وزارة التربية والتعليم
Ministry of Education
المملكة العربية السعودية

دليل حلول المسائل

الصف الأول الثانوي

العبيكان Obeikan

١٤٣٥هـ - ٢٠١٤ م

McGraw Hill Education

الفيزياء ـ الصف الأول الثانوي

Glencoe Sience

دليل حلول المسائل

SOLUTIONS MANUAL

Physics

أعدَّ النسخة العربية: شركة العبيكان للتعليم

www.obeikaneducation.com

Mc Graw Hill Education

العبيكان Obeikan

حقوق الطبعة الإنجليزية محفوظة لشركة ماجروهل .

The McGraw-

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: مدخل إلى علم الفيزياء 6

الفصل 2: تمثيل الحركة 12

الفصل 3: الحركة المتسارعة 24

الفصل 4: القوى في بُعد واحد 51

الفصل 5: القوى في بُعدين 66

الفصل 6: الحركة في بُعدين 89

الفصل 7: الجاذبية 104

مسائل إضافية 120

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَٰنِ الرَّحِيمِ

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. ولقد 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 الرياضيات والفيزياء

صفحة 11

أعد كتابة المعادلات المستخدمة في حل المسائل التالية، ثم احسب المجهول:

1. وُصِّل مصباح كهربائي مقاومته 50.0 Ω في دائرة كهربائية مع بطارية فرق جهدها 9.0 volts. ما مقدار التيار الكهربائي المار في المصباح؟

$$I = \frac{V}{R} = \frac{9.0\ \text{volt}}{50.0\ \text{ohms}} = 0\ 18\ \text{ampere}$$

2. إذا تحرك جسم من السكون بتسارع ثابت a، فإن سرعته v_f بعد زمن مقداره t تُعْطى بالعلاقة $v_f = at$. ما تسارع دراجة تتحرك من السكون فتصل سرعتها إلى 6 m/s خلال زمن قدره 4 s؟

$$a = \frac{v_f}{t} = \frac{6\ \text{m/s}}{4\ \text{s}} = 1\ 5\ \text{m/s}^2$$

3. ما الزمن الذي تستغرقه دراجة نارية تتسارع من السكون بمقدار $0.400\ \text{m/s}^2$، حتى تبلغ سرعتها 4.00 m/s؟ (علمًا بأنّ $v_f = at$)

$$t = \frac{v_f}{a} = \frac{4.00\ \text{m/s}}{0.400\ \text{m/s}^2} = 10\ 0\ \text{s}$$

4. يُحسب الضغط P المؤثر في سطح ما بقسمة مقدار القوة F على مساحة السطح A، حيث $P = \frac{F}{A}$. فإذا أثر رجل وزنه 520 N، يقف على الأرض بضغط مقداره $32500\ \text{N/m}^2$، فما مساحة نعلي الرجل؟

$$A = \frac{F}{P} = \frac{520\ \text{N}}{32500\ \text{N/m}^2} = 0.016\ \text{m}^2$$

مراجعة القسم

1–1 الرياضيات والفيزياء

صفحة 15

5. رياضيات لماذا توصف المفاهيم في الفيزياء بواسطة المعادلات الرياضية؟

المعادلة الرياضية مختصرة ونستطيع استخدامها لتوقع قيم بيانات جديدة.

6. مغناطيسية تحسب القوة المؤثرة في شحنة تتحرك في مجال مغناطيسي بالعلاقة $F = Bqv$، حيث:

F القوة المؤثرة بوحدة kg.m/s^2

q الشحنة بوحدة A.s

v السرعة بوحدة m/s

B كثافة الفيض المغناطيسي بوحدة T (tesla). ما وحدة T المُعبر عنها بالوحدات أعلاه؟

$$F = Bqv$$

لذا فإن:

$$B = \frac{F}{qv}$$

$$\text{T} = \frac{\text{kg.m/s}^2}{(\text{A.s})\ (\text{m/s})} = \frac{\text{kg}}{\text{A.s}^2}$$

$$1\ \text{T} = 1\ \text{kg/A.s}^2$$

7. مغناطيسية أعد كتابة المعادلة: $F = Bqv$ للحصول على v بدلالة كل من F و q و B.

$$v = \frac{F}{Bq}$$

8. التفكير الناقد القيمة المقبولة لتسارع الجاذبية الأرضية هي $9.80\ \text{m/s}^2$. وفي تجربة لقياسها باستخدام البندول حصلت على قيمة $9.4\ \text{m/s}^2$، هل تقبل هذه القيمة؟ فسّر إجابتك.

لا؛ لأن القيمة $9\ 80\ \text{m/s}^2$ قيمة مقبولة تم اعتمادها وإقرارها بعد عدد كبير من التجارب والقياسات. لذلك عليك أن تثبت أن جميع من سبقوك إلى قياس تسارع الجاذبية الأرضية كانوا على خطأ. من العوامل التي قد تكون أثرت في حساباتك: الاحتكاك، ومدى دقتك في قياس المتغيرات المختلفة.

مسائل تدريبية

2–1 القياس

صفحة 18

استخدم تحليل الوحدات للتحقق من المعادلة قبل إجراء عملية الضرب.

9. كم MHz في 750 kHz؟

$$750\ \text{kHz}\left(\frac{1000\ \text{Hz}}{1\ \text{kHz}}\right)\left(\frac{1\ \text{MHz}}{1000000\ \text{Hz}}\right) = 0.75\ \text{MHz}$$

10. عبّر عن 5201 cm بوحدة km.

$$5021\ \text{cm}\left(\frac{1\ \text{m}}{100\ \text{cm}}\right)\left(\frac{1\ \text{km}}{1000\ \text{m}}\right) = 5.021\times10^{-2}\ \text{km}$$

11. كم ثانية في السنة الميلادية الكبيسة(السنة الكبيسة تساوي366 يومًا)؟

$$366\ \text{day}\left(\frac{24\ \text{h}}{1\ \text{day}}\right)\left(\frac{60\ \text{min}}{1\ \text{h}}\right)\left(\frac{60\ \text{s}}{1\ \text{min}}\right)$$

$$= 31622400\ \text{s}$$

12. حوّل السرعة 5.30 m/s إلى km/h .

$$\left(\frac{5.30\ \text{m}}{1\ \text{s}}\right)\left(\frac{60\ \text{s}}{1\ \text{min}}\right)\left(\frac{60\ \text{min}}{1\ \text{h}}\right)\left(\frac{1\ \text{km}}{1000\ \text{m}}\right)$$

$$= 19.08\ \text{km/h}$$

مراجعة القسم

2–1 القياس

صفحة 21

13. مغناطيسية بروتون شحنته 1.6×10^{-19} A.s يتحرك بسرعة 2.4×10^{5} m /s عموديًّا على مجال مغناطيسي شدته 4.5 T. لحساب القوة المغناطيسية المؤثرة في البروتون:

a. عوض القيم في المعادلة $F = Bqv$، وتحقق من صحة المعادلة بتعويض الوحدات في طرفيها.

$$F = Bqv$$

$$= (4.5\text{kg/A.s}^2)(1.60\times10^{-19}\ \text{A.s})(2.4\times10^{5}\ \text{m/s})$$

فتكون وحدة قياس القوة kg.m/s^2، وهذه وحدة صحيحة للقوة.

b. احسب مقدار القوة المغناطيسية المؤثرة في البروتون.

$$17.28\times10^{-14}\ \text{kg.m/s}^2$$

14. الضبط بعض المساطر الخشبية لا يبدأ صفرها عند الحافة، وإنما بعد عدة ملمترات منها. كيف يؤثر هذا في ضبط المسطرة؟

إذا تلف طرف المسطرة المدرجة من الحافة فإن علامات الملمتر الأول والثاني ستختفي.

15. الأدوات لديك ميكروميتر (جهاز يستخدم لقياس طول الأجسام إلى أقرب 0.01 mm) مُنْحَنٍ بشكل سيّئ. كيف تقارنه بمسطرة مترية ذات نوعيّة جيدة من حيث الدقة والضبط؟

سيكون أكثر دقة ولكنه أقل ضبطًا.

16. اختلاف زاوية النظر هل يؤثر اختلاف زاوية النظر في دقة القياسات التي تجريها؟ وضح ذلك.

لا، فهو لا يؤثر في وضوح أجزاء التدريجات.

17. الأخطاء أخبرك صديقك أن طوله 182 cm. وضح مدى دقة هذا القياس.

سيكون طوله بين 181 5 cm و 182 5 cm. ودقة القياس هنا هي نصف مقدار أصغر تدريج في الجهاز، لذا سيكون طوله (5 0±0 182) cm.

18. الدقة صندوق طوله 19.2 cm، وعرضه 18.1 cm، وارتفاعه 20.3 cm .

a. ما حجم الصندوق؟

$$7\ 05\times10^{3}\ \text{cm}^3$$

b. ما دقة قياس الطول؟ وما دقة قياس الحجم؟

إلى أقرب واحد بالعشرة من السنتمتر؛ إلى أقرب $10\ \text{cm}^3$.

c. ما ارتفاع مجموعة من 12 صندوقًا من النوع نفسه؟

243 6 cm

d. ما دقة قياس ارتفاع الصندوق مقارنة بدقة قياس ارتفاع 12 صندوقًا؟

تكون دقة قياس صندوق أكبر من دقة قياس12 صندوقًا.

19. التفكير الناقد كتب زميلك في تقريره أن متوسط الزمن اللازم ليدور جسم دورة كاملة في مسار دائري هو 65.414 s. وقد سجلت هذه القراءة عن طريق قياس زمن 7 دورات باستخدام ساعة دقتها 0.1 s. ما مدى ثقتك في النتيجة المدوّنة في التقرير؟ وضح إجابتك.

النتيجة المدونة في التقرير ليست موثوقة؛ لأن دقة

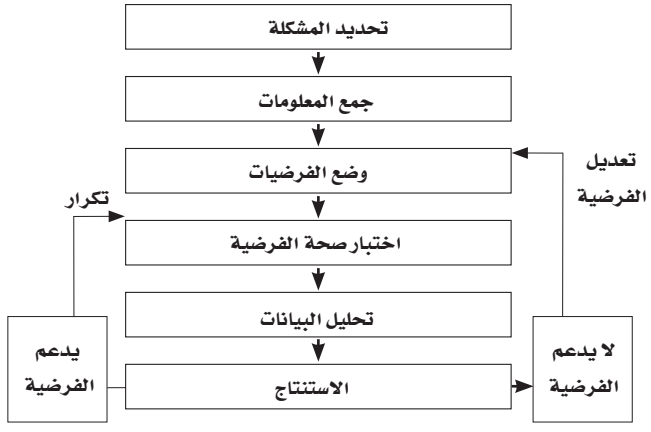
النتيجة لن تتجاوز أقل دقة للقياسات. متوسط زمن الدورة المحسوب يتجاوز دقة القياس المتوقعة من الساعة.

تقويم الفصل

خريطة المفاهيم

صفحة 26

20. أكمل خريطة المفاهيم أدناه باستخدام المصطلحات التالية: جمع المعلومات، تحليل البيانات، يدعم الفرضية، اختبار صحة الفرضية، لا يدعم الفرضية.



إتقان المفاهيم

صفحة 26

21. ما المقصود بالطريقة العلمية؟(1–1)

الطريقة العلمية تمثل أسلوبًا للإجابة عن تساؤلات علمية؛ بهدف تفسير الظواهر الطبيعية المختلفة. وتبدأ الأسئلة بناءً على مشاهدات، ثم محاولة البحث عن إجابات منطقية لها عن طريق وضع فرضيات.

22. ما أهمية الرياضيات في علم الفيزياء؟(1–1)

تستخدم الفيزياء الرياضيات باعتبارها لغة قادرة على التعبير عن القوانين والظواهر الفيزيائية بشكل واضح ومفهوم. وتمثل المعادلات الرياضية أداة مهمة في نمذجة المشاهدات ووضع التوقعات لتفسير الظواهر الفيزيائية المختلفة.

23. ما النظام الدولي للوحدات؟(2–1)

هو نظام دولي للقياس يعتمد على البادئات (الأساس 10 مرفرعًا لقوة مناسبة) ويحوي سبع كميات أساسية للقياس معتمدًا على وحدات معيارية لكل منها، وهذه الوحدات هي: المتر، والكيلوجرام، والثانية، والكلفن، والمول، والأمبير، والكانديلا (الشمعة).

24. ماذا تسمى قيم المتر التالية؟ (2–1)

a. $\frac{1}{100}$ m

(cm)

b. $\frac{1}{1000}$ m

(mm)

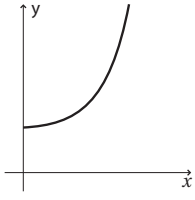
c. 1000 m

(km)

25. في تجربة عمليةٍ، قيس حجم الغاز داخل بالون وحُدّدت علاقته بتغير درجة الحرارة. ما المتغير المستقل، والمتغير التابع فيها؟ (دليل الرياضيات 142)

درجة الحرارة متغير مستقل، وحجم الغاز متغير تابع.

26. ما نوع العلاقة الموضحة في الشكل التالي؟ (دليل الرياضيات 147–143)



■ الشكل 1–11

علاقة تربيعية $y = ax^2 + bx + c$

27. لديك العلاقة التالية $F = \frac{mv^2}{R}$. ما نوع العلاقة بين كل مما يلي؟ (دليل الرياضيات 147–143)

a. F و R

علاقة عكسية

b. F و m

علاقة خطية

c. F و v

علاقة تربيعية

تطبيق المفاهيم

صفحة 26

28. ما الفرق بين النظرية العلمية والقانون العلمي؟ وما الفرق بين الفرضية والنظرية العلمية؟ أعط أمثلة مناسبة.

القانون العلمي قاعدة طبيعية تجمع مشاهدات مترابطة لوصف ظاهرة طبيعية مثل قانون الانعكاس. بينما النظرية العلمية تفسير للقانون العلمي بالاعتماد على المشاهدات. تفسر النظرية العلمية سبب حدوث الحدث، بينما يصف القانون الحدث نفسه. تُختبر النظرية العلمية أكثر من مرة قبل أن تُقبل. أما الفرضية فهي فكرة أو تصور عن كيفية حدوث الأشياء. ستختلف الأمثلة باختلاف استجابات الطلاب.

29. **الكثافة** تُعرف الكثافة بأنها كتلة وحدة الحجوم وتساوي الكتلة مقسومة على الحجم.

a. ما وحدة الكثافة في النظام الدولي؟

kg/m^3

b. هل وحدة الكثافة أساسية أم مشتقة؟

مشتقة

30. قام طالبان بقياس سرعة الضوء؛ فحصل الأول على $(3.001 \pm 0.001) \times 10^8$ m/s، وحصل الثاني على $(2.999 \pm 0.006) \times 10^8$ m/s.

a. أيهما أكثر دقة؟

$(3\ 001 \pm 0\ 001) \times 10^8$ m/s

b. أيهما أكثر ضبطًا؟ علمًا بأن القيمة المعيارية لسرعة الضوء هي: 2.99792457×10^8 m/s.

$(2\ 999 \pm 0\ 006) \times 10^8$ m/s

31. ما طول ورقة الشجر المبينة في **الشكل 13–1**؟ ضمِّن إجابتك خطأ القياس.

■ الشكل 13–1

$9\ 5\ cm \pm 0\ 05\ cm$ أو $95\ mm \pm 0\ 5\ mm$

إتقان حل المسائل

(صفحتا 28–27)

1–1 الرياضيات والفيزياء

32. يُعبَّر عن مقدار قوة جذب الأرض للجسم بالعلاقة $F = mg$، حيث تمثل m كتلة الجسم، و g التسارع الناتج عن الجاذبية الأرضية ($g = 9.80\ m/s^2$).

a. أوجد القوة المؤثرة في جسم كتلته 41.63 kg.

408 N

b. إذا كانت القوة المؤثرة في جسم هي $632\ kg.m/s^2$، فما كتلة هذا الجسم؟

64 5 kg

33. يقاس الضغط بوحدة الباسكال Pa حيث $1\ Pa = 1\ kg/m.s^2$، فهل يمثل التعبير التالي قياسًا للضغط بوحدات صحيحة؟

$$\frac{(0.55\ kg)(2.1\ m/s)}{9.80\ m/s^2}$$

لا، إنها بوحدة kg/s^3

1–2 القياس

34. حوّل كلا مما يلي إلى متر:

a. 42.3 cm

0 423 m

b. 6.2 pm

$6\ 2 \times 10^{-12}$ m

c. 21 km

$2\ 1 \times 10^4$ m

d. 0.023 mm

$2\ 3 \times 10^{-5}$ m

e. 214 μm

$2\ 14 \times 10^{-4}$ m

f. 57 nm

$5\ 7 \times 10^{-8}$ m

تابع الفصل 1

35. وعاء ماء كتلته فارغًا 3.64 kg، إذا أصبحت كتلته بعد ملئه بالماء 51.8 kg، فما كتلة الماء فيه؟

48 2 kg

36. ما دقة القياس التي تستطيع الحصول عليها من الميزان الموضح في **الشكل 14–1**؟

■ الشكل 14–1

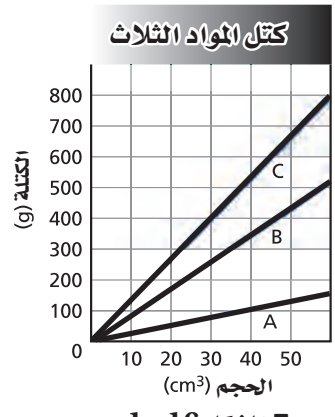
±0 05 g

37. اقرأ القياس الموضح في **الشكل 15–1**، وضمِّن خطأ القياس في الإجابة:

■ الشكل 15–1

(3 6 ± 0 1) A

38. يمثل **الشكل 16–1** العلاقة بين كتل ثلاث مواد وحجومها التي تتراوح بين $0–60\ cm^3$.



■ الشكل 16–1

a. ما كتلة $30\ cm^3$ من كل مادة؟

A = 80 g , B = 260 g , C = 400 g

b. إذا كان لديك 100g من كل مادة فما حجم كل منها؟

A = 36 cm^3, B = 11 cm^3, C = 7 cm^3

c. ماذا يمثل ميل الخطوط المبينة في الرسم؟ وضح ذلك بجملة أو جملتين.

الكثافة، يمثل الميل النسبة بين كتلة الجسم إلى حجمه، وهذا يساوي الكثافة.

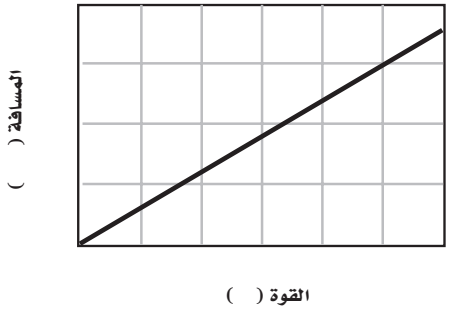
39. في تجربة أجريت داخل مختبر المدرسة، وضع معلم الفيزياء كتلة على سطح طاولة مهملة الاحتكاك تقريبًا، ثم أثّر في هذه الكتلة بقوى أفقية متغيرة، وقاس المسافة التي تقطعها الكتلة في خمس ثوان تحت تأثير كل قوة منها، فحصل على الجدول التالي: (دليل الرياضيات 147 –142)

جدول 3–1

المسافة المقطوعة تحت تأثير قوى مختلفة

القوة (N)	المسافة (cm)
5.0	24
10.0	49
15.0	75
20.0	99
25.0	120
30.0	145

a. مثّل بيانيًّا القيم المعطاة بالجدول، وارسم خط المواءمة الأفضل (الخط الذي يمر بأغلب النقاط).



b. صف الرسم البياني الناتج.

خط مستقيم

c. استخدم الرسم لكتابة معادلة تربط المسافة مع القوة.

$$d = 4\,9F$$

d. ما الثابت في المعادلة؟ وما وحدته؟

الثابت هو 4 9، ووحدته هي cm/N.

e. توقع المسافة المقطوعة في 5 s عندما تؤثر في الجسم قوة مقدارها 22.0 N.

108 cm أو 110 cm باستخدام رقمين معنويين.

مراجعة عامة

صفحة 28

40. تتكون قطرة الماء في المتوسط من 1.7×10^{21} جزيء. إذا كان الماء يتبخر بمعدل مليون جزيء في الثانية، فاحسب الزمن اللازم لتبخر قطرة الماء تمامًا.

$$\frac{1.7\times10^{21}\ \text{جزيء}}{\left(\frac{1000000\ \text{جزيء}}{1\ \text{s}}\right)} = 1.7\times10^{15}\ \text{s}$$

$$(1.7\times10^{15}\ \text{s})\left(\frac{1\ \text{h}}{3600\ \text{s}}\right)\left(\frac{1\ \text{day}}{24\ \text{h}}\right)\left(\frac{1\ \text{y}}{365\ \text{day}}\right)$$

$$= 5.4\times10^{7}\ \text{y}$$

ملاحظة: إذا تأملت في الإجابة (54 مليون سنة)؛ لعلك تستنتج أن قطرة الماء تحوي عددًا ضخمًا من الجزيئات، فضلا عن مدى صغر معدل التبخر الذي يساوي (مليون جزيء في الثانية) مقارنة بسرعة التبخر في الواقع.

التفكير الناقد

صفحة 28

41. احسب كتلة الماء بوحدة kilograms اللازمة لملء وعاء طوله 1.4 m، وعرضه 0.006 m، وعمقه 34.0 cm علمًا بأن كثافة الماء تساوي $1.00\ \text{g/cm}^3$.

حجم الماء = (140 cm)(60.0 cm)(34.0 cm)

$$= 285600\ \text{cm}^3$$

ولمّا كانت كثافة الماء = $1\,00\ \text{g/cm}^3$

فإن كتلة الماء = 285600 g

= 285 6 kg

وهي تساوي 286 kg (تقريبًا)

42. صمّم تجربة إلى أي ارتفاع تستطيع رمي كرة؟ وما المتغيرات التي من المحتمل أن تؤثر في إجابة هذا السؤال؟

ستختلف الإجابات. زاوية القذف، وكتلة الكرة، وموضع القدم، والتدريب، والأحوال الجوية.

الكتابة في الفيزياء

صفحة 28

43. اكتب مقالة عن تاريخ الفيزياء توضح فيها كيفية تغير الأفكار حول موضوع أو كشف علميٍّ ما مع مرور الزمن. تأكد من إدراج إسهامات العلماء، وتقويم أثرها في تطور الفكر العلمي، وفي واقع الحياة.

ستختلف الإجابات.

44. وضح كيف أن تحسين الدقة في قياس الزمن يؤدي إلى دقة أكثر في التوقعات المتعلقة بكيفية سقوط الجسم.

ستختلف الإجابات. كمثال يمكن أن يقترح الطلاب أن يؤدي تحسين دقة قياس الزمن إلى أن تكون الملاحظات أفضل.

مسألة تحفيز

صفحة 21

يعبَّر عن الطاقة الكهربائية المستهلكة في المنازل بوحدة كيلوواط.ساعة (kWh). فإذا كانت قراءة عداد الكهرباء في منزل 300 kWh خلال شهر فعبّر عن كمية الطاقة المستهلكة بوحدة:

1. الجول (J)، إذا علمت أن 1 kWh = 3.60 MJ.

$$300\ \text{kWh}\left(\frac{3.60\times10^{6}\ \text{J}}{1\ \text{kWh}}\right) = 1.08\times10^{9}\ \text{J}$$

2. الإلكترون فولت (eV)، إذا علمت أن $1\ \text{eV} = 1.60\times10^{-19}\ \text{J}$.

$$300\ \text{kWh} = 1.08\times10^{9}\ \text{J}\left(\frac{1\text{eV}}{1.6\times10^{-19}\ \text{J}}\right)$$

$$= 6\,75\times10^{27}\ \text{eV}$$

مراجعة القسم

2–1 تصوير الحركة

صفحة 33

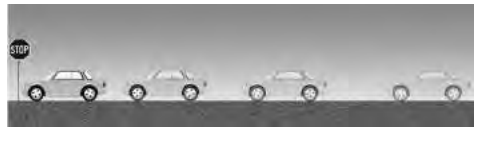
1. مخطط توضيحي لحركة درّاج استخدم نموذج الجسيم النقطي لرسم مخطط توضيحي لراكب دراجة هوائية يتحرك بسرعة ثابتة.

2. مخطط توضيحي لحركة طائر استخدم نموذج الجسيم النقطي لرسم نموذج توضيحي مبسط يتناسب مع المخطط التوضيحي لحركة طائر في أثناء طيرانه كما في **الشكل 4–2** ، وما النقطة التي اخترتها على جسم الطائر لتمثله؟

■ **الشكل 4–2**

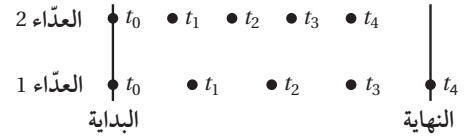
هناك عدة نقاط صحيحة محتملة يمكنك أن تختارها لتمثيل الطائر، على أن تكون النقطة قريبة نسبيًّا من مركز الطائر؛ أي ليست جزءًا من المنقار أو الجناح أو الأرجل أو الذيل.

3. مخطط توضيحي لحركة سيارة استخدم نموذج الجسيم النقطي لرسم نموذج توضيحي مبسط يتناسب مع المخطط التوضيحي لحركة سيارة ستتوقف عند إشارة مرورية، كما في **الشكل 5–2**. حدّد النقطة التي اخترتها على جسم السيارة لتمثيلها.



■ **الشكل 5–2**

4. التفكير الناقد استخدم نموذج الجسيم النقطي لرسم مخططات الحركة التوضيحية لعدّاءين في سباق؛ عندما يتجاوز الأول خط النهاية يكون الآخر قد قطع ثلاثة أرباع مسافة السباق فقط.



مراجعة القسم

2–2 الموقع والزمن

صفحة 37

5. الإزاحة يمثل الشكل التالي النموذج الجسيمي النقطي لحركة سيارة على طريق سريع، وقد حددت نقطة الانطلاق كالتالي:

من هنا إلى هناك

أعد رسم هذا النموذج الجسيمي النقطي، وارسم متجهًا يمثل إزاحة السيارة من نقطة البداية حتى نهاية الفترة الزمنية الثالثة.

من هنا ⟵ إلى هناك

6. الإزاحة يمثل النموذج الجسيمي النقطي أدناه حركة طالب يسير من بيته إلى المدرسة:

البيت المدرسة

أعد رسم الشكل، وارسم متجهات لتمثيل الإزاحة بين كل نقطتين.

البيت ⟵ المدرسة

7. الموقع قارن طالبان متجهي الموقع اللذين رسماها على مخطط للحركة لتحديد موقع جسم متحرك في اللحظة نفسها، فوجدا أن المتجهين المرسومين لا يشيران إلى الاتجاه نفسه. فسّر ذلك.

يبدأ متجه الموقع من نقطة الأصل إلى موضع الجسم، وعند اختلاف نقاط الأصل تختلف متجهات الموقع. من جهة أخرى ليس للإزاحة علاقة بنقطة الأصل.

8. التفكير الناقد تتحرك سيارة في خط مستقيم من البقالة إلى مكتب البريد، ولتمثيل حركتها استخدم طالب نظامًا إحداثيًّا، نقطة الأصل فيه البقالة، واتجاه حركة السيارة هو الاتجاه الموجب. أما زميله فاستخدم نظامًا إحداثيًّا، نقطة الأصل فيه مكتب البريد، والاتجاه المعاكس لحركة السيارة هو الموجب. هل سيتفقان على كل من موقع السيارة والإزاحة والمسافة والفترة الزمنية التي استغرقتها الرحلة؟ وضح ذلك.

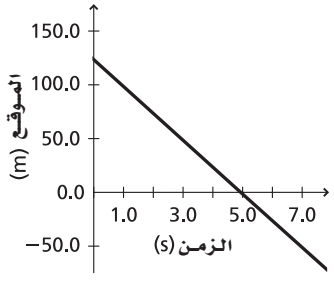
سيتفق الطالبان على كل من الإزاحة والمسافة والفترة الزمنية للرحلة؛ لأن هذه الكميات لا علاقة لها بنقطة الأصل في النظام الإحداثي. لكنهما سيختلفان حول موقع السيارة؛ لأن الموقع يقاس من نقطة الأصل في النظام الإحداثي إلى موضع السيارة.

مسائل تدريبية

2–3 منحنى (الموقع–الزمن)

صفحة 39

استعن بالشكل 13–2 على حل المسائل من 11–9:

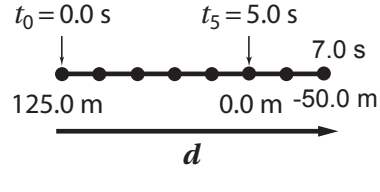


■ الشكل 13–2

9. صف حركة السيارة المبينة في الرسم البياني.

انطلقت السيارة من موقع على بُعد 125 0 m، وتحركت في اتجاه نقطة الأصل، فوصلت إليها بعد 5 0 s من بدء الحركة، واستمرت في حركتها لما بعد نقطة الأصل.

10. ارسم مخططًا للحركة يتوافق مع الرسم البياني.



11. أجب عن الأسئلة التالية حول حركة السيارة:(افترض أن الاتجاه الموجب للإزاحة في اتجاه الشرق والاتجاه السالب في اتجاه الغرب).

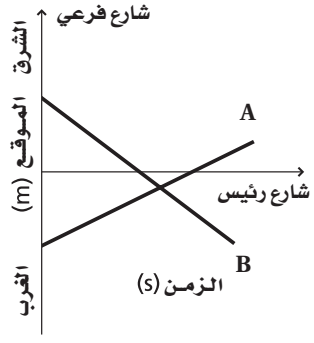
a. متى كانت السيارة على بُعد 25.0 m شرق نقطة الأصل؟

عند 4 0 s

b. أين كانت السيارة عند 1.0 s؟

100 0 m

12. صف بالكلمات حركة اثنين من المشاة A و B كما يوضحهما الخطان البيانيان في **الشكل 14–2**، مفترضًا أن الاتجاه الموجب في اتجاه الشرق على الشارع الفرعي، ونقطة الأصل هي نقطة تقاطع الشارعين الرئيس والفرعي.

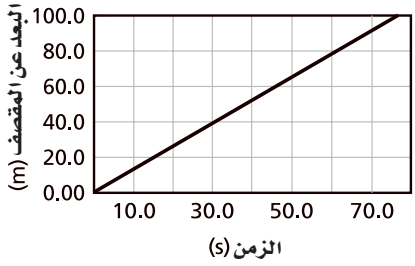


■ الشكل 14–2

بدأ الشخص A الحركة من غرب الشارع الرئيس وسار نحو الشرق (الاتجاه الموجب). أما الشخص B فبدأ الحركة من شرق الشارع الرئيس وسار نحو الغرب (الاتجاه السالب). وفي لحظة ما بعد عبور الشخص B للشارع الرئيس، التقى كل من A وB في نقطة واحدة، وبعد التقائهما قام A بعبور الشارع الرئيس.

