I_1)$$

$$= (120\ \text{V})(2.3\ \text{A} - 1.3\ \text{A})$$

$$= 120\ \text{W}$$

تابع الفصل 5

100. وصلت ثلاث مقاومات مقدار كل منها 55 Ω على التوازي، ثم وصلت المقاومات السابقة على التوالي بمقاومتين تتصلان على التوالي، مقدار كل منهما 55 Ω، ما مقدار المقاومة المكافئة للمجموعة؟

$$\frac{1}{R_{\text{التوازي}}} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R} + \frac{1}{R}$$

$$= \frac{1}{55\ \Omega} + \frac{1}{55\ \Omega} + \frac{1}{55\ \Omega} = \frac{3}{55\ \Omega}$$

$$R_{\text{التوازي}} = 18\ \Omega$$

$$R_{\text{المكافئة}} = R_{\text{التوازي}} + R + R$$

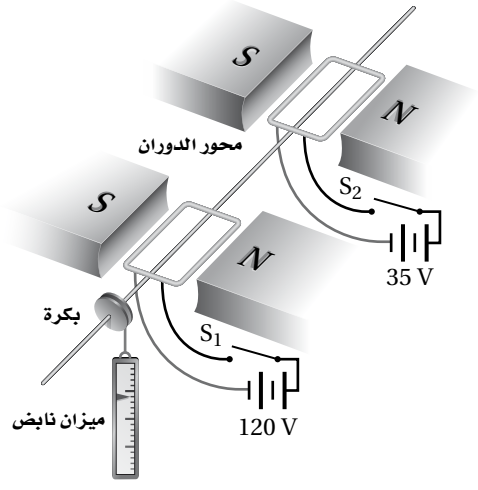
$$= 18\ \Omega + 55\ \Omega + 55\ \Omega$$

$$= 128\ \Omega$$

مسألة تحفيز

صفحة 149

يبين الشكل المجاور محركين كهربائيين متماثلين مستطيلي الشكل طول كل منهما 35 cm وعرضه 17 cm ومقاومته تساوي 12 Ω وعدد لفاته 48 لفة، على محور دوران واحد في مجال مغناطيسي شدته 0.21 T . (لتبسيط الرسم لم يرسم عاكسا التيار). وُصل السلك الأحمر بأقصى يسار الضلع الذي يمثل عرض الملف، ثم عاد إلى مؤخرة المحرك على الضلع الذي يمثل طول الملف. ولتعمل جاذبية الأرض على منع محور المحرك من الدوران تم تثبيت بكرة قطرها 7.2 cm على المحور، ومُرِّر عليها حبل كما في الشكل.



1. اشتق علاقة للعزم المؤثر في الملف وفق الوضع المبين باستخدام $F=ILB$.

يبين موضع الملف ذي القلب الحديدي للمحرك؛ أن ذراع الرافعة يساوي نصف عرض الملف، وطول السلك المتأثر بالمجال المغناطيسي يساوي طول الملفّ، ويزداد هذا الطول بزيادة عدد لفّات الملفّ n. ويتضاعف العزم لأنه عندما يدفع أحد الجانبين إلى أعلى بوساطة المجال المغناطيسي فإن الجانب الآخر يدفع إلى أسفل وفق القاعدة الثالثة لليد اليمنى.

$$\tau = nBIA\ (\text{الطول})\ (\text{العرض})\ \left(\frac{1}{2}\right)$$

لكن (الطول)(العرض)= (المساحة(A)، وبالتعويض في العلاقة السابقة ينتج أن: $\tau = nBIA$

أي أن العزم الناتج بوساطة الملف في المحرك يساوي عدد لفّات الملف مضروبة في مقدار المجال المغناطيسي مضروبًا في تيار الملفّ مضروبًا في مساحة الملفّ.

2. أوجد مقدار العزم المؤثر في المحور عند إغلاق المفتاح S1 وفتح المفتاح S2، وأوجد مقدار القوة المؤثرة في الميزان النابضي.

$$\tau = nBIA$$

$$= (48)(0.21\ \text{T})\left(\frac{120\ \text{V}}{12\ \Omega}\right)(0.35\ \text{m})(0.17\ \text{m})$$

$$= 6.0\ \text{N.m}$$

وبما أن المحور لا يمكنه الدوران، فالنظام في حالة اتزان. وتحسب القوة المؤثرة في الميزان النابضي(قراءة الميزان النابض) على أن نأخذ في الحسبان نصف قطر البكرة:

$$F_{\text{قراءة الميزان}} = \frac{6.0\ \text{N.m}}{0.036\ \text{m}} = 170\ \text{N}$$

3. أوجد مقدار العزم المؤثر في المحور عند إغلاق المفتاحين، ومقدار القوة المؤثرة في الميزان النابضي.

كلا المحركان ينتج عزمًا في اتجاه معاكس لحركة عقارب الساعة.

$$\tau_1 = (48)(0.21\ \text{T})\left(\frac{120\ \text{V}}{12\ \Omega}\right)(0.35\ \text{m})(0.17\ \text{m})$$

$$= 6.0\ \text{N.m}$$

$$\tau_2 = (48)(0.21\ \text{T})\left(\frac{35\ \text{V}}{12\ \Omega}\right)(0.35\ \text{m})(0.17\ \text{m})$$

$$= 1.7\ \text{N.m}$$

عكس اتجاه حركة عقارب الساعة $\tau_{\text{محصلة}} = 7.7\ \text{N.m}$

$$F_{\text{ميزان نابضي}} = \frac{7.7\ \text{N.m}}{0.036\ \text{m}} = 210\ \text{N}$$

4. ماذا يحدث للعزم عند دوران الملف؟

يقلّ العزم عندما يكون هناك دوران للملفّ عن الوضع المبين في الشكل لأن ذراع الرافعة يقصر. وعند الدوران والوصول إلى الزاوية 90°؛ فإن القوة المؤثرة في الملفّ إلى أعلى وإلى أسفل (تُلغى)، كما يكون ذراع الرافعة الفعّال صفرًا. وضمن الوضع المبين في الشكل $\theta = 0°$ فإن:

$$\tau = nBIA\cos\theta$$

مسائل تدريبية

6–1 التيار الكهربائي الناتج عن تغيّر المجالات المغناطيسية

(صفحة 167 – 176)

صفحة 171

1. يتحرك سلك مستقيم طوله 0.5 m إلى أعلى بسرعة 20 cm/s عموديًّا على مجال مغناطيسي أفقي مقداره 0.4 T.

a. ما مقدار القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة في السلك؟

$$EMF = BLv$$

$$= (0.4\ \text{T})(0.5\ \text{m})(20\ \text{m/s})$$

$$= 4\ \text{V}$$

b. إذا كان السلك جزءًا من دائرة مقاومتها 6.0 Ω فما مقدار التيار المار في الدائرة؟

$$I = \frac{EMF}{R} = \frac{4\ \text{V}}{6.0\ \Omega} = 0.7\ \text{A}$$

2. سلك مستقيم طوله 25 m مثبت على طائرة تتحرك بسرعة 125 m/s عموديًّا على المجال المغناطيسي الأرضي $B = 5.0\times10^{-5}\ \text{T}$. ما مقدار القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة في السلك؟

$$EMF = BLv$$

$$= (5.0\times10^{-5}\ \text{T})(25\ \text{m})(125\ \text{m/s})$$

$$= 0.16\ \text{V}$$

3. يتحرك سلك طوله 30.0 m بسرعة 2.0 m/s عموديًّا على مجال مغناطيسي شدته 1.0 T.

a. ما مقدار القوة الدافعة الكهربائية الحثية EMF المتولدة فيه؟

$$EMF = BLv$$

$$= (1.0\ \text{T})(30.0\ \text{m})(2.0\ \text{m/s})$$

$$= 6.0\times10^{1}\ \text{V}$$

b. إذا كانت مقاومة الدائرة تساوي 15.0 Ω فما مقدار التيار المار فيها؟

$$I = \frac{EMF}{R} = \frac{6.0\times10^{1}\ \text{V}}{15.0\ \Omega} = 4.0\ \text{A}$$

4. وضع مغناطيس دائم على شكل حذوة فرس بحيث تكون خطوط مجاله المغناطيسي رأسية. مرّر طالب سلكًا مستقيمًا بين قطبيه ثم سحبه نحوه خلال المجال المغناطيسي، فتولد فيه تيار من اليمين إلى اليسار. حدّد القطب الشمالي للمغناطيس.

باستخدام قاعدة اليد اليمنى يكون القطب الشمالي في الأسفل.

صفحة 175

5. مولد تيار متناوب يولّد جهدًا ذا قيمة عظمى مقدارها 170 V، أجب عما يلي:

a. ما مقدار الجهد الفعّال؟

$$V_{\text{فعّال}} = (0.707)V_{\text{عظمى}} = (0.707)(170\ \text{V})$$

$$= 1.2\times10^{2}\ \text{V}$$

b. إذا وصل مصباح قدرته 60 W بمولد، وكانت القيمة العظمى للتيار 0.70 A فما مقدار التيار الفعّال في المصباح؟

$$I_{\text{فعّال}} = (0.707)I_{\text{عظمى}} = (0.707)(0.70\ \text{A})$$

$$= 0.49\ \text{A}$$

6. إذا كانت قيمة متوسط الجذر التربيعي RMS للجهد المتناوب في مقبس منزلي 117 V فما مقدار القيمة العظمى للجهد خلال مصباح موصول مع هذا المقبس؟ وإذا كانت قيمة متوسط الجذر التربيعي RMS للتيار المار في المصباح 5.5 A فما مقدار القيمة العظمى للتيار المار في المصباح؟

$$V_{\text{عظمى}} = \frac{V_{\text{فعّال}}}{0.707} = \frac{117\ \text{V}}{0.707} = 165\ \text{V}$$

$$I_{\text{عظمى}} = \frac{I_{\text{فعّال}}}{0.707} = \frac{5.5\ \text{A}}{0.707} = 7.8\ \text{A}$$

تابع الفصل 6

7. مولد تيار متناوب يولد جهدًا قيمته العظمى 425 V .

a. ما مقدار الجهد الفعال في دائرة كهربائية موصولة مع المولد؟

$$V_{\text{فعّال}} = \frac{V_{\text{عظمى}}}{\sqrt{2}} = \frac{425\ \text{V}}{\sqrt{2}} = 3.01\times10^{2}\ \text{V}$$

b. إذا كانت مقاومة الدائرة الكهربائية $5\times10^{2}\ \Omega$ فما مقدار التيار الفعال؟

$$I_{\text{فعّال}} = \frac{V_{\text{فعّال}}}{R} = \frac{3.01\times10^{2}\ \text{V}}{5.0\times10^{2}\ \Omega} = 0.60\ \text{A}$$

8. إذا كان متوسط القدرة المستنفدة في مصباح كهربائي 75 W فما مقدار القيمة العظمى للقدرة؟

$$P = \frac{1}{2}P_{\text{عظمى}}$$

$$P_{\text{عظمى}} = (2)P = (2)(75\ \text{W}) = 1.5\times10^{2}\ \text{W}$$

مراجعة القسم

6–1 التيار الكهربائي الناتج عن تغيّر المجالات المغناطيسية (صفحة 176 –167)

صفحة 176

9. **المولّد الكهربائي** هـل يمكنك عمل مولـد كهربائي بوضع مغناطيس دائم على محور قابل للـدوران مع الابقاء على الملف ساكنًا، وضّح إجابتك.

نعم، الحركة النسبية بين الملف والمجال المغناطيسي للمغناطيس هي المهمة فقط.

10. **مولـد الدراجـة الهوائية** يعمـل مولد الكهرباء في الدراجة الهوائية على إضاءة المصباح. مـا مصدر طاقة المصباح عندما يقود راكب الدراجة دراجته على طريق أفقية مستوية؟

مصدرها الطاقة الكيميائية المخزنة لراكب الدراجة.

11. **الميكروفون** ارجـع إلى الميكروفون الموضّح في **الشكل 6–3**. ما اتجاه التيار في الملف عندما يُدفع الغشاء الرقيق إلى الداخل؟

يتجه التيار مع اتجاه عقارب الساعة من اليسار.

12. **التردد** ما التغيرات اللازم إجراؤها على مولد كهربائي لزيادة التردد؟

زيادة عدد أزواج الأقطاب المغناطيسية.

13. **الجهـد الناتـج** وضّـح لماذا يـزداد الجهد الناتج عن مولّد عند زيادة المجال المغناطيسـي؟وما الذي يتأثـر أيضًا بزيادة مقدار المجال المغناطيسي؟

يرتبط مقدار الجهد الحثّيّ المتولّد مباشرة مع مقدار المجال المغناطيسي، يتولّد جهد أكبر في الموصّل عند زيادة مقدار المجال المغناطيسي. ويتأثر التيار والقدرة في دائرة المولذد ايضًا.

14. **المولد الكهربائي** وضّح مبدأ العمل الأساسي للمولد الكهربائي.

اكتشـف مايكل فارادي أن فرق الجهد يتولّد عندما يتحرك جزء من سـلك يمر فيه تيار كهربائي في مجال مغناطيسـي، وقد يزداد الجهد الحثي المتولّد باستخدام مجال مغناطيسي أقوى، وبزيادة سرعة الموصل أو بزيادة الطول الفعّال للموصل المتحرك.

15. التفكير الناقد تساءل طالب: لماذا يستنفد التيار المتناوب قدرة، ما دامت الطاقة التي تُحوّل في المصباح عندما يكون التيار موجبًا تلغى عندما يكون التيار سالبًا، ويكون الناتج صفرًا؟ وضح لماذا يكون هذا الاستدلال غير صحيح؟

القدرة هي المعدل الزمني لنقل الطاقة، والقدرة هي حاصل ضرب I في V، وعندما يكون I موجبًا يكون V موجبًا أيضًا، ولذلك تكون القدرة دائمًا موجبة. وتستنفذ الطاقة دائمًا في المصباح، وعندما يكون I سالبًا تكون V سالبًا أيضًا ولذلك تكون القدرة دائمًا موجبةً، أي تستنفد الطاقة في المصباح دائمًا، أي أن الاستدلال المتضمن في السؤال غير صحيح.

مسائل تدريبية

6–2 تغير المجالات المغناطيسية يولد قوة دافعة كهربائية حثية (صفحة 185 –177)

صفحة 184

في المسائل الآتية التيارات والجهود المشار إليها هي التيارات والجهود الفعّالة.

16. محول مثالي خافض عدد لفات ملفه الابتدائي 7500 لفة، وعدد لفات ملفه الثانوي 125 لفة، فإذا كان الجهد في دائرة الملف الابتدائي 7.2 kV فما مقدار الجهد في دائرة الملف الثانوي؟ وإذا كان التيار في دائرة الملف الثانوي 36 A فما مقدار التيار في دائرة الملف الابتدائي؟

$$\frac{V_s}{V_p} = \frac{N_s}{N_p}$$

$$V_s = \frac{V_p N_s}{N_p} = \frac{(7.2\times10^3\ \text{V})(125)}{7500}$$

$$= 1.2\times10^2\ \text{V}$$

$$V_p I_p = V_s I_s$$

$$I_p = \frac{V_s I_s}{V_p} = \frac{(1.2\times10^2\ \text{V})(36\ \text{A})}{7.2\times10^3\ \text{V}} = 0.60\ \text{A}$$

17. يتكون الملف الابتدائي في محول مثالي رافع من 300 لفة، ويتكون الملف الثانوي من 90000 لفة، فإذا كانت القوة الدافعة الكهربائية للمولد المتصل بالملف الابتدائي 60.0 V فما مقدار القوة الدافعة الكهربائية الناتجة عن الملف الثانوي؟ وإذا كان التيار في دائرة الملف الثانوي 0.50 A فما مقدار التيار في دائرة الملف الابتدائي؟

$$V_s = \frac{V_p N_s}{N_p} = \frac{(60.0\ \text{V})(90000)}{300}$$

$$= 1.80\times10^4\ \text{V}$$

$$I_p = \frac{V_s I_s}{V_p} = \frac{(1.80\times10^4\ \text{V})(0.50\ \text{A})}{60.0\ \text{V}}$$

$$= 1.5\times10^2\ \text{A}$$

مراجعة القسم

6–2 تغير المجالات المغناطيسية يولد قوة دافعة كهربائية حثية (صفحة 185 –177)

صفحة 185

18. السلك الملفوف والمغانط ملف سلكي معلق من نهايتيه بحيث يتأرجح بسهولة. إذا قرّبت مغناطيسًا إلى الملف فجأة فسيتأرجح الملف. بأي طريقة يتأرجح الملف بالنسبة للمغناطيس؟ ولماذا؟

بعيدًا عن المغناطيس يولّد تغيّر المجال المغناطيسي تيّارًا حثيًا في الملفّ، وهذا التيار يولّد مجالًا مغناطيسيًّا، وهذا المجال يعاكس مجال المغناطيس، لذلك تكون القوة بين الملفّ والمغناطيس قوة تنافر.

19. المحركات إذا نزعت قابس مكنسة كهربائية في أثناء تشغيلها من المقبس فستلاحظ حدوث شرارة كهربائية، في حين لا تشاهدها عند نزع قابس مصباح كهربائي. لماذا؟

سيولّد حثّ المحرّك قوة دافعة كهربائية عكسية، وهذا ما يسبب الشرارة، أما المصباح فلا يولّد قوة دافعة كهربائية عكسيّة.

20. المحوّلات والتيار وضح لماذا يعمل المحوّل الكهربائي على تيار متناوب فقط؟

لربط الملف الابتدائي بالملف الثانويّ يجب أن يتدفق تيّار متغيّر خلال الملف الإبتدائي، وهذا التيار المتغيّر يولّد مجالًا مغناطيسيًّا متغيّرًا ينشأ عنه تيار حثي في الملف الثانوي.

21. **المحوّلات** كثيرًا ما يكون السلك المستخدم في ملفات المحوّل المكون من عدد قليل من اللفات سميكًا (مقاومته قليلة) بينما يكون سلك الملف المكون من عدد كبير من اللفات رفيعًا. لماذا؟

سيتدفق تيار أكبر خلال الملفّ ذي اللفات الأقل، ولذلك يجب أن تكون المقاومة قليلة للحدّ من الهبوط في الجهد، للحدّ من القدرة الضائعة I^2R وللحدّ من سخونة الأسلاك.

22. **المحوّلات الرافعة** بالرجوع إلى المحول الرافع الموضّح في **الشكل 13–6**، وضّح ماذا يحدث لتيار الملف الابتدائي إذا أصبحت دائرة الملف الثانوي دائرة قصر.

وفقًا لمعادلات المحول فإن النسبة بين عدد لفات الملف الابتدائي إلى عدد لفات الملف الثانوي تساوي النسبة بين تيار الملف الثانوي إلى تيار الملف الإبتدائي وهذه النسبة لا تتغير، لذا فإذا ازداد تيار الملف الثانوي فسيزداد تيار الملف الإبتدائي أيضًا

23. **التفكير الناقد** هل تصلح المغانط الدائمة لصنع قلب محوّل جيد؟ وضّح إجابتك.

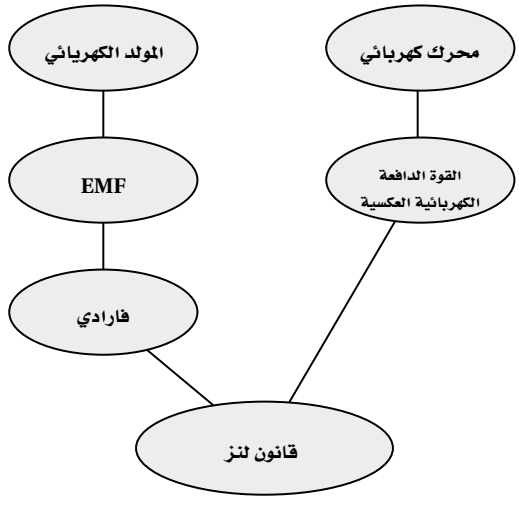
لا، لأن الجهد الحثيّ المتولّد يعتمد على تغير المجال المغناطيسي خلال القلب، وتصنع المغانط الدائمة من موادّ تقاوم التغيّر في المجال المغناطيسي.

تقويم الفصل

خريطة المفاهيم

صفحة 190

24. أكمل خريطة المفاهيم أدناه باستخدام المصطلحات التالية: المولدالكهربائي،القوةالدافعةالكهربائيةالعكسية،قانونلنز.



إتقان المفاهيم

صفحة 190

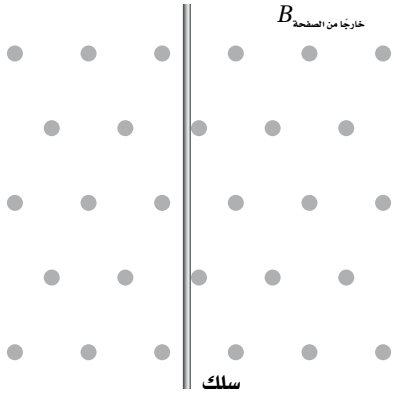
25. ما الجزء المتحرك في المولّد الكهربائي؟

الجزء المتحرك في المولّد الكهربائي يتكون من عدد من لفات السلك الكهربائي ملفوفة على قلب من الحديد، وعندما يدور هذا الجزء في مجال مغناطيسي، فأن لفات السلك تقطع المجال المغناطيسي فينشأ تيار حثي.

26. لماذا يستخدم الحديد في الملف الكهربائي؟

يستخدم الحديد في الملف ذو القلب الحديدي لزيادة تركيز المجال المغناطيسيّ.

للإجابة عن **الأسئلة 29–27** ارجع إلى **الشكل 16–6** .



■ **الشكل 16–6**

27. يتحرك موصل داخل مجال مغناطيسي ويتولد جهد كهربائي بين طرفيه. في أي اتجاه يجب أن يتحرك الموصل بالنسبة للمجال المغناطيسي دون أن يتولد جهد؟

أقل جهد متولّد (صفر فولت) ينتج عندما يتحرّك الموصل موازيًا لخطوط المجال المغناطيسيّ.

28. ما قطبية الجهد الحثي المتولّد في السلك عندما يقطع القطب الجنوبي لمجال مغناطيسي؟

ستتولد في الموصل المتحرك عند القطب الجنوبي جهد حثيّ موجب.

29. ما أثر زيادة الطول الكلي للموصل داخل مولد كهربائي؟

تؤدي زيادة طول الموصل إلى زيادة الجهد المتولّد.

تابع الفصل 6

30. فيم تتشابه نتائج كل من أورستد وفاراداي؟ وفيم تختلف؟

يتشابهان في كون كلّ منهما يبيّن العلاقة بين الكهرباء والمغناطيسيّة. ويختلفان في أن التيّار الثابت يولد مجالًا مغناطيسيًا، في حين يتطلب توليد التيار الكهربائي مجالًا مغناطيسيًا متغيّرًا.

31. لديك ملف سلكي وقضيب مغناطيسي. صف كيف يمكنك استخدامهما في توليد تيار كهربائي؟

إمّا بتحريك المغناطيس إلى داخل الملفّ أو خارجه أو بتحريك الملفّ إلى أعلى أو إلى أسفل فوق طرف المغناطيس.

32. ما الذي ترمز إليهEMF؟ وما سبب عدم دقة الاسم؟

ترمز إلى القوة الدافعة الكهربائية الحثية ؛ وهي ليست قوّة وإنما فرق جهد (طاقة لكل وحدة شحنة).

33. ما الفرق بين المولّد الكهربائي والمحرك الكهربائي؟

في المولّد، تدوّر الطاقة الميكانيكية الملف ذا القلب الحديدي داخل المجال المغناطيسي، ويسبّب الجهد الحثيّ تدفق التيار الكهربائي، وبذلك تنتج طاقة كهربائية. أمّا في المحرك فيُطبّق جهد عبر ملفات الملف المثبت داخل المجال المغناطيسيّ، فيسبّب الجهد تدفّق التيار في الملفّ، لذا يدور الملف فينتج طاقة ميكانيكية.

34. اكتب الأجزاء الرئيسة لمولد التيار المتناوب AC.

يتكون مولّد التيار المتناوب AC من مغناطيس دائم، وملفّ، ومجموعة الفرشاتين، والحلقة.

35. لماذا تكون القيمة الفعّالة للتيار المتاوب أقل من القيمة العظمى له؟

تتغير القدرة المتولّدة بين صفر وقيمة عظمى في مولّد التيار المتناوب عند دوران الملف. والتيار الفعّال أو القيمة الفعّالة للتيار هي القيمة الثابتة التي تسبّب تبديد القدرة المتوسطة في مقاومة الحمل.

36. **الكهرومائية** يدير الماء الذي كان محجوزًا خلف السد التوربينات التي تدوّر المولدات. أعدّ قائمة بجميع أشكال الطاقة وتحولاتها منذ كان الماء محجوزا إلى أن تولدت الكهرباء.

هناك طاقة وضع في الماء المحجوز أو المخزّن خلف السدّ، والطاقة الحركية للماء الساقط تدير التوربينات، وتولد طاقة كهربائية في المولّد. وهنك طاقة ضائعة في التوربينات نتيجة الاحتكاك تظهر على شكل طاقة حرارية.

37. اكتب نص قانون لنز

التيار الحثيّ المتولّد يؤثر دائمًا في اتجاه يجعل المجال المغناطيسي الناتج عنه يقاوم التغيير في التيار المولّد له.

38. ما الذي يسبب تولّد القوة الدافعة الكهربائية العكسية في المحرك الكهربائي؟

هذا هو قانون لنز، يسلك المحرّك عندما يبدأ في الدوران سلوك مولّد، ويولدّ تيّارًا معاكسًا للتيار الذي زوّد به المحرك.

39. لماذا لا تحدث شرارة كهربائيةعندما تغلق مفتاحًا كهربائيًا لتمرير تيار إلى محث، في حين تحدث الشرارة عند فتح ذلك المفتاح؟

تنتج الشرارة عن القوة الدافعة الكهربائية العكسيّة التي تحاول الحفاظ على استمرار تدفّق التيار، وتكون القوة الدافعة الكهربائية العكسيّة كبيرة لأن التيار نقص إلى الصفر بسرعة، وعند إغلاق المفتاح لا تكون زيادة التيار سريعة بسبب مقاومة الأسلاك.

40. لماذا يكون الحث الذاتي في ملف عاملاً رئيسًا عندما يمر فيه تيار متناوب AC في حين يكون عاملاً ثانويًّا عندما يمر فيه تيار مستمر DC؟

يكون التيار المتناوب متغيرًا دائمًا في المقدار والاتجاه، ولذلك يكون عاملًا أساسيًا في الحث الذاتي في الملف، أما عندما يكون التيار مستمرًا فهو يصبح ثابتًا بعد فترة قصيرة، وعندها لا يحدث تغيّر في المجال المغناطيسي لذا؛ يعد التيار المستمر DC عاملًا ثانويًا في الحث الذاتي في الملف .

41. وضح لماذا تظهر كلمة "تغير" في هذا الفصل بكثرة؟

كما اكتشف فارادي فإن المجال المغناطيسي المتغيّر هو الذي يولّد قوة دافعة كهربائية حثيّة.

42. عـلام تعتمـد النسبة بيـن القـوة الـدافعـة الكهربائية في كل من دائرتي الملفين الابتدائي والثانوي للمحول نفسه ؟

تعتمد القـوة الدافعة الكهربائية EMF على نسـبة عدد لفّات السـلك في الملـف الإبتدائي إلى عدد لفّات السـلك في الملف الثانوي.

تطبيق المفاهيم

صفحة 192–190

43. اسـتخدم الوحدات لإثبات أن الفولت هو وحدة قياس للمقدار BLv.

وحدات BLvهي: $(T)(m)(m/s)$، لكن، $T=N/A.m$

و $A=C/s$، لذلك فإن وحدات BLv هي:

$(N.s/C.m)(m)(m/s) = N.m/c$،

لأن $J=N.m$ و $V=J/C$ فوحدة BLv هي (Vلفولت).

44. عندما يتحرك سـلك داخل مجال مغناطيسي، فهل تؤثر مقاومة الدائرة المغلقة في التيار فقط، أم في القوة الدافعة الكهربائية فقط، أم في كليهما، أم أن أيًّا منهما لا يتأثر؟

تؤثر في التيار فقط

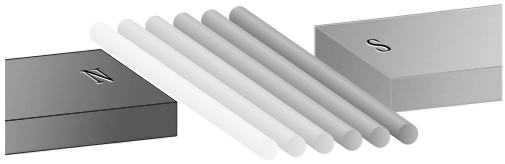
45. **الدراجـة الهوائية** عندما يُبطئ أحمد من سـرعة دراجته الهوائيـة ماذا يحدث للقـوة الدافعـة الكهربائية الناتجة عن مولد دراجته؟ استخدم مصطلح الملف ذي القلب الحديدي خلال التوضيح.

عندما يُبطئ أحمد دراجته الهوائية سـتقل سرعة دوران الملـف ذي القلـب الحديـدي الموجـود داخـل المجـال المغناطيسـي ، لذلـك سـتقل القـوة الدافعـة الكهربائية الناتجة في مولّد دراجته.

46. يتغير اتجاه الجهد المتناوب (AC) 120 مرة في كل ثانية، فهل يعني ذلك أن الجهاز الموصول بجهد متناوب AC يفقد الطاقة ويكتسبها بالتناوب؟

لا؛ تتزامن تغيّرات إشـارة التيار مع تغيّرات إشارة الجهد، لذا يكون حاصل ضرب التيار في الجهد دائمًا موجبًا.

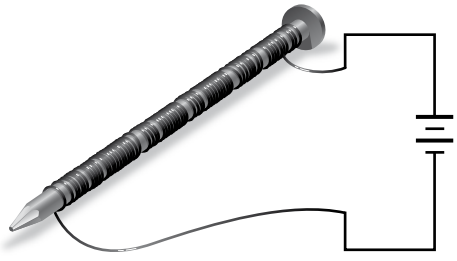
47. يتحرك سلك بصورة أفقية بين قطبي مغناطيس، كما هو موضح في **الشكل 17–6**. ما اتجاه التيار الحثي فيه؟



■ الشكل 17–6

لا يتولّـد تيـار حثيّ في السـلك، لأن اتجاه السـرعة موازٍ لاتجاه المجال المغناطيسي.

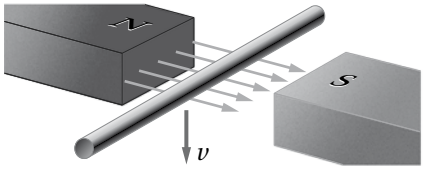
48. عملت مغناطيسًا كهربائيًّا بلف سلك حول مسمار طويل، كما هو موضح في **الشكل 18–6**، ثم وصلته مع بطارية، فهل يكون التيار أكبر بعد التوصيل مباشرة، أم بعد التوصيل بعدة أعشار من الثانية، أم يبقى التيار نفسه دائمًا؟ وضح إجابتك.



■ الشكل 18–6

يزداد التيار بعد التوصيل بعدة أعشار من الثانية، لأن القوة الدافعـة الكهربائية الحثيّة المتولّـدة في الملف تُقاوم تكوّن التيار بعد التوصيل مباشرة.

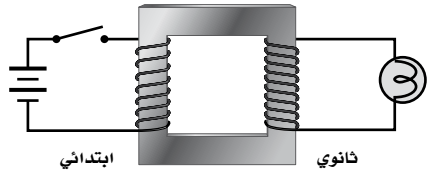
49. تتحـرك قطعـة من حلقة سـلكية إلى أسـفل بيـن قطبي مغناطيس، كما هو موضح في **الشـكل 19–6**. ما اتجاه التيار الحثي المتولد؟



■ الشكل 19–6

اتجاه التيار إلى اليسار وعلى طول مسار السّلك.

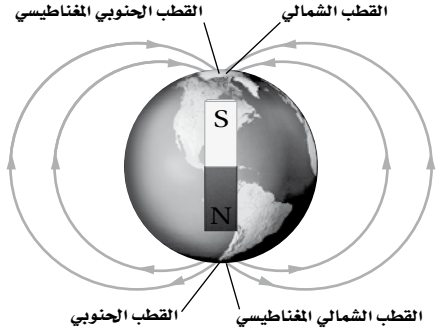
50. وصل محول مع بطارية بواسطة مفتاح كهربائي، ووصلت دائرة الملف الثانوي مع مصباح كهربائي، كما في **الشكل 20–6**. هل يضيء المصباح ما دام المفتاح مغلقًا، أم عند لحظة الإغلاق فقط، أم عند لحظة فتح المفتاح فقط؟ وضح إجابتك.



■ **الشكل 20–6**

سيضيء المصباح عند وجود تيار في دائرة الملف لثانوي، وهذا يحدث كلّما تغيّر تيار الملفّ الإبتدائي، ولذلك يضيء المصباح في الحالتين عند فتح المفتاح أو إغلاقه.

51. **المجال المغناطيسي الأرضي** اتجاه المجال المغناطيس الأرضي في النصف الشمالي في اتجاه الأسفل ونحو الشمال، كما هو موضح في **الشكل 21–6**. إذا تحرك سلك أفقي (يمتد من الشرق إلى الغرب) من الشمال إلى الجنوب فما اتجاه التيار المتولد؟



■ **الشكل 21–6**

اتجاه التيار المتولّد من الغرب إلى الشرق.

52. إذا حركت سلكًا نحاسيًا إلى أسفل خلال مجال مغناطيسي B كما في **الشكل 19–6** فأجب عما يلي:

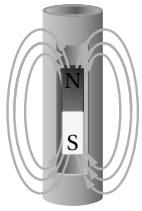
a. هل يسري التيار الحثي المتولّد في قطعة السلك إلى اليسار أم إلى اليمين؟

تبين قاعدة اليد اليمنى أن التيار الحثي المتولّد يسري إلى اليسار.

b. عندما يتحرك السلك داخل المجال المغناطيسي سيسري فيه تيار، وعندها تكون القطعة عبارة عن سلك يسري فيه تيار كهربائي وموضوع داخل مجال مغناطيسي، ويجب أن تؤثر فيه قوة مغناطيسية. ما اتجاه القوة التي ستؤثر في السلك نتيجة سريان التيار الحثي؟

تؤثّر القوة في السلك إلى الأعلى.

53. أسقط مدرس الفيزياء مغناطيسًا في أنبوب نحاسي، كما في **الشكل 22–6**، فتحرك المغناطيس ببطء شديد، فاعتقد الطلبة في الصف أنه يجب أن تكون هناك قوة معاكسة لقوة الجاذبية.



■ **الشكل 22–6**

a. ما اتجاه التيار الحثي المتولد في الأنبوب بسبب سقوط المغناطيس إذا كان القطب الجنوبي للمغناطيس هو القطب المتجه إلى أسفل ؟

تكون القوة الدافعة الكهربائية الحثّيّة متعامدة مع كل من المجال والسرعة، ويجب أن يكون التيار محيطًا بالأنبوب. وخطوط المجال تدخل في القطب الجنوبي S وتخرج من القطب الشمالي N، ووفق قاعدة اليد اليمنى يكون اتجاه التيار في اتجاه حركة عقارب الساعة بالقرب من القطب S وعكس اتجاه حركة عقارب الساعة بالقرب من القطب N.

b. يُنتج التيار الحثي مجالاً مغناطيسيًّا. ما اتجاه هذا المجال؟

يكون المجال داخل الأنبوب إلى أسفل بالقرب من القطب الجنوبي S، في حين يكون المجال بالقرب من القطب الشمالي N إلى أعلى.

c. كيف يعمل المجال المغناطيسي على تقليل تسارع المغناطيس الساقط؟

يؤثر المجال المغناطيسي المتولّد بقوة في المغناطيس في اتجاه الأعلى في القطبين.

54. **المولدات** لماذا يكون دوران المولد أكثر صعوبة عندما يكون متصلًا بدائرة كهربائية يُزوِّدها بالتيار، مقارنة بدورانه عندما لا يكون متصلاً بدائرة ما؟

عندما يدور الملفّ في المولّد تنشأ قوة دافعة حثية معاكسة لاتجاه الدوران نتيجة للتيار الحثيّ [قانون لنز] ، في حين عندما يكون ساكنًا لا يتولد فيه تيار حثيّ، أي لا توجد قوة دافعة حثية معاكسة.

55. وضح لماذا يكون التيار الابتدائي عند تشغيل المحرك كبيرًا. وضح أيضًا كيف يمكن تطبيق قانون لنز عند اللحظة $t > 0$؟

لا يدور الملف عند لحظة بداية التشغيل، لذلك لا يتقاطع الملف مع خطوط المجال ولا يتوفر فرق جهد. لهذا تكون القوة الدافعة الكهربائية الحثية العكسية صفرًا فلا يتكّون تيار أو مجال حول الموصل الساكن. وفي اللحظة التي يبدا فيها الملف بالدوران سيتقاطع مع خطوط المجال، ويتولّد فيه جهد حثيّ ويكون لهذا الجهد قطبيّة بحيث يولّد مجالًا مغناطيسيًا معاكسًا للمجال المولّد له، وهذا من شأنه تقليل التيار في المحرك. لذلك تزداد ممانعة المحرك للحركة.

56. بالرجوع إلى **الشكل 10–6** وبالربط مع قانون لنز، وضّح لماذا يتكون قلب المحرك الكهربائي من شرائح معزولة؟

يستخدم قلب على شكل شرائح رقيقة لتقليل تدفّق التيارات الدواميّة، ولأن التيارات الدوارنية تنتج في القلب بوساطة تغيّر التدفق المغناطيسي خلاله. حيث يؤديّ وجود فولتيّة حثيّة متولّدة في القلب إلى تكوّن التيارات الدواميّة.

57. يصنع محول كهربائي عملي بحيث يحتوي قلبه على شرائح ليست فائقة التوصيل. ولأنه لا يمكن التخلص نهائيًا من التيارات الدوامية فإنه يكون هناك فقد قليل للقدرة في قلب المحول. وهذا يعني وجود فقد مستمر للقدرة في قلب المحول. ما القانون الأساسي الذي يكون من المستحيل معه جعل الطاقة المفقودة صفرًا؟

قانون لنز

58. اشرح كيفية حدوث الحث المتبادل في المحول؟

عند مرور تيار متناوب في الملف الإبتدائي لمحوّل ينتج تدفق متغيّر للتيار خلال الملف، وهذا التيار بدوره يولّد تدفّقًا مغناطيسيًا متغيّرًا، ويولّد هذا التدفق المغناطيسي المتغيّر فولتيّة في الملف الثانوي المثبت على الجانب الآخر من القلب، وتعتمد الفولتيّة أو القوة الدافعة الكهربائية الحثيّة المتولّدة على معدّل التغيّر في التدفّق المغناطيسي (تردّد المصدر)، وعدد لفّات الملف الثانوي ومقدار التدفق المغناطيسي.

59. أسقط طالب قضيبًا مغناطيسيًّا بحيث كان قطبه الشمالي إلى أسفل في أنبوب نحاسي رأسي.

a. ما اتجاه التيار الحثي المتولّد في الأنبوب النحاسي في أثناء مرور قطبه الجنوبي؟

مع عقارب الساعة حول الأنبوب،عند النظر إلى الأنبوب من أعلى.

b. ينتج التيار الحثي المتولّد مجالاً مغناطيسيًّا. ما اتجاه هذا المجال؟

إلى أسفل الأنبوب باتجاه القطب الجنوبي للمغناطيس أي بعكس اتجاه المجال المغناطيسي للمغناطيس.

إتقان حل المسائل

6–1 التيار الكهربائي الناتج عن تغير المجالات المغناطيسية

صفحة 194–192

60. يتحرك سلك طوله 20.0 m بسرعة 4.0 m/s عموديًّا على مجال مغناطيسي. فإذا تولدت قوة دافعة كهربائية حثية خلاله مقدارها 40 V فما مقدار المجال المغناطيسي؟

$$EMF = BLv$$

$$B = \frac{EMF}{Lv} = \frac{40\ \text{V}}{(20.0\ \text{m})(4.0\ \text{m/s})}$$

$$= 0.5\ \text{T}$$

تابع الفصل 6

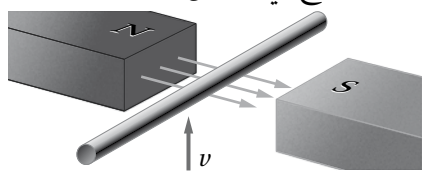
61. الطائرات تطير طائرة بسرعة 9.50×10^{2} km/h وتمر فوق منطقة مقدار المجال المغناطيسي الأرضي فيها 4.5×10^{-5} T، والمجال المغناطيسي في تلك المنطقة رأسي تقريبًا. احسب مقدار فرق الجهد بين طرفي جناحيها إذا كانت المسافة بينهما 75 m.

$$EMF = BLv$$

$$(4.5\times10^{-5}\ \text{T})(75\ \text{m})(9.50\times10^{2}\ \text{km/h})(1000\ \text{m/km})(1\ \text{h}/3600\ \text{s})$$

$$= 0.89\ \text{V}$$

62. يتحرك سلك مستقيم طوله 0.75 m إلى أعلى بسرعة 16 m/s في مجال مغناطيسي أفقي مقداره 0.30 T ، كما هو موضّح في **الشكل 23–6**.



■ **الشكل 23–6**

a. ما مقدار القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة في السلك؟

$$EMF = BLv$$

$$= (0.30\ \text{T})(0.75\ \text{m})(16\ \text{m/s})$$

$$= 3.6\ \text{V}$$

b. إذا كان السلك جزءًا من دائرة كهربائية مقاومتها 11Ω فما مقدار التيار المار فيها؟

$$EMF = IR$$

$$I = \frac{EMF}{R} = \frac{3.6\ \text{V}}{11\ \Omega} = 0.33\ \text{A}$$

63. ما السرعة التي يجب أن يتحرك بها سلك طوله 0.20 m داخل مجال مغناطيسي مقداره 2.5 T؛ لكي تتولد فيه قوة دافعة كهربائية EMF مقدارها 10 V؟

$$EMF = BLv$$

$$v = \frac{EMF}{BL} = \frac{10\ \text{V}}{(2.5\ \text{T})(0.20\ \text{m})}$$

$$= 20\ \text{m/s}$$

64. مولد كهربائي AC يولد قوة دافعة كهربائية عظمى مقدارها 565 V. ما مقدار القوة الدافعة الكهربائية الفعالة التي يزود بها المولد دائرة خارجية؟

$$V_{\text{فعّال}} = \frac{V_{\text{عظمى}}}{\sqrt{2}} = \frac{565\ \text{V}}{\sqrt{2}} = 4.00\times10^{2}\ \text{V}$$

65. مولد كهربائي AC يولد فولتية عظمى مقدارها 150 V، ويزود دائرة خارجية بتيار قيمته العظمى 30.0 A، احسب:

a. الجهد الفعّال للمولد.

$$V_{\text{فعّال}} = (0.707)V_{\text{عظمى}} = (0.707)(150\ \text{V})$$

$$= 110\ \text{V}$$

b. التيار الفعّال الذي يزود به المولد الدائرة الخارجية.

$$I_{\text{فعّال}} = (0.707)I_{\text{عظمى}} = (0.707)(30.0\ \text{A})$$

$$= 21.2\ \text{A}$$

c. القدرة الفعّالة المستهلكة في الدائرة.

$$P_{\text{فعّال}} = I_{\text{فعّال}}V_{\text{فعّال}} = \left(\frac{I_{\text{عظمى}}}{\sqrt{2}}\right)\left(\frac{V_{\text{عظمى}}}{\sqrt{2}}\right)$$

$$= \frac{1}{2}I_{\text{عظمى}}V_{\text{عظمى}} = \left(\frac{1}{2}\right)(150\ \text{V})(30.0\ \text{A})$$

$$= 2.3\ \text{kW}$$

66. الفرن الكهربائي يتصل فرن كهربائي بمصدر تيار متناوب AC جهده الفعّال 240 V .

a. احسب القيمة العظمى للجهد خلال أحد أجزاء الفرن عند تشغيله.

$$V_{\text{فعّال}} = (0.707)\ V_{\text{عظمى}}$$

$$V_{\text{عظمى}} = \frac{V_{\text{فعّال}}}{0.707} = \frac{240\ \text{V}}{0.707} = 340\ \text{V}$$

b. إذا كانت مقاومة عنصر التشغيل 11 Ω فما مقدار التيار الفعّال؟

$$V_{\text{فعّال}} = I_{\text{فعّال}}R$$

$$I_{\text{فعّال}} = \frac{V_{\text{فعّال}}}{R} = \frac{240\ \text{V}}{11\ \Omega} = 22\ \text{A}$$

67. إذا أردت توليد قوة دافعة كهربائية مقدارها 4.5 V عن طريق تحريك سلك بسرعة 4.0 m/s خلال مجال مغناطيسي مقداره 0.050 T فما طول السلك اللازم؟ وما مقدار الزاوية بين المجال واتجاه الحركة لكي نستخدم أقصر سلك؟

$$EMF = BLv$$

$$L = \frac{EMF}{Bv} = \frac{4.5\ \text{V}}{(0.050\ \text{T})(4.0\ \text{m/s})}$$

$$= 23\ \text{m}$$

وهو أقل طول للسلك مع افتراض أن كلا من السلك واتجاه الحركة متعامدان مع المجال.

68. يتحرك سلك طوله 40.0 cm عموديًّا على مجال مغناطيسي مقداره 0.32 T بسرعة 1.3 m/s، فإذا اتصل السلك بدائرة مقاومتها 10.0 Ω فما مقدار التيار المار فيها؟

$$EMF = BLv$$

$$= (0.32\ \text{T})(0.400\ \text{m})(1.3\ \text{m/s})$$

$$= 0.17\ \text{V}$$

$$\text{I} = \frac{EMF}{R} = \frac{0.17\ \text{V}}{10.0\ \Omega} = 17\ \text{mA}$$

69. إذا وصلت طرفي سلك نحاسي مقاومته 0.10 Ω بطرفي جلفانومتر مقاومته 875 Ω، ثم حركت 10.0 cm من السلك إلى أعلى بسرعة 1.0 m/s عموديًّا على مجال مغناطيسي مقداره 2.0×10^{-2} T، فما مقدار التيار الذي سيقيسه الجلفانومتر؟

$$EMF = BLv$$

$$= (2.0\times10^{-2}\text{T})(0.100\ \text{m})(1.0\ \text{m/s})$$

$$= 2.0\times10^{-3}\ \text{V}$$

$$I = \frac{V}{R} = \frac{2.0\times10^{-3}\ \text{V}}{875\ \Omega} = 2.3\times10^{-6}\ \text{A}$$

$$= 2.3\ \mu\text{A}$$

70. تحرك سلك طوله 2.5 m أفقيًّا بسرعة 2.4 m/s داخل مجال مغناطيسي مقداره 0.045 T في اتجاه يصنع زاوية مقدارها 60° فوق الأفقي. احسب:

a. المركبة الرأسية للمجال المغناطيسي.

المركبة الرأسية للمجال تساوي:

$$B \sin 60.0° = (0.045\ \text{T})(\sin 60.0°)$$

$$= 0.039\ \text{T}$$

b. القوة الدافعة الكهربائية الحثية EMF المتولدة في السلك.

$$EMF = BLv$$

$$= (0.039\ \text{T})(2.5\ \text{m})(2.4\ \text{m/s})$$

$$= 0.23\ \text{V}$$

71. **السدود** يُنتج مولد كهربائي على سدٍّ قدرةً كهربائية مقدارها 375 MW، إذا كانت كفاءة المولّد والتوربين 85% فأجب عما يلي:

a. احسب معدل الطاقة التي يجب أن يزود بها التوربين من المياه الساقطة.

$$\text{كفاءة المولّد} = \frac{P_{\text{ناتجة}}}{P_{\text{مدخلة}}} \times 100\%$$

$$P_{\text{مدخلة}} = P_{\text{ناتجة}} \times \frac{100\%}{\text{كفاءة المولّد}}$$

$$= 375\ \text{MW}\left(\frac{100\%}{85\%}\right)$$

$$= 440\ \text{MW}$$

440 MW معدل الطاقة التي يُزوّد بها التوربين من الماء.

b. طاقة الماء الساقط تكون نتيجة للتغير في طاقة الوضع P.E = mgh. ما مقدار التغير في طاقة الوضع اللازمة في كل ثانية؟

$$440\ \text{MW} = 440\ \text{MJ/s}$$

$$= 4.4\times10^{8}\ \text{J/s}$$

c. إذا كان الماء يسقط من ارتفاع 22 m فما مقدار كتلة الماء التي يجب أن تمر خلال التوربين في كل ثانية لتعطي هذه القدرة؟

$$PE = mgh$$

$$m = \frac{PE}{gh} = \frac{4.4\times10^{8}\ \text{J}}{(9.80\ \text{m/s}^2)(22\ \text{m})}$$

$$= 2.0\times10^{6}\ \text{kg}$$

72. يتحرك موصل طوله 20 cm عموديًّا على مجال مغناطيسي مقداره 4.0 T بسرعة 1 m/s. احسب فرق الجهد المتولد.

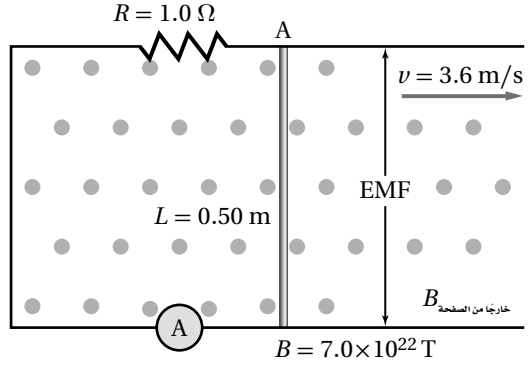
عندما يتحرك الموصل عموديًّا على المجال المغناطيسي فإن:

$$E_{\text{حثي}} = BLV$$

$$= (4.0\ \text{T})(0.20\ \text{m})(1\ \text{m/s})$$

$$= 0.8\ \text{V}$$

73. ارجع إلى المثال 1 و **الشكل 24–6** لإيجاد ما يلي:



■ الشكل 24–6

a. الجهد الحثي المتولد في الموصل.

$$EMF_{\text{حثي}} = BLV$$

$$= (7.0\times10^{-2}\ \text{T})(0.50\ \text{m})(3.6\ \text{m/s})$$

$$= 0.13\ \text{V}$$

b. مقدار التيار I.

$$I = \frac{EMF_{\text{حثي}}}{R} = \frac{0.13\ \text{V}}{1.0\ \Omega} = 0.13\ \text{A}$$

c. اتجاه دوران المجال المغناطيسي المتولّد حول الموصل.

يدور التدفق المغناطيسي في اتجاه عقارب الساعة حول الموصل عند النظر إليه من أعلى.

d. قطبية النقطة A بالنسبة للنقطة B.

النقطة A سالبة بالنسبة للنقطة B .

إتقان حل المسائل

6–2 تغيّر المجالات المغناطيسية يولد قوة دافعة كهربائية حثية

صفحة 194

74. يتكون الملف الابتدائي في محول مثالي من 150 لفة، ويتصل بمصدر جهد مقداره 120 V، احسب عدد لفات الملف الثانوي الضرورية للتزويد بالجهود التالية:

a. 625 V

$$\frac{V_s}{V_p} = \frac{N_s}{N_p}$$

$$N_s = \left(\frac{V_s}{V_p}\right) N_p = \left(\frac{625\ \text{V}}{120\ \text{V}}\right)(150)$$

وتقرّب إلى لفة 780, لفة 781 =

b. 35 V

$$N_s = \left(\frac{V_s}{V_p}\right) N_p = \left(\frac{35\ \text{V}}{120\ \text{V}}\right)(150)$$

لفة 44 =

c. 6.0 V

$$N_s = \left(\frac{V_s}{V_p}\right) N_p = \left(\frac{6.0\ \text{V}}{120\ \text{V}}\right)(150)$$

لفة 7.5 =

75. محول مثالي رافع يتكون ملفه الابتدائي من 80 لفة، ويتكون ملفه الثانوي من 1200 لفة، إذا زوّدت دائرة الملف الابتدائي بفرق جهد متناوب مقداره 120 V، فأجب عما يلي:

a. ما مقدار فرق الجهد في الملف الثانوي؟

$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{N_s}$$

$$V_s = \frac{V_p N_s}{N_p} = \frac{(120\ \text{V})(1200)}{80} = 1.8\ \text{kV}$$

b. إذا كان تيار الملف الثانوي 2.0 A فما مقدار تيار الملف الابتدائي؟

$$V_p I_p = V_s I_s$$

$$I_p = \frac{V_s I_s}{V_p} = \frac{(1.8\times10^3\ \text{V})(2.0\ \text{A})}{120\ \text{V}}$$

$$= 3.0\times10^1\ \text{A}$$

c. ما مقدار القدرة الداخلة والقدرة الناتجة عن المحول؟

$$V_p I_p = (120\ \text{V})(30.0\ \text{A}) = 3.6\ \text{kW}$$

$$V_s I_s = (1800\ \text{V})(2.0\ \text{A}) = 3.6\ \text{kW}$$

76. **الحواسيب الشخصية** محول مثالي في حاسوب شخصي يحتاج إلى جهد فعّال مقداره 9.0 V من خط 120 V.

a. ما عدد لفات الملف الثانوي إذا كان عدد لفات الملف الابتدائي 475 لفة؟

$$\frac{V_s}{V_p} = \frac{N_s}{N_p}$$

$$N_s = \frac{V_s N_p}{V_p} = \frac{(9.0\ \text{V})(475)}{120\ \text{V}}$$

$$= 36\ \text{لفة}$$

b. إذا كان التيار المار في الحاسوب يساوي 125 mA فما مقدار التيار المار في دائرة الملف الابتدائي للمحول؟

$$V_p I_p = V_s I_s$$

$$I_p = \frac{V_s I_s}{V_p} = \frac{(9.0\ \text{V})(125\ \text{mA})}{7200\ \text{V}}$$

$$= 9.4\ \text{mA}$$

77. **مجففات الشعر** صنع مجفف شعر ليعمل على تيار مقداره 10 A وفرق جهد 120 V في بلد ما. إذا أريد استخدام هذا الجهاز في بلد آخر مصدر الجهد فيه 240 V فاحسب:

a. النسبة التي يجب أن تكون بين عدد لفات ملفه الابتدائي وعدد لفات ملفه الثانوي.

$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{N_s} = \frac{240\ \text{V}}{120\ \text{V}} = \frac{2.0}{1.0}$$

أو 2 إلى 1

b. مقدار التيار الذي يعمل عليه في البلد الجديد.

$$V_p I_p = V_s I_s$$

$$I_p = \frac{V_s I_s}{V_p} = \frac{(120\ \text{V})(10\ \text{A})}{240\ \text{V}} = 5\ \text{A}$$

78. محول مثالي قدرته 150 W يعمل على جهد 9 V لينتج تيارًا 0.5 A .

a. هل المحول رافع أم خافض للجهد؟

$$P_{\text{ناتجة}} = V_s I_s$$

$$V_s = \frac{P_{\text{ناتجة}}}{I_s} = \frac{150\ \text{W}}{5.0\ \text{A}} = 3.0\times10^1\ \text{V}$$

أي أن المحول رافع.

b. ما النسبة بين جهد الملف الثانوي وجهد الملف الابتدائي؟

$$P = V_s I_s$$

$$V_s = \frac{P}{I_s} = \frac{150\ \text{W}}{5.0\ \text{A}} = 3.0\times10^1\ \text{V}$$

$$\frac{V_{\text{ناتجة}}}{V_{\text{مدخلة}}} = \frac{3.0\times10^1\ \text{V}}{9.0\ \text{V}} = \frac{1.0\times10^1}{3.0}$$

أي أن النسبة 10 إلى 3.

79. وصل أحمد محولًا مثاليًّا بمصدر جهد مقداره 24 V وقاس 8.0 V في الملف الثانوي، إذا عُكست دائرتا الملف الابتدائي والثانوي فما مقدار الجهد الناتج في هذه الحالة؟

$$\frac{N_s}{N_p} = \frac{V_s}{V_p} = \frac{8.0\ \text{V}}{24\ \text{V}} = \frac{1.0}{3.0}$$

وبعكس النتيجة تصبح النسبة $\frac{3.0}{1.0}$.

وبذلك يمكن حساب الجهد الناتج من:

$$\frac{N_s}{N_p} = \frac{V_s}{V_p}$$

$$V_s = \left(\frac{N_s}{N_p}\right) V_p = (3.0)(24\ \text{V}) = 72\ \text{V}$$

مراجعة عامة

صفحة 196–195

80. عدد لفات الملف الابتدائي في محول مثالي رافع 500 لفة وعـدد لفـات الملف الثانـوي 15,000 لفة. إذا وصلت دائرة الملـف الابتدائي بمولد تيار متناوب قوته الدافعة الكهربائية 120 V، فأجب عما يلي:

a. احسب القوة الدافعة الكهربائية في دائرة الملف الثانوي.

