مسائل تدريبية

1–4 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:

$$1.1\times10^2\ \text{J} + 0.0\ \text{J} + (-1.1\times10^2\ \text{J}) = 0.0\ \text{J}$$

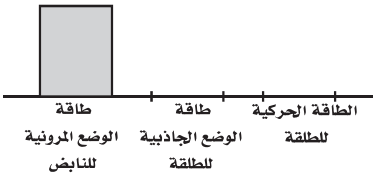
مراجعة القسم

1–4 الأشكال المتعددة للطاقة (صفحة 112–103)

صفحة 112

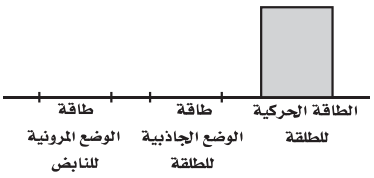
9. طاقة الوضع المرونية لديك مسدس لعبة، تدفع بداخله الطلقات المطاطية، فتضغط نابضًا، وعندما يتحرر النابض يطلق الرصاصات المطاطية، بفعل طاقة وضعه المرونية، إلى خارج المسدس. فإذا استخدمت هذا النظام لإطلاق الطلقات المطاطية إلى أعلى فارسم مخططًا بيانيًّا بالأعمدة يصف أشكال الطاقة في الحالات الآتية:

a. عند دفع الطلقات المطاطية داخل ماسورة المسدس، مما يؤدي إلى انضغاط النابض.



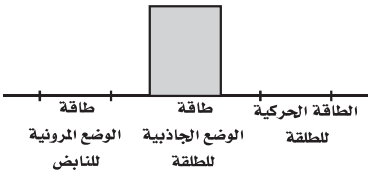
ينبغي أن يكون هناك ثلاثة أعمدة: أحدها لطاقة الوضع المرونية للنابض، والثاني لطاقة الوضع الجاذبية للطلقة، والثالث للطاقة الحركية للطلقة. ويكون عمود طاقة الوضع المرونية للنابض على مستوى الحد الأقصى، أما العمودان الآخران فيكون مستوى كل منهما يساوي صفرًا.

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.

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: $PE = mgh$

$= (25.0\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2)(225\ \text{m})$

$= 5.51\times10^4\ \text{J}$

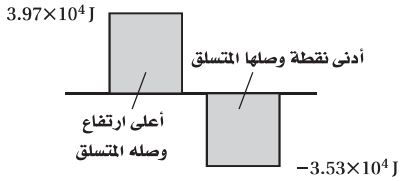
التغير في الطاقة يساوي:

$(1.04\times10^5\ \text{J}) - (5.51\times10^4\ \text{J}) = 4.89\times10^4\ \text{J}$

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:

$PE = (90.0\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2)(+45.0\ \text{m})$

$= 3.97\times10^4\ \text{J}$

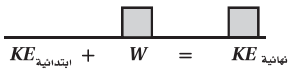
عند أدنى نقطة وصلها المتسلق:

$PE = (90.0\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2)\ (+45.0\ \text{m} - 85.0\ \text{m})$

$= -3.53\times10^4\ \text{J}$

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.

تابع الفصل 4

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:

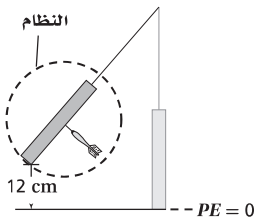
$$mv = (m + M)v_f$$

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)

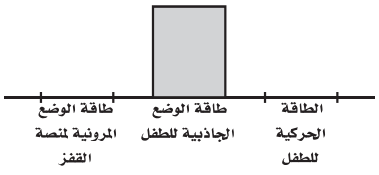
صفحة 123

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:

$$h = \left(\frac{4}{5}\right)(8\text{ m}) = 6.4\text{ m}$$

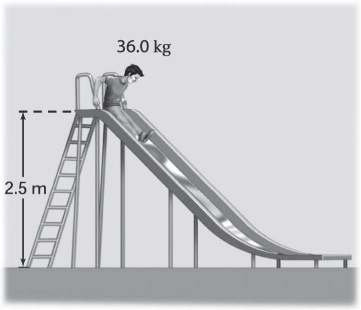
بعد ارتدادين:

$$h = \left(\frac{4}{5}\right)(6.4\text{ m}) = 5.12\text{ m}$$

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؟

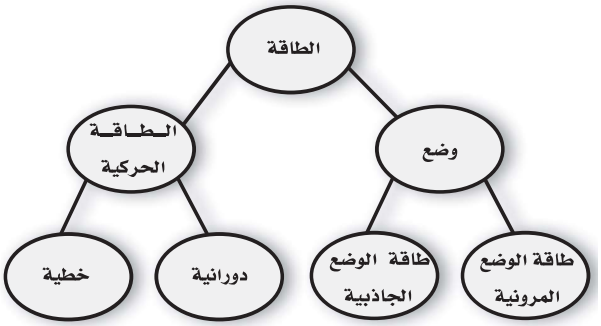
ستسقط الكرة ببطء أكثر خلال الجزء الأول من سقوطها. لذا فإن الكرة لن تقطع نصف المسافة التي ستسقطها خلال النصف الأول من زمن سقوطها. ومن ثم سيكون معظم طاقة الكرة طاقة وضع مقارنة بطاقتها الحركية.