13. تحركت سعاد في خط مستقيم من أمام المقصف إلى مختبر العلوم، فقطعت مسافة 100.0 m. في هذه الأثناء قامت زميلاتها بتسجيل وتحديد موقعها كل 2.0 s، فلاحظن أنها قد تحركت مسافة 2.6 m كل 2.0 s.

a. مثِّل بالرسم البياني حركة سعاد.



b. متى كانت سعاد في المواقع التالية:

- على بُعد 25.0 m من المقصف؟

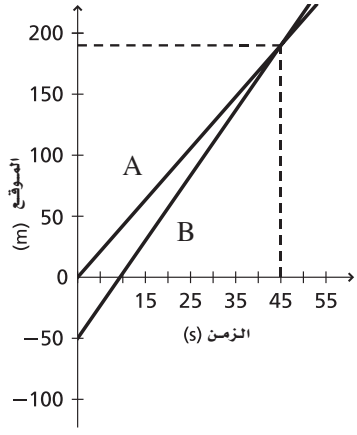
19 s

- على بُعد 25.0 m من مختبر العلوم؟

58 s

صفحة **41**

للإجابة عن المسائل 17–14 استعن بالشكل أدناه.



14. ما الحدث الذي وقع عند اللحظة $t = 0.0$ s؟

مرّ العدّاء A بنقطة الأصل.

15. أي عدّاء كان متقدمًا في اللحظة $t = 48$ s؟

العدّاء B

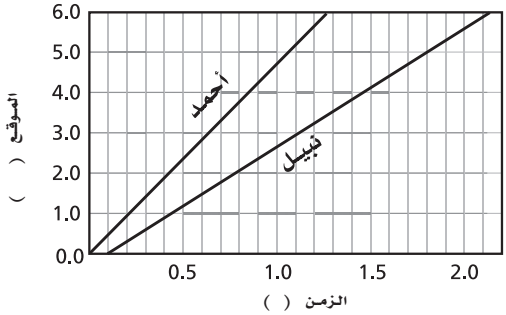
16. أين كان العدّاء B عندما كان العدّاء A عند النقطة 0.0 m؟

−50 0 m , t = 0 0 s

17. ما المسافة الفاصلة بين العدّاء A والعدّاء B في اللحظة $t = 20.0$ s؟

30 m تقريبًا

18. خرج أحمد في نزهة مشيًا على الأقدام، وبعد وقت ما بدأ صديقه نبيل السير خلفه، وقد تم تمثيل حركتيهما بمنحنى (الموقع–الزمن) المبين في **الشكل 16–2**.



■ **الشكل 16–2**

a. ما الزمن الذي سار خلاله أحمد قبل أن يبدأ نبيل المشي؟

(0 1 h) 6 0 min

b. هل سيلحق نبيل بأحمد؟ فسر ذلك.

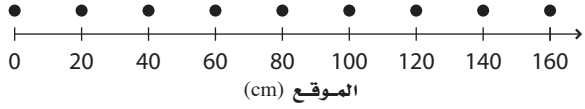
لا، الخطان الممثلان لحركة كل من أحمد ونبيل يتباعدان كلما ازداد الزمن، لذا فإنهما لن يتقاطعا.

مراجعة القسم

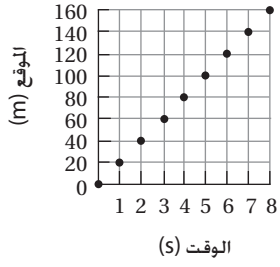
2–3 منحنى (الموقع–الزمن)

صفحة **42**

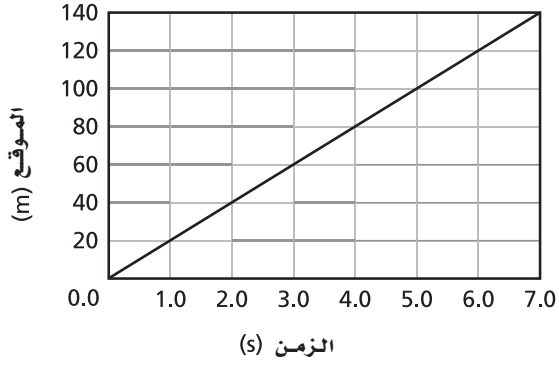
19. منحنى (الموقع–الزمن) يمثل النموذج الجسيمي النقطي في **الشكل 17–2** طفلا يزحف على أرضية غرفة. مثِّلْ حركته باستخدام منحنى (الموقع–الزمن)، علمًا بأن الفترة الزمنية بين كل نقطتين متتاليتين تساوي 1 s.



■ **الشكل 17–2**

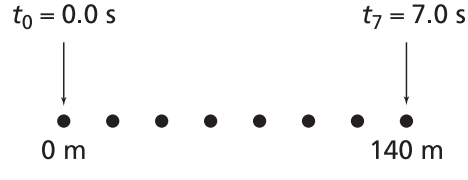


20. المخطط التوضيحي للحركة يبين **الشكل 18–2** منحنى (الموقع–الزمن) لحركة قرص مطاطي ينزلق على بركة متجمدة في لعبة الهوكي.



■ **الشكل 18–2**

استخدم الرسم البياني في الشكل 18–2 لرسم النموذج الجسيمي النقطي لحركة قرص، وحل المسائل 23–21.



21. الزمن متى كان القرص على بُعد 10.0 m عن نقطة الأصل؟

0 5 s

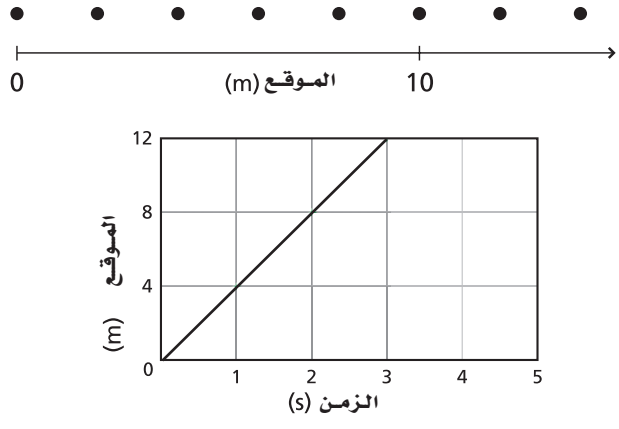
22. المسافة حدد المسافة التي قطعها قرص الهوكي بين اللحظتين 0.0 s و 5.0 s.

100 m

23. الفترة الزمنية حدد الزمن الذي استغرقه قرص الهوكي ليتحرك من موقع يبعد 40 m عن نقطة الأصل إلى موقع يبعد 80 m عنها.

2 0 s

24. التفكير الناقد تفحص النموذج الجسيمي النقطي ومنحنى (الموقع–الزمن) الموضحين في **الشكل 19–2**. هل يصفان الحركة نفسها؟ كيف تعرف ذلك؟ علمًا بأن الفترات الزمنية في النموذج الجسيمي النقطي تساوي 2 s .



■ **الشكل 19–2**

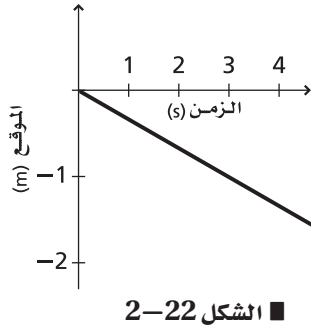
لا، إنهما لا يصفان الحركة نفسها، فبالرغم من أن الجسمين يسيران في الاتجاه الموجب، إلا أن أحدهما يسير أسرع من الآخر. شجع الطلاب على إثبات أن الرسم البياني والنموذج الجسيمي النقطي لا يمثلان الحركة نفسها باستخدام عدة أمثلة.

مسائل تدريبية

2–4 السرعة المتجهة

صفحة 46

25. يصف الرسم البياني في **الشكل 22–2** حركة سفينة في البحر. ويعد الاتجاه الموجب للحركة هو اتجاه الجنوب.



■ **الشكل 22–2**

a. ما السرعة المتوسطة للسفينة؟

استخدم النقاط (0 0 m, 0 0 s) و(−1 0 m, 3 0 s)

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

$$= \frac{d_2 - d_1}{t_2 - t_1}$$

$$= \frac{-1.0\ \text{m} - 0.0\ \text{m}}{3.0\ \text{s} - 0.0\ \text{s}}$$

$$= -0\ 33\ \text{m/s}$$

$$= 0\ 33\ \text{m/s}$$

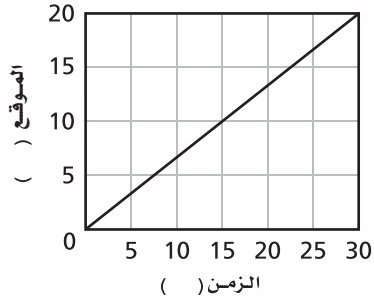
b. ما السرعة المتجهة المتوسطة للسفينة؟

السرعة المتجهة المتوسطة للسفينة تساوي ميل الخط بما في ذلك الإشارة، وعليه فإنها تساوي −0 33 m/s، أو 0 33 m/s نحو الشمال.

26. صف بالكلمات حركة السفينة في المسألة السابقة.

تتحرك السفينة في اتجاه الشمال بسرعة مقدارها 0 33 m/s.

27. يمثل الرسم البياني في **الشكل 23–2** حركة دراجة هوائية. احسب كلا من السرعة المتوسطة. والسرعة المتجهة المتوسطة للدراجة، ثم صف حركتها بالكلمات.



■ الشكل 23–2

بما أن الدّراجة تتحرك في الاتجاه الموجب، فإن السرعة المتوسطة والسرعة المتجهة المتوسطة هي نفسها.

استخدم النقاط (0 0 min, 0 0 km) و (15 0 min, 10 0 km)

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

$$= \frac{d_2 - d_1}{t_2 - t_1}$$

$$\overline{v} = \frac{10.0\ \text{km} - 0.0\ \text{km}}{15.0\ \text{min} - 0.0\ \text{min}}$$

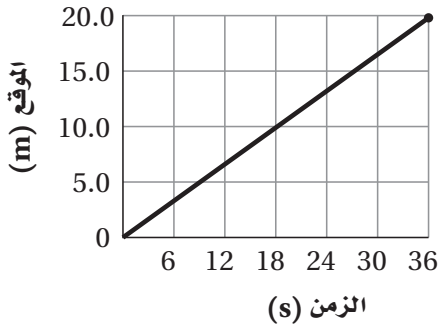
$$\overline{v} = 0\ 67\ \text{km/min} \quad \text{في الاتجاه الموجب}$$

تسير الدراجة في الاتجاه الموجب بسرعة متوسطة تساوي 0 67 km/min. إلا أنه لا يطلب تحديد اتجاه السرعة، على عكس السرعة المتجهة التي يُطلب فيها تحديد الاتجاه، فنقول في الاتجاه الموجب.

28. انطلقت دراجة بسرعة ثابتة مقدارها 0.55 m/s، ارسم مخططًا توضيحيًّا للحركة، ومنحنًى بيانيًّا للموقع–الزمن، تبين فيهما حركة الدراجة لمسافة 19.8 m.

مخطط توضيحي للحركة

منحنى (الموقع - الزمن)



مراجعة القسم

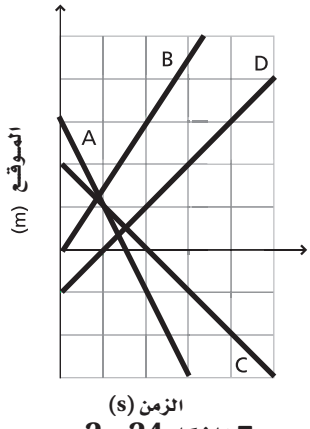
2–4 السرعة المتجهة

صفحة 49

استخدم الشكل 24–2 في حل المسائل 31–29.

29. السرعة المتوسطة رتب منحنيات (الموقع–الزمن) وفق السرعة المتوسطة للجسم، من الأكبر إلى الأصغر، وأشر إلى الروابط إن وجدت.

للسرعة نستخدم القيمة المطلقة، ولذلك فإن:



■ الشكل 24–2

C = D ،B ،A

ميل $_A = -2$

ميل $_B = \frac{3}{2}$

ميل $_C = -1$

ميل $_D = 1$

30. **السرعة المتجهة المتوسطة** رتب المنحنيات وفق السرعة المتجهة المتوسطة من السرعة الأكبر إلى السرعة الأقل.

A ،C ،D ،B

ميل $_A = -2$

ميل $_B = \frac{3}{2}$

ميل $_C = -1$

ميل $_D = 1$

31. **الموقع الابتدائي** رتب الخطوط البيانية بحسب الموقع الابتدائي للجسم (بدءًا بأكبر قيمة موجبة وانتهاء بأكبر قيمة سالبة). هل سيكون ترتيبك مختلفًا إذا طلب إليك أن ترتبها بحسب المسافة الابتدائية للجسم من نقطة الأصل؟

A، C، B، D. نعم سيكون الترتيب من الأكبر مسافة إلى الأصغر مسافة A، C، D، B.

32. **السرعة المتوسطة والسرعة المتجهة المتوسطة** وضّح العلاقة بين السرعة المتوسطة والسرعة المتجهة المتوسطة.

السرعة المتوسطة هي القيمة المطلقة (العددية) للسرعة المتجهة المتوسطة. السرعة هي المقدار فقط أما السرعة المتجهة فهي المقدار والاتجاه.

33. **التفكير الناقد** ما أهمية عمل نماذج مصورة ونماذج فيزيائية للحركة قبل بدء حل معادلة ما؟

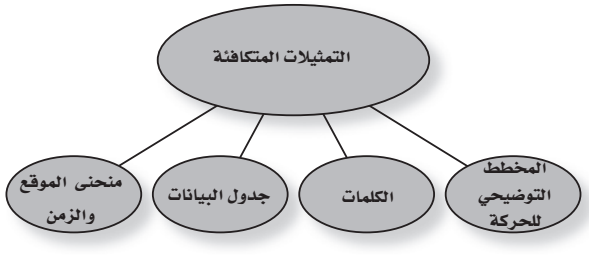
ستختلف الإجابات. يساعدك رسم النماذج قبل كتابة المعادلة على تصور المسألة بوضوح. فمن الصعب كتابة المعادلة المناسبة إذا لم يكن لديك تصور واضح عن وضع الأشياء أو حركتها. من جهة أخرى يساعدك رسم النماذج على اختيار النظام الإحداثي المناسب، وهذا أساسي للتأكد من أنك تستخدم الإشارات الصحيحة في تمثيل الكميات التي ستعوض قيمتها في المعادلة لاحقًا.

تقويم الفصل

خريطة المفاهيم

صفحة 54

34. أكمل خريطة المفاهيم أدناه باستخدام المصطلحات التالية: الكلمات، التمثيلات المتكافئة، منحنى (الموقع–الزمن).



إتقان المفاهيم

صفحة 54

35. ما الهدف من رسم المخطط التوضيحي للحركة؟ (2–1)

يعطي المخطط التوضيحي للحركة صورة عن الحركة تساعد على تصور كل من الإزاحة والسرعة المتجهة.

36. متى يمكن معاملة الجسم كجسيم نقطي؟ (2–1)

يمكن معاملة الجسم بوصفه جُسيمًا نقطيًّا إذا كانت حركته الداخلية غير مهمة، وإذا كان الجسم صغيرًا مقارنة بالمسافة التي يتحركها.

37. وضّح الفرق بين: الموقع والمسافة والإزاحة.(2–2)

يختلف مفهوم كل من الموقع والإزاحة عن مفهوم المسافة؛ لأن كليهما يتضمن معلومات عن الاتجاه الذي يتحرك فيه الجسم، بينما لا تتضمن المسافة الاتجاه. وتختلف كل من المسافة والإزاحة عن الموقع؛ لأنهما تصفان تغير موقع الجسم خلال فترة زمنية محددة، بينما يخبرك الموقع فقط عن موضع الجسم عند زمن محدد.

38. كيف يمكنك استخدام ساعة حائط لتعيين فترة زمنية؟ (2–2)

عين قراءة الساعة عند بداية الفترة ونهايتها، واطرح مقدار وقت البداية من وقت النهاية.

39. **خط التزلج** وضح كيف يمكنك أن تستخدم منحنى (الموقع–الزمن) لمتزلجين على مسار التزلج؛ لتحديد ما إذا كان أحدهما سيتجاوز الآخر ومتى؟(3–2)

ارسم المنحنيين على مجموعة المحاور نفسها. فإذا تقاطع المنحنيان الممثلان لحركتهما فهذا يعني أن أحدهما سيتجاوز الآخر. وتعطي إحداثيات نقطة تقاطع الخطين موقع التجاوز.

40. **المشي والركض** إذا غادر منزلكم شخصان في الوقت نفسه؛ أحدهما يعدو والآخر يمشي، وتحركا في الاتجاه نفسه بسرعتين متجهتين منتظمتين، فصف منحنى (الموقع–الزمن) لكل منهما.(4–2)

كلاهما خط مستقيم يبدأ من الموقع نفسه، ولكن ميل الخط الممثل لحركة العدّاء سيكون أكبر (أكثر انحدارًا).

41. ماذا يمثل ميل الخط البياني لمنحنى (الموقع–الزمن)؟ (2–4)

السرعة المتجهة.

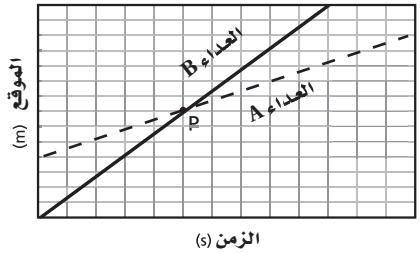
42. إذا علمت موقع جسم متحرك عند نقطتين في مسار حركته، وكذلك الزمن الذي استغرقه الجسم للوصول من النقطة الأولى إلى الأخرى، فهل يمكنك تعيين سرعته المتجهة اللحظية، وسرعته المتجهة المتوسطة؟ فسر ذلك.(4–2)

من الممكن حساب السرعة المتجهة المتوسطة من المعلومات المعطاة، لوجود نقطتين على مسار الحركة، فبقسمة التغير في الإزاحة على الفترة الزمنية يتم حساب السرعة المتجهة المتوسطة. ولكن ليس بالإمكان إيجاد السرعة المتجهة اللحظية.

تطبيق المفاهيم

صفحة 54

43. يمثل **الشكل 25–2** رسمًا بيانيًّا لحركة عدّاءين.



■ **الشكل 25–2**

a. صف موقع العدّاء A بالنسبة للعدّاء B بحسب التقاطع مع المحور الرأسي.

بدأ العدّاء A السباق متقدمًا على العدّاء B بمقدار 4 وحدات.

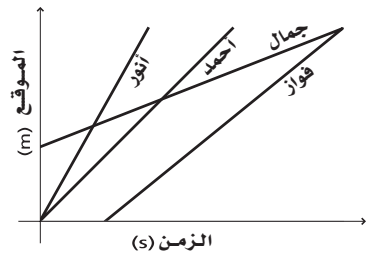
b. أي العدّاءين أسرع؟

العدّاء B هو الأسرع؛ لأن ميل خطه البياني أكبر من ميل الخط البياني للعدّاء A.

c. ماذا يحدث عند النقطة P وما بَعدها؟

يتجاوز العدّاء B العدّاء A عند النقطة P.

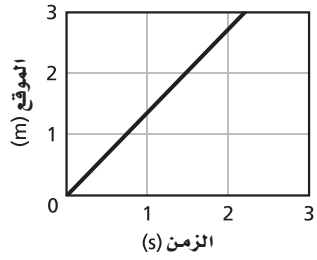
44. يبين منحنى (الموقع–الزمن) في **الشكل 26–2** حركة أربعة من الطلاب في طريق عودتهم من المدرسة. رتب الطلاب حسب السرعة المتجهة المتوسطة لكل منهم من الأبطأ إلى الأسرع.



■ **الشكل 26–2**

جمال، فواز، أحمد، أنور

45. يمثل **الشكل 27–2** منحنى (الموقع–الزمن) لأرنب يهرب من كلب. صف كيف يختلف هذا الرسم البياني إذا:



الشكل 27–2 ■

a. ركض الأرنب بضعفي سرعته.

الفرق الوحيد هو أن ميل المنحنى (الخط المستقيم) سيصبح أكبر بمقدار الضعفين.

b. ركض الأرنب في الاتجاه المعاكس.

سيبقى مقدار الميل كما هو، ولكنه سيكون سالبًا.

إتقان حل المسائل

صفحة 55

46. تحركت دراجة هوائية بسرعة ثابتة مقدارها 4.0 m/s مدة 0.5 s. ما المسافة التي قطعتها خلال هذه المدة؟

$$d = vt$$
$$= (4\ 0\ \text{m/s})(5\ \text{s})$$
$$= 20\ \text{m}$$

47. **علم الفلك** يصل الضوء من الشمس إلى الأرض في 8.3 min، إذا كانت سرعة الضوء 3.00×10^8 m /s فما بُعد الأرض عن الشمس؟

$$d = vt$$
$$= (3\ 00\times10^8\ \text{m/s})(8\ 3\ \text{min})\left(\frac{60\ \text{s}}{1\ \text{min}}\right)$$
$$= 1\ 5\times10^{11}\ \text{m}$$

48. تتحرك سيارة في شارع بسرعة 55 km/h، وفجأة ركض أمامها طفل ليعبر الشارع. إذا استغرق سائق السيارة 0.75 s ليستجيب ويضغط على الفرامل، فما المسافة التي تحركتها السيارة قبل أن تبدأ في التباطؤ؟

$$d = vt$$
$$= (55\ \text{km/h})(0\ 75\ \text{s})\left(\frac{1000\ \text{m}}{1\ \text{km}}\right)\left(\frac{1\ \text{h}}{3600\ \text{s}}\right)$$
$$= 11\ \text{m}$$

49. **قيادة السيارة** إذا قاد والدك سيارته بسرعة 90.0 km /h، بينما قاد صديقه سيارته بسرعة 95 km /h، فسبق والدَك في الوصول إلى نهاية الرحلة، فما الزمن الذي سينتظره صديق والدك في نهاية الرحلة التي يبلغ طولها 50 km؟

$$d = vt$$

$$t_1 = \frac{d}{v} = \frac{50.0\ \text{km}}{90.0\ \text{km/h}}$$
$$= 0\ 556\ \text{h}$$

$$t_2 = \frac{d}{v} = \frac{50.0\ \text{km}}{95.0\ \text{km/h}}$$
$$= 0\ 526\ \text{h}$$

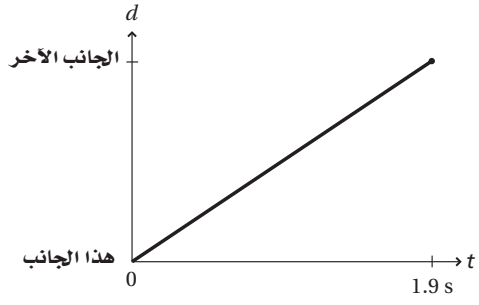
$$t_1 - t_2 = (0\ 556\ \text{h} - 0\ 526\ \text{h})\left(\frac{60\ \text{min}}{1\ \text{h}}\right)$$
$$= 1\ 8\ \text{min}$$

مراجعة عامة

صفحتا 56–55

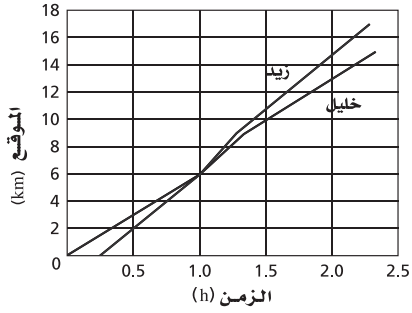
50. يبين **الشكل 28–2** نموذج الجسيم النقطي لحركة ولد يعبر طريقًا بشكل عرضي. ارسم منحنى (الموقع–الزمن) المكافئ للنموذج، واكتب المعادلة التي تصف حركة الولد، علمًا بأن الفترات الزمنية هي 0.1 s.

الشكل 28–2 ■



المعادلة هي $\Delta d = \overline{v}\,\Delta t$

51. يبين **الشكل 29–2** منحنى (الموقع–الزمن) لحركة كل من زيد وخليل وهما يجدفان في قاربين عبر نهر.



■ **الشكل 29–2**

a. عند أي زمن (s) كان زيد وخليل في المكان نفسه؟

1 0 h

b. ما الزمن الذي يستغرقه زيد في التجديف قبل أن يتجاوز خليلًا؟

45 min

c. في أي موقع من النهر يوجد تيار سريع؟

من 6 0 km إلى 9 0 km من نقطة الأصل.

52. غادرت السيارتان A و B المدرسة عندما كانت قراءة ساعة الايقاف صفرًا، وكانت السيارة A تتحرك بسرعة منتظمة 75 km/h ، والسيارة B تتحرك بسرعة منتظمة 85 km/h.

a. ارسم منحنى(الموقع–الزمن) لحركة كل من السيارتين، ووضح بُعد كل منهما عن المدرسة عندما تشير ساعة الايقاف إلى 2.0 h. حدد ذلك على الرسم.

$$d_A = v_A t$$

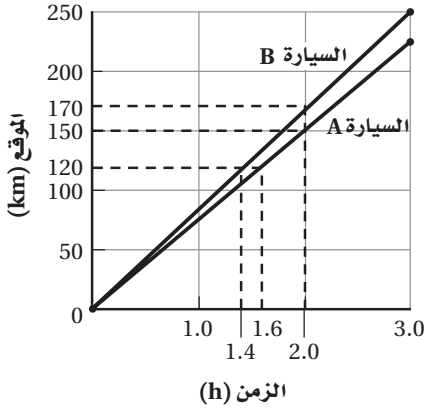
$$= (75\ \text{km/h})(2\ 0\ \text{h})$$

$$= 150\ \text{km}$$

$$d_B = v_B t$$

$$= (85\ \text{km/h})(2\ 0\ \text{h})$$

$$= 170\ \text{km}$$

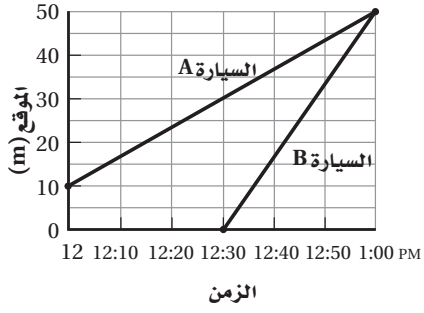


b. إذا مرت كلتا السيارتين بمحطة وقود تبعد 120 km عن المدرسة، فمتى مرّت كل منهما بالمحطة؟ حدد ذلك على الرسم.

$$t_A = \frac{d}{v_A} = \frac{120\ \text{km}}{75\ \text{km/h}} = 1\ 6\ \text{h}$$

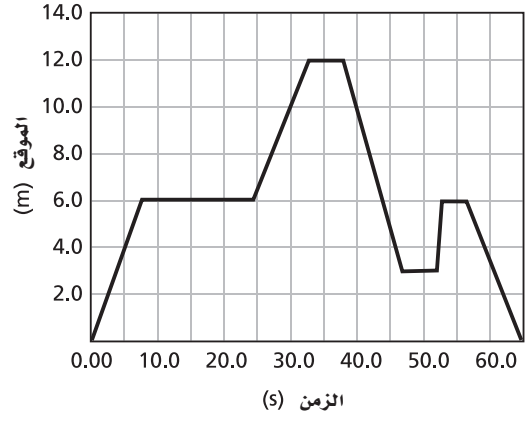
$$t_B = \frac{d}{v_B} = \frac{120\ \text{km}}{85\ \text{km/h}} = 1\ 4\ \text{h}$$

53. ارسم منحنى (الموقع–الزمن) لسيارتين A وB تسيران نحو شاطئ يبعد 50 km عن المدرسة. عند الساعة 12:00 pm تحركت السيارة A بسرعة40 km/h من متجر يبعد 40 km عن الشاطئ، بينما تحركت السيارة B من المدرسة عند الساعة12:30 pm بسرعة 100 km/h. متى تصل كل من السيارتين A وB إلى الشاطئ؟



تصل السيارتان إلى الشاطئ الساعة الواحدة.

54. يبين **الشكل 30–2** منحنى (الموقع–الزمن) لحركة علي ذهابًا وإيابًا في ممر. افترض أن نقطة الأصل عند أحد طرفي الممر.



الشكل 30–2

a. اكتب فقرة تصف حركة علي في الممر، بحيث تتطابق مع الحركة الممثلة في الرسم البياني أعلاه.

ستختلف الإجابات. (إجابة مقترحة) تحرك علي بسرعة منتظمة لمدة 8 s من نقطة البداية فقطع مسافة 6 m، ثم توقف فجأة حتى الثانية 24. ثم تحرك بسرعة منتظمة لمدة 8 s تقريبًا فقطع مسافة 6 m أخرى، ثم توقف لمدة 6 s تقريبًا، ثم تحرك بسرعة منتظمة في الاتجاه المعاكس لمدة 8 s فقطع مسافة 9 m، ثم توقف لمدة 5 s، ثم عاد للحركة بسرعة منتظمة في الاتجاه الأول لمدة ثانية واحدة تقريبًا فقطع مسافة 3 m، ثم توقف لمدة ثانيتين ثم تحرك بسرعة منتظمة فقطع مسافة 6 m في الاتجاه المعاكس، فعاد إلى نقطة البداية.

b. متى كان موقع علي على بُعد 6.0 m؟

من 8 0 s إلى 25 0 s وعند 44 0 s

ومن 53 0 s إلى 58 0 s

c. ما الزمن بين لحظة دخول علي في الممر، ووصوله إلى موقع يبعد 12.0 m عن نقطة الأصل؟ وما السرعة المتجهة المتوسطة لعلي خلال الفترة الزمنية (37 s – 46 s)؟

$t = 33\ 0\ \text{s}$

استخدم النقاط (37 0s,12 0m) و(46 0s,3 00m))

$$\overline{v} = \frac{d_f - d_i}{t_f - t_i} = \frac{3.00\ \text{m} - 12.0\ \text{m}}{46.0\ \text{s} - 37.0\ \text{s}}$$

$$= -1\ 00\ \text{m/s}$$

التفكير الناقد

صفحة 56

55. تصميم تجربة تمرُ دراجة نارية أمام منزل يعتقد أصحابه أنها تتجاوز حدود السرعة المسموح بها وهي 40 km/h. صف تجربة بسيطة يمكنك إجراؤها لتقرر ما إذا كانت هذه الدراجة تتجاوز السرعة المحددة فعلا عندما تمر أمام المنزل.

ستختلف الإجابات. من الحلول الممكنة أن تجعل عدة أشخاص يقفون على جانب الطريق وعلى مسافات متساوية بعضهم من بعض (قد تكون 10 m مثلًا)، وتعطي كل واحد منهم ساعة إيقاف، بعد ضبطها، ليقوم بتسجيل زمن مرور الدراجة النارية بجانبه على ألا تقل دقة قياس الزمن عن 1 s. ارسم منحنى (الموقع–الزمن) من المعلومات التي جمعتها، واحسب ميل أفضل خط يمر بالنقاط على الرسم. إذا كانت قيمة الميل تتجاوز 40 km/h فإن الدراجة تتجاوز السرعة المحددة. ومن الحلول الأخرى الممكنة أن تطلب إلى شخص حاصل على رخصة قيادة السيارات أن يقود سيارة على الطريق بسرعة 40 km/h وبالاتجاه نفسه الذي تتوقع أن تسلكه الدراجة النارية، فإذا اقتربت الدراجة النارية من السيارة (أيّ قلت المسافة بينهما) فعندئذ تكون الدراجة النارية قد تجاوزت السرعة المحددة، وإذا لم تتغير المسافة بين السيارة والدراجة النارية يكون سائق الدراجة النارية ملتزمًا بالحد الأقصى للسرعة المقررة على الطريق، أما إذا نقصت المسافة بينهما فإن الدراجة تتحرك بسرعة أقل من الحد الأقصى المسموح به على الطريق.