$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{N_s}$$

$$V_s = \frac{V_p N_s}{N_p} = \frac{(120\ \text{V})(15000)}{500}$$

$$= 3.6\times10^{3}\ \text{V}$$

b. إذا كان تيار دائرة الملف الثانوي يساوي 3.0 A، فاحسب تيار دائرة الملف الابتدائي.

$$V_p I_p = V_s I_s$$

$$I_p = \frac{V_s I_s}{V_p} = \frac{(3600\ \text{V})(3.0\ \text{A})}{120\ \text{V}} = 9.0\times10^{1}\ \text{A}$$

c. مـا مقدار القـدرة المسـحوبة بواسـطة دائـرة الملف الابتدائي؟ وما مقدار القدرة التي تُزوِّدها دائرة الملف الثانوي؟

$$V_p I_p = (120\ \text{V})(9.0\times10^{1}\ \text{A})$$

$$= 1.1\times10^{4}\ \text{W}$$

$$V_s I_s = (3600\ \text{V})(3.0\ \text{A}) = 1.1\times10^{4}\ \text{W}$$

81. ما مقدار السـرعة التي يجب أن يقطع فيها موصل طوله 0.2 m مجالًا مغناطيسيًّا مقداره 2.5 T عموديًّا عليه لتكون القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة فيه 10 V؟

$$EMF = BLv$$

$$v = \frac{EMF}{BL} = \frac{10\ \text{V}}{(2.5\ \text{T})(0.20\ \text{m})}$$

$$= 20\ \text{m/s}$$

82. ما مقدار السرعة التي يجب أن يتحرك بها موصل طوله 50 cm عموديًّـا على مجال مغناطيسـي مقـداره 0.2 T لكي تتولد فيه قوة دافعة كهربائية حثية مقدارها 1.0 V؟

$$EMF = BLv$$

$$v = \frac{EMF}{BL} = \frac{1.0\ \text{V}}{(0.20\ \text{T})(0.5\ \text{m})}$$

$$= 1\times10^{1}\ \text{m/s}$$

83. دائـرة إنارة منزلية تعمل على جهد فعّال مقداره 120 V، ما أكبر قيمة متوقعة للجهد في هذه الدائرة؟

$$V_{\text{فعّال}} = (0.707) V_{\text{عظمى}}$$

$$V_{\text{عظمى}} = \frac{V_{\text{فعّال}}}{0.707} = \frac{120\ \text{V}}{0.707} = 170\ \text{V}$$

84. **محمصة الخبز** تعمل محمصة خبز بتيار متناوب مقداره 2.5 A، ما أكبر قيمة للتيار في هذا الجهاز؟

$$I_{\text{فعّال}} = (0.707) I_{\text{عظمى}}$$

$$I_{\text{عظمى}} = \frac{I_{\text{فعّال}}}{0.707} = \frac{2.5\ \text{A}}{0.707} = 3.5\ \text{A}$$

85. يحدث تلف للعزل في مكثف إذا تجاوز الجهد اللحظي المقدار 575 V، ما مقدار أكبر جهد متناوب فعّال يمكن استخدامه في المكثف؟

$$V_{\text{فعّال}} = \frac{V_{\text{عظمى}}}{\sqrt{2}} = \frac{575}{\sqrt{2}} = 407\ \text{V}$$

86. **المنصهر الكهربائي** يعمل قاطع الدائرة المغناطيسي على فتح دائرته إذا بلغ التيار اللحظي فيها 21.25 A، ما مقدار أكبر تيار فعّال يمكن أن يمر بالدائرة؟

$$I_{\text{فعّال}} = \frac{I_{\text{عظمى}}}{\sqrt{2}} = \frac{21.25\ \text{A}}{\sqrt{2}} = 15.03\ \text{A}$$

87. إذا كان فرق الجهد الكهربائي الداخل إلى محطة كهربائية فرعية يساوي 240000 V فما النسبة بين عدد لفات المحول المسـتخدم إذا كان الجهد الخارج من المحطة يسـاوي 440 V؟

$$\frac{N_s}{N_p} = \frac{V_s}{V_p} = \frac{440\ \text{V}}{240000\ \text{V}} = \frac{1}{545}$$

أي أن نسـبة عـدد لفـات الملف الابتدائي إلـى عدد لفات الملف الثانوي هي 545 إلى 1

88. يزود مولد تيار متناوب سخانًا كهربائيًّا بقدرة مقدارها 45 kW، فإذا كان جهد النظام يساوي $660\ V_{\text{فعال}}$ فما القيمة العظمى للتيار المزوّد للنظام؟

$$I_{\text{فعال}} = \frac{45\ \text{kW}}{660\ \text{V}} = 68\ \text{A}$$

$$\text{إي أن :} \quad I_{\text{عظمى}} = \frac{68\ \text{A}}{0.707} = 96\ \text{A}$$

89. يتكون الملف الابتدائي في محول مثالي خافض من 100 لفة، ويتكون الملف الثانوي من 10 لفات. فإذا وصل بالمحول مقاومة حمل قدرتها 2.0 kW فما مقدار التيار الفعّال الابتدائي؟ افترض أن مقدار الجهد في الملف الثانوي يساوي 60.0 V.

$$V_{\text{s, فعال}} = \frac{V_{\text{s,عظمى}}}{\sqrt{2}} = \frac{60.0\ \text{V}}{\sqrt{2}} = 42.4\ \text{V}$$

$$I_{\text{s, فعال}} = \frac{P}{V_{\text{s,عظمى}}} = \frac{2.0\times10^{3}\ \text{W}}{42.4\ \text{V}} = 47\ \text{A}$$

$$I_{\text{p, فعال}} = \left(\frac{N_s}{N_p}\right) I_{\text{s, فعال}} = \left(\frac{10}{100}\right)(47\ \text{A}) = 4.7\ \text{A}$$

90. قدرة محول 100 kVA، وكفاءته 98%.

a. إذا استهلك الحمل الموصول به 98 kW فما مقدار القدرة الداخلة إلى المحول؟

$$P_{\text{ناتجة}} = 98\ \text{kW}$$

$$P_{\text{مدخلة}} = \frac{98\ \text{kW}}{0.98} = 1.0\times10^{2}\ \text{kW}$$

b. ما مقدار أكبر تيار في الملف الابتدائي الضروري لجعل المحول يستهلك قدرته الفعالة؟ افترض أن $V_p = 600\ V$.

$$I = \frac{100\ \text{kVA}}{600\ \text{V}} = 200\ \text{A}$$

91. يقطع سلك طوله 4.0 m عموديًّا خطوط مجال مغناطيسي شدته 2.0 T ، بسرعة 8.0 m/s

a. ما مقدار القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة في السلك؟

$$EMF = Blv$$
$$= (2.0\ \text{T})(4.00\ \text{m})(8.0\ \text{m/s})$$
$$= 64\ \text{V}$$

b. إذا كان السلك جزءًا من دائرة مقاومتها 6.4 Ω فما مقدار التيار المار فيه؟

$$EMF = IR$$

$$I = \frac{EMF}{R} = \frac{64\ \text{V}}{6.4\ \Omega} = 10\ \text{A}$$

92. يتحرك ملف سلكي طوله 7.5 m عموديًّا على المجال المغناطيسي الأرضي بسرعة 5.5 m/s، إذا كانت المقاومة الكلية للسلك $5.0\times10^{-2}\ \Omega$، فما مقدار التيار المار فيه؟ افترض أن المجال المغناطيسي للأرض يساوي $.5\times10^{-5}\ \text{T}$

$IR = Blv$ لذا؛ $V = IR$ و $EMF = V$ لكن $EMF = Blv$

أي:

$$I = \frac{Blv}{R} = \frac{(5.0\times10^{-5}\ \text{T})(7.50\ \text{m})(5.50\ \text{m/s})}{5.0\times10^{-2}\ \text{m}\Omega}$$
$$= 4.1\times10^{-2}\ \text{A} = 41\ \text{mA}$$

93. القيمة العظمى للجهد المتناوب، الذي يطبق على مقاومة مقدارها 144 Ω تساوي $1.00\times10^{2}\ V$، ما مقدار القدرة التي يمكن أن تعطيها المقاومة الكهربائية؟

$P = IV$، و $V = IR$، لكن $I = \frac{V}{R}$

أي أن:

$$P_{\text{عظمى}} = \left(\frac{V}{R}\right)V = \frac{V^2}{R} = \frac{(1.00\times10^{2}\ \text{V})^2}{144\ \Omega}$$
$$= 69.4\ \text{W}$$

وعليه متوسط القدرة يساوي $\frac{P_{\text{عظمى}}}{2}$

أي يجب أن تبدد المقاومة 34.7 W

94. **التلفاز** يستخدم محول رافع في أنبوب الأشعة المهبطية CRT في التلفاز لتحويل الجهد من 120 V إلى 48000 V، إذا كان عدد لفات الملف الثانوي للمحول 20000 لفة، وكان الملف يعطي تيارًا مقداره 1.0 mA، فأجب عما يلي:

a. ما عدد لفات الملف الابتدائي؟

$$\frac{V_s}{V_p} = \frac{N_s}{N_p}$$

$$N_p = \frac{N_s V_p}{V_s} = \frac{(20000)(120\ \text{V})}{48000\ \text{V}}$$

$$= 50\ \text{لفة}$$

b. ما مقدار التيار الداخل إلى الملف الابتدائي؟

$$V_p I_p = V_s I_s$$

$$I_p = \frac{V_s I_s}{V_p} = \frac{(48000\ \text{V})(1.0\times10^{-3}\ \text{A})}{120\ \text{V}}$$

$$= 0.40\ \text{A}$$

التفكير الناقد

صفحة 196

95. **تطبيق المفاهيم** افترض أن هناك معارضًا لقانون لنز يفيد أن القوة تعمل على زيادة التغيّر في المجال المغناطيسي. لذلك عندما تحتاج إلى طاقة أكبر فإنه تلزمنا قوة أقل لتدوير المولد. فما قانون الحفظ الذي ينتهك بواسطة هذا القانون الجديد؟ وضّح إجابتك.

هذا سينتهك قانون حفظ الطاقة، وستنتج طاقة أكبر من الطاقة الداخلة. وينتج المولّد في هذه الحالة طاقة من العدم، ولن يقتصر عمله على تحويل الطاقة من شكل إلى آخر. وهذا غير صحيح.

96. **حلّل** لا تصل كفاءة المحولات العملية إلى 100%. اكتب تعبيرًا يمثل كفاءة المحول بدلالة القدرة. إذا استخدم محول خافض كفاءته 92.5%، وعمل على خفض الجهد في المنزل من 125 V إلى 28.0 V ، وكان التيار المار في دائرة الملف الثانوي يساوي 25.0 A فما مقدار التيار المار في دائرة الملف الابتدائي؟

كفاءة المحول:

$$e = \frac{P_s}{P_p} \times 100\%$$

القدرة في الملف الثانوي:

$$P_s = V_s I_s = (28.0\ \text{V})(25.0\ \text{A})$$

$$= 7.00\times10^{2}\ \text{W}$$

القدرة في الملف الإبتدائي:

$$P_p = \frac{(100\%)P_s}{\text{الكفاءة}} = \frac{(100\%)(7.00\times10^{2}\ \text{W})}{92.5\%}$$

$$= 757\ \text{W}$$

تيار الإبتدائي:

$$I_p = \frac{P_p}{V_p} = \frac{757\ \text{W}}{125\ \text{V}} = 6.05\ \text{A}$$

97. **حلّل واستنتج** محول كهربائي كفاءته 95 % يزود ثمانية منازل. وكل منزل يشغل فرنًا كهربائيًا يسحب تيارًا مقداره 35 A بفرق جهد مقداره 240 V، ما مقدار القدرة التي تزود بها الأفران الثمانية؟ وما مقدار القدرة المستنفدة في المحول في صورة حرارة؟

القدرة في الملف الثانوي:

$$P_s = (\ \text{عدد المنازل}\ ) V_s I_s$$

$$= (8)(240\ \text{v})(35\ \text{A}) = 67\ \text{kW}$$

القدرة التي زُوِّدت بها الأفران في المنازل الثمانية تساوي 67 kW

القدرة في الملف الإبتدائي:

$$P_p = \frac{(100\%)P_s}{\text{الكفاءة}} = \frac{(100\%)(67\ \text{W})}{95\%} = 71\ \text{kW}$$

والفرق بين القدرتين هي القدرة المستنفذة في المحول على شكل حرارة وتساوي 4 kW.

الكتابة في الفيزياء

صفحة 196

98. صمّمت الأجهزة الشائعة مثل المثقب الكهربائي بصورة مثالية بحيث يحتوي على محرك توالٍ. ارجع إلى مكتبتك وبعض المصادر الأخرى لتوضح كيف يمكن لهذا النوع من المحركات استخدام تيار متناوب أو تيار مستمر.

يستخدم محرك الـ DC كلًا من الملفّ ذو القلب الحديدي والملفّ الموصول على التوالي معًا، وعند تشغيله بواسطة تيار متناوب تتغيّر القطبية في المجالين لحظيًا، ولذلك تبقى قطبية المجال المغناطيسي دون تغيّر، وبذلك يصبح اتجاه الدوران ثابتًا.

مراجعة تراكمية

صفحة 196

99. ما مقدار الشحنة على مكثف سعته 22 μF عندما يكون فرق الجهد بين لوحيه 48 V؟

$$C = \frac{q}{\Delta V}$$

$$q = C\Delta V$$

$$= (22\times10^{-6}\ \text{F})(48\ \text{V})$$

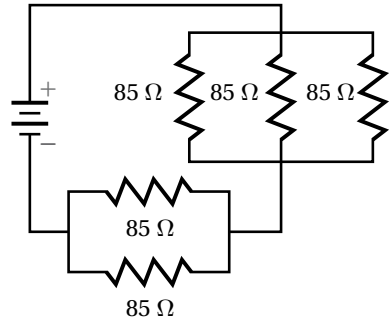
$$= 1.1\times10^{-3}\ \text{C}$$

100. ما مقدار فرق الجهد بين طرفي مقاومة كتب عليها 22 Ω و5 W عندما تصبح القدرة نصف قيمتها العظمى؟

$$P = \frac{V^2}{R}$$

$$V = \sqrt{PR} = \sqrt{\left(\frac{5.0\ \text{W}}{2}\right)(22\ \Omega)} = 7.4\ \text{V}$$

101. احسب المقاومة المكافئة للمقاومات الموضحة في **الشكل 25–6**.



■ **الشكل 25–6**

$$\frac{1}{R_{\text{على التوازي}_3}} = \frac{1}{85\ \Omega} + \frac{1}{85\ \Omega} + \frac{1}{85\ \Omega}$$

$$R_{\text{على التوازي}_3} = 28.3\ \Omega$$

$$\frac{1}{R_{\text{على التوازي}_2}} = \frac{1}{85\ \Omega} + \frac{1}{85\ \Omega}$$

$$R_{\text{على التوازي}_2} = 42.5\ \Omega$$

$$R = R_{\text{على التوازي}_3} + R_{\text{على التوازي}_2}$$

$$= 28.3\ \Omega + 42.5\ \Omega$$

$$= 71\ \Omega$$

102. يتحرك إلكترون بسرعة 2.1×10^6 m/s عموديًّا على مجال مغناطيسي مقداره 0.81 T، ما مقدار القوة المؤثرة في الإلكترون؟ وما مقدار تسارعه؟ علمًا بأن كتلته 9.11×10^{-31} kg.

$$F = Bqv$$

$$= (0.81\ \text{T})(1.60 \times 10^{-19}\ \text{C})(2.1 \times 10^6\ \text{m/s})$$

$$= 2.7 \times 10^{-13}\ \text{N}$$

$$F = ma$$

$$a = \frac{F}{m} = \frac{2.7 \times 10^{-13}\ \text{N}}{9.11 \times 10^{-31}\ \text{kg}}$$

$$= 3.0 \times 10^{17}\ \text{m/s}^2$$

مسألة تحفيز

صفحة 184

يتصل الملف الابتدائي لمحوّل توزيع T_1 بمصدر جهد متناوب مقداره 3.0 kV، ويتصل الملف الثانوي له بالملف الابتدائي لمحول آخر T_2 باستخدام وصلات نحاسية، ويتصل الملف الثانوي للمحول T_2 بدائرة حمل (مقاومة) تستخدم قدرة مقدارها 10.0kW. فإذا كانت نسبة عدد لفات المحول T_1 هي 1 : 5، وكان فرق جهد الحمل للمحول T_2 يساوي 120 V، وكفاءة المحوّلين 100% و97.0% على الترتيب، فأجب عما يلي:

1. احسب تيار الحمل.

$$I_L = \frac{P_L}{V_L} = \frac{10.0\ \text{kW}}{120\ \text{V}} = 83\ \text{A}$$

2. ما مقدار القدرة المستهلكة في المحوّل T_2؟

$$P_2 = \frac{P_L}{0.970} = \frac{10.0\ \text{kW}}{0.970} = 10.3\ \text{kW}$$

P_2 هي القدرة الناتجة من المحول T_2، ومن 10.3 kW المستهلكة، يستهلك منها 0.3 kW في المحول T_2، والباقي 10.0 kw تستهلك في الحمل.

3. ما مقدار التيار الذي يزوده المصدر المتناوب AC للمحول T_1؟

$$V_{s1} = \left(\frac{1}{5}\right)(3.0 \times 10^3\ \text{V})$$

$$= 6.0 \times 10^2\ \text{V}$$

$$I_{s1} = \frac{P_2}{V_{s1}} = \frac{10.3 \times 10^3\ \text{W}}{6.0 \times 10^2\ \text{V}} = 17\ \text{A}$$

4. ما مقدار التيار الذي يزوده المصدر المتناوب AC للمحول T_1؟

$$I_{p1} = \left(\frac{1}{5}\right) I_{s1} = \left(\frac{1}{5}\right)(17\ \text{A}) = 3.4\ \text{A}$$

مسائل تدريبية

7–1 تفاعلات المجالات الكهربائية والمغناطيسية والمادة(صفحة 16–9)

صفحة 12

افترض أن الجسيمات المشحونة جميعها تتحرك عموديًّا على المجال المغناطيسي المنتظم.

1. يتحرك بروتون بسرعة $7.5\times10^{3}\ \text{m/s}$ عموديًّا على مجال مغناطيسي مقداره $0.60\ \text{T}$. احسب نصف قطر مساره الدائري. لاحظ أن الشحنة التي يحملها البروتون مساوية للشحنة التي يحملها الإلكترون، إلا أنها موجبة.

$$Bqv = \frac{mv^2}{r}$$

$$r = \frac{mv}{Bq}$$

$$= \frac{(1.67\times10^{-27}\ \text{kg})(7.5\times10^{3}\ \text{m/s})}{(0.60\ \text{T})(1.60\times10^{-19}\ \text{C})}$$

$$= 1.3\times10^{-4}\ \text{m}$$

2. تتحرك إلكترونات خلال مجال مغناطيسي مقداره $6.0\times10^{-2}\ \text{T}$، اتزنت بفعل مجال كهربائي مقداره $3.0\times10^{3}\ \text{N/C}$. فما مقدار سرعة الإلكترونات عندئذ؟

$$Bqv = Eq$$

$$v = \frac{E}{B} = \frac{3.0\times10^{3}\ \text{N/C}}{6.0\times10^{-2}\ \text{T}}$$

$$= 5.0\times10^{4}\ \text{m/s}$$

3. احسب نصف قطر المسار الدائري الذي تسلكه الإلكترونات في المسألة السابقة في غياب المجال الكهربائي.

$$Bqv = \frac{mv^2}{r}$$

$$r = \frac{mv}{Bq}$$

$$= \frac{(9.11\times10^{-31}\ \text{kg})(5.0\times10^{4}\ \text{m/s})}{(6.0\times10^{-2}\ \text{T})(1.60\times10^{-19}\ \text{C})} = 4.7\times10^{-6}\ \text{m}$$

4. عبرت بروتونات مجال مغناطيسي مقداره $0.60\ \text{T}$ فلم تنحرف بسبب اتزانها مع مجال كهربائي مقداره $4.5\times10^{3}\ \text{N/C}$. ما مقدار سرعة هذه البروتونات؟

$$Bqv = Eq$$

$$v = \frac{E}{B} = \frac{4.5\times10^{3}\ \text{N/C}}{0.60\ \text{T}}$$

$$= 7.5\times10^{3}\ \text{m/s}$$

5. تمـر حزمة من ذرات أكسـجين أحادية التأين (+1) خلال مطيـاف الكتلة. فإذا كانت: $q=1.60\times10^{-19}\ \text{C}$ ، $B=7.2\times10^{-2}\ \text{T}$، و $r=0.085\ \text{m}$، و $V=110\ V$ فأوجد كتلة ذرة الأكسجين.

$$m=\frac{B^2r^2q}{2V}=\frac{(7.2\times10^{-2}\ \text{T})^2(0.085\ \text{m})^2(1.60\times10^{-19}\ \text{C})}{(2)\ (110\ \text{V})}=2.7\times10^{-26}\ \text{kg}$$

6. يحلـل مطيـاف كتلـة ويـزود ببيانـات عن حزمة من ذرات أرجـون ثنائية التأيـن (+2). إذا كانت قيـم كل v, r, q, B كما يأتي: $q=2(1.60\times10^{-19}\text{C})$، $r=0.106\ \text{m}$، $B=5.0\times10^{-2}\ \text{T}$ و $V=66.0\ V$ فأوجد كتلة ذرة الأرجون.

$$m=\frac{B^2r^2q}{2V}=\frac{(5.0\times10^{-2}\ \text{T})^2\ (0.106\ \text{m})^2\ (2)(1.60\times10^{-19}\ \text{C})}{(2)\ (66.0\ \text{V})}=6.8\times10^{-26}\ \text{kg}$$

7. تمر حزمة من ذرات ليثيوم أحادية التأين (+1) خلال مجال مغناطيسي مقداره $1.5\times10^{-3}\ \text{T}$متعامد مع مجال كهربائي مقداره $6.0\times10^{2}\ \text{N/C}$ ولا تنحرف. أوجد سرعة ذرات الليثيوم التي تمر خلال المجالين؟

$$Bqv=Eq$$

$$v=\frac{E}{B}=\frac{6.0\times10^{2}\ \text{N/C}}{1.5\times10^{-3}\ \text{T}}$$

$$=4.0\times10^{5}\ \text{m/s}$$

8. تـم تحديـد كتلـة نظيـر النيون في المثال 2. فإذا وجد أن هناك نظيـرًا آخر للنيون كتلته تعادل كتلة 22 بروتونًا فما المسـافة بين نقطتي سقوط النظيرين على الفيلم الفوتوجرافي الحساس؟

استخدام نسبة الشحنة إلى الكتلة لإيجاد النسبة بين نصفي قطري النظيرين.

$$\frac{q}{m}=\frac{2V}{B^2r^2}$$

$$r=\frac{1}{B}\sqrt{\frac{2Vm}{q}},\qquad \frac{r_{22}}{r_{20}}=\frac{\frac{1}{B}\sqrt{\frac{2Vm_{22}}{q}}}{\frac{1}{B}\sqrt{\frac{2Vm_{20}}{q}}}=\sqrt{\frac{m_{22}}{m_{20}}}$$ أي أن:

ومنه فإن نصف قطر النظير الذي كتلته تعادل كتلة 22 بروتونًا تعطى بالعلاقة:

$$r_{22}=r_{20}\sqrt{\frac{m_{22}}{m_{20}}}$$

$$=r_{20}\sqrt{\frac{22\ m_{\text{p}}}{20\ m_{\text{p}}}}$$

$$=\sqrt{\frac{22}{20}}\,r_{20}$$

$$=\sqrt{\frac{22}{20}}\,(0.053\ \text{m})$$

$$=0.056\ \text{m}$$

المسافة بين نقطتي سقوط النظيرين على الفيلم الفوتوجرافي الحساس هي :

$$r_{22} - r_{20} = 0.056\ \text{m} - 0.053\ \text{m} = 0.003\ \text{m}$$

$$= 3\ \text{mm}$$

مراجعة القسم

7–1 تفاعلات المجالات الكهربائية والمغناطيسية والمادة(صفحة 16–9)

صفحة 16

9. **أنبوبة الأشعة المهبطية** صف كيف يعمل أنبوب أشعة المهبط على تكوين حزمة إلكترونات؟

تنبعث الإلكترونات من الكاثود وتتسارع بواسطة فرق الجهد وتمرخلال الشقوق لتكوين حزمة الشعاع.

10. **المجال المغناطيسي** يحسب نصف قطر المسار الدائري لأيون في مطياف الكتلة بالعلاقة:يحسب نصف قطر المسار الدائري لأيون في مطياف الكتلة بوساطة العلاقة:$r = (1/B)\sqrt{2mV/q}$. استخدم هذه العلاقة لبيان كيف يعمل مطياف الكتلة على فصل الأيونات ذات الكتل المختلفة بعضها عن بعض.

مع افتراض أن الأيونات جميعها لها الشحنة نفسها سيكون المتغيّر الوحيد غير الثابت في المعادلة هو كتلة الأيون m ، لذا إذا زادت كتلة الأيون m، فسيزداد أيضًا نصف قطر مسار الأيون، وهذا يؤدي إلى فصل مسارات الأيونات ذات الكتل المختلفة.

11. **المجال المغناطيسي** باستعمال مطياف الكتلة الحديث يمكن تحليل الجزيئات التي تعادل كتلتها كتلة مائة بروتون. إذا تم إنتاج أيونات أحادية التأين من هذه الجزئيات باستخدام الجهد المسارع نفسه فكيف يجب أن يكون التغير في المجال المغناطيسي للمطياف بحيث تصطدم الأيونات بالفيلم؟

بما أن $r = (1/B)\sqrt{2mV/q}$ فعند زيادة m يجب أن تزداد B أيضًا. فإذا زادت m بمعامل مقداره 10 فإن B تزداد بمعامل مقداره 3؛ فللإبقاء على r ثابتة يجب أن تزداد B بمقدار $\sqrt{m}$

12. **نصف قطر المسار** يتحرك بروتون بسرعة $4.2\times10^4\ \text{m/s}$ لحظة مروره داخل مجال مغناطيسي مقداره 1.20 T. احسب نصف قطر مساره الدائري.

$$\frac{q}{m} = \frac{v}{Br}$$

$$r = \frac{vm}{qB} = \frac{(4.2\times10^4\ \text{m/s})(1.67\times10^{-27}\ \text{kg})}{(1.60\times10^{-19}\ \text{C})(1.20\ \text{T})} = 3.7\times10^{-4}\ \text{m}$$

13. **الكتلة** تم تسريع حزمة ذرات أكسجين ثنائية التأين (+2) بتطبيق فرق جهد مقداره 232 V، وعندما عبرت مجالاً مغناطيسيًّا مقداره 75 mT ، سلكت مسارًا منحنيًا نصف قطره 8.3 cm. أوجد مقدار كتلة ذرة الأكسجين؟

$$\frac{q}{m} = \frac{2v}{B^2r^2}$$

$$m = \frac{qB^2r^2}{2V} = \frac{(2)(1.60\times10^{-19}\ \text{C})(75\times10^{-3}\ \text{T})^2\ (8.3\times10^{-2}\ \text{m})^2}{(2)(232\ \text{V})}$$

$$= 2.7\times10^{-26}\ \text{kg}$$

14. **التفكير الناقد** بغض النظر عن طاقة الإلكترونات المستخدمة لإنتاج الأيونات لم يتمكّن تومسون مطلقًا من تحرير أكثر من إلكترون واحد من ذرة الهيدروجين. ما الذي استنتجه تومسون عن الشحنة الموجبة لذرة الهيدروجين؟

استنتج أن شحنتها يجب أن تكون أحادية فقط.

مسائل تدريبية

7–2 المجالات الكهربائية والمغناطيسية في الفضاء (صفحة 25–17)

صفحة 18

15. ما مقدار سرعة موجة كهرومغناطيسية في الهواء إذا كان ترددها 3.2×10^{19} Hz؟

جميع الموجات الكهرومغناطيسية تنتقل في الفراغ أو الهواء بسرعة الضوء نفسها (3.00×10^{8} m/s).

16. ما طول موجة الضوء الأخضر إذا كان تردده 5.70×10^{14} Hz؟

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3.00\times10^{8}\ \text{m/s}}{5.70\times10^{14}\ \text{Hz}} = 5.26\times10^{-7}\ \text{m}$$

17. ما طول موجة كهرومغناطيسية ترددها 8.2×10^{14} Hz؟

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3.00\times10^{8}\ \text{m/s}}{8.2\times10^{14}\ \text{Hz}} = 3.7\times10^{-7}\ \text{m}$$

18. ما تردد موجة كهرومغناطيسية طولها الموجي 2.2×10^{-2} m؟

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3.00\times10^{8}\ \text{m/s}}{2.2\times10^{-2}\ \text{m}} = 1.4\times10^{10}\ \text{Hz}$$

صفحة 19

19. ما مقدار سرعة الموجة الكهرومغناطيسية المنتقلة في الهواء؟ استخدم $c = 299792458$ m/s في حساباتك.

$$v = \frac{c}{\sqrt{K}} = \frac{299792458\ \text{m/s}}{\sqrt{1.00054}}$$

$$= 2.99712\times10^{8}\ \text{m/s}$$

20. إذا كان ثابت العزل الكهربائي للماء 1.77 فما مقدار سرعة انتقال الضوء في الماء؟

$$v = \frac{c}{\sqrt{K}} = \frac{3.00\times10^{8}\ \text{m/s}}{\sqrt{1.77}}$$

$$= 2.25\times10^{8}\ \text{m/s}$$

21. إذا كانت سرعة الضوء خلال مادة يساوي 2.43×10^{8} m/s فما مقدار ثابت العزل الكهربائي للمادة؟

$$v = \frac{c}{\sqrt{K}}$$

$$K = \left(\frac{c}{v}\right)^2 = \left(\frac{3.00\times10^{8}\ \text{m/s}}{2.43\times10^{8}\ \text{m/s}}\right)^2 = 1.52$$

مراجعة القسم

2-7 المجالات الكهربائية والمغناطيسية في الفضاء (صفحة 25-17)

صفحة 25

22. انتشار الموجات وضح كيف يمكن للموجات الكهرومغناطيسية أن تنتشر في الفضاء؟

يولّد المجال الكهربائي مجالًا مغناطيسيًا، ويولّد تغيّر المجال المغناطيسي مجالًا كهربائيًا، ولذلك تنتشر الموجات الكهرومغناطيسية عندما يولّد كلّ من المجالين الآخر.

23. التردد ما تردد موجة كهرومغناطيسية طولها الموجي $1.5\times10^{-5}\ \text{m}$؟

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3.00\times10^{8}\ \text{m/s}}{1.5\times10^{-5}\ \text{m}} = 2.0\times10^{13}\ \text{Hz}$$

24. إشارات التلفاز تحتوي هوائيات التلفاز عادة على قضبان فلزية أفقية. استنادًا إلى هذه المعلومات ما استنتاجك حول اتجاهات المجالات الكهربائية في إشارات التلفاز؟

يجب أن تكون أفقية أيضًا.

25. تصميم الهوائي لبعض قنوات التلفاز ترددات أقل من ترددات حزمة FM في المذياع، في حين أن قنوات أخرى لها ترددات أكبر كثيرًا. ما الإشارة التي تحتاج إلى هوائي أطول: القنوات ضمن المجموعة الأولى، أم القنوات ضمن المجموعة الثانية؟ علّل إجابتك.

الإشارة التي تحتاج إلى هوائي أطول هي القنوات ضمن المجموعة الأولى

26. ثابت العزل الكهربائي إذا كانت سرعة الضوء في مادة مجهولة هي $1.98\times10^{8}\ \text{m/s}$ فما مقدار ثابت العزل الكهربائي للمادة المجهولة؟ علما بأن سرعة الضوء في الفراغ تساوي $3.00\times10^{8}\ \text{m/s}$.

$$v = \frac{c}{\sqrt{K}}$$

$$K = \left(\frac{c}{v}\right)^2 = \left(\frac{3.00\times10^{8}\ \text{m/s}}{1.98\times10^{8}\ \text{m/s}}\right)^2 = 2.30$$

27. التفكير الناقد تحجب معظم الأشعة فوق البنفسجية UV الناتجة عن الشمس بوساطة طبقة الأوزون في الغلاف الجوي للأرض. اكتشف العلماء في السنوات الأخيرة أن طبقة الأوزون فوق القطب الجنوبي وفوق المحيط المتجمد الشمالي أصبحت رقيقة. استخدم ما تعلمته عن الموجات الكهرومغناطيسية والطاقة لتوضح لماذا يشعر بعض العلماء بقلق بالغ من استنزاف طبقة الأوزون؟

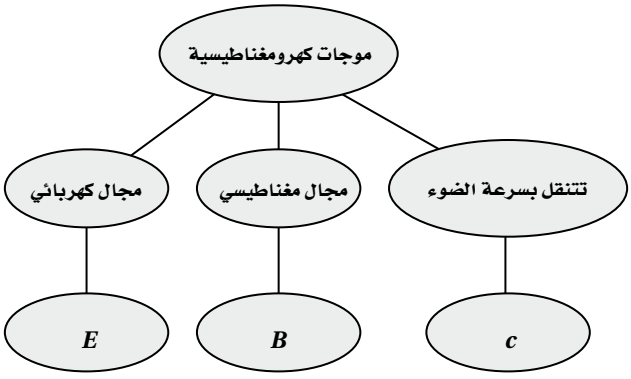
يكون الطول الموجيّ لموجات الأشعة فوق البنفسجية صغير وطاقتها كبيرة إلى درجة تكفي لتحطيم الخلايا في الجلد، ولذلك فإن تعرضّ الإنسان للأشعّة فوق البنفسجية بكثرة يزيد من احتمال إصابته بسرطان الجلد.

تقويم الفصل

خريطة المفاهيم

صفحة 30

28. أكمل خريطة المفاهيم أدناه باستخدام المصطلحات الآتية: E، c، مجال مغناطيسي.



إتقان المفاهيم

صفحة 30

29. ما مقدارکل من كتلة الإلكترون وشحنته؟

كتلة الإلكترون $9.11\times10^{-31}\ \text{kg}$، في حين شحنته تساوي $-1.60\times10^{-19}\ \text{C}$.

30. ما النظائر؟

النظائر ذرات العنصر الواحد المتساوية بالعدد الذري والمختلفة الكتلة (العدد الكتلي).

تابع الفصل 7

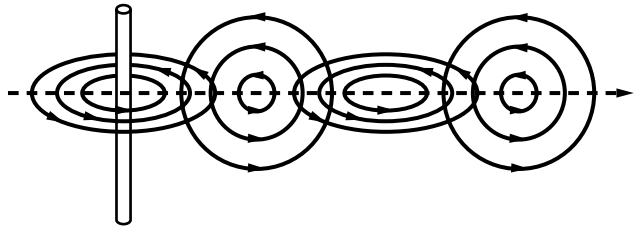
31. ما الزاوية بين اتجاه المجال المغناطيسي الحثي واتجاه المجال الكهربائي المتغير دائمًا؟

الزاوية بين اتجاه المجال المغناطيسي الحثي واتجاه المجال الكهربائي المتغير دائمًا قائمة.

32. لماذا يجب استخدام مولد تيار متناوب لتوليد الموجات الكهرومغناطيسية؟ وإذا استخدم مولد مستمر فمتى يمكنه توليد موجات كهرومغناطيسية؟

يُعطي مولّد AC مجالًا كهربائيًا متغيرًا، وهو بدوره يولّد مجالًا مغناطيسيًا متغيّرًا، أمّا مولّد DC فيولّد مجالًا كهربائيًا متغيّرًا لحظة تشغيله أو إطفائه فقط.

33. يبث سلك هوائي رأسي موجات راديو. ارسم الهوائي وكلًّا من المجالين الكهربائي والمغناطيسي المتولدين؟



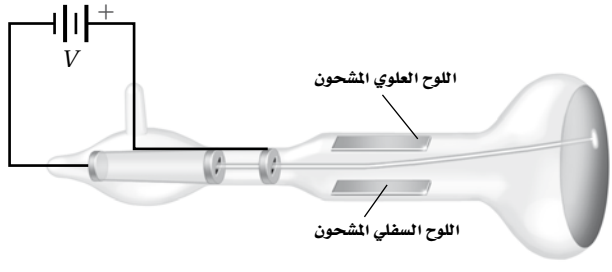
34. ماذا يحدث لبلورة الكوارتز عند تطبيق فولتية خلالها؟

تنحني بلّورة الكوارتز أو تتشوّه عند تطبيق الفولتّية خلالها، ثم تهتز بعد ذلك بمجموعة تردّدات.

35. كيف تعمل دائرة استقبال الهوائي على التقاط موجة كهرومغناطيسية بتردد محدّد ورفض سائر الموجات الأخرى؟

بتعديل السعة الكهربائية لدائرة الهوائي يصبح تردّد اهتزاز الدائرة مساويًا لتردّد موجات الراديو المطلوبة. وتستقبل تلك الموجة فيحدث رنينًا، مما يؤدي إلى اهتزاز الإلكترونات في الدائرة بذلك التردّد.

36. تنطلق الإلكترونات في أنبوب تومسون من اليسار إلى اليمين، كما هو موضّح في **الشكل 14–7**. أي اللوحين سيشحن بشحنة موجبة لجعل حزمة الإلكترونات تنحرف إلى أعلى؟



■ الشكل 14–7

اللوح العلوي سيشحن بشحنة موجبة.

تطبيق المفاهيم

صفحة 30

37. يستخدم أنبوب تومسون الموضح في المسألة السابقةالمجال المغناطيسي لحرف حزمة الإلكترونات. ما اتجاه المجال المغناطيسي اللازم لحرف الحزمة إلى أسفل؟

سيكون اتجاه المجال المغناطيسي خارجًا من مستوى الورقة.

38. بين أن وحدات E/B هي وحدات السرعة نفسها؟

$$\frac{E}{B}=\frac{\frac{\mathbf{N}}{\mathbf{C}}}{\frac{\mathbf{N}}{\mathbf{A.m}}}=\mathbf{A.m/C}$$

لأن 1 A يساوي 1 C/s ولذلك فإن :

$$\frac{E}{B}=\frac{\mathbf{C.m}}{\mathbf{s.C}}=\mathbf{m/s}$$

39. **الشكل 15–7** يبيّن الحجرة المفرغة في مطياف كتلة. إذا اختبرت عينة من غاز النيون المتأين في هذا المطياف فمااتجاه المجال المغناطيسي اللازم لجعل الأيونات تنحرف بشكل نصف دائري في اتجاه عقارب الساعة؟

■ **الشكل 15–7**

عند استخدام قاعدة اليد اليمنى لتحديد اتجاه المجال المغناطيسي، نجد أن اتجاهه يجب أن يكون خارجًا من الورقة وعموديًا على مستواها.

40. إذا تغيرت إشارة شحنة الجسيم في المسألة السابقة من الموجبة إلى السالبة فهل يتغير اتجاه أحد المجالين أو كليهما للحفاظ على الجسيمات دون انحراف؟ وضّح إجابتك.

يمكنك أن تغيّر كلا المجالين، أو لا تغيّر أيًا منهما، ولكن لا يمكنك أن تغيِّر مجالًا واحدًا فقط.

41. أي من موجات الراديو، وموجات الضوء، والأشعّة السينيّة له قيمة عظمى من:

a. الطول الموجيّ

موجات الراديو

b. التردد

الأشعّة السينيّة

c. السرعة

جميعها تنتقل بالسرعة نفسها

42. **موجات التلفاز** إذا كان تردد الموجات التي تبث على إحد القنوات في التلفاز 58 MHz، بينما تردد الموجات على قناة أخرى 180 MHz فأي القناتين تحتاج إلى هوائي أطول؟

تحتاج القناة الأولى إلى هوائيّ أطول، فطول الهوائيّ يتناسب طرديًا مع الطول الموجي.

43. افترض أن عين شخص ما أصبحت حساسة لموجات الميكروويف، فهل تتوقع أن تكون عينه أكبر أم أصغر من عينك؟ ولماذا؟

ستكون عيني الشخص أكبر، لأن الطول الموجيّ لموجات الميكروويف أكبر كثيرًا من الطول الموجيّ للضوء المرئيّ.

اتقان حل المسائل

7–1 تفاعلات المجالات الكهربائية والمغناطيسية والمادة

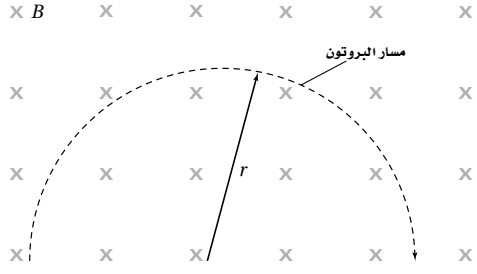
صفحة31

44. تحرك إلكترونات بسرعة $3.6\times10^{4}\ \text{m/s}$ خلال مجال كهربائي مقداره $5.8\times10^{3}\ \text{N/C}$. ما مقدار المجال المغناطيسي الذي يجب أن يتعرض له مسار الإلكترونات حتى لا تنحرف؟

$$v=\frac{E}{B}$$

$$B=\frac{E}{v}=\frac{\mathbf{5.8\times10^{3}\ N/C}}{\mathbf{3.6\times10^{4}\ m/s}}=\mathbf{0.16\ T}$$

45. يتحـرك بروتـون في مسـار دائري نصف قطره 0.20 m في مجال مغناطيسـي مقداره 0.36 T، كما موضّح في **الشـكل 16–7**. احسب مقدار سرعته؟



الشكل 16–7 ■

$$\frac{mv^2}{r} = qvB$$

$$\frac{q}{m} = \frac{v}{Br}$$

$$v = \frac{Brq}{m} = \frac{(0.36\ \text{T})(0.20\ \text{m})(1.60\times10^{-19}\ \text{C})}{1.67\times10^{-27}\ \text{kg}}$$

$$= 6.9\times10^{6}\ \text{m/s}$$

46. دخل بروتون مجالاً مغناطيسيًّا مقداره 0.6×10^{-2} T بسرعة 5.4×10^{4} m/s. ما مقدار نصف قطر المسار الدائري الذي يسلكه؟

$$r = \frac{mv}{Bq} = \frac{(1.67\times10^{-27}\ \text{kg})(5.4\times10^{4}\ \text{m/s})}{(6.0\times10^{-2}\ \text{T})(1.60\times10^{-19}\ \text{C})} = 9.4\times10^{-3}\ \text{m}$$

47. تسارع إلكترون خلال فرق جهد مقداره 4.5 kV. ما مقدار المجال المغناطيسي الذي يجب أن يتحرك فيه الإلكترون لينحرف في مسار دائري نصف قطره 5.0 cm؟

$$B = \frac{1}{r}\sqrt{\frac{2Vm}{q}} = \frac{1}{0.050\ \text{m}}\sqrt{\frac{(2)(4.5\times10^{3}\ \text{V})(9.11\times10^{-31}\ \text{kg})}{1.60\times10^{-19}\ \text{C}}}$$

$$= 4.5\times10^{-3}\ \text{T}$$

48. حصلنا على المعلومات الآتية من مطياف الكتلة حول ذرات صوديوم ثنائية التأين (2+):

$B = 8.0\times10^{-2}\text{T}$ ، $q = 2(1.60\times10^{-19}\text{C})$،

$r = 0.077$ m ، و$V = 156$ V

احسب كتلة ذرة الصوديوم.

$$\frac{q}{m} = \frac{2V}{B^2r^2}$$

$$m = \frac{qB^2r^2}{2V} = \frac{(2)(1.60\times10^{-19}\ \text{C})(8.0\times10^{-2}\ \text{T})^2(0.077\ \text{m})^2}{(2)(156\ \text{V})} = 3.9\times10^{-26}\ \text{kg}$$

49. تحرك جسيم ألفا كتلته 6.6×10^{-27} kg وشحنته 2+ في مجال مغناطيسي مقداره 2.0 T فسلك مسارًا دائريًّا نصف قطره 0.15 m. ما مقدار كل من:

a. سرعة الجسيم؟

$$\frac{q}{m} = \frac{v}{Br}$$

$$v = \frac{Bqr}{m} = \frac{(2.0\ \text{T})(2)(1.60\times10^{-19}\ \text{C})(0.15\ \text{m})}{6.6\times10^{-27}\ \text{kg}}$$

$$= 1.5\times10^{7}\ \text{m/s}$$

b. طاقته الحركية؟

$$KE = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m\left(\frac{Bqr}{m}\right)^2 = \frac{q^2B^2r^2}{2m} = \frac{(2)(1.60\times10^{-19}\,\text{C})(2.0\,\text{T})^2\,(0.15\,\text{m})^2}{(2)(6.6\times10^{-27}\,\text{kg})}$$

$$= 7.0\times10^{-13}\,\text{J}$$

c. فرق الجهد اللازم لإنتاج هذه الطاقة الحركية.

$$KE = qV$$

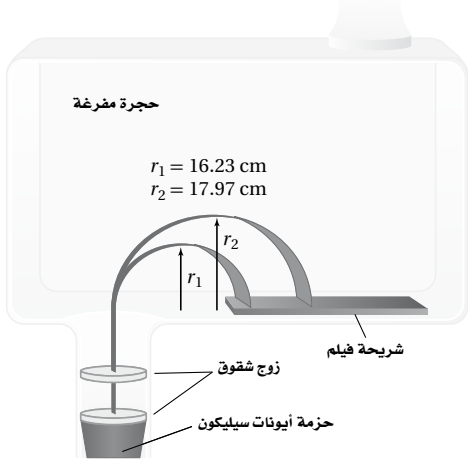
$$V = \frac{KE}{q} = \frac{7.0\times10^{-13}\,\text{J}}{(2)(1.60\times10^{-19}\,\text{C})} = 2.2\times10^{6}\,\text{V}$$

50. استخدم مطياف كتلة لتحليل كربون 12 يحتوي جزئيات كتلتها تعادل 175×10^3 من كتلة البروتون. ما النسبة اللازمة للحصول على عينة من الجزيئات تحتوي على النظائر ذات الكتلة 12 ولا تظهر فيها أي جزيئات ذات الكتلة 13؟

الفرق بين نظيريّ الكربون 12 والكربون 13 هو بروتون واحد، والنسبة المئوية المطلوبة للتمييز بين هذين النظيرين على أساس فرق كتلة بروتون واحد بين النظيرين هي:

$$\frac{1}{175000}\times100\% = \frac{1}{1750}\,\%$$

51. **نظائر السليكون** سلكت ذرات السليكون المتأينة المسارات الموضّحة في **الشكل 17–7** في مطياف الكتلة، إذا كان نصف القطر الأصغر يتوافق مع كتلته البروتون 28. فما كتلة النظير الآخر للسليكون؟



■ **الشكل 17–7**

$$\frac{q}{m} = \frac{2V}{B^2r^2}$$

لكن m تتناسب طرديًا مع r^2

$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{r_2^{\,2}}{r_1^{\,2}}$$

$$m_2 = m_1\left(\frac{r_2}{r_1}\right)^2$$

$$= (28\,m_p)\left(\frac{17.97\,\text{cm}}{16.23\,\text{cm}}\right)^2 = 34\,m_p$$

$$m_2 = 34m_p = (34)(1.67\times10^{-27}\,\text{kg})$$

$$= 5.7\times10^{-26}\,\text{kg}$$

إتقان حل المسائل

7–2 الموجات الكهربائية والمغناطيسية في الفضاء

صفحة 32–31

52. **موجات الراديو** انعكست موجات راديو طولها الموجي 2.0 cm عـن طبق قطـع مكافئ. ما طول الهوائي اللازم للكشف عنها؟

يجب أن يكون طول الهوائي $\frac{\lambda}{2}$، أي 1.0 cm .

53. **التلفاز** نقلت إشـارة تلفاز على موجـات حاملة ترددها 66 MHz. فإذا كانت أسلاك الالتقاط في الهوائي تتباعد $\frac{1}{4}\lambda$ فأوجـد البعـد الفيزيائـي بين أسـلاك الالتقاط في الهوائي.

$$\frac{1}{4}\lambda = \left(\frac{1}{4}\right)\frac{c}{f}$$
$$= \frac{3.00\times10^{8}\ \text{m/s}}{(4)(66\times10^{6}\ \text{Hz})}$$
$$= 1.1\ \text{m}$$

54. **الماسح الضوئي لشريط الشيفرة** يستخدم الماسح الضوئي لشريط الشفرة مصدر ضوء ليزر طوله الموجي 650 nm. أوجد تردد مصدر شعاع الليزر؟

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3.00\times10^{8}\ \text{m/s}}{650\times10^{-9}\ \text{m}} = 4.6\times10^{14}\ \text{Hz}$$

55. مـا طول الهوائي اللازم لاسـتقبال إشـارة راديو ترددها 101.3 MHz؟

طول الهوائي المناسب يساوي:

$$\frac{1}{2}\lambda = \left(\frac{1}{2}\right)\frac{c}{f}$$
$$= \frac{3.00\times10^{8}\ \text{m/s}}{(2)(101.3\times10^{6}\ \text{Hz})}$$
$$= 1.48\ \text{m}$$

56. موجة كهرومغناطيسية EM ترددها 100MHz تبث خلال كابل محوري ثابت العزل الكهربائي له 2.30. ما مقدار سرعة انتشار الموجات؟

$$v = \frac{v}{\sqrt{K}} = \frac{3.00\times10^{8}\ \text{m/s}}{\sqrt{2.30}} = 1.98\times10^{8}\ \text{m/s}$$

57. **الهاتف الخلوي** يعمل جهاز إرسـال هاتف خلوي على موجات حاملـة ترددها 8.00×10^{8} Hz. ما طول هوائي الهاتف الأمثل لالتقاط الإشارة؟ لاحظ أن الهوائيات ذات الطرف الواحد تولد قوة دافعة كهربائية عظمى عندما يكون طول الهوائي فيه مساويًا ربع الطول الموجي للموجة.

الطول المثالي للهوائي ذو الطرف الواحد يساوي:

$$\frac{1}{4}\lambda = \left(\frac{1}{4}\right)\frac{c}{f}$$
$$= \frac{3.00\times10^{8}\ \text{m/s}}{(4)(8.00\times10^{8}\ \text{Hz})}$$
$$= 0.0938\ \text{m}$$
$$= 9.38\ \text{cm}$$

مراجعة عامة

صفحة 32

58. **المذياع** محطة إذاعية FM تبث موجاتها بتردد 94.5 MHz. ما مقدار طول الهوائي اللازم للحصول على أفضل استقبال لهذه المحطة؟

طول الهوائي اللازم للحصول على أفضل استقبال يساوي:

$$\frac{1}{2}\lambda = \left(\frac{1}{2}\right)\frac{c}{f}$$
$$= \frac{3.00\times10^{8}\ \text{m/s}}{(2)(94.5\times10^{6}\ \text{Hz})}$$
$$= 1.59\ \text{m}$$

59. إذا كان طـول هوائـي هاتف خلـوي 8.3 cm فما مقدار التردد الذي يرسل ويستقبل عليه هذا الهاتف؟ لعلك تذكر من المسـألة 57 أن الهوائيـات ذات الطرف الواحد مثل المستخدم في الهاتف الخلوي تولد قوة دافعة كهربائية عظمى عندما يكون طولها مسـاويًا ربع الطول الموجي للموجة التي ترسلها وتستقبلها.

طول الهوائي يساوي:

$$0.083\ \text{m} = \frac{1}{4}\lambda = \left(\frac{1}{4}\right)\frac{c}{f}$$

التردد يساوي:

$$f = \frac{c}{(4)(0.083\ \text{m})}$$
$$= \frac{3.00\times10^{8}\ \text{m/s}}{(4)(0.083\ \text{m})}$$
$$= 9.0\times10^{8}\ \text{Hz}$$

60. سرّع جسيم مجهول بوساطة فرق جهد مقداره $1.50\times10^{2}\,V$. إذا دخل هذا الجسيم مجالاً مغناطيسيًّا مقداره $50.0\,mT$ وسلك مسارًا منحنيًا نصف قطره $9.80\,cm$ فما مقدار النسبة q/m؟

$$\frac{q}{m}=\frac{2V}{B^2r^2}$$

$$=\frac{(2)(1.50\times10^{2}\ V)}{(50.0\times10^{-3}\ T)^2\,(9.80\times10^{-2}\ m)^2}$$

$$=1.25\times10^{7}\ C/kg$$

التفكير الناقد

صفحة 32

61. **تطبيق المفاهيم** تستخدم العديد من محطات الشرطة الرادار لضبط السائقين الذين يتجاوزون السرعة المسموح بها. والرادار جهاز يستعمل إشارة كهرومغناطيسية ذات تردد كبير لقياس سرعة جسم متحرك، وتردد إشارة الرادار المرسلة معلوم، وعندما تنعكس هذه الإشارة المرسلة عن الجسم المتحرك تلتقط من قبل الرادار. ولأن الجسم متحرك بالنسبة إلى الرادار لذا يكون تردد الإشارة المستقبلة مختلفًا عن تردد الإشارة المرسلة. وتسمى هذه الظاهرة إزاحة دوبلر. فإذا كان الجسم متحركًا نحو الرادار كان تردد الموجة المستقبلة أكبر من تردد الموجة المرسلة. ما مقدار سرعة الجسم المتحرك إذا كان تردد الموجة المرسلة $10.525\,GHz$ وكان للموجة المستقبلة إزاحة دوبلر مقدارها $1850\,Hz$؟

$$v_{\text{هدف}}=\frac{c\,f_{\text{دوبلر}}}{2f_{\text{بث}}}$$

حيث $v_{\text{هدف}}$: سرعة الهدف (m/s)

c: سرعة الضوء (m/s)

$f_{\text{دوبلر}}$: إزاحة تردد دوبلر (Hz)

$f_{\text{بث}}$: تردد الموجة المرسلة (Hz)

$$v_{\text{هدف}}=\frac{cf_{\text{دوبلر}}}{2f_{\text{بث}}}=\frac{(3.00\times10^{8}\ m/s)(1850\ Hz)}{(2)(10.525\times10^{9}\ Hz)}$$

$$=26.4\ m/s$$

62. **تطبيق المفاهيم** كتب طارق قصة خيال علمي تسمى (الرجل الخفي)، وفيها يشرب الرجل جرعة دواء فيصبح غير مرئي. ثم يستعيد طبيعته مرة أخرى. وضح لماذا لا يستطيع الرجل غير المرئي الرؤية؟

حتى تتمكن من الرؤية يجب أن تستكشف الضوء، وهذا يعني أن الضوء سوف يمتصّ أو ينعكس، وبصورة أساسية يكون الشخص غير المرئي شفافًا، لذلك سيمرّ الضوء خلال العين دون امتصاص أو انعكاس.

63. **تصميم تجربة** إذا طلب إليك أن تصمم مطياف كتلة باستخدام المبادئ التي نوقشت في هذا الفصل، لكن باستخدام أداة إلكترونية بدل الفيلم الفوتوجرافي. وتريد فصل الجزيئات الأحادية التأين (+1) ذات الكتل الذرية 175 بروتونًا عن الجزيئات ذات الكتل الذرية 176 بروتونًا، وكانت المسافة الفاصلة بين الخلايا المتجاورة في الكاشف الذي تستخدمه $0.10\,mm$، ويجب أن تُسرّع الجزيئات بوساطة فرق جهد $5000\,V$ على الأقل؛ حتى يتم الكشف عنها، فما قيم كل من v، B، r التي يجب أن تكون لجهازك؟

نسبة الشحنة إلى الكتلة للنظائر في مطياف الكتلة هي:

$$\frac{q}{m}=\frac{2V}{B^2r^2}$$

أي ان نصف قطر مسار النظير يعطى بالعلاقة:

$$r=\frac{1}{B}\sqrt{\frac{2Vm}{q}}$$

والفرق في نصفي قطر المسار للنظيرين هو:

$$0.10\times10^{-3}\ m=r_{176}-r_{175}$$

$$=\frac{1}{B}\sqrt{\frac{2V}{q}}\left(\sqrt{m_{176}}-\sqrt{m_{175}}\right)$$

$$=\frac{1}{B}\sqrt{\frac{2V}{q}}\left(\sqrt{176\,m_{\text{p}}}-\sqrt{175m_{\text{p}}}\right)$$

$$=\frac{1}{B}\sqrt{\frac{2Vm_{\text{p}}}{q}}\left(\sqrt{176}-\sqrt{175}\right)$$

تابع الفصل 7

المجال المغناطيسي يساوي:

$$B = \frac{(\sqrt{176} - \sqrt{175})}{0.10 \times 10^{-3}\ \text{m}} \sqrt{\frac{2Vm_p}{q}}$$

$$= \frac{(\sqrt{176} - \sqrt{175})}{0.10 \times 10^{-3}\ \text{m}} \sqrt{\frac{(2)(500.0\ \text{V})(1.67 \times 10^{-27}\ \text{kg})}{1.60 \times 10^{-19}\ \text{C}}}$$

$$= 1.2\ \text{T}$$

نصف القطر للنظير الذي كتلته 176 بروتون تساوي :

$$r_{76} = \frac{1}{B}\sqrt{\frac{2V(176\, m_p)}{q}} = \frac{1}{1.2\ \text{T}} = \sqrt{\frac{(2)(5.00\ \text{V})(176)(1.67 \times 10^{-27}\ \text{kg})}{1.60 \times 10^{-19}\ \text{C}}}$$

$$= 3.6 \times 10^{-2}\ \text{m}$$

عنـد تصـميم مطيـاف الكتلة يمكنك اختيار أي قيمة لـكل من B و V ويجب أن لا تقل V عن 500.0 V وبما أن النسـبة q/m ثابتة فإن V تتناسب طرديًا مع B^2r^2

الكتابة في الفيزياء

صفحة 33

64. اكتب تقريرًا في صفحة أو صفحتين تُبيّن فيه عمل جهاز التحكم عن بعد لكل من التلفاز والفيديو وجهاز DVD ، والذي يعمل بالأشـعة تحت الحمراء. اشـرح لماذا لا يحدث تداخل بين الأجهزة عند استخدام جهاز التحكم عن بعد المتعدد الأغراض. يجب أن يحوي تقريرك مخططات وأشكالًا.