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.

تابع الفصل 4

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.

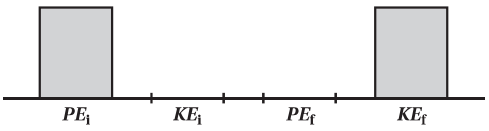
الزخم الكلي للكرة والقرص المطاطي محفوظ في التصادم بسبب عدم وجود قوى غير متزنة في هذا النظام.

b. هل الطاقة الحركية محفوظة في التصادم؟ وضح ذلك.

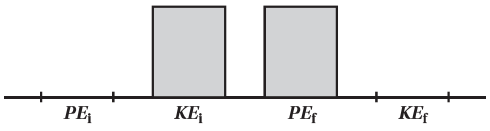
الطاقة الحركية الكلية غير محفوظة بسبب ضياع جزء منها في أثناء تغير شكل الكرة عند ضربها، وعند التحام الكرة بالقرص المطاطي.

39. مثّل بيانيًّا بالأعمدة كلاًّ 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 لحظيًّا.



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.

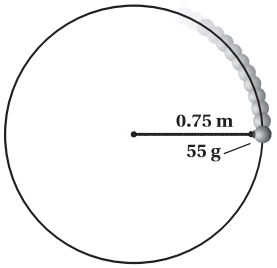
47. بُذل شغل موجب على النظام خلال عملية معينة، فزادت طاقة الوضع. هل تستطيع أن تحدد ما إذا كانت الطاقة الحركية للنظام زادت، أو قلت، أو بقيت كما هي؟ وضح ذلك.

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؟

$$KE_{\text{أسماء وآمنة}} = \frac{1}{2}mv^2$$

$$= \frac{1}{2}(m_{\text{أسماء}} + m_{\text{آمنة}})v^2$$

$$= \frac{1}{2}(45\ \text{kg} + 45\ \text{kg})(10.0\ \text{m/s})^2$$

$$= 4.5\times10^3\ \text{J}$$

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 طرديًّا 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:

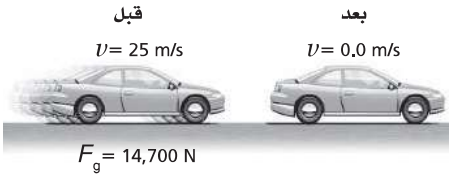
$$v_f^2 = \frac{KE_f}{\frac{1}{2}m}$$

$$= \frac{2.55\times10^8\ \text{J}}{\frac{1}{2}(2.50\times10^4\ \text{kg})}$$

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

$$W = Fd = \frac{1}{2} mv^2$$

$$m = \frac{F_g}{g}$$

لذا فإن:

$$d = \frac{\frac{1}{2}mv^2}{F}$$

$$= \frac{\frac{1}{2}\left(\frac{F_g}{g}\right)v^2}{F}$$

$$= \frac{\frac{1}{2}\left(\frac{14700\ \text{N}}{9.80\ \text{m/s}^2}\right)(25.0\ \text{m/s})^2}{7100\ \text{N}}$$

$$= 66\ \text{m}$$

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.

$$W = Fd = \Delta KE = KE_f - KE_i$$

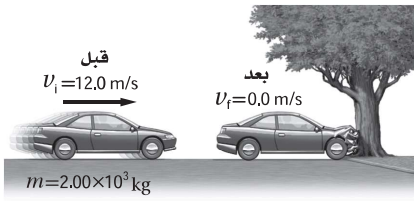
$$KE_i = 0\ \text{J}$$

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؟

$$W = \Delta PE = mg\Delta h = F_g\Delta h$$
$$= (98.0\ \text{N})(50.0\ \text{m})$$
$$= 4.90\times10^{3}\ \text{J}$$