56. تفسير الرسوم البيانية هل يمكن أن يكون المنحنى البياني لـ (الموقع والزمن) لجسم خطًا أفقيًّا؟ وهل يمكن أن يكون خطًا رأسيًّا؟ إذا كانت إجابتك نعم فصف بالكلمات هذه الحركة.

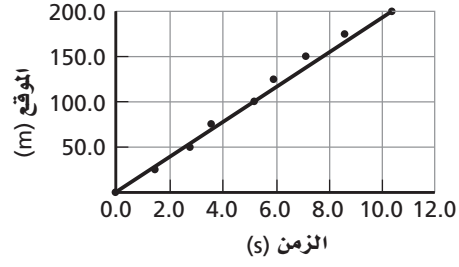
من الممكن تمثيل العلاقة بخط أفقي على منحنى (الموقع الزمن)، وهذا يشير إلى أن موقع الجسم لا يتغير، أي أنه لا يتحرك. ولا يمكن تمثيل العلاقة بخط رأسي؛ لأن هذا يعني أن الجسم يتحرك بسرعة لا نهائية.

57. وقف طلاب شعبة الفيزياء في صف واحد، وكانت المسافة بين كل طالبين 25 m، واستخدموا ساعات إيقاف لقياس الزمن الذي تمر عنده سيارة تتحرك على طريق رئيس أمام كل منهم. وتم تدوين البيانات في **الجدول 3–2**.

الجدول 2–3

الموقع–الزمن	
الزمن (s)	الموقع (m)
0.0	0.0
1.3	25.0
2.7	50.0
3.6	75.0
5.1	100.0
5.9	125.0
7.0	150.0
8.6	175.0
10.3	200.0

ارسم منحنى (الموقع–الزمن) مستخدمًا البيانات الواردة في الجدول، ثم أوجد ميل الخط البياني في المنحنى، واستنتج سرعة السيارة.



ميل الخط البياني في المنحنى وسرعة السيارة 19 7 m/s.

الكتابة في الفيزياء

صفحة **56**

58. حدد علماء الفيزياء سرعة الضوء 3.00×10^{8} m/s. كيف توصلوا إلى هذا؟ اقرأ حول سلسلة التجارب التي أجريت لتعيين سرعة الضوء، ثم صف كيف تطورت التقنيات التجريبية لتجعل نتائج التجارب أكثر دقة.

حاول جاليليو تعيين سرعة الضوء، ولكنه لم ينجح في مسعاه. وبعد ذلك تمكن الفلكي الدنماركي (رومر) من قياس سرعة الضوء في عام 1676 م بملاحظة خسوف أقمار المشتري. وكان تقديره للسرعة 225308 km/ s، وحاول كثيرون قياس سرعة الضوء بدقة أكبر باستخدام عجلات مسننة دوّارة، ومرايا دوّارة.

مراجعة تراكمية

صفحة **56**

59. حوّل كلا من قياسات الزمن التالية إلى ما يعادلها بالثواني:

a. 58 ns

5 8×10^{-8} s

b. 0.046 Gs

4 6×10^{7} s

c. 9270 ms

9 27 s

d. 12.3 ks

1 23×10^{4} s

مسألة تحفيز

صفحة 41

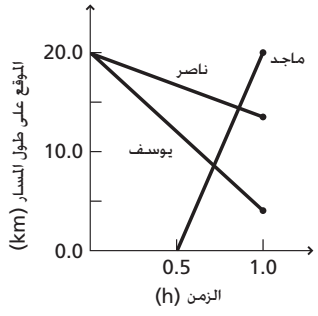
يستمتع كل من ماجد ويوسف وناصر بممارسة الرياضة على طريق يمتد بمحاذاة الشاطئ. حيث بدأ يوسف الركض بسرعة منتظمة مقدارها 16.0 km/h من المرسى A في اتجاه الجنوب في تمام الساعة 11:30 صباحًا، وفي اللحظة نفسها ومن المكان نفسه بدأ ناصر المشي بسرعة منتظمة مقدارها 6.5 km/h في اتجاه الجنوب. أما ماجد فانطلق بدراجته عند الساعة 12 ظهرًا من مرسى آخر B يبعد 20 km جنوب المرسى A بسرعة منتظمة مقدارها 40.25 km/h في اتجاه الشمال.

1. ارسم منحنيات (الموقع–الزمن) للأشخاص الثلاثة.

$$d_{\text{ماجد}} = (40\ 25\ \text{km/h})(t \quad 0\ 50\ \text{h})$$

$$d_{\text{يوسف}} = (-16\ 0\ \text{km/h})(t) + 20\ 0\ \text{km}$$

$$d_{\text{ناصر}} = (-6\ 5\ \text{km/h})(t) + 20\ 0\ \text{km}$$



2. متى يصبح الأشخاص الثلاثة أقرب ما يمكن بعضهم إلى بعض؟

عندما يمر ماجد بيوسف،

$$d_{\text{يوسف}} = d_{\text{ماجد}}$$

$$(40\ 25\ \text{km/h})(t \quad 0\ 50\ \text{h}) = (-16\ 0\ \text{km/h})(t) + 20\ 0\ \text{km}$$

وبحل المعادلة السابقة بالنسبة لـ t فإن:

$$t = 0\ 71\ \text{h}$$

يصبح الثلاثة أقرب ما يمكن بعضهم إلى بعض عندما يمر ماجد ويوسف بالنقطة نفسها. وتزداد المسافة الفاصلة بين يوسف وناصر بشكل ثابت، وسيمر ماجد بيوسف قبل مروره بناصر. ويمر ماجد بناصر عند الساعة 12:22 P.M.

3. ما المسافة التي تفصل بينهم حينذاك؟

عند $t = 0\ 71\ \text{h}$، $d_{\text{يوسف}} = d_{\text{ماجد}}$

$$= (-16\ 0\ \text{km/h})(0\ 71\ \text{h}) + 20\ 0\ \text{km}$$

$$= 8\ 6\ \text{km}$$ **شمالا**

$$d_{\text{ناصر}} = (-6\ 5\ \text{km/h})(0\ 71\ \text{h}) + 20\ 0\ \text{km}$$

$$= 15\ 4\ \text{km}$$

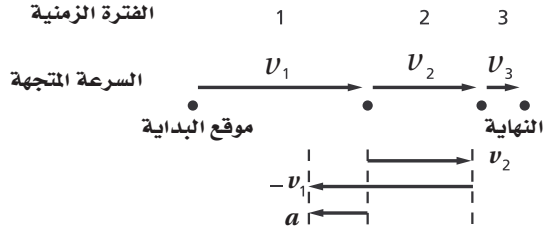
سيكون ناصر على مسافة 6 8 km شمال موقع التقاء كلٍ من ماجد ويوسف.

مسائل تدريبية

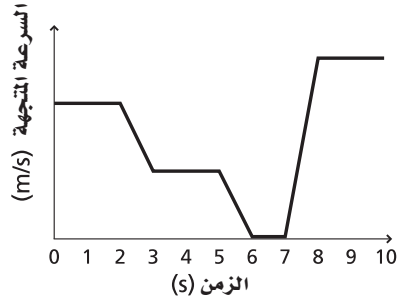
3–1 التسارع (العجلة) (صفحات 69–59)

صفحة 64

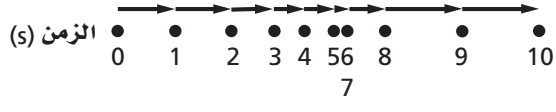
1. ركضت قطة داخل منزل، ثم أبطأت من سرعتها بشكل مفاجئ، وانزلقت على الأرضية الخشبية حتى توقفت. لو افترضنا أنها تباطأت بتسارع ثابت فارسم مخططًا توضيحيًّا للحركة يوضح هذا الموقف، واستخدم متجهات السرعة لإيجاد متجه التسارع.



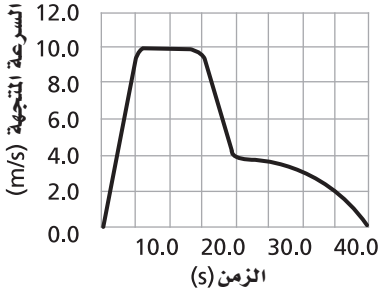
2. يبين **الشكل 5–3** منحنى (السرعة المتجهة–الزمن) لجزء من رحلة أحمد بسيارته على الطريق. ارسم المخطط التوضيحي للحركة الممثلة في الرسم البياني، وأكمله برسم متجهات السرعة.



■ **الشكل 5–3**



3. استعن **بالشكل 6–3** الذي يوضح منحنى (السرعة المتجهة الزمن) لقطار لعبة؛ لتجيب عن الأسئلة التالية:



■ **الشكل 6–3**

a. متى كان القطار يتحرك بسرعة منتظمة؟

من 5 0 s إلى 15 0 s

b. خلال أي فترات زمنية كان تسارع القطار موجبًا؟

من 0 0 s إلى 5 0 s

c. متى اكتسب القطار أكبر تسارع سالب؟

من 15 0 s إلى 20 0 s

4. استعن **بالشكل 6–3** لإيجاد التسارع المتوسط للقطار خلال الفترات الزمنية التالية:

a. من 0.0 s إلى 5.0 s .

$$a = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}$$

$$= \frac{10.0\ \text{m/s} - 0.0\ \text{m/s}}{5.0\ \text{s} - 0.0\ \text{s}}$$

$$= 2\ 0\ \text{m/s}^2$$

b. من 15.0 s إلى 20.0 s .

$$a = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}$$

$$= \frac{4.0\ \text{m/s} - 10.0\ \text{m/s}}{20.0\ \text{s} - 15.0\ \text{s}}$$

$$= -1\ 2\ \text{m/s}^2$$

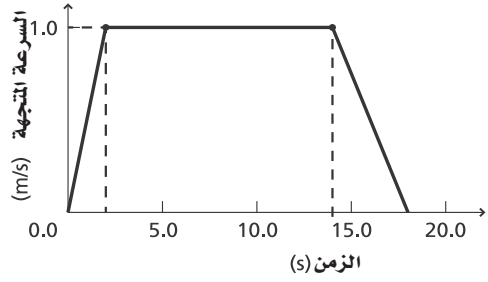
c. من 0.0 s إلى 40.0 s.

$$a = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}$$

$$= \frac{0.0\ \text{m/s} - 0.0\ \text{m/s}}{40.0\ \text{s} - 0.0\ \text{s}}$$

$$= 0\ 0\ \text{m/s}^2$$

5. ارسم منحنى (السرعة المتجهة–الزمن) لحركة مصعد يبدأ من السكون عند الطابق الأرضي في بناية من ثلاثة طوابق، ثم يتسارع إلى أعلى مدة 2.0 s بمقدار $0.5\ m/s^2$. ويستمر في الصعود بسرعة منتظمة $1.0\ m/s$ مدة 12.0 s ، وبعدئذ يتأثر بتسارع ثابت إلى أسفل مقداره $0.25\ m/s^2$ مدة 4.0 s حتى يصل إلى الطابق الثالث.



6. سيارة سباق تزداد سرعتها من $4.0\ m/s$ إلى $36\ m/s$ خلال فترة زمنية مقدارها 4.0 s . أوجد تسارعها المتوسط.

$$\overline{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$= \frac{36\ m/s - 4.0\ m/s}{4.0\ s}$$

$$= 8\ 0\ m/s^2$$

7. إذا تباطأت سرعة سيارة سباق من $36\ m/s$ إلى $15\ m/s$ خلال 3.0 s، فما تسارعها المتوسط؟

$$\overline{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$= \frac{15\ m/s - 36\ m/s}{3.0\ s}$$

$$= -7\ 0\ m/s^2$$

8. تتحرك سيارة إلى الخلف على منحدر بفعل الجاذبية الأرضية. استطاع السائق تشغيل المحرك عندما كانت سرعتها $3.0\ m/s$. وبعد مرور 2.50 s من لحظة تشغيل المحرك كانت السيارة تتحرك صاعدة المنحدر بسرعة $4.5\ m/s$. إذا اعتبرنا اتجاه المنحدر إلى أعلى هو الاتجاه الموجب فما التسارع المتوسط للسيارة؟

$$\overline{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$\overline{a} = \frac{4.5\ m/s - (-3.0\ m/s)}{2.5\ s} = 3\ 0\ m/s^2$$

9. تسير حافلة بسرعة $25\ m/s$، ضغط السائق على الفرامل فتوقفت بعد 3.0 s.

a. ما التسارع المتوسط للحافلة في أثناء الضغط على الفرامل؟

$$\overline{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$= \frac{0.0\ m/s - 25\ m/s}{3.0\ s} = -8\ 3\ m/s^2$$

b. كيف يتغير التسارع المتوسط للحافلة إذا استغرقت ضعف الفترة الزمنية السابقة للتوقف؟

النصف كحد أقصى ($-4\ 2\ m/s^2$)

10. كان خالد يعدو بسرعة $3.5\ m/s$ نحو موقف حافلة لمدة 2.0 min، وفجأة نظر إلى ساعته فلاحظ أن لديه متسعًا من الوقت قبل وصول الحافلة، فأبطأ سرعة عدوه خلال الثواني العشر التالية إلى $0.75\ m/s$. ما تسارعه المتوسط خلال هذه الثواني العشر؟

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$= \frac{0.75\ m/s - 3.5\ m/s}{10.0\ s} = -0\ 28\ m/s^2$$

11. إذا تباطأ معدل الانجراف القاري على نحو مفاجئ من $1.0\ cm/yr$ إلى $0.5\ cm/yr$ خلال فترة زمنية مقدارها سنة، فكم يكون التسارع المتوسط للانجراف القاري؟

$$\overline{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{0.5\ cm/yr - 1.0\ cm/yr}{1.0\ yr}$$

$$= -0\ 5\ cm/yr^2$$

مراجعة القسم

1–3 التسارع (العجلة) (صفحات 69–59)

12. منحنى (السرعة المتجهة–الزمن) ما المعلومات التي يمكن استخلاصها من منحنى (السرعة المتجهة–الزمن)؟

مقدار السرعة المتجهة عند أي وقت، والزمن الذي يكون للجسم عنده سرعة معينة، وإشارة كلٍ من السرعة المتجهة، والإزاحة.

تابع الفصل 3

13. **منحنيات الموقع–الزمن، والسرعة المتجهة– الزمن** ركض عدّاءان بسرعة منتظمة مقدارها 7.5 m /s في اتجاه الشرق، وعند الزمن $t = 0$، كان أحدهما على بعد 15 m إلى الشرق من نقطة الأصل، والآخر على بعد 15 m غربها.

a. ما الفرق بين الخطين البيانيين الممثلين لحركة العدّاءين في منحنى (الموقع–الزمن)؟

سيكون لهما الميل نفسه، ولكن موقعيهما بالنسبة إلى المحور (y) سيختلفان، حيث يكون أحدهما عند (+15) m، والآخر عند (−15) m.

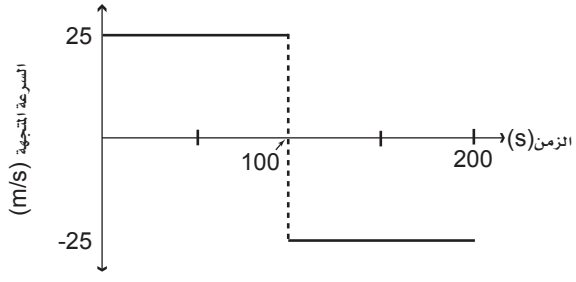
b. ما الفرق بين الخطين البيانيين الممثلين لحركة العدّاءين في منحنى (السرعة المتجهة–الزمن)؟

سيكون الخطان البيانيان متماثلين.

14. **السرعة المتجهة** وضح كيف يمكنك استخدام منحنى (السرعة المتجهة–الزمن)، لتحديد الزمن الذي يتحرك عنده الجسم بسرعة معينة.

ارسم خطًا أفقيًا عند السرعة المحددة. وأوجد النقطة التي يتقاطع فيها المنحنى مع هذا الخط، ثم أسقط خطًا رأسيًا من نقطة التقاطع على محور الزمن t للحصول على الزمن المطلوب.

15. **منحنى (السرعة المتجهة–الزمن)** مثّل بيانيًّا منحنى (السرعة المتجهة–الزمن) لحركة سيارة تسير في اتجاه الشرق بسرعة 25 m /s مدة 100 s، ثم في اتجاه الغرب بسرعة 25 m /s مدة 100 s أخرى.



16. **السرعة المتوسطة والتسارع المتوسط** يتحرك قارب بسرعة 2 m /s في عكس اتجاه جريان نهر، ثم يدور حول نفسه وينطلق في اتجاه جريان النهر بسرعة 4.0 m /s، إذا كان الزمن الذي استغرقه القارب في الدوران 8.0 s:

a. فما السرعة المتجهة المتوسطة للقارب؟

باعتبار أن الاتجاه الموجب هو اتجاه جريان النهر

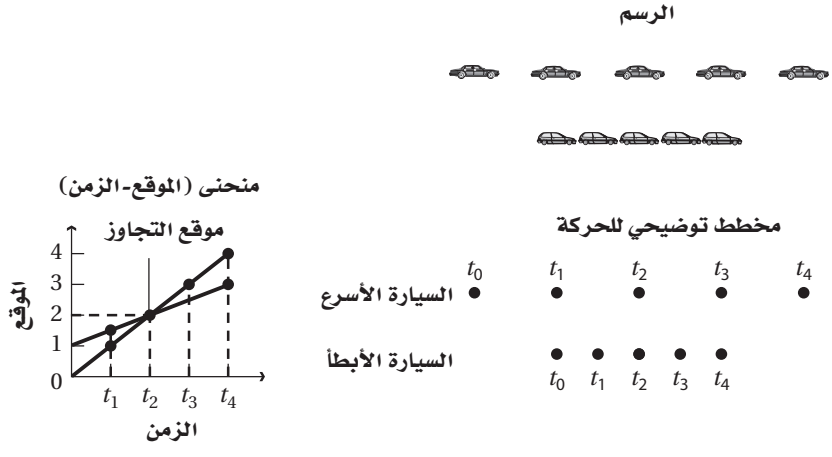
$$\bar{v} = \frac{v_i + v_f}{2}$$
$$= \frac{-2\ \text{m/s} + (4\ \text{m/s})}{2} = 1\ \text{m/s}$$

b. وما التسارع المتوسط للقارب؟

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$
$$= \frac{v_f - v_i}{\Delta t}$$
$$= \frac{(4\ \text{m/s}) - (-2\ \text{m/s})}{8\ \text{s}}$$
$$= +0\ 8\ \text{m/s}^2$$

17. التفكير الناقد ضبط رجل مرور سائقًا يسير بسرعة تزيد 32 km/h على حد السرعة المسموح به لحظة تجاوزه سيارة أخرى تنطلق بسرعة أقل، فسجل رجل المرور على كلا السائقين إشعار مخالفة لتجاوز السرعة. وقد أصدر القاضي حكمًا على كلا السائقين. وتم اتخاذ الحكم استنادًا إلى فرضية تقول إن السيارتين كانتا تسيران بالسرعة نفسها؛ لأنه تم ملاحظتهما عندما كانت الأولى بجانب الثانية. هل كان كلٌ من القاضي ورجل المرور على صواب؟ وضح ذلك باستخدام مخطط توضيحي للحركة، ورسم منحنى (الموقع–الزمن).

لا، كان لهما الموقع نفسه لا السرعة نفسها. فحتى يكون لهما السرعة نفسها يجب أن يكون لهما الموقع النسبي نفسه طوال الفترة الزمنية.



مسائل تدريبية

3–2 الحركة بتسارع ثابت (صفحات 78–70)

صفحة 70

18. تتدحرج كرة جولف إلى أعلى تل في اتجاه حفرة الجولف. افترض أن الاتجاه نحو الحفرة هو الاتجاه الموجب وأجب عما يلي:

a. إذا انطلقت كرة الجولف بسرعة 2.0 m/s ، وتباطأت بمعدل ثابت $0.50\ m/s^2$ فما سرعتها بعد مضي 2.0 s ؟

$$v_f = v_i + at$$

$$= 2.0\ m/s + (-0.50\ m/s^2)(2.0\ s)$$

$$= 1.0\ m/s$$

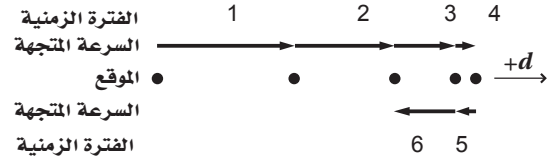
b. ما سرعة كرة الجولف إذا استمر التسارع الثابت مدة 6.0 s ؟

$$v_f = v_i + at$$

$$= 2.0\ m/s + (-0.50\ m/s^2)(6.0\ s)$$

$$= -1.0\ m/s$$

c. صف حركة كرة الجولف بالكلمات، ثم باستخدام المخطط التوضيحي للحركة.



تتناقص سرعة الكرة في الحالة الأولى، في حين أنها تتباطأ في الحالة الثانية حتى تقف، ثم تتدحرج إلى الخلف هابطة التل بتسارع (مقدار التباطؤ نفسه).

19. تسير حافلة بسرعة 30.0 km/h ، فإذا زادت سرعتها بمعدل ثابت مقداره $3.5\ m/s^2$ فما السرعة التي تصل إليها الحافلة بعد 6.8 s ؟

$$v_f = v_i + at$$
$$= 30.0\ km/h \left(\frac{1000\ m}{1\ km}\right)\left(\frac{1\ h}{3600\ s}\right) + (3.5\ m/s^2)(6.8\ s)$$
$$= 32\ 1\ m/s$$

20. إذا تسارعت سيارة من السكون بمقدار ثابت $5.5\ m/s^2$ فما الزمن اللازم لتصل سرعتها إلى 28 m/s ؟

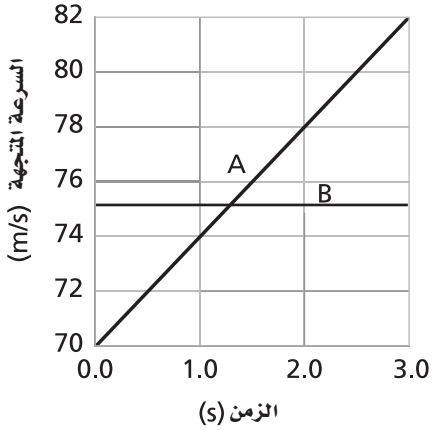
لذا فإن

$$v_f = v_i + at$$
$$t = \frac{v_f - v_i}{a}$$
$$= \frac{28\ m/s - 0.0\ m/s}{5.5\ m/s^2}$$
$$= 5\ 1\ s$$

21. تتباطأ حركة سيارة سرعتها من 22 m/s بمعدل ثابت مقداره $2.1\ m/s^2$. احسب الزمن الذي تستغرقه السيارة لتصبح سرعتها 3.0 m/s.

$$v_f = v_i + at$$
$$t = \frac{v_f - v_i}{a}$$
$$= \frac{3.0\ m/s - 22\ m/s}{-2.1\ m/s^2}$$
$$= 9\ 0\ s$$

22. استخدم **الشكل 11–3** لتعيين السرعة المتجهة لطائرة تتزايد سرعتها عند كل من الأزمنة التالية:



■ الشكل 11–3

يمثل الخط B السرعة الثابتة. ولذلك يجب استخدام الخط A للحسابات التالية:

a. 1.0 s

عند 1 0 s فإن $v = 74\ m/s$

b. 2.0 s

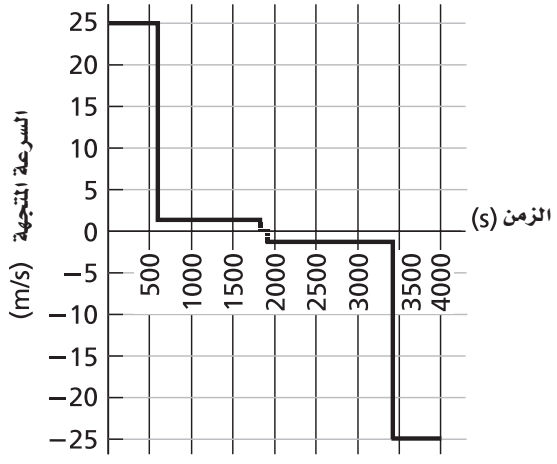
عند 2 0 s فإن $v = 78\ m/s$

c. 2.5 s

عند 2 0 s فإن $v = 80\ m/s$

23. تسير سيارة بسرعة منتظمة قدرها 25 m/s لمدة 10.0 min ، ثم ينفد منها الوقود، فيسير السائق على قدميه في الاتجاه نفسه بسرعة 1.5 m/s مدة 20.0 min ليصل إلى أقرب محطة وقود. وقد استغرق السائق 2.0 min لملء جالون من البنزين، ثم سار عائدًا إلى السيارة بسرعة 1.2 m/s ، وأخيرًا تحرك بالسيارة إلى البيت بسرعة 25 m/s في اتجاه معاكس لاتجاه رحلته الأصلية.

a. ارسم منحنى (السرعة المتجهة –الزمن) معتمدًا الثانية s وحدة للزمن. ***إرشاد:*** *احسب المسافة التي قطعها السائق إلى محطة الوقود، لإيجاد الزمن الذي استغرقه حتى يعود إلى السيارة.*



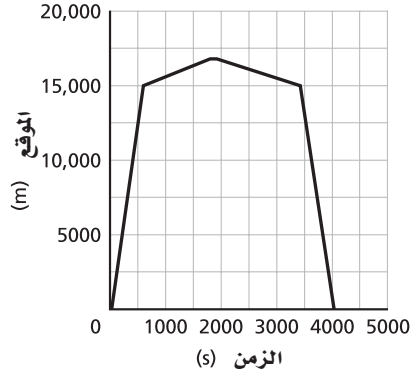
المسافة التي قطعها السائق إلى محطة الوقود:

$$d = vt = (1\ 5\ \text{m/s})(20\ 0\ \text{min})\left(\frac{60\ \text{s}}{1\ \text{min}}\right)$$
$$= 1800\ \text{m} = 1\ 8\ \text{km}$$

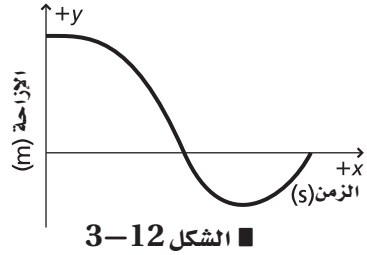
الزمن الذي استغرقه حتى يعود إلى السيارة:

$$t = \frac{d}{v} = \frac{1800\ \text{m}}{1\ 2\ \text{m/s}} = 1500\ \text{s} = 25\ \text{min}$$

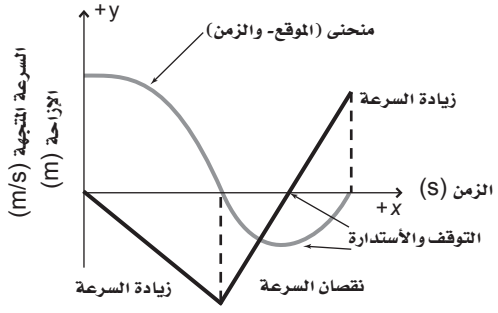
b. ارسم منحنى (الموقع–الزمن) باستخدام المساحات تحت منحنى (السرعة المتجهة–الزمن).



24. يوضح **الشكل 12–3** منحنى (الموقع–الزمن) لحركة حصان في حقل. ارسم منحنى (السرعة المتجهة–الزمن) المتوافق معه، باستخدام مقياس الزمن نفسه.



الشكل 12–3



صفحة 77

25. يتحرك متزلج على لوح تزلج بسرعة منتظمة 1.75 m/s ، وعندما بدأ يصعد مستوى مائلاً تباطأت سرعته وفق تسارع ثابت $0.20\ m/s^2$. ما الزمن الذي استغرقه حتى توقف عند نهاية المستوى المائل؟

$$v_f = v_i + at$$

$$t = \frac{v_f - v_i}{a} = \frac{0.0\ m/s - 1.75\ m/s}{-0.20\ m/s^2} = 8\ 8\ s$$

26. تسير سيارة سباق في حلبة بسرعة 44 m/s ، وتتباطأ بمعدل ثابت بحيث تصل سرعتها إلى 22 m/s خلال 11 s . ما المسافة التي قطعتها السيارة خلال هذا الزمن؟

$$a = \frac{v_f - v_i}{t} = \frac{22\ m/s - 44\ m/s}{11\ s} = -2\ m/s^2$$

$$\Delta d = \frac{v_f^2 - v_i^2}{2a} = \frac{(22\ m/s)^2 - (44\ m/s)^2}{-2 \times 2\ m/s^2}$$

$$= 363\ m$$

27. تتسارع سيارة بمعدل ثابت من 15 m/s إلى 25 m/s لتقطع مسافة 125 m . ما الزمن الذي استغرقته السيارة لتصل إلى هذه السرعة؟

$$\Delta d = \overline{v}\,\Delta t = \left(\frac{v_i + v_f}{2}\right)\Delta t$$

$$\Delta t = \frac{2\Delta d}{v_i + v_f}$$

$$= \frac{2(125\ m)}{(15\ m/s + 25\ m/s)}$$

$$= 6\ 2\ s$$

28. يتحرك راكب دراجة هوائية وفق تسارع ثابت ليصل إلى سرعة مقدارها 7.5 m/s خلال 4.5 s . إذا كانت إزاحة الدراجة خلال فترة التسارع تساوي 19 m ، فأوجد السرعة الابتدائية.

$$\overline{v} = \frac{(v_f + v_i)}{2}$$

$$\Delta d = \overline{v}\Delta t = \frac{(v_f + v_i)\Delta t}{2}$$

$$v_i = \frac{2\Delta d}{\Delta t} - v_f$$

$$= \frac{(2)(19\ m)}{4.5\ s} - 7\ 5\ m/s$$

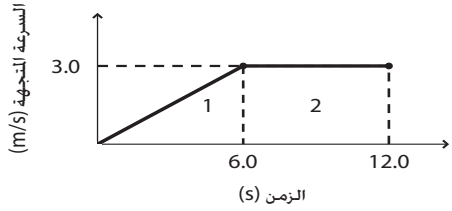
$$= 0\ 94\ m/s$$

29. يركض رجل بسرعة 4.5 m /s مدة 15.0 min، ثم يصعد تلاًّ يتزايد ارتفاعه تدريجيًّا، فتتباطأ سرعته بمقدار ثابت 0.05 m /s^2 مدة 90.0 s حتى يتوقف. أوجد المسافة التي ركضها.

$$d = v_1 t_1 + \frac{1}{2}(v_{2f} + v_{2i})\, t_2$$
$$= (4\ 5\ \mathbf{m/s})(15\ 0\ \mathbf{min})\left(\frac{60\ \mathbf{s}}{\mathbf{min}}\right) + \frac{1}{2}(0\ 0\ \mathbf{m/s} + 4\ 5\ \mathbf{m/s})(90\ 0\ \mathbf{s})$$
$$= 4\ 3 \times 10^3\ \mathbf{m}$$

30. يتدرب خالد على ركوب الدراجة الهوائية، حيث يدفعه والده فيكتسب تسارعًا ثابتًا مقداره 0.50 m /s^2 لمدة 6.0 s، ثم يقود خالد الدراجة بمفرده بسرعة 3.0 m /s مدة 6.0 s قبل أن يسقط أرضًا. ما مقدار إزاحة خالد؟

إرشاد: لحل هذه المسألة ارسم منحنى (السرعة المتجهة الزمن)، ثم احسب المساحة المحصورة تحته.