تسـتخدم أجهزة التحكّم مدًى محدّدًا من تردّدات الأشـعة تحت الحمراء المعدّلة، والمضـمّنة في صـورة نبضات، ويولّد كلّ زر في الجهاز سلسـلة خاصـة من النبضـات القصـيرة أو الطويلة. إن المدى الواسع للتردّدات المسـتخدمة في أجهزة التحكم المختلفة المصـنّعة من قبل شـركات مختلفة، ورموز النبضـات الفريدة من نوعها التي يسـتخدمها كل جهاز عن بعد يجعل من المسـتبعد أن تتداخل هذه الأجهزة معًا.

مراجعة تراكمية

صفحة 33

65. سـلك طوله 440 cm يحمل تيارًا مقداره 7.7 A عموديًّا على مجال مغناطيسـي. فإذا كانت القوة المؤثرة في السـلك 0.55 N فما مقدار المجال المغناطيسي؟

$$F = BIL$$

$$B = \frac{F}{IL}$$

$$= \frac{0.55\ \text{N}}{(7.7\ \text{A})(4.4\ \text{m})}$$

$$= 0.016\ \text{T}$$

66. إذا حُرّك سـلك يمتد من الشـمال إلى الجنوب نحو الشـرق داخل مجال مغناطيسـي يتجه إلى أسـفل نحو الأرض، فما اتجاه التيار الحثيّ المتولّد في السلك؟

شمال

تابع الفصل 7

مسألة التحفيز

صفحة 21

يشكّل الضوء المرئي جزءًا بسيطًا فقط من الطيف الكهرومغناطيسي. وأطوال الموجات لبعض ألوان الضوء المرئي موضحة في **الجدول 1–7** .

الجدول 1–7

أطوال موجات الضوء المرئي

اللون	الطول الموجي (nm)
نيلي–بنفسجي	390 حتى 455
أزرق	455 حتى 492
أخضر	492 حتى 577
أصفر	577 حتى 597
برتقالي	597 حتى 622
أحمر	622 حتى 700

1. أي ألوان الضوء له أكبر طول موجي؟

أحمر

2. أي الألوان ينتقل أسرع في الفراغ؟

تنتقل الموجات الكهرومغناطيسية جميعها بالسرعة نفسها في الفراغ.

3. تحيد الموجات ذات الطول الموجي الأكبر حول الأجسام التي تعترض مساراتها أكثر من الموجات ذات الطول الموجي الأقصر. أي الألوان سيحيد بدرجة أكبر، وأيها سيحيد بدرجة أقل؟

حيود الضوء الأحمر هو الأكبر، أما البنفسجي فسيحيد بدرجة أقل.

4. احسب مدى التردد لكل لون من ألوان الضوء المعطاة في **الجدول 1–7**.

التردد $f = \frac{c}{\lambda}$

للموجة 390 nm

$$f = \frac{3.00\times10^{8}\ \text{m/s}}{3.90\times10^{-7}\ \text{m}} = 7.69\times10^{14}\ \text{Hz}$$

للموجة 455 nm

$$f = \frac{3.00\times10^{8}\ \text{m/s}}{4.55\times10^{-7}\ \text{m}} = 6.59\times10^{14}\ \text{Hz}$$

للموجة 492 nm

$$f = \frac{3.00\times10^{8}\ \text{m/s}}{4.92\times10^{-7}\ \text{m}} = 6.10\times10^{14}\ \text{Hz}$$

للموجة 577 nm

$$f = \frac{3.00\times10^{8}\ \text{m/s}}{5.77\times10^{-7}\ \text{m}} = 5.20\times10^{14}\ \text{Hz}$$

للموجة 597 nm

$$f = \frac{3.00\times10^{8}\ \text{m/s}}{5.97\times10^{-7}\ \text{m}} = 5.03\times10^{14}\ \text{Hz}$$

للموجة 622 nm

$$f = \frac{3.00\times10^{8}\ \text{m/s}}{6.22\times10^{-7}\ \text{m}} = 4.82\times10^{14}\ \text{Hz}$$

للموجة 700 nm

$$f = \frac{3.00\times10^{8}\ \text{m/s}}{7.00\times10^{-7}\ \text{m}} = 4.29\times10^{14}\ \text{Hz}$$

وبذلك يكون المدى كما يلي:

البنفسجي من 6.59×10^{14} Hz حتى 7.69×10^{14} Hz

الأزرق من 6.10×10^{14} Hz حتى 6.59×10^{14} Hz

الأخضر من 5.20×10^{14} Hz حتى 6.10×10^{14} Hz

الأصفر من 5.03×10^{14} Hz حتى 5.20×10^{14} Hz

البرتقالي من 4.82×10^{14} Hz حتى 5.03×10^{14} Hz

الأحمر من 4.29×10^{14} Hz حتى 4.82×10^{14} Hz

مسائل تدريبية

1–8 النموذج الجسيمي للموجات (صفحة 48–37)

صفحة 44

1. ما طاقة إلكترون بوحدة الجول إذا كانت طاقته 2.3 eV؟

$$(2.3\ \text{eV})\left(\frac{1.60\times10^{-19}\ \text{J}}{1\ \text{eV}}\right)=3.7\times10^{-19}\ \text{J}$$

2. إذا كانت سرعة إلكترون $6.2\times10^{6}\ \text{m/s}$ فما طاقته بوحدة eV؟

$$KE=\frac{1}{2}mv^2$$
$$=\left(\frac{1}{2}\right)(9.11\times10^{-31}\ \text{kg})(6.2\times10^{6}\ \text{m/s})^2$$
$$=(1.75\times10^{-17}\ \text{J})\left(\frac{1\ \text{eV}}{1.60\times10^{-19}\ \text{J}}\right)$$
$$=1.1\times10^{2}\ \text{eV}$$

3. ما سرعة الإلكترون في المسألة 1؟

$$m=9.11\times10^{-31}\ \text{kg},\ KE=\frac{1}{2}mv^2$$
$$v=\sqrt{\frac{2KE}{m}}=\sqrt{\frac{(2)(3.7\times10^{-19}\ \text{J})}{9.11\times10^{-31}\ \text{kg}}}$$
$$=9.0\times10^{5}\ \text{m/s}$$

4. إذا كان جهد الإيقاف لخلية كهروضوئية 5.7 V فاحسب الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات المتحررة بوحدة eV.

$$KE=-qV_0$$
$$=-(-1.60\times10^{-19}\ \text{C})(5.7\ \text{J/C})\left(\frac{1\ \text{eV}}{1.60\times10^{-19}\ \text{J}}\right)$$
$$=5.7\ \text{eV}$$

5. يلزم جهد إيقاف مقداره 3.2 V لمنع سريان التيار الكهربائي في خلية ضوئية. احسب الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات الضوئية المتحررة بوحدة الجول.

$$KE=-qV_0$$
$$=-(-1.60\times10^{-19}\ \text{C})(3.2\ \text{J/C})$$
$$=5.1\times10^{-19}\ \text{J}$$

صفحة 46

6. احسب تردد العتبة للزنك بوحدة Hz، واقتران الشغل بوحدة eV، إذا كان طول موجة العتبة للزنك 310 nm.

$$f_0=\frac{c}{\lambda_0}=\frac{3.00\times10^{8}\ \text{m/s}}{310\times10^{-9}\ \text{m}}=9.7\times10^{14}$$
$$W=hf_0$$
$$=(6.63\times10^{-34}\ \text{J/Hz})(9.7\times10^{14}\ \text{Hz})\left(\frac{1\ \text{eV}}{1.60\times10^{-19}\ \text{J}}\right)$$
$$=4.0\ \text{eV}$$

7. ما مقدار الطاقة الحركية بوحدة eV للإلكترونات المتحررة من السيزيوم عندما يسقط عليه ضوء بنفسجي طوله الموجي 425 nm إذا كان اقتران الشغل له 1.96 eV؟

$$KE_{max}=\frac{1240\ \text{eV.nm}}{\lambda}-hf_0$$
$$=\frac{1240\ \text{eV.nm}}{425\ \text{nm}}-1.96\ \text{eV}$$
$$=0.960\ \text{eV}$$

8. تتحرر من فلز إلكترونات بطاقات 3.5 eV عندما يضاء بإشعاع فوق بنفسجي طوله الموجي 193 nm. ما مقدار اقتران الشغل لهذا الفلز؟

$$KE=hf-hf_0$$
$$hf_0=hf-KE=\frac{hc}{\lambda}-KE$$
$$=\frac{1240\ \text{eV.nm}}{\lambda}-KE$$
$$=\frac{1240\ \text{eV.nm}}{193\ \text{nm}}-3.5\ \text{eV}$$
$$=2.9\ \text{eV}$$

9. إذا كان اقتران الشغل لفلز 4.50 eV فما مقدار أكبر طول موجي للإشعاع الساقط عليه بحيث يكون قادرًا على تحرير إلكترونات منه؟

$$hf_0=4.50\ \text{eV}$$

أي أن:

$$\frac{hc}{\lambda_0}=4.50\ \text{eV}$$
$$\lambda_0=\frac{1240\ \text{eV.nm}}{4.50\ \text{eV}}=276\ \text{nm}$$

مراجعة القسم

1–8 النموذج الجسيمي للموجات (صفحة 48–37)

صفحة 48

10. التأثير الكهروضوئي لماذا يكون الضوء ذو الشدة العالية والتردد المنخفض غير قادر على تحرير إلكترونات من فلز، في حين أن الضوء ذا الشدة المنخفضة والتردد العالي يستطيع ذلك؟ فسّر إجابتك.

الضوء شكل من أشكال الإشعاع الكهرومغناطيسي، وهو عديم الكتلة، ومع ذلك لديه طاقة حركية. وكل مرة يسقط فيها فوتون على سطح الفلز؛ فإنه يتفاعل فقط مع إلكترون واحد. والفوتون ذو التردد المنخفض لا يملك طاقة كافية لتحرير إلكترون من سطح الفلز، لأن الطاقة ترتبط مباشرة بالتردد وليس بالشدة، في حين الضوء ذو التردد العالي يستطيع تحقيق ذلك.

11. تردد إشعاع الجسم الساخن وطاقته كيف يتغير تردد الإشعاع المقابل لأعلى شدة عندما ترتفع درجة حرارة الجسم؟ وكيف تتغير الكمية الكلية للطاقة المنبعثة؟

إن كلًا من تردد قمة الشدة والطاقة الكلية المنبعثة يزدادان. إذ تزداد قمة الشدة بدلالة T، بينما تزداد الطاقة الكلية بدلالة T^4.

12. التأثير الكهروضوئي وتأثير كومبتون سلّط عالمٌ أشعةَ X على هدف، فانطلق إلكترون من الهدف دون أن ينبعث أي إشعاع آخر. وضّح ما إذا كان هذا الحدث ناتجًا عن التأثير الكهروضوئي أم تأثير كومبتون.

الحدث ناتج عن التأثير الكهروضوئي، وهو عبارة عن التقاط فوتون بواسطة إلكترون في المادة وانتقال طاقة الفوتون إلى الإلكترون.

13. التأثير الكهروضوئي وتأثير كومبتون ميّز بين التأثير الكهروضوئي وتأثير كومبتون.

تأثير كومبتون عبارة عن تشتت الفوتون بواسطة المادة، منتجًا فوتونًا له طاقة وزخم أقل، في حين التأثير الكهروضوئي عبارة عن انبعاث إلكترونات من الفلز عندما يسقط عليه إشعاع ذو طاقة كافية.

14. التأثير الكهروضوئي اصطدم ضوء أخضر $\lambda=532\ nm$ بفلز ما، فحرر إلكترونات منه. إذا تم إيقاف هذه الإلكترونات باستخدام فرق جهد 1.44 V، فما مقدار اقتران الشغل للفلز بوحدة eV؟

$$E_{\text{الضوء الأخضر}} = \frac{hc}{\lambda} = \frac{1240\ \text{eV.nm}}{532\ \text{nm}} = 2.33\ \text{eV}$$

$$KE_{\text{الإلكترون المتحرر}} = -qV$$

$$= -(-1.60\times10^{-19}\ \text{C})(1.44\ \text{J/C})\ \frac{1\ \text{eV}}{1.60\times10^{-19}\ \text{J}}$$

$$= 1.44\ \text{eV}$$

$$W = E_{\text{الضوء الأخضر}} - KE_{\text{الإلكترون المتحرر}}$$

$$= 2.33\ \text{eV} - 1.44\ \text{eV}$$

$$= 0.89\ \text{eV}$$

15. طاقة فوتون تنبعث فوتونات طولها الموجي 650 nm من مؤشر ليزر. ما مقدار طاقة هذه الفوتونات بوحدة eV؟

$$E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{1240\ \text{eV.nm}}{650\ \text{nm}} = 1.9\ \text{eV}$$

16. التأثير الكهروضوئي امتُصّت أشعة X في عظم، وحررت إلكترونًا. إذا كان الطول الموجي لأشعة X 0.02 nm تقريبًا، فقدّر طاقة الإلكترون بوحدة eV.

$$E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{1240\ \text{eV.nm}}{0.02\ \text{nm}} = 6\times10^{4}\ \text{eV}$$

17. تأثير كومبتون أُسقطت أشعة X على عظم، فاصطدمت بإلكترون فيه وتشتت. كيف تقارن بين الطول الموجي لأشعة X المشتتة والطول الموجي لأشعة X الساقطة؟

أشعة X المتشتتة لها طول موجي أكبر مقارنة بالأشعة الساقطة.

18. التفكير الناقد تخيل أن تصادم كرتَيْ بلياردو ينمذج التفاعل الذي يحدث بين فوتون وإلكترون خلال تأثير كومبتون. افترض أن بروتونًا– وكتلته أكبر كثيرًا من كتلة الإلكترون– وُضع بدلاً من الإلكترون، فهل تكون الطاقة التي يكتسبها البروتون نتيجة التصادم مساوية لتلك التي يكتسبها الإلكترون؟ وهل تكون الطاقة التي يفقدها الفوتون مساوية لتلك التي يفقدها عندما يتصادم بالإلكترون؟

إن الإجابة عن السؤالين هي لا، وكمثال على ذلك تستطيع كرة تنس نقل طاقة حركية أكثر لكرة لينة من الطاقة التي تنقلها لكرة بولينج.

مسائل تدريبية

8–2 موجات المادة (صفحة 51 –49)

صفحة 50

19. تتدحرج كرة بولنج كتلتها 7.0 kg بسرعة 8.5 m/s، أجب عما يلي:

a. ما مقدار طول موجة دي برولي المصاحبة للكرة؟

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{6.63\times10^{-34}\ \text{J.s}}{(7.0\ \text{kg})(8.5\ \text{m/s})}$$

$$= 1.1\times10^{-35}\ \text{m}$$

b. لماذا لا تُظهر كرة البولنج سلوك موجي ملاحظ؟

لأن طول موجة دي برولي المصاحبة لكرة البولنج قصير جدًا، ولا يكفي لإحداث تأثيرات يمكن مشاهدتها.

20. إذا تسارع إلكترون خلال فرق جهد 250 V، فاحسب مقدار سرعته وطول موجة دي برولي المصاحبة له.

$$\frac{1}{2}mv^2 = qv$$

$$v = \sqrt{\frac{2qV}{m}} = \sqrt{\frac{(2)(1.60\times10^{-19}\ \text{C})(250\ \text{J/C})}{9.11\times10^{-31}\ \text{kg}}}$$

$$= 9.4\times10^{6}\ \text{m/s}$$

$$\lambda = \frac{h}{mv}$$

$$= \frac{6.63\times10^{-34}\ \text{J.s}}{(9.11\times10^{-31}\ \text{kg})(9.4\times10^{6}\ \text{m/s})}$$

$$= 7.7\times10^{-11}\ \text{m}$$

21. ما مقدار فرق الجهد اللازم لمسارعة إلكترون بحيث يكون طول موجة دي برولي المصاحبة له 0.125 nm؟

$$\lambda = \frac{h}{p}$$

أي أن:

$$p = \frac{h}{\lambda}$$

$$KE = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{p^2}{2m} = \frac{\left(\frac{h}{\lambda}\right)^2}{2m}$$

$$= \frac{\left(\frac{6.63\times10^{-34}\ \text{J.s}}{0.125\times10^{-9}\ \text{m}}\right)}{(2)(9.11\times10^{-31}\ \text{kg})}$$

$$= (1.544\times10^{-17}\ \text{J})\left(\frac{1\ \text{eV}}{1.60\times10^{-19}\ \text{J}}\right)$$

$$= 96.5\ \text{eV}$$

أي انه يتسارع خلال فرق جهد مقدارة 96.5 V.

22. طول موجة دي برولي للإلكترون في المثال 3 يساوي 0.14 nm. ما مقدار الطاقة الحركية بوحدة eV لبروتون ($m = 1.67\times10^{-27}$ kg) إذا كان له الطول الموجي نفسه؟

طول موجة دي بولي المصاحبة يساوي: $\lambda = \frac{h}{mv}$

أي أن السرعة تساوي : $v = \frac{h}{m\lambda}$

عندئذ تكون الطاقة الحركية :

$$KE = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m\left(\frac{h}{m\lambda}\right)^2 = \frac{h^2}{2m\lambda^2}$$

$$= \frac{(6.63\times10^{-34}\ \text{J.s})^2}{(2)(1.67\times10^{-27}\ \text{kg})(0.14\times10^{-9}\ \text{m})^2}\left(\frac{1\ \text{eV}}{1.60\times10^{-19}\ \text{J}}\right)$$

$$= 4.2\times10^{-2}\ \text{eV}$$

مراجعة القسم

8–2 موجات المادة (صفحة 51 –49)

صفحة 51

23. **الخصائص الموجية** صف التجربة التي أثبتت أن للجسيمات خصائص موجية.

عندما تسقط حزمة من الإلكترونات على قطعة من الكريستال فإن الكريستال يعمل كمحزوز حيود؛ بحيث يجعل الإلكترونات تشكل نمط حيود. إن حيود الإلكترونات (الجسيمات) يشبه حيود الضوء (الموجات) خلال المحزوز.

24. **الطبيعة الموجية** فسّر لماذا لا تظهر الطبيعة الموجية للمادة؟

لأن الأطوال الموجية لمعظم الأجسام أصغر جدًا من أن يتم الكشف عنها.

25. **طول موجة دي برولي** ما مقدار طول موجي دي برولي المصاحبة لإلكترون يتسارع خلال فرق جهد 125 V؟

$$v = \sqrt{\frac{-2qV}{m}}$$

$$= \sqrt{\frac{-2(-1.60\times10^{-19}\ \text{C})(125\ \text{V})}{9.11\times10^{-31}\ \text{kg}}}$$

$$= 6.63\times10^{6}\ \text{m/s}$$

$$p = mv = (9.11\times10^{-31}\ \text{kg})(6.63\times10^{6}\ \text{m/s})$$

$$= 6.04\times10^{-24}\ \text{kg.m/s}$$

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{6.63\times10^{-34}\ \text{J.s}}{6.04\times10^{-24}\ \text{kg.m/s}}$$

$$= 1.10\times10^{-10}\ \text{m}$$

$$= 0.110\ \text{nm}$$

26. **الأطوال الموجية للمادة والإشعاع** عندما يصطدم إلكترون بجسيم ثقيل فإن سرعة الإلكترون وطول موجته يتناقصان. بناء على ذلك، كيف يمكن زيادة الطول الموجي لفوتون؟

إذا كان الفوتون يخضع لتشتت كومبتون مع هدف ثابت فإن الطول الموجي للفوتون سيزداد.

27. **مبدأ عدم التحديد لهيزنبرج** عندما يمر ضوء أو حزمة من ذرات خلال شق مزدوج فإنه يتكون نمط تداخل. وتحدث كلتا النتيجتين حتى عندما تمر الذرات أو الفوتونات خلال الشقين في الوقت نفسه. كيف يفسر مبدأ عدم التحديد لهيزنبرج ذلك؟

ينص مبدأ هيزنبرغ على أنه من غير الممكن قياس زخم جسيم وتحديد موقعه بدقة في الوقت نفسه، فإذا استطعت تحديد الموقع الدقيق لفوتون أو ذرة عندما تعبر خلال الشق فإنك لن تستطيع معرفة زخمه بدقة. لذلك فإنك لن تكون متأكدًا من أي الشقوق قد عبرت الحزمة الناتجة عن توزيع الفوتونات أو الذرات التي يمكن مشاهدتها في نمط التداخل.

28. **التفكير الناقد** ابتكر الفيزيائيون مؤخرًا محزوز حيود للموجات الضوئية الموقوفة (المستقرة). وتكوِّن الذرات التي تمر خلال المحزوز نمط تداخل. إذا كانت المسافة الفاصلة بين الشقوق $\frac{1}{2}\lambda$(250 nm تقريبًا) فما مقدار طول موجة دي برولي المصاحبة للذرات تقريبًا؟

لمحزوز الحيود يكون $\lambda = d\sin\theta$، حيث dالبعد بين الشقوق وθ زاوية الفصل بين القمم المتتالية. لذلك فإن طول موجة دي برولي تعطى بالعلاقة :

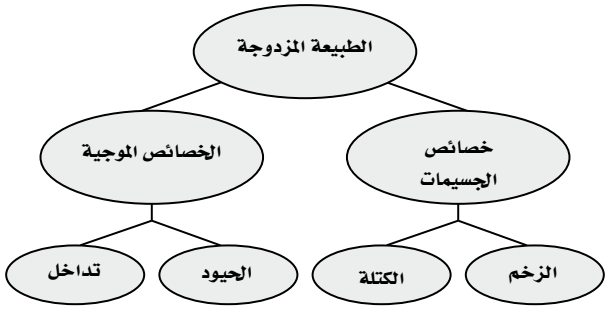
$\lambda = (250\ \text{nm})\sin\theta$ ، إذا اعتبرنا أن $\sin\theta = 0.1$ تقريبًا فإن طول موجة دي برولي تساوي بضع عشرات من النانومتر.

تقويم الفصل

خريطة المفاهيم

صفحة 56

29. أكمل خريطة المفاهيم أدناه باستخدام المصطلحات التالية: الطبيعة المزدوجة، الكتلة، الخصائص الموجية، الزخم، الحيود.



إتقان المفاهيم

صفحة 56

30. **الضوء المتوهج** يضبط مصباح كهربائي متوهج باستخدام مفتاح تحكم. ماذا يحدث للون الضوء الصادر عن المصباح عند إدارة مفتاح التحكم إلى أقل قراءة؟

يصبح الضوء أكثر إحمرارًا

31. وضّح مفهوم تكميته الطاقة.

تكميم الطاقة يعني أن الطاقة توجد على شكل مضاعفات صحيحة لكمية ما.

32. ما الذي تم تكمية في تفسير ماكس بلانك لإشعاع الأجسام المتوهجة؟

إن الطاقة الاهتزازية للذرات المتوهجة مكمّمة.

33. ماذا تسمى كمّات الضوء؟

الفوتونات.

34. سُلِّط ضوء على مهبط خلية ضوئية، وكان تردد الضوء أكبر من تردد العتبة لفلز المهبط. كيف تفسر نظرية أينشتاين للتأثير الكهروضوئي حقيقة زيادة تيار الإلكترونات الضوئية كلما زادت شدة الضوء؟

كل فوتون يحرر إلكترونًا ضوئيًا، والضوء ذو الشدة العالية يحتوي على عدد فوتونات أكثر لكل ثانية؛ لذا يسبب تحرير عدد إلكترونات ضوئية أكثر لكل ثانية.

35. وضح كيف فسّرت نظرية أينشتاين حقيقة أن الضوء الذي تردده أقل من تردد العتبة لفلز لا يحرر إلكترونات ضوئية منه، بغض النظر عن شدة الضوء؟

الفوتونات ذات التردد الأقل من تردد العتبة ليس لها طاقة كافية لتحرير إلكترون. أما إذا ازدادت شدة الضوء فإن عدد الفوتونات يزداد ولكن طاقتها لا تزداد، وتبقى الفوتونات غير قادرة على تحرير إلكترون.

36. **الفيلم الفوتوجرافي** لأن أنواعًا معينة من أفلام الأبيض والأسود ليست حساسة للضوء الأحمر، فإنه يمكن تحميضها في غرفة مظلمة مضاءة بضوء أحمر. فسّر ذلك بناءً على نظرية الفوتون للضوء.

فوتونات الضوء الأحمر ليس لها طاقة كافية لإحداث تفاعل كيميائي مع الفيلم الذي يتعرض له.

37. كيف أظهر تأثير كومبتون أن للفوتونات زخمًا، كما أن لها طاقة.

تنقل التصادمات المرنة كلًّا من الزخم والطاقة للفوتونات فقط إذا كان لها زخم يمكنها من تحقيق المعادلات.

38. الزخم p لجسيم مادي يعطى بالمعادلة $p = mv$. هل تستطيع حساب زخم فوتون مستخدمًا المعادلة نفسها؟ وضح إجابتك.

لا. لأن استخدام هذه المعادلة تجعل زخم الفوتون صفرًا لأن الفوتونات مهملة الكتلة. وهذه النتيجة غير صحيحة لأن الفوتونات المهملة الكتلة زخمها ليس صفرًا.

39. وضح كيف يمكن قياس الخصائص التالية للإلكترون:

a. الشحنة

وازن بين قوة الجذب مع قوة المجال الكهربائي المؤثرتين في الشحنة.

b. الكتلة

وازن بين قوة المجال الكهربائي مع قوة المجال المغناطيسي لإيجاد $\frac{m}{q}$، ثم استخدم قيمة q المقيسة.

c. الطول الموجي

شتت الإلكترونات عن سطح الكريستال وقم بقياس زوايا الحيود.

40. وضح كيف يمكن قياس الخصائص التالية للفوتون:

a. الطاقة

قس الطاقة الحركية *KE* للإلكترونات المتحررة من الفلز بطولين موجيين مختلفين على الأقل. أو قس الطاقة الحركية للإلكترونات المتحررة من معدن معلوم عند طول موجي واحد فقط.

b. الزخم

قس التغير في الطول الموجي لأشعة X المشتتة بواسطة المادة.

c. الطول الموجي.

قس زاوية الحيود عندما ينفذ الضوء خلال شقين أو محزوز حيود، وقس عرض نمط الحيود للشق المفرد، أو قس الزاوية التي ينحرف الضوء عندها عند نفاذه خلال المنشور.

تطبيق المفاهيم

صفحة 57–56

41. استخدم طيف الانبعاث لجسم متوهج عند ثلاث درجات حرارة مختلفة كما في **الشكل 1–8** للإجابة عن الأسئلة الآتية:

a. عند أي تردد تكون شدة الانبعاث أكبر ما يكون لكل من درجات الحرارة الثلاث؟

4000 k: ~2.5×10^{14} Hz, 5800 k: ~3.5×10^{14} Hz, 8000 k: ~4.6×10^{14} Hz.

b. ماذا تستنتج عن العلاقة بين التردد الذي تكون عنده شدة الإشعاع المنبعث أكبر ما يمكن وبين درجة حرارة الجسم المتوهج؟

يزداد التردد الذي تكون عنده شدة الإشعاع المنبعث أكبر ما يمكن بزيادة درجة الحرارة.

c. بأي مُعامل تتغير شدة الضوء الأحمر المنبعث عندما تزداد درجة الحرارة من 4000 k إلى 8000 k؟

تزداد شدة الجزء الأحمر من الطيف من 0.5 إلى 9.2 تقريبًا، وتكون الزيادة بمعامل أكبر قليلا من 18.

42. وضع قضيبان من الحديد في النار، فتوهج أحدهما

باللون الأحمر الداكن، بينما توهج الآخر باللون البرتقالي الساطع. أي القضيبين:

a. أكثر سخونة؟

البرتقالي الساطع.

b. يشع طاقة أكبر؟

البرتقالي الساطع.

43. هل يحرر ضوء تردده كبير عددًا أكبر من الإلكترونات من سطح حساس للضوء مقارنة بضوء تردده أقل، مع افتراض أن كلا الترددين أكبر من تردد العتبة؟

ليس ضرُوريًا، إذ يتناسب عدد الإلكترونات المنبعثة طرديًا مع عدد الفوتونات الساقطة أو مع شدة الضوء وليس مع تردده.

44. تنبعث إلكترونات ضوئية من البوتاسيوم عندما يسقط عليه ضوء أزرق، في حين تنبعث إلكترونات ضوئية من التنجستن عندما يسقط عليه أشعة فوق بنفسجية. أي الفلزين:

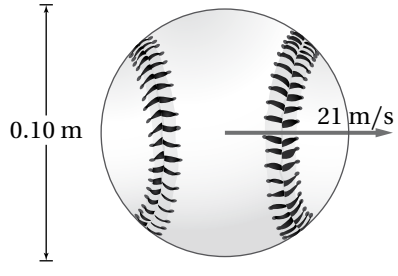
a. له تردد عتبة أكبر؟

الضوء الأزرق له تردد وطاقة أقل من الضوء فوق البنفسجي، لذلك فإن التنجستن له تردد عتبة أكبر.

b. له اقتران شغل أكبر؟

التنجستن.

45. قارن طول موجة دي برولي المصاحبة لكرة البيسبول الموضحة في **الشكل 10–8** بقطر الكرة.



■ **الشكل 10–8**

قطر كرة البيسبول 0.10 m تقريبًا بينما طول موجة دي برولي 10^{-34}m، وبذلك يكون قطر كرة البيسبول أكبر 10^{33} مرة من الطول الموجي لموجة دي برولي المصاحب لها.

إتقان حل المسائل

8–1 النموذج الجسيمي للموجات

صفحة 58–57

46. اعتمادًا على نظرية بلانك، كيف يتغير تردد اهتزاز ذرة إذا بعثت طاقة مقدارها 5.44×10^{-19} J عندما تغيّرت قيمة n بمقدار 1؟

$$E=nhf$$

لذا:

$$f=\frac{E}{nh}=\frac{5.44\times10^{-19}\ \text{J}}{(1)(6.63\times10^{-34}\ \text{J.s})}$$

$$=8.21\times10^{14}\ \text{Hz}$$

47. ما مقدار فرق الجهد اللازم لإيقاف إلكترونات طاقتها الحركية العظمى 4.8×10^{-19} J؟

$$KE=-qV_0$$

أي:

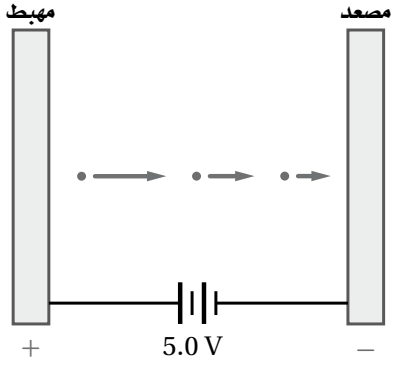
$$V_0=\frac{KE}{-q}=\frac{4.8\times10^{-19}\ \text{C}}{-(-1.60\times10^{-19}\ \text{C})}=3.0\ \text{V}$$

48. ما زخم فوتون الضوء البنفسجي الذي طوله الموجي 4.0×10^{2} nm؟

$$p=\frac{h}{\lambda}=\frac{6.63\times10^{-34}\ \text{J.s}}{4.0\times10^{-7}\ \text{m}}$$

$$=1.7\times10^{-27}\ \text{kg.m/s}$$

49. جهد الإيقاف لإلكترونات فلز معين موضح في **الشكل 11–8**. ما مقدار الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات الضوئية بدلالة الوحدات التالية؟



■ **الشكل 11–8**

a. الإلكترون فولت

$$KE=-qV_0$$

$$=-(-1\ \text{e})(5.0\ \text{V})$$

$$=5.0\ \text{eV}$$

b. الجول

$$\left(\frac{5.0\text{ eV}}{1}\right)\left(\frac{1.60\times10^{-19}\text{ J}}{1\text{ eV}}\right)$$
$$= 8.0\times10^{-19}\text{ J}$$

50. تردد العتبة لفلز معين 3.00×10^{14} Hz. ما مقدار الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات المتحررة إذا أضيء الفلز بضوء طوله الموجي 6.50×10^{2} nm؟

$$KE = hf - hf_0$$
$$= h\left(\frac{c}{\lambda} - f_0\right)$$
$$= (6.63\times10^{-34}\text{ J.s})$$
$$\left(\frac{3.00\times10^{8}\text{ m/s}}{6.50\times10^{-7}\text{ m}} - 3.00\times10^{14}\text{ Hz}\right)$$
$$= 1.07\times10^{-19}\text{ J}$$

51. ما مقدار الشغل اللازم لتحرير إلكترون من سطح الصوديوم إذا كان تردد العتبة له 4.4×10^{14} Hz؟

$$\text{الشغل} = hf_0$$
$$= (6.63\times10^{-34}\text{ J/Hz})(4.4\times10^{14}\text{ Hz})$$
$$= 2.9\times10^{-19}\text{ J}$$

52. إذا سقط ضوء تردده 1.00×10^{15} Hz على الصوديوم في المسألة السابقة، فما مقدار الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات الضوئية؟

$$KE = hf - hf_0$$
$$= h(f - f_0)$$
$$= (6.63\times10^{-34}\text{ J/Hz})$$
$$(1.00\times10^{15}\text{ Hz} - 4.4\times10^{14}\text{ Hz})$$
$$= 3.7\times10^{-19}\text{ J}$$

53. **مقياس الضوء** يستعمل مقياس الضوء الفوتوجرافي خلية ضوئية لقياس الضوء الساقط على الجسم المراد تصويره. كم يجب أن يكون اقتران الشغل لمادة المهبط حتى تكون الخلية الضوئية حساسة للضوء الأحمر (λ= 680 nm) كحساسيتها للألوان الأخرى للضوء؟

$$W = \frac{1240\text{ eV.nm}}{\lambda_0} = \frac{1240\text{ eV.nm}}{680\text{ nm}}$$
$$= 1.8\text{ eV}$$

54. **الطاقة الشمسية** يُستهلك 4×10^{-11} J من الطاقة كل عام في الاستخدامات المنزلية في دولة ما. إذا كانت أشعة الشمس تسقط على بعض أجزاء هذه الدولة لمدة 3000 h كل عام، فأجب عما يلي:

a. ما مقدار الطاقة الشمسية التي تسقط على المتر المربع الواحد كل عام؟

تستقبل الأرض 1000 J/m^2 في كل ثانية، أي:

$$E = (1000\text{ J/m}^2\text{.s})\left(\frac{3600\text{ s}}{\text{h}}\right)\left(\frac{3000\text{ h}}{\text{y}}\right)$$
$$= 1\times10^{10}\text{ J/m}^2 \text{ كل عام}$$

b. إذا كان بالإمكان تحويل هذه الطاقة الشمسية إلى طاقة مفيدة بكفاءة 20%، فما مقدار المساحة التي يجب استخدامها لإنتاج طاقة مساوية لتلك التي تستهلك في المنازل.

$$\text{المساحة} = \frac{4\times10^{11}\text{ J}}{(0.2)(1\times10^{10}\text{ J/m}^2)}$$
$$= 2\times10^{2}\text{ m}^2$$

8–2 موجات المادة

صفحة 58

55. ما مقدار طول موجة برولي المصاحبة لإلكترون يتحرك بسرعة 3.0×10^{6} m/s؟

$$\lambda = \frac{h}{mv}$$
$$= \frac{6.63\times10^{-34}\text{ J.s}}{(9.11\times10^{-31}\text{ kg})(3.0\times10^{6}\text{ m/s})}$$
$$= 2.4\times10^{-10}\text{ m}$$
$$= 0.24\text{ nm}$$

56. ما مقدار السرعة التي يجب أن يتحرك بها إلكترون لتكون طول موجة دي برولي المصاحبة له 3.0×10^{-10} m؟

$$\lambda = \frac{h}{mv}$$
$$v = \frac{h}{m\lambda}$$
$$= \frac{6.63\times10^{-34}\text{ J/Hz}}{(9.11\times10^{-31}\text{ kg})(3.0\times10^{-10}\text{ m})}$$
$$= 2.4\times10^{6}\text{ m/s}$$

57. يتسارع إلكترون في أنبوب أشعة مهبطية من السكون خلال فرق جهد 5.0×10^3 V. ما مقدار:

a. سرعة الإلكترون؟

$$\frac{1}{2}mv^2 = qV$$

$$v = \sqrt{\frac{qV}{\frac{1}{2}m}}$$

$$v = \sqrt{\frac{(1.60\times10^{-19}\text{ C})(5.0\times10^{3}\text{ V})}{\left(\frac{1}{2}\right)(9.11\times10^{-31}\text{ kg})}}$$

$$= 4.2\times10^{7}\text{ m/s}$$

b. الطول الموجي المصاحب للإلكترون؟

$$\lambda = \frac{h}{mv}$$

$$= \frac{6.63\times10^{-34}\text{ J/Hz}}{(9.11\times10^{-31}\text{ kg})(4.2\times10^{7}\text{ m/s})}$$

$$= 1.7\times10^{-11}\text{ m} = 0.017\text{ nm}$$

58. احتُجز نيوترون طاقته الحركية 0.02 eV فقط.

a. ما سرعة النيوترون؟

$$KE = (0.02\text{ eV})(1.60\times10^{-19}\text{ J/eV})$$

$$= 3.2\times10^{-21}\text{ J}$$

$$= \frac{1}{2}mv^2$$

$$v = \sqrt{\frac{2KE}{m}} = \sqrt{\frac{(2)(3.2\times10^{-21}\text{ J})}{1.67\times10^{-27}\text{ kg}}}$$

$$= 1.96\times10^{3}\text{ m/s}$$

b. أوجد طول موجة دي برولي المصاحبة للنيوترون.

$$\lambda = \frac{h}{mv}$$

$$= \frac{6.63\times10^{-34}\text{ J.s}}{(1.67\times10^{-27}\text{ kg})(1.96\times10^{3}\text{ m/s})}$$

$$= 2.03\times10^{-10}\text{ m}$$

59. إذا كانت الطاقة الحركية لإلكترون ذرة الهيدروجين 13.65 eV فاحسب:

a. مقدار سرعة الإلكترون.

$$KE = \frac{1}{2}mv^2$$

$$v = \sqrt{\frac{2KE}{m}}$$

$$= \sqrt{\frac{(2)(13.65\text{ eV})(1.60\times10^{-19}\text{ J/eV})}{9.11\times10^{-31}\text{ kg}}}$$

$$= 2.19\times10^{6}\text{ m/s}$$

b. مقدار طول موجة دي برولي المصاحبة للإلكترون.

$$\lambda = \frac{h}{mv}$$

$$= \frac{6.63\times10^{-34}\text{ kg.m/s}}{(9.11\times10^{-31}\text{ kg})(2.19\times10^{6}\text{ m/s})}$$

$$= 0.332\text{ nm}$$

c. محيط ذرة الهيدروجين ثم قارنه بطول موجة دي برولي المصاحبة لإلكترون الذرة. علمًا بأن نصف قطر ذرة الهيدروجين 0.519 nm.

$$C = 2\pi r$$

$$= (2\pi)(0.519\text{ nm}) = 3.26\text{ nm}$$

أي أن المحيط يساوي 10 أطوال موجية مكتملة.

60. إذا كان طول موجة دي برولي المصاحبة لإلكترون 0.18 nm

a. فما مقدار فرق الجهد الذي تحرك خلاله إذا بدأ الحركة من السكون؟

طول موجة دي بولي:

$$\lambda = \frac{h}{mv}$$

ومنها فإن السرعة تعطى بالعلاقة :

$$v = \frac{h}{m\lambda}$$

الطاقة الحركية عندها تساوي:

$$KE = \frac{1}{2}mv^2$$

$$= \frac{1}{2}m\left(\frac{h}{m\lambda}\right)^2$$

$$= \frac{h^2}{2m\lambda^2}$$

وباستخدام مصطلح فرق الجهد فإن الطاقة الحركية تساوي: $KE = qV$

وباستخدام العلاقتين السابقتين للطاقة الحركية فإن فرق الجهد V يساوي:

$$V = \frac{h^2}{2mq\lambda^2}$$
$$= \frac{(6.63\times10^{-34}\ \text{J.s})^2}{(2)(9.11\times10^{-31}\ \text{kg})(1.60\times10^{-19}\ \text{C})(0.18\times10^{-9}\ \text{m})^2}$$
$$= 47\ \text{V}$$

b. إذا كان طـول موجـة دي برولـي المصاحبة لبروتون 0.18 nm فمـا مقدار فرق الجهد الذي تحرك خلاله إذا بدأ الحركة من السكون؟

باستخدام الإشتقاق السابق فإن فرق الجهد يساوي:

$$V = \frac{h^2}{2mq\lambda^2}$$
$$= \frac{(6.63\times10^{-34}\ \text{J.s})^2}{(2)(1.67\times10^{-27}\ \text{kg})(1.60\times10^{-19}\ \text{C})(0.18\times10^{-9}\ \text{m})^2}$$
$$= 0.025\ \text{V}$$

مراجعة عامة

صفحة 59–58

61. ما مقدار الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات المتحررة من فلز إذا كان جهد إيقافها 3.8 V؟

$$KE = -qV_0 = -(-1\ \text{e})(3.8\ \text{V}) = 3.8\ \text{eV}$$

62. إذا كان تردد العتبة لفلز ما 8.0×10^{14} Hz، فما اقتران الشغل له؟

$$W = hf_0$$
$$= (6.63\times10^{-34}\ \text{J/Hz})(8.0\times10^{14}\ \text{Hz})$$
$$= 5.3\times10^{-19}\ \text{J}$$

63. إذا سقط ضوء تردده 1.6×10^{15} Hz على الفلز في المسألة السابقة، فما مقدار الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات الضوئية؟

$$KE = hf - hf_0$$
$$= (6.63\times10^{-34}\ \text{J/Hz})(1.6\times10^{15}\ \text{Hz}) - 5.3\times10^{-19}\ \text{J}$$
$$= 5.3\times10^{-19}\ \text{J}$$

64. احسب طول موجة دي برولي المصاحبة لديوترون (نواة نظير الهيدروجين ^{2}H) كتلته 3.3×10^{-27} kg ويتحرك بسرعة 2.5×10^4 m/s.

$$\lambda = \frac{h}{mv}$$
$$= \frac{(6.63\times10^{-34}\ \text{J.s})}{(3.3\times10^{-27}\ \text{kg})(2.5\times10^4\ \text{m/s})}$$
$$= 8.0\times10^{-12}\ \text{m}$$

65. إذا كان اقتران الشغل للحديد 4.7 eV

a. فما مقدار طول موجة العتبة له؟

$$W = \frac{hc}{\lambda_0} = \frac{1240\ \text{eV.nm}}{\lambda_0}$$

$$\lambda_0 = \frac{1240\ \text{eV.nm}}{W} = \frac{1240\ \text{eV.nm}}{4.7\ \text{eV}}$$

$$= 2.6\times10^{2}\ \text{nm}$$

b. إذا أُسقط إشعاع طوله الموجي 150 nm على الحديد، فما مقدار الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات المتحررة بوحدة eV؟

$$KE = \frac{hc}{\lambda} - \frac{hc}{\lambda_0} = \frac{1240\ \text{eV.nm}}{150\ \text{nm}} - 4.7\ \text{eV}$$

$$= 3.6\ \text{eV}$$

66. إذا كان اقتران الشغل للباريوم 2.48 eV، فما أكبر طول موجي للضوء يستطيع تحرير إلكترونات منه؟

$$\text{اقتران الشغل} = 2.48\ \text{eV} = hf_0 = \frac{hc}{\lambda_0}$$

أي:

$$\lambda_0 = \frac{hc}{2.48\ \text{eV}}$$

$$= \frac{(6.63\times10^{-34}\ \text{J.s})(3.00\times10^{8}\ \text{m/s})}{(2.48\ \text{eV})\left(\frac{1.60\times10^{-19}\ \text{J}}{1\ \text{eV}}\right)}$$

$$= 5.01\times10^{-7}\ \text{m}$$

$$= 501\ \text{nm}$$

67. طول موجة دي برولي المصاحبة لإلكترون 400.0 nm، وهي تساوي أقصر طول موجي للضوء المرئي. احسب مقدار:

a. سرعة الإلكترون.

$$\lambda = \frac{h}{mv}$$

أي:

$$v = \frac{h}{m\lambda}$$

$$= \frac{6.63\times10^{-34}\ \text{J/Hz}}{(9.11\times10^{-31}\ \text{kg})(400.0\times10^{-9}\ \text{m})}$$

$$= 1.82\times10^{3}\ \text{m/s}$$

b. طاقة الإلكترون بوحدة eV.

$$KE = \frac{1}{2}mv^2$$

$$= \left(\frac{1}{2}\right)(9.11\times10^{-31}\ \text{kg})(1.82\times10^{3}\ \text{m/s})^2$$

$$\left(\frac{\text{eV}}{1.60\times10^{-19}\ \text{J}}\right)$$

$$= 9.43\times10^{-6}\ \text{eV}$$

68. **المجهر الإلكتروني** يعدّ المجهر الإلكتروني مفيدًا لأنه يمكن جعل الأطوال الموجية لموجات دي برولي المصاحبة للإلكترونات أقصر من الطول الموجي للضوء المرئي. ما مقدار الطاقة (بوحدة eV) اللازم تزويدها لإلكترون حتى يكون طول موجة دي برولي المصاحبة له 20.0 nm؟

طول موجة دي بولي:

$$\lambda = \frac{h}{mv}$$

ومنها فإن السرعة تعطى بالعلاقة:

$$v = \frac{h}{m\lambda}$$

الطاقة الحركية عندها تساوي:

$$KE = \frac{1}{2}mv^2$$

$$= \frac{1}{2}m\left(\frac{h}{m\lambda}\right)^2$$

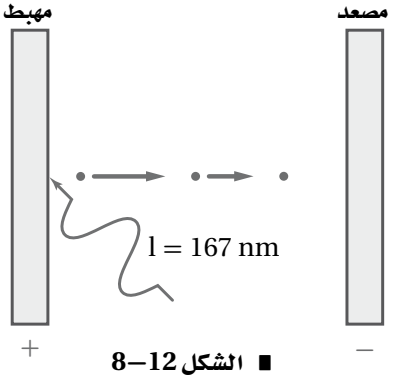
$$= \frac{h^2}{2m\lambda^2}$$

$$= \left(\frac{(6.63\times10^{-34}\ \text{J.s})^2}{(2)(9.11\times10^{-31}\ \text{kg})(20.0\times10^{-9}\ \text{m})^2}\right)$$

$$\left(\frac{1\ \text{eV}}{1.60\times10^{-19}\ \text{J}}\right)$$

$$= 3.77\times10^{-3}\ \text{eV}$$

69. يسقط إشعاع على قصدير، كما في **الشكل 12–8**. إذا كان تردد العتبة للقصدير 1.2×10^{15} Hz فما مقدار:



■ **الشكل 12–8**

a. طول موجة العتبة للقصدير؟

$$c = \lambda f$$

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3.00\times10^{8}\ \text{m/s}}{1.2\times10^{15}\ \text{Hz}} = 2.5\times10^{-7}\ \text{m}$$

b. اقتران الشغل للقصدير؟

$$W = hf_0$$

$$= (6.63\times10^{-34}\ \text{J/Hz})(1.2\times10^{15}\ \text{Hz})$$

$$= 8.0\times10^{-19}\ \text{J}$$

c. الطاقة الحركية للإلكترونات المتحررة بوحدة eV، إذا كان الطول الموجي للإشعاع الكهرومغناطيسي الساقط 167 nm؟

$$KE_{\text{عظمى}} = \frac{hc}{\lambda} - hf_0$$

$$= \frac{(6.63\times10^{-34}\ \text{J/Hz})(3.00\times10^{8}\ \text{m/s})}{167\times10^{-9}\ \text{m}} - 8.0\times10^{-19}\ \text{J} = 3.9\times10^{-19}\ \text{J}$$

$$KE_{\text{عظمى}}(\text{eV}) = (3.9\times10^{-19}\ \text{J})\left(\frac{1\ \text{eV}}{1.60\times10^{-19}\ \text{J}}\right) = 2.4\ \text{eV}$$

التفكير الناقد

صفحة 60–59

70. **تطبيق المفاهيم** يبعث مصدر ليزر هيليوم– نيون فوتونات طولها الموجي 632.8 nm.

a. احسب مقدار الطاقة بوحدة الجول لكل فوتون يُبعث من الليزر.

كل فوتون يمتلك طاقة تساوي:

$$E = \frac{hc}{\lambda}$$

$$= \frac{(6.63\times10^{-34}\ \text{J.s})(3.00\times10^{8}\ \text{m/s})}{632.8\times10^{-9}\ \text{m}}$$

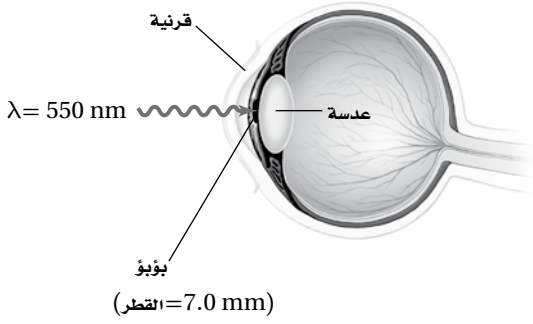
$$= 3.14\times10^{-19}\ \text{J}$$

b. إذا كانت قدرة مصدر ليزر صغير تقليدي 0.5 mW تكافئ(5×10^{-4} J/s)، فما عدد الفوتونات المنبعثة من مصدر الليزر في كل ثانية؟

$$n = \frac{P}{E} = \frac{5\times10^{-4}\ \text{J/s}}{3.14\times10^{-19}\ \text{J/فوتون}}$$

$$= 2\times10^{15}\ \text{فوتون/s}$$

71. تطبيق المفاهيم يدخل الضوء المرئي الذي شدته $1.5\times10^{-11}\ \text{W/m}^2$ بصعوبة إلى عين إنسان، كما في **الشكل 13–8**.



الشكل 13–8 ■

a. إذا سلط هذا الضوء على عين الإنسان ومر خلال بؤبؤ عينه، فما مقدار القدرة التي تدخل عينه بوحدة الواط؟

القدرة = (شدة الضوء)(المساحة)

$$= (\text{شدة الضوء})(\pi r^2)$$

$$= (1.5\times10^{-11}\ \text{W/m}^2)(\pi(3.5\times10^{-3}\ \text{m})^2)$$

$$= 5.8\times10^{-16}\ \text{W}$$

b. استخدم الطول الموجي المُعطى للضوء المرئي والمعلومات المُعطاة في **الشكل 13–8** لكي تحسب عدد الفوتونات التي تدخل العين في كل ثانية.

طاقة كل فوتون:

$$E = \frac{hc}{\lambda}$$

$$= \frac{(6.63\times10^{-34}\ \text{J.s})(3.00\times10^{8}\ \text{m/s})}{550\times10^{-9}\ \text{m}}$$

$$= 3.62\times10^{-19}\ \text{J}$$

$$n = \frac{P}{E} = \frac{5.8\times10^{-16}\ \text{J/s}}{3.62\times10^{-19}\ \text{J/فوتون}}$$

$$= 1600\ \text{فوتونات/s}$$

72. إنشاء الرسوم البيانية واستخدامها أكمل طالب تجربة التأثير الكهروضوئي، وسجّل جهد الإيقاف كدالة رياضية في الطول الموجي، كما في **الجدول 1–8**. وكان مهبط الخلية الضوئية مصنوع من الصوديوم. عيّن البيانات (جهد الإيقاف مقابل التردد) واستعمل الآلة الحاسبة لرسم أفضل خط مستقيم. استخدم الميل والمقطع وأوجد اقتران الشغل، وطول موجة العتبة، ومقدار $\frac{h}{q}$ في هذه التجربة. قارن قيمة $\frac{h}{q}$ مع القيمة المقبولة.

الجدول 1–8

جهد الإيقاف مقابل الطول الموجي

λ (nm)	V_0 (eV)
200	4.20
300	2.06
400	1.05
500	0.41
600	0.03

حوّل الطول الموجي إلى تردد ، ثم مثّل البيانات بعد ذلك بيانيًّا، ثم حدد أفضل ميل للخط المستقيم من الرسم البياني.

$$\text{الميل} = 4.18\times10^{-15}\ \text{V/Hz}$$
$$= 4.18\times10^{-15}\ \text{J/Hz.C}$$

القيمة المقبولة تساوي :

$$\frac{h}{e} = \frac{(6.63\times10^{-34}\ \text{J/Hz})}{(1.60\times10^{-19}\ \text{C})}$$
$$= 4.14\times10^{-15}\ \text{J/Hz.C}$$

من الرسم البياني يكون تردد العتبة :

$$f_0 = 4.99\times10^{14}\ \text{Hz},$$

والذي يعطي طول موجة العتبة من خلال:

$$\lambda_0 = \frac{c}{f_0} = \frac{3.00\times10^{8}\ \text{m/s}}{4.99\times10^{14}\ \text{Hz}} = 601\ \text{nm}$$

ويكون الشغل يساوي :

$$W = hf_0$$
$$= (6.63\times10^{-34}\ \text{J/Hz})(4.99\times10^{14}\ \text{Hz})$$
$$= 3.31\times10^{-19}\ \text{J}$$

الكتابة في الفيزياء

صفحة 60

73. في ضوء ما درسته عن مبدأ عدم التحديد .إبحث عن الحتمية وعدم التحديد في الفيزياء لهيزنبرج وأكتب بحثًا عن ذلك.

ستختلف الإجابات ويجب أن تتضمن: أن مبدأ هيزنبرج يتضمن أنه لا يمكن قياس خاصيتين فيزيائيتين (كالموقع والزخم) لجسيم (كالإلكترون) بلحظة واحدة معينة دون وجود قدر من عدم التأكد من دقة القياس لإحدى الخاصيتين، فإذا عرفنا موقع الإلكترون بلحظة ما أصبح مستحيلًا معرفة زخمه بالدقة نفسها. وينتج عدم التحديد عن عملية القياس نفسها، والتي تؤثر فيها أجهزة القياس على الكميات المقيسة، بما فيها الضوء المستخدم نفسه. فعلى هذا المستوي فإنه عند التعامل مع ذرات أو جزيئات أو جسيمات أولية نقوم بتصويب فوتونات لقياس سرعة هذه الجسيمات بدقة معينة، ثم نصوب فوتونات أخرى لقياس موضع هذه الجسيمات. ونظرًا لأن الفوتونات لها طاقة تقوم بدفع الجسيم عند الاصطدام به فيتغير موقعه، وبالتالي فإننا لا نستطيع تحديد موقعه بدقة ولا تحديد زخمه بدقة.

مراجعة تراكمية

صفحة 60

74. يتحرك شعاع من الالكترونات بسرعة 2.8×10^{8} m/s في مجال كهربائي مقداره 1.4×10^{4} N/C ما مقدار المجال المغناطيسي الذي يجب أن تتحرك خلاله الالكترونات حتى تحافظ على حركتها فيه دون انحراف؟

$$v = \frac{E}{B}$$
$$B = \frac{E}{v} = \frac{1.4\times10^{4}\ \text{N/C}}{2.8\times10^{8}\ \text{m/s}}$$
$$= 5.0\times10^{-5}\ \text{T} = 5.0\times10^{1}\ \mu\text{T}$$

تابع الفصل 8

مسألة تحفيز

صفحة 45

افـترض أن قطعـة نقدية كتلتها 5.0 g معلقـة بنابض تهتز إلى أعلى وإلى أسفل، وكانت السرعة القصوى لهذه القطعة في أثناء اهتزازها 1.0 cm/s. اعتـبر أن قطعة النقـد المهتزة تمثِّل الاهتزازات الكمية للإلكترونـات في الذرة، حيث تعطى طاقة الاهتـزازات بالمعادلة $E= nhf$.