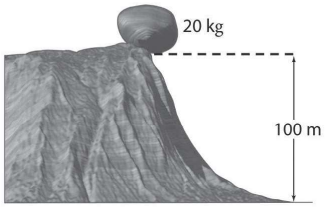
b. ما مقدار الزيادة في طاقة وضع كيس الحبوب عند هذا الارتفاع؟

$$\Delta PE = W = 4.90\times10^{3}\ \text{J}$$

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؟

$$KE = PE$$

$$\frac{1}{2}mv^2 = mgh$$

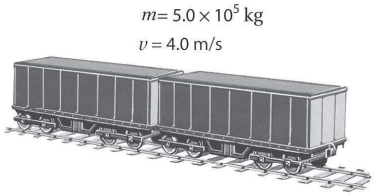
وبقسمة طرفي المعادلة السابقة على كتلة الكتاب نحصل على:

$$\frac{1}{2}v^2 = gh$$

$$v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2(9.80\ \text{m/s}^2)(4.50\ \text{m})}$$

$$= 9.39\ \text{m/s}$$

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.

$$W = \Delta PE + \Delta KE$$

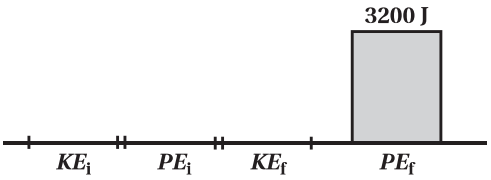
$$= mg(h_f - h_i) + \frac{1}{2}m(v_f^2 - v_i^2)$$

$$= (28\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2)(0.0\ \text{m} - 4.8\ \text{m}) + \frac{1}{2}(28\ \text{kg})\left[(3.2\ \text{m/s})^2 - (0.0\ \text{m/s})^2\right]$$

$$= -1.2 \times 10^3\ \text{J}$$

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.

$$p_{\text{اللاعب ذو الكتلة الأقل}} = m_{\text{اللاعب ذو الكتلة الأقل}} v_{\text{اللاعب ذو الكتلة الأقل}} = p_{\text{اللاعب ذو الكتلة الأكبر}} = m_{\text{اللاعب ذو الكتلة الأكبر}} v_{\text{اللاعب ذو الكتلة الأكبر}}$$

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

$$E_f = \frac{1}{2}(m_{\text{اللاعب}} + m_{\text{القرد}})v_f^2$$

$$E_f = \frac{1}{2}(m_{\text{اللاعب}} + m_{\text{القرد}})\left(\frac{m_{\text{اللاعب}}}{m_{\text{اللاعب}} + m_{\text{القرد}}}\right)^2(2gh)$$

$$= (m_{\text{اللاعب}} + m_{\text{القرد}})\,gh_f$$

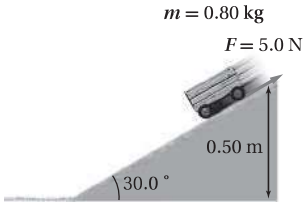
لذا فإن

$$h_f = \left(\frac{m_{\text{اللاعب}}}{m_{\text{اللاعب}} + m_{\text{القرد}}}\right)^2 h$$

$$= \left(\frac{55.0\text{ kg}}{55.0\text{ kg} + 21.0\text{ kg}}\right)^2(12.0\text{ m})$$

$$= 6.28\text{ m}$$

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 m/sin 30° =1.0 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

$$v_{2f} = \sqrt{2gL(1 - \cos\theta)}$$

$$v_{2f} = \sqrt{(2)(9.80\ \text{m/s}^2)(1.25\ \text{m})(1 - \cos 37.0^\circ)}$$

$$= 2.22\ \text{m/s}$$

$$v_{1i} = \frac{1}{2}\left(\frac{125\ \text{g}}{25\ \text{g}} + 1\right)(2.22\ \text{m/s})$$

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

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؟

$$IMA = \frac{MA}{e} = 2.0\times10^{2}$$

ولما كانت

$$\frac{d_e}{d_r} = IMA$$

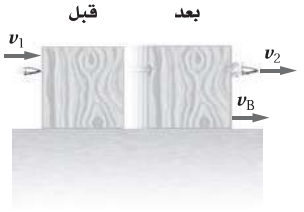
فإن

$$d_e = \frac{IMA}{d_r} = (2.0\times10^{2})(33\ \text{cm})$$
$$= 66\ \text{m}$$

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

$$KE_1 = \frac{1}{2} m v_1^2$$

$$KE_2 = \frac{1}{2} m v_2^2$$

$$\Delta KE = \frac{1}{2} m(v_1^2 - v_2^2)$$

3. الطاقة التي فقدت بسبب الاحتكاك داخل القطعة الخشبية؟

$$\text{الطاقة المفقودة بسبب الاحتكاك} = E_{\text{مفقودة}} = KE_1 - KE_2 - KE_{\text{خشب}}$$

$$E_{\text{مفقودة}} = \frac{1}{2} m v_1^2 - \frac{1}{2} m v_2^2 - \frac{1}{2} m_B v_B^2$$