الجزء 1: التسارع الثابت

$$d_1 = \frac{1}{2}(3\ 0\ \mathbf{m/s})(6\ 0\ \mathbf{s})$$
$$= 9\ 0\ \mathbf{m}$$

الجزء 2: السرعة المتجهة الثابتة

$$d_2 = (3\ 0\ \mathbf{m/s})(12\ 0\ \mathbf{s} - 6\ 0\ \mathbf{s})$$
$$= 18\ \mathbf{m}$$

وعليه، فإن:

$$d = d_1 + d_2 = 9\ 0\ \mathbf{m} + 18\ \mathbf{m}$$
$$= 27\ \mathbf{m}$$

31. بدأت ركوب دراجتك الهوائية من قمة تل، ثم هبطت إلى أسفل بتسارع ثابت 2.00 m /s^2 ، وعندما وصلت إلى أسفل التل كانت سرعتك قد بلغت 18.0 m /s . وواصلت استخدام دواسات الدراجة لتحافظ على هذه السرعة مدة 1.00 min . ما بُعدك عن قمة التل؟

الجزء 1: التسارع الثابت

$v_f^2 = v_i^2 + 2a(d_f - d_i)$ و $d_i = 0\ 00\ \mathbf{m}$

ولذلك فإن:

$$d_f = \frac{v_f^2 - v_i^2}{2a}$$

وبما أن:

$$v_i = 0\ 00\ \mathbf{m/s}$$
$$d_f = \frac{v_f^2}{2a}$$
$$= \frac{(18\ 0\ \mathbf{m/s})^2}{(2)(2\ 00\ \mathbf{m/s^2})}$$
$$= 81\ 0\ \mathbf{m}$$

الجزء 2: السرعة المتجهة الثابتة

$$d_2 = vt = (18\ 0\ \mathbf{m/s})(60\ 0\ \mathbf{s})$$
$$= 1\ 08 \times 10^3\ \mathbf{m}$$

وعليه، فإن:

$$d = d_1 + d_2$$
$$= 81\ 0\ \text{m} + 1\ 08 \times 10^3\ \text{m}$$
$$= 1\ 16 \times 10^3\ \text{m}$$

32. يتدرب حسن استعدادًا للمشاركة في سباق الـ5.0 km، فبدأ تدريباته بالركض بسرعة منتظمة مقدارها 4.3 m/s مدة 19 min، ثم تسارع بمعدل ثابت حتى اجتاز خط النهاية بعد مضي 19.4 s . ما مقدار تسارعه خلال الجزء الأخير من التدريب؟

الجزء 1: السرعة المتجهة الثابتة

$$d = vt$$
$$= (4\ 3\ \text{m/s})(19\ \text{min})\left(\frac{60\ \text{s}}{\text{min}}\right)$$
$$= 4902\ \text{m}$$

الجزء 2: التسارع الثابت

$$d_\text{f} = d_\text{i} + v_\text{i}\,t + \frac{1}{2}at^2$$
$$a = \frac{2(d_\text{f} - d_\text{i} - v_\text{i}\,t)}{t^2}$$
$$= \frac{(2)(5.0 \times 10^3\ \text{m} - 4902\ \text{m} - (4.3\ \text{m/s})(19.4\ \text{s}))}{(19.4\ \text{s})^2}$$
$$= 0\ 077\ \text{m/s}^2$$

مراجعة القسم

2–3 الحركة بتسارع ثابت (صفحات 78–70)

صفحة 78

33. **التسارع** في أثناء قيادة رجل سيارته بسرعة 23 m/s شاهد غزالاً يقف وسط الطريق، فاستخدم الفرامل عندما كان على بُعد 210 m من الغزال. فإذا لم يتحرك الغزال، وتوقفت السيارة تمامًا قبل أن تمس جسمه، فما مقدار التسارع الذي أحدثته فرامل السيارة؟

$$v_\text{f}^2 = v_\text{i}^2 + 2a(d_\text{f} - d_\text{i})$$
$$a = \frac{v_\text{f}^2 - v_\text{i}^2}{2(d_\text{f} - d_\text{i})}$$
$$= \frac{(0.0\ \text{m/s})^2 - (23\ \text{m/s})^2}{(2)(210\ \text{m})}$$
$$= -1\ 3\ \text{m/s}^2$$

34. **الإزاحة** إذا أُعطِيتَ السرعتين المتجهتين الابتدائية والنهائية، والتسارع الثابت لجسم، وطلب منك إيجاد الإزاحة، فما المعادلة التي ستستخدمها؟

$$v_\text{f}^2 = v_\text{i}^2 + 2a(d_\text{f} - d_\text{i})$$

35. **المسافة** بدأ متزلج حركته من السكون في خط مستقيم، وزادت سرعته إلى 5.0 m/s خلال 4.5 s، ثم استمر في التزلج بهذه السرعة المنتظمة مدة 4.5 s أخرى. ما المسافة الكلية التي تحركها المتزلج على مسار التزلج؟

التسارع

$$d_f = \bar{v}t_f = \frac{v_i + v_f}{2}(t_f)$$
$$= \left(\frac{0.0\ \text{m/s} + 5.0\ \text{m/s}}{2}\right)(4\ 5\ \text{s})$$
$$= 11\ 25\ \text{m}$$

السرعة الثابتة

$$d_f = v_f t_f$$
$$= (5\ 0\ \text{m/s})(4\ 5\ \text{s}) = 22\ 5\ \text{m}$$

$$\text{المسافة الكلية} = 11\ 25\ \text{m} + 22\ 5\ \text{m}$$
$$= 34\ \text{m}$$

36. **السرعة النهائية** تتسارع طائرة بانتظام من السكون بمقدار $5.0\ \text{m/s}^2$. ما سرعة الطائرة بعد قطعها مسافة $5.0\times10^2\ \text{m}$؟

$$v_f^2 = v_i^2 + 2a(d_f - d_i)\ \text{و}\ d_i = 0$$

و عليه فإن:

$$v_f^2 = v_i^2 + 2ad_f$$
$$v = \sqrt{(0.0\ \text{m/s})^2 + 2(5.0\ \text{m/s}^2)(5.0\times10^2\ \text{m})}$$
$$= 71\ \text{m/s}$$

37. **السرعة النهائية** تسارعت طائرة بانتظام من السكون بمقدار $5.0\ \text{m/s}^2$ لمدة 14 s، ما السرعة النهائية التي تكتسبها الطائرة؟

$$v_f = v_i + at_f$$
$$= 0 + (5\ 0\ \text{m/s}^2)(14\ \text{s})$$
$$= 7\ 0\times10^1\ \text{m/s}$$

38. **المسافة** بدأت طائرة حركتها من السكون، وتسارعت بمقدار ثابت $3.00\ \text{m/s}^2$ لمدة 30.0 s قبل أن ترتفع عن سطح الأرض.

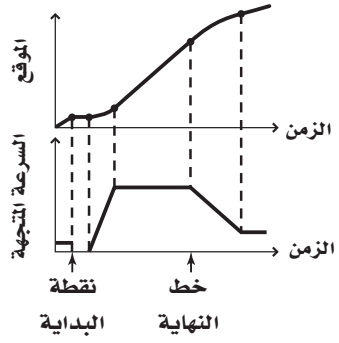
a. ما المسافة التي قطعتها الطائرة؟

$$d_f = v_i t_f + \frac{1}{2}at_f^2$$
$$= (0\ 0\ \text{m/s})\ (30\ 0\ \text{s}) + \left(\frac{1}{2}\right)(3\ 00\ \text{m/s}^2)\ (30\ 0\ \text{s})^2$$
$$= 1\ 35\times10^3\ \text{m}$$

b. ما سرعة الطائرة لحظة إقلاعها؟

$$v_f = v_i + at_f$$
$$= 0\ 0\ \text{m/s} + (3\ 0\ \text{m/s}^2)(30\ 0\ \text{s})$$
$$= 90\ 0\ \text{m/s}$$

39. الرسوم البيانية يسير عدّاء نحو خط البداية بسرعة منتظمة، ويأخذ موقعه قبل بدء السباق، وينتظر حتى يسمع صوت طلقة البداية، ثم ينطلق فيتسارع حتى يصل إلى سرعة منتظمة. فيحافظ على هذه السرعة حتى يجتاز خط النهاية، ثم يتباطأ إلى أن يمشي، فيستغرق في ذلك وقتًا أطول مما استغرقه لزيادة سرعته في بداية السباق. مثّل حركة العدّاء باستخدام الرسم البياني لكلٍّ من منحنى (السرعة المتجهة–الزمن)، ومنحنى (الموقع–الزمن). ارسم الرسمين أحدهما فوق الآخر باستخدام مقياس الزمن نفسه، وبيّن على منحنى (الموقع–الزمن) مكان كلٍّ من نقطة البداية وخط النهاية.



40. التفكير الناقد صف كيف يمكنك أن تحسب تسارع سيارة، مبينًا أدوات القياس التي ستستخدمها.

يقرأ شخص قياس ساعة الإيقاف ويعلن بصوت مرتفع الفترات الزمنية، ويقرأ شخص آخر قياس عدّاد السرعة عند كل زمن ويسجله. ويرسم منحنى (السرعة المتجهة–الزمن)، ثم يوجد الميل.

مسائل تدريبية

3–3 السقوط الحر (صفحات 82–79)

صفحة 82

41. أسقط عامل بناء قطعة قرميد من سطح بناية.

a. ما سرعة القطعة بعد 4.0 s؟

افترض أن الاتجاه نحو أعلى هو الموجب،

$$v_f = v_i + at,\ a = -g = -9.80\ m/s^2$$

$$v_f = 0.0\ m/s + (-9.80\ m/s^2)(4.0\ s)$$

$$= -39\ m/s$$ **باعتبار الاتجاه الموجب إلى الأعلى**

b. ما المسافة التي تقطعها القطعة خلال هذا الزمن؟

$$d = v_i t + \frac{1}{2}at^2$$

$$= (0.0\ m/s)(4.0\ s) + (\tfrac{1}{2})(-9.80\ m/s^2)(4.0\ s)^2$$

$$= -78\ m$$

تسقط قطعة القرميد مسافة 78 m

c. كيف تختلف إجابتك عن المسألة إذا قمت باختيار النظام الإحداثي بحيث يكون الاتجاه المعاكس هو الاتجاه الموجب.

سرعة القطعة بعد 4.0 s:

افترض الآن أن الاتجاه نحو أسفل هو الموجب،

$$v_f = v_i + at,\ a = g = 9.80\ m/s^2$$

$$v_f = 0.0\ m/s + (9.80\ m/s^2)(4.0\ s)$$

$$= +39\ m/s$$ **باعتبار الاتجاه الموجب إلى الأسفل**

المسافة التي تقطعها القطعة خلال هذا الزمن:

$$d = v_i t + \frac{1}{2}at^2,\ a = g = 9.80\ m/s^2$$

$$= (0.0\ m/s)(4.0\ s) + (\tfrac{1}{2})(9.80\ m/s^2)(4.0\ s)^2$$

$$= +78\ m$$

ما زالت قطعة القرميد تسقط مسافة تساوي 78 m

42. أسقط طالب كرة من نافذة ترتفع 3.5 m عن الرصيف. ما سرعتها لحظة ملامستها أرضية الرصيف؟

$$v_f^2 = v_i^2 + 2ad,\ a = g \text{ و } v_i = 0$$

$$v_f = \sqrt{2gd}$$

$$= \sqrt{(2)(9.80\ m/s^2)(3.5\ m)}$$

$$= 8.3\ m/s$$

43. قُذفت كرة تنس رأسيًّا إلى أعلى بسرعة ابتدائية 22.5 m/s، وتم الإمساك بها عند عودتها إلى الارتفاع نفسه الذي قُذفت منه.

a. احسب الارتفاع الذي وصلت إليه الكرة.

$a = -g$, وعند أقصى ارتفاع $v_f = 0$

$$v_f^2 = v_i^2 + 2ad$$

تصبح

$$v_i^2 = 2gd$$

$$d = \frac{v_i^2}{2g} = \frac{(22\ 5\ \text{m/s})^2}{(2)(9\ 80\ \text{m/s}^2)}$$

$$= 25\ 8\ \text{m}$$

b. ما الزمن الذي استغرقته الكرة في الهواء؟ *إرشاد*: *الزمن الذي تستغرقه الكرة في الصعود يساوي الزمن الذي تستغرقه في الهبوط.*

احسب زمن الصعود باستخدام $v_f = v_i + at$

علمًا أنّ: $a = -g$ و $v_f = 0$

$$t = \frac{v_i}{g} = \frac{22.5\ \text{m/s}}{9.80\ \text{m/s}^2}$$

$$= 2\ 30\ \text{s}$$

زمن السقوط يساوي زمن الصعود، لذا يكون الزمن الذي استغرقته الكرة في الهواء:

$$t_{\text{الهواء}} = 2t_{\text{الصعود}} = (2)(2\ 30\ \text{s}) = 4\ 60\ \text{s}$$

44. رميت كرة بشكل رأسي إلى أعلى. وكان أقصى ارتفاع وصلت إليه 0.25 m :

a. ما السرعة الابتدائية للكرة؟

$$v_f^2 = v_i^2 + 2a\Delta d$$

$$v_i = \sqrt{v_f^2 - 2g\Delta d}$$

حيث إن:

$$a = -g$$

و $v_f = 0$ عند أقصى ارتفاع، ولذلك فإن:

$$v_i = \sqrt{(0.0\ \text{m/s})^2 - (2)(-9.80\ \text{m/s}^2)(0.25\ \text{m})}$$

$$= 2\ 2\ \text{m/s}$$

b. إذا أمسكت الكرة عند عودتها إلى الارتفاع نفسه الذي أطلقت منه، فما الزمن الذي استغرقته في الهواء؟

$v_f = v_i + at$

ولما كانت $a = -g$، فإن:

$v_i = 2\ 2\ \text{m/s}$

و $v_f = -2\ 2\ \text{m/s}$

$$t = \frac{v_f - v_i}{-g}$$

$$= \frac{-2.2\ \text{m/s} - 2.2\ \text{m/s}}{-9.80\ \text{m/s}^2}$$

$$= 0\ 45\ \text{s}$$

مراجعة القسم

3-3 السقوط الحر (صفحات 82-79)

صفحة 82

45. أقصى ارتفاع وزمن التحليق إذا كان تسارع الجاذبية على سطح المريخ يساوي $\left(\frac{1}{3}\right)$ تسارع الجاذبية على سطح الأرض، ثم قذفت كرة إلى أعلى من فوق سطح كل من المريخ والأرض بالسرعة نفسها:

a. قارن بين أقصى ارتفاع تصله الكرة على سطح المريخ وسطح الأرض.

عند أقصى ارتفاع تكون: $v_f = 0$

ولذلك فإن:

$$d_f = \frac{v_i^2}{2g}$$

أو ثلاثة أمثال الارتفاع فوق سطح الأرض.

b. قارن بين زمني التحليق.

يحسب زمن التحليق بواسطة:

$$d_f = \frac{1}{2}gt_f^2$$

أو

$$t_f = \sqrt{\frac{2d_f}{g}}$$

تضرب المسافة في 3 وتقسم g على 3، وعليه سيكون زمن التحليق ثلاثة أمثال زمن التحليق فوق سطح الأرض.

46. السرعة والتسارع افترض أنك قذفت كرة إلى أعلى. صف التغيرات في كل من سرعة الكرة المتجهة وتسارعها.

تتناقص السرعة بمعدل ثابت في أثناء صعود الكرة إلى أعلى. ويكون مقدار السرعة مساويًا للصفر عند أقصى ارتفاع. وعندما تأخذ الكرة في السقوط، تبدأ سرعتها بالازدياد في الاتجاه السالب حتى تصل إلى الارتفاع الذي انطلقت منه. وعند هذه النقطة يكون للكرة مقدار السرعة نفسه الذي اكتسبته عندما قذفت إلى الأعلى. أما التسارع فيبقى منتظمًا طوال فترة تحليق الكرة.

47. السرعة النهائية أسقط أخوك –بناءً على طلبك– مفاتيح المنزل من نافذة الطابق الثاني. فإذا التقطتها على بُعد 4.3 m من نقطة السقوط، فاحسب سرعة المفاتيح عند التقاطك لها.

الاتجاه نحو الأعلى هو الموجب.

$$v_f^2 = v_i^2 + 2a\Delta d$$

ولما كانت $a = -g$، فإن:

$$v = \sqrt{v_i^2 - 2g\Delta d}$$

$$= \sqrt{(0.0\ \text{m/s})^2 - (2)(9.80\ \text{m/s}^2)(-4.3\ \text{m})}$$

$$= 9\ 2\ \text{m/s}$$

48. السرعة المتجهة الابتدائية وأقصى ارتفاع يتدرب طالب على ركل كرة القدم رأسيًّا إلى أعلى، وتعود الكرة إثر كل ركلة لتصطدم بقدمه. إذا استغرقت الكرة من لحظة ركلها حتى اصطدامها بقدمه 3.0 s:

a. فما السرعة المتجهة الابتدائية للكرة؟

اختر النظام الإحداثي على أن يكون الاتجاه الموجب نحو الأعلى، ونقطة الأصل عند النقطة التي تركل فيها الكرة. واختر الزمن الابتدائي في اللحظة التي تركل فيها الكرة، والزمن النهائي في اللحظة التي تصل فيها الكرة إلى نقطة أقصى ارتفاع في مسار تحليقها.

$$v_f = v_i + at_f$$

ولما كانت $a = -g$، فإن:

$$v_i = v_f + gt_f$$

$$= 0\ 0\ \text{m/s} + (9\ 80\ \text{m/s}^2)(1\ 5\ \text{s})$$

$$= 15\ \text{m/s}$$

b. ما الارتفاع الذي وصلت إليه الكرة بعد أن ركلها الطالب؟

$$v_f^2 = v_i^2 + 2a(\Delta d)$$

حيث إن: $a = -g$

$$\Delta d = \frac{v_f^2 - v_i^2}{-2g}$$

$$= \frac{(0.0\ \text{m/s})^2 - (15\ \text{m/s})^2}{(-2)(9.80\ \text{m/s}^2)}$$

$$= 11\ \text{m}$$

49. التفكير الناقد عند قذف كرة رأسيًّا إلى أعلى، تستمر في الارتفاع حتى تصل إلى موقع معين، ثم تسقط إلى أسفل، وتكون سرعتها المتجهة اللحظية عند أقصى ارتفاع صفرًا. هل تتسارع الكرة عند أقصى ارتفاع؟ صمم تجربة لإثبات صحة أو خطأ إجابتك.

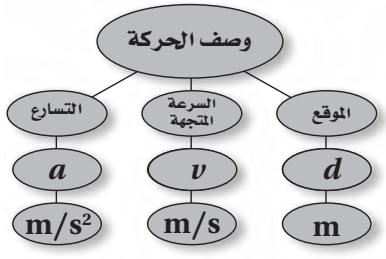
الكرة تتسارع؛ لأن سرعتها تتغير. التقط صورًا للكرة في أثناء سقوطها باستخدام تقنية خاصة (المصباح الومّاض)، ثم استخدم هذه الصور في قياس موقع الكرة وحساب سرعتها.

تقويم الفصل

خريطة المفاهيم

صفحة 87

50. أكمل خريطة المفاهيم أدناه باستخدام الرموز والمصطلحات التالية: m، v، m/s^2، d، التسارع، السرعة المتجهة.



إتقان المفاهيم

صفحة 87

51. ما العلاقة بين السرعة المتجهة والتسارع؟ (1–3)

التسارع هو التغير في السرعة المتجهة مقسومًا على الفترة الزمنية التي حدث فيها التغير؛ إنه معدل التغير في السرعة المتجهة.

52. أعط مثالاً على كلٍّ مما يلي: (1–3)

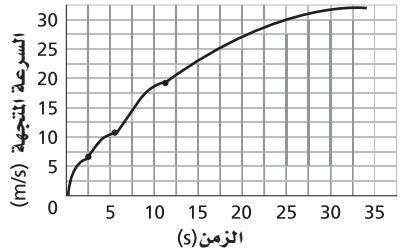
a. جسم تتناقص سرعته وله تسارع موجب.

سيارة تتحرك إلى الخلف بسرعة متناقصة، باعتبار الاتجاه إلى الأمام موجبًا.

b. جسم تتزايد سرعته، وله تسارع سالب.

سيارة تتحرك إلى الخلف بسرعة متزايدة في النظام الإحداثي نفسه.

53. يبين **الشكل 16–3** منحنى (السرعة المتجهة– الزمن) لسيارة تتحرك على طريق. صف كيف تتغير السرعة مع الزمن. (1–3)



■ **الشكل 16–3**

تبدأ السيارة حركتها من السكون وتزيد من سرعتها. ومع ازدياد سرعة السيارة يغير السائق ناقل الحركة (الجير).

54. ماذا يمثل ميل المماس لمنحنى (السرعة المتجهة الزمن)؟ (1–3)

التسارع اللحظي

55. هل يمكن أن يكون لسيارة تتحرك على طريق عام سرعة متجهة سالبة وتسارع موجب في الوقت نفسه؟ وضح ذلك. وهل يمكن أن تتغير إشارة السرعة المتجهة لسيارة في أثناء حركتها بتسارع ثابت؟ وضح ذلك. (1–3)

نعم، تكون السرعة المتجهة للسيارة موجبة أو سالبة حسب اتجاه حركتها من نقطة مرجعية ما. ويكون الجسم خاضعًا لتسارع موجب عندما تزداد سرعته في الاتجاه الموجب، أو عندما تنقص سرعته في الاتجاه السالب. ويمكن أن تتغير إشارة سرعة السيارة في أثناء حركتها بتسارع منتظم. فمثلاً، ربما تكون سائرة في اتجاه اليمين، في حين يكون التسارع في اتجاه اليسار. تخفض السيارة من سرعتها، ثم تتوقف، ثم تأخذ بالتسارع في اتجاه اليسار.

56. هل يمكن أن تتغير السرعة المتجهة لجسمٍ عندما يكون تسارعه ثابتًا؟ إذا أمكن ذلك فأعط مثالاً، وإذا لم يمكن، فوضح ذلك. (1–3)

نعم، يمكن أن تتغير السرعة المتجهة للجسم عندما يكون تسارعه ثابتًا. مثال: إسقاط كتاب. كلما زاد زمن السقوط، ازدادت سرعته أكثر، ويبقى التسارع ثابتًا g.

57. إذا كان منحنى (السرعة المتجهة–الزمن) لجسم ما خطًّا مستقيمًا يوازي محور الزمن t، فماذا يمكنك أن تستنتج عن تسارع الجسم؟ (1–3)

عندما يكون منحنى (السرعة المتجهة–الزمن) خطًّا مستقيمًا موازيًا لمحور الزمن t فإن التسارع يكون صفرًا، والجسم يتحرك بسرعة ثابتة.

58. ماذا تمثل المساحة تحت منحنى (السرعة المتجهة الزمن)؟ (2–3)

التغير في الإزاحة.

59. اكتب معادلات كل من الموقع والسرعة المتجهة والزمن لجسم يتحرك وفق تسارع ثابت. (2–3)

$$\Delta d = \left(\frac{v_f + v_i}{2}\right) t_f$$

$$v_f = v_i + at_f$$

$$t_f = \frac{(v_f - v_i)}{a}$$

60. عند إسقاط كرتين متماثلتين في الحجم إحداهما من الألومنيوم والأخرى من الفولاذ من الارتفاع نفسه فإنهما تصلان سطح الأرض عند اللحظة نفسها. لماذا؟ (3–3)

تتسارع الأجسام جميعها في اتجاه الأرض بالمقدار نفسه.

تابع الفصل 3

61. اذكر بعض الأمثلة على أجسام تسقط سقوطًا حرًّا ولا يمكن إهمال تأثير مقاومة الهواء فيها. (3–3)

ستختلف إجابات الطلاب. بعض الأمثلة : ورق، مظلة هبوط، أوراق الشجر، الريش.

62. اذكر بعض الأمثلة لأجسام تسقط سقوطًا حرًّا يمكن إهمال تأثير مقاومة الهواء فيها. (3–3)

ستختلف إجابات الطلاب. بعض الأمثلة : كرة فولاذية، صخرة، وشخص يسقط من ارتفاع منخفض.

تطبيق المفاهيم
(صفحتا 88–87)

63. هل للسيارة التي تتباطأ تسارع سالب دائمًا؟ فسّر إجابتك.

لا، إذا كان المحور الموجب يشير إلى اتجاه يعاكس السرعة المتجهة، فإن التسارع سيكون موجبًا.

64. تتدحرج كرة كريكيت بعد ضربها بالمضرب، ثم تتباطأ وتتوقف. هل لسرعة الكرة المتجهة وتسارعها الإشارة نفسها؟

لا، لأن لهما إشارتين مختلفتين.

65. إذا كان تسارع جسم يساوي صفرًا فهل هذا يعني أن سرعته المتجهة تساوي صفرًا؟ أعط مثالًا.

لا، عندما تكون السرعة منتظمة فإن التسارع يساوي صفرًا.

66. إذا كانت السرعة المتجهة لجسم عند لحظة ما تساوي صفرًا فهل من الضروري أن يساوي تسارعه صفرًا؟ أعط مثالًا.

لا، عندما تتدحرج الكرة صاعدة تلة، تكون سرعتها المتجهة لحظة تغيير اتجاه تدحرجها صفرًا ولكن تسارعها لا يساوي صفرًا.

67. إذا أعطيت جدولاً يبين السرعة المتجهة لجسم عند أزمنة مختلفة، كيف يمكنك أن تكتشف إذا كان التسارع ثابتًا أم غير ثابت؟

أرسم منحنى (السرعة المتجهة–الزمن) وألاحظ إذا كان المنحنى خطًّا مستقيمًا، أو أحسب التسارع باستخدام $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ وأقارن بين الإجابات لأرى إذا كانت متساوية.

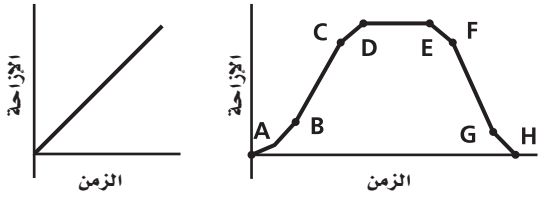
68. تظهر في منحنى (السرعة المتجهة–الزمن)في **الشكل 16–3** ثلاثة مقاطع نتجت عندما غيّر السائق ناقل الحركة. صف التغيرات في السرعة المتجهة للسيارة وتسارعها أثناء المقطع الأول. هل التسارع قبل لحظة تغيير الناقل أكبر أم أصغر من التسارع في اللحظة التي تلي التغيير؟ وضح إجابتك.

تتزايد السرعة في البداية بشكلٍ مطّرد، ثم تتزايد ببطء. ويكون التسارع كبيرًا عند البداية، ولكنه يتناقص كلما ازدادت السرعة المتجهة للجسم. وأخيرًا، فمن الضروري للسائق أن ينقل ناقل الحركة إلى الغيار الثاني، ويكون التسارع أصغر قبل لحظة تغيير ناقل الحركة؛ لأن الميل يكون أقل عند هذه النقطة على المنحنى. وعند كل مرة يغير السائق ناقل الحركة (الجير) وتُعشّق التروس، يزداد التسارع ويزداد ميل المنحنى.

69. استخدم الرسم البياني في **الشكل 16–3** لتعيين الفترة الزمنية التي يكون التسارع خلالها أكبر ما يمكن، والفترة الزمنية التي يكون التسارع خلالها أصغر ما يمكن.

يكون التسارع أكبر ما يمكن في الفترة الزمنية التي تبدأ من $t = 0$ وتنتهي عند $t = \frac{1}{2}$ s وأقل ما يمكن عند $t = 33$ s.

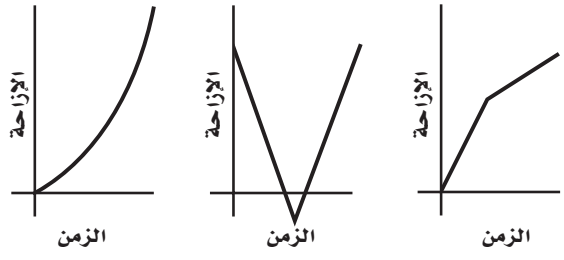
70. وضح كيف تسير بحيث تمثل حركتك كلاًّ من منحنيي (الموقع–الزمن) الموضحين في **الشكل 17–3**.



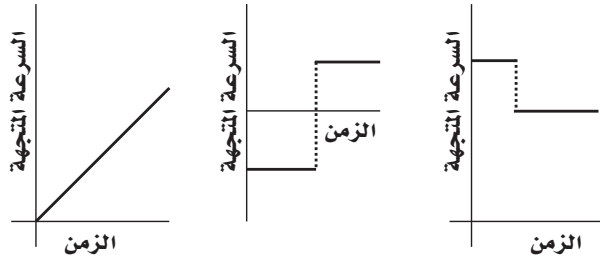
■ الشكل 17–3

أتحرك في الاتجاه الموجب بسرعة منتظمة، ثم أتحرك في الاتجاه الموجب بسرعة متزايدة لزمن قصير، أستمر في السير بسرعة متوسطة لفترة زمنية تساوي ضعفي الفترة السابقة، وأخفض سرعتي لفترة زمنية قصيرة ثم أتوقف. وأستمر في التوقف، ثم استدير إلى الخلف، وأكرر الخطوات حتى أصل إلى الموقع الأصلي.

71. ارسم منحنى (السرعة المتجهة–الزمن) لكل من الرسوم البيانية في **الشكل 18–3**.



■ **الشكل 18–3**



72. قُذف جسم رأسيًّا إلى أعلى فوصل أقصى ارتفاع له بعد مضي 7.0 s ، وسقط جسم آخر من السكون فاستغرق 7.0 s للوصول إلى سطح الأرض. قارن بين إزاحتي الجسمين خلال هذه الفترة الزمنية.

تحرّك كلا الجسمين مقدار الإزاحة نفسها، حيث يرتفع الجسم الذي قُذف رأسيًّا إلى أعلى إلى الارتفاع نفسه الذي سقط منه الجسم الآخر.