1. احسب الطاقة الحركية العظمى للجسم المهتز.

$$KE = \frac{1}{2}mv^2$$

$$= \left(\frac{1}{2}\right)(5.0\times10^{-3}\ \text{kg})(1.0\times10^{-2}\ \text{m/s})^2$$

$$= 2.5\times10^{-7}\ \text{J}$$

2. يبعـث الجسـم المهتـز طاقـة علـى شـكل ضـوء بتردد 5.0×10^{14} Hz إذا كانـت هـذه الطاقة تُبعث في مرحلة واحدة فاحسب الطاقة التي يفقدها الجسم.

$$E = hf$$

$$= (6.63\times10^{-34}\ \text{J/Hz})(5.0\times10^{14}\ \text{Hz})$$

$$= 3.3\times10^{-19}\ \text{J}$$

3. حدد عدد المراحل التي ستقل فيها طاقة الجسم بمقادير متساوية من أجل أن يفقد طاقته كلها.

$$\text{عدد المراحل} = \frac{2.5\times10^{-7}\ \text{J}}{3.3\times10^{-19}\ \text{J/مرحلة}}$$

$$= 7.6\times10^{11}\ \text{مراحل}$$

مسائل تدريبية

9–1 نموذج بور الذري صفحة (63– 76)

صفحة 74

1. احسب طاقة المستويات التالية لذرة الهيدروجين: الثاني، والثالث والرابع.

$$E_n = \frac{-13.6\ \text{eV}}{n^2}$$

$$E_2 = \frac{-13.6\ \text{eV}}{(2)^2} = -3.40\ \text{eV}$$

$$E_3 = \frac{-13.6\ \text{eV}}{(3)^2} = -1.51\ \text{eV}$$

$$E_4 = \frac{-13.6\ \text{eV}}{(4)^2} = -0.850\ \text{eV}$$

2. احسب فرق الطاقة بين مستوى الطاقة E_3 ومستوى الطاقة E_2 في ذرة الهيدروجين.

$$\Delta E = E_3 - E_2 = (-13.6\ \text{eV})\left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{2^2}\right)$$

$$= (-13.6\ \text{eV})\left(\frac{1}{9} - \frac{1}{4}\right) = 1.89\ \text{eV}$$

3. احسب فرق الطاقة بين مستوى الطاقة E_4 ومستوى الطاقة E_2 في ذرة الهيدروجين.

$$\Delta E = E_4 - E_2 = (-13.6\ \text{eV})\left(\frac{1}{4^2} - \frac{1}{2^2}\right)$$

$$= (-13.6\ \text{eV})\left(\frac{1}{16} - \frac{1}{4}\right) = 2.55\ \text{eV}$$

4. النص الآتي يمثل حل المعادلة $r_n = \frac{h^2 n^2}{4\pi^2 kmq^2}$ عندما $n = 1$، فإن نصف القطر يكون هو الأصغر لمستويات ذرة الهيدروجين. لاحظ أنه – ماعدا n^2 – فإن كل المعطيات الأخرى في المعادلة ثابتة. وقيمة r_1 تساوي 5.3×10^{-11} m، أو 0.053 nm. استخدم هذه المعلومات في حساب أنصاف أقطار مستويات الطاقة الثاني والثالث والرابع في ذرة الهيدروجين.

$$r_n = n^2 k$$

حيث $k = 5.3\times10^{-11}\ \text{m}$

(حيث استخدمت k بدلًا عن كل الثوابت في المعادلة)

$$r_2 = (2)^2(5.3\times10^{-11}\ \text{m})$$

$$= 2.1\times10^{-10}\ \text{m} \quad \text{أو}$$

$$= 0.21\ \text{nm}$$

$$r_3 = (3)^2\ (5.3\times10^{-11}\ \text{m})$$

$$= 4.8\times10^{-10}\ \text{m} \quad \text{أو}$$

$$= 0.48\ \text{nm}$$

$$r_4 = (4)^2(5.3\times10^{-11}\ \text{m})$$

$$= 8.5\times10^{-10}\ \text{m} \quad \text{أو}$$

$$= 0.85\ \text{nm}$$

5. قطر نواة ذرة الهيدروجين 2.5×10^{-15} m، والمسافة بين النواة والإلكترون الأول 5×10^{-11} m تقريبًا. إذا استخدمت كرة قطرها 7.5 cm لتمثل النواة فكم يكون بُعد الإلكترون؟

$$\frac{x}{0.075\ \text{m}} = \frac{5\times10^{-11}\ \text{m}}{2.5\times10^{-15}\ \text{m}}$$

$$x = 2\times10^{3}\ \text{m} = 2\ \text{km},$$

أي ما يقارب ميل واحد.

صفحة 75

6. أوجد الطول الموجي للضوء المنبعث في المسائل 2 و 3. أي الخطوط في **الشكل 8–9** ترتبط مع كل عملية انتقال؟

$$\lambda_{2\text{ إلى }3} = \frac{hc}{\Delta E}$$

$$= \frac{(6.63\times10^{-34}\ \text{J.s})(3.00\times10^{8}\ \text{m/s})}{(1.89\ \text{eV})(1.60\times10^{-19}\ \text{J/eV})}$$

$$= 6.58\times10^{-7}\ \text{m} = 658\ \text{nm}$$

$$\lambda_{2\text{ إلى }4} = \frac{hc}{\Delta E}$$

$$= \frac{(6.63\times10^{-34}\ \text{J.s})(3.00\times10^{8}\ \text{m/s})}{(2.55\ \text{eV})(1.60\times10^{-19}\ \text{J/eV})}$$

$$= 4.88\times10^{-7}\ \text{m} = 488\ \text{nm}$$

7. في عملية انتقال محدد، تسقط طاقة ذرة الزئبق من مستوى طاقة 8.82 eV إلى مستوى طاقة 6.67 eV.

a. ما مقدار طاقة الفوتون المنبعث من ذرة الزئبق؟

$$\Delta E = 8.82\ \text{eV} - 6.67\ \text{eV} = 2.15\ \text{eV}$$

b. ما مقدار الطول الموجي للفوتون المنبعث من ذرة الزئبق؟

$$\lambda = \frac{hc}{\Delta E}$$
$$= \frac{(6.63\times10^{-34}\ \text{J.s})(3.00\times10^{8}\ \text{m/s})}{(2.15\ \text{eV})(1.60\times10^{-19}\ \text{J/eV})}$$
$$= 5.78\times10^{-7}\ \text{m} = 578\ \text{nm}$$

8. في حالة استقرار أيون الهيليوم تكون الطاقة 54.4 eV−. ولكي يتم التحول إلى حالة الاستقرار انبعث فوتون طوله الموجي 304 nm. ما مقدار طاقة الإثارة؟

$$\lambda = \frac{hc}{\Delta E}$$
$$\Delta E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{1240\ \text{eV.nm}}{304\ \text{nm}} = 4.08\ \text{eV}$$

أي: $E_{\text{إثارة}} = E_{\text{استقرار}} + \Delta E$

$$= -54.4\ \text{eV} + 4.08\ \text{eV}$$
$$= -50.3\ \text{eV}$$

مراجعة القسم

1–9 نموذج بور الذري صفحة (76 –63)

صفحة 76

9. **نموذج راذرفورد النووي**: لخص تركيب الذرة بناء على نموذج راذرفورد النووي.

وفق النموذج النووي لراذرفورد ؛فإن جميع الذرات موجبة الشحنة ومعظم كتلتها في النواة الصغيرة الواقعة في مركز الذرة حيث تدور حولها إلكترونات سالبة الشحنة.

10. **الأطياف**: فيم تختلف أطياف الانبعاث الذرية للمواد الصلبة المتوهجة والغازات، وفيم تتشابه؟

المواد الصلبة المتوهجة تنتج حزمة متصلة من الألوان، في حين تنتج الغازات مجموعة من الخطوط الطيفية المنفصلة. وتتكوّن جميع الأطياف نتيجة تحولات في مستوى الطاقة في الذرة.

11. **نموذج بور**: فسّر كيف تحفظ الطاقة عندما تمتص ذرة فوتون الضوء؟

يكون المجموع الأولي لطاقة الإلكترون في الذرة مضافًا إليها طاقة الفوتون الممتص تساوي الطاقة النهائية للإلكترون في الذرة.

12. **نصف قطر المستوى**: يسلك أيون الهيليوم سلوك ذرة الهيدروجين، ونصف قطر مستوى طاقة الأيون الأدنى يساوى 0.0265 nm. اعتمادًا على نموذج بور، ما مقدار نصف قطر مستوى الطاقة الثاني؟

يعتمد نصف قطر مستوى الإلكترون على n^2، لذلك فإن $r_2 = 4r_1 = 0.106\ \text{nm}$.

13. **طيف الامتصاص**: وضح كيفية حساب طيف الامتصاص لغاز ما. وضح أسباب ظهور الطيف.

ينفذ الضوء الأبيض من خلال عينة من الغاز ثم من خلال جهاز سبكتروسكوب. ولأن الغاز يمتص أطوالاً موجية محددة فإن الطيف المستمر العادي يحتوي على خطوط معتمة.

14. **نموذج بور**: تم الكشف عن تحوّل ذرة الهيدروجين من مستوى الطاقة 101 إلى مستوى الطاقة 100. ما مقدار الطول الموجي للإشعاع؟ أين يقع هذا الانبعاث في الطيف الكهرومغناطيسي؟

$$\Delta E = E_{101} - E_{100}$$
$$= (-13.6\ \text{eV})\left(\frac{1}{101^2} - \frac{1}{100^2}\right)$$
$$= 2.68\times10^{-5}\ \text{eV}$$
$$\lambda = \frac{hc}{\Delta E} = \frac{1240\ \text{eV.nm}}{2.68\times10^{-5}\ \text{eV}}$$
$$= 46.3\times10^{6}\ \text{nm} = 4.63\ \text{cm}$$

يُشير الطول الموجي إلى أن الإشعاع هو موجات ميكروويف.

15. **التفكير الناقد** نصف قطر نواة ذرة الهيدروجين 1.5×10^{-15} m تقريبًا. إذا كنت راغبًا في بناء نموذج لذرة الهيدروجين باستخدام كرة بلاستيك $r = 5$ cm لتمثل النواة فأين تضع إلكترونًا في مستوى $n = 1$؟ هل يكون موقعه في غرفة صفك؟

هذا المقياس يعني أن 1.5×10^{-15} m تقابل 5 cm أي أن 1 cm يقابل 3.0×10^{-16} m.

وفي النموذج المراد بناؤه ستكون النسبة

$(5.3\times10^{-11}/3.0\times10^{-16})$ 1 cm

$= 1.8\times10^{5}$ cm أو

$= 1.8$ km

وهذا يتجاوز غرفة الصف وحتى حدود المدرسة.

مراجعة القسم

2–9 النموذج الكمي للذرة (صفحة 83 – 77)

صفحة 83

16. **أجهـزة الليزر** أي أجهزة الليزر في **الجدول 1–9** تبعث ضـوءًا أكثر احمرارًا (ضوءًا مرئيًّا ذا طول موجي كبير). وأيهـا يبعث ضوءًا أزرق؟ وأيها يبعـث حزمًا ضوئية لا يمكن رؤيتها بالعين؟

ليزر GaALAs يبعث ضوءًا أكثر احمرارًا،

ليزر Ar^+ و InGaN يبعث ضوءًا أزرق

ليزر KrF و N_2وGaAsو Nd وCo_2 يبعث حزمًا ضـوئية لا يمكن رؤيتها بالعين.

17. **ضـخ الذرات** وضح ما إذا كان يمكن اسـتخدام الضوء الأخضر لضخ ضوء ليزر أحمر. لماذا لا يستخدم الضوء الأحمر لضخ الضوء الأخضر؟

نعم، يمكن استخدام الضوء الأخضر لضخ ضوء ليزر أحمر، ولكن لا يستخدم الضوء الأحمر لضخ الضوء الأخضر لأن للفوتونات الحمراء طاقة أقل من طاقة الفوتونات الخضراء، أي ليس للفوتونات الحمراء طاقة كافية حتى تبعث فوتونات خضراء من الذرات.

18. **محـددات نموذج بور** ما أوجه القصور في نموذج بور، على الرغم من توقعه سلوك ذرة الهيدروجين بدقة؟

لأنه يسـتطيع فقط أن يتوقع سلوك ذرات الهيدروجين أو الذرات القريبة من الهيدروجين، في حين لا يستطيع أن يفسّر لماذا لا تطبق القوانين الكهرومغناطيسية داخل الذرات.

19. **النموذج الكمي** وضح لماذا تعارض نموذج بور للذرة مع مبدأ عدم التحديد لهيزنبرج، بينما لم يتعارض النموذج الكمي معه؟

وفق مبدأ عدم التحديد لا يمكن أن تحدد موضع الجسيم وزخمه بدقة في الوقت نفسه، مثل مدار بور. في حين يتنبأ النمـوذج الكمـي فقط باحتمالية أن نصـف قطر مسـتوى الإلكترون سوف يكون له قيمة ما معطاة.

20. **أجهـزة الليزر** وضّح كيف يعمل ليزر الانبعاث المحفز على إنتاج ضوء مترابط؟

عندمـا يصـطدم الفوتون بذرة مسـتقرة فإنـه يحفز ذرة مثـارة لبعث فوتون بالطاقة نفسـها بالتزامن مع الفوتون المسبب، ويبقى الفوتون المسبب دون تغير. وهذان الفوتونان يصطدمان بذرات أخرى وهكذا تنتج حزمة ضوء مترابط وتزداد أكثر فأكثر في الخطوة نفسها.

21. **ضـوء الليزر** مـا الخصائص الأربعة لضـوء الليزر التي تجعله مفيدًا؟

ضـوء مركّـز ذو طاقـة كبيـرة؛ وموجّه؛ وذو طـول موجي مُوحد، ومترابط.

22. **التفكير الناقد** افترض أنه تم الحصول على سحابة صغيرة جدًّا من الإلكترونات، بحيث تكون الذرة بحجم النواة تقريبًـا. اسـتخدم مبدأ عدم التحديـد لهيزنبرج لتوضيح لماذا تستهلك كمية هائلة من الطاقة في هذه الحالة؟

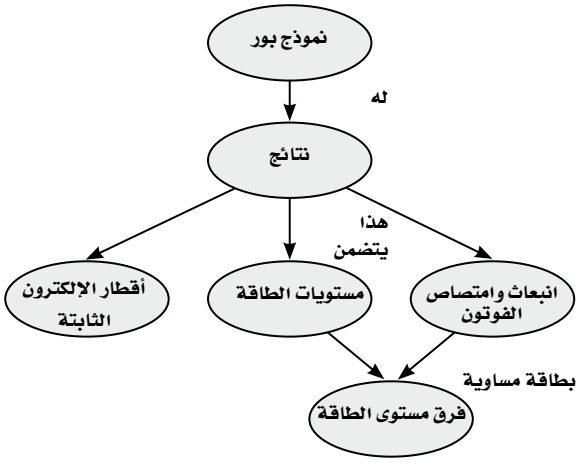
السحابة الأصغر تعني معرفتنا بدقة أكبر لموقع الإلكترون. إذا كان موقع الجسيم محددًا بدقة فإن زخمه الخطي يكون غير محدد بدقة. قد يكون عدم تحديد الزخم الخطي كبيرٌ فقط إذا كان الزخم الخطي كبيرًا، لذلك فإن الطاقة الحركية للإلكترون يجب أن تكون كبيرة أيضًا، مما يتطلب طاقة كبيرة.

تقويم الفصل

خريطة المفاهيم

صفحة 88

23. أكمل خريطة المفاهيم التالية مستخدمًا ما يلي: مستويات الطاقـة، أقطار الإلكتـرون الثابتة، نموذج بـور، انبعاث وامتصاص الفوتون، فرق مستوى الطاقة.



إتقان المفاهيم

صفحة 88

24. وضح كيف حدد رذرفورد أن الشحنة الموجبة في الذرة متمركزة في منطقة صغيرة جدًّا، وليست منتشرة في الذرة.

وجّه رذرفورد شعاع من جسيمات ألفا في اتجاه صفيحة فلزية رقيقة وقاس عدد الجسيمات المنحرفة بزوايا مختلفة. فوجد أن عددًا صغيرًا انحرف بزوايا كبيرة مما يدل على أمر هام ألا وهو أن الشحنة الموجبة في الذرة متركزة في منطقة صغيرة جدًا هي النواة.

25. كيف فسر نموذج بور لماذا يتضمن طيف الامتصاص للهيدروجين نفس ترددات طيف الانبعاث؟

إن طاقة الفوتون المنبعث أو الفوتون الممتص تساوي التغير في الطاقة والتي يمكن فقط أن يكون لها قيم محددة.

26. قم بمراجعة نموذج الكواكب للذرة. ما المشكلات المتعلقة بنموذج الكواكب للذرة؟

عندما تخضع الإلكترونات لتسارع مركزي، فإنها سوف تخسر طاقة فعندئذ تتخذ مسارًا حلزونيًا نحو النواة، وتشع طاقة بجميع الأطوال الموجية وليست ذات أطوال موجية محددة.

27. **حلل وانتقد** نموذج بور للذرة. ما الافتراضات الثلاثة التي قدمها بور لتطوير نموذجه؟

تكون مستويات الطاقة في الحالات المستقرة مكمّمة، تبعث الذرة أو تمتص الإشعاع فقط عندما تتغيّر حالتها، الزخم الزاوي مكمّم.

28. **أنابيب الغاز المفرغة** وضح كيف تنتج الأطياف الخطية في أنابيب الغاز المفرغة؟

تنتقل الطاقة إلى الغاز؛ مما يسبب إثارة الإلكترونات، فتنتقل إلى مستويات طاقة أعلى. ثم تتخلص الإلكترونات من فرق الطاقة بين مستويات الطاقة عندما تسقط عائدة إلى المستوى الأقل إثارة. وترتبط فروق الطاقة بين المستويات مع الخطوط الطيفية.

29. كيف قدّم نموذج بور تفسيرًا للطيف المنبعث من الذرات؟

تحدد الأطوال الموجية للفوتون بالفرق بين طاقات المستويات المسموح بها عندما ينتقل الإلكترون من مستوى الإثارة إلى مستوى الاستقرار.

30. فسّر لماذا تختلف الأطياف الخطية الناتجة عن أنابيب التفريغ لغاز الهيدروجين عن تلك الأطياف الناتجة عن أنابيب التفريغ لغاز الهيليوم.

لأن تكوين كل عنصر مختلف عن الآخر من حيث توزيع الإلكترونات أو مستويات الطاقة.

31. **الليزرات** إن مصدر الطاقة لجهاز الليزر المختبري $0.8\ mW\ (8 \times 10^{-4}\ W)$ فقط. لماذا يبدو أنه أكثر قدرة من ضوء مصباح كهربائي 100 W؟

لأن ضوء الليزر يتركز في حزمة ضيقة، بدلاً من أن ينتشر على مساحة واسعة كما في المصباح.

32. جهاز مشابه لليزر يبعث إشعاع موجات ميكروويف يسمى الميزر. ما الكلمات المرجعية التي تكوّن هذا الاختصار؟

تضخيم الموجات الميكروية باستعمال الانبعاث المحفز بالإشعاع.

33. ما خصائص ضوء الليزر التي أدت إلى استخدامه في أجهزة العرض الضوئية؟

الليزر موجات ضوئية موجّهة ومركزة وذات أطوال موجية موحدة وأحادية اللون.

تطبيق المفاهيم

صفحة 89–88

34. يختلف مستوى التعقيد لمستويات الطاقة من ذرة إلى أخرى. كيف تتوقع أن يؤثر ذلك في الأطياف التي تنتجها؟

تصبح الأطياف أكثر تعقيدًا.

35. **الأضواء الشمالية** تحدث الأضواء الشمالية بواسطة جسيمات ذات طاقة عالية قادمة من الشمس عندما تصطدم بذرات في الغلاف الغازي للأرض، إذا نظرت إلى هذه الأضواء خلال منظار طيفي فهل تشاهد طيفًا متصلاً، أم طيفًا خطيًّا؟ فسّر؟

أُشاهد طيفًا خطيًّا لأن الضوء القادم من الغاز مكوّن من عناصر محددة.

36. إذا انبعث ضوء أبيض من سطح الأرض وشاهده شخص من الفضاء، فهل يظهر الطيف بحيث يكون متصلاً؟ فسّر.

لا، طاقات معينة سوف تمتص بواسطة الغازات في الغلاف الغازي، لذلك سوف يحتوي الطيف على خطوط امتصاص.

37. هـل تعدّ قطع النقـود مثالاً جيدًا للتكمية؟ هل يعدّ الماء كذلك؟ فسّر.

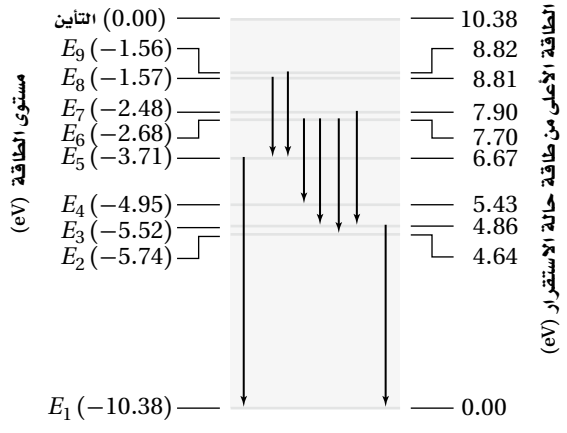
نعم، تأتي النقود بقيم محددة. في حين لا يأتي الماء بأي كمية محددة محتملة.

38. ذرة لها أربعة مستويات للطاقة، E_4 مستوى الطاقة الأعلى، و E_1 مستوى الطاقة الأدنى. إذا حدثت انتقالات بين أي مستويين للطاقة، فما عدد الخطوط الطيفية التي تستطيع الذرة أن تبعث بها؟ ما الانتقال الذي يبعث فوتونًا بأعلى طاقة؟

تستطيع الذرة أن تبعث ستة خطوط محتملة، والفوتون ذو الطاقة الأعلى ينتج فقط بين المستويين $E_4 \longrightarrow E_1$.

39. من **الشكل 21–9**، يدخل فوتون طاقته 6.2 eV ذرة زئبق في حالة استقرار. هل تمتصه الذرة ؟ فسّر.

شكل مستوى الطاقة لذرة الزئبق



■ **الشكل 21–9**

لا؛ لأنها تحتاج إلى طاقة 5.43 eV لنقل الإلكترون إلى مستوى الطاقة E_4، أو 6.67eV لنقل الإلكترون إلى مستوى الطاقة E_5. حيث تمتص الذرة فقط الفوتونات التي لها طاقة محددة فقط.

40. ينبعث فوتون عندما ينتقل إلكترون ذرة الهيدروجين المثارة خلال مستويات طاقة أدنى. ما مقدار الطاقة العظمى التي يمكن أن تكون للفوتون؟ إذا مُنحت كمية الطاقة هذه إلى ذرة في حالة الاستقرار، فما الذي يحدث؟

الطاقة العظمى 13.6 eV وهذه أيضًا طاقة التأين لذرة الهيدروجين. حيث يغادر الإلكترون النواة.

41. قارن بين نظرية الكم الميكانيكية للذرة ونموذج بور.

لنموذج بور أقطار محددة ثابتة ويسمح بالحسابات فقط لذرات الهيدروجين، في حين يعطي النموذج الحالي (نظرية الكم الميكانيكية) احتمالية وجود إلكترون في موقع ما، ويمكن أن يستخدم لجميع الذرات.

42. أي الليـزرات – الأحمر، والأخضـر، والأزرق – ينتج فوتونات بطاقة أكبر؟

ليزر الضوء الأزرق.

إتقان حل المسائل

1–9 نموذج بور الذري

صفحة 89–90

43. ينتقل إلكترون ذرة كالسـيوم من مستوى طاقة 5.16 eV فوق مستوى الاستقرار إلى مستوى طاقته 2.93 eV فوق مستوى الاستقرار. ما الطول الموجي للفوتون المنبعث؟

$$\Delta E = hf = \frac{hc}{\lambda}$$

$$\lambda = \frac{hc}{\Delta E}$$

$$= \frac{1240\ \text{eV.nm}}{5.16\ \text{eV} - 2.93\ \text{eV}}$$

$$= 556\ \text{nm}$$

44. إذا دخـل فوتـون ضـوء برتـقالي طولـه الموجـي $6.00 \times 10^{2}\ \text{nm}$ فـي ذرة كالسـيوم مثـارة عند مسـتوى الطاقة E_6 فتأينت الذرة، فما مقدار طاقة حركة الإلكترون المنبعث من الذرة؟

طاقة الفوتون: $E = \frac{hc}{\lambda}$

$$= \frac{(6.63\times10^{-34}\ \text{J/Hz})(3.00\times10^{8}\ \text{m/s})}{6.00\times10^{-7}\ \text{m}}$$

$$= 3.314\ \text{J}$$

$$= 3.314\ \text{J}\left(\frac{1\ \text{eV}}{1.60\times10^{-19}\ \text{J}}\right) = 2.07\ \text{eV}$$

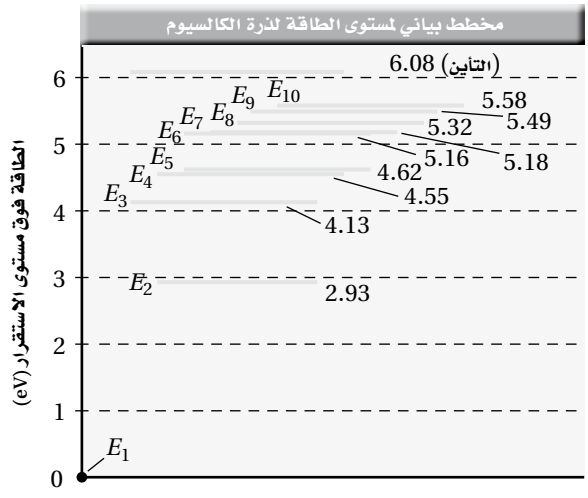
الطاقة اللازمة للتأين E_6

$$6.08\ \text{eV}$$
$$\underline{-5.16\ \text{eV}}$$
$$= 0.92\ \text{eV}$$

الطاقة الحركية = طاقة الفوتون – طاقة التأين

$$2.07\ \text{eV} - 0.92\ \text{eV} = 1.15\ \text{eV}$$

45. ذرة كالسيوم مثارة إلى مستوى طاقة E_2 طاقته 2.93 eV فوق مستوى الاستقرار. اصطدم بها فوتون طاقته 1.20 eV فامتصته. إلى أي مستوى طاقة تنتقل ذرة الكالسيوم؟ ارجع إلى **الشكل 22–9**.



■ **الشكل 22–9**

تنتقل إلى مستوى الطاقة E_3:

$$2.93\ \text{eV} + 1.20\ \text{eV} = 4.13\ \text{eV} = E_3$$

46. ذرة كالسيوم مثارة عند مستوى طاقة E_6. ما مقدار الطاقة المحررة عندما تسقط الذرة إلى مستوى الطاقة E_2؟ ارجع إلى **الشكل 22–9**.

$$E_6 - E_2 = 5.16\ \text{eV} - 2.93\ \text{eV} = 2.23\ \text{eV}$$

47. احسب الطاقة المرتبطة بمستويات الطاقة E_7 و E_2 لذرة الهيدروجين.

$$E_7 = -13.6\ \text{eV}\left(\frac{1}{n^2}\right)$$
$$= -13.6\ \text{eV}\left(\frac{1}{7^2}\right) = -0.278\ \text{eV}$$
$$E_2 = -13.6\ \text{eV}\left(\frac{1}{n^2}\right)$$
$$= -13.6\ \text{eV}\left(\frac{1}{2^2}\right) = -3.40\ \text{eV}$$

48. احسب الفرق في مستويات الطاقة في المسألة السابقة.

$$E_7 = -13.6\ \text{eV}\left(\frac{1}{n^2}\right)$$
$$= -13.6\ \text{eV}\left(\frac{1}{7^2}\right) = -0.278\ \text{eV}$$
$$E_2 = -13.6\ \text{eV}\left(\frac{1}{n^2}\right)$$
$$= -13.6\ \text{eV}\left(\frac{1}{2^2}\right) = -3.40\ \text{eV}$$
$$E_7 - E_2 = -0.278\ \text{eV} - (-3.40\ \text{eV})$$
$$= 3.12\ \text{eV}$$

*ارجع إلى **الشكل 21–9** لحل المسألتين 49 و 50.*

49. ذرة زئبق مثارة عند مستوى طاقة E_6.

a. ما مقدار الطاقة اللازمة لتأيين الذرة؟

$$E_6 = 7.70\ \text{eV}$$

$$10.38\ \text{eV} - 7.70\ \text{eV} = 2.68\ \text{eV}$$

b. ما مقدار الطاقة المتحررة عندما تسقط الذرة إلى مستوى الطاقة E_2؟

$$E_2 = 4.64\ \text{eV}$$

$$7.70\ \text{eV} - 4.64\ \text{eV} = 3.06\ \text{eV}$$

50. ذرة زئبق مثارة طاقتها 4.95 eV–. امتصت فوتونًا فأصبحت في مستوى الطاقة الأعلى التالي. ما مقدار طاقة الفوتون؟ وما مقدار تردده ؟

$$E_5 - E_4 = -3.71\ \text{eV} - (-4.95\ \text{eV})$$
$$= 1.24\ \text{eV}$$
$$E = hf$$
$$f = \frac{E}{h}$$
$$= \frac{1.24\ \text{eV}\left(\frac{1.60\times10^{-19}\ \text{J}}{\text{eV}}\right)}{6.63\times10^{-34}\ \text{J.s}} = 2.99\times10^{14}\ \text{Hz}$$

51. ما الطاقات المرتبطة مع مستويات الطاقة لذرة الهيدروجين E_2 ، E_3، E_4، E_5 و E_6؟

$$E_2 = \frac{-13.6\ \text{eV}}{n^2} = \frac{-13.6\ \text{eV}}{(2)^2} = -3.40\ \text{eV}$$

$$E_3 = \frac{-13.6\ \text{eV}}{(3)^2} = -1.51\ \text{eV}$$

$$E_4 = \frac{-13.6\ \text{eV}}{(4)^2} = -0.850\ \text{eV}$$

$$E_5 = \frac{-13.6\ \text{eV}}{(5)^2} = -0.544\ \text{eV}$$

$$E_6 = \frac{-13.6\ \text{eV}}{(6)^2} = -0.378\ \text{eV}$$

52. باستخدام القيم المحسوبة في المسألة 51، احسب فروق الطاقة بين مستويات الطاقة التالية:

a. $E_6 - E_5$

$$(-0.378\ \text{eV}) - (-0.544\ \text{eV}) = 0.166\ \text{eV}$$

b. $E_6 - E_3$

$$(-0.378\ \text{eV}) - (-1.51\ \text{eV}) = 1.13\ \text{eV}$$

c. $E_4 - E_2$

$$(-0.850\ \text{eV}) - (-3.40\ \text{eV}) = 2.55\ \text{eV}$$

d. $E_5 - E_2$

$$(-0.544\ \text{eV}) - (-3.40\ \text{eV}) = 2.86\ \text{eV}$$

e. $E_5 - E_3$

$$(-0.544\ \text{eV}) - (-1.51\ \text{eV}) = 0.97\ \text{eV}$$

53. استخدم القيم في المسألة 52 لحساب تردد الفوتونات المنبعثة عندما ينجز إلكترون ذرة الهيدروجين تغيرات في مستويات الطاقة المذكورة أعلاه.

a.

$$E = hf$$

أي:

$$f = \frac{E}{h}$$

$$hf = E_6 - E_5 = 0.166\ \text{eV}$$

$$f = \frac{(0.166\ \text{eV})(1.60\times10^{-19}\ \text{J/eV})}{6.63\times10^{-34}\ \text{J/Hz}}$$

$$= 4.01\times10^{13}\ \text{Hz}$$

b.

$$hf = E_6 - E_3 = 1.13\ \text{eV}$$

$$f = \frac{(1.13\ \text{eV})(1.60\times10^{-19}\ \text{J/eV})}{6.63\times10^{-34}\ \text{J/Hz}}$$

$$= 2.73\times10^{14}\ \text{Hz}$$

c.

$$hf = E_4 - E_2 = 2.55\ \text{eV}$$

$$f = \frac{(2.55\ \text{eV})(1.60\times10^{-19}\ \text{J/eV})}{6.63\times10^{-34}\ \text{J/Hz}}$$

$$= 6.15\times10^{14}\ \text{Hz}$$

d.

$$hf = E_6 - E_3 = 2.86\ \text{eV}$$

$$f = \frac{(2.86\ \text{eV})(1.60\times10^{-19}\ \text{J/eV})}{6.63\times10^{-34}\ \text{J/Hz}}$$

$$= 6.90\times10^{14}\ \text{Hz}$$

e.

$$hf = E_6 - E_3 = 0.97\ \text{eV}$$

$$f = \frac{(0.97\ \text{eV})(1.60\times10^{-19}\ \text{J/eV})}{6.63\times10^{-34}\ \text{J/Hz}}$$

$$= 2.3\times10^{14}\ \text{Hz}$$

54. احسب الطول الموجي للفوتونات ذات الترددات التي قمت بحسابها في المسألة 53.

a.

$$c = \lambda f$$

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3.00\times10^{8}\ \text{m/s}}{4.01\times10^{13}\ \text{Hz}}$$

$$= 7.48\times10^{-6}\ \text{m} = 7480\ \text{nm}$$

b.

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3.00\times10^{8}\ \text{m/s}}{2.73\times10^{14}\ \text{Hz}}$$

$$= 1.10\times10^{-6}\ \text{m} = 1.10\times10^{3}\ \text{nm}$$

c.

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3.00\times10^{8}\ \text{m/s}}{6.15\times10^{14}\ \text{Hz}}$$

$$= 4.88\times10^{-7}\ \text{m} = 488\ \text{nm}$$

d.

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3.00\times10^{8}\ \text{m/s}}{6.90\times10^{14}\ \text{Hz}}$$

$$= 4.35\times10^{-6}\ \text{m} = 435\ \text{nm}$$

e.

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3.00\times10^{8}\ \text{m/s}}{2.3\times10^{14}\ \text{Hz}}$$

$$= 1.3\times10^{-6}\ \text{m} = 1.3\times10^{3}\ \text{nm}$$

55. تبعث ذرة هيدروجين فوتونًا طوله الموجي 94.3 nm عندما تصل إلى حالة الاستقرار. من أي مستوى طاقة انتقل إلكترونها؟

$$c = \lambda f$$

$$\lambda = \frac{c}{\lambda} = \frac{3.00\times10^{8}\ \text{m/s}}{9.43\times10^{-8}\ \text{m}}$$

$$= 3.18\times10^{15}\ \text{Hz}$$

$$E_n - E_1 = (6.626\times10^{-34}\ \text{J/Hz})(3.18\times10^{15}\ \text{Hz})$$

$$= 2.11\times10^{-18}\ \text{J}$$

$$\Delta E = -2.11\times10^{-18}\ \text{J}$$

$$E_n = E_1 - \Delta E$$

$$= -2.17\times10^{-18}\ \text{J} - (-2.11\times10^{-18}\ \text{J})$$

$$= -6\times10^{-20}\ \text{J}$$

$$= \frac{-2.17\times10^{-18}\ \text{J}}{n^2} = -6\times10^{-20}\ \text{J}$$

$$n^2 = 36$$

$$n = 6$$

56. ذرة هيدروجين مثارة إلى $n = 3$. وفق نموذج بور، أوجد كلًّا مما يلي:

a. نصف قطر المستوى.

$$r = \frac{h^2 n^2}{4\pi^2 K m q^2}$$

$$= \frac{(6.63\times10^{-34}\ \text{J.s})^2\ (3)^2}{4\pi^2(9.00\times10^{9}\ \text{N.m}^2/\text{C}^2)(9.11\times10^{-31}\ \text{kg})(1.60\times10^{-19}\ \text{C})^2}$$

$$= 4.77\times10^{-10}\ \text{m}$$

b. القوة الكهربائية بين البروتون والإلكترون.

$$F = \frac{Kq^2}{r^2}$$

$$= \frac{(9.00\times10^{9}\ \text{N.m}^2/\text{C}^2)(1.60\times10^{-19}\ \text{C})^2}{(4.77\times10^{-10}\ \text{m})^2}$$

$$= 1.01\times10^{-9}\ \text{N}$$

c. التسارع المركزي للإلكترون.

$$F = ma$$

$$a = \frac{F}{m} = \frac{1.01\times10^{-9}\ \text{N}}{9.11\times10^{-31}\ \text{kg}}$$

$$= 1.11\times10^{21}\ \text{m/s}^2$$

d. السرعة الدورانية للإلكترون (قارن بين هذه السرعة وسرعة الضوء).

$$a = \frac{v^2}{r}$$

$$v = \sqrt{ar}$$

$$= \sqrt{(1.11\times10^{21}\ \text{m/s}^2)(4.77\times10^{-10}\ \text{m})}$$

$$= 7.28\times10^{5}\ \text{m/s}$$

أو

$$= 0.24\%\ \text{من سرعة الضوء}$$

9–2 النموذج الكمي للذرة

57. **مشغل القرص المدمج CD** تستخدم ليزرات زرنيخات الجاليوم بصورة شائعة في مشغلات القرص المدمج. إذا بعث مثل هذا الليزر عند طول موجي 840 nm، فما مقدار الفرق بوحدة eV بين مستويات الطاقة ؟

$$c = \lambda f$$

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3.00\times10^{8}\ \text{m/s}}{840\times10^{-9}\ \text{m}}$$

$$= 3.57\times10^{14}\ \text{Hz}$$

$$E = hf$$

$$= \frac{(6.63\times10^{-34}\ \text{J/Hz})(3.57\times10^{14}\ \text{Hz})}{1.60\times10^{-19}\ \text{J/eV}}$$

$$= 1.5\ \text{eV}$$

58. أُدخل ليزر GaInNi بين مستويات طاقة مفصولة بطاقة مقدارها 2.90 eV.

a. ما الطول الموجي للضوء المنبعث من الليزر؟

$$\Delta E = \frac{hc}{\lambda}$$

$$\lambda = \frac{hc}{\Delta E} = \frac{1240\ \text{eV.nm}}{2.90\ \text{eV}}$$

$$= 428\ \text{nm}$$

b. في أي جزء من الطيف يقع هذا الضوء؟

في الجزء الأزرق.

59. ينبعث ليزر ثاني أكسيد الكربون بفوتون أشعة تحت حمراء طاقته عالية جدًّا. ما مقدار فرق الطاقة بوحدة eV بين مستويات الطاقة الليزرية؟ ارجع إلى **الجدول 1–9**.

$$c = \lambda f$$

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3.00\times10^{8}\ \text{m/s}}{10600\times10^{-9}\ \text{m}}$$

$$= 2.83\times10^{13}\ \text{Hz}$$

$$E = hf$$

$$= \frac{(6.63\times10^{-34}\ \text{J/Hz})(2.83\times10^{13}\ \text{Hz})}{1.60\times10^{-19}\ \text{J/eV}}$$

$$= 0.117\ \text{eV}$$

60. الطاقة في حزمة ليزر تساوي حاصل ضرب طاقة كل فوتون منبعث في عدد الفوتونات لكل ثانية.

a. إذا أردت الحصول على ليزر عند طول موجي 840 nm بحيث يكون له القدرة نفسها لليزر طوله موجته 427 nm، فكم مرة يتضاعف عدد الفوتونات لكل ثانية؟

بما أن طاقة الفوتون تعطى بالعلاقة $E = hf = \frac{hc}{\lambda}$، فنسبة الطاقة بين الفوتونات في الليزر الثاني إلى الطاقة في الليزر الأول هي $\frac{427}{840} = 0.508$. ولهذا تكون نسبة عدد الفوتونات في الليزر الثاني إلى الأول في كل ثانية $\frac{1}{0.508}$ أي تساوي 1.97.

b. أوجد عدد الفوتونات لكل ثانية في ليزر قدرته 5.0 m W وطوله الموجي 840 nm.

$p = (\text{عدد الفوتونات /s})(E/\text{فوتون}) = nE$

لكن: $n = P/E$

لحساب طاقة الفوتون بالجول نستخدم العلاقة:

$$E = \frac{hc}{\lambda}$$

$$= \frac{(1240\ \text{eV.nm})(1.60\times10^{-19}\ \text{J/eV})}{840\ \text{nm}}$$

$$= 2.4\times10^{-19}\ \text{J}$$

لذا $$n = \frac{5.0\times10^{-3}\ \text{J/s}}{2.4\times10^{-19}\ \text{J/فوتون}}$$

$$= 2.1\times10^{16}\ \text{فوتون /s}$$

61. **ليزرات HeNe** يمكن صنع الليزرات HeNe المستخدمة بوصفها مؤشرات يستخدمها المحاضرون، بحيث تنتج ليزرًا عند الأطوال الموجية الثلاثة: 1152.3 nm، 543.4 nm، 632.8 nm.

a. أوجد فرق الطاقة بين كل وضعين متضمنين في حزمة كل طول موجي.

$$\Delta E = \frac{hc}{\lambda}$$

أي: $$\Delta E = \frac{1240\ \text{eV.nm}}{\lambda}$$

بالتعويض بالأطوال الموجية الثلاث في العلاقة السابقة نحصل على:
1.08 eV, 2.28 eV, 1.96 eV، على الترتيب.

b. حدد لون كل طول موجي.
أحمر تحت حمراء، أخضر على الترتيب.

مراجعة عامة

صفحة 91

62. يدخل فوتون طاقته 14.0 eV ذرة هيدروجين في حالة الاستقرار فيؤينها. ما مقدار الطاقة الحركية للإلكترون المتحرر من الذرة؟

تحتاج ذرة الهيدروجين إلى 13.6 eV لتتأين، وعليه ستكون الطاقة الحركية للإلكترون المتحرر:

$$14.0\ \text{eV} - 13.6\ \text{eV} = 0.4\ \text{eV}$$

63. احسب نصف قطر المستوى لكل من مستويي الطاقة E_5 و E_6 لذرة الهيدروجين.

$$r_5 = \frac{h^2n^2}{4\pi^2Kmq^2}$$

$$= \frac{(6.63\times10^{-34}\ \text{J.s})^2(5)^2}{4\pi^2\,(9.00\times10^{9}\ \text{N.m}^2/\text{C}^2)(9.11\times10^{-31}\ \text{kg})(1.60\times10^{-19}\ \text{C})^2}$$

$$= 1.33\times10^{-9}\ \text{m}$$

$$r_6 = \frac{(6.63\times10^{-34}\ \text{J.s})2(6)^2}{4\pi^2\,(9.00\times10^{9}\ \text{N.m}^2/\text{C}^2)(9.11\times10^{-31}\ \text{kg})(1.60\times10^{-19}\ \text{C})^2}$$

$$= 1.91\times10^{-9}\ \text{m}$$

تابع الفصل 9

64. ذرة هيدروجين في المستوى $n = 2$.

a. إذا اصطدم فوتون طوله الموجي 332 nm بهذه الذرة. فهل تتأين هذه الذرة؟ وضح ذلك.

الطاقة اللازمة للتأين من هذا المستوى : $E_2 = \frac{-13.6\ \text{eV}}{n^2} = \frac{13.6\ \text{eV}}{(2)^2} = -3.40\ \text{eV}$

طاقة الفوتون : $E = hf = \frac{hc}{\lambda}$

$$= \frac{(6.63\times10^{-34}\ \text{J/Hz})(3.00\times10^{8}\ \text{m/s})}{332\times10^{-9}\ \text{m}}$$

$$= 5.99\times10^{-19}\ \text{J}$$

$$= 3.74\ \text{eV}$$

وهذا يبين أن اصطدام الفوتون يؤدي إلى التأين.

b. عندما تتأين الذرة، افترض أن إلكترونًا يكتسب الطاقة الزائدة عن التأين، فكم تكون الطاقة الحركية للإلكترون بوحدة الجول؟

$3.74\ \text{eV} - 3.40\ \text{eV} = 0.340\ \text{eV} = 5.4\times10^{-20}\ \text{J}$

65. وُجهت حزمة من الإلكترونات إلى عينة من غاز الهيدروجين الذري. ما أقل طاقة للإلكترونات تلزم لينبعث ضوء أحمر ينتج عندما ينتقل إلكترون ذرة الهيدروجين من مستوى الطاقة $n = 3$ إلى مستوى الطاقة $n = 2$؟

الطاقة اللازمة لانتقال ذرة الهيدروجين من حالة الاستقرار إلى مستوى $n = 3$ تساوي:

$$\Delta E = E_3 - E_1$$

$$= (-13.6\ \text{eV})\left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{1^2}\right)$$

$$= (-13.6\ \text{eV})\left(\frac{-8}{9}\right)$$

$$= 12.1\ \text{eV}$$

66. أكثر تجارب المطياف دقة تستخدم تقنيات "فوتونين". حيث يوجَّه فوتونان بأطوال موجية متكافئة على ذرات الهدف من اتجاهين متعاكسين. كل فوتون له نصف الطاقة اللازمة لإثارة الذرات من حالة الاستقرار إلى مستوى الطاقة اللازم. ما طول موجة الليزر الذي يلزم لإنجاز دراسة دقيقة لفرق الطاقة بين $n = 1$ و $n = 2$ في الهيدروجين؟

$$\Delta E = E_2 - E_1$$

$$= (-13.6\ \text{eV})\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{1^2}\right)$$

$$= (-13.6\ \text{eV})\left(\frac{-3}{4}\right)$$

$$= 10.2\ \text{eV}$$

طول موجة كل ليزر:

$$\lambda = \frac{hc}{\left(\frac{\Delta E}{2}\right)} = \frac{1240\ \text{eV.nm}}{\left(\frac{10.2\ \text{eV}}{2}\right)} = 243\ \text{nm}$$

التفكير الناقد

صفحة 91

67. **تطبيق المفاهيم** يوضح **الشكل** 23–9 نتيجة إسقاط طيف مصباح غاز الزئبق ذي الضغط العالي على حائط في غرفة مظلمة. ما فروق الطاقة لكل من الخطوط المرئية الثلاثة؟

436 nm 546 nm 579 nm

■ **الشكل 23–9**

الخط 436 nm يعني انتقال الإلكترون من E_6 إلى E_3، وفرق الطاقة عندئذٍ يساوي 2.84 eV .

$$\frac{1240\ \text{eV.nm}}{436\ \text{nm}} = 2.84\ \text{eV}$$

حيث ؛

ارجع الى الشكل 22–9 لإيجاد فروق المستويات الأخرى

الخط 546 nm يعني انتقال الإلكترون من E_6 إلى E_4، وفرق الطاقة عندئذٍ يساوي 2.27 eV.

الخط 579 nm يعني انتقال الإلكترون من E_8 إلى E_5، وفرق الطاقة عندئذٍ يساوي 2.14 eV.

68. **تفسير الرسوم التوضيحية** بعد انبعاث الفوتونات المرئية التي تم وصفها في المسألة 67، تستمر ذرة الزئبق في بعث فوتونات حتى تصل إلى حالة الاستقرار. من خلال اختبار **الشكل** 23–9 حدد ما إذا كانت هذه الفوتونات مرئية أم لا. فسر ذلك.

لا، الخطوط الطيفية الثلاثة الأعلى طاقة تغادر الذرة في حالات لا تقل طاقتها عن 4.64 eV فوق حالة الاستقرار، والفوتون بهذه الطاقة يكون طوله الموجي 267 nm ويقع في منطقة الأشعة فوق البنفسجية، والتغيّر في الطاقة من المستوى E_4 إلى المستوى E_2 يتضمن تغيّرًا في الطاقة مقداره 0.79 eV ، فينتج ضوءًا بطول موجي 1570 nm يقع في منطقة الأشعة تحت الحمراء.

69. **التحليل والاستنتاج:** تتكون ذرة البوزوترونيوم من إلكترون وضديد مادتها النسبي –بوزترون– يرتبطان معًا. وعلى الرغم من أن فترة الحياة لهذه الذرة" قصيرة جدًّا (معدل فترة حياتها $\frac{+1}{7}$ μs) فإنه يمكن قياس مستويات طاقتها. يمكن استخدام نموذج بور لحساب الطاقات مع استبدال كتلة الإلكترون بمقدار نصف كتلة. صف كيف تتأثر أقطار المستويات والطاقة لكل مستوى. كم يكون الطول الموجي عند الانتقال من E_2 إلى E_1؟

ستتضاعف أنصاف القطار لأن m تظهر في مقام المعادلة، في حين الطاقات ستنخفض إلى النصف لأن m تظهر في بسط المعادلة، أما الأطوال الموجية فستتضاعف لذا فالضوء ينبعث من المستوى E_2 إلى المستوى E_1، أي أن ؛

$$(2)(121\ \text{nm}) = 242\ \text{nm}$$

الكتابة في الفيزياء

صفحة 92

70. اكتب بحثًا عن تاريخ تطور نماذج الذرة. واصفًا كل نموذج باختصار، ومحددًا أوجه القوة والضعف فيه.

يجب على الطلاب أن يصفوا نموذج ثومبسون "فطيرة البرقوق" والنموذج المداري الكلاسيكي، ونموذج بور، والنموذج الكمي، حيث يفسر النموذج الأول كيف تمتلك الذرات إلكترونات وكتلة ولكن لا يستطيع تفسير نتائج تجارب رذرفورد، والنموذج المداري يفسر كل من وجود الإلكترونات وتجارب راذرفورد، ولكنه نموذج غير مستقر إذ بناءًا على هذا النموذج فإن الإلكترونات ستسقط في النواة خلال 1 ns، أما نموذج بور فيفسر الأطياف الذرية وينسجم مع نموذج راذرفورد النووي، ولكنه لم يفسر عدم اليقين، وكذلك لا يفسر استقرار الذرات عديدة الإلكترونات، أما النموذج الكمي فيمكن بوساطته تفسير جميع الحقائق المعروفة عن الذرات، ولكن من الصعب تصوره، ويتطلب استخدام أجهزة الحاسوب لحل معادلاته.

71. يبعث مؤشر ليزر أخضر ضوءًا طوله الموجي 532 nm. اكتب بحثًا في نوع الليزر الذي يستخدم في هذا النوع من المؤشرات، وصف طريقة عمله. وحدّد ما إذا كان الليزر على شكل نبضات أم مستمر.

يستخدم نبضات ليزر Nd عند 1064nm حيث توضع IR داخل بلورة "مضاعف التردد". وينتج الضوء بنصف ذلك الطول الموجي أو 532 nm.

مراجعة تراكمية

صفحة 92

72. فكِّر في التعديلات التي يحتاجها تومسون ليجعل أنبوبته تسارع بروتونات بالاضافة إلى الإلكترونات، ثم أجب عن الاسئلة التالية:

a. لتحديد جسيمات لها نفس السرعة. هل ستتغير النسبة $\frac{E}{B}$؟ فسر؟

لا؛ لأن $v = \frac{E}{B}$، نسبة ثابتة لجميع قيم v المعطاه.

b. للمحافظة على نفس الانحراف الذي يسببه المجال المغناطيسي هل يجب أن يكون المجال المغناطيسي أكبر أم أقل؟ فسر؟

للمجال المغناطيسي فإن: $Bqv = \frac{mv^2}{r}$. ومنه $r = \frac{mv}{qB}$، فالكتلة الأكبر يجب أن تكون B المستخدمة كبيرة؛ للمحافظة على السرعة v ثابتة.

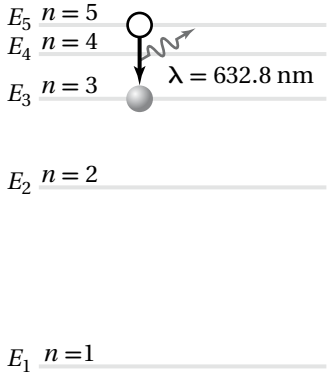
73. جهد الإيقاف اللازم لاستعادة جميع الإلكترونات المنبعثة من فلز 7.3 V. ما مقدار الطاقة الحركية القصوى للإلكترونات بوحدة الجول؟

$$KE = (7.3\text{ eV})\left(\frac{1.60\times10^{-19}\text{ J}}{1\text{ eV}}\right)$$
$$= 1.2\times10^{-18}\text{ J}$$

مسألة تحفيز

صفحة 75

على الرغم من تفسير نموذج بور للذرة وبدقة لسلوك ذرة الهيدروجين، إلا أنه لم يكن قادرًا على تفسير سلوك أي ذرة أخرى. تحقق من جوانب القصور في نموذج بور؛ وذلك بتحليل انتقال إلكترون في ذرة النيون. فخلافًا لذرة الهيدروجين فإن لذرة النيون عشرة إلكترونات، وأحد هذه الإلكترونات ينتقل بين مستوى الطاقة $n = 5$ ومستوى الطاقة $n = 3$، باعثًا فوتونًا في هذه العملية.



1. اعتبر أنه يمكن معاملة إلكترون ذرة النيون كإلكترون في ذرة الهيدروجين، فما طاقة الفوتون التي يتوقعها نموذج بور؟

$$\Delta E = E_i - E_f = (-13.6\text{ eV})\left(\frac{1}{5^2} - \frac{1}{3^2}\right)$$
$$= 0.967\text{ eV}$$

2. اعتبر أنه يمكن معاملة إلكترون ذرة النيون كإلكترون في ذرة الهيدروجين، فما الطول الموجي الذي يتنبأ به نموذج بور؟

$$\lambda = \frac{hc}{\Delta E} = \frac{1240\text{ eV.nm}}{0.967\text{ eV}} = 1280\text{ nm}$$

3. الطول الموجي الحقيقي للفوتون المنبعث خلال عملية الانتقال 632.8 nm، ما نسبة الخطأ المئوي لتنبؤ نموذج بور للطول الموجي للفوتون؟

$$\text{الخطأ النسبي} = \left|\frac{\text{القيمة المقبولة} - \text{القيمة المتوقعة}}{\text{القيمة المقبولة}}\right| \times 100\%$$

$$= \left|\frac{632.8\text{ nm} - 1280\text{ nm}}{632.8\text{ nm}}\right| \times 100 = 103\%$$

أي يكون الطول الموجي المحسوب مساويًا لضعف الطول الموجي الحقيقي للفوتون تقريبًا.

مسائل تدريبية

10–1 التوصيل الكهربائي في المواد الصلبة صفحة (106 –95)

صفحة 99

1. إذا علمت أن كثافة عنصر الخارصين $7.13\ g/cm^3$ وكتلته الذرية $65.37\ g/mol$. وهو يمتلك إلكترونين حرين في كل ذرة. فما عدد الإلكترونات الحرة في كل سنتيمتر مكعب من الخارصين؟

$$\text{free } e^-/cm^3 = \left(\frac{2 \text{ free } e^-}{\text{atom}}\right)\left(\frac{6.02\times10^{23} \text{ atoms}}{\text{mol}}\right)\left(\frac{1 \text{ mol}}{65.37 \text{ g}}\right)\left(\frac{7.13 \text{ g}}{cm^3}\right)$$

$$= 1.31\times10^{23} \text{ free } e^-/cm^3$$

2. إذا علمت أن هناك إلكترونًا حرًّا واحدًا في كل ذرة لعنصر الفضة فاستخدم ملحق الجداول، واحسب عدد الإلكترونات الحرة في كل سنتمتر مكعب من الفضة.

$$\text{free } e^-/cm^3 = \left(\frac{1 \text{ free } e^-}{\text{atom}}\right)\left(\frac{6.02\times10^{23} \text{ atoms}}{\text{mol}}\right)\left(\frac{1 \text{ mol}}{107.87 \text{ g}}\right)\left(\frac{10.49 \text{ g}}{cm^3}\right)$$

$$= 5.85\times10^{22} \text{ free } e^-/cm^3$$

3. لعنصر الذهب إلكترون واحد حر في كل ذرة. استخدم ملحق الجداول، واحسب عدد الإلكترونات الحرة في كل سنتمتر مكعب من الذهب.

$$\text{free } e^-/cm^3 = \left(\frac{1 \text{ free } e^-}{\text{atom}}\right)\left(\frac{6.02\times10^{23} \text{ atoms}}{\text{mol}}\right)\left(\frac{1 \text{ mol}}{196.97 \text{ g}}\right)\left(\frac{19.32 \text{ g}}{cm^3}\right)$$

$$= 5.90\times10^{22} \text{ free } e^-/cm^3$$

4. لعنصر الألومنيوم ثلاثة إلكترونات حرة في كل ذرة. استخدم ملحق الجداول، واحسب عدد الإلكترونات الحرة في كل سنتمتر مكعب من الألومنيوم.

$$\text{free } e^-/cm^3 = \left(\frac{3 \text{ } e^-}{\text{atom}}\right)\left(\frac{6.02\times10^{23} \text{ atoms}}{\text{mol}}\right)\left(\frac{1 \text{ mol}}{26.982 \text{ g}}\right)\left(\frac{2.70 \text{ g}}{cm^3}\right)$$

$$= 1.81\times10^{23} \text{ free } e^-/cm^3$$

5. صنعت قمة نصب تذكاري من 2835g من الألومنيوم. استخدم المسألة السابقة وحدد عدد الإلكترونات الحرة في قمة هذا النصب.

$$\text{free } e^- = \left(1.81\times10^{23} \text{ free } e^-/cm^3\right)\left(\frac{2835 \text{ g}}{2.70 \text{ g}/cm^3}\right)$$

$$= 1.90\times10^{26} \text{ free } e^-$$

تابع الفصل 10

صفحة 102

6. كثافة عنصر الجرمانيوم النقي $5.23\ g/cm^3$ وكتلته الذرية $72.6\ g/mol$. ويوجد به $2.25 \times 10^{13}\ free\ e^-/\ cm^3$ عند درجة حرارة الغرفة، ما عدد الإلكترونات الحرة الموجودة في كل ذرة؟

$$\text{free } e^- \text{ عدد/atom} = \left(\frac{1\ mol}{6.02\times10^{23}\ atoms}\right)\left(\frac{72.6\ g}{1\ mol}\right)\left(\frac{cm^3}{5.23\ g}\right)\left(\frac{2.25\times10^{13}\ free\ e^-}{cm^3}\right)$$

$$= 5.19\times10^{-10}\ free\ e^-/atom$$

7. لعنصر السليكون $1.89\times 10^5\ free\ e^-/cm^3$ عند درجة حرارة $200.0\ K$. ما عدد الإلكترونات الحرة الموجودة في كل ذرة عند هذه الدرجة؟ كم تكافئ درجة الحرارة هذه بالسلسيوس؟

$$\text{free } e^- \text{ عدد/atom} = \left(\frac{1\ mol}{6.02\times10^{23}\ atoms}\right)\left(\frac{28.09\ g}{1\ mol}\right)\left(\frac{cm^3}{2.33\ g}\right)\left(\frac{1.89\times10^{5}\ free\ e^-}{cm^3}\right)$$

$$= 3.78\times10^{-18}\ free\ e^-/atom$$

$$T_K = T_C + 273^\circ$$

$$T_C = T_K - 273^\circ$$

$$= 200.0^\circ - 273^\circ$$

$$= -73^\circ C$$

8. لعنصر السليكون $9.23\times 10^{-10}\ free\ e^-/cm^3$ عند درجة حرارة $100.0\ K$. ما عدد الإلكترونات الحرة الموجودة في كل ذرة عند هذه الدرجة ؟ كم تكافئ درجة الحرارة هذه بالسلسيوس؟

$$\text{free } e^- /atom = \left(\frac{1\ mol}{6.02\times10^{23}\ atoms}\right)\left(\frac{28.09\ g}{1\ mol}\right)\left(\frac{cm^3}{2.33\ g}\right)\left(\frac{9.23\times10^{-10}\ free\ e^-}{cm^3}\right)$$

$$= 1.85\times10^{-32}\ free\ e^-/atom$$

$$T_K = T_C + 273^\circ$$

$$T_C = T_K - 273^\circ$$

$$= 100.0^\circ - 273^\circ$$

$$= -173^\circ C$$

9. لعنصر الجرمانيوم $1.16\times10^{10}\ \text{free e}^-/\text{cm}^3$ عند درجة حرارة 200.0 k. ما عدد الإلكترونات الحرة الموجودة في كل ذرة عند هذه الدرجة؟

$$\text{free e}^-/\text{atom} = \left(\frac{1\ \text{mol}}{6.02\times10^{23}\ \text{atoms}}\right)\left(\frac{72.6\ \text{g}}{1\ \text{mol}}\right)\left(\frac{\text{cm}^3}{5.23\ \text{g}}\right)\left(\frac{1.16\times10^{10}\ \text{free e}^-}{\text{cm}^3}\right)$$

$$= 2.67\times10^{-13}\ \text{free e}^-/\text{atom}$$

10. يمتلك عنصر الجرماينوم $3.47\ \text{free e}^-/\text{cm}^3$ عند درجة حرارة 100.0 K. ما عدد الإلكترونات الحرة الموجودة في كل ذرة عند هذه الدرجة ؟

$$\text{free e}^-/\text{atom} = \left(\frac{1\ \text{mol}}{6.02\times10^{23}\ \text{atoms}}\right)\left(\frac{72.6\ \text{g}}{1\ \text{mol}}\right)\left(\frac{\text{cm}^3}{5.23\ \text{g}}\right)\left(\frac{3.47\times10^{10}\ \text{free e}^-}{\text{cm}^3}\right)$$

$$= 8.00\times10^{-23}\ \text{free e}^-/\text{atom}$$

صفحة 105

11. إذا أردت الحصول على 1×10^4 من إلكترونات الزرنيخ المعالج كإلكترونات حرة في السليكون عند درجة حرارة الغرفة، فما عدد ذرات الزرنيخ التي يتعين أن تتواجد لكل ذرة سليكون؟

عرفت من المثال3 أن السليكون يحتوي؛ $4.99\times10^{22}\ \text{Si atoms/cm}^3$ ويمتلك $1.45\times10^{10}\ \text{free e}^-/\text{cm}^3$ Si ويمتلك As 1 free e^- /atom.