73. التسارع الناتج عن جاذبية القمر (g_m) يساوي $\frac{1}{6}$ التسارع الناتج عن الجاذبية الأرضية (g).

a. إذا أسقطت كرة من ارتفاع ما على سطح القمر، فهل تصطدم بسطح القمر بسرعة أكبر أم مساوية أم أقل من سرعة الكرة نفسها إذا أسقطت من الارتفاع نفسه على سطح الأرض؟

ستصطدم الكرة بسطح القمر بسرعة أقل؛ لأن التسارع الناتج عن الجاذبية الأرضية على سطح القمر أقل.

b. هل الزمن الذي تستغرقه الكرة لتصل إلى سطح القمر أكبر، أم أقل، أم مساوٍ للزمن الذي تستغرقه للوصول إلى سطح الأرض؟

ستستغرق الكرة زمنًا أكبر في سقوطها على سطح القمر.

74. لكوكب المشتري ثلاثة أمثال التسارع الناتج عن الجاذبية الأرضية تقريبًا. افترض أن كرة قذفت رأسيًّا بالسرعة المتجهة الابتدائية نفسها على كل من الأرض والمشتري، مع إهمال تأثير مقاومة الغلاف الجوي للأرض وللمشتري، وبافتراض أن قوة الجاذبية هي القوة الوحيدة المؤثرة في الكرة:

a. قارن بين أقصى ارتفاع تصله الكرة على كل من المشتري والأرض.

العلاقة عكسية بين d، g

$$d_f = \frac{(v_f^2 - v_i^2)}{2g}$$

فإذا ازدادت (g) بثلاثة أضعاف، أيْ أنّ:

$$d_f = \frac{(v_f^2 - v_i^2)}{2(3g)}$$

فإن d_f تتغير بمقدار $\frac{1}{3}$. بسبب العلاقة العكسية بين g وd.

b. إذا قذفت الكرة على المشتري بسرعة متجهة ابتدائية تساوي ثلاثة أمثال السرعة المتجهة في الفقرة **a** ، فكيف سيؤثر ذلك في إجابتك؟

من العلاقة السابقة $d_f = \frac{v_f^2 - v_i^2}{2g}$ وعندما تكون $v_f = 0\ m/s$، فإن أقصى ارتفاع على الأرض يكون $d_f = \frac{-v_i^2}{2g}$. أما على المشتري– حيث التسارع يساوي ثلاثة أمثال تسارع الجاذبية الأرضية– فإذا قُذفت الكرة بسرعة تساوي $3v_i$ يكون أقصى ارتفاع لها هو:

$$d_f = \frac{-(3v_i)^2}{2(3g)} = \frac{-9v_i^2}{2(3g)} = \frac{-3v_i^2}{2g}$$

أيْ أنّ أقصى ارتفاع تصل إليه الكرة على المشتري يساوي ثلاثة أمثال أقصى ارتفاع تصل إليه على الأرض.

75. أسقطت الصخرة A من تل، وفي اللحظة نفسها قذفت الصخرة B إلى الأعلى من الموقع نفسه:

a. أي الصخرتين ستكون سرعتها المتجهة أكبر لحظة الوصول إلى أسفل التلة؟

ستصطدم الصخرة B بالأرض بسرعة أكبر.

b. أي الصخرتين لها تسارع أكبر؟

لهما التسارع نفسه (التسارع الناتج عن الجاذبية الأرضية).

c. أيهما تصل أولًا؟

الصخرة A.

إتقان حل المسائل

(صفحتا 90–89)

3–1 التسارع

76. تحركت سيارة مدة 2.0 h بسرعة 40.0 km /h ، ثم تحركت مدة 2.0 h أخرى بسرعة 60.0 km /h في الاتجاه نفسه.

a. ما السرعة المتوسطة للسيارة؟

المسافة الكلية :

$$80\ 0\ \text{km} + 120\ 0\ \text{km} = 200\ 0\ \text{km}$$

الزمن الكلي يساوي 4 0 hours، وعليه فإن :

$$\overline{v} = \frac{\Delta d}{\Delta t} = \frac{200.0\ \text{km}}{4.0\ \text{h}} = 5\ 0\times10^{1}\ \text{km/h}$$

b. ما السرعة المتوسطة للسيارة إذا قطعت مسافة 1.0×10^{2} km بسرعة 40.0 km /h ومسافة 1.0×10^{2} km أخرى بسرعة 60.0 km /h؟

المسافة الكلية تساوي 200 km

$$\text{الزمن الكلي} = \frac{1.0\times10^{2}\ \text{km}}{40.0\ \text{km/h}} + \frac{1.0\times10^{2}\ \text{km}}{60\ 0\ \text{km/h}}$$

$$= 4\ 2\ \text{h}$$

$$\overline{v} = \frac{\Delta d}{\Delta t} = \frac{2.0\times10^{2}\ \text{km}}{4.2\ \text{h}}$$

$$= 48\ \text{km/h}$$

77. أوجد التسارع المنتظم الذي يسبب تغيرًا في سرعة سيارة من 32 m /s إلى 96 m /s خلال فترة زمنية مقدارها 8.0 s .

$$\overline{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$= \frac{v_2 - v_1}{\Delta t}$$

$$= \frac{96\ \text{m/s} - 32\ \text{m/s}}{8.0\ \text{s}} = 8.0\ \text{m/s}^2$$

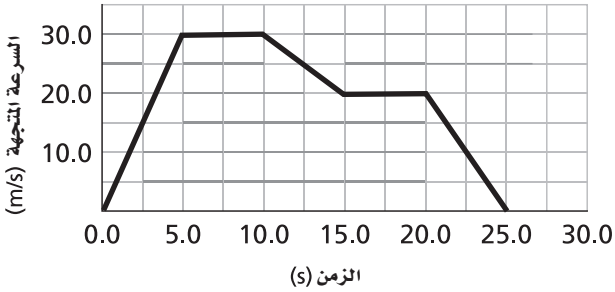
78. سيارة سرعتها المتجهة 22 m /s تسارعت بانتظام بمقدار $1.6\ \text{m/s}^2$ لمدة 6.8 s . ما سرعتها النهائية؟

$$v_f = v_i + at_f$$

$$= 22\ \text{m/s} + (1\ 6\ \text{m/s}^2)\ (6\ 8\ \text{s})$$

$$= 33\ \text{m/s}$$

79. بالاستعانة **بالشكل 19–3** أوجد تسارع الجسم المتحرك في الأزمنة التالية:



■ الشكل 19–3

a. خلال الثواني الخمس الأولى من الرحلة (5.0 s).

$$\overline{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$= \frac{30.0\ \text{m/s} - 0.0\ \text{m/s}}{5.0\ \text{s}}$$

$$= 6\ 0\ \text{m/s}^2$$

b. بين 5.0 s و 10.0 s.

$$\overline{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$= \frac{30.0\ \text{m/s} - 30.0\ \text{m/s}}{5.0\ \text{s}}$$

$$= 0.0\ \text{m/s}^2$$

c. بين 10.0 s و 15.0 s.

$$\overline{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$= \frac{20.0\ \text{m/s} - 30.0\ \text{m/s}}{5.0\ \text{s}}$$

$$= -2\ 0\ \text{m/s}^2$$

d. بين 20.0 s و 25.0 s.

$$\overline{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$= \frac{00.0\ \text{m/s} - 20.0\ \text{m/s}}{5.0\ \text{s}}$$

$$= -4\ 0\ \text{m/s}^2$$

80. احسب السرعة المتجهة النهائية لبروتون سرعته المتجهة الابتدائية $2.35\times10^{5}\ \text{m/s}$ تم التأثير فيه بمجال كهربائي، بحيث يتسارع بانتظام بمقدار $(-1.10\times10^{12}\ \text{m/s}^2)$ مدة $1.50\times10^{-7}\ \text{s}$.

$$v_f = v_i + at_f$$

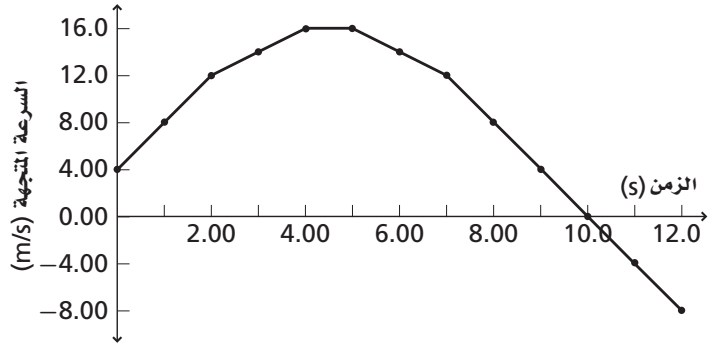
$$= 2\ 35\times10^{5}\ \text{m/s} + (-1\ 10\times10^{12}\ \text{m/s}^2)(1\ 50\times10^{-7}\ \text{s})$$

$$= 7\ 0\times10^{4}\ \text{m/s}$$

81. ارسم منحنى (السرعة المتجهة–الزمن) باستخدام البيانات في **الجدول 4–3**، وأجب عن الأسئلة التالية:

الجدول 4–3

السرعة المتجهة — الزمن	
الزمن (s)	السرعة المتجهة (m/s)
0.00	4.00
1.00	8.00
2.00	12.0
3.00	14.0
4.00	16.0
5.00	16.0
6.00	14.0
7.00	12.0
8.00	8.00
9.00	4.00
10.0	0.00
11.0	−4.00
12.0	−8.00



a. خلال أي الفترات الزمنية:

• تزداد سرعة الجسم. • تقل سرعة الجسم.

يزيد الجسم سرعته خلال الفترة من 0 0 s حتى 4 0 s، وبين 10 0 s حتى 12 0 s. ويقلّل سرعته من 5 0 s إلى 10 0 s.

b. متى يعكس الجسم اتجاه حركته؟

عند 10 0 s

c. كيف يختلف التسارع المتوسط للجسم في الفترة الزمنية بين 0.0 s و 2.0 s عن التسارع المتوسط في الفترة الزمنية بين 7.0 s و 12.0 s؟

التسارع بين 0 0 s و 2 0 s يساوي:

$$\overline{a} = \frac{12.0\ \text{m/s} - 4.0\ \text{m/s}}{2.0\ \text{s} - 0.0\ \text{s}} = 4.0\ \text{m/s}^2$$

والتسارع بين 7 0 s و v12 0 s يساوي:

$$\overline{a} = \frac{-8.0\ \text{m/s} - 12.0\ \text{m/s}}{12.0\ \text{s} - 7.0\ \text{s}}$$

$$= -4\ 0\ \text{m/s}^2$$

82. يمكن زيادة سرعة السيارة A من 0 m/s إلى 17.9 m/s خلال 4.0 s، والسيارة B من 0 m/s إلى 22.4 m/s خلال 3.5 s ، والسيارة C من 0 m/s إلى 26.8 m/s خلال 6.0 s. رتب السيارات الثلاث من الأكبر إلى الأقل تسارعًا، مع الإشارة إلى العلاقة التي قد تربط بين تسارع كل منها.

السيارة A

$$\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{17.9\ \text{m/s} - 0\ \text{m/s}}{4.0\ \text{s} - 0.0\ \text{s}}$$
$$= 4.5\ \text{m/s}^2$$

السيارة B

$$\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{22.4\ \text{m/s} - 0\ \text{m/s}}{3.5\ \text{s} - 0.0\ \text{s}}$$
$$= 6\ 4\ \text{m/s}^2$$

السيارة C

$$\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{26.8\ \text{m/s} - 0\ \text{m/s}}{6.0\ \text{s} - 0.0\ \text{s}}$$
$$= 4\ 5\ \text{m/s}^2$$

للسيارة B أكبر تسارع $6.4\ \text{m/s}^2$. وباستخدام الأرقام المعنوية، ترتبط السيارة A، والسيارة C بتسارع $4.5\ \text{m/s}^2$.

83. تطير طائرة نفاثة بسرعة 145 m/s وفق تسارع ثابت مقداره $23.1\ \text{m/s}^2$ لمدة 20.0 s .

a. ما سرعتها النهائية؟

$$v_f = v_i + at_f$$
$$= 145\ \text{m/s} + (23\ 1\ \text{m/s}^2)(20\ 0\ \text{s})$$
$$= 607\ \text{m/s}$$

b. إذا كانت سرعة الصوت في الهواء 331 m/s، فما سرعة الطائرة بدلالة سرعة الصوت؟

$$N = \frac{607\ \text{m/s}}{331\ \text{m/s}}$$
$$= 1\ 83 \qquad \text{مضروبًا في سرعة الصوت}$$

3–2 الحركة بتسارع ثابت

صفحة 90

84. استعن **بالشكل 19–3** لإيجاد الإزاحة المقطوعة خلال الفترات الزمنية الآتية:

a. t=0.0 s إلى t=5.0 s

$$\text{Area I} = \frac{1}{2}bh$$
$$= (\tfrac{1}{2})(5\ 0\ \text{s})(30\ 0\ \text{m/s})$$
$$= 75\ \text{m}$$

b. t=5.0 s إلى t=10.0 s

$$\text{Area II} = bh$$
$$= (10\ 0\ \text{s} - 5\ 0\ \text{s})(30\ 0\ \text{m/s})$$
$$= 150\ \text{m}$$

c. t=10.0 s إلى t=15.0 s

$$\text{Area III} + \text{Area IV} = bh + \frac{1}{2}bh$$
$$= (15\ 0\ \text{s} - 10\ 0\ \text{s})(20\ 0\ \text{m/s}) + (\tfrac{1}{2})$$
$$(15\ 0\ \text{s} - 10\ 0\ \text{s})(10\ 0\ \text{m/s})$$
$$= 125\ \text{m}$$

d. t=0.0 s إلى t=25.0 s

$$\text{Area I} + \text{Area II} + (\text{Area III} + \text{Area IV})$$
$$+ \text{Area V} + \text{IV}$$
$$= 75\ \text{m} + 150\ \text{m} + 125\ \text{m} + bh + \frac{1}{2}bh$$
$$= 75\ \text{m} + 150\ \text{m} + 125\ \text{m}$$
$$+ (20\ 0\ \text{s} \quad 15\ 0\ \text{s})(20\ 0\ \text{m/s})$$
$$+ (\tfrac{1}{2})(25\ 0\ \text{s} - 20\ 0\ \text{s})(20\ 0\ \text{m/s})$$
$$= 5\ 0 \times 10^2\ \text{m}$$

85. بدأ متزلج حركته من السكون بتسارع مقداره $49\ m/s^2$، ما سرعته عندما يقطع مسافة 325 m؟

$$v_f^2 = v_i^2 + 2a(d_f - d_i)$$

$$v_f = \sqrt{v_i^2 + 2a(d_f - d_i)}$$

$$= \sqrt{(0.0\ m/s)^2 + (2)(49\ m/s^2)(325\ m - 0.0\ m)}$$

$$= 180\ m/s$$

86. تتحرك سيارة بسرعة $12\ m/s$ صاعدة تلاًّ بتسارع ثابت $(-1.6\ m/s^2)$. ما إزاحتها بعد 6 s وبعد 9 s؟

الإزاحة بعد 6.0 s.

$$d_f = v_i t_f + \frac{1}{2} a t_f^2$$

$$= (12\ m/s)(6.0\ s) + (\tfrac{1}{2})(-1.6\ m/s^2)(6.0\ s)^2$$

$$= 43\ m$$

الإزاحة بعد 9.0 s.

$$d_f = v_i t_f + \frac{1}{2} a t_f^2$$

$$= (12\ m/s)(9.0\ s) + (\tfrac{1}{2})(-1.6\ m/s^2)(9.0\ s)^2$$

$$= 43\ m$$

تكون السيارة في طريق العودة نحو أسفل التل. وسيبين عدّاد المسافة أن السيارة قد قطعت 45 m عند صعودها التل +2m عند عودتها نحو أسفل التل = 47 m.

87. تتباطأ سيارة سباق بمقدار ثابت $(11\ m/s^2)$. أجب عما يأتي:

a. إذا كانت السيارة منطلقة بسرعة 55 m/s فما المسافة التي تقطعها بالأمتار قبل أن تقف؟

$$v_f^2 = v_i^2 + 2ad_f$$

$$d_f = \frac{v_f^2 - v_i^2}{2a}$$

$$= \frac{(0.0\ m/s)^2 - (+55\ m/s)^2}{(2)(-11\ m/s^2)}$$

$$= 1.4 \times 10^2\ m$$

b. ما المسافة التي تقطعها السيارة قبل أن تقف إذا كانت سرعتها مثلَي السرعة السابقة؟

$$v_f^2 = v_i^2 + 2ad_f$$

$$d_f = \frac{v_f^2 - v_i^2}{2a}$$

$$= \frac{(0.0\ m/s)^2 - (110\ m/s)^2}{(2)(-11\ m/s^2)}$$

$$= 550\ m$$

وهي تساوي أربعة أضعاف المسافة في الفرع a.

88. ما المسافة التي تطيرها طائرة خلال 15s، بينما تتغير سرعتها المتجهة بمعدل منتظم من $145\ m/s$ إلى $75\ m/s$؟

$$d = \bar{v}\, t = \frac{(v_f + v_i)t}{2}$$

$$= \frac{(75\ m/s + 145\ m/s)(15\ m/s)}{2}$$

$$= 1.6 \times 10^3\ m$$

89. تتحرك سيارة شرطة من السكون بتسارع ثابت مقداره $7.0\ m/s^2$، لتلحق بسيارة تتجاوز حد السرعة المسموح به وتسير بسرعة منتظمة مقدارها $30.0\ m/s$. كم تكون سرعة سيارة الشرطة عندما تلحق بالسيارة المخالفة؟

$$d_{\text{المخالفة}} = v_{\text{المخالفة}}\, t$$

$$d_{\text{الشرطة}} = v_{\text{i الشرطة}}\, t + \frac{1}{2} a_{\text{الشرطة}} t^2$$

$$v_{\text{المخالفة}}\, t = v_{\text{i الشرطة}}\, t + \frac{1}{2} a_{\text{الشرطة}} t^2$$

وبما أن:

$$v_{\text{i الشرطة}} = 0$$

فإن:

$$v_{\text{المخالفة}} t = \frac{1}{2}\, a_{\text{الشرطة}} t^2$$

$$0 = \frac{1}{2} a_{\text{الشرطة}} t^2 - v_{\text{المخالفة}} t$$

$$0 = t(\tfrac{1}{2} a_{\text{الشرطة}}\, t - v_{\text{المخالفة}})$$

و عليه،

$$t = 0 \text{ و } \frac{1}{2} a_{\text{الشرطة}}\, t - v_{\text{المخالفة}} = 0$$

$$t = \frac{2v_{\text{المخالفة}}}{a_{\text{الشرطة}}}$$

$$= \frac{(2)(30.0\ m/s)}{7.0\ m/s^2}$$

$$= 8.6\ s$$

بعد زمن مقداره $t = 8.6$ s تكون السرعة المتجهة لسيارة الشرطة:

$$v_f = v_i + at$$

$$= 0.0\ m/s + (7.0\ m/s^2)(8.6\ s)$$

$$= 6.0 \times 10^1\ m/s$$

90. شاهد سائقُ سيارة تسير بسرعة 90.0 km /h فجأة أضواءَ حاجز على بُعد 40.0 m أمامه. فإذا استغرق السائق 0.75 s حتى يضغط على الفرامل، وكان التسارع المتوسط للسيارة في أثناء ضغطه على الفرامل $(-10.0\ \text{m/s}^2)$:

a. فحدد ما إذا كانت السيارة ستصطدم بالحاجز أم لا؟

قبل أن يضغط السائق على الفرامل؛ ستقطع السيارة مسافة تساوي:

$$d = vt$$

$$= (25\ 0\ \text{m/s})(0\ 75\ \text{s})$$

$$= 18\ 8\ \text{m}$$

حوّل km/h إلى m/s

$$v_i = \frac{(90.0\ \text{km/h})\left(\frac{1000\ \text{m}}{\text{km}}\right)}{3600\ \text{s/h}}$$

$$= 25\ 0\ \text{m/s}$$

$$v_f^2 = v_i^2 + 2a(d_f - d_i)$$

$$d_f = \frac{v_f^2 - v_i^2}{2a} + d_i$$

$$= \frac{(0.0\ \text{m/s})^2 - (25.0\ \text{m/s})^2}{(2)(-10.0\ \text{m/s}^2)} + 18.8\ \text{m}$$

$$= 5\ 0 \times 10^1\ \text{m}$$ **نعم، ستصطدم بالحاجز**

b. ما أقصى سرعة يمكن أن تسير بها السيارة دون أن تصطدم بالحاجز؟ (بافتراض أن التسارع لم يتغير).

$$d_{\text{كلية}} = d_{\text{الثابت التباطؤ}} + d$$

$$= 40\ 0\ \text{m}$$

$$d_c = vt = (0\ 75\ \text{s})v$$

$$d_d = \frac{0^2 - v^2}{2a} = \frac{-v^2}{2(-10.0\ \text{m/s}^2)}$$

$$= \frac{v^2}{20\ 0\ \text{m/s}^2}$$

$$40\ \text{m} = (0\ 75\ \text{s})v + \frac{v^2}{20\ 0\ \text{m/s}^2}$$

$$v^2 + (15\ \text{m/s})v - 800\ \text{m}^2/\text{s}^2 = 0$$

باستخدام المعادلة التربيعية:

$$v = 22\ \text{m/s}$$

لأن السياق المنطقي للمسألة لا يأخذ بالقيمة السالبة.

3–3 السقوط الحر

صفحة 90

91. أسقط رائد فضاء ريشة من نقطة على ارتفاع 1.2 m فوق سطح القمر. إذا كان تسارع الجاذبية على سطح القمر $1.62\ \text{m/s}^2$ ، فما الزمن الذي تستغرقه الريشة حتى تصطدم بسطح القمر؟

$$d_f = v_i t_f + a t_f^2 = (0\ \text{m/s})\ t_f + a t_f^2$$

$$t_f = \sqrt{\frac{2d_f}{a}} = \sqrt{\frac{(2)(1.2\ \text{m})}{(1.62\ \text{m/s}^2)}} = 1.2\ \text{s}$$

92. يسقط حجر سقوطًا حرًّا. ما سرعته بعد 8.0 s؟ وما إزاحته؟

$$v_f = v_i + a t_f$$

ولما كانت $a = -g$، فإن:

$$v_f = v_i - g t_f$$

$$= 0\ 0\ \text{m/s} \quad (9\ 80\ \text{m/s}^2)(8\ 0\ \text{s})$$

$$= -78\ \text{m/s}$$

وتساوي 78 m/s إلى أسفل

اختر النظام الإحداثي على أن تكون نقطة الأصل في المكان الذي كان فيه الحجر ساكنًا، والاتجاه نحو أعلى هو الاتجاه الموجب.

$$d_f = v_i t + \frac{1}{2} a t_f^2$$

ولما كانت $a = -g$، فإن:

$$d_f = v_i t - \frac{1}{2} g t_f^2$$

$$= 0\ 0\ \text{m} - \left(\frac{1}{2}\right)(9\ 80\ \text{m/s}^2)(8\ 0\ \text{s})^2$$

$$= -3\ 1 \times 10^2\ \text{m}$$

93. قذفت كرة بسرعة 2.0 m /s رأسيًّا إلى أسفل من نافذة منزل. ما سرعتها حين تصل إلى رصيف المشاة الذي يبعد 2.5 m أسفل نقطة القذف؟

اختر النظام الإحداثي على أن يكون الاتجاه نحو الأسفل هو الاتجاه الموجب ونقطة الأصل في المكان الذي انفصلت فيه الكرة عن يدك.

$$v_f^2 = v_i^2 + 2ad_f$$

ولما كانت $a = g$، فإن:

$$v_f = \sqrt{v_i^2 + 2gd_f}$$

$$d_f = \sqrt{(2.0\ \text{m/s})^2 + (2)(9.80\ \text{m/s}^2)(2.5\ \text{m})}$$

$$= 7\ 3\ \text{m/s}$$

94. في السؤال السابق، إذا قذفت الكرة رأسيًّا إلى أعلى بدلاً من الأسفل فما السرعة التي تصل بها الكرة إلى الرصيف؟

$$v_f^2 = v_i^2 + 2ad_f$$

ولما كانت $a = g$، فإن:

$$v_f = \sqrt{(v_i^2 + 2gd_f)}$$
$$= \sqrt{(2.0\ \text{m/s})^2 + (2)(9.80\ \text{m/s}^2)(2.5\ \text{m})}$$
$$= 7\ 3\ \text{m/s}$$

d_f هي الإزاحة وليست المسافة الكلية المقطوعة.

95. إذا قذفتَ كرة مضرب في الهواء والتقطتها بعد 2.2 s، فأجب عما يأتي:

a. ما الارتفاع الذي وصلت إليه الكرة؟

اختر النظام الإحداثي على أن يكون الاتجاه نحو أعلى هو الاتجاه الموجب، وأن نقطة الأصل في النقطة التي غادرت فيها كرة المضرب يدك. افترض أنّك التقطت كرة المضرب في المكان نفسه الذي قذفتها منه. وعليه يكون الزمن اللازم لوصول الكرة إلى أقصى ارتفاع يساوي نصف زمن التحليق في الهواء. اختر الزمن t_i في اللحظة التي تركت فيها الكرة و t_f في اللحظة التي تصل فيها الكرة إلى أقصى ارتفاع. كل المعادلات التي تعرفها تتضمن v_i، لذا سيتعين عليك حساب v_i أولًا.

$$v_f = v_i + at_f$$

ولما كانت $a = -g$، فإن:

$$v_i = v_f + gt_f$$
$$= 0\ 0\ \text{m/s} + (9\ 80\ \text{m/s}^2)(1\ 1\ \text{s})$$
$$= 11\ \text{m/s}$$

والآن يمكنك استخدام المعادلة التي تتضمن الإزاحة.

$$d_f = d_i + v_i t_f + \frac{1}{2}at_f^2$$

ولما كانت $a = -g$، فإن:

$$d_f = d_i + v_i t_f - \frac{1}{2}gt_f^2$$
$$= 0\ 0\ \text{m} + (11\ \text{m/s})(1\ 1\ \text{s})$$
$$-(\tfrac{1}{2})\ (9\ 80\ \text{m/s}^2)\ (1\ 1\ \text{s})^2$$
$$d_f = 6\ 2\ \text{m}$$

b. ما السرعة المتجهة الابتدائية للكرة؟

$$v_i = 11\ \text{m/s}$$

مراجعة عامة

صفحة 91

96. تتحرك سفينة فضائية بتسارع ثابت وتتغير سرعتها من 65.0 m/s إلى 162.0 m/s خلال 10.0 s. ما المسافة التي ستقطعها؟

اختر نظامًا إحداثيًّا على أن تكون نقطة الأصل في المكان الذي تكون فيه سرعة السفينة تساوي 65 0 m/s. وباستخدام المعطيات التالية:

$$v_i = 65\ 0\ \text{m/s},\ v_f = 162\ 0\ \text{m/s},\ t_f = 10\ 0\ \text{s}$$

وبما أننا نريد حساب d_f فإننا نستخدم المعادلة:

$$d_f = d_i + \frac{1}{2}(v_i + v_f)\ t_f$$
$$d_f = 0 + \frac{1}{2}(65\ 0\ \text{m/s} + 162\ 0\ \text{m/s})(10\ 0\ \text{s})$$
$$= 1\ 14 \times 10^3\ \text{m}$$

97. يبين **الشكل 20–3** صورة ستروبية لكرة تتحرك أفقيًّا. ما المعلومات التي تحتاج إليها حول الصورة؟ وما القياسات التي ستجريها حتى تقدر التسارع؟

■ الشكل 20–3

تحتاج أن تعرف الزمن بين الومضات والمسافة بين أول صورتين، والمسافة بين آخر صورتين. وتحصل من هذه على سرعتين متجهتين. توجد بين هاتين السرعتين فترة زمنية t ثانية. اقسم الفرق بين السرعتين على الزمن t.

98. يطير بالون أرصاد جوية على ارتفاع ثابت فوق سطح الأرض. سقطت منه بعض الأدوات واصطدمت بالأرض بسرعة متجهة (−73.5 m/s). ما الارتفاع الذي سقطت منه هذه الأدوات؟

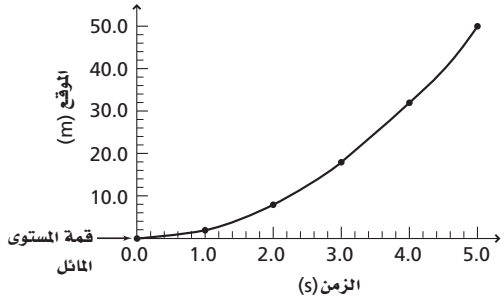
$$v_f^2 = v_i^2 + 2ad_f$$
$$d_f = \frac{v_f^2 - v_i^2}{2a}$$
$$= \frac{(-73.5\ \text{m/s})^2 - (0.00\ \text{m/s})^2}{(2)(-9.80\ \text{m/s}^2)}$$
$$d_f = -276\ \text{m}$$

99. يبين **الجدول 5–3** المسافة الكلية التي تتدحرجها كرة إلى أسفل مستوى مائل في أزمنة مختلفة.

الجدول 5–3

المسافة—الزمن	
الزمن (s)	المسافة (m)
0.0	0.0
1.0	2.0
2.0	8.0
3.0	18.0
4.0	32.0
5.0	50.0

a. مثِّل بيانيًّا العلاقة بين الموقع والزمن.



b. احسب المسافة التي تدحرجتها الكرة بعد مرور 2.2 s.

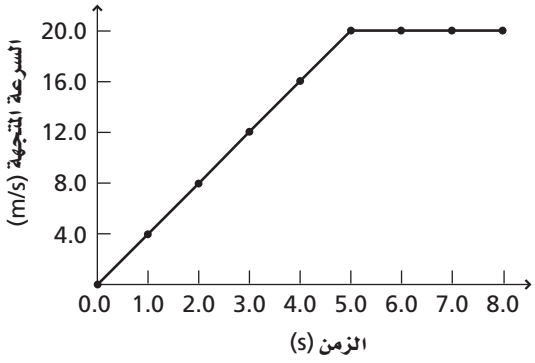
بعد 2.2 s تتدحرج الكرة 10 m تقريبًا.

100. تتغير سرعة سيارة خلال فترة زمنية مقدارها 8.0 s كما يبين **الجدول 6–3**.

الجدول 6–3

السرعة المتجهة—الزمن	
الزمن (s)	السرعة المتجهة (m/s)
0.0	0.0
1.0	4.0
2.0	8.0
3.0	12.0
4.0	16.0
5.0	20.0
6.0	20.0
7.0	20.0
8.0	20.0

a. مثّل بيانيًّا العلاقة بين السرعة المتجهة—الزمن.



b. ما إزاحة السيارة خلال ثماني ثوان؟

أوجد المساحة تحت منحنى (السرعة المتجهة—الزمن)

$$d = \frac{1}{2}bh + bh$$

$$d = \frac{1}{2}(5.0\ \text{s})(20.0\ \text{m/s} - 0.0\ \text{m/s}) + (8.0\ \text{s} - 5.0\ \text{s})(20.0\ \text{m/s})$$

$$= 110\ \text{m}$$

c. أوجد ميل الخط البياني بين الثانية $t = 0.0$ s و $t = 4.0$ s. ماذا يمثل هذا الميل؟

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{16.0\ \text{m/s} - 0.00\ \text{m/s}}{4.0\ \text{s} - 0.0\ \text{s}}$$

$$= 4.0\ \text{m/s}^2, \text{التسارع}$$

d. أوجد ميل الخط البياني بين $t = 5.0$ s و $t = 7.0$ s. ما الذي يدل عليه هذا الميل؟

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{20.0\ \text{m/s} - 20.0\ \text{m/s}}{7.0\ \text{s} - 5.0\ \text{s}}$$

$$= 0.0\ \text{m/s}^2$$

التسارع صفر يدل على أن السرعة منتظمة.

101. توقفت شاحنة عند إشارة ضوئية، وعندما تحولت الإشارة إلى اللون الأخضر تسارعت الشاحنة بمقدار $2.5\ \text{m/s}^2$، وفي اللحظة نفسها تجاوزتها سيارة تتحرك بسرعة منتظمة 15 m/s. أين ومتى ستلحق الشاحنة بالسيارة؟

السيارة:

$$d_f = d_i + vt_f$$

$$d_{\text{السيارة}} = d_i + v_{\text{السيارة}}t_f = v_{\text{السيارة}}t_f$$

$$= 0 + (15\ \text{m/s})t_f$$

الشاحنة:

$$d_f = d_i + v_i t_f + \frac{1}{2} a t_f^2$$

$$d_{\text{الشاحنة}} = \frac{1}{2} a_{\text{الشاحنة}} t_f^2$$

$$d_{\text{الشاحنة}} = \frac{1}{2} a_{\text{الشاحنة}} t_f^2$$

$$= 0 + 0 + (\frac{1}{2})(2.5\ \text{m/s}^2)\ t_f^2$$

عندما تلحق الشاحنة بالسيارة ستتساوى إزاحتاهما

$$v_{\text{السيارة}} t_f = \frac{1}{2} a_{\text{الشاحنة}} t_f^2$$

$$0 = \frac{1}{2} a_{\text{الشاحنة}} t_f^2 - v_{\text{السيارة}} t_f$$

$$0 = t_f \left(\frac{1}{2} a_{\text{الشاحنة}} t_f - v_{\text{السيارة}} \right)$$

ولذلك

$$t_f = 0 \text{ و } \frac{1}{2} a_{\text{الشاحنة}} t_f - v_{\text{السيارة}} = 0$$

$$t_f = \frac{2v_{\text{السيارة}}}{a_{\text{الشاحنة}}}$$

$$= \frac{(2)(15\ \text{m/s})}{2.5\ \text{m/s}}$$

$$= 12\ \text{s}$$

$$d_f = (15\ \text{m/s})\ t_f$$

$$= (15\ \text{m/s})(12\ \text{s})$$

$$= 180\ \text{m}$$

تلحق الشاحنة بالسيارة بعد 12 s وعلى بُعد 180 m من الإشارة.

102. ترتفع طائرة مروحية رأسيًّا بسرعة 5.0 m/s عندما سقط كيس من حمولتها. إذا وصل الكيس سطح الأرض خلال 2 s فاحسب:

a. سرعة الكيس المتجهة لحظة وصوله الأرض.

$$v_f = v_i + at_f$$

ولما كانت $a = -g$، فإن:

$$v_f = v_i \quad gt_f$$

$$= 5.0\ \text{m/s} \quad (9.80\ \text{m/s}^2)(2.0\ \text{s})$$

$$= -15\ \text{m/s}$$

b. المسافة التي قطعها الكيس.

$$d_f = v_i t_f + \frac{1}{2} a t_f^2$$

ولما كانت $a = -g$، فإن:

$$d_f = v_i t_f - \frac{1}{2} g t_f^2$$

$$= (5.0\ \text{m/s})(2.0\ \text{s}) - (\frac{1}{2})(9.80\ \text{m/s}^2)(2.0\ \text{s})^2$$

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

سقط الكيس مسافة تساوي 1.0×10^1 m

c. بُعد الكيس عن الطائرة لحظة وصوله سطح الأرض.

لقد ارتفعت المروحية إزاحة مقدارها:

$$d_f = v_i t_f = (5.0\ \text{m/s})(2.0\ \text{s})$$

$$= 1.0 \times 10^1\ \text{m}$$

الكيس على بُعد 1.0×10^1 m أسفل نقطة الأصل وعلى بُعد 2.0×10^1 m أسفل المروحية.

التفكير الناقد

صفحة 92

103. صمم تجربة لقياس المسافة التي يتحركها جسم متسارع خلال فترات زمنية متساوية باستخدام الأدوات التالية: كاشف للحركة(CBL) (أو بوابة ضوئية)، وعربة مختبر، وخيط، وبكرة، وماسك على شكل حرف C. ثم ارسم منحنى (السرعة المتجهة– الزمن) ومنحنى (الموقع – الزمن) باستخدام أثقال مختلفة. وضح كيف يؤثر تغيير الثقل في رسمك البياني.

ستكون تجارب الطلاب مختلفة، وعليهم أن يجدوا أن تغير الكتلة فوق حافة الطاولة لن يغير المسافة التي تتحركها العربة؛ لأن التسارع دائمًا متساوٍ ويساوي g.

104. حلل واستنتج أيهما له تسارع أكبر: سيارة تزيد سرعتها من 50 km /h إلى 60 km /h ، أم دراجة هوائية تنطلق من 0 km /h إلى 10 km /h خلال الفترة الزمنية نفسها؟ وضح إجابتك.

$$a = \frac{v_f - v_i}{\Delta t}$$

للسيارة:

$$a = \frac{60\ \text{km/h} - 50\ \text{km/h}}{\Delta t} = \frac{10\ \text{km/h}}{\Delta t}$$

للدراجة الهوائية:

$$a = \frac{10\ \text{km/h} - 0\ \text{km/h}}{\Delta t} = \frac{10\ \text{km/h}}{\Delta t}$$

سيكون التغير في السرعة متساويًا، وبالتالي يكون التسارع متساويًا.

105. حلل واستنتج يتحرك قطار سريع بسرعة 36.0 m /s، ثم طرأ ظرف اقتضى تحويل مساره إلى سكة قطار محلي. اكتشف سائق القطار السريع أن أمامه (على السكة نفسها) قطارًا محليًّا يسير ببطء في الاتجاه نفسه وتفصله عن القطار السريع مسافة قصيرة (1.00×10^2 m). لم ينتبه سائق القطار المحلي للكارثة الوشيكة وتابع سيره بالسرعة نفسها، فضغط سائق القطار السريع على الفرامل، وأبطأ سرعة القطار بمعدل ثابت مقداره 3.00 m /s^2. إذا كانت سرعة القطار المحلي 11.0 m /s فهل يتوقف القطار السريع في الوقت المناسب أم سيتصادمان؟

لحل هذه المسألة اعتبر موقع القطار السريع لحظة اكتشاف سائقه القطارَ المحلي نقطةَ أصلٍ. وتذكر دائمًا أن القطار المحلي كان يسبق القطار السريع بمسافة 1.00×10^2 m بالضبط، واحسب بُعد كل من القطارين عن نقطة الأصل في نهاية الـ 12.0 s التي يستغرقها القطار السريع حتى يتوقف (التسارع $= -3.00$ m /s^2، والسرعة تتغير من 36 m /s إلى 0 m /s).

a. استنادًا إلى حساباتك، هل سيحدث تصادم؟

القطار السريع:

$$\begin{aligned} d_f &= v_i t_f + \frac{1}{2} a t_f^2 \\ &= (36.0\ \text{m/s})(12.0\ \text{s}) + \left(\frac{1}{2}\right)(-3.00\ \text{m/s}^2)(12.0\ \text{s})^2 \\ &= 432\ \text{m} - 216\ \text{m} \\ &= 216\ \text{m} \end{aligned}$$

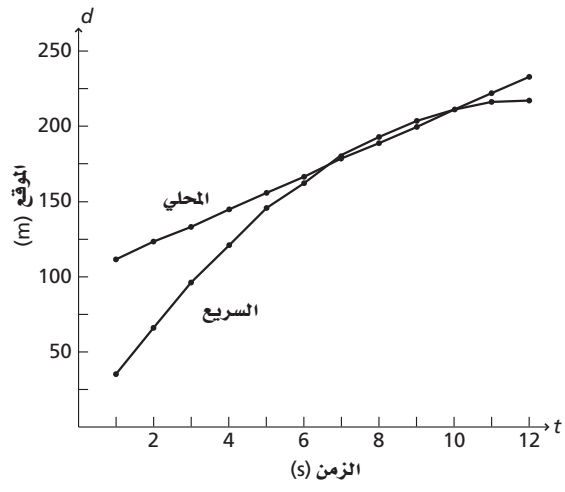
القطار المحلي:

$$\begin{aligned} d_f &= d_i + v_i t_f + a t_f^2 \\ &= 100\ \text{m} + (11.0\ \text{m/s})(12.0\ \text{s}) + 0 \\ &= 232\ \text{m} \end{aligned}$$

وعلى هذا الأساس لن يحدث تصادم.

b. احسب موقع كل قطار عند نهاية كل ثانية بعد المشاهدة. اعمل جدولاً تبين فيه بُعدَ كل من القطارين عن نقطة الأصل في نهاية كل ثانية، ثم اعمل رسمًا بيانيًّا لمنحنى (الموقع – الزمن) لكل من القطارين (رسمين بيانيين على النظام الإحداثي نفسه). استخدم رسمك البياني للتأكد من صحة جوابك في a.

t (s)	d (المحلي) (m)	d (السريع) (m)
1	111	35
2	122	66
3	133	95
4	144	120
5	155	145
6	166	162
7	177	179
8	188	192
9	199	203
10	210	210
11	221	215
12	232	216



سيتصادمان بين 6 s و 7 s.

الكتابة في الفيزياء

صفحة **92**

106. ابحث في مساهمات هبة الله بن ملكا البغدادي في الفيزياء.

ستختلف إجابات الطلاب. يجب أن تتضمن الإجابات ما توصل إليه هبة الله بن ملكا البغدادي من علاقة بين القوة والسرعة فقد توصل إلى أنه كلما زادت قوة الدفع زادت سرعة الجسم المتحرك، وقصر الزمن لقطع المسافة المحددة. وقد قام بتصحيح الخطأ الذي وقع فيه أرسطو عندما قال بسقوط الأجسام الثقيلة أسرع من الأجسام الخفيفة. وقد سبق جاليليو في إثبات الحقيقة العلمية التي تقضي بأن سرعة الجسم الساقط سقوطًا حرًّا تحت تأثير الجاذبية الأرضية لا تعتمد على كتلته عندما تخلو الحركة من أية عوائق خارجية.

107. ابحث في الحد الأقصى للتسارع الذي يتحمله الإنسان دون أن يفقد وعيه. ناقش كيف يؤثر هذا في تصميم ثلاثٍ من وسائل التسلية أو النقل.

ستختلف الإجابات؛ نظرًا إلى أن الناس يمكن أن يلاقوا تأثيرات سلبية، كفقدان الوعي، لذا يحتاج مصممو سكة الحديد الأفعوانية في مدينة الألعاب إلى بناء المنحدرات بطريقة لا تصل فيها العربات إلى تسارعات تسبب فقدان الوعي للراكب. وتُصمم القطارات المقذوفة والمصاعد والطائرات بالطريقة نفسها؛ بحيث يتسارع الجسم بشكل كبير جدًّا ليصل إلى سرعة عالية، دون التسبب في إغماء الركاب.

تابع الفصل 3

مراجعة تراكمية

صفحة 92

108. تصف المعادلة التالية حركة جسم:

$\boldsymbol{d} = (35.0\ \text{m/s})\ t - 5.0\ \text{m}$

ارسم منحنى (الموقع–الزمن) والمخطط التوضيحي للحركة، ثم اكتب مسألة فيزياء يمكن حلها باستخدام المعادلة.

يشيركل من الرسم البياني والشكل التخطيطي إلى الحركة بسرعة متجهة منتظمة مقدارها 35 m/s وموقع ابتدائي عند 5 0 m–. وستختلف إجابات الطلاب في كتابة المسائل.

مسألة تحفيز

صفحة 81

شاهدت بالونًا مملوءًا بالماء يسقط أمام نافذة صفك. فإذا استغرق البالون t ثانية، ليسقط مسافة تساوي ارتفاع النافذة ومقدارها y متر. افترض أن البالون بدأ حركته من السكون، فما الارتفاع الذي يسقط منه قبل أن يصل إلى الحافة العليا للنافذة بدلالة كل من $\boldsymbol{g}$ و y و t وثوابت عددية؟

الاتجاه الموجب إلى أسفل. يتم حلّ هذه المسألة على مرحلتين، الأولى: سقوط البالون المسافة D إلى مستوى أعلى النافذة ثم إلى أسفلها.

الخطوة الأولى: نقطة الأصل عند قمة السقوط.

$$\boldsymbol{v_{f1}}^2 = \boldsymbol{v_{i1}}^2 + 2\boldsymbol{a}(\boldsymbol{d_{f1}} - \boldsymbol{d_{i1}})$$

$$= 0 + 2\boldsymbol{g}(\boldsymbol{D} - 0)$$

$$\boldsymbol{v_{f1}} = \sqrt{2\boldsymbol{g}\mathrm{D}}$$

الخطوة الثانية: نقطة الأصل عند قمة النافذة:

$$\boldsymbol{d_{f2}} = \boldsymbol{d_{i1}} + \boldsymbol{v_{i1}}\,\boldsymbol{t_{f2}} + \frac{1}{2}\boldsymbol{a}\boldsymbol{t_{f2}}^2$$

$$\mathrm{y} = 0 + \boldsymbol{v_{f1}}\,\boldsymbol{t} + \frac{1}{2}\boldsymbol{g}\boldsymbol{t}^2$$

$$= 0 + (\sqrt{2\boldsymbol{g}\mathrm{D}})\boldsymbol{t} + \frac{1}{2}\boldsymbol{g}\boldsymbol{t}^2$$

$$\sqrt{2\boldsymbol{g}\mathrm{D}} = \frac{\mathrm{y}}{\boldsymbol{t}} - \frac{\boldsymbol{g}\boldsymbol{t}}{2}$$

$$\boldsymbol{D} = \frac{1}{2\boldsymbol{g}}\left(\frac{\mathrm{y}}{\boldsymbol{t}} - \frac{\boldsymbol{g}\boldsymbol{t}}{2}\right)^2$$

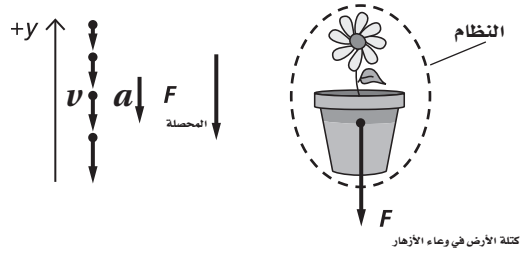
مسائل تدريبية

4–1 القوة والحركة (صفحات 104–95)

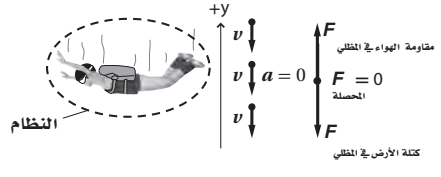
صفحة 98

حدد النظام، وارسم مخطط الحركة، ومخطط الجسم الحر لكل من الحالات الآتية بتمثيل جميع القوى ومسبباتها، وتعيين اتجاه التسارع والقوة المحصلة، مراعيًا رسم المتجهات بأطوال مناسبة:

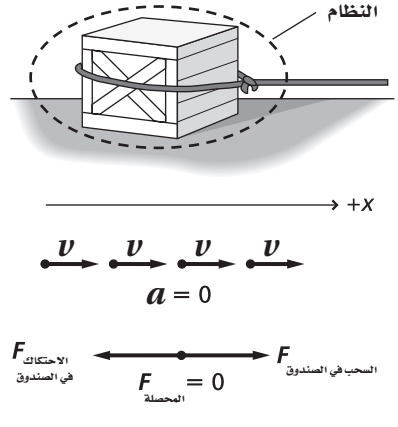
1. سقوط أصيص أزهار سقوطًا حرًّا (أهمل أي قوى تنشأ عن مقاومة الهواء).



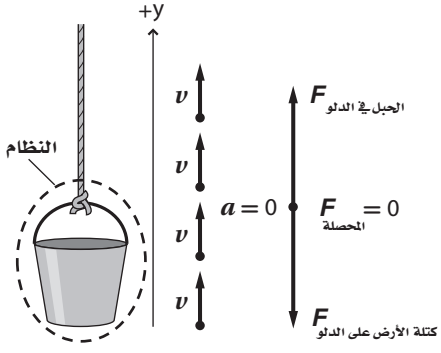
2. هبوط مظلي خلال الهواء، وبسرعة متجهة منتظمة (يؤثر الهواء في المظلي بقوة إلى أعلى).



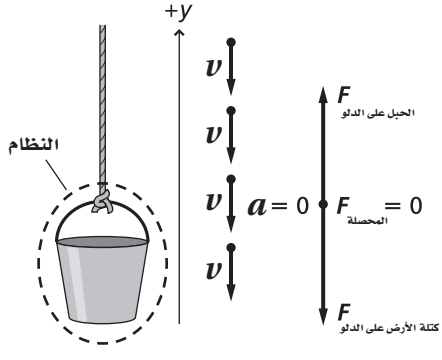
3. سلك يسحب صندوقًا بسرعة منتظمة على سطح أفقي (يؤثر السطح بقوة تقاوم حركة الصندوق).



4. رفْع دلو بحبل بسرعة منتظمة (أهمل مقاومة الهواء).



5. إنزال دلو بحبل بسرعة منتظمة (أهمل مقاومة الهواء).



صفحة 102

6. قوتان أفقيتان إحداهما 225 N والأخرى 165 N، تؤثران في قارب في الاتجاه نفسه. أوجد القوة الأفقية المحصلة التي تؤثر في القارب مقدارًا واتجاهًا.

$$F_{\text{المحصلة}} = 225\ \text{N} + 165\ \text{N} = 3\ 90\times10^{2}\ \text{N}$$

في اتجاه القوتين

7. إذا أثرت القوتان السابقتان في القارب في اتجاهين متعاكسين، فما القوة الأفقية المحصلة التي تؤثر فيه؟ تأكد من تحديد اتجاه القوة المحصلة.

$$F_{\text{المحصلة}} = 225\ \text{N} - 165\ \text{N} = 6\ 0\times10^{1}\ \text{N}$$

في اتجاه القوة الكبرى

8. تحاول ثلاثة خيول سحب عربة؛ أحدها يسحب إلى الغرب بقوة 35 N، والثاني يسحب إلى الغرب أيضًا بقوة 42 N، أما الأخير فيسحب إلى الشرق بقوة 53 N. احسب القوة المحصلة التي تؤثر في العربة.

حدد الاتجاه نحو الشرق على أنه الاتجاه الموجب، والعربة تمثل النظام.

$$F_{\text{المحصلة}} = F_{\text{الحصان الأول في العربة}} + F_{\text{الحصان الثاني في العربة}} \quad F_{\text{الحصان الثالث في العربة}}$$

$$= 35\ \text{N} + 42\ \text{N} - 53\ \text{N}$$

$$= 24\ \text{N}$$

$F_{\text{المحصلة}} = 24\ \text{N}$ في اتجاه الغرب

مراجعة القسم

1–4 القوة والحركة (صفحات 104–95)

صفحة 104

9. **القوة** صَنِّفْ كلاًّ من: الوزن، الكتلة، القصور الذاتي، الدفع باليد، الدفع، المقاومة، مقاومة الهواء، قوة النابض، التسارع إلى :

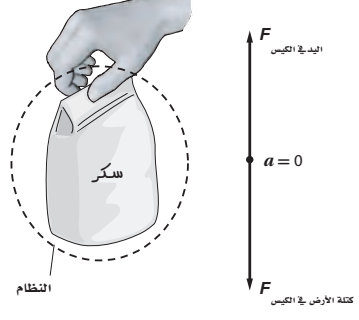
a. قوة تلامس **b.** قوة مجال **c.** ليست قوة

الوزن (b)، الكتلة (c)، القصور الذاتي (c)، الدفع باليد (a)، الدفع (a)، المقاومة (b)، مقاومة الهواء (a)، قوة النابض (a)، التسارع (c).

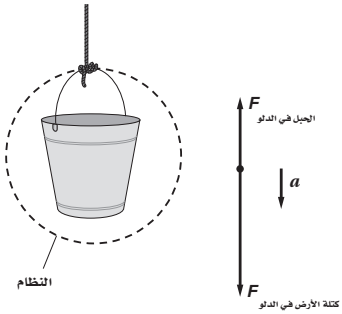
10. **القصور الذاتي** هل يمكن أن تشعر بالقصور الذاتي لقلم رصاص أو كتاب؟ إذا كنت تستطيع فصف ذلك.

نعم، يمكن أن تشعر بالقصور الذاتي لكلا الجسمين، وذلك باستعمال يدك لإعطاء الجسم تسارعًا، في محاولة لتغيير سرعته المتجهة.

11. **مخطط الجسم الحر** ارسم مخطط الجسم الحر لكيس مليء بالسكر ترفعه بيدك بسرعة منتظمة. حدد النظام، وسمّ جميع القوى مع مسبباتها، وارسم أسهمًا بأطوال صحيحة.



12. **مخطط الجسم الحر** ارسم مخطط الجسم الحر لدلو ماء تُرفع بحبل. حدد النظام، ثم سمّ جميع القوى مع مسبباتها، وارسم أسهمًا بأطوال صحيحة.



13. **اتجاه السرعة المتجهة** إذا دفعت كتابًا نحو الأمام، فهل يعني هذا أن سرعته المتجهة ستكون في الاتجاه نفسه؟

لا، من الممكن أنه يتحرك إلى الخلف وتقوم بتقليل سرعته عند دفعه إلى الأمام.

14. **التفكير الناقد** تؤثر قوة مقدارها 1 N في مكعب خشبي فتكسبه تسارعًا معلومًا. عندما تؤثر القوة نفسها في مكعب آخر فتكسبه تسارعًا أكبر بثلاثة أمثال، فماذا تستنتج حول كتلة كل من هذين المكعبين؟

بما أن $m = \frac{F}{a}$ والقوى هي نفسها، لذا فإن كتلة المكعب الثاني تساوي $\frac{1}{3}$ كتلة المكعب الأول.

مسائل تدريبية

2–4 استخدام قوانين نيوتن (صفحات 111–105)

صفحة 106

15. ماوزن بطيخة كتلتها 4.0 kg؟

تمثل قراءة تدريج الميزان وزن البطيخة

$$F_g = mg = (4\ 0\ \text{kg})(9\ 80\ \text{m/s}^2) = 39\ \text{N}$$

16. يتعلم أحمد التزلج على الجليد، ويساعده أبوه بأن يسحبه بحيث يكتسب تسارعًا مقداره $0.80\ \text{m/s}^2$. فإذا كانت كتلة أحمد 27.2 kg، فما مقدار القوة التي يسحبه بها أبوه؟ (أهمل المقاومة بين الجليد وحذاء التزلج).

$$F_{\text{المحصلة}} = ma = (27\ 2\ \text{kg})(0\ 80\ \text{m/s}^2)$$

$$= 22\ \text{N}$$

17. تمسك أمل وسارة معًا بقطعة حبل كتلتها 0.75 kg ، وتشد كل منهما في الاتجاه المعاكس للأخرى. فإذا

سحبت أمل بقوة16.0 N ، وتسارع الحبل بالمقدار $1.25\ m/s^2$ مبتعدًا عنها، ما القوة التي تسحب بها سارة الحبل؟

حدد اتجاه سارة على أنه الاتجاه الموجب، وأن الحبل يمثل النظام.

$$F_{\text{المحصلة}} = F_{\text{سارة في الحبل}} \quad F_{\text{أمل في الحبل}} = ma$$

$$F_{\text{سارة في الحبل}} = ma + F_{\text{أمل في الحبل}}$$

$$= (0\ 75\ \text{kg})(1\ 25\ \text{m/s}^2) + 16\ 0\ \text{N}$$

$$= 17\ \text{N}$$

18. يبين **الشكل 8–4** مكعبًا خشبيًّا كتلته1.2 kg ، وكرة كتلتها 3.0 kg، ما قراءة كل من الميزانين؟ (أهمل كتلة الميزانين).

الشكل 8–4

الميزان السفلي: حدد الكرة على أنها تمثل النظام، وأن الاتجاه إلى أعلى هو الاتجاه الموجب.

$$F_{\text{المحصلة}} = F_{\text{الميزان في الكرة}} \quad F_{\text{كتلة في الكرة}} = ma = 0$$

$$F_{\text{كتلة في الكرة}} = F_{\text{الميزان في الكرة}}$$

$$= m_{\text{الكرة}}g$$

$$= (3\ 0\ \text{kg})(9\ 80\ \text{m/s}^2)$$

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

الميزان العلوي: حدد المكعب على أنه يمثل النظام، وأن الاتجاه نحو أعلى هو الاتجاه الموجب.

$$F_{\text{المحصلة}} = F_{\text{الميزان العلوي في المكعب}} \quad F_{\text{الميزان السفلي في المكعب}} \quad F_{\text{كتلة الأرض في المكعب}}$$

$$= ma = 0$$

$$F_{\text{الميزان العلوي في المكعب}} = F_{\text{الميزان السفلي في المكعب}} + F_{\text{كتلة الأرض في المكعب}}$$

$$= F_{\text{الميزان السفلي في المكعب}} + m_{\text{المكعب}}g$$

$$= 29\ \text{N} + (1\ 2\ \text{kg})(9\ 80\ \text{m/s}^2)$$

$$= 41\ \text{N}$$

الميزان السفلي 29 N والميزان العلوي 41 N.

صفحة 109

19. يبين ميزانك المنزلي أن وزنك585 N .

a. ما كتلتك؟

تكون قراءة الميزان 585 N، وبما أنه لا يوجد تسارع فإن وزنك يساوي قوة الجاذبية نحو الأسفل.

$$F_g = mg$$

لذا فإن:

$$m = \frac{F_g}{g} = \frac{585\ \text{N}}{9\ 80\ \text{m/s}^2} = 59\ 7\ \text{kg}$$

b. كيف ستكون قراءة الميزان نفسه على سطح القمر؟ (تسارع الجاذبية على القمر= $1.6\ m/s^2$).

تتغير قيمة g على سطح القمر.

$$F_g = mg_{\text{القمر}}$$

$$= (59\ 7\ \text{kg})(1\ 60\ \text{m/s}^2)$$

$$= 95\ 5\ \text{N}$$

20. استخدم نتائج المثال 2 للإجابة عن مسائل حول ميزان داخل مصعد. ما القوة التي يؤثر بها الميزان في شخص يقف داخله، في الحالات التالية؟

a. يتحرك المصعد بسرعة منتظمة.

السرعة ثابتة، لذا فإن: $a = 0$

$$F_{\text{المحصلة}} = 0$$

$$F_{\text{الميزان}} = F_g$$

$$= mg = (75\ 0\ \text{kg})(9\ 80\ \text{m/s}^2)$$

$$= 735\ \text{N}$$

b. يتباطأ المصعد بمقدار $2.00\ m/s^2$ في أثناء حركته إلى أعلى.

يحدث تباطؤ في أثناء الحركة نحو الأعلى، لذا فإن:

$$a = -2\ 00\ \text{m/s}^2$$

$$F_{\text{الميزان}} = F_{\text{المحصلة}} + F_g$$
$$= ma + mg$$
$$= m(a + g)$$
$$= (75\ 0\ \text{kg})(-2\ 00\ \text{m/s}^2 + 9\ 80\ \text{m/s}^2)$$
$$= 585\ \text{N}$$

c. تزداد سرعته بمقدار $2.00\ \text{m/s}^2$ في أثناء حركته إلى أسفل.

التسارع نحو الأسفل لذا فإن: $a = -2\ 00\ \text{m/s}^2$

$$F_{\text{الميزان}} = F_{\text{المحصلة}} + F_g$$
$$= ma + mg$$
$$= m(a + g)$$
$$= (75\ 0\ \text{kg})(-2\ 00\ \text{m/s}^2 + 9\ 80\ \text{m/s}^2)$$
$$= 585\ \text{N}$$

d. يتحرك المصعد إلى أسفل بسرعة منتظمة.

السرعة ثابتة، لذا فإن: $a = 0$ **و** $F_{\text{المحصلة}} = 0$

$$F_{\text{الميزان}} = F_g = mg$$
$$= (75\ 0\ \text{kg})(9\ 80\ \text{m/s}^2)$$
$$= 735\ \text{N}$$

e. يتباطأ المصعد بمقدار ثابت حتى يتوقف.

التسارع الثابت $= a$**،**

على الرغم من أن إشارة التسارع تعتمد على اتجاه الحركة.

$$F_{\text{الميزان}} = F_{\text{المحصلة}} + F_g$$
$$= ma + mg$$
$$= (75\ 0\ \text{kg})(a) + (75\ 0\ \text{kg})(9\ 80\ \text{m/s}^2)$$
$$= (75\ 0\ \text{kg})(a) + 735\ \text{N}$$

مراجعة القسم

2–4 استخدام قوانين نيوتن (صفحات 111–105)

صفحة 111

21. جاذبية القمر قارن بين القوة اللازمة لرفع صخرة كتلتها 10 kg على سطح الأرض، وتلك القوة اللازمة لرفع الصخرة نفسها على سطح القمر. علمًا بأن تسارع الجاذبية على القمر يساوي $1.62\ \text{m/s}^2$.

لرفع الصخرة على سطح الأرض:

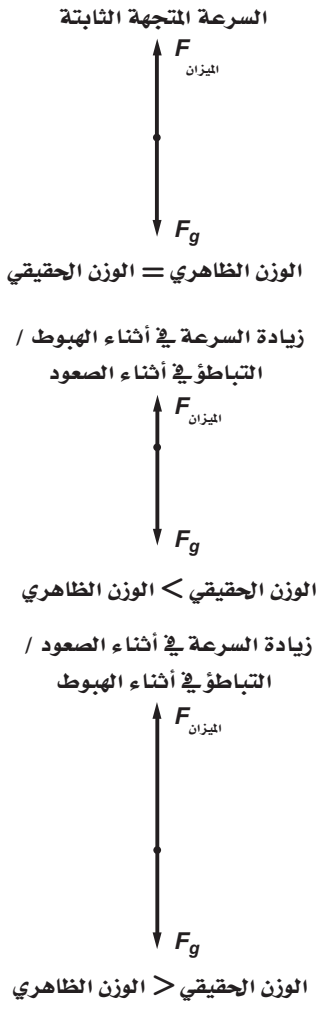
$$F_{\text{المحصلة}} = F_{\text{الأرض في الصخرة}} \qquad F_{\text{الرفع في الصخرة}} = 0$$
$$F_{\text{الرفع في الصخرة}} = F_{\text{الأرض في الصخرة}} = mg_{\text{الأرض}}$$
$$= (10\ 0\ \text{kg})(9\ 80\ \text{m/s}^2)$$
$$= 98\ 0\ \text{N}$$

لرفع الصخرة على سطح القمر:

$$F_{\text{المحصلة}} = F_{\text{القمر في الصخرة}} \qquad F_{\text{الرفع في الصخرة}} = 0$$
$$F_{\text{الرفع في الصخرة}} = F_{\text{القمر على الصخرة}} = mg_{\text{القمر}}$$
$$= (10\ 0\ \text{kg})(1\ 62\ \text{m/s}^2)$$
$$= 16\ 2\ \text{N}$$

22. الوزن الحقيقي والظاهري إذا كنت تقف على ميزان في مصعد سريع يصعد بك إلى أعلى بناية، ثم يهبط بك إلى حيث انطلقت. خلال أي من مراحل رحلتك كان وزنك الظاهري مساويًا لوزنك الحقيقي؟ وأكثر من وزنك الحقيقي؟ وأقل من وزنك الحقيقي؟ ارسم مخطط الجسم الحر لكل حالة لدعم إجاباتك.