عدد e^- من As = (عدد e^- free من Si)(1×10^4)

أي أن نسبة الذرات المطلوبة، وليس الالكترونات.

$$\text{As atoms} = \frac{\text{عدد } e^- \text{ من As}}{\text{free e}^-/\text{atom As}} = \frac{(1\times10^4)(\text{عدد } e^- \text{ free من Si})}{\text{free e}^-/\text{atom As}}$$

$$\text{عدد } e^- \text{ free من Si} = (\text{Si atoms})\left(\frac{\text{free e}^-/\text{cm}^3\ \text{Si}}{\text{Si atoms/cm}^3}\right)$$

بالتعويض في علاقة ذرات As ينتج؛

$$\text{As atoms} = \frac{(1\times10^4)(\text{Si atoms})\left(\frac{\text{free e}^-/\text{cm}^3\ \text{Si}}{\text{Si atoms/cm}^3}\right)}{\text{free e}^-/\text{atom As}}$$

$$\frac{\text{As atoms}}{\text{Si atoms}} = \frac{(1\times10^4)\left(\frac{\text{free e}^-/\text{cm}^3\ \text{Si}}{\text{Si atoms/cm}^3}\right)}{\text{free e}^-/\text{atom As}}$$

$$= \frac{(1\times10^4)\left(\frac{1.45\times10^{10}}{4.99\times10^{22}}\right)}{1}$$

$$= 2.91\times10^{9}$$

تابع الفصل 10

12. إذا أردت الحصول على 5×10^{3} من إلكترونات الزرنيخ المعالج بوصفها إلكترونات حرة في الجرمانيوم شبه الموصل الذي وصف في المسألة 6 فما عدد ذرات الزرنيخ التي يتعين أن توجد لكل ذرة جرمانيوم؟

باستخدام حل مسألة 11 السابقة:

$$\frac{\text{As atoms}}{\text{Ge atoms}}=\frac{(5\times10^{3})\left(\frac{\text{free e}^{-}\text{ عدد/cm}^{3}\text{ Ge}}{\text{Ge atoms/cm}^{3}}\right)}{\text{free e}^{-}\text{/atom As}}$$

$\text{free e}^{-}\text{/cm}^{3}\text{ Ge}=2.25\times10^{3}$ ومن المسألة 6

$\text{free e}^{-}\text{/atom As}=1$ ومن المثال 3

$$\text{Ge atoms/cm}^{3}=\left(\frac{6.02\times10^{23}\text{ atoms}}{1\text{ mol}}\right)\left(\frac{1\text{ mol}}{72.6\text{ g}}\right)\left(\frac{5.23\text{ g}}{\text{cm}^{3}}\right)=4.34\times10^{22}\text{ atoms/cm}^{3}$$

$$\frac{\text{As atoms}}{\text{Ge atoms}}=\frac{(5\times10^{3})\left(\frac{2.25\times10^{13}}{4.34\times10^{22}}\right)}{1}$$

$$=2.59\times10^{-6}$$

13. للجرمانيوم 1.13×10^{15} ناقلاً حراريًا حرًا في كل cm^{3} عند درجة حرارة 400.0 K. إذا عولج الجرمانيوم بوساطة ذرة زرنيخ واحدة لكل مليون ذرة جرمانيوم. فما نسبة الناقلات المعالجة إلى الناقلات الحرارية؟

باستخدام حل المسألة 12 كنقطة بداية.

$$\frac{\text{As atoms}}{\text{Ge atoms}}=\frac{\left(\frac{\text{doped e}^{-}}{\text{Ge e}^{-}}\right)\left(\frac{\text{free e}^{-}\text{/cm}^{3}\text{ Ge}}{\text{Ge atoms/cm}^{3}}\right)}{\text{free e}^{-}\text{ عدد/atom As}}$$

$$\frac{\text{doped e}^{-}}{\text{Ge e}^{-}}=\left(\frac{\text{As atoms}}{\text{Ge atoms}}\right)\left(\frac{\text{Ge atoms/cm}^{3}}{\text{free e}^{-}\text{ عدد/cm}^{3}\text{ Ge}}\right)(\text{free e}^{-}\text{/atom As})$$

$$=\left(\frac{1}{1\times10^{6}}\right)\left(\frac{4.34\times10^{22}}{1.13\times10^{15}}\right)(1)$$

$$=38.4$$

14. للسليكون 4.45×10^{12} ناقل حراري حر في كل cm^{3} عند درجة حرارة 400.0 k. إذا عولج السليكون بوساطة ذرة زرنيخ واحدة لكل مليون ذرة سليكون، فما نسبة الناقلات المعالجة إلى الناقلات الحرارية؟

باستخدام حل المسألة 13 كنقطة بداية.

$$\frac{\text{doped e}^{-}}{\text{Si e}^{-}}=\left(\frac{\text{As atoms}}{\text{Si atoms}}\right)\left(\frac{\text{Si atoms/cm}^{3}}{\text{free e}^{-}\text{/cm}^{3}\text{ Si}}\right)(\text{free e}^{-}\text{ عدد/atom As})$$

$$=\left(\frac{1}{1\times10^{6}}\right)\left(\frac{4.99\times10^{22}}{4.54\times10^{12}}\right)(1)$$

$$=1.10\times10^{4}$$

تابع الفصل 10

15. في السؤال 14 كيف تتوقع أن يكون سلوك الأدوات المصنوعة من الجرمانيوم مقارنة بتلك المصنوعة من السليكون عند درجات حرارة تزيد على درجة حرارة غليان الماء.

لا تعمل أدوات الجرمانيوم جيدًا عند درجة الحرارة هذه؛ لأن نسبة النواقل المعالجة إلى النواقل الحرارية قليلة جدًا في حين يكون لدرجة الحرارة تأثير كبير في الموصلية، فالسليكون أفضل كثيرًا.

مراجعة القسم

1–10 التوصيل الكهربائي في المواد الصلبة صفحة (106 –95)

صفحة 106

16. **حركة الناقل** في أي نوع من المواد الموصلة أو شبه الموصلة أو العوازل يُرجّح أن تبقى الإلكترونات في الذرة نفسها؟

العوازل

17. **أشباه الموصلات** إذا زادت درجة الحرارة يزداد عدد الإلكترونات الحرة في أشباه الموصلات النقية. فمثلاً، زيادة درجة الحرارة بمقدار درجات سيليزية (8 °C)، يضاعف عدد الإلكترونات الحرة في السليكون. فهل من المرجح أن تعتمد موصلية الموصل النقي أم شبه الموصل غير النقي على درجة الحرارة؟ وضح إجابتك.

شبه الموصل النقي؛ لأن مصدر موصليتها جميعها هو الإلكترونات، بينما تعتمد المادة شبه الموصلة المعالجة على الشحنات المحررة حراريًا التي يكون مصدرها المُعالجات (الشوائب)، والتي تعتمد قليلًا على درجة الحرارة.

18. **عازل أم موصل؟** يستخدم ثاني أكسيد السليكون على نطاق واسع في صناعة أدوات الحالة الصلبة. ويبيّن مخطط حزم الطاقة الخاص به فجوة طاقة بمقدار 9 eV بين حزمة التكافؤ وحزمة التوصيل. فهل ثاني أكسيد السليكون مفيد أكثر كعازل أم كموصل؟

عازل.

19. **موصل أم عازل؟** لأكسيد الماغنيسيوم فجوة ممنوعة مقدارها 8 eV، فهل هذه المادة موصلة أم عازلة أم شبه موصلة؟

عازل.

20. **أشباه الموصلات النقية وغير النقية** إذا كنت تصمم دائرة متكاملة باستخدام بلورة سليكون. وأردت أن تحصل على منطقة ذات خصائص عازلة جيدة نسبيًّا. فهل من المفروض أن تعالج هذه المنطقة أم تتركها كشبه موصل نقي؟

نتركها كشبه موصل نقي.

21. **التفكير الناقد** يتضاعف عدد الناقلات الحرارية الحرة التي ينتجها السليكون عند كل زيادة في درجة الحرارة مقدارها 8 °C ، ويتضاعف عدد الناقلات الحرارية الحرة التي ينتجها الجرمانيوم عند كل زيادة في درجة الحرارة مقدارها 13 °C. يبدو أن الجرمانيوم أفضل للتطبيقات ذات درجة الحرارة الكبيرة، ولكن العكس هو الصحيح. وضح ذلك؟

إن السليكون يُظهر نواقل محررة حراريًا أقل كثيرًا عند أي درجة حرارة، حتى لو أن معدل تغير إنتاج الناقل الحراري كبير بالنسبة له.

مسائل تدريبية

2–10 الأدوات الإلكترونية صفحة (113 –107)

صفحة 109

22. ما جهد البطارية اللازم لتوليد تيار كهربائي مقداره 2.5 mA في الدايود الوارد في المثال 4؟

1.7 V

باستخدام الشكل 9–10، فإن للدايود:

$$V_d = 0.50\ V \text{ عند } 2.5\ mA$$

$$V_b = IR + V_d$$

$$= (0.0025\ A)(470\ \Omega) + 0.50\ V$$

$$= 1.7\ V$$

23. ما جهد البطارية اللازم لتوليد تيار كهربائي مقداره 2.5 mA إذا وصل دايود آخر مماثل على التوالي مع الدايود الوارد في المثال 4؟

$$V_b = IR + V_d + V_d$$

$$= (0.0025\ A)(470\ \Omega) + 0.50\ V + 0.50\ V$$

$$= 2.2\ V$$

24. صف كيف يجب أن يوصل الدايودان معًا في المسألة السابقة؟

يوصل مصعد إحدى الدايودين مع مهبط الدايود الآخر. لذا يتعين أن يوصل المصعد غير الموصول مع الطرف الموجب للدائرة.

25. صف ما يحدث في المسألة 23 إذا وصل الدايودان على التوالي في اتجاه غير صحيح؟

سيكون من المستحيل الحصول على تيار مقداره 2.5 mA مع أي جهد لمصدر قدرة منطقي؛ لأن أحد الدايودات سيكون منحازًا عكسيًّا.

26. يبلغ مقدار الهبوط في الجهد للدايود المصنوع من الجرمانيوم 0.40 V عند مرور تيار كهربائي مقداره 12 mA خلاله. فإذا وصل مقاوم مقداره 470 Ω على التوالي مع الدايود فما جهد البطارية اللازم؟

6.0 V

$$V_b = IR + V_d$$

$$= (0.012\ A)(470\ \Omega) + 0.40\ V$$

$$= 6.0\ V$$

مراجعة القسم

10–2 الأدوات الإلكترونية صفحة (107–113)

صفحة 113

27. **دائرة الترانزستور** تيار الباعث في دائرة الترانزستور يساوي دائمًا مجموع تياري القاعدة والجامع: $I_E = I_B + I_C$. وإذا كان كسب التيار من القاعدة إلى الجامع يساوي 95 فما النسبة بين تيار الباعث إلى تيار القاعدة؟

$$\text{الكسب} = \frac{I_C}{I_B} = 95$$

$$I_E = I_B + I_C$$

بقسمة طرفي المعادلة على I_B.

$$\frac{I_E}{I_B} = 1 + \frac{I_C}{I_B} = 1 + 95 = 96$$

النسبة بين تيار الباعث إلى تيار القاعدة: 96 إلى 1

28. **هبوط جهد الدايود** إذا كان الدايود في **الشكل 10–10** منحاز إلى الأمام بوساطة بطارية ومقاوم موصول معه على التوالي، وتكوّن تيار يزيد عن 10 mA، وهبوط في الجهد دائمًا 0.70 V تقريبًا. افترض أن جهد البطارية زاد بمقدار 1 V، فاحسب:

a. مقدار الزيادة في الجهد عبر الدايود أو الجهد عبر المقاوم.

لأن الجهد عبر الدايود دائمًا 0.70 V، فإن الجهد عبر المقاومة يزيد بمقدار 1 V.

b. مقدار الزيادة في التيار المارّ في المقاوم.

يزداد التيار بمقدار $I = \frac{1\ V}{R}$

29. **مقاومة الدايود** قارن بين مقداري مقاومة الدايود نوع pn عندما يكون منحازًا إلى الأمام وعندما يكون منحازًا عكسيًّا.

يكون توصيل الدايود أفضل عندما يكون منحازًا انحيازًا أماميًا، فتكون عندئذ مقاومته صغيرة جدًا مقارنة بوضعه عندما يكون منحازًا انحيازًا عكسيًا.

30. **قطبية الدايود** في الدايود المشع للضوء، ما الطرف الذي يجب أن يوصل مع الطرف p لجعل الدايود يضيء؟

يجب أن يكون الدايود منحازًا انحيازًا أماميًا، أي يجب أن يكون القطب الموجب موصولاً مع الطرف p.

31. **كسب التيار** إذا قيس تيار القاعدة في دائرة الترانزستور فكان 55 μA، وكان تيار الجامع 6.6 mA فاحسب مقدار كسب التيار من القاعدة إلى الجامع.

$$\text{الكسب} = \frac{I_C}{I_B} = \frac{6.6\ mA}{0.055\ mA} = 120$$

تابع الفصل 10

32. **التفكير الناقد** هل يمكن أن تستبدل ترانزستور npn بدايودين منفصلين يوصلان معًا من الطرف p لكل منهما؟ وضح إجابتك.

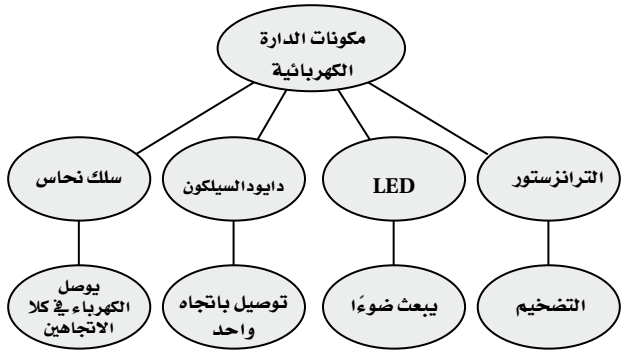
لا، لإن منطقة p للترانزستور npn يجب أن تكون رقيقة لدرجة كافية لكي تسمح للإلكترونات بالعبور من خلال القاعدة إلى الجامع.

تقويم الفصل

خريطة المفاهيم

صفحة 118

33. أكمل خريطة المفاهيم أدناه باستخدام المصطلحات الآتية: الترانزستور، دايود السليكون، يبعث ضوءًا، يوصل الكهرباء في كلا الاتجاهين.



إتقان المفاهيم

صفحة 118

34. كيف تختلف مستويات الطاقة في بلورة عنصر معين، عن مستويات الطاقة في ذرة مفردة من ذلك العنصر؟

تمتلك مستويات الطاقة للذرة المفردة قيَمًا منفصلةً ووحيدةً، أما مستويات الطاقة في البلورة فتمتلك مدى صغيرًا حول القيم الموجودة في الذرة المفردة.

35. لماذا يؤدي تسخين أشباه الموصلات إلى زيادة موصليتها؟

تعطي كمية الحرارة العالية طاقةً إضافيةً للإلكترونات؛ مما يسمح بوصول المزيد من الإلكترونات إلى حزمة التوصيل.

36. ما الناقل الرئيس للتيار في المادة شبه الموصلة من النوع P؟

ثقوب ذات شحنة موجبة.

37. يطبق جهاز الأوميتر فرق الجهد عبر الأداة لفحصها، ويقيس التيار، ويبيّن مقاومة الأداة. إذا قمت بتوصيل الأوميتر عبر الدايود، فهل يعتمد التيار الذي تقيسه على أي طرف للدايود يوصل مع القطب الموجب لجهاز الأوميتر؟ وضح إجابتك.

نعم، هناك طريقة واحدة لجعل الدايود منحازًا أماميًا، أمّا الطريقة الأخرى فتجعله منحازًا عكسيًا.

38. ما معنى رأس السهم على الباعث في رمز دائرة الترانزستور؟

رأس السهم هو الذي يوضح اتجاه التيار الاصطلاحي.

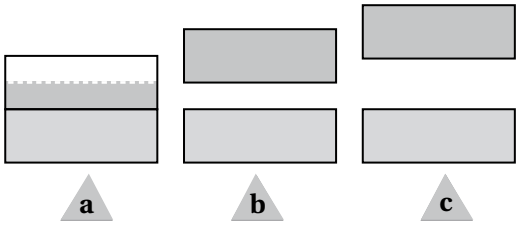
39. صف تركيب الدايود المنحاز أماميًّا. ووضح كيفية عمله.

يحتوي الدايود المنحاز أماميًا على طبقة شبه موصلة من النوع P، وطبقة شبه موصلة من النوع n، وهاتان الطبقتان موصولتان من نهايتيهما بأسلاك بواسطة أغطية فلزّيّة. وتكون الطبقة من النوع p موصولة مع القطب الموجب للبطارية. تنشأ ثقوب جديدة في الطبقة من النوع p، وتتحرك هذه الثقوب نحو الحد الفاصل بين المادتين شبه الموصلتين. في حين تضاف إلكترونات جديدة إلى الطبقة من النوع n، وتتحرك هذه الإلكترونات نحو الحد الفاصل بين المادتين شبه الموصلتين، وعندما تتحد الثقوب والإلكترونات معًا، تكتمل الدائرة ويتدفق تيار، بحيث يكون اتجاهه من الطبقة شبه الموصلة من النوع p إلى الطبقة شبه الموصلة من النوع n.

تطبيق المفاهيم

صفحة 119–118

40. في مخطط حزم الطاقة الموضح في الشكل 15–10 أي منها: تمثل المادة التي لها أكبر مقاومة.



■ **الشكل 15–10**

الحزمه c.

41. في مخططات حزم الطاقة الموضحة في **الشكل 15–10** أيها له حزم توصيل نصف ممتلئة؟

الحزمه a.

42. في مخططات حزم الطاقة الموضحة في **الشكل 15–10** أيها يمثل أشباه موصلات؟

الحزمه b.

43. تتناقص مقاومة الجرافيت عندما ترتفع درجة الحرارة. فهل توصيل الجرافيت للكهرباء أكثر من النحاس أم السليكون؟

أكثر شبهًا بالسليكون Si.

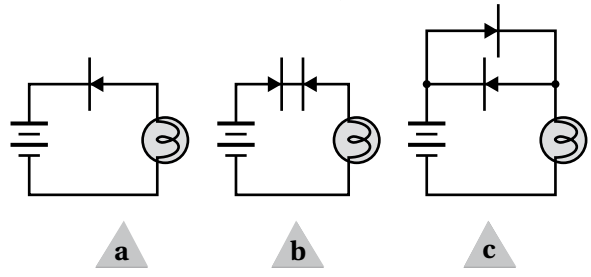
44. أي من المواد الآتية تعمل كعوازل جيدة: مادة تمتلك فجوة ممنوعة عرضها 8 eV، أم مادة تمتلك فجوة ممنوعة عرضها 3 eV أم مادة لا تمتلك فجوة ممنوعة؟

مادة تمتلك فجوة ممنوعة عرضها 8 eV.

45. بالنسبة لذرات المواد الثلاث الواردة في السؤال السابق، أي من هذه المواد الأكثر صعوبة عند انتزاع إلكترون منها؟

مادة تمتلك فجوة ممنوعة عرضها 8 eV.

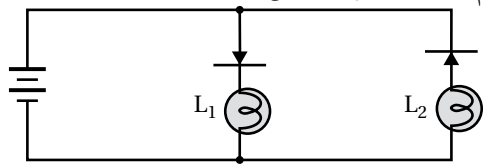
46. حدد فيما إذا كان المصباح الكهربائي في كل من الدوائر *a*,*b*,*c* الموضحة في **الشكل 16–10** مضيئًا.



■ **الشكل 16–10**

الدائرة a: لا يضيء، الدائرة b: لايضيء، الدائرة c: نعم يضيء.

47. في الدائرة الموضحة في **الشكل 17–10**، حدد فيما إذا كان أحد المصباحين L_1 و L_2 مضيئًا، أم كلاهما مضيئان، أم كلاهما غير مضيئين.



■ **الشكل 17–10**

L_1 مضيء، L_2 غير مضيء.

48. استخدم الجدول الدوري لتحديد أي العناصر الآتية يمكن أن يضاف إلى الجرمانيوم لتكوين شبه موصل من النوع p: B، C، N، P، Si، Al، Ge، Ga، As، In، Sn، Sb.

العناصر هي: B ,Al ,Ga, In.

49. هل يُظهر جهاز الأوميتر مقاومة أكبر عندما يكون الصمام نوع pn منحازًا أماميًّا أم منحازًا عكسيًّا؟

يظهر الصمام من نوع pn مقاومة أقل عندما يكون منحازًا أماميًّا .

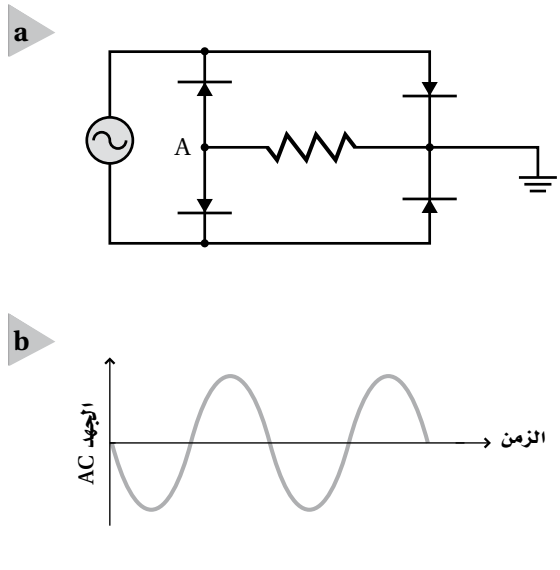
50. إذا أظهر جهاز الأوميتر في المسألة السابقة مقاومة متدنية فهل يكون سلك توصيل الأوميتر عند رأس سهم الصمام الثنائي ذا جهد مرتفع أم ذا جهد منخفض؛ مقارنة بالسلك الآخر الموصول بالأوميتر.

يكون ذا جهد مرتفع، أي موجب أكثر.

51. إذا قمت بمعالجة الجرمانيوم النقي بعنصر الجاليوم وحده، فهل تنتج مقاومًا، أم دايودًا، أم ترانزستورًا؟

تنتج مقاومًا لأنه لا يوجد وصلة.

52. ارسم الشكل الموجي للزمن مقابل الاتساع للنقطة A في **الشكل 10–18a** مفترضا أن الشكل الموجي للتيار المتردد AC الداخل، كما هو موضح في **الشكل 10–18b**



■ **الشكل 10–18**

تكون النقطة A سالبة نسبة إلى الأرض، ويُظهر الرسم البياني للموجة الناتجة قطع قطبية التيار المتردد السالبة للموجة المدخلة.

إتقان حل المسائل

10–1 التوصيل الكهربائي في المواد الصلبة

صفحة 119–120

53. كم عدد الإلكترونات الحرة الموجودة في سنتيمتر مكعب من الصوديوم؟ علمًا أن كثافته تساوي $0.971\ g/cm^3$، وكتلته الذرية تساوي $22.99\ g/mol$، عندما يوجد إلكترون حر واحد في كل ذرة.

$$\text{free } e^-/cm^3 = \left(\frac{1\ e^-}{\text{atom}}\right)\left(\frac{6.02\times10^{23}\ \text{atoms}}{\text{mol}}\right)\left(\frac{0.971\ g}{cm^3}\right)\left(\frac{\text{mol}}{22.99\ g}\right)$$

$$= 2.54\times10^{22}\ \text{free } e^-/cm^3$$

54. تحرر طاقة حرارية $1.55\times10^{9}\ e^-/cm^3$ في السليكون النقي عند درجة حرارة 0°C، إذا علمت أن كثافة السليكون تساوي $2.33\ g/cm^3$، والكتلة الذرية للسليكون تساوي $28.09\ g/mol$ فما نسبة الذرات التي تحتوي على إلكترونات حرة؟

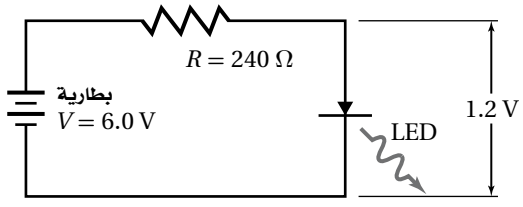
$$\frac{\left(\frac{6.02\times10^{23}\ \text{atoms}}{\text{mol}}\right)\left(\frac{2.33\ g}{cm^3}\right)\left(\frac{\text{mol}}{28.09\ g}\right)}{1.55\times10^{9}\ \text{atom}/e^-}$$

$$= 3.22\times10^{13}\ \text{atom}/e^-$$

10–2 الأدوات الإلكترونية

صفحة 119

55. **LED** إذا كان هبوط الجهد عبر الدايود المشع للضوء المتوهج يساوي 1.2 V تقريبًا. وفي **الشكل 19–10**، فإن هبوط الجهد عبر المقاومة هو الفرق بين جهد البطارية وهبوط الجهد عبر الدايود المشع للضوء. ما مقدار التيار الكهربائي المارّ خلال كل مما يأتي ؟



■ **الشكل 19–10**

a. الدايود المشع للضوء LED

$$V_b = IR + V_d$$

$$I = \frac{V_b - V_d}{R}$$

$$= \frac{6.0\ V - 1.2\ V}{240\ \Omega}$$

$$= 2.0\times10^{1}\ mA$$

b. المقاومة

$$= 2.0\times10^{1}\ mA$$

56. أراد عمر زيادة التيار المارّ خلال الدايود المشع للضوء في المسألة السابقة ليصبح 3×10^{1} mA على أن تكون إضاءته أكثر سطوعًا. افرض أن هبوط الجهد عبر الدايود المشع للضوء بقي 1.2 V، فما مقدار المقاومة التي ينبغي له استخدامها؟

$$R=\frac{V_b-V_d}{I}=\frac{6.0\text{ V}-1.2\text{ V}}{3.0\times10^{1}\text{ mA}}=160\ \Omega$$

57. **الدايود** وصل دايود من السليكون ذو الخصائص I/V الموضحة في **الشكل 9–10** مع بطارية من خلال مقاومة مقداره 270 Ω، إذا كان الدايود منحازًا إلى الأمام بواسطة بطارية، وكان تيار الدايود يساوي 15 mA. فما مقدار جهد البطارية؟

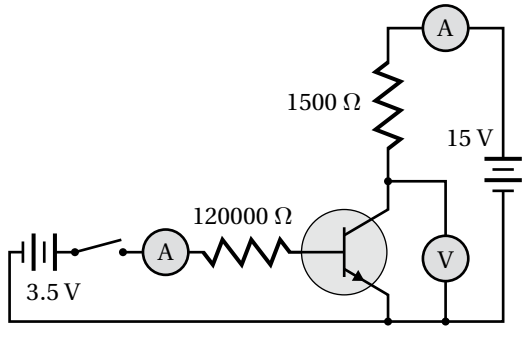
$$V_b=IR+V_d$$

$$V_d=0.70\text{ V}\ (\text{من الشكل})$$

$$V_b=(15\text{ mA})(270\ \Omega)+0.70\text{ V}$$

$$=4.8\text{ V}$$

58. افرض أن المفتاح الموضح في **الشكل 20–10** مفتوح، حدد كلاً من:



■ **الشكل 20–10**

a. تيار القاعدة.

من خلال معاينة الشكل فإن دائرة القاعدة مفتوحة، لذا يكون تيار القاعدة صفرًا.

b. تيار الجامع.

من التعريف: إذا كان تيار القاعدة صفرًا ، فكذلك تيار الجامع صفرًا.

c. قراءة الفولتمتر.

15 V؛ فعندما لا يكون هناك تدفق للتيار، فإن الهبوط عبر المقاومة يكون صفرًا، ويكون هبوط الـ 15 V عبر الترانزستور.

59. افترض أن المفتاح الموضح في **الشكل 20–10** مغلق، وهبوط الجهد عبر وصلة القاعدة–الباعث يساوي 0.70 V، وكسب التيار من القاعدة للجامع يساوي 220، حدد كل من:

a. تيار القاعدة.

$$I=\frac{V}{R}$$

$$=\frac{3.5\text{ V}-0.70\text{ V}}{120000\ \Omega}$$

$$=2.3\times10^{-5}\text{ A}$$

b. تيار الجامع.

$$\frac{I_C}{I_B}=220$$

$$I_C=220\,I_B$$

$$=(220)(2.3\times10^{-5}\text{ A})$$

$$=5.1\times10^{-3}\text{ A}$$

c. قراءة الفولتمتر.

نجد الهبوط عبر المقاومة 1500 Ω:

$$V_{\text{مقاومة}}=IR$$

$$=(5.1\times10^{-3}\text{ A})(1500\ \Omega)$$

$$=7.7\text{ V}$$

وبما أن الأميتر متصل عبر الترانزستور فإن:

$$V_{\text{بطارية}}=V_{\text{مقاومة}}+V_{\text{ترانزستور}}$$

$$V_{\text{أميتر}}=V_{\text{ترانزستور}}$$

$$=V_{\text{بطارية}}-V_{\text{مقاومة}}$$

$$=15\text{ V}-7.7\text{ V}$$

$$=7.3\text{ V}$$

مراجعة عامة

صفحة 120

60. الموجات الكهرومغناطيسية التي تصطدم بالسليكون تحرك الالكترونات من حزمة التكافؤ إلى حزمة التوصيل عندما تكون الفجوة الممنوعة فيه 1.1 eV. ما أكبر طول موجي للإشعاع الذي يمكن أن يثير الإلكترون بهذه الطريقة؟تذكر أن : $E = 1240\ \text{eV.nm}/\lambda$

$$\lambda = \frac{1240\ \text{eV.nm}}{1.1\ \text{eV}}$$

$$= 1100\ \text{nm}$$

وهو قريبًا من الطول الموجي للأشعة تحت الحمراء.

61. **صمام الـ Si** يظهر دايود السليكون الخاص عند درجة حرارة 0 °C تيارًا كهربائيًا مقداره 1.0 nA عندما يكون منحازًا عكسيًا. ما التيار الذي يمكن توقعه إذا ارتفعت درجة الحرارة إلى 104 °C؟ افترض أن جهد القاعدة العكسي بقي ثابتًا. (إنتاج الناقل الحراري للسليكون يتضاعف لكل زيادة في درجة الحرارة مقدارها 8°C).

$$\text{عدد المرات التي سيزيدها عند } 8\ ^\circ\text{C} = \frac{104^\circ\text{C}}{8^\circ\text{C}} = 13$$

أي أن التيار سيتضاعف 13 مرة.

$$\text{التيار عند } 104^\circ\text{C} = (1.5\ \text{nA})(2^{13}) = 8.2\ \mu\text{A}$$

62. **صمام الـ Ge** يظهر دايود الجرمانيوم الخاص عند درجة حرارة 0 °C تيارًا كهربائيًا مقداره 1.5 μA عندما يكون منحازًا عكسيًا. ما التيار الذي يمكن توقعه إذا ارتفعت درجة الحرارة إلى 104 °C؟ افترض أن جهد القاعدة العكسي بقي ثابتًا. (إنتاج الناقل الحراري للجرمانيوم يتضاعف لكل زيادة في درجة الحرارة مقدارها 13 °C).

$$\text{عدد مرات التي سيزيدها عند } 13\ ^\circ\text{C} = \frac{104^\circ\text{C}}{13^\circ\text{C}} = 8$$

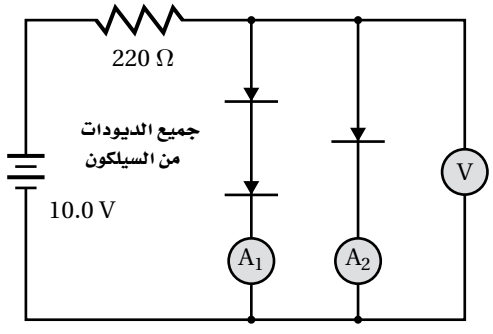
أي أن التيار سيتضاعف 8 مرات.

$$\text{التيار عند } 104^\circ\text{C} = (1.5\ \mu\text{A})(2^8) = 380\ \mu\text{A}$$

63. **LED** ينتج الدايود المشع للضوء ضوءًا أخضر طولة موجي مقداره 550 nm عندما تتحرك الإلكترونات من حزمة التوصيل إلى حزمة التكافؤ. احسب عرض الفجوة الممنوعة بوحدة eV في هذا الدايود.

$$E = \frac{1240\ \text{eV.nm}}{550\ \text{nm}} = 2.25\ \text{eV}$$

64. ارجع إلى **الشكل 21–10** وحدد كلًّا من:



■ **الشكل 21–10**

a. قراءة الفولتمتر.

0.70 V، وذلك بمعاينة الدائرة والتقريب فإن الهبوط عبر دايود السليكون 0.70 V عندما يكون منحازًا انحيازًا أماميًا.

b. قراءة A_1.

0 A، وذلك بمعاينة الدائرة؛ فإن 0.70 V غير كافية لتشغيل دايودين متصلين على التوالي.

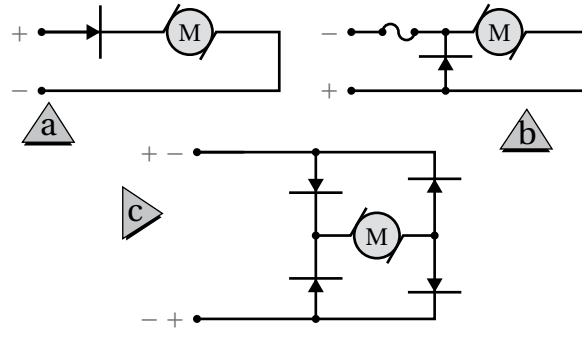
c. قراءة A_2

$$I = \frac{V}{R} = \frac{10.0\ \text{V} - 0.70\ \text{V}}{220\ \Omega} = 42\ \text{mA}$$

التفكير الناقد

صفحة 121

65. **تطبيق المفاهيم** هناك بعض المحركات في **الشكل 22–10**، تدور في اتجاه عند تطبيق قطبية معينة وتدور بالاتجاه المعاكس عند عكس القطبية.



■ **الشكل 22–10**

a. أي دائرة (a، b، c) ستسمح للمحرك بالدوران في اتجاه واحد فقط؟

a

b. أي دائرة ستؤدي إلى تلف المنصهر الكهربائي (الفيوز) عند تطبيق قطبية غير صحيحة؟

b

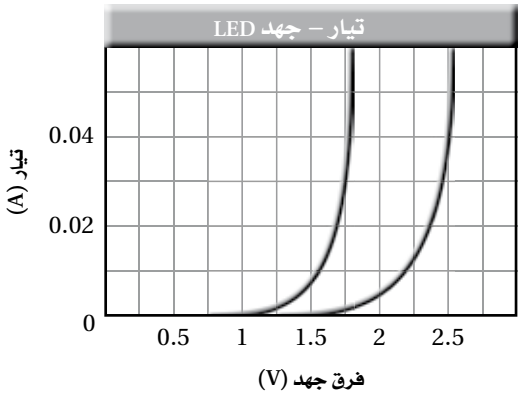
c. أية دائرة تنتج اتجاه دوران صحيح بغض النظر عن القطبية المطبقه؟

c

d. ناقش مزايا وعيوب كل من الدوائر الثلاث.

الدائرة في الفرع a لها ميزة إيجابية، ألا وهي بساطتها، أما ميزتها السلبية، فهي هبوط في الجهد مقداره 0.70 V، والتي يمكن أن تكون مهمة في دوائر الجهد المنخفض. الدائرة في الفرع b لها ميزة إيجابية، ألا وهي عدم ضياع 0.70 V، ولها ميزة سلبية، ألا وهي أنه ينبغي تبديل المنصهرات. الدائرة في الفرع c لها ميزة إيجابية، وهي أنها دائمة العمل بغض النظر عن قطبيتها، وميزتها السلبية تتمثل في ضياع 1.4 V.

66. **تطبيق المفاهيم** يوضح **الشكل 23–10** خصائص I/V لاثنين من الدايودات المشعة للضوء والتي تتوهج بألوان مختلفة. يتعين أن يوصل كل دايود ببطارية جهدها 9 V من خلال مقاومة. وإذا كان كل دايود يشغّل بوساطة تيار مقداره 0.040 A، فما مقدار المقاومات التي ينبغي اختيارها لكل دايود؟



■ **الشكل 23–10**

$$V_b = IR + V_D$$

$$R = \frac{V_b - V_D}{I}$$

$$R_1 = \frac{9.0\ \text{V} - 1.75\ \text{V}}{0.040\ \text{A}} = 180\ \Omega$$

$$R_2 = \frac{9.0\ \text{V} - 2.5\ \text{V}}{0.040\ \text{A}} = 160\ \Omega$$

67. **تطبيق المفاهيم** تطبيق المفاهيم افترض أن الصمامين الثنائيين الواردين في المسألة السابقة قد وُصلا معًا على التوالي، فإذا استخدمت البطارية الواردة في المسألة السابقة نفسها، وكان التيار المطلوب يساوي 0.035 A، فما المقاوم الذي ينبغي استخدامه؟

$$R = \frac{V_b - (V_{D1} + V_{D2})}{I}$$

$$= \frac{9.0\ \text{V} - (1.75\ \text{V} + 2.5\ \text{V})}{0.035\ \text{A}} = 140\ \Omega$$

الكتابة في الفيزياء

صفحة 121

68. ابحث حول مبدأ الاستبعاد لباولي وحياة فولفجانج باولي، وسلّط الضوء على اسهاماته البارزة في مجال العلوم. وصف تطبيق مبدأ الاستبعاد على نظرية الحزم في التوصيل، وتحديدًا في أشباه الموصلات.

ستختلف إجابات الطلاب، ولكن يجب أن تتضمن مناقشة لإسهامات ميكانيكا الكم في نظرية الحزم في التوصيل، وخصوصًا في أشباه الموصلات.

69. اكتب مناقشة تتكون من صفحة واحدة حول مستوى طاقة فيرمي عند تطبيقها على مخططات حزم الطاقة لأشباه الموصلات على أن تتضمن المناقشة رسمًا واحدًا على الأقل.

ستختلف إجابات الطلاب، ولكن ينبغي أن تتضمن أن طاقة فيرمي هي طاقة أعلى مستوى يحتوي إلكترون فوق الصفر المطلق (0 K). وتطبق هذه الطاقة عندما يكون هناك العديد من الإلكترونات في النظام، وبالتالي تضطر الإلكترونات إلى الانتقال إلى مستويات طاقة أعلى بناءًا على مبدأ الاستبعاد لباولي.

مراجعة تراكمية

صفحة 121

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

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

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

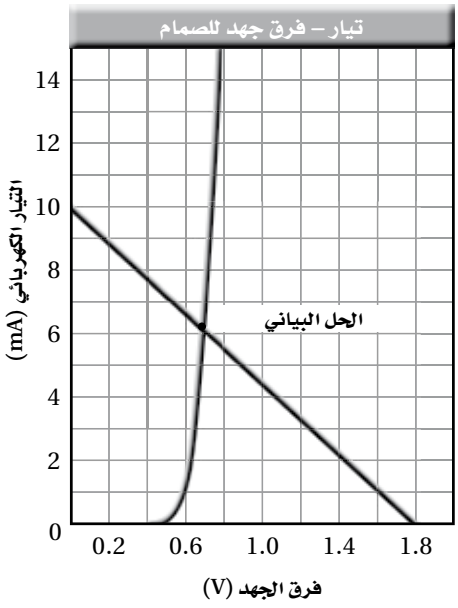
$$= 3.1\times10^{-2}\ m$$

مسألة تحفيز

صفحة 110

يستخدم التقريب في كثير من الأحيان في الدوائر الكهربائية التي تحتوي على الصمامات الثنائية، وذلك لأن مقاومة الصمام غير ثابتة. ويتم التقريب الأول في دوائر الصمامات عند تجاهل هبوط الجهد المنحاز إلى الأمام عبر الصمام. والتقريب الثاني يأخذ في الحسبان القيمة النموذجية لهبوط جهد الصمام. أما التقريب الثالث فيستخدم المعلومات الإضافية الخاصة بالصمامات الثنائية. وكما موضح في الرسم البياني. فإن المنحنى يمثّل خصائص منحنى التيار–الجهد للصمام. ويوضح الخط المستقيم ظروف التيار–الجهد لجميع حالات هبوط الجهد الممكنة للصمام لدائرة مقاومة مقدارها 180 Ω وبطارية جهدها 1.8 V وصمام ثنائي، وهبوط صفري لجهد الصمام وتيار مقداره 10.0 mA عند إحدى النهايات حتى هبوط مقداره 1.8 V، وتيار مقداره 0.0 mA عند النهاية الأخرى.

استخدم دائرة الصمام في المثال 4 على أن تكون $V_b = 1.8\ V$، ولكن مع مقاومة مقدارها $R = 180\ \Omega$.



1. حدد تيار الصمام الثنائي مستخدمًا التقريب الأول.

$$I = \frac{V}{R} = \frac{1.8\ V}{180\ \Omega} = 1.0\times10^{1}\ mA$$

2. حدد تيار الصمام الثنائي مستخدمًا التقريب الثاني، وافترض هبوط جهد مقداره 0.70 V للصمام.

$$I = \frac{V}{R} = \frac{1.8\ V - 7.0\ V}{180\ \Omega} = 6.0\ mA$$

3. حدد تيار الصمام الثنائي مستخدمًا التقريب الثالث، وذلك باستخدام الرسم البياني المرافق للصمام.

يمثل الخط المستقيم جميع ظروف التيار – الجهد لجميع الحالات الممكنة للصمام لدائرة مقاومة مقدارها 180 Ω وبطارية جهدها 1.8 V وصمام ثنائي، وهبوط صفري لجهد الصمام وتيار مقداره 10.0 mA عند إحدى النهايات حتى هبوط مقداره 1.8 V، وتيار مقداره 0.0 mA عند النهاية الأخرى. والحل هو تقاطع الخطين وهذا يحدث عندما يكون التيار I = 6.3 mA.

4. قدّر الخطأ لكل من التقريبات الثلاثة، وتجاهل البطارية والمقاومة. ثم ناقش أثر الجهود الكبيرة للبطارية في الأخطاء.

الخطأ التقريبي الأول: $\frac{(10.0\ \text{mA} - 6.1\ \text{mA})}{6.1\ \text{mA}}$

أو64% (عندما يكون الهبوط الحقيقي في جهد الدايود 0.70 V) . يتناقص هذا الخطأ عندما يكون جهد البطارية أكبر.

التقريب الثاني: إن مصدر الخطأ هو أي انحراف عن الجهد0.70 V بوصفه هبوطًا حقيقيًا في جهد الدايود.

في حين لا يمكن تحديده بالضبط، ولكنه أقل كثيرًا من 64% . وهذا الخطأ يتناقص عند جهود كبيرة للبطارية أيضًا.

التقريب الثالث: إن الخطأ ناتج عن تحليل الرسم البياني ودقته ولا يتأثر بجهد البطارية.

مسائل تدريبية

1–11 النواة صفحة (125– 131)

صفحة 127

1. الأعداد الكتلية لنظائر اليورانيوم هي 234 ، 235، و238. والعدد الذري لليورانيوم هو 92. ما عدد نيوترونات نواة كل نظير؟

عدد النيوترونات $= A - Z$

نيوترونًا $234 - 92 = 142$

نيوترونًا $235 - 92 = 143$

نيوترونًا $238 - 92 = 146$

2. العدد الكتلي لنظير الأوكسجين 15. ما عدد نيوترونات نواة هذا النظير؟

نيوترونًا $A - Z = 15 - 8 = 7$

3. ما عدد نيوترونات نظير الزئبق $^{200}_{80}\mathrm{Hg}$؟

نيوترونًا $A - Z = 200 - 80 = 120$

4. اكتب رموز نظائر الهيدروجين الثلاثة التي تحتوي على صفر، وواحد، واثنين من النيوترونات.

$^{1}_{1}\mathrm{H}, {}^{2}_{1}\mathrm{H}, {}^{3}_{1}\mathrm{H}$

صفحة 131

استخدم القيم المبينة لحل المسائل التالية:

كتلة الهيدروجين u=1.007825، وكتلة النيوترون $u = 1.008665$، و $1u = 931.49\ \mathrm{MeV}$

5. كتلة نظير الكربون $^{12}_{6}\mathrm{C}$ 12.0000 u. احسب:

a. نقص الكتلة.

(نقص الكتلة) = (كتلة النظير) – (كتلة البروتونات والإلكترونات) – (كتلة النيوترونات)

$= 12.000000\ \mathrm{u} - (6)(1.007825\ \mathrm{u}) - (6)(1.008665\ \mathrm{u})$

$= -0.098940\ \mathrm{u}$

b. طاقة الربط النووية بوحدة MeV

طاقة الربط النووية = (نقص الكتلة) (طاقة الربط النووية لِـ1u)

$$= (-0.098940\ \text{u})(931.40\ \text{MeV/u})$$

$$= -92.161\ \text{MeV}$$

6. نظير الهيدروجين الذي يحتوي على بروتون واحد ونيوترون واحد يسمى ديوتيريوم، كتلة ذرته 2.014102 u. ما مقدار:

a. نقص كتلته؟

نقص الكتلة = (كتلة النظير) − (كتلة البروتونات والإلكترونات)− (كتلة النيوترونات)

$$= 2.014102\ \text{u} - 1.007825\ \text{u} - 1.008665\ \text{u}$$

$$= -0.002388\ \text{u}$$

b. طاقة الربط للديوتيريوم بوحدة MeV؟

طاقة الربط النووية = (نقص الكتلة) (طاقة الربط النووية لِـ1u)

$$= (-0.002388\ \text{u})(931.49\ \text{MeV/u})$$

$$= -2.2244\ \text{MeV}$$

7. يحتوي نظير النيتروجين ${}^{15}_{7}\text{N}$ على سبعة بروتونات وثمانية نيوترونات، وكتلته 15.010109 u. احسب:

a. نقص الكتلة لهذه النواة.

نقص الكتلة = (كتلة النظير) − (كتلة البروتونات والإلكترونات)− (كتلة النيوترونات)

$$= 15.010109\ \text{u} - (7)(1.007825\ \text{u}) - (8)(1.008665\ \text{u})$$

$$= -0.113986\ \text{u}$$

b. طاقة الربط النووية لهذه النواة.

طاقة الربط النووية = (نقص الكتلة) (طاقة الربط النووية لِـ1u)

$$= (-0.113986\ \text{u})(931.49\ \text{MeV/u})$$

$$= -106.18\ \text{MeV}$$

تابع الفصل 11

8. إذا كانت الكتلة النووية لنظير الأكسجين $^{16}_{8}O$ تساوي 15.994915 u. ما مقدار:

a. نقص الكتلة لهذا النظير؟

نقص الكتلة = (كتلة النظير) − (كتلة البروتونات والإلكترونات)− (كتلة النيوترونات)

$$= 15.994915\ u - (8)(1.007825\ u) - (8)(1.008665\ u)$$

$$= -0.137005\ u$$

b. طاقة الربط النووية لهذا النظير؟

طاقة الربط النووية = (نقص الكتلة) (طاقة الربط النووية لـ1u)

$$= (-0.137005\ u)(931.49\ MeV/u)$$

$$= -127.62\ MeV$$

مراجعة القسم

1–11 النواة صفحة (131 –125)

صفحة 131

9. **الأنوية** لاحظ أزواج الأنوية التالية: $^{12}_{6}C$، $^{13}_{6}C$ و $^{11}_{6}C$، $^{11}_{5}B$ بماذا يتشابه كل زوج منها، وبماذا يختلف؟

الزوج الأول له عدد البروتونات نفسه وعدد مختلف من النيوكليونات. الزوج الثاني له العدد نفسه من النيوكليونات وعدد مختلف من البروتونات.

10. **طاقة الربط النووية** عندما يضمحل نظير التريتيوم $^{3}_{1}H$ فإنه يطلق جسيم بيتا ويصبح $^{3}_{2}He$. أي نواة تتوقع أن يكون لها أكبر طاقة ربط نووية سالبة؟

نواة التريتيوم؛ لأن التريتيوم يُطلق جسيًما له كتلة وطاقة حركية نتيجة لاضمحلاله.

11. **الطاقة النووية القوية** مدى الطاقة النووية القوية قصير جدًّا؛ بحيث إن النيوكليونات القريبة جدًّا بعضها من بعض تتأثر بهذه القوة. استخدم هذه الحقيقة في تفسير سبب تغلب قوة التنافر الكهرومغناطيسية على قوة التجاذب القوية في الأنوية الثقيلة، مما يجعل النواة غير مستقرة.

للقوة الكهربائية مدى كبير، لذلك فإن جميع البروتونات تتنافر معًا حتى في الأنوية الثقيلة. أما القوة القوية فلها مدى قصير، لذلك فإن البروتونات المتجاورة فقط تتجاذب. وتزداد قوة التنافر بزيادة حجم النواة، وبمعدل أسرع من القوة القوية.

12. **نقص الكتلة** أي النواتين في المسألة **10** لها نقص كتلة أكبر؟

نواة التريتيوم.

تابع الفصل 11

13. نقص الكتلة وطاقة الربط إذا علمت أن كتلة نظير الكربون المشع $^{14}_{6}C$ تساوي **14.003074 u**.

a. فما مقدار نقص الكتلة لهذا النظير؟

نقص الكتلة = (كتلة النظير) − (كتلة البروتونات والإلكترونات)− (كتلة النيوترونات)

$$= 14.003074\ u - (6)(1.007825\ u) - (8)(1.008665\ u)$$

$$= -0.113169\ u$$

b. وما مقدار طاقة الربط النووية لهذا النظير؟

طاقة الربط النووية = (نقص الكتلة) (طاقة الربط النووية لـ1u)

$$= (-0.113196\ u)(931.49\ MeV/u)$$

$$= -105.44\ MeV$$

14. التفكير الناقد في النجوم المتقدمة في العمر، ليس فقط الهيليوم والكربون ينتجان عن طريق اتحاد أنوية مترابطة معًا بشدة، ولكن أيضًا الأكسجين (**8** = Z) والسيليكون (**14** = Z). ما العدد الذري للنواة الثقيلة التي يمكن أن تتكون بهذه الطريقة؟ فسّر.

العدد الذري للنواة الثقيلة هو 26، وهو الحديد؛ لأن طاقة الربط النووية لها أكبر.

مسائل تدريبية

2–11 الاضمحلال النووي والتفاعلات النووية صفحة(140–132)

صفحة 134

15. اكتب المعادلة النووية لتحول نظير اليورانيوم المشع،$^{234}_{92}U$ إلى نظير الثوريوم $^{230}_{90}Th$ بانبعاث جسيم ألفا.

$$^{234}_{92}U \rightarrow {}^{230}_{90}Th + {}^{4}_{2}He$$

16. اكتب المعادلة النووية لتحول نظير الثوريوم المشع $^{230}_{90}Th$ إلى نظير الراديوم المشع $^{226}_{88}Ra$ ، بانبعاث جسيم ألفا.

$$^{230}_{90}Th \rightarrow {}^{226}_{88}Ra + {}^{4}_{2}He$$

17. اكتب المعادلة النووية لتحول نظير الراديوم المشع $^{226}_{88}Ra$ إلى نظير الرادون $^{222}_{86}Rn$ ، بانبعاث جسيم α.

$$^{226}_{88}Ra \rightarrow {}^{222}_{86}Rn + {}^{4}_{2}He$$

18. يمكن أن يتحول نظير الرصاص المشع$^{214}_{82}Pb$ إلى نظير البزموث المشع $^{214}_{83}Bi$ ، بانبعاث جسيم β ونيوترنيو. اكتب المعادلة النووية.

$$^{214}_{82}Pb \rightarrow {}^{214}_{83}Bi + {}^{0}_{-1}e + {}^{0}_{0}\overline{\nu}$$

19. يحدث اضمحلال لنظير الكربون المشع $^{14}_{6}C$ عندما ينبعث منه جسيم β فيتحول إلى نظير النيتروجين $^{14}_{7}N$. اكتب المعادلة النووية التي توضح ذلك.

$$^{14}_{6}C \rightarrow {}^{14}_{7}N + {}^{0}_{-1}e + {}^{0}_{0}\overline{\nu}$$

صفحة 135

20. استخدم الجدول الدوري لإكمال المعادلتين النوويتين التاليتين:

a. ${}^{14}_{6}\mathrm{C} \rightarrow ? + {}^{0}_{-1}\mathrm{e} + {}^{0}_{0}\overline{\nu}$

$${}^{14}_{6}\mathbf{C} \rightarrow {}^{A}_{Z}\mathbf{X} + {}^{0}_{-1}\mathbf{e} + {}^{0}_{0}\overline{\boldsymbol{\nu}}$$

$$Z = 6-(-1)-0 = 7 \quad \text{حيث}$$

$$\mathbf{A = 14 - 0 - 0 = 14}$$

وبما أن $Z=7$، تعني أن العنصر يجب أن يكون النيتروجين N، أي أن ${}^{A}_{Z}\mathbf{X}$ هي ${}^{14}_{7}\mathbf{N}$.

b. ${}^{55}_{24}\mathrm{Cr} \rightarrow ? + {}^{0}_{-1}\mathrm{e} + {}^{0}_{0}\overline{\nu}$

$${}^{55}_{24}\mathbf{Cr} \rightarrow {}^{A}_{Z}\mathbf{X} + {}^{0}_{-1}\mathbf{e} + {}^{0}_{0}\overline{\boldsymbol{\nu}}$$

$$Z = 24 - (-1) - 0 = 25 \quad \text{حيث}$$

$$\mathbf{A = 55 - 0 - 0 = 55}$$

وبما أن $Z=25$، تعني أن العنصر يجب أن يكون المنجنيز Mn، أي أن ${}^{A}_{Z}\mathbf{X}$ هي ${}^{55}_{25}\mathbf{Mn}$.