يتساوى الوزن الحقيقي والوزن الظاهري في أثناء حركة المصعد بسرعة منتظمة إلى أعلى أو إلى أسفل. ويصبح الوزن الظاهري أقل من الوزن الحقيقي عندما يتباطأ المصعد في أثناء حركته إلى أعلى أو عند زيادة سرعته في أثناء حركته إلى أسفل. والوزن الظاهري يصبح أكبر من الوزن الحقيقي عند زيادة سرعته في أثناء حركته إلى أعلى أو عندما يتباطأ في أثناء حركته إلى أسفل.



23. التسارع يقف شخص كتلته 65 kg فوق لوح تزلج على الجليد. إذا اندفع هذا الشخص بقوة 9.0 N فما تسارعه؟

حدد الشخص على أنه يمثل النظام، والاتجاه مبتعدًا عن اللوح على أنه الاتجاه الموجب، ويمكن اعتبار الجليد سطحًا مهمل المقاومة.

$$F_{\text{المحصلة}} = F_{\text{اللوح في الشخص}} = ma$$

$$a = \frac{F_{\text{الشخص في اللوح}}}{m}$$

$$= \frac{9\,0\ \text{N}}{65\,0\ \text{kg}}$$

$$= 0\,14\ \text{m/s}^2 \text{ بعيدًا عن الألواح الجانبية}$$

24. حركة المصعد ركبت مصعدًا وأنت تمسك بميزان علّق فيه جسم كتلته1 kg ، وعندما نظرت إلى الميزان كانت قراءته9.3 N ، ماذا تستنتج بشأن حركة المصعد في تلك اللحظة؟

إذا كان المصعد ثابتًا أو متحركًا بسرعة متجهة ثابتة، فينبغي أن تكون قراءة الميزان 9 80 N؛ لأن الميزان يقرأ وزنًا أقل فيجب أن يكون المصعد متسارعًا نحو أسفل. ولإيجاد التسارع بصورة دقيقة، حدد الاتجاه إلى أعلى على أنه الاتجاه الموجب، والجسم الذي كتلته 1 kg على أنه النظام.

$$F_{\text{المحصلة}} = F_{\text{الميزان في الجسم}} \quad F_{\text{كتلة الأرض في الجسم}} = ma$$

$$a = \frac{F_{\text{الميزان في الجسم}} - F_{\text{كتلة الأرض في الجسم}}}{m}$$

$$= \frac{9.3\ \text{N} - 9.80\ \text{N}}{1\ \text{kg}}$$

$$= -0\,5\ \text{m/s}^2$$

$$= 0\,5\ \text{m/s}^2 \text{ إلى أسفل}$$

25. كتلة تلعب نورة مع زميلتها لعبة شد الحبل مستخدمةً دميةً. وفي لحظة ما خلال اللعبة سحبت نورة الدمية بقوة 22 N وسحبت زميلتها الدمية بقوة معاكسة تساوي19.5 N ، فكان تسارع الدمية 6.25 m /s^2. ما كتلة الدمية؟

حدد الدمية على أنها تمثل النظام، والاتجاه نحو زميلتها على أنه الاتجاه الموجب.

$$F_{\text{المحصلة}} = F_{\text{نورة في الدمية}} \quad F_{\text{زميلتها في الدمية}} = ma$$

$$m = \frac{F_{\text{نورة في الدمية}} - F_{\text{زميلتها في الدمية}}}{a}$$

$$= \frac{22\ \text{N} - 19.5\ \text{N}}{6.25\ \text{m/s}^2}$$

$$= 0\,40\ \text{kg}$$

26. تسارع هبط مظلي بسرعة منتظمة متخذًا هيئة الصقر المجنح. هل يتسارع المظلي بعد فتح مظلته؟ إذا كانت إجابتك نعم ففي أي اتجاه؟ فسر إجابتك باستخدام قوانين نيوتن.

نعم يتسارع إلى أعلى لبرهة من الزمن؛ وذلك بسبب تأثير قوة إضافية في اتجاه أعلى، وهي ناتجة عن مقاومة الهواء التي تؤثر في المظلة. والتسارع إلى أعلى يقلل من السرعة إلى أسفل.

27. **التفكير الناقد** يعمل حسن في مستودع، ومهمته تحميل المخزون في شاحنات حمولة كل منها 10000 N، يتم وضع الصناديق واحدًا تلو الآخر فوق حزام متحرك قليل الاحتكاك لينقلها إلى الميزان، وعند وضع أحد الصناديق الذي يزن 1000 N، تعطّل الميزان. اذكر طريقة يمكن بواسطتها تطبيق قوانين نيوتن لتحديد الكتل التقريبية للصناديق المتبقية.

ستختلف الإجابات، وإحدى هذه الإجابات المحتملة تتمثل في إهمال مقاومة الهواء إذا كنت تستخدم الحزام المتحرك. استخدم الصندوق الذي وزنه 1000 N على أنه مقياس. اسحب الصندوق بقوة معينة لمدة ثانية، ثم قدّر سرعته، واحسب التسارع. اسحب صندوقًا كتلته مجهولة بالقوة السابقة نفسها ولمدة ثانية، ثم قدّر سرعته، واحسب تسارعه. إن القوة التي سحبت بها كل صندوق تمثل القوة المحصلة.

$$F_{\text{المحصلة على الصندوق المعلوم الوزن}} = F_{\text{المحصلة على الصندوق المجهول الوزن}}$$

$$(1000\ \text{N})(a_{\text{الصندوق المعلوم الوزن}}) = (m_{\text{الصندوق المجهول الوزن}})(a_{\text{الصندوق المجهول الوزن}})$$

$$m_{\text{الصندوق المجهول الوزن}} = \frac{(1000\ \text{N})\left(a_{\text{الصندوق المعلوم الوزن}}\right)}{a_{\text{الصندوق المجهول الوزن}}}$$

مسائل تدريبية

3–4 قوى التأثير المتبادل (صفحات 120 – 112)

صفحة 115

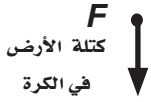
28. ترفع بيدك كرة بولينج خفيفة نسبيًّا وتسارعها إلى أعلى. ما القوى المؤثرة في الكرة؟ وما القوى التي تؤثر بها الكرة؟ وما الأجسام التي تؤثر فيها هذه القوى؟

إن القوى التي تؤثر في الكرة، هي: قوة يدك وقوة الجاذبية الناتجة عن كتلة الأرض. تؤثر الكرة بقوة في يدك و قوة جاذبية في الأرض. وتؤثر جميع هذه القوى في كلٍ من يدك والكرة والأرض.

29. تسقط طوبة من فوق سقالة بناء. حدد القوى التي تؤثر في الطوبة، وتلك التي تؤثر بها الطوبة، ثم حدد الأجسام التي تؤثر فيها هذه القوى (بإهمال تأثير مقاومة الهواء).

القوة الوحيدة التي تؤثر في الطوبة هي قوة الجاذبية الأرضية الناتجة عن كتلة الأرض. وتؤثر الطوبة في الأرض بقوة مساوية لها في المقدار ومعاكسة في الاتجاه.

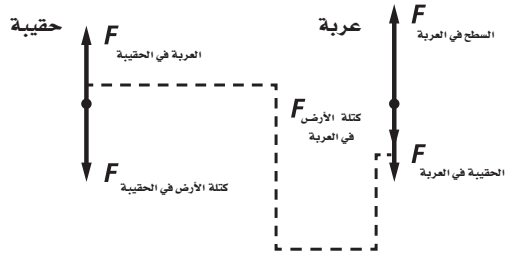
30. قذفت كرة إلى أعلى في الهواء، ارسم مخطط الجسم الحر الذي يمثل الكرة أثناء حركتها إلى أعلى، وحدد القوى التي تؤثر في الكرة، والقوى التي تؤثر بها الكرة، والأجسام التي تؤثر فيها هذه القوى.



القوة الوحيدة المؤثرة في الكرة هي قوى الجاذبية الناتجة عن كتلة الأرض. وتؤثر الكرة في الأرض بقوة مساوية ومضادة في الاتجاه.

31. وضعت حقيبة سفر على عربة أمتعة ساكنة كما في **الشكل 13–4**، ارسم مخطط الجسم الحر لكل جسم، وبين أزواج التأثير المتبادل حيثما وجدت.

■ **الشكل 13–4**



تؤثر الحقيبة بقوة مساوية لوزنها في العربة، وبما أن النظام ساكن فإن العربة تؤثر في الحقيبة بقوة مساوية في المقدار ومعاكسة في الاتجاه.

صفحة 119

32. وضعت معدات في دلو فأصبحت كتلتهkg 42، فإذا رفع الدلو إلى سطح منزل بواسطة حبل يتحمل شدًّا لا يتجاوز 450 N، فما أقصى تسارع يمكن أن يكتسبه الدلو أثناء سحبه إلى أعلى السطح؟

حدد الدلو على أنه يمثل النظام، وأن الاتجاه نحو الأعلى يمثل الاتجاه الموجب.

$$F_{\text{المحصلة}} = F_{\text{الحبل في الدلو}} \quad F_{\text{كتلة الأرض في الدلو}}$$
$$= ma$$
$$a = \frac{F_{\text{الحبل في الدلو}} - F_{\text{كتلة الأرض في الدلو}}}{m}$$
$$= \frac{F_{\text{الحبل في الدلو}} - mg}{m}$$
$$= \frac{450\ \text{N} - (42\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2)}{42\ \text{kg}}$$
$$= 0\ 91\ \text{m/s}^2$$

33. حاول سالم وأحمد إصلاح إطار السيارة، لكنهما واجها صعوبة كبيرة في نزع الإطار المطاطي عن الدولاب، فقاما بسحبه معًا؛ حيث سحب أحمد بقوة N 23، وسالم بقوةN 31 ، وعندئذ تمكنا من زحزحة الإطار. ما مقدار القوة بين الإطار المطاطي والدولاب؟

حدد الإطار على أنه يمثل النظام، وأن اتجاه قوة السحب يمثل الاتجاه الموجب.

$$F_{\text{المحصلة}} = F_{\text{الدولاب في الإطار المطاطي}} \quad F_{\text{أحمد في الإطار المطاطي}} \quad F_{\text{سالم في الإطار المطاطي}}$$
$$= ma = 0$$
$$F_{\text{سالم في الإطار المطاطي}} + F_{\text{أحمد في الإطار المطاطي}} = F_{\text{الدولاب في الإطار المطاطي}}$$
$$= 23\ \text{N} + 31\ \text{N}$$
$$= 54\ \text{N}$$

مراجعة القسم

3–4 قوى التأثير المتبادل (صفحات 120–112)

صفحة 120

34. القوة مُدّ ذراعك أمامك في الهواء، وأسند كتابًا إلى راحة يدك بحيث يكون مستقرًّا. حدد القوى، وأزواج التأثير المتبادل التي تؤثر في الكتاب.

القوة التي تؤثر في الكتاب هي قوة الجاذبية الأرضية التي تؤثر إلى أسفل بتأثير كتلة الكتاب، وقوة اليد التي تؤثر إلى الأعلى. القوة التي يؤثر بها الكتاب في قوة الجاذبية الأرضية والقوة التي يؤثر بها في اليد هي الأنصاف الأخرى لأزواج التأثير المتبادل.

35. القوة إذا خفضتَ الكتاب الوارد في المسألة السابقة بتحريك يدك إلى أسفل بسرعة متزايدة، فهل يتغير أي من القوى، أو أزواج التأثير المتبادل المؤثرة في الكتاب؟ وضح ذلك.

نعم، تصبح القوة التي تؤثر بها اليد في الكتاب أصغر، وعليه يوجد تسارع إلى أسفل، كما أن القوة التي يؤثر بها الكتاب تصبح أصغر، ويمكن أن تشعر بذلك. وتبقى كل قوة تشترك في أزواج التأثير المتبادل كما هي.

36. قوة الشد تتدلى من السقف قطعة طوب مربوطة بحبل مهمل الكتلة، ومربوط بها من أسفل قطعة طوب أخرى بحبل مهمل الكتلة أيضًا. ما قوة الشد في كل من الحبلين إذا كانت كتلة كل قطعة kg 5.0؟

بالنسبة للحبل السفلي، فإن الاتجاه نحو أعلى هو الاتجاه الموجب.

$$F_{\text{المحصلة}} = F_{\text{الحبل السفلي في قطعة الطوب السفلية}} \quad F_{\text{كتلة الأرض في قطعة الطوب السفلية}}$$
$$= ma = 0$$
$$F_{\text{كتلة الأرض في قطعة الطوب السفلية}} = F_{\text{الحبل السفلي في قطعة الطوب السفلية}}$$
$$= mg$$
$$= (5\ 0\ \text{kg})(9\ 80\ \text{m/s}^2)$$
$$= 49\ \text{N}$$

بالنسبة للحبل العلوي، فإن الاتجاه نحو أعلى هو الاتجاه الموجب.

$$F_{\text{المحصلة}} = F_{\text{كتلة الأرض في قطعة الطوب العلوية}} - F_{\text{الحبل السفلي في قطعة الطوب العلوية}} - F_{\text{الحبل العلوي في قطعة الطوب العلوية}}$$
$$= ma = 0$$

$$F_{\text{الحبل العلوي في قطعة الطوب العلوية}} = F_{\text{كتلة الأرض في قطعة الطوب العلوية}} + F_{\text{الحبل السفلي في قطعة الطوب العلوية}}$$
$$= mg + F_{\text{الحبل السفلي في قطعة الطوب العلوية}}$$
$$= (5\ 0\ \text{kg})(9\ 80\ \text{m/s}^2) + 49\ \text{N}$$
$$= 98\ \text{N}$$

37. **الشد** إذا كانت كتلة قطعة الطوب السفلية الواردة في المسألة السابقة 3.0 kg، وقوة الشد في الحبل العلوي 63.0 N، فاحسب كلا من قوة الشد في الحبل السفلي، وكتلة قطعة الطوب.

بالنسبة للحبل السفلي، فإن الاتجاه نحو أعلى هو الاتجاه الموجب.

$$F_{\text{المحصلة}} = F_{\text{كتلة الأرض في قطعة الطوب السفلية}} - F_{\text{الحبل السفلي في قطعة الطوب السفلية}}$$
$$= ma = 0$$

$$F_{\text{الحبل السفلي في قطعة الطوب السفلية}} = F_{\text{كتلة الأرض في قطعة الطوب السفلية}}$$
$$= (3\ 0\ \text{kg})(9\ 80\ \text{m/s}^2)$$
$$= 29\ \text{N}$$

بالنسبة للحبل العلوي، فإن الاتجاه نحو أعلى هو الاتجاه الموجب.

$$F_{\text{المحصلة}} = F_{\text{كتلة الأرض في قطعة الطوب العلوية}} - F_{\text{الحبل السفلي في قطعة الطوب العلوية}} - F_{\text{الحبل العلوي في قطعة الطوب العلوية}}$$
$$= ma = 0$$

$$F_{\text{كتلة الأرض في قطعة الطوب العلوية}} = mg$$
$$= F_{\text{الحبل السفلي في قطعة الطوب العلوية}} - F_{\text{الحبل العلوي في قطعة الطوب العلوية}}$$
$$m = \frac{F_{\text{الحبل السفلي في قطعة الطوب العلوية}} - F_{\text{الحبل العلوي في قطعة الطوب العلوية}}}{g}$$
$$= \frac{63.0\ \text{N} - 29\ \text{N}}{9.80\ \text{m/s}^2} = 3\ 5\ \text{kg}$$

38. **القوة العمودية** يُسلم صالح صندوقًا كتلته 13 kg إلى شخص كتلته 61 kg يقف على منصة. ما القوة العمودية التي تؤثر بها المنصة في هذا الشخص؟

حدد الشخص على أنه يمثل النظام، وأن الاتجاه نحو أعلى هو الاتجاه الموجب.

$$F_{\text{المحصلة}} = F_{\text{المنصة في الشخص}} - F_{\text{الصندوق في الشخص}} - F_{\text{كتلة الأرض في الشخص}}$$

$$F_{\text{المنصة في الشخص}} = F_{\text{الصندوق في الشخص}} + F_{\text{كتلة الأرض في الشخص}}$$
$$= m_{\text{الصندوق}}g + m_{\text{الشخص}}g$$
$$= (13\ \text{kg})(9\ 80\ \text{m/s}^2) + (61\ \text{kg})(9\ 80\ \text{m/s}^2)$$
$$= 7\ 3\times10^2\ \text{N}$$

39. **التفكير الناقد** وضعت ستارة بين فريقين لشد الحبل بحيث تمنع كل فريق من رؤية الفريق الآخر. فإذا ربط أحد الفريقين طرف الحبل الذي من جهته بشجرة، فما قوة الشد المتولدة في الحبل إذا سحب الفريق الآخر بقوة 500 N؟وضِّح ذلك.

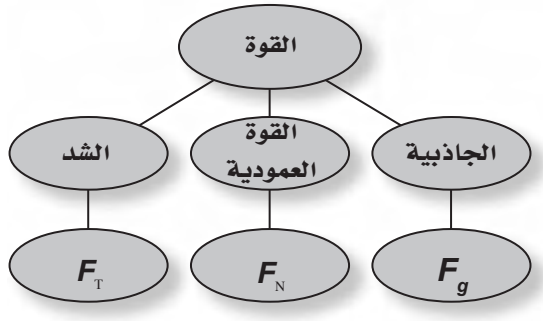
يجب أن يكون الشد 500 N، فيكون الحبل متزنًا، لذا فإن القوة المحصلة المؤثرة فيه تساوي صفرًا. ويؤثر الفريق والشجرة بقوتين متساويتين في المقدار ومتضادتين في الاتجاه.

تقويم الفصل

خريطة المفاهيم

صفحة 125

40. أكمل خريطة المفاهيم التالية باستخدام المصطلحات والرموز الآتية: F_g، القوة العمودية، F_g، F_T



إتقان المفاهيم

صفحة 125

41. افترض أن تسارع جسم يساوي صفرًا، فهل يعني هذا عدم وجود أي قوى تؤثر فيه؟ (2–4)

لا، هذا يعني فقط أن القوى المؤثرة فيه متزنة، وأن القوة المحصلة تساوي صفرًا. فعلى سبيل المثال، إذا وضع كتاب على سطح طاولة، فإنه يبقى ساكنًا على الرغم من أن قوة الجاذبية تسحبه إلى أسفل، والقوة العمودية التي تؤثر بها الطاولة في الكتاب تدفعه إلى أعلى، وهذه القوى متزنة.

42. إذا كان كتابك متزنًا، فما القوى التي تؤثر فيه؟ (2–4)

إذا كان الكتاب متزنًا فإن القوة المحصلة تساوي صفرًا؛ أي أن كلا من القوى المؤثرة في الكتاب والمتمثلة في وزنه والقوة العمودية عليه تكون متزنة.

43. تسقط صخرة من جسر إلى واد، فتؤثر الأرض فيها بقوة جذب وتجعلها تتسارع إلى أسفل، وحسب قانون نيوتن الثالث فإن الصخرة تؤثر أيضًا في الأرض بقوة جذب، ولكن لا يبدو أن الأخيرة تتسارع إلى أعلى. فسّر ذلك. (3–4)

إن الصخرة تسحب الأرض، ولكن بسبب كتلة الأرض الضخمة فإنها تكتسب تسارعًا قليلا جدًّا نتيجة لهذه القوة الصغيرة، ولذا لا يمكن أن نلحظ مثل هذا التسارع، بعكس الصخرة.

44. يبين **الشكل 17–4** كتلة في أربعة أوضاع مختلفة. رتب هذه الأوضاع بحسب مقدار القوة العمودية بين الكتلة والسطح، من الأكبر إلى الأصغر. أشر إلى أي علاقة بين نتائج الإجابة. (3–4)

■ الشكل 17–4

الرابع الأول الثالث الثاني

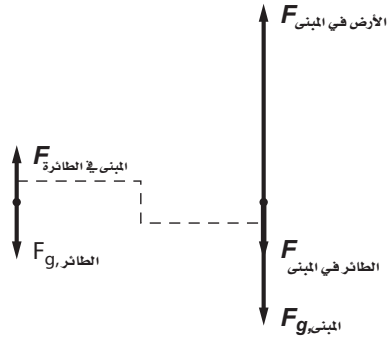
45. فسّر لماذا يكون الشد ثابتًا في كل نقاط حبل مهمل الكتلة؟ (3–4)

إذا رسمت مخطط الجسم الحر لأي نقطة في الحبل، فستكون هناك قوتا شد تؤثران في اتجاهين متضادين

(لأنه مهمل الكتلة) $F_{\text{المحصلة}} = F_{\text{أعلى}} - F_{\text{أسفل}} = ma = 0$

لذا فإن $F_{\text{أسفل}} = F_{\text{أعلى}}$**، وبحسب قانون نيوتن الثالث فإن القوة التي تؤثر بها قطعة من الحبل في هذه النقطة تساوي وتعاكس القوة التي تؤثر بها هذه النقطة في القطعة، مع ثبات القوة خلال الحبل.**

46. يقف طائر على قمة مبنى. ارسم مخطط الجسم الحر لكل من الطائر والمبنى. وأشر إلى أزواج التأثير المتبادل بين المخططين. (3–4)



تطبيق المفاهيم
(صفحة 125)

47. قذفت كرة في الهواء إلى أعلى في خط مستقيم:

a. ارسم مخطط الجسم الحر للكرة عند ثلاث نقاط في مسار حركتها: في طريقها إلى أعلى، وعند القمة، وفي طريقها إلى أسفل، وحدد القوى التي تؤثر في الكرة.

في طريقها إلى الأعلى

عند القمة

في طريقها إلى الأسفل

b. ما سرعة الكرة عند أعلى نقطة وصلت إليها؟

0 m/s

c. ما تسارع الكرة عند هذه النقطة؟

لأن القوة الوحيدة التي تؤثر فيها هي قوة جذب الأرض لها، لذا: $a = 9\ 80\ m/s^2$

إتقان حل المسائل

4–1 القوة والحركة
صفحة 125

48. ما القوة المحصلة التي تؤثر في كرة كتلتها 1.0 kg وتسقط سقوطًا حرًّا؟

$$F_{\text{المحصلة}} = F_g = mg$$
$$= (1\ 0\ kg)(9\ 80\ m/s^2)$$
$$= 9\ 8\ N$$

49. تتباطأ سيارة كتلتها 2300 kg بمقدار $3.0\ m/s^2$ عندما تقترب من إشارة مرور. ما مقدار القوة المحصلة التي تجعلها تتباطأ وفق المقدار المذكور؟

$$F = ma$$
$$= (2300\ kg)(3\ 0\ m/s^2)$$
$$= 6\ 9\times10^3\ N$$

4–2 استخدام قوانين نيوتن
(صفحتا 126–125)

50. ما وزنك بوحدة النيوتن؟

$$F_g = mg = (9\ 80\ m/s^2)(m)$$

ستختلف الإجابات

51. تزن دراجتك النارية 2450 N ، فما كتلتها بالكيلوجرام؟

$$F_g = mg$$
$$m = \frac{F_g}{g} = \frac{2450\ N}{9.80\ m/s^2}$$
$$= 2\ 50\times10^2\ N$$

52. وضع تلفاز كتلته 7.50 kg على ميزان نابض. إذا كانت قراءة الميزان 78.4 N ، فما تسارع الجاذبية الأرضية في ذلك المكان؟

$$F_g = mg$$
$$g = \frac{F_g}{m}$$
$$= \frac{78\ 4\ N}{7\ 50\ kg}$$
$$= 10\ 5\ m/s^2$$

53. وضع ميزان داخل مصعد. ما القوة التي يؤثر بها الميزان في شخص يقف عليه كتلته53 kg ، وذلك في الحالات الآتية:

a. إذا تحرك المصعد بسرعة منتظمة إلى أعلى.

$$F_{\text{الميزان}} = F_g$$
$$= mg$$
$$= (53\ \text{kg})(9\ 80\ \text{m/s}^2)$$
$$= 5\ 2\times10^2\ \text{N}$$

b. إذا تباطأ المصعد بمقدار $2.0\ \text{m/s}^2$ في أثناء حركته إلى أعلى.

يتباطأ في أثناء الصعود أو يتسارع في أثناء الهبوط.

$$F_{\text{الميزان}} = F_g + F_{\text{التباطؤ}}$$
$$= mg + ma$$
$$= m(g + a)$$
$$= (53\ \text{kg})(9\ 80\ \text{m/s}^2 - 2\ 0\ \text{m/s}^2)$$
$$= 4\ 1\times10^2\ \text{N}$$

c. إذا تسارع المصعد بمقدار $2.0\ \text{m/s}^2$ في أثناء حركته إلى أسفل.

يتباطأ في أثناء الصعود أو يتسارع في أثناء الهبوط.

$$F_{\text{الميزان}} = F_g + F_{\text{التسارع}}$$
$$= mg + ma$$
$$= m(g + a)$$
$$= (53\ \text{kg})(9\ 80\ \text{m/s}^2 - 2\ 0\ \text{m/s}^2)$$
$$= 4\ 1\times10^2\ \text{N}$$

d. إذا تحرك المصعد إلى أسفل بسرعة منتظمة.

$$F_{\text{الميزان}} = F_g$$
$$= mg$$
$$= (53\ \text{kg})(9\ 80\ \text{m/s}^2)$$
$$= 5\ 2\times10^2\ \text{N}$$

e. إذا تباطأ المصعد في أثناء حركته إلى أسفل بتسارع ثابت حتى يتوقف.

يعتمد ذلك على مقدار التسارع

$$F_{\text{الميزان}} = F_g + F_{\text{التباطؤ}}$$
$$= mg + ma$$
$$= m(g + a)$$
$$= (53\ \text{kg})(9\ 80\ \text{m/s}^2 + a)$$

54. **فلك** إذا كان تسارع الجاذبية على سطح عطارد يعادل 0.38 من قيمته على سطح الأرض:

a. فما وزن جسم كتلته 6.0 kg على سطح عطارد؟

$$F_g = mg(0\ 38)$$
$$= (6\ 0\ \text{kg})(9\ 80\ \text{m/s}^2)(0\ 38)$$
$$= 22\ \text{N}$$

b. إذا كان تسارع الجاذبية على سطح بلوتو يساوي 0.08 من مثيله على سطح عطارد، فما وزن كتلة 7.0 kgعلى سطح بلوتو؟

$$F_g = mg(0\ 38)(0\ 08)$$
$$= (7\ 0\ \text{kg})(9\ 80\ \text{m/s}^2)(0\ 38)(0\ 08)$$
$$= 2\ 1\ \text{N}$$

55. قفز غواص كتلته 65 kg من منصة ارتفاعها 10.0 m.

a. أوجد سرعة الغواص لحظة ارتطامه بسطح الماء.

$$v_f^2 = v_i^2 + 2gd$$
$$v_i = 0\ \text{m/s}$$
$$v_f = \sqrt{2gd}$$
$$= \sqrt{2(9.80\ \text{m/s}^2)(10.0\ \text{m})}$$
$$= 14\ 0\ \text{m/s}$$

b. إذا توقف الغواص على بُعد 2.0m تحت سطح الماء، فأوجد محصلة القوة التي يؤثر بها الماء في الغواص.

$$v_f^2 = v_i^2 + 2ad$$

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

لذا فإن

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

و

$$F = ma$$

$$= \frac{-mv_i^2}{2d}$$

$$= \frac{-(65\ \text{kg})(14.0\ \text{m/s})^2}{2(2.0\ \text{m})}$$

$$= -3\ 2\times10^3\ \text{N}$$

56. بدأت سيارة سباق كتلتها 710 kg حركتها من السكون وقطعت مسافة 40.0 m في 3.0 s . فإذا كان تسارع السيارة ثابتًا خلال هذه الفترة، فما القوة المحصلة التي تؤثر فيها؟

$$d = v_0 t + (\frac{1}{2})at^2$$

وبما أن:

$$v_0 = 0,$$

فإن:

$$a = \frac{2d}{t^2}$$

و

$$F = ma,$$

ولذلك فإن:

$$F = \frac{2md}{t^2}$$

$$= \frac{(2)(710\ \text{kg})(40.0\ \text{m})}{(3.0\ \text{s})^2}$$

$$= 6\ 3\times10^3\ \text{N}$$

3–4 قوى التأثير المتبادل

صفحة 126

57. وضع مكعب من الحديد كتلته 6.0 kg على سطح مكعب آخر كتلته 7.0 kg يستقر بدوره على سطح طاولة أفقية، احسب:

a. مقدار واتجاه القوة التي يؤثر بها المكعب الذي كتلته 7.0kg في المكعب الآخر.

$$F_{\text{المحصلة}} = F_N - mg$$

$$F_N = F_{\text{المكعب الثاني في المكعب الأول}}$$

$$= mg$$

$$= (6\ 0\ \text{kg})(9\ 80\ \text{m/s}^2)$$

$$= 59\ \text{N}\ \text{إلى الأعلى}$$

b. مقدار واتجاه القوة التي يؤثر بها المكعب الذي كتلته 6.0 kg في المكعب الذي كتلته 7.0 kg.

59 N، إلى أسفل.

58. تسقط قطرة مطر كتلتها 2.45 mg على الأرض. ما مقدار القوة التي تؤثر بها في الأرض؟

$$F_{\text{قطرة المطر في الأرض}} = F_g$$

$$= mg$$

$$= (0\ 00245\ \text{kg})(9\ 80\ \text{m/s}^2)$$

$$= 2\ 40\times10^{-2}\ \text{N}$$

59. يلعب شخصان لعبة شد الحبل. أحدهما كتلته 90.0 kg يشد الحبل بحيث يكتسب الشخص الآخر وكتلته 55 kg تسارعًا مقداره 0.025 m /s^2 . ما القوة التي يؤثر بها الحبل في الشخص ذي الكتلة الكبرى؟

بالمقدار نفسه للقوة التي يؤثر بها الحبل في الشخص الذي كتلته تساوي 55 kg:

$$F = ma = (55\ \text{kg})(0\ 025\ \text{m/s}^2) = 1\ 4\ \text{N}$$

60. تتسارع طائرة مروحية كتلتها 4500 kg إلى أعلى بمقدار $2.0\ m/s^2$. احسب القوة التي يؤثر بها الهواء في المراوح؟

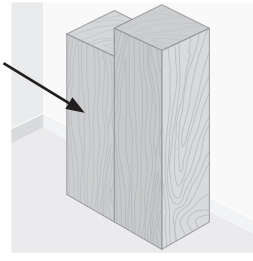
$$ma = F_{\text{المحصلة}} = F_{\text{الهواء في المراوح}} + F_g = F_{\text{الهواء في المراوح}} + mg$$

ولذلك:

$$F_{\text{الهواء في المراوح}} = ma - mg = m(a - g)$$
$$= (4500\ \text{kg})((2\ 0\ \text{m/s}^2) - (-9\ 8\ \text{m/s}^2))$$
$$= 5\ 3\times10^4\ \text{N}$$

مراجعة عامة
(صفحتا 127–126)

61. يُدفع جسمان كتلة أحدهما 4.3 kg ، وكتلة الآخر 5.4 kg بقوة أفقية مقدارها 22.5 N ، على سطح مهمل الاحتكاك (انظر **الشكل 18–4**).