21. اكتب المعادلة النووية لتحوّل نظير السيبورجيوم ${}^{263}_{106}\mathrm{Sg}$ إلى نظير روثيرفورديوم ${}^{259}_{104}\mathrm{Rf}$ بانبعاث جسيم ألفا.

$${}^{263}_{106}\mathbf{Sg} \rightarrow {}^{259}_{104}\mathbf{Rf} + {}^{4}_{2}\mathbf{He}$$

22. اصطدم بروتون بنظير النيتروجين ${}^{15}_{7}\mathrm{N}$، فتكوّن نظير جديد وجسيم ألفا. ما النظير الناتج؟ اكتب معادلة نووية تبين ذلك.

$${}^{15}_{7}\mathbf{N} + {}^{1}_{1}\mathbf{H} \rightarrow {}^{A}_{Z}\mathbf{X} + {}^{4}_{2}\mathbf{He}$$

$$Z = 7 + 1 - 2 = 6 \quad \text{حيث}$$

$$A = 15 + 1 - 4 = 12$$

وبما أن $Z=6$، تعني أن العنصر يجب أن يكون الكربون C، والمعادلة يجب أن تكون:

$${}^{15}_{7}\mathbf{N} + {}^{1}_{1}\mathbf{H} \rightarrow {}^{12}_{6}\mathbf{C} + {}^{4}_{2}\mathbf{He}$$

23. اكتب المعادلات النووية لاضمحلال بيتا للنظائر التالية:

a. ${}^{210}_{82}\mathrm{Pb}$

$${}^{210}_{82}\mathbf{Pb} \rightarrow {}^{A}_{Z}\mathbf{X} + {}^{0}_{-1}\mathbf{e} + {}^{0}_{0}\overline{\boldsymbol{\nu}}$$

$$Z = 82 - (-1) - 0 = 83 \quad \text{حيث}$$

$$A = 210 - 0 - 0 = 210$$

وبما أن $Z=83$، تعني أن العنصر يجب أن يكون البزموث Bi، والمعادلة يجب أن تكون:

$${}^{210}_{82}\mathbf{Pb} \rightarrow {}^{210}_{83}\mathbf{Bi} + {}^{0}_{-1}\mathbf{e} + {}^{0}_{0}\overline{\boldsymbol{\nu}}$$

b. ${}^{210}_{83}\mathrm{Bi}$

$${}^{210}_{83}\mathbf{Bi} \rightarrow {}^{A}_{Z}\mathbf{X} + {}^{0}_{-1}\mathbf{e} + {}^{0}_{0}\overline{\boldsymbol{\nu}}$$

$$Z = 83 - (-1) - 0 = 84 \quad \text{حيث}$$

$$A = 210 - 0 - 0 = 210$$

وبما أن $Z=84$، تعني أن العنصر يجب أن يكون البولونيوم Po، والمعادلة يجب أن تكون:

$${}^{210}_{83}\mathbf{Bi} \rightarrow {}^{210}_{84}\mathbf{Po} + {}^{0}_{-1}\mathbf{e} + {}^{0}_{0}\overline{\boldsymbol{\nu}}$$

c. ${}^{234}_{90}\mathrm{Th}$

$${}^{234}_{90}\mathbf{Th} \rightarrow {}^{A}_{Z}\mathbf{X} + {}^{0}_{-1}\mathbf{e} + {}^{0}_{0}\overline{\boldsymbol{\nu}}$$

$$Z = 90 - (-1) - 0 = 91$$

$$A = 234 - 0 - 0 = 234$$

وبما أن $Z=91$، تعني أن العنصر يجب أن يكون البروتكتينيوم Pa، والمعادلة يجب أن تكون:

$${}^{234}_{90}\mathbf{Th} \rightarrow {}^{234}_{91}\mathbf{Pa} + {}^{0}_{-1}\mathbf{e} + {}^{0}_{0}\overline{\boldsymbol{\nu}}$$

d. $^{239}_{93}\mathrm{Np}$

$$^{239}_{93}\mathrm{Np} \rightarrow {}^{A}_{Z}\mathrm{X} + {}^{0}_{-1}\mathrm{e} + {}^{0}_{0}\overline{\nu}$$

$$Z = 93 - (-1) - 0 = 94 \quad \text{حيث}$$

$$A = 239 - 0 - 0 = 239$$

وبما أن $Z=94$، تعني أن العنصر يجب أن يكون البلوتونيوم Pu، والمعادلة يجب أن تكون:

$$^{239}_{93}\mathrm{Np} \rightarrow {}^{239}_{94}\mathrm{Pu} + {}^{0}_{-1}\mathrm{e} + {}^{0}_{0}\overline{\nu}$$

مسائل تدريبية

2–11 الاضمحلال النووي والتفاعلات النووية

صفحة (132– 140)

صفحة 136

ارجع إلى **الشكل 4–11** و**الجدول 2–11** لحل المسائل التالية:

24. تولدت عينة تريتيوم $^{3}_{1}\mathrm{H}$ كتلتها 1.0 g. ما كتلة التريتيوم التي تتبقى بعد مرور 24.6 سنة؟

سنة $24.6 = (2)(12.3$ سنة$)$

وهذا يساوي ضعف عمر النصف:

الكتلة المتبقية $= \left(\frac{1}{2}\right)^{t}$ الكتلة الأصلية

$$= (1.0\ \mathrm{g})\left(\frac{1}{2}\right)^{2}$$

$$= 0.25\ \mathrm{g}$$

25. عمر النصف لنظير النبتونيوم $^{238}_{93}\mathrm{Np}$ هو 2.0 يوم. فإذا أنتجت عينة كتلتها 4.0 g من النبتونيوم يوم الاثنين فما الكتلة التي ستبقى منه يوم الثلاثاء من الأسبوع التالي؟

$8.0 = (4)(2.0$ يوم$)$ يوم

وهذا يساوي أربع أعمار نصف

الكتلة الأصلية $= \left(\frac{1}{2}\right)^{t}$ الكتلة المتبقية

$$= (4.0\ \mathrm{g})\left(\frac{1}{2}\right)^{4}$$

$$= 0.25\ \mathrm{g}$$

26. تم شراء عينة من البولونيوم210 بتاريخ 1/9، وكان نشاطها الإشعاعي $2 \times 10^{6}\ \mathrm{Bq}$.استخدمت العينة لإجراء تجربة في 1/6 من السنة التالية. ما النشاط الإشعاعي المتوقع للعينة؟

عمر النصف للبولونيوم $^{210}_{84}\mathrm{Po}$ هو 138 يوم، والمدة التي خضع لها البولونيوم في التجربة بين 1/9 و1/6 تساوي 273 يوم، أي ما يعادل ضعف عمر النصف، لذا؛ فالنشاط الإشعاعي له يساوي:

$$= (2\times10^{6}\ \text{اضمحلال/s})\left(\frac{1}{2}\right)^{2}$$
$$= 5\times10^{5}\ \mathrm{Bq}$$

27. استخدم التريتيوم $^{3}_{1}\mathrm{H}$ في البداية في بعض ساعات اليد لتوليد التوهج الفلوري؛ لكي تستطيع قراءة الوقت في الظلام. إذا كان سطوع التوهج يتناسب طرديًّا مع النشاط نشاطها الإشعاعي للتريتيوم، فكيف يكون سطوع هذه الساعة، بالمقارنة مع سطوعها الأصلي عندما يكون عمر الساعة ست سنين؟

ست سنوات تساوي نصف فترة عمر النصف للتريتيوم الذي عمر النصف له 12.3 سنة. لذلك فإن التوهج يساوي: $\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{1}{2}}$، أو $\frac{7}{10}$ تقريبًا من التوهج الأصلي.

مراجعة القسم

2–11 الاضمحلال النووي والتفاعلات النووية

صفحة (132– 140)

صفحة 140

28. **اضمحلال بيتا** كيف يمكن لإلكترون أن يطلق من النواة في اضمحلال بيتا إذا لم تحتو النواة على الإلكترونات؟

يتحول النيوترون في النواة إلى بروتون ويُطلق إلكترون (بيتا) وأنتينيوترينو.

29. **التفاعلات النووية** يخضع نظير البولونيوم $^{210}_{84}\mathrm{Po}$ لاضمحلال ألفا. اكتب معادلة التفاعل.

$$^{210}_{84}\mathrm{Po} \rightarrow {}^{A}_{Z}\mathrm{X} + {}^{4}_{2}\mathrm{He}$$

$$Z = 84 - 2 = 82 \quad \text{حيث}$$
$$A = 210 - 4 = 206$$

وبما أن $Z = 82$، يعني ذلك أن العنصر يجب أن يكون الرصاص Pb، والمعادلة يجب أن تكون:

$$^{210}_{84}\mathrm{Po} \rightarrow {}^{206}_{82}\mathrm{Pb} + {}^{4}_{2}\mathrm{He}$$

تابع الفصل 11

30. عمر النصف استخدم **الشكل 4–11** و**الجدول 2–11** لتقدير عدد الأيام اللازمة لانخفاض نشاطية نظير اليود $^{131}_{53}\mathrm{I}$ إلى ثلاثة أثمان الكمية الأصلية.

من خلال الرسم البياني، يتبقى $\frac{3}{8}$ بعد مرور 1.4 عمر نصف. ومن الجدول عمر النصف يساوي 8.07 أيام، لذلك يحتاج إلى 11 يومًا.

31. المفاعل النووي يستخدم الرصاص واقيًا من الإشعاع. لماذا لا يمكن اعتباره خيارًا جيدًا ليكون مهدئًا في المفاعل النووي؟

يستخدم الرصاص درعًا إشعاعيًا؛ لأنه يمتص الإشعاع متضمنًا النيوترونات، بينما المهدي يجب فقط أن يبطئ سرعة النيوترونات حتى يمكن أن تمتص بواسطة المواد الانشطارية.

32. الاندماج النووي يحتوي تفاعل اندماجي واحد على نواتي ديوتيريوم $^{2}_{1}\mathrm{H}$، ويحتوي جزيء الديوتيريوم على ذرتي ديوتيريوم. لماذا لا تتعرض الذرتان لعملية الاندماج؟

لأن الأنوية يجب أن تتحرك داخل الجزيء بسرعة كبيرة جدًا حتى تخضع للاندماج، وهذا لا يمكن أن يحدث.

33. طاقة احسب الطاقة المتحررة في أول تفاعل نووي اندماجي في الشمس.

$$^{1}_{1}\mathrm{H} + {}^{1}_{1}\mathrm{H} \longrightarrow {}^{2}_{1}\mathrm{H} + {}^{0}_{+1}\mathrm{e} + {}^{0}_{0}\overline{\nu}$$

الطاقة المتحررة تساوي:

$$E = (\text{(الكتلة الابتدائية)} - \text{(الكتلة النهائية)})(931.49\ \mathrm{MeV/u})$$

$$= (2(\text{كتلة البروتون}) - (\text{كتلة الديوتيريوم}) - (\text{كتلة البوزيترون}))(931.49\ \mathrm{MeV/u})$$

$$= \left(2(1.007825\ \mathrm{u}) - 2.014102\ \mathrm{u} - (9.11\times10^{-31}\mathrm{kg})\left(\frac{1\mathrm{u}}{1.6605\times10^{-27}\mathrm{kg}}\right)\right)(931.49\ \mathrm{MeV/u})$$

$$= 0.931\ \mathrm{MeV}$$

34. التفكير الناقد تستخدم بواعث ألفا في كواشف التدخين. فيوضع باعث على أحد ألواح المكثف. وتصطدم جسيمات α باللوح الآخر، ونتيجة لذلك يتولد فرق في الجهد بين اللوحين. فسّر وتوقع أي اللوحين يكون له جهد موجب أكبر.

اللوح الذي يتعرض للقذائف جسيمات ألفا يكون له جهد موجب كبير، لأن جسيمات ألفا موجبة تحرّك الشحنة الموجبة من لوح الباعث إلى لوح الذي يتعرض للقذف.

مسائل تدريبية

3–11 وحدات بناء المادة صفحة (141–149)

صفحة 147

35. كتلة البروتون $1.67 \times 10^{-27}\ \mathrm{kg}$.

a. أوجد الطاقة المكافئة لكتلة البروتون بوحدة الجول.

$$E = mc^2$$

$$= (1.67\times10^{-27}\mathrm{kg})(3.00\times10^{8}\ \mathrm{m/s})^2$$

$$= 1.50\times10^{-10}\ \mathrm{J}$$

b. حوّل هذه القيمة إلى وحدة eV.

$$E = \frac{1.50\times10^{-10}\ \text{J}}{1.60217\times10^{-19}\ \text{J/eV}}$$

$$= 9.36\times10^{8}\ \text{eV}$$

c. أوجد الطاقة الكلية الأصغر لأشعة جاما التي يمكن أن تؤدي إلى تكون زوج من البروتون وضديد البروتون.

الطاقة الكلية الصغرى لأشعة جاما تساوي ضعف طاقة البرتون:

$$(2)(9.36\times10^{8}\ \text{eV}) = 1.87\times10^{9}\ \text{eV}$$

36. يمكن لكل من البوزترون والإلكترون أن يفني أحدهما الآخر، وينتج ثلاثة إشعاعات جاما. تم الكشف عن اثنين من إشعاعات جاما، فكانت طاقة أحدها 225 keV وطاقة الآخر 357 keV. ما طاقة إشعاع جاما الثالث؟

كما ظهر في الدرس، فإن الطاقة المكافئة لكل من البوزترون والإلكترون تساوي 1.02 eV ، لذا؛ فطاقة إشعاع جاما الثالث تساوي:

$$1.02\ \text{MeV} - 0.225\ \text{MeV} - 0.357\ \text{MeV} = 0.438\ \text{MeV}$$

37. كتلة النيوترون 1.008665 u.

a. أوجد الطاقة المكافئة لكتلة النيوترون بوحدة MeV.

$$E = (\text{كتلة النيوترون بوحدة u})(931.49\ \text{MeV/u})$$

$$= (1.008665\ \text{u})(931.49\ \text{MeV/u})$$

$$= 939.56\ \text{MeV}$$

b. أوجد الطاقة الكلية الأصغر لأشعة جاما التي يمكن أن تؤدي إلى تكون زوج من النيوترون وضديد النيوترون.

الطاقة الكلية الصغرى لأشعة جاما تساوي ضعف طاقة النيوترون:

$$E_{\text{الكلية}} = 2E_{\text{n}} = (2)(939.56\ \text{MeV})$$

$$= 1879.1\ \text{MeV}$$

38. كتلة الميون 0.1135 u ، وهو يضمحل إلى إلكترون ونيوترينونين. ما مقدار الطاقة الناتجة عن هذا الاضمحلال؟

الطاقة المتحررة = (كتلة الميون − كتلة الإلكترون)(931.49 MeV/u)

$$= \left(0.1135\ \text{u} - (9.109\times10^{-31}\ \text{kg})\left(\frac{1\ \text{u}}{1.6605\times10^{-27}\ \text{kg}}\right)\right)(931.49\ \text{MeV/u})$$

$$= 105.2\ \text{MeV}$$

مراجعة القسم

3–11 وحدات بناء المادة صفحة (141–149)

صفحة 149

39. **قذف النواة** لماذا يحتاج البروتون إلى طاقة أكثر من النيوترون عندما يستخدم لقذف النواة؟

لأن كلًا من البروتون والنواة له شحنة موجبة فهما يتنافران. ويجب أن يكون للبروتون طاقة حركية كافية للتغلب على طاقة الوضع الناتجة عن التنافر. في حين لا يتأثر النيوترون بقوة التنافر هذه.

40. **مسارع الجسيمات** تتحرك البروتونات في مسارع مختبر فيرمي **الشكل 11–11** في اتجاه حركة عقارب الساعة. ما اتجاه المجال المغناطيسي في مغانط الثني؟

يكون اتجاهها إلى أسفل، في اتجاه داخل الأرض.

41. **إنتاج الزوج** يوضح **الشكل 18–11** إنتاج أزواج الإلكترون–البوزترون. لماذا تنثني مجموعة المسارات السفلية أقل من انثناء زوج المسارات العلوية؟

لأن لزوج الإلكترون/البوزترون في الأسفل أكبر طاقة حركية، وبالتالي تكون لهما أكبر سرعة.

42. **النموذج المعياري** ابحث في محددات النموذج المعياري والبدائل المحتملة.

تتضمن الإجابات: في النموذج المعياري العديد من المعطيات تم الحصول عليها فقط من خلال التجارب، فجسيمات هيجز التي حددت مقياس الطاقة لمجموعة لم يتم العثور عليها. وهذه النتائج لم تكون نظرية و لم تكتمل، ويعدّ كل من التماثل الأقصى ونظرية الوتر هما البدائل الممكنة.

43. **التفكير الناقد** تأمل المعادلتين التاليتين.

$w^+ \rightarrow e^+ + \upsilon$ و $u \rightarrow d^+ w^+$

كيف يمكن استخدامهما لتفسير الاضمحلال الإشعاعي للنيوكليون الذي ينتج عن انبعاث البوزترون والنيوترينو؟ اكتب المعادلة التي تتضمن نيوكليونات بدلاً من الكوراكات.

لأن البروتون له كوارك u واحد أكثر مما يحتويه النيوترون فإن المعادلة ستكون على النحو التالي:

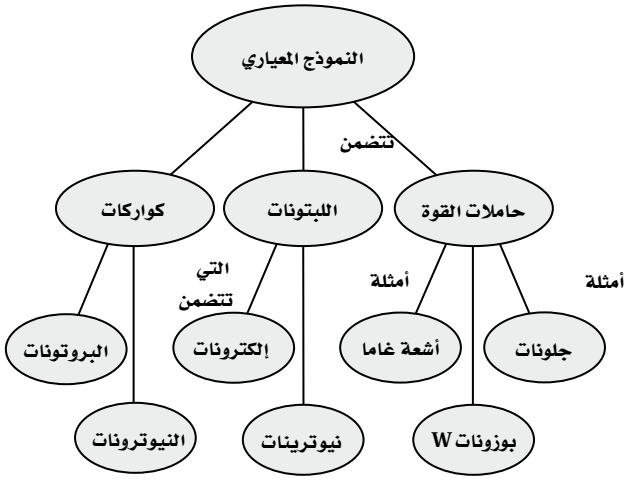
$${}^1_1p \rightarrow {}^1_0n + {}^0_{+1}e + {}^0_0\overline{\nu}$$

تقويم الفصل

خريطة المفاهيم

صفحة 154

44. نظّم المصطلحات التالية في خريطة المفاهيم: النموذج المعياري، أشعة جاما، حاملات القوة، البروتونات، النيوترونات، اللبتونات، بوزونات W، نيوتريونات، إلكترونات، جلونات.



إتقان المفاهيم

صفحة 154

45. ما القوة التي تدفع النيوكليونات داخل النواة ليبتعد بعضها عن بعض؟ما القوة التي تعمل على ربط مكوّنات النواة معًا داخل النواة؟

القوة التي تدفع النيوكليونات داخل النواة ليبتعد بعضها عن بعض هي قوة التنافر الكهربائية، والقوة التي تعمل على ربط مكوّنات النواة معًا داخل النواة هي القوة النووية القوية.

46. عرّف فرق كتلة النواة. ما سببها؟

فرق (نقص) الكتلة هو الفرق بين مجموع كتل الجسيمات المنفردة للنواة وكتلة النواة. ويرتبط مع طاقة الربط النووية من خلال المعادلة: $E = mc^2$.

47. أي الأنوية أكثر استقرارًا عمومًا: الصغيرة أم الكبيرة؟

تكون الأنوية الثقيلة غير مستقرة بصورة عامة؛ لأن الأعداد الكبيرة من البروتونات يجعل قوة التنافر الكهربائية تتغلب على القوة النووية القوية.

تابع الفصل 11

48. ما النظير الذي له عدد أكبر من البروتونات: اليورانيوزم –235 أم اليورانيوم – 238؟

كلاهما له العدد نفسه من البروتونات.

49. عرّف مفهوم الاضمحلال كما يستخدم في الفيزياء، واذكر مثالاً عليه.

الاضمحلال هو عملية تحوّل عنصر ما إلى عنصر آخر بواسطة التفاعل النووي. فمثلًا، يضمحل U–238 إلى Th–234 وجسيم ألفا.

50. **الجسيم المُشَع** ما الأسماء الشائعة لكل من: جسيم α، وجسيم β، وإشعاع γ؟

يسمى جسيم α نواة الهيليوم، ويسمى جسيم β إلكترون، ويسمى إشعاع γ فوتون ذو طاقة عالية.

51. ما الكميتان اللتان يجب أن تكونا محفوظتين دائمًا في أي تفاعل نووي؟

العدد الذري لحفظ الشحنة، العدد الكتلي لحفظ عدد النيوكليونات.

52. **الطاقة النووية** ما سلسلة العمليات التي يجب أن تحدث حتى يحدث التفاعل المتسلسل؟

يجب أن تتحرر كثيرٌ من النيوترونات بواسطة النواة المنشطرة وتمتص من قبل الأنوية المجاورة، مما يجعلها تنشطر.

53. **الطاقة النووية** ما الدور الذي يؤديه المهدئ في مفاعل الانشطار؟

يبطئ المهدئ النيوترونات السريعة، مما يزيد من احتمالية امتصاصها.

54. الانشطار النووي والاندماج النووي عمليتان متعاكستان. كيف تحرر كل منهما الطاقة؟

عندما تخضع ذرة كبيرة لانشطار نووي فإن كتلة النواتج تكون أقل من كتلة النواة الأصلية، وكمية الطاقة المكافئة لفرق الكتلة تتحرر. عندما تندمج الأنوية الصغيرة مكوّنة أنوية أكبر تكون الكتلة الأكبر أكثر تماسكًا من النواة الأقل كتلة، والكتلة الزائدة تظهر على شكل طاقة.

55. **فيزياء الطاقة القوية** لماذا لا يعمل المسارع الخطي بالنيوترونات؟

لأن المسارع الخطي يُسرِّع الجسيمات المشحونة باستخدام القوة الكهربائية، في حين النيوترونات لا تحمل شحنة كهربائية.

56. **القوى** في أي التفاعلات الأربعة التالية (القوية، الضعيفة، الكهرومغناطيسية، التجاذب) تشارك الجسيمات التالية؟

a. إلكترون

الكهرومغناطيسية، القوة الضعيفة، الجاذبية.

b. بروتون

القوة القوية، الكهرومغناطيسية، الجاذبية.

c. نيوترينو

القوة الضعيفة.

57. ماذا يحدث للعدد الذري والعدد الكتلي للنواة التي تشع بوزترونًا؟

يقل العدد الذري بمقدار 1، ولا تغيير على العدد الكتلي.

$$Z \rightarrow Z-1;\ A \rightarrow A$$

58. **ضديد المادة** ماذا يحدث إذا سقط حجر نيزكي يتكوّن من ضديد بروتونات، وضديد نيوترينو وبوزترونات على الأرض؟

تفنى وكمية مكافئة من المادة ينتج كمية كبيرة من الطاقة.

تطبيق المفاهيم

صفحة 155–154

59. **الانشطار** يدعّى أحد المواقع الإلكترونية أن العلماء سيكونون قادرين على إخضاع الحديد للانشطار النووي. هل يمكن أن يكون هذا الادعاء صحيحًا؟ فسّر.

هذا الادعاء ليس صحيحًا، فالحديد من أكثر المعادن ترابطًا. لذا فإن نواته أكثر استقرارًا، ولا تتمكن من الاضمحلال سوءًا عن طريق الانشطار أو الاندماج.

تابع الفصل 11

60. استخدم الرسم البياني لطاقة الربط لكل نوية في **الشكل** 2–11 لتحديد ما إذا كان التفاعل $1^{\wedge}2\ H + {}^{1}_{1}H \longrightarrow {}^{3}_{2}He$ ممكنًا من حيث الطاقة؟

طاقة الربط الابتدائية أقل من طاقة الربط النهائية، لذلك فإن التفاعل ممكن بفاعلية كبيرة.

61. **النظائر** وضح الفرق بين النظائر المشعة التي تنتج اصطناعيًّا وتلك التي تنتج طبيعيًّا.

المادة المشعة الطبيعية هي تلك المادة التي توجد في الخامات الطبيعية وهي مشعة طبيعيًا. في حين تشع النظائر المشعة الاصطناعية بعد خضوعها للاضمحلال الإشعاعي الناتج عن قذفها بواسطة الجسيمات.

62. **المفاعل النووي** في المفاعل النووي، يتدفق الماء الذي يعبر من قلب المفاعل خلال حلقة واحدة، بينما يتدفق الماء الذي يولّد البخار لتحريك التوربينات خلال الحلقة الثانية. لماذا توجد حلقتان؟

في الحلقة الأولى فإن الماء الذي يتدفق من خلال القلب يكون عند ضغط عالٍ، لذلك فإنه لا يغلي. في حين تحمل الحلقة الثانية الماء عند ضغط منخفض منتجة البخار.

63. انشطار نواة اليورانيوم واندماج أنوية الهيدروجين الأربعة لإنتاج نواة الهيليوم كلاهما ينتجان طاقة.

a. أيهما ينتج طاقة أكبر؟

كما ظهر في الدرس فإن الطاقة الناتجة من عملية انشطار نواة اليورانيوم هي 200 Mev. في حين الطاقة الناتجة من عملية اندماج اربع ذرات هيدروجين هي 24 Mev .

b. في أي الحالتين التاليتين تكون الطاقة الناتجة أكبر: انشطار كيلوجرام واحد من أنوية اليورانيوم، أو اندماج كيلوجرام من الهيدروجين؟

العدد الكتلي لليورانيوم القابل للانشطار هو 235، في حين العدد الكتلي الهيدروجين هو1. فالكتلة متساوية من العنصرين يجب أن تكون نوى الهيدروجين 235 مرة قدر نوى اليورانيوم وفي حالة الانشطار فإن كل نواة يورانيوم تنتج 200 eV من الطاقة. في حين ينتج اندماج 238 من نوى الهيدروجين لإنتاج نوى الهليوم طاقة تساوي $(24\ eV)(\frac{238}{4})$، أو حوالي 1440 إلكترون فولت من الطاقة. أي أن اندماج كيلوجرام من الهيدروجين يعطي طاقة أكبر.

c. لماذا تختلف إجابة الجزأين a و b؟

لأنه على الرغم من أن انشطار نواة يورانيوم واحدة تنتج طاقة أكبر من اندماج أربعة أنوية هيدروجين لإنتاج الهيليوم، فهناك عدد من أنوية الهيدروجين في الكيلوجرام الواحد أكثر200 مرة من عدد أنوية اليورانيوم الموجودة في الكيلوجرام.

إتقان حل المسائل

1–11 النواة

صفحة 156–155

64. ما الجسيمات التي تكوّن ذرة $^{109}_{47}Ag$؟ وما عدد كل منه؟

47 إلكترونًا، 47 بروتونًا، 62 نيوترونًا.

65. ما رمز النظير (الذي يستخدم في التفاعلات النووية) لذرة زنك مكوّنة من 30 بروتونًا و 34 نيوترونًا؟

$^{64}_{30}Zn$

تابع الفصل 11

66. نظير الكبريت $^{32}_{16}S$ له كتلة نووية مقدارها 31.97207 u ما مقدار:

a. فرق الكتلة للنظير.

نقص الكتلة =(كتلة النظير)−(كتلة البروتونات والإلكترونات)−(كتلة النيوترونات)

$$= 31.97207\ u - (16)(1.007825\ u) - (16)(1.008665\ u)$$

$$= -0.29177\ u$$

b. طاقة الربط النووية لنواة الكبريت؟

طاقة الربط النووية = (نقص الكتلة) (طاقة الربط النووية لِـ 1u)

$$= (-0.29177\ u)(931.5\ MeV/u)$$

$$= -271.78\ MeV$$

c. طاقة الربط لكل نيوكليون؟

طاقة الربط لكل نيوكليون تساوي:

$$\frac{-271.8\ MeV}{32\ \text{نيوكليون}} = -8.494\ MeV/\text{نيوكليون}$$

67. لنظير النيتروجين $^{12}_{7}N$ كتلة نووية مقدارها 12.0188 u ما مقدار:

a. طاقة الربط لكل نيوكليون؟

طاقة الربط النووية = (نقص الكتلة) (طاقة الربط النووية لِـ 1u)

((كتلة النظير)−(كتلة البروتونات والإلكترونات)

−(كتلة النيوترونات))(طاقة الربط النووية لِـ 1u))

$$= ((12.0188\ u) - (7)(1.007825\ u) - (5)(1.008665\ u))(931.49\ MeV/u)$$

$$= -73.867\ MeV$$

طاقة الربط لكل نيوكليون تساوي : $\frac{-73.867\ MeV}{12\ \text{نيوكليون}} = -6.1556\ MeV/\text{نيوكليون}$

b. أيـهما يحـتاج إلى طاقة أكبر: فصل النوكليون من نواة $^{12}_{7}N$، أو من نواة $^{14}_{7}N$؟ علـما بـأن كتلة $^{14}_{7}N$ تساوي 14.00307 u.

طاقة الربط النووية لِـ $^{14}_{7}N$ تساوي:

طاقة الربط النووية = (نقص الكتلة) (طاقة الربط النووية لِـ 1u)

(طاقة الربط النووية لِـ 1u) = (كتلة النظير)−(كتلة البروتونات والإلكترونات)−(كتلة النيوترونات)

$$= ((14.00307\ u - (7)(1.007825\ u) - (7)(1.008665\ u))(931.49\ MeV/u)$$

$$= -104.66\ MeV$$

طاقة الربط لكل نيوكليون تساوي : $\frac{-104.66\ MeV}{14\ \text{نيوكليون}} = -7.4757\ MeV/\text{نيوكليون}$

وعليه فإن فصل النيوكليون من $^{14}_{7}\mathrm{N}$ يحتاج إلى طاقة أكبر.

68. يبتعد بروتونان موجبا الشحنة في نواة الهيليوم أحدهما عن الآخر مسافة $2.0 \times 10^{-15}\ \mathrm{m}$ تقريبًا. استخدم قانون كولوم لإيجاد القوة الكهربائية للتنافر بين البروتونين. سوف تعطيك الإجابة مؤشرًا عن مقدار القوة النووية القوية.

$$F = \frac{Kq_A q_B}{d^2}$$

$$= (9.0\times10^{9}\ \mathrm{N.m^2/C^2})\frac{(1.60\times10^{-19}\ \mathrm{C})(1.60\times10^{-19}\ \mathrm{C})}{(2.0\times10^{-15}\ \mathrm{m})^2} = 58\ \mathrm{N}$$

69. إذا كانت طاقة الربط النووية لنواة الهيليوم $^{4}_{2}\mathrm{He}$ $-28.3\ \mathrm{MeV}$، فاحسب كتلة نظير الهيليوم بوحدة الكتلة الذرية

كتلة النظير = (نقص الكتلة) + (كتلة البروتونات والإلكترونات) + (كتلة النيوترونات)

$$= \left(\frac{\text{طاقة الربط النووية}}{\text{(طاقة الربط النووية لـ 1u)}}\right) + (\text{كتلة البروتونات والإلكترونات}) + (\text{كتلة النيوترونات})$$

$$= \left(\frac{-28.3\ \mathrm{MeV}}{931.49\ \mathrm{MeV/u}}\right) + (2)(1.007825\ \mathrm{u}) + (2)(1.008665\ \mathrm{u})$$

$$= 4.00\ \mathrm{u}$$

11–2 الاضمحلال النووي والتفاعلات النووية

صفحة 155

70. اكتب المعادلة النووية الكاملة لاضمحلال ألفا للنظير $^{222}_{86}\mathrm{Rn}$.

$$^{222}_{86}\mathrm{Rn} \rightarrow {}^{A}_{Z}\mathrm{X} + {}^{4}_{2}\mathrm{He}$$

حيث : $A = 222 - 4 = 218$

$$Z = 86 - 2 = 84$$

وبما أن $Z = 84$ ، تعني أن العنصر يجب أن يكون البولونيوم Po، والمعادلة يجب أن تكون:

$$^{222}_{86}\mathrm{Rn} \rightarrow {}^{218}_{84}\mathrm{Po} + {}^{4}_{2}\mathrm{He}$$

71. اكتب المعادلة النووية الكاملة لاضمحلال بيتا للنظير $^{89}_{36}\mathrm{Kr}$.

$$^{89}_{36}\mathrm{Kr} = {}^{A}_{Z}\mathrm{X} + {}^{0}_{-1}\mathrm{e} + {}^{0}_{0}\overline{\nu}$$

حيث : $Z = 36 - (-1) - 0 = 37$

$$A = 89 - 0 - 0 = 89$$

وبما أن $Z = 37$ ، تعني أن العنصر يجب أن يكون الروبيديوم Rb، والمعادلة يجب أن تكون:

$$^{89}_{36}\mathrm{Kr} = {}^{89}_{37}\mathrm{Rb} + {}^{0}_{-1}\mathrm{e} + {}^{0}_{0}\overline{\nu}$$

72. أكمل المعادلات النووية التالية:

a. $^{225}_{89}\text{Ac} \rightarrow {}^{4}_{2}\text{He} + ____$

$\mathbf{^{225}_{89}Ac \rightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{221}_{87}Fr}$

b. $^{227}_{88}\text{Ra} \rightarrow {}^{0}_{-1}\text{e} + ____ + ____$

$\mathbf{^{227}_{88}Ra \rightarrow {}^{0}_{-1}e + {}^{227}_{89}Ac + {}^{0}_{0}\overline{\nu}}$

c. $^{65}_{29}\text{Cu} + {}^{1}_{0}\text{n} \rightarrow ____ \rightarrow {}^{1}_{1}\text{p} + ____$

$\mathbf{^{65}_{29}Cu + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{66}_{29}Cu \rightarrow {}^{1}_{1}p + {}^{65}_{28}Ni}$

d. $^{235}_{92}\text{U} + {}^{1}_{0}\text{n} \rightarrow {}^{96}_{40}\text{Zr} + 3({}^{1}_{0}\text{n}) + ____$

$\mathbf{^{235}_{92}U + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{96}_{40}Zr + 3({}^{1}_{0}n) + {}^{137}_{52}Te}$

73. عمر النصف لنظير معين 3.0 أيام. ما النسبة المئوية للمادة الأصلية التي ستبقى بعد:

a. 6.0 أيام؟

$$\textbf{عمر النصف } \frac{\textbf{6.0 d}}{\textbf{3.0 d}} = \textbf{2.0}$$

$$\textbf{نسبة المتبقي} = \left(\frac{1}{2}\right)^{t} \times 100\%$$

$$= \left(\frac{1}{2}\right)^{2.0} \times 100\%$$

$$= 25\%$$

b. 9.0 أيام؟

$$\textbf{عمر النصف } \frac{\textbf{9.0 d}}{\textbf{3.0 d}} = \textbf{3.0}$$

$$\textbf{نسبة المتبقي} = \left(\frac{1}{2}\right)^{t} \times 100\%$$

$$= \left(\frac{1}{2}\right)^{3.0} \times 100\%$$

$$= 13\%$$

c. 12 يومًا؟

$$\textbf{عمر النصف } \frac{\textbf{12 d}}{\textbf{3.0 d}} = \textbf{4}$$

$$\textbf{نسبة المتبقي} = \left(\frac{1}{2}\right)^{t} \times 100\%$$

$$= \left(\frac{1}{2}\right)^{4.0} \times 100\%$$

$$= 6.3\%$$

74. في إحدى حوادث مختبر أبحاث، انسكب نظير مشع عمر النصف له ثلاثة أيام. وكان الإشعاع ثمانية أضعاف الكمية العظمى المسموح بها. كم يجب أن ينتظر العاملون قبل أن يستطيعوا الدخول إلى المختبر؟

لكي تنخفض النشاطية الإشعاعية إلى $\frac{1}{8}$ الكمية الأصلية، يجب أن ينتظروا ثلاثة أعمار نصف، أي 9 أيام.

75. عندما يُقذف نظير البورون $^{11}_{5}\text{B}$ ببروتونات فإنه يمتص بروتونًا ويطلق نيوترونًا.

a. ما العنصر المتكوّن؟

كربون $^{11}_{6}\text{C}$

b. اكتب المعادلة النووية لهذا التفاعل.

$$\mathbf{^{11}_{5}B + {}^{1}_{1}p \rightarrow {}^{A}_{6}C + {}^{1}_{0}n}$$

$$\textbf{حيث: } \mathbf{A = 11 + 1 - 1 = 11}$$

وعليه تكون المعادلة:

$$\mathbf{^{11}_{5}B + {}^{1}_{1}p \rightarrow {}^{11}_{6}C + {}^{1}_{0}n}$$

c. النظير المتكون مشع ويضمحل بواسطة انبعاث بوزترون. اكتب المعادلة النووية الكاملة لهذا التفاعل.

$$\mathbf{^{11}_{6}C \rightarrow {}^{A}_{Z}X + {}^{0}_{+1}e + {}^{0}_{0}\overline{\nu}}$$

$$\mathbf{Z = 6 - 1 - 0 = 5}$$

$$\mathbf{A = 11 - 0 - 0 = 11}$$

وبما أن $Z = 5$، تعني أن العنصر يجب أن يكون البورون B، والمعادلة يجب أن تكون:

$$\mathbf{^{11}_{6}C \rightarrow {}^{11}_{5}B + {}^{0}_{+1}e + {}^{0}_{0}\overline{\nu}}$$

76. حررت القنبلة الذرية الأولى طاقة تعادل 2.0×10^{1} كيلو طن من مادة TNT. فإذا كان كل كيلو طن واحد من TNT يكافئ 5.0×10^{12} J.إذا كان اليورانيوم–235 يحرر ذرة3.21×10^{-11} J/ فكم كانت كتلة اليورانيوم–235 التي خضعت للانشطار لتوليد طاقة القنبلة؟

$$E = (2.0\times10^{1}\ \text{kton})(5.0\times10^{12}\ \text{J/kton})\left(\frac{1\ \text{atom}}{3.21\times10^{-11}\ \text{J}}\right)\left(\frac{1\ \text{mol}}{6.02\times10^{23}\ \text{atom}}\right)\left(\frac{0.235\ \text{kg}}{\text{mol}}\right)$$
$$= 1.2\ \text{kg}$$

77. خلال تفاعل الاندماج، يتحد ديوترونان ${}^{3}_{1}\text{H}$ لتكوين نظير الهيليوم ${}^{3}_{2}\text{He}$. ما الجسيم الآخر الذي تكوّن؟

$${}^{2}_{1}\text{H} + {}^{2}_{1}\text{H} \rightarrow {}^{3}_{2}\text{He} + {}^{A}_{Z}\text{X}$$

حيث: $Z = 1 + 1 - 2 = 0$

$$A = 2 + 2 - 3 = 1$$

يجب أن يكون الجسيم نيوترون ${}^{1}_{0}\text{n}$.

78. عمر النصف لنظير البولونيوم ${}^{209}_{84}\text{Po}$ 103 سنة. كم تستغرق عينة 100 g حتى تضمحل ليبقى منها 3.1 g؟

الكتلة المتبقية = $\left(\frac{1}{2}\right)^{t}$ الكتلة الأصلية

اعتبر الكتلة المتبقية = R، و الكتلة الأصلية = I.

$$R = I\left(\frac{1}{2}\right)^{t} = \frac{I}{2^{t}}$$

$$2^{t} = \frac{I}{R}$$

$$\log(2^{t}) = \log\left(\frac{I}{R}\right)$$

$$t\log 2 = \log\left(\frac{I}{R}\right)$$

$$t = \frac{\log\left(\frac{I}{R}\right)}{\log 2}$$

$$= \frac{\log\left(\frac{100\ \text{g}}{3.1\ \text{g}}\right)}{\log 2}$$

= أعمار نصف 5

أي أن العينة تستغرق 500 سنة حتى تضمحل ليبقى منها بعد ذلك 3.1 g.

11–3 وحدات بناء المادة

صفحة 156

79. ما شحنة الجسيم الذي يتكوّن من ثلاثة كواركات علوية؟

كل كوارك علوي u شحنته $+\frac{2}{3}$. أي أن شحنة ثلاث كواركات علوية:

$$uuu = 3\left(+\frac{2}{3}\right) = +2 \qquad \text{شحنة أولية}$$

80. شحنة ضديد الكوارك معاكسة لشحنة الكوارك. يتكوّن البيون من كوارك علوي ومن ضديد الكوارك السفلي $u\bar{d}$. ما شحنة هذا البيون؟

$$u + \bar{d} = +\frac{2}{3} + \left(-\left(-\frac{1}{3}\right)\right) = +1 \quad \text{شحنة أولية}$$

81. تتكون البيونات من كوارك وضديد الكوارك. أوجد شحنة البيون الذي يتكون من:

a. $u\bar{u}$

$$u + \bar{u} = +\frac{2}{3} + \left(-\left(+\frac{2}{3}\right)\right) = 0 \quad \text{شحنة أولية}$$

b. $d\bar{u}$

$$d + \bar{u} = -\frac{1}{3} + \left(-\left(+\frac{2}{3}\right)\right) = -1 \quad \text{شحنة أولية}$$

c. $d\bar{d}$

$$d + \bar{d} = -\frac{1}{3} + \left(-\left(-\frac{1}{3}\right)\right) = 0 \quad \text{شحنة أولية}$$

82. الباريونات جسيمات تتكون من ثلاثة كواركات. أوجد الشحنة على كل من الباريونات التالية:

a. نيوترون ddu.

$$d + d + u = 2\left(-\frac{1}{3}\right) + \left(\frac{2}{3}\right) = 0$$

b. ضديد بروتون $\bar{u}\,\bar{u}\,\bar{d}$.

$$\bar{u} + \bar{u} + \bar{d} = -\left(\frac{2}{3}\right) + -\left(\frac{2}{3}\right) + -\left(-\frac{1}{3}\right)$$
$$= -1$$

83. نصف قطر السنكروترون في مختبر فيرمي 2.0 km، وتتحرك البروتونات التي تدور داخله بسرعة تساوي سرعة الضوء في الفراغ تقريبًا.

a. ما الفترة الزمنية التي يحتاج إليها البروتون حتى يكمل دورة كاملة.

$$v = \frac{d}{t}$$

حيث d هي محيط السنكروترون:

أي: $$t = \frac{d}{v} = \frac{\pi(2.0\times10^{3}\ \text{m})}{3.0\times10^{8}\ \text{m/s}}$$

$$= 2.1\times10^{-5}\ \text{s}$$

b. تدخل البروتونات الحلقة بطاقة 8.0 GeV فتكتسب طاقة 2.5 MeV في كل دورة. ما عدد الدورات التي يجب أن يكملها قبل أن تصل طاقتها إلى 400.0 GeV؟

$$\frac{400.0\times10^{9}\ \text{eV} - 8.00\times10^{9}\ \text{eV}}{2.5\times10^{6}\ 6\ \text{eV/دورة}} = 1.6\times10^{-5}\ \text{دورة}$$

c. ما الفترة الزمنية التي تحتاج إليها البروتونات حتى تتسارع إلى 400.0 GeV؟

$$t = (1.6\times10^{5}\ \text{دورة})(2.1\times10^{-5}\ \text{s/دورة})$$

$$= 3.4\ \text{s}$$

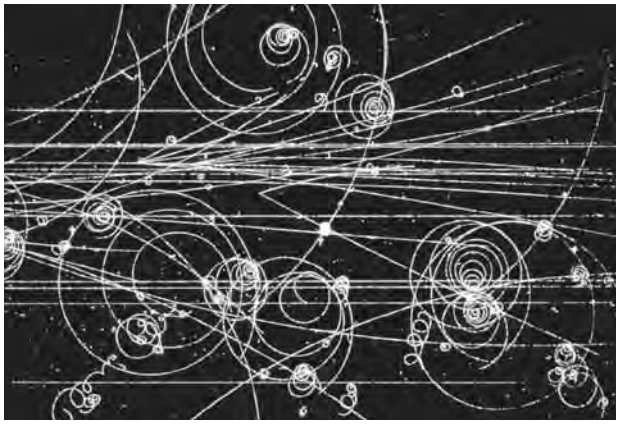
d. ما المسافة التي تقطعها البروتونات التي تنقل خلال هذا التسارع؟

$$d = vt = (3.00\times10^{8}\ \text{m/s})(3.4\ \text{s})$$

$$= 1.0\times10^{9}\ \text{m},$$

أي حوالي مليون كيلومتر.

84. **الشكل** 20–11 يبيّن مسارات في حجرة الفقاعة. ما بعض الأسباب التي تسبب انحراف إحدى المسارات أكثر من المسارات الأخرى؟



■ الشكل 20–11

تنحني مسارات الجسيمات الأسرع بشكل اقل.

مراجعة تراكمية

صفحة 156

85. كل الأنوية التالية تستطيع أن تمتص جسيم α.افترض أنه لا تنبعث جسيمات ثانوية من النواة،أكمل المعادلات التالية:

a. $^{14}_{7}\text{N} + {}^{4}_{2}\text{He} \rightarrow$ _____

$$^{14}_{7}\text{N} + {}^{4}_{2}\text{He} \rightarrow {}^{A}_{Z}\text{X}$$

حيث: $Z = 7 + 2 = 9$

$$A = 14 + 4 = 18$$

وبما أن $Z=9$، تعني أن العنصر يجب أن يكون الفلور F، والمعادلة يجب أن تكون:

$$^{14}_{7}\text{N} + {}^{4}_{2}\text{He} \rightarrow {}^{18}_{9}\text{F}$$

b. $^{27}_{13}\text{Al} + {}^{4}_{2}\text{He} \rightarrow$ _____

$$^{27}_{13}\text{N} + {}^{4}_{2}\text{He} \rightarrow {}^{A}_{Z}\text{X}$$

حيث: $Z = 13 + 2 = 15$

$$A = 27 + 4 = 31$$

وبما أن $Z=15$، تعني أن العنصر يجب أن يكون الفسفور P، والمعادلة يجب أن تكون:

$$^{27}_{13}\text{Al} + {}^{4}_{2}\text{He} \rightarrow {}^{31}_{15}\text{P}$$

86. عمـر النصف للرادون $^{211}_{86}\mathrm{Rn}$ 15h. مـا الكمية المتبقية من العينة بعد مرور 60 h؟

$$\frac{60\ \mathrm{h}}{15\ \mathrm{h}} = 4 \text{ أعمار نصف}$$

$$\left(\frac{1}{2}\right)^4 = \frac{1}{16} \quad \text{أي يتبقى من العينة الأصلية:}$$

87. إحدى تفاعلات الاندماج البسيطة تتضمن إنتاج الديوتيريوم $^{2}_{1}\mathrm{H}$ (2.014102 u) من نيوترون وبروتون. اكتب تفاعل الاندماج الكامل، وأوجد مقدار الطاقة المتحررة.

معادلة التفاعل هي:

$$^{1}_{0}\mathrm{n} + {}^{1}_{1}\mathrm{p} \rightarrow {}^{2}_{1}\mathrm{H}$$

الطاقة المحررة تساوي:

$$\mathrm{E} = ((\text{الكتلة الابتدائية}) - (\text{الكتلة النهائية}))(931.49\ \mathrm{MeV/u})$$

$$= ((\text{كتلة النيترون}) + (\text{كتلة البروتون}) - (\text{كتلة الديتريوم}))(931.49\ \mathrm{MeV/u})$$

$$= (1.008665\ \mathrm{u}) + (1.007276\ \mathrm{u}) - (2.014102\ \mathrm{u}))(931.49\ \mathrm{MeV/u})$$

$$= 1.7130\ \mathrm{MeV}$$

88. كتلة نواة اليورانيوم $^{232}_{92}\mathrm{U}$ =232.0372 u ، ويضمحل إلى الثوريـوم $^{228}_{90}\mathrm{Th}$ ، الذي كتلته =228.0287 u، بانبعاث جسـيم α الـذي كتلتـه =4.0026 u، وطاقتـه الحركيـة 5.3 MeV كم يجب أن تكون الطاقة الحركية لنواة الثوريوم المتكونة؟

الطاقة الحركية الكلية لنواتج الاضمحلال هي:

$$KE_{\text{الكلية}} = KE_{\mathrm{th}} + KE_{\alpha}$$

$$KE_{\mathrm{th}} = KE_{\text{الكلية}} - KE_{\alpha} \quad \text{لهذا:}$$

$$= (\text{نقص الكتلة})(931.49\ \mathrm{MeV/u}) - KE_{\alpha}$$

$$= ((\text{كتلة } {}^{232}_{92}\mathrm{U}) - (\text{كتلة } {}^{228}_{90}\mathrm{Th}) - (\text{كتلة } {}^{4}_{2}\mathrm{He}))(931.49\ \mathrm{MeV/u}) - KE_{\alpha}$$

$$= ((232.0372\ \mathrm{u}) - (228.0287\ \mathrm{u}) - (4.0026\ \mathrm{u}))(931.49\ \mathrm{MeV/u}) - 5.3\mathrm{MeV}$$

$$= 0.2\ \mathrm{MeV}$$

التفكير الناقد

صفحة 156–157

89. **استنتج** لأشعة جاما زخم. وزخم شعاع جاما ذي الطاقة E يساوي E/c، حيث c سرعة الضوء. عندما يضمحل زوج إلكترون–بوزترون إلى إشعاعي جاما فإن كلًّا من الزخم والطاقة يجب أن يكونا محفوظين. إذا كان مجموع طاقات أشعة جاما تساوي 1.02 MeV وكان كلّ من البوزترون والإلكترون مبدئيًّا في حالة سكون، فكم يجب أن يكون مقدار واتجاه زخم إشعاعين من أشعة جاما؟

لأن الزخم الابتدائي صفرًا، لذلك يجب أن يكون الزخم النهائي صفرًا. وبما أن شعاعي جاما يجب أن يكون لهما زخمان متساويان في المقدار ومتعاكسان في الاتجاه . ولذا يكون مقدار كل من الزخمين:

$$p_{\gamma} = \left(\frac{1}{2}\right)\left(\frac{E}{C}\right)$$

$$= \frac{(1.02\times10^{6}\ \mathrm{eV})(1.60\times10^{-19}\ \mathrm{J/eV})}{(2)(3.00\times10^{8}\ \mathrm{m/s})}$$

$$= 2.72\times10^{-22}\ \mathrm{kg.m/s}$$

أي أن كل منهما يتحرك بعكس الآخر.

90. **استنتج** إذا كان زوج إلكترون–بوزترون مبدئيًّا في حالة سكون، ويستطيع أن يضمحل إلى ثلاثة إشعاعات جاما، وكانت إشعاعات جاما الثلاثة لها طاقات متساوية، فكيف يجب أن تكون اتجاهاتها النسبية؟ وضّح بالرسم.

سيكون السؤال بالشكل التالي: كيف يكون الزخم الكلي صفرًا لثلاث من إشعاعات جاما ذات الزخم المتساوي؟ حتى يتحقق ذلك يجب أن تكون الزاوية بين كل وشعاع والآخر°120 ، وتكون الأشعة في مستوى واحد.

91. **قدّر** يُطلق تفاعل اندماجي واحد في الشمس طاقة 25 MeV تقريبًا. قدّر عدد التفاعلات التي تحدث في ثانية من سطوع الشمس الذي يكون عنده معدل الطاقة المنبعثة 4×10^{26} W؟

$$1\ \mathrm{eV} = 1.6022\times10^{-19}\ \mathrm{J}$$

$$25\ \mathrm{MeV} = (25\times10^{6}\ \mathrm{eV/\text{تفاعل}})(1.6022\times10^{-19}\ \mathrm{J/eV})$$

$$= 4.0\times10^{6} - 12\ \mathrm{J/\text{تفاعل}}$$

بما أن معدل الطاقة الكلية المنبعثة $4\times10^{26}\ J/s$، لذا فإن:

$$\frac{4\times10^{26}\ J/s}{4.0\times10^{-12}\ J/\text{تفاعل}} = 10^{38}\ \text{تفاعل}/s$$

92. **تفسير البيانات** يُراقَب نظير يخضع لاضمحلال إشعاعي بواسطة كاشف إشعاعي، فيسجّل عدد العدات كل خمس دقائق. حسب النتائج الموضحة في **الجدول 4–11** أزيلت العينة بعد ذلك، وسجّل الكاشف الإشعاعي **20** عدة ناتجة عن الأشعة الكونية خلال **5** دقائق. أوجد عمر نصف النظير. لاحظ أنه يجب أن تطرح **20** عدة أولية من كل نتيجة. ثم عيّن العدات كدالة رياضية مع الزمن برسم بياني، وحدد عمر النصف.

الجدول 4–11

قياسات الاضمحلال الإشعاعي

الزمن (دقيقة)	العدات (لكل 5 دقائق)
0	987
5	375
10	150
15	70
20	40
25	25
30	18

4 دقائق تقريبًا.

الكتابة في الفيزياء

صفحة 157

93. ابحث في الفهم الحالي للمادة المعتمة في الكون، وما أهمية هذه المادة لعلماء الكونيات؟ وما مكونات هذه المادة؟

يتكون الكون من مادة معتمة بنسبة 25% تقريبًا، وهناك حاجة لتفسير دوران المجرات وتمدد الكون. وبناءً على إحدى النظريات فإن المادة المعتمة ليست مكونة من المواد العادية التي يشملها النموذج المعياري، وقد تتفاعل مع المواد العادية فقط من خلال الجاذبية والقوى النووية الضعيفة.

94. ابحث في تعقّب الكوارك العلوي. لماذا افترض الفيزيائيون وجوده؟

اقترح العلماء النظريون وجود صفة مميّزة للكواركات، وأدركوا أن الكواركات توجد على شكل أزواج. وعندما وجد الكوارك السفلي تجريبيًا عام 1977 م، أدرك العلماء أنه يجب أن يكون هناك شريك له وهو الكوارك العلوي، ولقصر عمر النصف للكوارك العلوي وكتلته الكبيرة؛ فتم العثور عليه أخيرًا في مختبر فيرمي عام 1995 م.

مراجعة تراكمية

صفحة 157

95. إلكترون طول موجة دي برولي له 400.0 nm. (الطول الموجي الأقصر في الضوء المرئي).

a. أوجد سرعة الإلكترون.

$$\lambda = \frac{h}{mv}$$

$$v = \frac{h}{m\lambda}$$

$$= \frac{6.63\times10^{-34}\ J/Hz}{(9.11\times10^{-31}\ kg)(400.0\times10^{-9}\ m)}$$

$$= 1.82\times10^{3}\ m/s$$

b. احسب طاقة الإلكترون بوحدة eV.

$$KE = \frac{1}{2}mv^2$$

$$= \left(\frac{1}{2}\right)(9.11\times10^{-31}\ kg)(1.82\times10^{3}\ m/s)^2 \left(\frac{1\ eV}{1.60\times10^{-19}\ J}\right)$$

$$= 9.43\times10^{-6}\ eV$$

96. يدخل فوتون طاقته 14.0 eV ذرة هيدروجين في حالة استقرار ويؤينها. ما مقدار الطاقة الحركية التي ينطلق بها الإلكترون من الذرة؟

$$KE = (\text{طاقة الفوتون}) + (\text{طاقة الإلكترون في مستوى الاستقرار})$$

$$= 14.0\ eV + (-13.6\ eV)$$

$$= 0.4\ eV$$

مسألة تحفيز

صفحة 147

يضمحل $^{238}_{92}U$ بانبعاث α وبانبعاثين متتاليين لجسيم β ويتحول ثانية إلى نظير لليورانيوم.

1. وضحّ معادلات الاضمحلال النووي الثلاثة.

عند انبعاث α $^{238}_{92}U \rightarrow {}^{A}_{Z}X + {}^{4}_{2}He$

حيث : $Z = 92 - 2 = 90$

$A = 238 - 4 = 234$

وبما أن $Z=90$ ، تعني أن العنصر يجب أن يكون الثوريوم Th، والمعادلة يجب أن تكون:

$$^{238}_{92}U \rightarrow {}^{234}_{90}Th + {}^{4}_{2}He$$

عند انبعاث βالأول $^{234}_{90}Th \rightarrow {}^{A}_{Z}X + {}^{0}_{-1}e + {}^{0}_{0}\overline{\nu}$

حيث : $Z = 90 - (-1) - 0 = 91$

$A = 234 - 0 - 0 = 234$

وبما أن $Z=91$ ، تعني أن العنصر يجب أن يكون البروتكتينيوم Pa، والمعادلة يجب أن تكون:

$$^{234}_{90}Th \rightarrow {}^{234}_{91}Pa + {}^{0}_{-1}e + {}^{0}_{0}\overline{\nu}$$

عند انبعاث βالثاني $^{234}_{91}Pa \rightarrow {}^{A}_{Z}X + {}^{0}_{-1}e + {}^{0}_{0}\overline{\nu}$

حيث: $Z = 91 - (-1) - 0 = 92$

$A = 234 - 0 - 0 = 234$

وبما أن $Z=92$ ، تعني أن العنصر يجب أن يكون اليولرانيوم U، والمعادلة يجب أن تكون:

$$^{234}_{91}Pa \rightarrow {}^{234}_{92}U + {}^{0}_{-1}e + {}^{0}_{0}\overline{\nu}$$

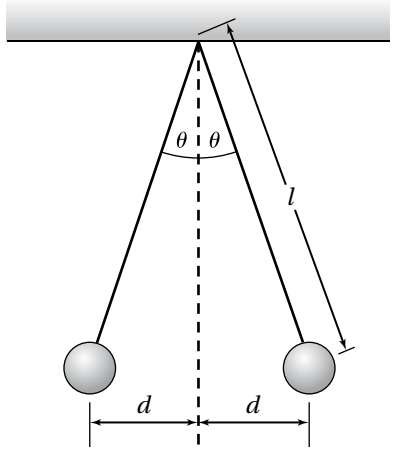
2. احسب العدد الكتلي والعدد الذري لليورانيوم المتكوّن.

$A=234 , Z = 92$

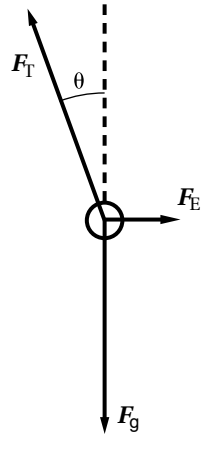
ملحق مسائل إضافية للفصول (6–1)

ملحق مسائل الفصل 1

1. يمكن تحديد مقدار الشحنة بنقل تلك الشحنة مناصفة بين كرتيّ بيلسان متماثلتين كتلة كل منهما m ، بحيث يكون كل منهما معلقة بخيط عازل طوله l إلى نقطة تعليق واحدة. إذ عندما تنتقل الشـحنة إلى كل منهما فإنهما تتنافران وتتباعدان لتكونا في وضع اتزان كما في الشكل أدناه، حيث يصنع الخيط عندئذ زاوية مقدارهاθ مع الرأسي.



a. ارسم مخطط القوى التي تؤثر في كرة البيلسان اليمنى.



حيث :

قوة الشدّ $= F_T$
القوة الكهربائية $= F_E$
قوة الجاذبية $= F_g$

b. اشتق علاقة كدالة تربط بين q وكل من θ و m و l كدالة.

بما أن النظام في حالة اتزان ، فإن محصلة كل من مركتبي القوى الرأسية والأفقية يساوي صفرًا.

$$-F_T \sin\theta + F_E = 0$$

$$F_T \cos\theta - F_g = 0$$

أعد ترتيب الحدود وعوّض كل من F_E و F_g في العلاقة :

$$F_T \sin\theta = F_E = K\frac{q_A q_B}{(2d)^2} = K\frac{\left(\frac{q}{2}\right)^2}{4d^2} = K\frac{q^2}{16d^2}$$

$$F_T \cos\theta = F_g = mg$$

اقسم المعادلة الأولى على الثانية لإختصار F_T

$$\frac{\sin\theta}{\cos\theta} = \tan\theta = K\frac{q^2}{16\,mg\,d^2}$$

من الشكل $d = l\sin\theta$ عوض مقدار d في المعادلة ثم حلها لإيجاد q

$$q^2 = \frac{16\,mg\,l^2\sin\theta^2\tan\theta}{K}$$

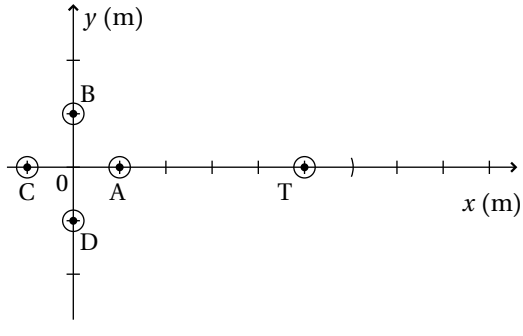
$$q = 4\,l\sin\theta\sqrt{\frac{mg\tan\theta}{K}}$$

c. استخدم العلاقة التي تم اشتقاقها لحساب مقدار q عندما تكون $\theta = 5.0^\circ$، و $m = 2.00$ g، و $l = 10.0$ cm.

$$q = (4)(10.0\times10^{-2}\text{ m})(\sin 5.0^\circ)\sqrt{\frac{(2.00\times10^{-3}\text{ kg})(9.80\text{ m/s}^2)(\tan 5.0^\circ)}{(9.0\times10^9\text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2)}}$$

$$= 1.52\times10^{-8}\text{ C}$$

2. تتوزع أربع شحنات مقدار كل منها q بالتماثل حول نقطة الأصل O (0,0)، كما في الشكل أدناه عند النقاط ، A(1.000,0) ، B(0,1.000) ،C(−1.000,0) و D(0,−1.000) . جد القوة المؤثرة في الشحنة الموضوعة في النقطة T(5.000,0).



بسبب التماثل في توزيع الشحنات، فإن مركبات القوى المؤثرة في الشحنة عند النقطة T على المحور y يلغي كل منهما الآخر. ولا يحتاج إلى الحساب سوى المركبات على المحور x.

$$F_{T,x} = F_{AT,x} + F_{BT,x} + F_{CT,x} + F_{DT,x}$$

$$= Kqq_T\left(\frac{1}{|AT|^2} + \frac{\cos\theta_B}{|BT|^2} + \frac{1}{|CT|^2} + \frac{\cos\theta_D}{|DT|^2}\right)$$

$$= Kqq_T\left(\frac{1}{16} + (2)\left(\frac{\frac{5}{\sqrt{1^2+5^2}}}{1^2+5^2}\right) + \frac{1}{36}\right)$$

$$= 0.1657\,Kqq_T\text{ N}$$

تابع الفصل 1

3. إذا دمجت الشحنات الأربع في السؤال السابق إلى شحنة مفردة واحدة مقدارها $4q$ وضعت في نقطة الأصل، فما القوة عندئذ المؤثرة في الشحنة q_T؟

$$K\frac{(4q)(q_T)}{5^2} = Kqq_T\left(\frac{4}{25}\right)$$

$$= 0.1600\ Kqq_T\ \text{N}$$

تتوزع السحنة بانتظام على سطح كروي، وتعامل الشحنة هنا كما لو أن جميع الشحنة تركزت في مركز الكرة، أما السؤال السابق فتم معالجة السؤال على التقريب في بعدين.

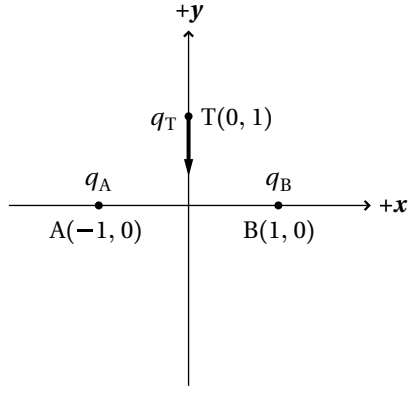
ملحق مسائل الفصل 2

1. وضُعت شحنة في مجال كهربائي مقداره $1.6\times10^{5}\ \text{N/C}$ يتجه نحو الغرب، فتأثرت بقوة مقدارها $0.48\ \text{N}$ نحو الشرق. ما مقدار ونوع هذه الشحنة؟

$$q=\frac{F}{E}=\frac{0.48\ \text{N}}{1.6\times10^{5}\ \text{N/C}}=3.0\times10^{-6}\ \text{C}$$

ولأن القوة المؤثرة في الشحنة تعاكس اتجاه المجال، لذا فالشحنة يجب أن تكون سالبة.

2. تأثرت شحنة اختبار مقدارها $-1.0\times10^{-6}\ \text{C}$ موضوعة عند النقطة $\text{T}\ (0,1)\ \text{m}$ بقوة مقدارها $0.19\ \text{N}$، باتجاه نقطة الأصل على طول محور x، نتيجة تأثير شحنتين متماثلتين موضوعتين عند النقطتين $\text{A}(-1,0)\text{m}$ و $\text{B}(1,0)\ \text{m}$.



a. ما نوع كل من الشحنتين عند A وB؟

يجب أن تكون كل من الشحنتين عند A وB موجبة؛ لتوليد قوة تجاذب على شحنة الاختبار.

b. ما مقدار واتجاه المجال الكهربائي عند T؟

$$E=\frac{F}{q}$$

$$=\frac{0.19\ \text{N}}{1.0\times10^{-6}\ \text{C}}$$

$$E=1.9\times10^{5}\ \text{N/C}$$

يكون اتجاه المجال بعكس اتجاه القوة؛ لأن الشحنة المتأثرة بالمجال سالبة، أي أن $E=1.9\times10^{5}\ \text{N/C}$ بعيدًا عن نقطة الأصل.

3. وُضعت شحنة اختبار مقدارها $-0.5\times10^{-7}\text{C}$ في مجال كهربائي شدته $6.2\times10^{4}\ \text{N/C}$ يتجه $15°$ شمال الشرق. ما مقدار القوة المؤثرة في الشحنة؟

$$F=Eq=(6.2\times10^{4}\ \text{N/C})(0.5\times10^{-7}\text{C})$$

$$=3.1\times10^{-3}\ \text{N}$$

يكون اتجاه القوة بعكس اتجاه المجال؛ لأن الشحنة المتأثرة بالمجال سالبة، أي أن $F=3.1\times10^{-3}\ \text{N}$، تتجه $15°$ جنوب الغرب.

4. ما النسبة التي يجب أن تزيد فيها المسافة عن شحنة نقطية لتقل فيه شدة المجال بنسبة 40%؟

شدة المجال الكهربائي للشحنة النقطية يساوي:

$$E=K\frac{q}{r^{2}}$$

أي تتناسب شدة المجال الكهربائي عكسيًّا مع مربع البعد عن الشحنة.

$$\frac{E_1}{E_2}=\frac{r_2^{\,2}}{r_1^{\,2}}$$

$$r_2^{\,2}=\frac{E_1}{E_2}r_1^{\,2}$$

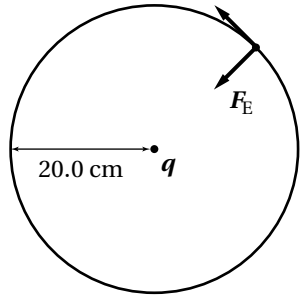
$$r_2=\sqrt{\frac{E_1}{E_2}}\,r_1$$

وفي هذه الحالة فإن: $E_2=(1-0.40)E_1=0.60E_1$

أي أن: $r_2=\sqrt{\frac{1}{0.60}}\,r_1=1.2\,r_1$

فالمسافة يجب أن تزيد بنسبة 30%.

5. يدور جسيم كتلته $m = 2.0\times10^{-6}\,\text{kg}$ في مسار دائري نصف قطره $r = 20.0\,\text{cm}$، حول شحنة نقطية q مقدارها $3.0\times10^{-5}\,\text{C}$ موضوعة في المركز.



a. ما شدة المجال الكهربائي عند جميع النقاط على المسار الدائري الذي يحيط بالشحنة النقطية؟

بما أن المسار دائري؛ لذا تكون المسافة بين الجسيم والشحنة النقطية ثابتة، وتبين من المسألة 2 أن شدة المجال الكهربائي تعتمد فقط على البعد عن الشحنة النقطية ولهذا يُعطى المجال الكهربائي بالعلاقة:

$$E = \frac{Kq}{r^2}$$
$$= (9.0\times10^9\,\text{N.m}^2/\text{C}^2)\left(\frac{3.0\times10^{-5}\,\text{C}}{(0.200\,\text{m})^2}\right)$$
$$= 6.8\times10^6\,\text{N/C}$$

وتكون باتجاه انصاف أقطار الدائرة، وخارجة من النقاط التي تكوّن المسار الدائري.

b. ما الشحنة التي يجب أن يحملها الجسيم ليبقى يدور في مساره الدائري محافظًا على زمن دوري $3.0\times10^{-3}\,\text{s}$، معتبرًا أن الجسيم يتأثر بقوة كهربائية فقط؟

يجب أن يكون اتجاه القوة الكهربائية F_E نحو الشحنة النقطية، ويتبن عند حساب التسارع المركزي للجسيم الدائر أن شحنة الجسيم يجب أن تكون سالبة حتى تحافظ القوة الكهربائية على المسار الدائري له.

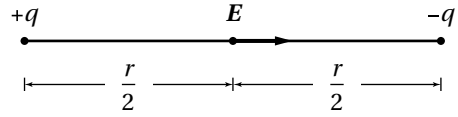
$$F_E = ma_C = m\frac{4\pi^2 r}{T^2}$$

باتجاه أنصاف الأقطار إلى الداخل:

لذا فالشحنة على الجسيم يجب أن تكون:

$$q = \frac{F_E}{E}$$
$$= \frac{-4\pi^2 m}{ET^2}$$
$$= \frac{-4\pi^2(0.200\,\text{m})(2.0\times10^{-6}\,\text{kg})}{(6.8\times10^6\,\text{N/C})(3.0\times10^{-3}\,\text{s})^2}$$
$$= -2.6\times10^{-7}\,\text{C}$$

6. شحنتان متساويتان في المقدار ومختلفتان في النوع وتفصل بينهما مسافة 0.50 m، شدة المجال الكهربائي الناتج عنهما في منتصف المسافة بينهما تساوي 4.8×10^4 N/C وباتجاه الشحنة السالبة. فما مقدار كل من الشحنتين؟



شدة المجال الكهربائي هي محصلة مركبتي المجال الناتج عن كل من الشحنتين، وكل من مركبتي المجال يتجه نحو الشحنة السالبة، وفي منتصف المسافة بين الشحنتين يكون مقدار شدة المجال لكل من الشحنتين متساوية.

$$E = E_q + E_{-q} = \frac{2Kq}{\left(\frac{r}{2}\right)^2} = \frac{8Kq}{r^2}$$

وبحل المعادلة لإيجاد q بدلالة E

$$q = \frac{Er^2}{8K} = \frac{(4.8\times10^4\,\text{N/C})(0.50\,\text{m})^2}{(8)\,(9.0\times10^9\,\text{N.m}^2/\text{C}^2)}$$
$$= 1.7\times10^{-6}\,\text{C}$$

7. وُضعت كرة بيلسان تزن $3.0\times10^{-2}\,\text{N}$ وتحمل شحنة مقدارها $-1.0\times10^{-6}\,\text{C}$ بين لوحين فلزيين كبيرين ومتوازيين وتفصل بينهما مسافة 0.050 m، ما فرق الجهد ΔV الذي يجب أن يكون بين اللوحين لجعل كرة البيلسان تتعلق بينهما؟

$$\Delta V = Ed$$
$$= \frac{F_E d}{q}$$
$$= \frac{(3.0\times10^{-2}\,\text{N})(0.050\,\text{m})}{1.0\times10^{-6}\,\text{C}}$$
$$= 1.5\times10^3\,\text{V}$$

8. تعرف شدة المجال الكهربائي بالقوة لكل وحدة شحنة ، ووحدة شدة المجال هي نيوتن لكل كولوم N/C . والصيغة الرياضية لفرق الجهد الكهربائي هي $\Delta V = Ed$ ، لذا يمكن اقتراح أن المجال الكهربائي يعبر عنه بوحدة فولت لكل متر V/m .

a. وضّح بتحليل الوحدات أن تعبيريّ وحدتي المجال الكهربائي المذكورتين متكافئتان.

$$\frac{\mathbf{V}}{\mathbf{m}} = \frac{\mathbf{J/C}}{\mathbf{m}} = \frac{\mathbf{(N \cdot m)/C}}{\mathbf{m}} = \frac{\mathbf{N}}{\mathbf{C}}$$

b. اقترح سببًا لماذا تستخدم وحدة V/m عادة في توضيح شدة المجال الكهربائي.

لأنة قياس فرق الجهد والمسافة عمليًا يكون أسهل من قياس القوى المؤثرة في الشحنات.

9. أفترض أن لوحين فلزيين متوازيين بينهما مجال كهربائي مقداره 3.0×10^4 N/C، ومتباعدين بمقدار 0.050 m، واعتبر عندما تجيب عن الأسئلة التالية أن نقطة P موضوعة على بعد 0.030 m من اللوح السالب الشحنة A.

a. ما الجهد في النقطة P نسبة إلى اللوح A؟

$$\Delta V_{PA} = (3.0\times10^4\ \mathbf{V/m})(0.030\ \mathbf{m})$$
$$= 9.0\times10^2\ \mathbf{V}$$

b. ما الجهد في النقطةP نسبة إلى اللوح B الموجب الشحنة؟

$$\Delta V_{PB} = -(3.0\times10^4\ \mathbf{V/m})(0.020\ \mathbf{m})$$
$$= -6.0\times10^2\ \mathbf{V}$$

10. تختزن بطارية من الحجم AA جهدها 1.5 V شحنة مقدارها 2500 C. فما الشغل الذي يمكن أن تبذله هذه البطارية؟

$$W = q\Delta V = (2.5\times10^3\ \mathbf{C})(1.5\ \mathbf{V})$$
$$= 3.8\times10^3\ \mathbf{J}$$

11. تتسارع الإلكترونات في الأنبوب المفرغ من المهبط إلى الصفيحة الفلزية الموجبة الجهد بالنسبة للمهبط، فإذا كان جهد الصفيحة 240 V+، فما الطاقة الحركية التي تمتلكها الإلكترونات للوصول إلى الصفيحة؟

الطاقة الحركية التي تكسبها الإلكترونات تكون مساوية لطاقة الوضع الكهربائية التي تفقدها عندما تتحرك خلال فرق جهد 240 V.

$$\Delta KE = -W = -e\Delta V$$
$$= (1.60\times10^{-19}\ \mathbf{C})(240\ \mathbf{V})$$
$$= 3.8\times10^{-17}\ \mathbf{J}$$

12. تتعلق قطرة زيت تحمل خمس إلكترونات فائضة في مجال كهربائي مقداره 2.0×10^3 N/C. فما كتلة هذه القطرة؟

$$F_g = mg = F_E = qE = neE$$
$$m = \frac{F_g}{g} = \frac{neE}{g}$$
$$= \frac{(5)(1.60\times10^{-19}\ \mathbf{C})(2.8\times10^3\ \mathbf{N/C})}{9.80\ \mathbf{m/s^2}}$$
$$= 1.6\times10^{-16}\ \mathbf{kg}$$

13. تزن قطرة زيت 7.5×10^{-15} N، وتحمل ثلاث إلكترونات فائضة.

a. ما فرق الجهد اللازم لجعل القطرة تتعلق بين لوحين تفصل بينهما مسافة 2.3 cm؟

$$F_g = F_E = qE = neE = ne\frac{\Delta V}{d}$$
$$\Delta V = \frac{F_g d}{ne}$$
$$= \frac{(7.5\times10^{-15}\ \mathbf{N})(2.3\times10^{-2}\ \mathbf{m})}{(3)\ (1.60\times10^{-19}\ \mathbf{C})}$$
$$= 3.6\times10^2\ \mathbf{V}$$

b. إذا التقطت القطرة إلكترونًا آخر، فما فرق الجهد بين اللوحين اللازم لإبقاء القطرة معلقة بينهما؟

$$\Delta V = \frac{F_g d}{ne}$$

أي أن فرق الجهد يتناسب عكسيًا مع عدد الإلكترونات الفائضة.

$$\frac{\Delta V_2}{\Delta V_1} = \frac{n_1}{n_2}$$
$$\Delta V_2 = \frac{n_1}{n_2}\Delta V_1$$
$$= \left(\frac{3}{4}\right)(3.6\times10^2\ \mathbf{V}) = 2.7\times10^2\ \mathbf{V}$$

أي ينخفض بمقدار 90 V.

14. بُذل شغل مقداره $4.50\times10^{-4}\,J$ لتحريك شحنة مقدارها $2.00\times10^{-6}\,C$ بعكس مجال كهربائي ثابت. فما فرق الجهد الكهربائي بين نقطة بداية تحريك الشحنة ونقطة نهايته؟

$$\Delta V=\frac{W_q}{q}=\frac{4.50\times10^{-4}\,J}{2.00\times10^{-6}\,C}$$
$$=225\,V$$

15. مكثفان سعة الأول $C_1=220\ \mu_F$ وسعة الآخر $C_2=470\ \mu_F$، إذا وصل كل منهما بفرق جهد 48 V.

a. ما مقدار الشحنة q_1 و q_2 على كل من المكثفين؟

$$C=\frac{q}{\Delta V}$$
$$q_1=C_1\Delta V=(220\times10^{-6}\,F)(48.0\,V)=1.1\times10^{-2}\,C$$
$$q_2=C_2\Delta V=(470\times10^{-6}\,F)(48.0\,V)=2.3\times10^{-2}\,C$$

b. ما مجموع الشحنة q_T على المكثفين معًا؟

$$q_T=q_1+q_2$$
$$=C_1\Delta V+C_2\Delta V$$
$$=(C_1+C_2)\Delta V$$
$$=(220\times10^{-6}\,F+470\times10^{-6}\,F)\,(48.0\,V)$$
$$=3.3\times10^{-2}\,C$$

c. أعد الفرعين a و b عندما يكون فرق الجهد $\Delta V'=96.0\,V$.

$$q_1'=C_1\Delta V'=(220\times10^{-6}\,F)(96.0\,V)=2.1\times10^{-2}\,C$$
$$q_2'=C_2\Delta V'=(470\times10^{-6}\,F)(96.0\,V)=4.5\times10^{-2}\,C$$
$$q_T'=q_1'+q_2'$$
$$=C_1\Delta V'+C_2\Delta V'$$
$$=(C_1+C_2)\Delta V'$$
$$=(220\times10^{-6}\,F+470\times10^{-6}\,F)\,(96.0\,V)$$
$$=6.6\times10^{-2}\,C$$

d. أعتبر أن المكثفين يمثلان نظام ما، ما المكثف المفرد المكافئ لهما C_{eq} والذي يمكنه أن يحل محل المكثف C_1 والمكثف C_2 ويعطي النتائج نفسها؟

اعتبر أن: $C_{كلية}=C_1+C_2=690\ \mu F$

أي أن: $q_T'=C_{كلية}\Delta V$

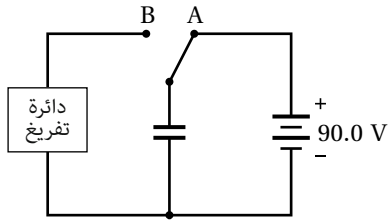
$$=(690\times10^{-6}\,F)(48.0\,V)=3.3\times10^{-2}\,C$$
$$q_T'=C_{كلية}\Delta V'=(690\times10^{-6}\,F)(96.0\,V)=6.6\times10^{-2}\,C$$

وهذا يعطي النتيجة السابقة نفسها.

e. بالاعتماد على ما سبق، قدّر السعة المكافئة لنظام مكون من مجموعة من المكثفات جميعها متصلة عبر فرق الجهد نفسه.

السعة المكافئة للمكثفات ستكون مجموع سعات المكثفات المفردة.

16. دائرة شحن تتكون من بطارية جديدة جهدها 90 V، سعتها $2.5\times10^4\,C$، ومكثف سعته $6800\ \mu_F$ متصل بمفتاح في الوضع A، فإذا حُرك المفتاح إلى الوضع B لتفريغ شحنة المكثف.



a. ما عدد المرات التي يمكن إعادة تفريغ شحنة المكثف حتى تفرغ البطارية تمامًا.

عندما يشحن المكثف تمامًا فإن شحنته تكون:

$$q_c=C\Delta V=(6800\times10^{-6}\,F)(90.0\,V)=0.61\,C$$

عدد مرات تفريغ المكثف N هي:

$$N=\frac{2.5\times10^4\,C}{0.61\,C/\text{مرة}}=4.1\times10^4\ \text{مرة}$$

b. إذا استغرق تفريغ المكثف 120 ms في كل مرة، فما معدل القدرة المبدّدة في دائرة التفريغ عندئذ؟

الطاقة الكلية المختزنة في المكثف تساوي الشغل المبذول لتخزين الشحنات فيه.

$$W=q_c\Delta V$$

معدل القدرة المبدّدة تساوي الطاقة المبدّدة مقسومة

على الزمن المستغرق.

$$P = \frac{E}{t} = \frac{W}{t} = \frac{q_c \Delta V}{t}$$
$$= \frac{(0.61\ \text{C})(90.0\ \text{V})}{0.12\ \text{s}}$$
$$= 4.6 \times 10^{2}\ \text{W}$$

17. مكثف كهربائي سعته $0.68\ \mu_F$، يحمل شحنة مقدارها $1.36 \times 10^{-5}\ \text{C}$ على أحد لوحيه. ما فرق الجهد بين أقطاب المكثف؟

$$C = \frac{q}{\Delta V}$$
$$\Delta V = \frac{q}{C} = \frac{1.36 \times 10^{-5}\ \text{C}}{0.68 \times 10^{-6}\ \text{F}}$$
$$= 2.0 \times 10^{1}\ \text{V}$$

ملحق مسائل الفصل 3

1. مصباح زينة كهربائي قدرته 7.5 W ، يعمل عندما يضيء على تيار 60.0 mA. فما فرق الجهد بين طرفيه؟

$$P = IV$$

$$V = \frac{P}{I} = \frac{7.5\ \text{W}}{60.0\times10^{-3}\ \text{A}} = 125\ \text{V}$$

2. تُخزّن بطارية نيكل كادميوم فرق الجهد بين قطبيها 1.2 V شحنةً مقدارها 4.0×10^{3} mAh (ميلي أمبير ساعة)

a. ما سعة البطارية بالكولوم؟ (تلميح : 1C = 1 A.s).

$$q = (4.0\times10^{3}\ \text{mAh})\left(\frac{1\ \text{A}}{1000\ \text{mA}}\right)\left(\frac{3600\ \text{s}}{1\ \text{h}}\right)$$

$$= 1.4\times10^{4}\ \text{A.s} = 1.4\times10^{4}\ \text{C}$$

b. كم من الزمن تستغرق شحنة البطارية ليسحب منها تيار 125 mA؟

$$q = It$$

$$t = \frac{4.0\times10^{3}\ \text{mAh}}{125\ \text{mA}} = 32\ \text{ساعة}$$

3. يستهلك عنصر تسخين في فرن كهربائي قدرةً مقدارها 5.0×10^{3} W عندما يوصل بمصدر جهده 240 V. ما مقدار التيار المتدفق في عنصر التسخين؟

$$P = IV$$

$$I = \frac{P}{V} = \frac{5.0\times10^{3}\ \text{W}}{240\ \text{V}} = 21\ \text{A}$$

4. مقاومة فتيل مصباح كهربائي وهو بارد 20.0 Ω، ويستهلك عند تشغيله قدرة مقداره 75 W عندما يكون موصولًا بمصدر جهده 120 V. فما المعامل الذي يتجاوز فيه تيار بدء تشغيل المصباح تيار التشغيل؟

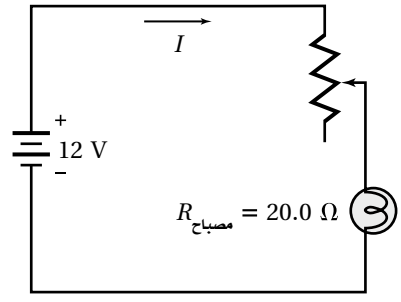
$$I_{\text{بدء التشغيل}} = \frac{V}{R}$$

$$I_{\text{التشغيل}} = \frac{P}{V}$$

$$\frac{I_{\text{بدء التشغيل}}}{I_{\text{التشغيل}}} = \frac{\frac{V}{R}}{\frac{P}{V}} = \frac{V^2}{RP} = \frac{(120\ \text{V})^2}{(20.0\ \Omega)(75\ \text{W})} = 9.6$$

يكون تيار بدء التشغيل أكبر بـ 9.6 مرة من تيار التشغيل .

5. استخدم مجزئ جهد في الدائرة الكهربائية المبينة أدناه؛ لتغيير مقدار تيار المصباح. فإذا كانت المقاومة في الدائرة تعود فقط لمقاومة المصباح، فما مقدار التيار في الدائرة الكهربائية؟



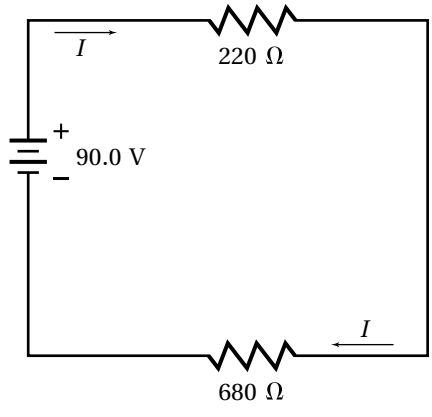
$$I = \frac{V}{R_{\text{مصباح}}} = \frac{12\ \text{V}}{20.0\ \Omega} = 0.60\ \text{A}$$

6. تستهلك حمّاصة خبز في أثناء تشغيلها 1875 W، فإذا وصلت بمصدر كهربائي جهده 125 V. فما مقاومة الحمّاصة؟

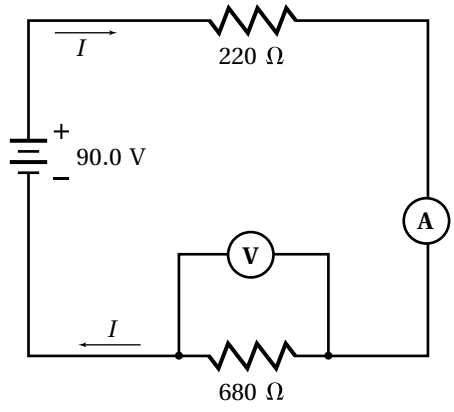
$$P = \frac{V^2}{R}$$

$$R = \frac{V^2}{P} = \frac{(125\ \text{V})^2}{1875\ \text{W}} = 8.33\ \Omega$$

7. ارسم رسمًا تخطيطيًّا لدائرة كهربائية تتضمن بطارية جهدها 90.0 V، ومقاومتان أحدهما 220 Ω والأخرى 680 Ω موصولتان على التوالي مع البطارية، محددًّا اتجاه التيار الاصطلاحي.



8. عدّل الرسم التخطيطي في المسألة السابقة بحيث يتضمن أميتر وفولتمتر لقياس فرق الجهد بين طرفي المقاومة 680 Ω.



9. إذا كانت المقاومة الكلية في المسألة 8 هي 9.0×10^{2} Ω، فما قراءة كل من الأميتر والفولتمتر؟

قراءة الأميتر:

$$I=\frac{V}{R}$$
$$=\frac{\mathbf{90.0\ V}}{\mathbf{9.0\times10^{2}\ \Omega}}=\mathbf{0.10\ A}$$

قراءة الفولتمتر:

$$V=IR=(\mathbf{0.10\ A})(\mathbf{680\ \Omega})$$
$$=\mathbf{68\ V}$$

10. يزود محرك كهربائي محور الحمل بقدرة 5.2 hp (746 W = حصان ميكانيكي (hp) ، وتحت ظروف التشغيل تكون كفاءته 82.8% (الكفاءة هي النسبة بين القدرة الناتجة والقدرة المدخلة)

a. ما التيار الذي يسحبه المحرك من مصدر كهربائي جهده 240 V؟

$$\text{الكفاءة}=\frac{P_{\text{المدخلة}}}{P_{\text{الناتجة}}}=\mathbf{0.828}$$

$$I=\frac{P_{\text{المدخلة}}}{V}=\frac{\dfrac{P_{\text{الناتجة}}}{\text{الكفاءة}}}{V}$$

$$=\frac{\dfrac{(\text{حصان 5.2})(\text{حصان/746 W})}{\mathbf{0.828}}}{\mathbf{240\ V}}$$

$$=\mathbf{2.0\times10^{1}\ A}$$

b. ما الذي يحدث لِـ 17.2% المتبقية من قدرة المحرك المدخلة؟

مبدئيًا يحدث فقدان للطاقة من ملفات المحرك يتناسب مع المقدار I^2R، وهذه الطاقة تتحول إلى طاقة حرارية تزال من داخل المحرك بواسطة مراوح أو طرق أخرى.

11. يُستخدم تيار 380 A وفرق جهد 440 V في عملية التسخين الصناعية.

a. ما مقدار المقاومة الفعّالة في عنصر التسخين؟

$$R=\frac{V}{I}=\frac{\mathbf{440\ V}}{\mathbf{380\ A}}=\mathbf{1.2\ \Omega}$$

b. ما الطاقة المستخدمة خلال عملية التسخين في فترة 8 ساعات؟

$$E=Pt=VIt=(\mathbf{440\ V})(\mathbf{380\ A})(\mathbf{8\ h})\left(\frac{\mathbf{3600\ s}}{\mathbf{1\ h}}\right)$$
$$=\mathbf{5\times10^{9}\ J}$$

12. تعمل مقاومة تسخين مقدارها 8 Ω على مصدر جهد مقداره 120 V.

a. ما مقدار التيار الذي تتطلبه مقاومة التسخين؟

$$I=\frac{V}{R}=\frac{\mathbf{120\ V}}{\mathbf{8\ \Omega}}=\mathbf{15\ A}$$

b. ما الزمن الذي يلزم مقاومة التسخين لتوليد طاقة حرارية مقدارها 2.0×10^{4} J؟

$$E=Pt=VIt$$

$$t=\frac{E}{VI}=\frac{\mathbf{2.0\times10^{4}\ J}}{(\mathbf{120\ V})(\mathbf{15\ A})}=\mathbf{11\ s}$$

13. أعلن مصنع مصابيح كهربائية أن المصابيح التي يصنعها بقدرة 55 W تعطي تدفقًا ضوئيًا مقداره 800.0 lm، وهي تقريبًا تساوي التدفق الضوئي الذي تعطيه المصابيح ذات القدرة 60 W والتي تعطي تدفقًا ضوئيًا مقداره 840.0 lm.

a. ما نوع المصابيح التي تحول الطاقة الكهربائية إلى ضوئية بفعالية اكبر؟

مصباح 55 W يولّد $\frac{800.0\ \text{lm}}{55\ \text{W}}$ أو 14.5 lm/W، في حين المصباح 60 W يولّد $\frac{840.0\ \text{lm}}{60\ \text{W}}$ أو 14.0 lm/W، ويتبين أن مصباح 55 W أكثر فعّالية.

b. أفترض أن العمر التشغيلي للمصابيح 1.0×10^3 ساعة وكلفة التشغيل kWh/ريال 0.12. فما التوفير في كلفة تشغيل المصابيح ذات القدرة 55 W؟

كلفة تشغيل مصباح 60 W = (0.0600 kW)(1.0×10³ h)(0.12 ريال /kWh)) = 7.20 ريال

كلفة تشغيل مصباح 55 W = (0.055 kW)(1.0×10³ h)(0.12 ريال /kWh))= 6.60 ريال

الفرق في الكلفة (التوفير) = 7.20 ريال − 6.60 ريال = 0.60 ريال

c. هل يعود التوفير في الكلفة إلى ارتفاع كفاءة المصابيح، أو بسبب استعداد المستهلكين لقبول انخفاض الضوء الناتج؟

يعود التوفير في الاستهلاك إلى رغبة المستهلكين لقبول الانخفاض في الضوء الناتج.

14. ما معامل انخفاض فقد القدرة الكهربائية I^2R في الأسلاك عند نقل الطاقة الكهربائية من 220 V إلى 20 kV؟ علمًا بأن معدل انتقال الطاقة بقي نفسه.

القدرة المطلوب نقلها هي نفسها، أما التيار فسيقل بالمعامل نفسه الذي ارتفع فيه الجهد أي 10^2؛ لذا فسيكون فقد القدرة الكهربائية I^2R منخفضًا بالمعامل 10^4؛ بسبب تربيع التيار في معادلة القدرة.

15. فاتورة الاستخدامات الكهربائية المتعددة لمنزل هي 1245 kWh خلال 30 يومًا. فما متوسط القدرة المستهلكة خلال هذه تلك الفترة؟

$$P = \frac{E}{t} = \left(\frac{1.245\times10^6\ \text{Wh}}{30\ \text{d}}\right)\left(\frac{1\ \text{d}}{24\ \text{h}}\right)$$
$$= 2\times10^3\ \text{W}$$

ملحق مسائل الفصل 4

1. وصِلت المقاومتان 47 Ω و82 Ω في دائرة توالٍ كهربائية ببطارية جهدها 90 V. ما مقدار مقاومة ثالثة R_3 توصل في الدائرة على التوالي؛ لينخفض تيار الدائرة إلى 350 mA؟

$$I = \frac{V_{\text{مصدر}}}{R}$$

$$R = \frac{V_{\text{مصدر}}}{I}$$

$$= \frac{90\ \text{V}}{0.350\ \text{A}} = 257\ \Omega$$

المقومات المتصلة على التوالي: $R = R_1 + R_2 + R_3$

$$R_3 = R - R_1 - R_2$$

$$= 257\ \Omega - 47\ \Omega - 82\ \Omega$$

$$= 128\ \Omega$$

2. مـا أقل عدد من المقاومـات المتصلة على التوالي ذات المقدار 100.0 Ω، بحيث لا يزيد تيار الدائرة عن 10.0 mA عند وصل تلك المقاومات ببطارية جهدها 12.0 V؟

حيث: $I = \frac{V_{\text{مصدر}}}{R}$ $I \le 0.0100\ \text{A}$

اعتبـر أن عـدد المقاومـات التي مقدارها 100 يسـاوي n وعليه تكون المقاومة المكافئة في دائرة التوالي:

$$R = 100.0n$$

$$0.0100\ \text{A} \ge \frac{12.0\ \text{V}}{R}$$

$$0.0100\ \text{A} \ge \frac{12.0\ \text{V}}{100.0n}$$

$$n \ge \frac{12.0\ \text{V}}{(0.0100)(100.0)} = 12.0$$

يجب أن يكون عدد المقاومات لا يقل عن 12 مقاومة.

3. مولد كهربائـي مقاومته 120.0 Ω موصول على التوالي مع المقاومات 100.0 Ω و 400.0 Ω و 700.0 Ω.

a. ما مقدار التيار الذي يتدفق في الدائرة؟

$$I = \frac{V_{\text{مصدر}}}{R} = \frac{120.0\ \text{V}}{100.0\ \Omega + 400.0\ \Omega + 700.0\ \Omega}$$

$$= 0.1000\ \text{A}$$

b. ما الهبوط في الجهد عبر المقاومة 400.0 Ω؟

$$V_{400.0\,\Omega} = IR_{400.0\,\Omega} = (0.1000\ \text{A})(400.0\ \Omega) = 40.00\ \text{V}$$

4. أثبت أن القدرة الكلية المبدّدة عبر المقاومات المتصلة علـى التوالي في دائرة كهربائية تعطى بالعلاقة $P = I^2R$، حيث R المقاومة المكافئة في الدائرة.

القـدرة الكلية المبدّدة تسـاوي مجموع القـدرة المبدّدة عبر جميع المقاومات.

$$P = P_1 + P_2 + \dots$$

$$= I^2R_1 + I^2R_2 + \dots$$

$$= I^2(R_1 + R_2 + \dots)$$

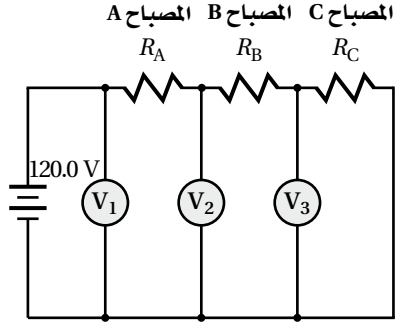
$$= I^2R$$

5. في تجربة كما في الشكل أدناه وصلت ثلاثة مصابيح متماثلة على التوالي ثم وصلت بمصدر للجهد مقداره 120.0 V. وعندمـا أغلق المفتاح أضاءت جميع المصابيح، ولكن عندما أعيدت التجربة في اليوم التالي أضاء المصباحان A وB إضاءة أكثر من عادية، ولكن المصباح C بقي معتمًا، أستخدم فولتمتر لقياس فرق الجهد في الدائرة كما يظهر في الشكل، وكانت قراءات الفولتمتر كما يلي:

$V_1 = 120.0\ \text{V}$

$V_2 = 60.0\ \text{V}$

$V_3 = 0.0\ \text{V}$



a. ماذا حدث في هذه الدائرة؟

أحدثَ المصباح C دائرة قصر من خلال قاعدته، وعندها لم يمر تيار خلال فتيله بقي معتمًا، ودائرة القصر هذه عملت كمقاومة صفرية فسمحت لتيار الدائرة بالتدفق، ودلت القياسات المتوفرة لفرق الجهد على وجود هبوط في الجهد عبر المصباحين الآخرين.

b. فسر لماذا أضاء كل من المصباحين A وB أكثر من العادي؟

لأن الهبوط في الجهد عبر كل من المصباحين ازداد من $\frac{120.0\text{ V}}{3} = 40.00\text{ V}$ إلى $\frac{120.0\text{ V}}{2} = 60.00\text{V}$، وبالتالي ازدادت القدرة المبدّدة $P=\frac{V^2}{R}$ عبر كل من المصباحين بسبب ازدياد V.

c. هل يكون التيار المتدفق الآن في الدائرة أكبر أم أقل؟

يكون تدفق التيار في الدائرة أكبر، لأن المقاومة المكافئة للمقاومتين ودائرة القصر أقل من المقاومة المكافئة للمقاومات الثلاث، وهذا الخفض في المقاومة المكافئة أدى إلى زيادة التيار.

6. سلك من مصابيح الزينة يتكون من 25 مصباح متماثل موصولة على التوالي، كل مصباح يبدّد 1.00 W عندما يتصل السلك بمقبس 125 V.

a. ما القدرة التي يجب أن يزود بها مصدر الـ 125 V؟

$$P = (25\text{ مصباح})(1.00\text{ W/مصباح})$$

$$= 25.0\text{ W}$$

b. ما المقاومة المكافئة للدائرة؟

$$P = \frac{V^2}{R}$$

$$R = \frac{V^2}{P} = \frac{(125\text{ V})^2}{25.0\text{ W}} = 625\ \Omega$$

c. ما مقاومة كل مصباح؟

بما أن المصابيح متصلة على التوالي:

$$R_{\text{مصباح}} = \frac{R}{25} = \frac{625\ \Omega}{25} = 25.0\ \Omega$$

d. ما الهبوط في الجهد عبر كل مصباح؟

بما أن المصابيح متصلة على التوالي:

$$V_{\text{مصباح}} = \frac{V}{25} = \frac{125\text{ V}}{25} = 5.00\text{ V}$$

7. وصلت مقاومتان معًا على التوالي، ثم وصلتا ببطارية جهدها 12.0 V، فكان الهبوط في الجهد عبر أحد المقاومتين يساوي 5.5 V.

a. ما الهبوط في الجهد عبر المقاومة الأخرى؟

12.0 V − 5.5 V = 6.5 V

b. إذا كان التيار في الدائرة 5.0 mA. فما مقدار كل من المقاومتين؟

$$R = \frac{V}{I}$$

$$R_1 = \frac{5.5\text{ V}}{0.0050\text{ A}} = 1100\ \Omega$$

$$R_2 = \frac{6.5\text{ V}}{0.0050\text{ A}} = 1300\ \Omega$$

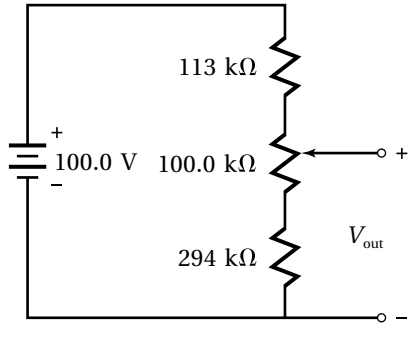
8. إذا كانت مواصفات المقاومتين في المسألة 7 تشير إلى أن القيّم الحقيقية لأيٍّ منهما قد يكون مختلف عن القيمة الأسمية المسجلة عليها، فإذا كان المدى المحتمل للقيم الحقيقية لهاتين المقاومتين كالآتي: $1050\Omega \le R_1 \le 1160\ \Omega$ و $1240\Omega \le R_2 \le 1370\ \Omega$. فما القيم الصغرى والعظمى للهبوط في الجهد عندما تكون قيمته الأسمية 5.5 V؟

بعمل جدول كالجدول أدناه؛ لتحديد القيم الصغرى والكبرى للمقاومتين، وبعدها يُحسب الهبوط في الجهد من العلاقة: $V = 12R_1/R_1 + R_2$.

الهبوط في المقاومة (V)	مقاومة R_2 kΩ	مقاومة R_1 kΩ
5.5	1.24	1.05
5.2	1.37	1.05
5.8	1.24	1.16
5.5	1.37	1.16

ومن الجدول يستنتج أن مدى الهبوط في الجهد من 5.2 V إلى 5.8 V.

9. دائرة مجزئ جهد تتكون من مجزئ جهد كالمبين أدناه، ومن مقاومتين ثابتتين هما 113 Ω و 294 Ω، ومدى مقاومة مجزئ الجهد يتراوح بين 0.0 و 100.0 Ω.



a. ما الجهد الناتج $V_{\text{ناتج}}$ عندما تكون مقاومة مجزئ الجهد موضوعة عند أدنى قيمة لها 0.0 Ω؟

$$V_{\text{ناتج}} = V_{\text{أدنى}}$$

$$= \left(\frac{294\ \text{k}\Omega}{294\ \text{k}\Omega + 100\ \text{k}\Omega + 113\ \text{k}\Omega}\right)(100.0\ \text{V})$$

$$= 58.0\ \text{V}$$

b. ما الجهد الناتج $V_{\text{ناتج}}$ عندما تكون مقاومة مجزئ الجهد موضوعة عند أعلى قيمة لها 100.0 Ω؟

$$V_{\text{ناتج}} = V_{\text{أعلى}}$$

$$= \left(\frac{294\ \text{k}\Omega + 100\ \text{k}\Omega}{294\ \text{k}\Omega + 100\ \text{k}\Omega + 113\ \text{k}\Omega}\right)(100.0\ \text{V})$$

$$= 77.7\ \text{V}$$

c. ما نسبة التغير في إعدادات مجزئ الجهد المطلوبه لقياس $V_{\text{ناتج}}$ عند 65.0 V بدقة؟

الإعداد المطلوب هو نفسه كالنسبة بين الجهد من $V_{\text{أدنى}}$ إلى 65.0 V إلى مدى الجهد الكلي المتوفر.

$$\frac{(65.0\ \text{V}) - V_{\text{أدنى}}}{V_{\text{أعلى}} - V_{\text{أدنى}}} = \frac{65.0\ \text{V} - 58.0\ \text{V}}{77.7\ \text{V} - 58.0\ \text{V}} \times 100\%$$

$$= 35.5\%$$

10. مصباحان قدرة الأول 25.0 W وقدرة الآخر 75.0 W، متصلان على التوازي مع مصدر جهده 125 V.

a. أي من المصباحين أكثر سطوعًا؟

يبدّد المصباح الذي قدرته 75.0 W قدرة أكبر؛ لذا يكون أكثر سطوعًا.

b. ما مقاومة التشغيل لكل منهما؟

بما أن المصابيح متصلة على التوازي، ففرق الجهد يكون نفسه عبر كل منهما.

$$P = \frac{V^2}{R}$$

$$R = \frac{V^2}{P}$$

$$R_{75} = \frac{(125\ \text{V})^2}{75.0\ \text{W}} = 208\ \Omega$$

$$R_{25} = \frac{(125\ \text{V})^2}{25.0\ \text{W}} = 625\ \Omega$$

c. إذا وصل المصباحان على التوالي فما القدرة المبددة في كل منهما عندئذٍ؟

التيار في الدائرة الآن يكون:

$$I = \frac{V_{\text{مصدر}}}{R} = \frac{V}{R_{25} + R_{15}} = \frac{125\ \text{V}}{833\ \Omega} = 0.150\ \text{A}$$

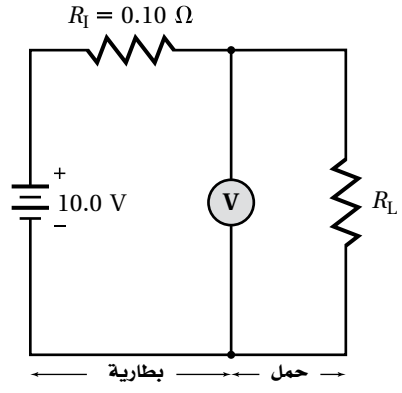
القدرة المبدّدة عبر كل مصباح:

$$P_{75} = I^2R_{75} = (0.150\ \text{A})^2(208\ \Omega) = 4.68\ \text{W}$$

$$P_{25} = I^2R_{25} = (0.150\ \text{A})^2(625\ \Omega) = 14.1\ \text{W}$$

المصباح الذي قدرته 25 W يكون في هذه الحالة أكثر سطوعًا.

11. بطارية جهدها 10.0 V لها مقاومة داخلية مقدارها 0.10 Ω، يمكن تمثيلها بمقاومة متصلة على التوالي مع البطارية كما في الشكل أدناه.



a. اشتق علاقة بين الهبوط في جهد البطارية V كدالة في التيار I.

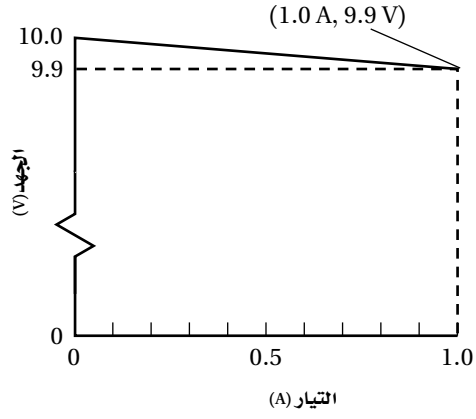
جهد البطارية = مجموع الهبوط في الجهد

$$10.0 = IR_I + V$$

$$V = 10.0 - IR_I$$

$$= 10.0 - 0.10I$$

b. ارسم رسمًا بيانيًّا العلاقة بين فرق الجهد والتيار عندما يكون مدى التيار من 0.0 إلى 1.0 A.



c. ما مقدار المقاومة التي تستبدل بها مقاومة الحمل R_L بين قطبي البطارية لتعطي تيارًا مقداره 1.0 A؟

$$I = \frac{V_{\text{مصدر}}}{R} = \frac{V_{\text{مصدر}}}{R_I + R_L}$$

$$R_L = \frac{V_{\text{مصدر}}}{I} - R_I$$

$$= \frac{10.0\ \text{V}}{1.0\ \text{A}} - 0.10\ \Omega$$

$$= 9.9\ \Omega$$

d. كيف تختلف علاقة $I-V$ في حالة إذا ما كان مصدر الجهد مثالي؟

يعطي مصدر الجهد المثالي فرق جهد محدد وثابت بغض النظر عن التيار المسحوب منه.

12. اثبت أن القدرة المبدّدة في المقاومات المتصلة على التوازي تُعطى بالعلاقة $P = \frac{V^2}{R}$. حيث R المقاومة المكافئة.

المجموع الكلي للقدرة المبدّدة تساوي مجموع القدرة المبدّدة عبر كل مقاومة.

$$P = P_1 + P_2 + \ldots$$

$$= \frac{V^2}{R_1} + \frac{V^2}{R_2} + \ldots$$

$$= V^2\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \ldots\right)$$

$$= \frac{V^2}{R}$$

13. يتكون سلك مصابيح زينة من 10 مصابيح، ولكل منها مقاومة تساوي 200.0 Ω، وهي مجهزة بمصابيح خاصة تشكّل دائرة قصر عندما يزداد الهبوط في الجهد فيها ليصل إلى جهد الخط ويحدث ذلك عندما يحترق فتيل أحد المصابيح. ويوصل طرفي سلك المصابيح بمقبس التيار المنزلي عند جهد 120.0 V، وتُحمى هذه المصابيح بمنصهر يتحمل لغاية 250.0 mA. فما عدد المصابيح عندئذٍ التي تفشل في الإضاءة دون أن يحترق المنصهر؟

يعمل سلك مصابيح الزينة مادام التيار أقل من 250.0 mA .

$$I = \frac{V}{R}$$

$$0.250\ \text{A} \geq \frac{V}{nR_{\text{المصباح}}}$$

$$0.250\ \text{A} \geq \frac{120\ \text{V}}{(n)(200.0\ \Omega)}$$

$$n \geq \frac{120\ \text{V}}{(0.250\ \text{A})(200.0\ \Omega)}$$

$$n \geq 2.4$$

أي يعمل السلك عندما تضيء ثلاثة مصابيح على الأقل، أو لا يضيء أكثر من 7 مصابيح.

14. وصل مصباح قدرته 60.0 W بمصباح قدرته 75.0 W على التوالي مع مصدر جهده 120 V.

a. ما المقاومة المكافئة للدائرة؟

$$P = \frac{V^2}{R}$$

$$R = \frac{V^2}{P}$$

$$= \frac{(120\ \text{V})^2}{60.0\ \text{W} + 75.0\ \text{W}}$$

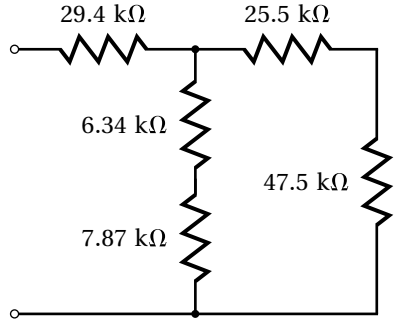
$$= 1.1 \times 10^2\ \Omega$$

b. إذا وصل مجفف شعر قدرته 1875 W الآن على التوازي مع المصباحين. فما المقاومة المكافئة الجديدة للدائرة؟

$$R = \frac{V^2}{P}$$

$$= \frac{(120\ \text{V})^2}{60.0\ \text{W} + 75.0\ \text{W} + 1875\ \text{W}} = 7.2\ \Omega$$

15. مـا المقاومـة المكافئـة لمجموعـة المقاومة في شـبكة المقاومات في الشكل أدناه؟



$$R_1 = 29.4\ \text{k}\Omega$$

$$R_{2,3} = 6.34\ \text{k}\Omega + 7.87\ \text{k}\Omega$$

$$= 14.21\ \text{k}\Omega$$

$$R_{4,5} = 25.5\ \text{k}\Omega + 47.5\ \text{k}\Omega$$

$$= 73.0\ \text{k}\Omega$$

$$\frac{1}{R_{\text{توازي}}} = \frac{1}{R_{2,3}} + \frac{1}{R_{4,5}} = \frac{1}{14.21\ \text{k}\Omega} + \frac{1}{73.0\ \text{k}\Omega}$$

$$R_{\text{توازي}} = 11.9\ \text{k}\Omega$$

$$R = R_1 + R_{\text{توازي}} = 29.4\ \text{k}\Omega + 11.9\ \text{k}\Omega$$

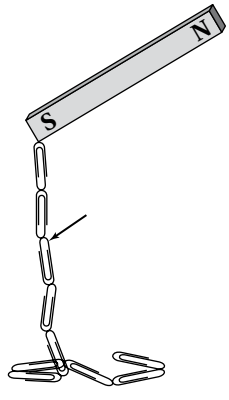
$$= 41.3\ \text{k}\Omega$$

ملحق مسائل الفصل 5

1. يشبه المجال المغناطيسي الأرضي المجال المغناطيسي لقضيب مغناطيسي، إذ يُستخدم القطب الشمالي لإبرة البوصلة في الملاحة البحرية، وعمومًا فهذا القطب يتجه نحو الشمال الجغرافي. فما هو القطب المغناطيسي الأرضي الذي تتجه نحوه إبرة البوصلة؟

القطب المغناطيسي الجنوبي للأرض.

2. يستخدم المغناطيس لجمع بعض مشابك الورق المبعثرة. فما هو القطب المغناطيسي المشار إليه بسهم في نهاية مشبك الورق في الشكل؟



القطب الشمالي

3. حول صالح مفك براغي إلى مغناطيس عن طريق دلكه بقضيب مغناطيسي قوي، بغرض التقاط برغي سقط في مكان يصعب الوصول إليه. فكيف يمكنه جعل المفك يفقد مغناطيسيته بعد حصوله على البرغي؟

يمكنه أن يُسقط المفك من مكان مرتفع، أو يسخنه، أو يضربه بمطرقة، أو بأي بطريقة أخرى تعمل على جعل المناطق المغناطيسية عشوائية الترتيب.

4. سلك طويل يحمل تيارًا من الغرب إلى الشرق. وضعت بوصلة فوق السلك.

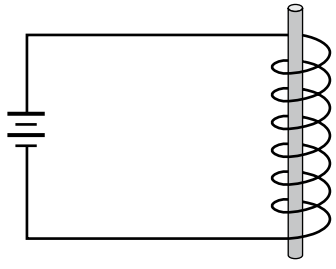
a. أي اتجاه يشير إليه القطب الشمالي للبوصلة؟

الجنوب.

b. عندما تنقل البوصلة إلى أسفل السلك، فأي اتجاه يشير إليه القطب الشمالي لها؟

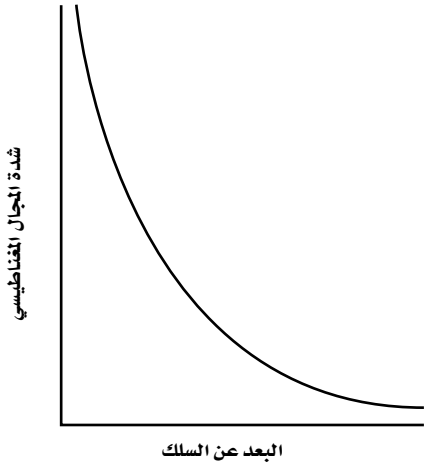
الشمال

5. بالاعتماد على المغناطيس الكهربائي في الشكل أدناه. ما المكونات التي يمكنك تغييرها لزيادة أو خفض قوة المغناطيس الكهربائي؟ وضّح إجابتك.



يمكن زيادة قوة المغناطيس الكهربائي بزيادة فرق جهد المصدر الذي يعمل عليه، أو زيادة عدد لفات ملفه، أو إضافة قلب حديدي له. يمكن خفض قوة المغناطيس الكهربائي بخفض فرق جهد المصدر الذي يعمل عليه، أو تقليل عدد لفات ملفه، أو جعل قلب الملف فارغ أو فيه مادة غير مغناطيسية.

6. ارسم رسمًا بيانيًّا العلاقة بين شدة المجال المغناطيسي حول سلك مستقيم يحمل تيارًا، والمسافة عن السلك.



هذا الرسم البياني هو من النوع $y=1/x$، حيث يمثل محور y شدة المجال المغناطيسي، في حين يمثل المحور x البعد عن السلك.

تابع الفصل 5

7. سلك يحمل تيارًا مقداره 1.4 A، تأثر بمجال مغناطيسي مقداره 0.86 T، فكانت القوة المؤثرة فيه 13 N . فما طول السلك؟

$$F = ILB$$

$$L = \frac{F}{IB} = \frac{13\ \text{N}}{(1.4\ \text{A})(0.86\ \text{T})} = 11\ \text{m}$$

8. أثر مجال مغناطيس مقداره 6.0 T في سلك من النحاس طوله 0.32 m، ويحمل تيارًا مقداره 1.8 A، وبالكاد منع المجال المغناطيسي سلك النحاس من السقوط نحو الأرض. فما كتلة السلك؟

$$F = ILB = mg$$

$$m = \frac{ILB}{g} = \frac{(1.8\ \text{A})(0.32)(6.0\ \text{T})}{9.80\ \text{m/s}^2} = 0.35\ \text{kg}$$

9. أثر مجال مغناطيسي مقداره 0.56 T بقوة مغناطيسية مقدارها 1.1 N في قطعة سلك طولها 21 cm. فما مقدار التيار الذي تحمله؟

$$I = \frac{LB}{F} = \frac{1.1\ \text{N}}{(0.21\ \text{m})(0.56\ \text{T})} = 9.4\ \text{A}$$

10. تتحرك جسيمات ألفا (جسيمات تحتوي بروتونين ونيوترونين ولا يوجد بها إلكترونات) عموديًّا على مجال مغناطيسي شدته 47μT بسرعة 36 cm/s. ما مقدار القوة المؤثرة في كل جسيم؟

$$F = qvB$$

$$= (3.20\times10^{-19}\ \text{C})(0.36\ \text{m/s})\ (4.7\times10^{-5}\ \text{T})$$

$$= 5.4\times10^{-24}\ \text{N}$$

11. أثر مجال مغناطيسي بقوة مقدارها 7.1×10^{-12} N في عدد من ايونات Al^{+3}(أيونات فقد كل منها ثلاث إلكترونات) المتحركة بسرعة 430 km/s عموديًّا على المجال المغناطيسي. فما مقدار المجال المؤثر؟

$$B = \frac{F}{qv} = \frac{7.1\times10^{-12}\ \text{N}}{(4.80\times10^{-19}\ \text{C})(4.3\times10^{5}\ \text{m/s})} = 34\ \text{T}$$

12. يتحرك عدد من الإلكترونات عموديًّا على مجال مغناطيسي شدته 6.2×10^{-1} T ، فأثر فيها بقوة 8.3×10^{-13} N. فما سرعة الإلكترونات؟

$$v = \frac{F}{qB} = \frac{8.3\times10^{-13}\ \text{N}}{(1.60\times10^{-19}\ \text{C})(6.2\times10^{-1}\ \text{T})} = 8.4\times10^{6}\ \text{m/s}$$

ملحق مسائل الفصل 6

1. يتحرك سلك طوله 72 cm داخل مجال مغناطيسي مقداره 1.7×10^{-2} T بزاوية 72° مع اتجاه المغناطيسي، فيتولّد فيه قـوة دافعة كهربائية حثيـة *EMF* مقدارها 1.2 mV. فما سرعة السلك؟

$$v = \frac{EMF}{LB\sin\theta}$$

$$= \frac{1.2\times10^{-3}\ \text{V}}{(0.72\ \text{m})(1.7\times10^{-2}\ \text{T})(\sin 72^\circ)}$$

$$= 0.10\ \text{m/s}$$

2. يتحرك سـلك طوله 14.2 m بسرعة 3.12 m/s عموديًا على مجال مغناطيسي مقداره 4.21 T.

a. ما مقدار القوة الدافعة الكهربائية الحثية *EMF* المتولدة فيه؟

$$EMF = BLv\sin\theta$$

$$= (4.21\ \text{T})(14.2\ \text{m})(3.12\ \text{m/s})(\sin 90.0^\circ)$$

$$= 187\ \text{V}$$

b. افترض أن مقاومة السلك تساوي 0.89 Ω، فما مقدار التيار المار فيه؟

$$I = \frac{V}{R} = \frac{187\ \text{V}}{0.89\ \Omega} = 2.1\times10^{2}\ \text{A}$$

3. يتحرك سـلك مسـتقيم طولـه 3.1 m ومقاومته 3.1 Ω، داخل مجال مغناطيسي مقداره 4.1 T بزاوية 29° مع اتجاه المغناطيسي، بسرعة 26 cm/s. فما مقدار التيار الحثي المتولّدة فيه؟

$$EMF = BLv\sin\theta$$

$$= (4.1\ \text{T})(3.1\ \text{m})(0.26\ \text{m/s})(\sin 29^\circ)$$

$$= 1.6\ \text{V}$$

$$I = \frac{EMF}{R} = \frac{1.6\ \text{V}}{3.1\ \Omega} = 0.52\ \text{A}$$

4. يزود مولّدٌ سلكًا مقاومته 0.86 Ω بتيار فعّال مقداره 75.2 A.

a. ما مقدار الجهد الفعال؟

$$V_{\text{فعّال}} = I_{\text{فعّال}} R = (75.2\ \text{A})(0.86\ \Omega) = 65\ \text{V}$$

b. ما مقدار القيمة العظمى للجهد؟

$$V_{\text{عظمى}} = \sqrt{2}\, V_{\text{فعّال}} = (\sqrt{2})(65\ \text{V}) = 92\ \text{V}$$

5. ما قيمة الجهد الفعال في قابس كهرباء منزلي، إذا كانت القيمة العظمى للجهد 125 V؟

$$V_{\text{فعّال}} = 0.707\, V_{\text{عظمى}}$$

$$= 0.707 \times 125 = 89\ \text{V}$$

6. القيمة العظمى للجهد في قابس كهرباء 170 V.

a. ما مقدار الجهد الفعّال؟

$$V_{\text{فعّال}} = 0.707\, V_{\text{عظمى}}$$

$$= 170\ \text{V} \times 0.707 = 120\ \text{V}$$

b. ما التيار الفعّال الذي يزود مقاومة 11 Ω؟

$$I = \frac{V}{R} = \frac{120\ \text{V}}{11\ \Omega} = 11\ \text{A}$$

7. محـول رافع عدد لفات ملفـه الابتدائي 152 لفة، وعدد لفات ملفه الثانوي 3040 لفة، فإذا وصل الملف الابتدائي بجهد قيمته العظمى 98 V.

a. ما الجهد الفعّال للملف الابتدائي؟

$$V_{\text{فعّال}} = 0.707\, V_{\text{عظمى}}$$

$$= 98\ \text{V} \times 0.707 = 96\ \text{V}$$

b. ما الجهد الفعّال للملف الثانوي؟

$$V_2 = \frac{n_2}{n_1} V_1 = \left(\frac{3040}{152}\right)(69\ \text{V}) = 1.4\ \text{kV}$$

8. محول خافض عدد لفات ملفه الإبتدائي 9000 لفة، وعدد لفـات ملفه الثانـوي 150 لفة، فإذا كانت القـوة الدافعة الكهربائيـة الحثيـة *EMF* في ملفـه الابتدائي 16 V. فما مقدار الجهد في الملف الثانوي؟

$$V_2 = \frac{n_2}{n_1} V_1 = \left(\frac{150}{9000}\right)(16\text{ V}) = 0.27\text{ V}$$

9. محـول عدد لفات ملفـه الإبتدائي124 لفة، وعدد لفات ملفه الثانوي18600 لفة.

a. هل المحول رافع أم خافض؟

محول رافع

b. إذا كان الجهد الفعال في الملف الثانوي 3.2 kV، فما قيمة العظمى للجهد الذي يزود الملف الابتدائي؟

$$V_{1,\text{فعّال}} = \frac{n_1}{n_2} V_{2,\text{فعّال}} = \left(\frac{124}{186000}\right)(3.2\text{ kV}) = 21\text{ V}$$

$$V_{1,\text{عظمى}} = \frac{V_{\text{فعّال}}}{0.707} = \frac{21\text{ V}}{0.707} = 30\text{ V}$$

ملحق مسائل الفصل 7

1. عبـرت حزمـة مـن أيونات الفلور الأحادية التكافؤ (−1) خلال مجال مغناطيسـي مقـداره $2.5\times10^{-3}\ \mathrm{T}$، دون انحراف نتيجة اتـزان تأثيـر المجال المغناطيسـي على الحزمـة بفعل مجال كهربائي مقداره $3.5\times10^{3}\ \mathrm{V/m}$. فـإذا كانت كتلة ذرة الفلور 19 مرة قدر كتلة البروتون.

a. ما مقدار سرعة أيونات الفلور؟

يتزن كل من المجالين الكهربائي والمغناطيسي مع الآخر.

$$Bqv = Eq$$

$$v = \frac{E}{B} = \frac{3.5\times10^{3}\ \mathrm{V/m}}{2.5\times10^{-3}\ \mathrm{T}}$$

$$= 1.4\times10^{6}\ \mathrm{m/s}$$

b. إذا أغلق تأثير المجال الكهربائي، فما نصف قطر المسار الدائري الذي تسلكه الأيونات؟

تعمل القوة المغناطيسية في هذه الحالة كقوة مركزية.

$$Bqv = \frac{mv^2}{r}$$

$$r = \frac{mv}{Bq}$$

$$= \frac{(19)(1.67\times10^{-27}\ \mathrm{kg})(1.4\times10^{6}\ \mathrm{m/s})}{(1.60\times10^{-19}\ \mathrm{C})(2.5\times10^{-3}\ \mathrm{T})}$$

$$= 110\ \mathrm{m}$$

2. يتحرك إلكترون عموديًا على المجال المغناطيسـي الأرضي بسـرعة $1.78\times10^{6}\ \mathrm{m/s}$. فإذا كانت شـدة المجال المغناطيسـي الأرضي $5.00\times10^{-5}\ \mathrm{T}$، فما نصف قطر المسار الدائري الذي يسلكه الإلكترون؟

$$Bqv = \frac{mv^2}{r}$$

$$r = \frac{mv}{Bq}$$

$$= \frac{(9.11\times10^{-31}\ \mathrm{kg})(1.70\times10^{6}\ \mathrm{m/s})}{(5.0\times10^{-5}\ \mathrm{T})(1.60\times10^{-19}\ \mathrm{C})}$$

$$= 0.203\ \mathrm{m}$$

3. دخل بروتون عموديًا على مجال مغناطيسـي بسـرعة $3.98\times10^{4}\ \mathrm{m/s}$، فسـلك مسـارًا دائريًا قطره $4.12\ \mathrm{cm}$. فإذا كانت كتلة البروتون $1.67\times10^{-27}\ \mathrm{kg}$. ما مقدار شدة المجال المغناطيسي المؤثر؟

$$Bqv = \frac{mv^2}{r}$$

$$B = \frac{mv}{rq}$$

$$= \frac{(1.67\times10^{-27}\ \mathrm{kg})(3.98\times10^{4}\ \mathrm{m/s})}{(2.06\times10^{-2}\ \mathrm{m})(1.60\times10^{-19}\ \mathrm{C})} = 2.02\times10^{-2}\ \mathrm{T}$$

4. يحلل مطياف كتلة حزمة من أيونات الكالسيوم ثنائية التأين (2+). فإذا كانت: $B = 4.5\times10^{-3}\ \text{T}$، و$r = 0.125\ \text{m}$، وكتلة أيون الكالسيوم $6.68\times10^{-26}\ \text{kg}$. فما فرق الجهد الذي يعمل عليه المطياف؟

$$\frac{q}{m_{\text{كالسيوم}}} = \frac{2V}{B^2r^2}$$

$$V = \frac{qB^2r^2}{2m}$$

$$= \frac{(3.20\times10^{-19}\ \text{C})(4.5\times10^{-3}\ \text{T})^2(0.125\ \text{m})^2}{(2)(6.68\times10^{-26}\ \text{kg})}$$

$$= 0.76\ \text{V}$$

5. سرعة الضوء في الزجاج التاجي $1.97\times10^{8}\ \text{m/s}$ ، فما مقدار ثابت العزل الكهربائي للزجاج التاجي؟

$$v = \frac{c}{\sqrt{K}}$$

$$K = \left(\frac{c}{v}\right)^2 = \left(\frac{3.00\times10^{8}\ \text{m/s}}{1.97\times10^{8}\ \text{m/s}}\right)^2 = 2.32$$

6. ثابت العزل الكهربائي للألماس 6.00. فما سرعة الضوء فيه؟

$$v = \frac{c}{\sqrt{K}}$$

$$= \frac{3.00\times10^{8}\ \text{m/s}}{\sqrt{6.00}}$$

$$= 1.22\times10^{8}\ \text{m/s}$$

7. يعمل مطياف الكتلة على فصل النظائر المختلفة التي تدخل فيه إلى مسارات دائرية ذات أنصاف أقطار مختلفة. فيُستخدم لتنقية عينة من خليط اليورانيوم 235 و اليورانيوم238 .افترض أن $B = 5.00\times10^{-3}\ \text{T}$، و$V = 55.0\ \text{V}$، وكل من نظيريّ اليورانيوم خماسي التأين (5+)، وكتلة اليوارنيوم−235 تساوي 235 مرة قدر كتلة البروتون، وكتلة اليوارنيوم −238 تساوي 238 مرة قدر كتلة البروتون. فما المسافة التي يفصل بها مطياف الكتلة بين النظيرين؟

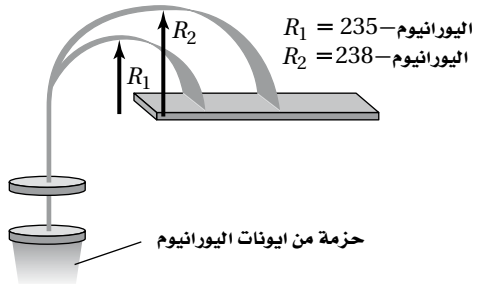
$$\frac{q}{m} = \frac{2V}{B^2r^2}$$

$$r_{\text{U 235}} = \sqrt{\frac{2Vm}{qB^2}}$$

$$= \sqrt{\frac{(2)(55.0\ \text{V})(235)(1.67\times10^{-27}\ \text{kg})}{(5)(1.60\times10^{-19}\ \text{C})(5.00\times10^{-3}\ \text{T})^2}} = 1.47\ \text{m}$$

$$r_{\text{U 238}} = \sqrt{\frac{2Vm}{qB^2}}$$

$$= \sqrt{\frac{(2)(55.0\ \text{V})(238)(1.67\times10^{-27}\ \text{kg})}{(5)(1.60\times10^{-19}\ \text{C})(5.00\times10^{-3}\ \text{T})^2}} = 1.48\ \text{m}$$



$$\text{المسافة الفاصلة} = r_{\text{U 238}} - r_{\text{U 235}} = 1.48\ \text{m} - 1.47\ \text{m} = 0.01\ \text{m}$$

8. يستخدم مطياف الكتلة عادة في التأريخ الكربوني، وذلك بتحديد نسبة نظير الكربون14 إلى نظير الكربون −12 في العينة الحيوية، وتستخدم هذه النسبة لتقدير الفترة الزمنية التي مرت على موت الكائن الحي. ولأن مطياف الكتلة حساس للنسبة

بين الشـحنة والكتلة، فمن الممكن لجسـيمات ملوثة لعينة الكربون من تغيير القيمة المقيسـة لنسبة $\frac{C14}{C12}$، وبالتالي تؤدي إلى نتائـج خاطئـة. فعندما يتأين C 14 فإنه يشـكل أيـون رباعي (+4)، وكتلة C 14 هي 14 مرة من كتلـة البروتون. وإذا اعتبرنا أن الجسيمات الملوثة هي الليثيوم. وأن نظير الليثيوم الأكثر شيوعًا له كتلة تساوي سبع مرات من كتلة بالبروتون، فما هي شحنة أيون الليثيوم التي يجب أن يمتلكها لتلويث الكربون −14 في التجربة؟

$$\frac{q_C}{m_C} = \frac{2v}{B^2r^2} = \frac{q_{Li}}{m_{Li}}$$

$$q_{Li} = q_C \frac{m_C}{m_{Li}}$$

$$= (+4)\left(\frac{7m_p}{14\,m_p}\right)$$

$$= +2$$

9. ما الطول الموجي لموجات راديو ترددها 90.7 MHz؟

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

$$= \frac{3.00\times10\,8\ \text{m/s}}{90.7\times10^6\ \text{Hz}}$$

$$= 3.31\ \text{m}$$

10. ما تردد موجات ميكروويف الطول الموجي لها 3.27 mm؟

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

$$f = \frac{c}{\lambda}$$

$$= \frac{3.00\times10^8\ \text{m/s}}{3.27\times10^{-3}\ \text{m}}$$

$$= 9.17\times10^{10}\ \text{Hz}$$

11. ما تردد موجات أشعة X الطول الموجي لها 1.00×10^{-10} m؟

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

$$f = \frac{c}{\lambda}$$

$$= \frac{3.00\times10^8\ \text{m/s}}{1.00\times10^{-10}\ \text{m}}$$

$$= 3.00\times10^{18}\ \text{Hz}$$

12. تمكن علماء الفيزياء في السنوات الأخيرة من إبطاء سرعة الضوء إلى 1.20 mm/s، وذلك بإمراره خلال مادة ما. فما ثابت العزل الكهربائي لهذه المادة؟

$$v = \frac{c}{\sqrt{K}}$$

$$K = \left(\frac{c}{v}\right)^2$$

$$= \left(\frac{3.00 \times 10^8\ \text{m/s}}{1.20 \times 10^8\ \text{m/s}}\right)^2$$

$$= 6.25 \times 10^{22}$$

ملحق مسائل الفصل 8

1. إذا كانت الطاقة الحركية العظمى للإلكترون المتحرر من خلية كهروضوئية $1.4 \times 10^{-18}\ \text{J}$. فما جهد الإيقاف للخلية الكهروضوئية؟

$$KE = -qV_0$$

$$V_0 = -\frac{KE}{q} = \frac{-1.4\times10^{-18}\ \text{J}}{-1.60\times10^{-19}\ \text{C}}$$

$$= 8.8\ \text{V}$$

2. جهد الإيقاف لخلية كهروضوئية 2.3 V. فما السرعة الابتدائية للإلكترون المتحرر من هذه الخلية الذي يوقفه هذا الجهد؟

$$KE = -qV_0 = \frac{1}{2}mv^2$$

$$v = \sqrt{\frac{-2qV_0}{m}}$$

$$= \sqrt{\frac{-2(-1.60\times10^{-19}\ \text{C})(2.3\ \text{V})}{9.11\times10^{-31}\ \text{kg}}}$$

$$= 9.0\times10^{5}\ \text{m/s}$$

3. يتحرر إلكترون من خلية كهروضوئية بسرعة $8.7\times10^{5}\ \text{m/s}$. فما جهد الإيقاف اللازم لوقف هذا الإلكترون؟

$$KE = -qV_0 = \frac{1}{2}mv^2$$

$$V_0 = -\frac{mv^2}{2q}$$

$$= \frac{-(9.11\times10^{-31}\ \text{kg})(8.7\times10^{5}\ \text{m/s})^2}{(2)(-1.60\times10^{-19}\ \text{C})}$$

$$= 2.2\ \text{V}$$

4. يتمكن ضوء تردده $7.5 \times 10^{14}\ \text{Hz}$، من تحرير إلكترون من سطح فلز في خلية كهروضوئية تردد العتبة له $5.2\times10^{14}\ \text{Hz}$. فما جهد الإيقاف الذي يلزم لوقف هذا الإلكترون؟

$$KE = hf - hf_0$$

لذا فإنه $KE = -qV_0$

$$V_0 = -\frac{KE}{q} = \frac{-h(f - f_0)}{q} = \frac{-(6.626\times10^{-34}\ \text{J/Hz})(7.5\times10^{14}\ \text{Hz} - 5.2\times10^{14}\ \text{Hz})}{-1.60\times10^{-19}\ \text{C}}$$

$$= 0.95\ \text{V}$$

5. اقتران الشغل لفلز 4.80 eV. هل يمكن لفوتون إشعاع فوق بنفسجي طول موجته 385 nm. أن يحرر إلكترونًا من هذا سطح الفلز؟

بداية نحسب طاقة الفوتون.

$$E = \frac{hc}{\lambda}$$

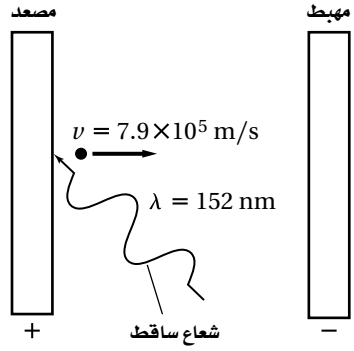
$$= \frac{1240\ \text{eV.nm}}{385\ \text{nm}}$$

$$= 3.22\ \text{eV}$$

ولتحرير إلكترون من سطح هذا الفلز، فان طاقة فوتون الإشعاع الساقط يجب أن تزيد عن اقتران الشغل للفلز. ولأن طاقة الفوتون الساقط 3.22 eV وهي أقل من اقتران الشغل؛ فلن يتحرر إلكترون من سطح الفلز.

6. عندما يضاء فلز بإشعاع طول موجته 152 nm فإن إلكترونًا يتحرر من سطح الفلز بسرعة 7.9×10^5 m/s، فما اقتران الشغل للفلز بوحدة eV للفلز؟

بداية نحسب طاقة الفوتون بالجول.



$$E = \frac{hc}{\lambda}$$

$$= \frac{(6.626\times10^{-34}\ \text{J/Hz})(2.998\times10^{8}\ \text{m/s})}{1.520\times10^{-7}\ \text{m}}$$

$$= 1.31\times10^{-19}\ \text{J}$$

بعد ذلك نحسب الطاقة الحركية :

$$KE = \frac{1}{2}mv^2$$

$$= \frac{1}{2}(9.11\times10^{-31}\ \text{kg})(7.9\times10^{5}\ \text{m/s})^2$$

$$= 2.8\times10^{-19}\ \text{J}$$

$$KE = E - W$$

$$W = E - KE$$

$$= 1.31\times10^{-18}\ \text{J} - 2.8\times10^{-19}\ \text{J}$$

$$= 1.0\times10^{-18}\ \text{J}$$

$$= (1.0\times10^{-18}\ \text{J})\left(\frac{1\ \text{eV}}{1.60\times10^{-19}\ \text{J}}\right)$$

$$= 6.2\ \text{eV}$$

7. طول موجة دي برولي المصاحبة لإلكترون يتحرك بسرعة $9.6\times10^{5}\ \text{m/s}$ تساوي $7.6\times10^{-10}\ \text{m}$. فما كتلة الإلكترون؟

$$\lambda = \frac{h}{mv}$$

$$m = \frac{h}{\lambda v}$$

$$= \frac{6.626\times10^{-34}\ \text{J/Hz}}{(7.6\times10^{-10}\ \text{m})(9.6\times10^{5}\ \text{m/s})}$$

$$= 9.1\times10^{-31}\ \text{kg}$$

8. ما مقدار طول موجة دي برولي المصاحبة لرجل كتلته 68 kg، ويتحرك بطاقة حركية 8.5 J؟

$$KE = \frac{1}{2}mv^2$$

$$v = \sqrt{\frac{2KE}{m}}$$

أي أن طول موجة دي برولي تحسب كالآتي:

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{h}{m}\sqrt{\frac{m}{2KE}}$$

$$= h(2mKE)^{-\frac{1}{2}}$$

$$= (6.626\times10^{34}\ \text{J/Hz})((2)(68\ \text{kg})(8.5\ \text{J}))^{-\frac{1}{2}}$$

$$= 1.9\times10^{-35}\ \text{m}$$

9. إذا كان طول موجة دي برولي المصاحبة لإلكترون $5.2\times10^{-10}\ \text{m}$. فما مقدار فرق الجهد الذي يحقق هذا الطول الموجي؟

$$\lambda = \frac{h}{mv}$$

$$v = \frac{h}{m\lambda}$$

و $KE = -qV_0 = \frac{1}{2}mv^2$

$$V_0 = -\frac{mv^2}{2q}$$

$$= \frac{-mh^2}{2q\lambda^2 m^2}$$

$$= \frac{h^2}{2q\lambda^2 m}$$

$$= \frac{(-6.626\times10^{34}\ \text{J/ Hz})^2}{(2)(-1.60\times10^{-19}\ \text{C})(5.2\times10^{-10}\ \text{m})^2(9.11\times10^{-31}\ \text{kg})}$$

$$= 5.6\ \text{V}$$

ملحق مسائل الفصل 9

1. ينتقل إلكترون ذرة الهيدروجين من مستوى الطاقة E_3 إلى مستوى الطاقة E_1. فما مقدار الطاقة التي تفقدها الذرة؟

$$E_n = -13.6\ \text{eV} \times \frac{1}{n^2}$$

$$\Delta E = E_1 - E_3$$

$$= (-13.6\ \text{eV})\left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{3^2}\right)$$

$$= -12.1\ \text{eV}$$

2. فقد إلكترون ذرة الهيدروجين طاقة تساوي 3.02 eV عندما سقط إلى مستوى الطاقة E_2. فما مستوى الطاقة التي سقطت منه الذرة؟

$$\Delta E = E_f - E_i$$

$$-3.02\ \text{eV} = -13.6\left(\frac{1}{n_y^2} - \frac{1}{n_x^2}\right)$$

$$-3.02\ \text{eV} + 3.40\ \text{eV} = \frac{13.6\ \text{eV}}{n_x^2}$$

$$n_x = 6$$

3. أي من مستويات طاقة الهيدروجين يكون نصف قطره 7.63×10^{-9} m؟

$$r = \frac{n^2h^2}{4\pi^2Kmq^2}$$

$$n = \sqrt{\frac{4\pi^2Kmq^2r}{h^2}}$$

$$= \sqrt{\frac{4\pi^2\,(9.0\times10^9\ \text{N.m}^2/\text{C}^2)(9.11\times10^{-31}\ \text{kg})\,(1.60\times10^{-19}\ \text{C})^2(7.63\times10^{-9}\ \text{m})}{(6.626\times10^{-34}\ \text{J.s})^2}}$$

$$= 12$$

وبطريقة أخرى فإن: $r = r_0\,n^2$، حيث r_0 نصف قطر بور لذرة الهيدروجين ويساوي 530 nm.

$$n = \sqrt{\frac{r}{r_0}} = \sqrt{\frac{7.63\times10^{-9}\ \text{m}}{5.30\times10^{-11}\ \text{m}}} = \sqrt{144} = 12 \qquad \text{أي أن:}$$

4. ما تردد الفوتون المنبعث عندما يسقط إلكترون ذرة الهيدروجين من مستوى الطاقة E_4 إلى مستوى الطاقة E_1 ؟

$$\Delta E = E_1 - E_4$$
$$= (-2.17\times10^{-18}\,\text{J})\left(\frac{1}{1^2}\right) - \left((-2.17\times10^{-18}\,\text{J})\left(\frac{1}{4^2}\right)\right)$$
$$= 2.04\times10^{-18}\,\text{J}$$

$$E = hf$$
$$f = \frac{E}{h}$$
$$= \frac{2.04\times10^{-18}\,\text{J}}{6.626\times10^{-34}\,\text{J.s}}$$
$$= 3.06\times10^{14}\,\text{Hz}$$

5. ما الطول الموجي للفوتون الممتص عندما ينتقل إلكترون من مستوى الطاقة E_3 إلى مستوى الطاقة E_5 ؟

$$\Delta E = E_5 - E_3$$
$$= (-2.17\times10^{-18}\,\text{J})\left(\frac{1}{5^2}\right) - \left((-2.17\times10^{-18}\,\text{J})\left(\frac{1}{3^2}\right)\right)$$
$$= 1.54\times10^{-19}\,\text{J}$$

$$\Delta E = hf = \frac{hc}{d}$$
$$d = \frac{hc}{\Delta E}$$
$$= \frac{(6.626\times10^{-34}\,\text{J/s})(3.00\times10^{8}\,\text{m/s})}{1.54\times10^{-19}\,\text{J}}$$
$$= 1.29\times10^{6}\,\text{m}$$

6. إذا امتصت ذرة هيدروجين وهي في مستوى الاستقرار فوتونًا طول موجته 93 nm، ونتيجة لذلك انتقلت إلى أحد مستويات الإثارة، فما طاقة المستوى الذي انتقلت إليه؟

$$E = hf = \frac{hc}{\lambda}$$
$$= \frac{(6.626\times10^{-34}\,\text{J/s})(3.00\times10^{8}\,\text{m/s})}{9.3\times10^{-8}\,\text{J}}$$
$$= 2.14\times10^{-18}\,\text{J}$$
$$= (2.14\times10^{-18}\,\text{J})\left(\frac{1\,\text{eV}}{1.60\times10^{-19}\,\text{J}}\right)$$
$$= 13.3\,\text{eV}$$ طاقة ممتصة

$$E_f = E_i + \Delta E$$
$$= -13.6\,\text{eV} + 13.3\,\text{eV}$$
$$= -0.3\,\text{eV}$$

ملحق مسائل الفصل 10

1. لعنصر الأنديوم ثلاثة إلكترونات حرة في كل ذرة. استخدم ملحق الجداول، واحسب عدد الإلكترونات الحرة في 1 kg من الأنديوم.

$$\frac{\text{عدد free e}^-}{\text{kg}} = \left(\text{عدد free e}^- /\text{atom}\right)(N_A)\left(\frac{1}{M}\right)\left(\frac{1000\text{ g}}{1\text{ kg}}\right)$$

عوّض: $M = 114.82\text{ g/mol}$، $N_A = 6.02\times10^{23}\text{ atom/mol}$، $\text{عدد free e}^-/\text{atom} = 3\text{ free e}^-/1\text{ atom}$.

$$\frac{\text{عدد free e}^-}{\text{kg}} = \left(\frac{3\text{ free e}^-}{1\text{ atom}}\right)\left(\frac{6.02\times10^{23}\text{ atoms}}{\text{mol}}\right)\left(\frac{1\text{ mol}}{114.82\text{ g}}\right)\left(\frac{1000\text{ g}}{1\text{ kg}}\right)$$

$$= 1.57\times10^{25}\text{ free e}^-/\text{kg}\ \text{للأنديوم}$$

2. لعنصر الكادميوم إلكترونان حران في كل ذرة. استخدم ملحق الجداول، واحسب عدد الإلكترونات الحرة في 1.0 dm^3 من Cd.

$$\frac{\text{عدد free e}^-}{\text{dm}^3} = \left(\text{عدد free e}^- /\text{atom}\right)(N_A)\left(\frac{1}{M}\right)(\rho)\left(\frac{1000\text{ g}}{1\text{ kg}}\right)$$

عوّض: $\text{عدد free e}^-/\text{atom} = 2\text{ free e}^-/1\text{ atom}$، $N_A = 6.02\times10^{23}\text{ atom/mol}$.

$$M = 112.41\text{ g/mol},\ \rho = 8.65\text{ g/cm}^3$$

$$\frac{\text{عدد free e}^-}{\text{dm}^3} = \left(\frac{2\text{ free e}^-}{\text{atom}}\right)\left(\frac{6.02\times10^{23}\text{ atoms}}{\text{mol}}\right)\left(\frac{1\text{ mol}}{112.41\text{ g}}\right)\left(\frac{8.65\text{ g}}{1\text{ cm}^3}\right)\left(\frac{1000\text{ cm}^3}{1\text{ dm}^3}\right)$$

$$= 9.26\times10^{25}\text{ free e}^-/\text{dm}^3\ \text{في الكادميوم}$$

3. لعنصر النحاس إلكترون حر واحد في كل ذرة. ما طول سلك قطره 1.00 mm يحتوي على 7.81×10^{24} free e^-؟ استخدم ملحق الجداول للحصول على الثوابت الفيزيائية اللازمة.

$$L_{\text{سلك}} = \left(\frac{1}{\pi r^2}\right)\left(\text{عدد free e}^-\right)\left(\frac{\text{atom}}{\text{عدد free e}^-}\right)\left(\frac{1}{N_A}\right)(M)\left(\frac{1}{\rho}\right)$$

عوّض: $N_A = 6.02\times10^{23}\text{ atom/mol}$، $M = 63.546\text{ g/mol}$، $\rho = 8.65\text{ g/cm}^3$، $\text{عدد free e}^- = 7.81\times10^{24}\text{ free e}^-$

$$r_{\text{سلك}} = 1.00\text{ mm}/2 = 0.50\text{ mm} = 0.050\text{ cm}$$

$$L_{\text{سلك}} = \left(\frac{1}{\pi\left(\frac{0.100\text{ cm}}{2}\right)^2}\right)(7.81\times10^{24}\text{ free e}^-)\left(\frac{\text{atom}}{\text{free e}^-1}\right)\left(\frac{1\text{ mol}}{6.022\times10^{23}\text{ atoms}}\right)\left(\frac{63.546\text{ g}}{1\text{ mol}}\right)\left(\frac{1\text{ cm}^3}{8.92\text{ g}}\right)$$

$$= 1.18\times10^4\text{ cm} = 118\text{ m}$$

4. لعنصر الجرمانيوم $1.13\times10^{15}\ \text{free e}^-/\text{cm}^3$ عند درجة 400.0 K. ما عدد الإلكترونات الحرة الموجودة في كل ذرة من الجرمانيوم عند هذه الدرجة؟

$$\frac{\text{عدد free e}^-}{\text{atom}} = \left(\frac{1}{N_A}\right)(M)\left(\frac{1}{\rho}\right)(\text{عدد free e}^- \text{لـ Ge})$$

عوّض: $N_A = 6.02\times10^{23}\ \text{atom/mol}$، $M = 72.63\ \text{g/mol}$، $\rho = 5.23\ \text{g/cm}^3$.

$\text{عدد free e}^- \text{لـ Ge} = 1.13\times10^{15}\ \text{free e}^-/\text{cm}^3$

$$\frac{\text{عدد free e}^-}{\text{atom}} = \left(\frac{1\ \text{mol}}{6.02\times10^{23}\ \text{atoms}}\right)\left(\frac{72.63\ \text{g}}{1\ \text{mol}}\right)\left(\frac{1\ \text{cm}^3}{5.23\ \text{g}}\right)\left(\frac{1.13\times10^{15}\ \text{free e}^-}{1\ \text{cm}^3}\right)$$

$$= 2.61\times10^{-8}\ \text{free e}^-/\text{atom}$$

أي أن عدد free e^-/ ذرة جرمانيوم عند درجة 400.0 K يساوي 2.61×10^{-8}

5. لعنصر السليكون $4.54\times10^{12}\ \text{free e}^-/\text{cm}^3$ عند درجة 400.0 K. ما عدد الإلكترونات الحرة الموجودة في كل ذرة من ذرات Si عند هذه الدرجة؟

$$\frac{\text{عدد free e}^-}{\text{atom}} = \left(\frac{1}{N_A}\right)(M)\left(\frac{1}{\rho}\right)(4.54\times10^{12}\ \text{free e}^-/\text{cm}^3\ \text{Si لـ})$$

عوّض: $N_A = 6.02\times10^{23}\ \text{atom/mol}$، $M = 28.09\ \text{g/mol}$، $\rho = 2.33\ \text{g/cm}^3$.

عند درجة حرارة 400 K $\text{عدد free e}^-/\text{cm}^3 \text{ لـ Si} = 4.54\times10^{12}\ \text{free e}^-/\text{cm}^3$

$$\frac{\text{عدد free e}^-}{\text{atom}} = \left(\frac{1\ \text{mol}}{6.02\times10^{23}\ \text{atoms}}\right)\left(\frac{28.09\ \text{g}}{1\ \text{mol}}\right)\left(\frac{1\ \text{cm}^3}{2.33\ \text{g}}\right)\left(\frac{4.54\times10^{12}\ \text{free e}^-}{1\ \text{cm}^3}\right)$$

$$= 9.09\times10^{-11}$$

أي أن عدد free e^-/ذرة Si عند درجة 400.0 K يساوي 9.09×10^{-11}

6. لعنصر السليكون $3.79\times10^{-18}\ \text{free e}^-/\text{cm}^3$ عند درجة 200.0 K. ما عدد الإلكترونات الحرة /cm^3 من ذرات Si عند هذه الدرجة؟

$$\frac{\text{عدد free e}^-}{\text{cm}^3} = \left(\frac{\text{عدد free e}^-}{\text{atom}}\right)(N_A)\left(\frac{1}{M}\right)(\rho)$$

عوضّ: $\text{free e}^-/\text{atom} = 3.79\times10^{-18}\ \text{free e}^-/1\ \text{atom}$، $N_A = 6.02\times10^{23}\ \text{atom/mol}$.

$M = 28.09\ \text{g/mol}$، $\rho = 2.33\ \text{g/cm}^3$.

$$\frac{\text{عدد free e}^-}{\text{cm}^3} = \left(\frac{3.79\times10^{-18}\ \text{free e}^-}{1\ \text{atoms}}\right)\left(\frac{6.02\times10^{23}\ \text{atom}}{1\ \text{mol}}\right)\left(\frac{1\ \text{mol}}{28.09\ \text{g}}\right)\left(\frac{2.33\ \text{g}}{1\ \text{cm}^3}\right)$$

$$= 1.89\times10^{5}\ \text{free e}^-/\text{cm}^3$$

أي أن عدد free e^-/ذرة Si عند درجة 200.0 K يساوي $1.89\times10^{5}\ \text{free e}^-/\text{cm}^3$

7. لعنصر السليكون 1.45×10^{10} free e^-/cm^3 عند درجة حرارة الغرفة، إذا أردت الحصول على 3×10^6 من إلكترونات الزرنيخ المعالج كإلكترونات حرة حرارية في السليكون عند درجة حرارة الغرفة، فما عدد ذرات الزرنيخ التي يجب أن توجد لكل ذرة سليكون؟ علمًا بأن كل ذرة زرنيخ تعطي إلكترونًا حرًا واحدًا. استخدم ملحق الجداول للحصول على الثوابت الفيزيائية اللازمة.

$$\frac{\text{As atoms}}{\text{Si atoms}}=\left(\frac{\text{عدد ذرات As}}{\text{عدد } e^- \text{ لذرة As}}\right)\left(\frac{\text{عدد } e^- \text{ لذرة As}}{\text{عدد } e^- \text{ الحرة الحرارية}}\right)\left(\frac{\text{عدد } e^- \text{ الحرة الحرارية}}{cm^3}\right)(M)\left(\frac{1}{N_A}\right)\left(\frac{1}{\rho}\right)$$

عوّض: $M=28.09\ g/mol$، $N_A=6.02\times10^{23}\ atom/mol$، $\rho=2.23\ g/cm^3$.

$1\ As\ atom = 1\ As\ e^-$، $3\times10^6\ As\ e^-$ / عدد e^- الحرة الحرارية، e^- الحرة الحرارية / $cm^3 = 1.45\times10^{10}\ e^-/cm^3$.

$$\frac{\text{As atoms}}{\text{Si atoms}}=\left(\frac{\text{عدد ذرات As}}{1\ As\ e^-}\right)\left(\frac{3\times10^6\ As\ e^-}{\text{عدد } e^- \text{ الحرة الحرارية}}\right)\left(\frac{1.45\times10^{10}\ e^-}{1\ cm^3}\right)\left(\frac{28.09\ g}{1\ mol}\right)\left(\frac{1\ mol}{6.02\times10^{23}\ atoms}\right)\left(\frac{cm^3}{2.33\ g}\right)$$
$$=8.71\times10^{-7}$$

8. للجرمانيوم 1.16×10^{10} ناقل حراري حر في كل cm^3 عند درجة حرارة 200.0 K. إذا عولج الجرمانيوم بواسطة ذرة زرنيخ واحدة لكل 525000 ذرة جرمانيوم، فما نسبة الناقلات المعالجة إلى الناقلات الحرارية عند هذه الدرجة؟ استخدم ملحق الجداول للحصول على الثوابت الفيزيائية اللازمة.

$$\frac{\text{الناقل المعالج}}{\text{الناقل الحراري}}=\left(\frac{\text{الناقل المعالج}}{5.25\times10^5\ atoms}\right)(N_A)\left(\frac{1}{M}\right)(\rho)\left(\frac{1}{\text{الناقل الحراري}}\right)$$

عوّض: $M=72.6\ g/mol$، $N_A=6.02\times10^{23}\ atom/mol$، $\rho=5.23\ g/cm^3$.

عدد الناقل الحراري $= 1.16\times10^{10}$ ناقل حراري / cm^3

$$\frac{\text{الناقل المعالج}}{\text{الناقل الحراري}}=\left(\frac{1\ \text{ناقل المعالج}}{5.25\times10^5\ atoms}\right)\left(\frac{6.02\times10^{23}\ atoms}{mol}\right)\left(\frac{1\ mol}{72.6\ g}\right)\left(\frac{5.23\ g}{1\ cm^3}\right)\left(\frac{1\ cm^3}{1.16\times10^{10}\ \text{ناقل حراري}}\right)$$
$$=7.12\times10^{10}$$

9. للسليكون 1.89×10^5 ناقل حراري حر في كل cm^3 عند درجة حرارة 200.0 K. إذا عولج الجرمانيوم بواسطة ذرة زرنيخ واحدة لكل 3.75 مليون ذرة سليكون، فما نسبة الناقلات المعالجة إلى الناقلات الحرارية عند هذه الدرجة؟ استخدم ملحق الجداول للحصول على الثوابت الفيزيائية اللازمة.

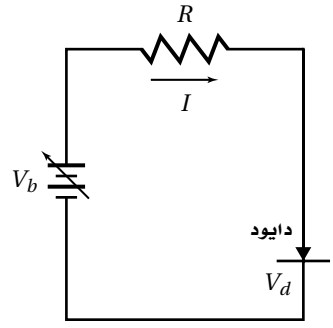
$$\frac{\text{الناقل المعالج}}{\text{الناقل الحراري}}=\left(\frac{\text{الناقل المعالج}}{3.75\times10^5\ atoms}\right)(N_A)\left(\frac{1}{M}\right)(\rho)\left(\frac{1}{\text{الناقل الحراري}}\right)$$

عوض: $M=28.09.6\ g/mol$، $N_A=6.02\times10^{23}\ atom/mol$، $\rho=2.33\ g/cm^3$.

عدد الناقل الحراري $= 1.89\times10^5$ الناقل الحراري / cm^3.

$$\frac{\text{الناقل المعالج}}{\text{الناقل الحراري}}=\left(\frac{1\ \text{ناقل معالج}}{3.75\times10^5\ atoms}\right)\left(\frac{6.02\times10^{23}\ atoms}{mol}\right)\left(\frac{1\ mol}{28.09\ g}\right)\left(\frac{2.33\ g}{1\ cm^3}\right)\left(\frac{1\ cm^3}{1.89\times10^5\ \text{ناقل حراري}}\right)$$
$$=7.05\times10^{10}$$

10. الهبوط في جهد الدايود في الشكل أدناه V_d يساوي 0.45 V عندما يكون مقدار التيار 11 mA. فإذا كانت المقاومة R تساوي 680 Ω ومتصلة مع البطارية والدايود على التوالي، فما مقدار جهد البطارية V_b اللازم؟



$$V_b = IR + V_d = (0.011\ \text{A})(680\ \Omega) + 0.45\ \text{V}$$

$$= 7.9\ \text{V}$$

11. الهبوط في جهد دايود V_d في دائرة كهربائية مشابهة للدائرة في المسألة السابقة يساوي 0.95 V عندما يكون مقدار التيار 18 mA. فإذا كانت المقاومة R تساوي 390 Ω ومتصلة مع البطارية والدايود على التوالي، فما مقدار جهد البطارية V_b اللازم؟

$$V_b = IR + V_d$$

$$= (0.018\ \text{A})(390\ \Omega) + 0.95\ \text{V}$$

$$= 8.0\ \text{V}$$

12. ما مقدار جهد البطارية اللازم لتوليد تيار كهربائي مقداره 27mA في الدائرة الكهربائية في المسألة 10؟ إذا كان الهبوط في جهد الدايود لم يتغير.

$$V_b = IR + V_d$$

$$= (0.027\ \text{A})(680\ \Omega) + 0.45\ \text{V}$$

$$= 19\ \text{V}$$

ملحق مسائل الفصل 11

1. يستخدم الكربون14 أو $^{14}_{6}\mathrm{C}$ وهو نظير الكربون المعروف $^{12}_{6}\mathrm{C}$ في تقدير أعمار الأحافير، فما مكونات نواة هذا النظير؟

6 بروتونات($Z=6$) و8 نيوترونات($A-Z=8$).

2. يستخدم نظير اليود ($Z=53$) في علاج أمراض الغدة الدرقية. إذا كان العدد الكتلي لهذا النظير 131، فما عدد النيوترونات في نواته؟

نيوترون $131-53=78$

3. النظير الوحيد للفلور غير المشع هو الذي تحتوي نواته على 9 بروتونات و10 نيوترونات.

a. فما عدده الكتلي؟

العدد الكتلي (A) $=19$

b. إذا كانت وحدة العدد الكتلي u تساوي 1.66×10^{-27} kg. فما كتلة الفلور −19 بوحدة الكيلوجرام؟

$(19$ نيوكليون$)(1.66\times10^{-27}\,\mathrm{kg}/$ نيوكليون$)=3.15\times10^{-26}\,\mathrm{kg}$

c. اكتب الرمز الكامل لذرة الفلور.

$^{19}_{9}\mathrm{F}$

4. كتلة نظير المغنيسيوم $^{25}_{12}\mathrm{Mg}$ 24.985840 u. احسب:

a. نقص الكتلة.

نقص الكتلة = (كتلة النظير) − (كتلة البروتونات والإلكترونات) − (كتلة النيوترونات)

$$=24.985840\,\mathrm{u}-(12)(1.007825\,\mathrm{u})-(13)(1.008665\,\mathrm{u})$$

$$=-0.220705\,\mathrm{u}$$

b. طاقة الربط النووية بوحدة MeV.

طاقة الربط النووية = (نقص الكتلة) (طاقة الربط النووية لـ 1u)

$$=(-0.220705\,\mathrm{u})(931.49\,\mathrm{MeV/u})$$

$$=-205.58\,\mathrm{MeV}$$

5. كتلة نظير البورون $^{10}_{5}\mathrm{B}$ 10.012939 u. احسب:

a. نقص الكتلة.

نقص الكتلة = (كتلة النظير) − (كتلة البروتونات والإلكترونات) − (كتلة النيوترونات)

$$=10.012939\,\mathrm{u}-(5)(1.007825\,\mathrm{u})-(5)(1.008665\,\mathrm{u})$$

$$=-0.069511\,\mathrm{u}$$

b. طاقة الربط النووية بوحدة MeV.

طاقة الربط النووية = (نقص الكتلة) (طاقة الربط النووية لـ 1u)

$$=(-0.069511\,\mathrm{u})(931.49\,\mathrm{MeV/u})$$

$$=-64.749\,\mathrm{MeV}$$

c. طاقة الربط النووية لكل نيوكليون.

طاقة الربط لكل نيوكليون تساوي:

$$\frac{-64.749\,\mathrm{MeV}}{10\text{ نيوكليون}}=-6.4749\,\mathrm{MeV}/\text{نيوكليون}$$

6. أكثر النظائر استقرارًا على الإطلاق هو نظير الحديد $^{56}_{26}\mathrm{Fe}$ والذي طاقة الربط لكل نيوكليون في نواته تساوي نيوكليون /Mev 8.75− . ما مقدار:

a. طاقة الربط النووية لهذا النظير؟

$(56$ نيوكليون$)(-8.75\,\mathrm{MeV}/$ نيوكليون$)=-4.90\times10^{2}\,\mathrm{MeV}$

b. نقص الكتلة لهذا النظير؟

$$\text{نقص الكتلة}=\left(\frac{\text{طاقة الربط النووية}}{(\text{طاقة الربط النووية لـ 1u})}\right)$$

$$=\frac{-4.90\times10^{2}\,\mathrm{MeV}}{931.49\,\mathrm{MeV/u}}$$

$$=-0.526\,\mathrm{u}$$

7. يمكن أن يتحول النظير $^{239}_{94}\mathrm{Pu}$ إلى نظير اليورانيوم $^{235}_{92}\mathrm{U}$.

a. اكتب المعادلة النووية لهذا التحوّل.

$$^{239}_{94}\mathrm{Pu}\rightarrow{}^{235}_{92}\mathrm{U}+{}^{A}_{Z}\mathrm{X}$$

حيث $Z = 94 - 92 = 2$

$A = 239 - 235 = 2$

وبما أن $Z=2$، تعني أن العنصر يجب أن يكون الهيليوم He، والمعادلة هي :

$$^{239}_{94}\text{Pu} \rightarrow {}^{235}_{92}\text{U} + {}^{4}_{2}\text{He}$$

b. حدّد الجسيم الذي يقذف نتيجة التحوّل.

جسيم ألفا α .

8. يحدث اضمحلال لنظير البولونيوم المشع $^{222}_{84}$Po عندما ينبعث منه جسيم α فيتحول إلى نظير الرصاص (العدد الذري للرصاص 82). حدد العدد الكتلي الذي يجب أن يكون لنظير الرصاص الناتج من خلال كتابة المعادلة النووية التي توضح ذلك.

$$^{222}_{84}\text{Po} \rightarrow {}^{A}_{Z}\text{Pb} + {}^{4}_{2}\text{He}$$

حيث $Z = 84 - 2 = 82$

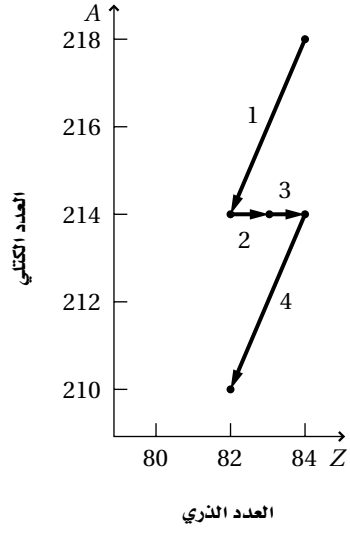
$A = 222 - 4 = 218$

والمعادلة هي :

$$^{222}_{84}\text{Po} \rightarrow {}^{218}_{82}\text{Pb} + {}^{4}_{2}\text{He}$$

أي أن العدد الكتلي هو: 218.

9. يمثل الرسم الباني أدناه تعاقب اضمحلال لجسيمات ألفا وبيتا والمرقمة بالأرقام1،2،3،4. ارجع إلى **الجدول** 1–11 في عند الحاجة.



a. أيٌّ من هذه الأرقام يمثل اضمحلال ألفا وأيُّها يمثل اضمحلال بيتا؟

يمثل اضمحلال ألفا الرقمان 1 و4 حيث يقل العدد الكتلي للنواة الناتجة بمقدار4، ويقل العدد الذري بمقدار2. في حين يمثل اضمحلال بيتا الرقمان 2 و3، حيث يزداد العدد الذري للنواة الناتجة بمقدار1، ويبقى العدد الكتلي كما هو.

b. ما التغير في الكتلة في الاضمحلال المتعاقب جميعه؟ وكذلك في عدد النيوترونات؟

التغير في الكتلة في الاضمحلال المتعاقب جميعه يساوي: 218 u− 210 u= 8 u. أما التغير الكلي في العدد الذري z فيساوي: 2= 82 −84، أما التغير الكلي في عدد النيوترونات فيساوي6، (أي يحدث انخفاض بمقدار 8 نيوكليون هي 2 بروتون و6 نيوترون).

10. ارجع إلى الجدول لإكمال المعادلات النووية فيما يلي بحيث تتضمن بشكل صحيح الأعداد الكتلية والذرية لكل جسيم.

a. $^{32}_{15}\text{P} \rightarrow \text{?} + \beta + \text{antineutrino}$

$$^{32}_{15}\text{P} \rightarrow {}^{A}_{Z}\text{X} + {}^{0}_{-1}\text{e} + {}^{0}_{0}\overline{\nu}$$

حيث $Z = 15-(-1)-0 = 16$

$A = 32 - 0 - 0 = 32$

وبما أن $Z=16$، تعني أن العنصر يجب أن يكون الكبريت S، والمعادلة يجب أن تكون:

$$^{32}_{15}\text{P} \rightarrow {}^{32}_{16}\text{S} + {}^{0}_{-1}\text{e} + {}^{0}_{0}\overline{\nu}$$

b. $^{235}_{92}\text{U} \rightarrow \text{?} + \alpha$

$$^{235}_{92}\text{U} \rightarrow {}^{A}_{Z}\text{X} + {}^{4}_{2}\text{He}$$

حيث $Z = 92 - 2 = 90$

$A = 235 - 4 = 231$

وبما أن $Z=90$، تعني أن العنصر يجب أن يكون الثوريوم Th، والمعادلة يجب أن تكون:

$$^{235}_{92}\text{U} \rightarrow {}^{231}_{90}\text{Th} + {}^{4}_{2}\text{He}$$

11. اكتب المعادلة النووية الكاملة لاضمحلال بيتا في $^{34}_{16}S$.

$$^{34}_{16}S \rightarrow {}^{A}_{Z}X + {}^{0}_{-1}e + {}^{0}_{0}\bar{\nu}$$

حيث $Z = 16-(-1)-0 = 17$

$$A = 34 - 0 - 0 = 34$$

وبما أن $Z=17$، تعني أن العنصر يجب أن يكون الكلور Cl، والمعادلة يجب أن تكون:

$$^{34}_{16}S \rightarrow {}^{34}_{17}Cl + {}^{0}_{-1}e + {}^{0}_{0}\bar{\nu}$$

12. تدخل نواة $^{37}_{19}K$ في اضمحلال فوري بانبعاث بوزيترون لتكوين نظير الأرغون. والبوزيترون يشبه جسيم بيتا إلاّ أن شحنته $+1$ ، بدلًا من 1. حدد نظير الأرغون الناتج بكتابة المعادلة النووية.

$$^{37}_{19}K \rightarrow {}^{A}_{Z}Ar + {}^{0}_{+1}e + {}^{0}_{0}\bar{\nu}$$

حيث $Z = 19 - 1 - 0 = 18$

$$A = 37 - 0 - 0 = 37$$

والمعادلة هي:

$$^{37}_{19}K \rightarrow {}^{37}_{18}Ar + {}^{0}_{+1}e + {}^{0}_{0}\bar{\nu}$$

أي أن نظير الأرغون هو أرغون37 .

13. عمر النصف لنظير اليود–131 هو 8.0 أيام. فإذا وجد 60.0 mg من هذا النظير عند الزمن صفر، فكم يتبقى منه بعد 24 يوم؟

$$\text{أعمار نصف } 3.0 = \frac{\text{يوم } 24}{\text{عمر نصف/ يوم } 8.0}$$

$$\text{الكتلة المتبقية} = \text{الكتلة الأصلية} \left(\frac{1}{2}\right)^{t}$$

$$= (60.0\ \text{mg})\left(\frac{1}{2}\right)^{3}$$

$$= 7.5\ \text{mg}$$

14. إذا أُعطيت عينة من عنصر الكوبالت –60، وبالرجوع إلى **الجدول** 2–11.

a. كم من الزمن سيمضي على العينة لتمر بأربع أعمار نصف؟

$$120 \text{ سنة} = (30 \text{ سنة})\ 4$$

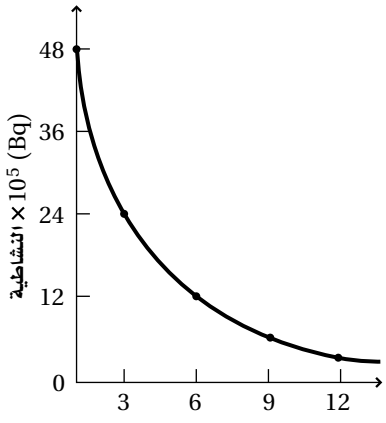
b. ما نسبة المتبقي من العينة في نهاية هذا الزمن؟

$$\text{الكتلة المتبقية} = \text{الكتلة الأصلية} \left(\frac{1}{2}\right)^{t}$$

$$\text{الكتلة الأصلية} = \left(\frac{1}{2}\right)^{4}$$

$$\text{الكتلة الأصلية} = \left(\frac{1}{16}\right)$$

15. يبيّن الرسم البياني أدناه نشاطية نظير ما مشع مع الزمن، من البيانات على الرسم استنتج عمر النصف لذلك النظير.



يلاحظ أن النشاطية بعد مرور كل 3.0 h تصبح نصف النشاطية السابقة لها، أي أن عمر النصف للنظير المشع هو 3.0 h.

16. كتلة البروتون أو ضديد البروتون تساوي 1.00728 u، تذكر أن 1 u من الكتلة تكافئ طاقة تساوي 931.5 MeV. احسب:

a. الكتلة المستخدمة عندما يُفني كل من البروتون أو ضديد البروتون الآخر.

$$(2)(1.00728\ \text{u}) = 2.01456\ \text{u}$$

b. الطاقة المتحررة من عملية الإفناء تلك.

$$(2.01456\ \text{u})\ (931.49\ \text{MeV/u}) = 1876.5\ \text{MeV}$$

17. احد مصـادر الطاقة فـي النجوم هو اندمـاج ديوترونين لإنتاج جسيم ألفا وأشعة جاما.

الجسيم	الكتلة بوحدة u
$_1^2\mathrm{H}$	2.0136
$_2^4\mathrm{He}$	4.0026
$_0^0\overline{\nu}$	0.0000

a. اكتب معادلة نووية لهذا الاندماج.

$$_1^2\mathrm{H} + {}_1^2\mathrm{H} \rightarrow {}_2^4\mathrm{He} + {}_0^0\gamma$$

b. احسب نقص الكتلة في هذه العملية.

$$= m_{\text{قبل}} - m_{\text{بعد}}$$

$$= 2(2.0136\ \mathrm{u}) - 4.0026\ \mathrm{u}$$

$$= 0.0246\ \mathrm{u}$$

c. احسب الطاقة المتحررة بوحدة Mev.

$$(0.0246\ \mathrm{u})(931.49\ \mathrm{MeV/u}) = 22.9\ \mathrm{MeV}$$

18. عندما ينشـطر مول (235 g) من اليورانيوم– 235 تتحرر طاقة تساوي 2.0×10^{10} kJ، في حين عندما يندمج 4.0 g من الهيدروجين يتحرر طاقة تساوي 2.0×10^{10} kJ.

a. احسب الطاقة الناتجة لكل جرام من الوقود في حالتي الانشطار والاندماج.

في حالة انشطار اليورانيوم $\dfrac{2.0 \times 10^{10}\ \mathrm{kJ}}{235\ \mathrm{g}} = 8.5 \times 10^{7}\ \mathrm{kJ/g}$

في حالة اندماج الهيدروجين $\dfrac{2.0 \times 10^{10}\ \mathrm{kJ}}{4.0\ \mathrm{g}} = 5.0 \times 10^{8}\ \mathrm{kJ/g}$

b. أي طريقة تنتج أكبر طاقة من الوقود لكل جرام؟

يحرر الاندماج النووي لكل جرام من الوقود النووي طاقة تعادل 6 أمثال الطاقة الناتجة من الانشطار النووي.