■ الشكل 18–4

a. ما تسارع الجسمين؟

حدّد الجسمين معًا على أنهما يمثلان النظام، وأن الاتجاه نحو اليمين هو الاتجاه الموجب.

$$F_{\text{المحصلة}} = ma,$$
$$m = m_1 + m_2$$
$$a = \frac{F}{m_1 + m_2}$$
$$= \frac{22.5\ \text{N}}{4.3\ \text{kg} + 5.4\ \text{kg}}$$
$$= 2\ 3\ \text{m/s}^2\ \text{إلى اليمين}$$

b. ما القوة التي يؤثر بها الجسم الذي كتلته 4.3 kg في الجسم الذي كتلته 5.4 kg؟

حدد الجسم الذي كتلته 5 4 kg على أنه يمثل النظام، وأن الاتجاه نحو اليمين هو الاتجاه الموجب.

$$F_{\text{المحصلة}} = F_{\text{الجسم الذي كتلته 5 4 kg في الجسم الذي كتلته 4 3 kg}}$$
$$= ma$$
$$= (5\ 4\ \text{kg})(2\ 3\ \text{m/s}^2)$$
$$= 12\ \text{N إلى اليمين}$$

c. ما القوة التي يؤثر بها الجسم الذي كتلته 5.4 kg في الجسم الذي كتلته 4.3 kg؟

وفقًا للقانون الثالث لنيوتن، يجب أن تكون هذه القوة مساوية ومعاكسة للقوة التي حسبت في الفرع b، ولذلك يكون مقدار هذه القوة 12 N، أما اتجاهها فيكون إلى اليسار.

62. جسمان كتلة الأول 5.0 kg ، وكتلة الثاني 3.0 kg، مربوطان بحبل مهمل الكتلة (انظر **الشكل 19–4**). يمر الحبل فوق بكرة ملساء مهملة الكتلة. إذا انطلق الجسمان من السكون، فأوجد ما يأتي:

a. قوة الشد في الحبل.

b. تسارع الجسمين.

تلميح: ستحتاج إلى حل المعادلتين آنيًا.

■ الشكل 19–4

يمكن الحصول على المعادلة الأولى من مخطط الجسم الحر للجسم الأول الذي كتلته تساوي 5 0 kg، والاتجاه نحو أسفل هو الاتجاه الموجب.

$$F_{\text{المحصلة}} = F_{\text{كتلة الأرض في الجسم الأول}} - F_{\text{الحبل في الجسم الأول}} \quad m_{\text{الجسم الأول}}\, a \quad (1)$$

يمكن الحصول على المعادلة الثانية من مخطط الجسم الحر للجسم الثاني الذي كتلته تساوي 3 0 kg، والاتجاه نحو الأعلى هو الاتجاه الموجب.

$$F_{\text{المحصلة}} = F_{\text{الحبل في الجسم الثاني}} - F_{\text{كتلة الأرض في الجسم الثاني}} = m_{\text{الجسم الثاني}}\, a \quad (2)$$

ستكون قوى الحبل المؤثرة في كل جسم هي نفسها أو تكون متساوية في مقدار؛ وذلك لأن الشد خلال الحبل ثابت، وتسمى هذه القوة الشد (F_T).

$$F_{\text{كتلة الأرض في الجسم الأول}} - F_T = m_{\text{الجسم الأول}}\, a \quad (1)$$

$$F_T - F_{\text{كتلة الأرض في الجسم الثاني}} = m_{\text{الجسم الثاني}}\, a \quad (2)$$

حل المعادلة 2 بالنسبة لـ T وعوضها في المعادلة 1.

$$m_{\text{الجسم الأول}}\, a = F_{\text{كتلة الأرض في الجسم الأول}} - F_{\text{كتلة الأرض في الجسم الثاني}} - m_{\text{الجسم الثاني}}\, a$$

$$a = \frac{F_{\text{كتلة الأرض في الجسم الأول}} - F_{\text{كتلة الأرض في الجسم الثاني}}}{m_{\text{الجسم الأول}} + m_{\text{الجسم الثاني}}}$$

$$= \frac{(m_{\text{الجسم الأول}} - m_{\text{الجسم الثاني}})g}{m_{\text{الجسم الثاني}} + m_{\text{الجسم الأول}}}$$

$$= \frac{(5.0\ \text{kg} - 3.0\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2)}{3.0\ \text{kg} + 5.0\ \text{kg}}$$

$$= 2\ 4\ \text{m/s}^2$$

حل المعادلة 2 بالنسبة لـ T.

$$F_T = F_{\text{كتلة الأرض على الجسم الثاني}} + m_{\text{الجسم الثاني}}\, a$$

$$= m_{\text{الجسم الثاني}}\, g + m_{\text{الجسم الثاني}}\, a$$

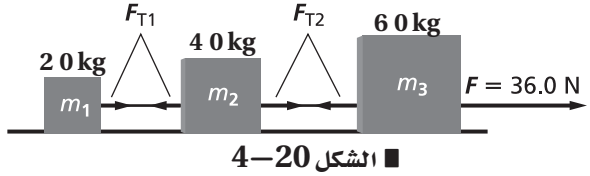
$$= m_{\text{الجسم الثاني}}\, (g + a)$$

$$= (3\ 0\ \text{kg})(9\ 80\ \text{m/s}^2 + 2\ 4\ \text{m/s}^2)$$

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

التفكير الناقد
صفحة 127

63. ثلاث كتل متصلة بخيوط مهملة الكتل. سحبت الكتل بقوة أفقية على سطح أملس كما في **الشكل 20–4**. أوجد:



الشكل 20–4

a. تسارع كل كتلة.

سيكون التسارع هو نفسه للكتل الثلاث ما دامت الكتل جميعها تتحرك معًا.

$$F = ma$$

$$= (m_1 + m_2 + m_3)a$$

$$a = \frac{F}{m_1 + m_2 + m_3}$$

$$= \frac{36\ \text{N}}{2.0\ \text{kg} + 4.0\ \text{kg} + 6.0\ \text{kg}}$$

$$= 3\ 0\ \text{m/s}^2$$

b. قوة الشد في كل خيط.

$$F_{\text{المحصلة}} = ma$$

$$F - F_{T2} = m_3 a$$

$$F_{T2} - F_{T1} = m_2 a$$

$$F_{T1} = m_1 a$$

$$= (2\ 0\ \text{kg})(3\ 0\ \text{m/s}^2)$$

$$= 6\ 0\ \text{N}$$

$$F_{T2} = m_2 a + F_{T1}$$

$$= (4\ 0\ \text{kg})(3\ 0\ \text{m/s}^2) + 6\ 0\ \text{N}$$

$$= 18\ \text{N}$$

الكتابة في الفيزياء
صفحة 127

64. ابحث عن إسهامات نيوتن في الفيزياء واكتب عن ذلك موضوعًا. هل تعتقد أن قوانينه الثلاثة في الحركة كانت من أهم إنجازاته؟ وضح إجابتك.

ستختلف الإجابات، يجب أن تشمل إسهامات نيوتن أعماله في: الضوء واللون، والتلسكوبات، والفلك، وقوانين الحركة، والجاذبية، والحساب. وتعتبر قوانين نيوتن الثلاثة من أهم إنجازاته؛ إذ إنها الأساس الذي بني على علم الكيمياء. وقد تكون محاولاته لفهم الجاذبية من أعظم إنجازاته.

مراجعة تراكمية

صفحة 127

65. يبين **الشكل 21–4** الرسم البياني لمنحنى (الموقع – الزمن) لحركة سيارتين على الطريق.

■ **الشكل 21–4**

a. عند أية لحظة تتجاوز إحدى السيارتين الأخرى؟

3 s, 8 s

b. أي السيارتين كانت تتحرك أسرع عند الزمن 7.0 s؟

السيارة A

c. ما الزمن الذي تتساوى عنده السُّرعتان المتجهتان للسيارتين؟

5 s

d. ما الفترة الزمنية التي تتزايد خلالها سرعة السيارة B؟

لا توجد؛ لأن ميل المنحنى يتناقص باستمرار.

e. ما الفترة الزمنية التي تتناقص خلالها سرعة السيارة B؟

من 3 s إلى 10 s تقريبًا.

66. بالرجوع إلى الشكل السابق، احسب السرعة اللحظية لكل مما يأتي:

a. السيارة B عند اللحظة 2.0 s.

0 m/s

b. السيارة B عند اللحظة 9.0 s.

0 m/s

c. السيارة A عند اللحظة 2.0 s.

1 m/s تقريبًا

مسألة تحفيز

صفحة 110

تنطلق عربة كتلتها 0.50 kg، وتعبر من خلال بوابة كهروضوئية (PHOTOELECTRIC GATE) بسرعة ابتدائية مقدارها 0.25 m/s، وتؤثر فيها لحظة عبورها قوة ثابتة مقدارها 0.40 N في اتجاه حركتها نفسه.

1. ما تسارع العربة؟

$$F = ma$$

$$a = \frac{F}{m} = \frac{0\ 40\ \text{N}}{0\ 50\ \text{kg}} = 0\ 80\ \text{m/s}^2$$

2. إذا استغرقت العربة 1.3 s حتى عبورها للبوابة الثانية، فما المسافة بين البوابتين؟

$$d_f = d_i + v_i t + \frac{1}{2}at^2$$

$$= 0\ 0\ \text{m} + (0\ 25\ \text{m/s})(1\ 3\ \text{s}) + \frac{1}{2}(0\ 80\ \text{m/s}^2)\ (1\ 3\ \text{s})^2$$

$$= 1\ 0\ \text{m}$$

3. إذا أثرت القوة 0.40 N في العربة عن طريق رُبط خيط بالعربة، ومُرّر طرف الخيط الآخر فوق بكرة عديمة الاحتكاك، ثم ربط بكتلة تعليق m، فما مقدار كتلة التعليق m؟

$$F_g = m_{\text{كتلة التعليق}}\, g$$

$$m_{\text{كتلة التعليق}} = \frac{F_g}{g} = \frac{0.40\ \text{N}}{9.80\ \text{m/s}^2} = 4\ 1\times10^{-2}\ \text{kg}$$

4. اشتق معادلة الشد في الخيط بدلالة كل من كتلة العربة M ، وكتلة التعليق m، وتسارع الجاذبية الأرضية g.

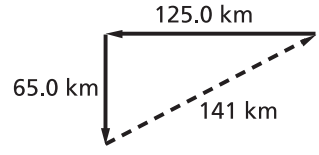
$$T = mg = Ma$$

مسائل تدريبية

5–1 المتجهات (صفحات 16–9)

صفحة 12

1. قطعت سيارة 125.0 km في اتجاه الغرب، ثم 65.0 km في اتجاه الجنوب. فما مقدار إزاحتها؟ حل المسألة بطريقة الرسم وبالطريقة الحسابية.



$$R^2 = A^2 + B^2$$

$$R = \sqrt{(A^2 + B^2)}$$

$$= \sqrt{(65.0\ \text{km})^2 + (125.0\ \text{km})^2}$$

$$= 141\ \text{km}$$

2. سار شخص 4.5 km في اتجاه ما، ثم انعطف بزاوية °45 في اتجاه اليمين، وسار مسافة 6.4 km. ما مقدار إزاحته؟

$$R^2 = A^2 + B^2 - 2AB\cos\theta$$

$$R = \sqrt{A^2 + B^2 - 2AB\cos\theta}$$

$$= \sqrt{(4.5\ \text{km})^2 + (6.4\ \text{km})^2 - 2(4.5\ \text{km})(6.4\ \text{km})(\cos 135^\circ)}$$

$$= 1\ 0 \times 10^1\ \text{km}$$

صفحة 16

حُلّ المسائل 8 3 جبريًّا (يمكن حل بعضها أيضًا بطريقة الرسم للتحقق من الإجابة).

3. يمشي أحمد مسافة 0.40 km بزاوية °60 غرب الشمال، ثم يمشي 0.50 km غربًا. ما إزاحة أحمد؟

حدّد الاتجاهين (الشمال والغرب) على أنهما اتجاهان موجبان

$$d_{1W} = d_1 \sin\theta = (0\ 40\ \text{km})(\sin 60\ 0^\circ) = 0\ 35\ \text{km}$$

$$d_{1N} = d_1 \cos\theta = (0\ 40\ \text{km})(\cos 60\ 0^\circ) = 0\ 20\ \text{km}$$

$$d_{2W} = 0\ 50\ \text{km} \qquad d_{2N} = 0\ 00\ \text{km}$$

$$R_W = d_{1W} + d_{2W} = 0\ 35\ \text{km} + 0\ 50\ \text{km} = 0\ 85\ \text{km}$$

$$R_N = d_{1N} + d_{2N} = 0\ 20\ \text{km} + 0\ 00\ \text{km} = 0\ 20\ \text{km}$$

$$R = \sqrt{(R_W^2 + R_N^2)}$$

$$= \sqrt{(0.85\ \text{km})^2 + (0.20\ \text{km})^2}$$

$$= 0\ 87\ \text{km}$$

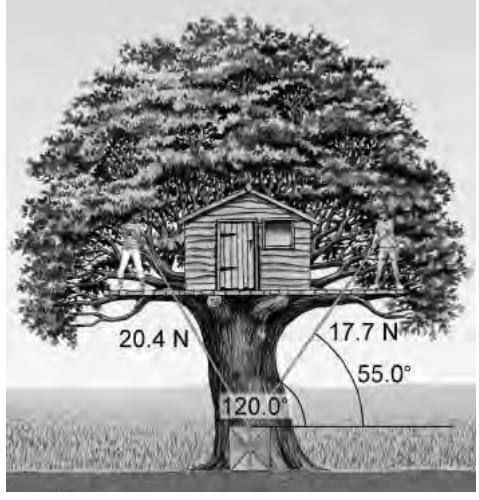
$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{R_W}{R_N}\right)$$

$$= \tan^{-1}\left(\frac{0.85\ \text{km}}{0.20\ \text{km}}\right)$$

$$= 77^\circ$$

$R = 0\ 87\ \text{km}$، في اتجاه يصنع زاوية °77 غرب الشمال

4. يقضي الأخوان أحمد وعبد الله بعض الوقت في بيت بنياه فوق شجرة. وقد استعملا بعض الحبال لرفع صندوق كتلته 3.20 kg يحوي الأمتعة. فإذا وقفا على غصنين مختلفين كما في **الشكل 6–5** وسحبا بالزاويتين والقوتين الموضحتين في الشكل، فاحسب كلاً من المركّبتين x و y للقوة المحصلة المؤثرة في الصندوق. ***تنبيه: ارسم مخطط الجسم الحر حتى لا تنسى أي قوة.***



■ الشكل 6–5

حدّد الاتجاهين (إلى أعلى وإلى اليمين) على أنهما اتجاهان موجبان.

$$F_{x,\text{أحمد في الصندوق}} = F_{\text{أحمد في الصندوق}} \cos\theta_A$$
$$= (20\ 4\ \text{N})(\cos 120^\circ)$$
$$= -10\ 2\ \text{N}$$

$$F_{y,\text{أحمد على الصندوق}} = F_{\text{أحمد في الصندوق}} \sin\theta_A$$
$$= (20\ 4\ \text{N})(\sin 120^\circ)$$
$$= 17\ 7\ \text{N}$$

$$F_{x,\text{عبدالله في الصندوق}} = F_{\text{عبدالله في الصندوق}} \cos\theta_A$$
$$= (17\ 7\ \text{N})(\cos 55^\circ)$$
$$= 10\ 2\ \text{N}$$

$$F_{y,\text{عبدالله في الصندوق}} = F_{\text{عبدالله في الصندوق}} \sin\theta_A$$
$$= (17\ 7\ \text{N})(\sin 55^\circ)$$
$$= 14\ 5\ \text{N}$$

$$F_{g,x} = 0\ 0\ \text{N}$$

$$F_{g,y} = -mg$$
$$= -(3\ 20\ \text{kg})(9\ 80\ \text{m/s}^2)$$
$$= -31\ 4\ \text{N}$$

$$F_{x,\text{المحصلة في الصندوق}} = F_{x,\text{أحمد في الصندوق}} + F_{x,\text{عبدالله في الصندوق}} + F_{g,x}$$
$$= -10\ 2\ \text{N} + 10\ 2\ \text{N} + 0\ 0\ \text{N}$$
$$= 0\ 0\ \text{N}$$
$$F_{y,\text{المحصلة في الصندوق}} = F_{y,\text{أحمد في الصندوق}} + F_{y,\text{عبدالله في الصندوق}} + F_{g,y}$$
$$= 17\ 7\ \text{N} + 14\ 5\ \text{N} - 31\ 4\ \text{N}$$
$$= 0\ 8\ \text{N}$$

القوة المحصلة تساوي 0 8 N في اتجاه الأعلى.

5. إذا بدأت الحركة من منزلك فقطعت 8.0 km شمالاً، ثم انعطفت شرقًا حتى أصبحت إزاحتك من المنزل 10.0 km، فما مقدار إزاحتك شرقًا؟

المحصلة تساوي 10 0 kg. وباستخدام نظرية فيثاغورس، فإن المسافة التي قطعتها نحو الشرق تحسب على النحو الآتي:

$$R^2 = A^2 + B^2$$

و عليه فإن:

$$B = \sqrt{(R^2 - A^2)}$$
$$= \sqrt{(10.0\ \text{km})^2 - (8.0\ \text{km})^2}$$
$$= 6\ 0\ \text{km}$$

6. أرجوحة طفل معلّقة بحبلين يميلان عن الرأسي بزاوية 13.0، وهما مربوطان إلى فرع شجرة. فإذا كان الشد في كل حبل 2.28 N فما مقدار واتجاه القوة المحصلة التي يؤثر بها الحبلان في الأرجوحة؟

ستكون القوة إلى أعلى مباشرة. ولما كانت الزاويتان متساويتين فإن القوتين الأفقيتين تكونان متساويتين مقدارًا ومتعاكستين اتجاهًا؛ لذا تلغي كل منهما الأخرى. أما مقدار القوة الرأسية فتحسب على النحو الآتي:

$$F_{\text{المحصلة}} = F_{\text{الحبل 1 في الأرجوحة}} \cos\theta + F_{\text{الحبل 2 في الأرجوحة}} \cos\theta$$
$$= 2F_{\text{الحبل 2 في الأرجوحة}} \cos\theta$$
$$= (2)(2\ 28\ \text{N})(\cos 13\ 0^\circ)$$
$$= 4\ 44\ \text{N}\ \text{في اتجاه الأعلى}$$

7. هل يمكن لمتجه أن يكون أقصر من إحدى مركّبتيه أو مساويًا لطولها؟ وضح ذلك.

لا يمكن أن يكون المتّجه أقصر من إحدى مركّبتيه، ولكن إذا انطبق المتّجه على المحور x أو المحور y فإنّ إحدى مركّبتيه تساوي طوله.

8. في النظام الإحداثي الذي يشير فيه المحور x إلى الشرق، ما مدى الزوايا الذي تكون فيه المركّبة x موجبة؟ وما مدى الزوايا الذي تكون فيه سالبة؟

تكون المركّبة x موجبة عند الزوايا الأقلّ من 90° والأكبر من 270°، وتكون سالبة عند الزوايا الأكبر من 90° والأقلّ من 270°.

مراجعة القسم

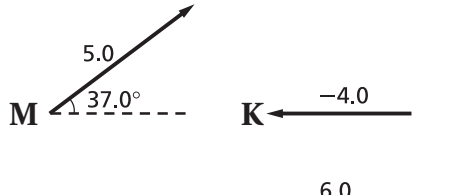
1–5 المتجهات (صفحات 16–9)

صفحة 16

9. المسافة مقابل الإزاحة هل تساوي المسافة التي تمشيها مقدار إزاحتك؟ أعط مثالاً يدعم استنتاجك.

ليس ضروريًا؛ فعلى سبيل المثال، يمكنني المشي حول منطقة سكنية على شكل مربع طول ضلعه 1 km، والعودة إلى النقطة نفسها التي بدأت منها، فتكون الإزاحة في هذه الحالة صفرًا ولكن المسافة تساوي 4 km.

10. طرح مُتّجه في الشكل 7–5 اطرح المُتّجه **K** من المتجه **L**.



■ الشكل 7–5

إلى جهة اليمين $0\ 10 = (0\ 4-) - 0\ 6$

11. مركّبات أوجد مركّبتي المتجه **M** المبين في الشكل 7–5.

$$M_x = M\cos\theta$$
$$= (5\ 0)(\cos 37\ 0^\circ)$$
في اتجاه اليمين $= 4\ 0$

$$M_y = M\sin\theta$$
$$= (5\ 0)(\sin 37\ 0^\circ)$$
في اتجاه الأعلى $= 3\ 0$

12. جمع المُتّجهات أوجد محصلة المُتّجهات الثلاثة المبينة في الشكل 7–5.

$$R_x = K_x + L_x + M_x$$
$$= -4\ 0 + 6\ 0 + 4\ 0$$
$$= 6\ 0$$

$$R_y = K_y + L_y + M_y$$
$$= 0\ 0 + 0\ 0 + 3\ 0$$
$$= 3\ 0$$

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}$$
$$= \sqrt{6.0^2 + 3.0^2}$$
$$= 6\ 7$$

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{R_y}{R_x}\right)$$
$$= \tan^{-1}\left(\frac{3}{6}\right)$$
$$= 27^\circ$$

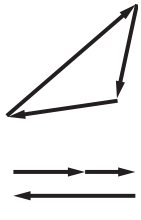
$R = 6\ 7$ في اتجاه يصنع زاوية 27° على الأفقي،

13. عمليات إبدالية إن الترتيب في جمع المتجهات غير مهم. ويقول علماء الرياضيات إن عملية جمع المتجه عملية إبدالية. فأيُّ العمليات الحسابية المألوفة عملية إبدالية؟ وأيها غير إبدالية؟

عمليتا الجمع والضرب عمليتان إبداليتان، أمّا عمليتا الطّرح والقسمة فليستا كذلك.

14. التفكير الناقد أُزيح صندوق، ثم أزيح إزاحة أخرى يختلف مقدارها عن مقدار الإزاحة الأولى. هل يمكن أن يكون للإزاحتين اتجاهان بحيث يجعلان الإزاحة المحصلة تساوي صفرًا؟ افترض أن الصندوق حُرّك خلال ثلاث إزاحات مقاديرها غير متساوية، فهل يمكن أن تساوي الإزاحة المحصلة صفرًا؟ ادعم استنتاجك برسم تخطيطي.

لا، ولكن إذا كان هناك ثلاث إزاحات، وشكّلت المتّجهات الممثلة لهذه الإزاحات مثلثًا مغلقًا عند رسمها بطريقة الرأس إلى الذيل، أو إذا كان مجموع متّجهي إزاحتين يساوي متجه الإزاحة الثالث في المقدار ويعاكسه في الاتجاه، فإنّ محصلتها تساوي صفرًا.



مسائل تدريبية

5–2 الاحتكاك (صفحات 23–17)

صفحتا 21 - 20

15. يؤثر فتى بقوة أفقية مقدارها 36 N في زلاجة وزنها 52 N عندما يسحبها على رصيف أسمنتي بسرعة منتظمة. ما معامل الاحتكاك الحركي بين الرصيف والزلاجة الفلزية؟ أهمل مقاومة الهواء.

$$F_N = mg = 52\ N$$

لما كانت السرعة ثابتة، فإن قوة الاحتكاك تساوي القوة التي يؤثر بها الفتى في الزلاجة، وتساوي 36 N.

$$f_k = \mu_k F_N$$

وعليه فإن:

$$\mu_k = \frac{f_k}{F_N}$$
$$= \frac{36\ N}{52\ N}$$
$$= 0.69$$

16. يدفع عامر صندوقًا ممتلئًا بالكتب من مكتبه إلى سيارته. فإذا كان وزن الصندوق والكتب معًا 134 N ومعامل الاحتكاك السكوني بين البلاط والصندوق 0.55، فما مقدار القوة التي يجب أن يدفع بها عامر حتى يبدأ الصندوق في الحركة؟

$$F_{\text{عامر في الصندوق}} = f_s$$
$$= \mu_s F_N$$
$$= \mu_s mg$$
$$= (0\ 55)(134\ N)$$
$$= 74\ N$$

17. تستقر زلاجة وزنها 52 N على ثلج متراكم. فإذا كان معامل الاحتكاك الحركي بين الزلاجة والثلج 0.12، وجلس شخص وزنه 650 N على الزلاجة فما مقدار القوة اللازمة لسحب الزلاجة على الثلج بسرعة ثابتة؟

لما كانت السرعة ثابتة، فإن القوة المؤثرة تساوي قوة الاحتكاك، وعليه فإن:

$$f_k = \mu_k F_N$$
$$= (0\ 12)(52\ N + 650\ N)$$
$$= 84\ N$$

18. آلة معينة بها قطعتان فولاذيتان يجب أن تُدلك كل منهما بالأخرى بسرعة ثابتة. فإذا كانت القوة الضرورية لضمان أداء القطعتين بصورة مناسبة 5.8 N قبل معالجة تقليل الاحتكاك بينهما، فاحسب ـ مستعينًا بالجدول 1–5 ـ القوة المطلوبة ليكون أداؤهما مناسبًا بعد معالجتهما بالزيت.

$$f_{k,\text{قبل}} = \mu_{k,\text{قبل}} F_N$$

$$F_N = \frac{f_{k,\text{قبل}}}{\mu_{k,\text{قبل}}}$$
$$= \frac{5.8\ N}{0.58}$$
$$= 1\ 0 \times 10^1\ N$$

$$f_{k,\text{بعد}} = \mu_{k,\text{بعد}} F_N$$
$$= (0\ 06)(1\ 0 \times 10^1\ N)$$
$$= 0\ 6\ N$$

صفحة 22

19. تنزلق قطعة خشبية كتلتها 1.4 kg على سطح خشن، فتتباطأ بتسارع مقداره $1.25\ m/s^2$. ما معامل الاحتكاك الحركي بين القطعة الخشبية والسطح؟

$$F_{\text{المحصلة}} = \mu_k F_N$$
$$ma = \mu_k mg$$
$$\mu_K = \frac{a}{g}$$
$$= \frac{1.25\ m/s^2}{9.80\ m/s^2}$$
$$= 0\ 128$$

20. ساعدت والدك لتحرِّكا خزانة كتب كتلتها 41 kg في غرفة المعيشة. فإذا دُفعت الخزانة بقوة 65 N وتسارعت بمقدار $0.12\ m/s^2$، فما معامل الاحتكاك الحركي بين الخزانة والسجادة؟

$$F_{\text{المحصلة}} = F - \mu_k F_N = F - \mu_k mg = ma$$

$$\mu_k = \frac{F - ma}{mg}$$

$$= \frac{65\ N - (41\ kg)(0.12\ m/s^2)}{(41\ kg)(9.80\ m/s^2)}$$

$$= 0\ 15$$

21. سُرِّع قرص في لعبة على أرضية خرسانية حتى وصلت سرعته إلى 5.8 m/s ثم أُفلت. فإذا كان معامل الاحتكاك الحركي بين القرص والأرضية 0.31، فما المسافة التي يقطعها القرص قبل أن يتوقف؟

حدّد اتجاه حركة القرص على أنه الاتجاه الموجب، ثم احسب تسارع القرص الذي كان سببه قوة الاحتكاك

$$F_{\text{المحصلة}} = -\mu_k F_N = -\mu_k mg = ma$$

$$a = -\mu_k g$$

ثم أوجد المسافة باستعمال المعادلة الآتية:

$$v_f^2 = v_i^2 + 2a(d_f - d_i)$$

وعوّض $d_i = 0$، ومن ثم حل المعادلة بالنسبة لـ d_f.

$$d_f = \frac{v_f^2 - v_i^2}{2a}$$

$$= \frac{v_f^2 - v_i^2}{(2)(-\mu_k g)}$$

$$= \frac{(0.0\ m/s)^2 - (5.8\ m/s)^2}{(2)(-0.31)(9.80\ m/s^2)}$$

$$= 5\ 5\ m$$

22. عندما كان عبد الله يقود سيارته في ليلة ممطرة بسرعة 23 m/s، شاهد فرع شجرة ملقى على الطريق فضغط على المكابح. إذا كانت المسافة بين السيارة والفرع لحظة الضغط على المكابح 60.0 m، وكان معامل الاحتكاك الحركي بين إطارات السيارة والطريق0.41، فهل تتوقف السيارة قبل أن تصطدم بالفرع، علمًا بأن كتلة السيارة 2400 kg؟

حدّد الاتجاه الموجب على أنه اتجاه حركة السيارة،

$$F_{\text{المحصلة}} = -\mu_k F_N = -\mu_k mg = ma$$

$$a = -\mu_k g$$

ثم أوجد المسافة باستعمال المعادلة الآتية:

$$v_f^2 = v_i^2 + 2a(d_f - d_i)$$

وعوّض $d_i = 0$، ومن ثم حل المعادلة بالنسبة لـ d_f.

$$d_f = \frac{v_f^2 - v_i^2}{2a}$$

$$= \frac{v_f^2 - v_i^2}{(2)(-\mu_k g)}$$

$$= \frac{(0.0\ m/s)^2 - (23\ m/s)^2}{(2)(-0.41)(9.80\ m/s^2)}$$

$$= 66\ m$$

لذا فإنّه يصطدم بالفرع قبل أن يتمكّن من التّوقف.

مراجعة القسم

2–5 الاحتكاك (صفحة 23–17)

صفحة 23

23. **احتكاك** قارن بين الاحتكاك السكوني والاحتكاك الحركي.

التشابه: يؤثر كل منهما في اتجاه يعاكس حركة الجسم (عندما يكون متحركًا أو على وشك الحركة) وينتجان من احتكاك سطحين معًا.

الاختلاف: ينشأ الاحتكاك السكوني عندما لا يكون هناك حركة نسبية بين سطحين، أمّا الاحتكاك الحركي فينتج عندما يكون هناك حركة نسبية بينهما. ومعامل الاحتكاك السكوني بين سطحين أكبر من معامل الاحتكاك الحركي بين السطحين نفسيهما.

24. قوة الاحتكاك انزلق صندوق كتلته 25 kg على أرضية صالة رياضية ثم توقف. فإذا كان معامل الاحتكاك الحركي بين الصندوق وأرضية الصالة 0.15، فما مقدار قوة الاحتكاك التي أثرت فيه؟

$$f_k = \mu_k F_N$$
$$= \mu_k mg$$
$$= (0\ 15)(25\ \text{kg})(9\ 80\ \text{m/s}^2)$$
$$= 37\ \text{N}$$

25. سرعة ألقى أحمد بطاقة فانزلقت على سطح الطاولة مسافة 0.35 m قبل أن تتوقف. إذا كانت كتلة البطاقة 2.3 g، ومعامل الاحتكاك الحركي بينها وبين سطح الطاولة0.24، فما السرعة الابتدائية للبطاقة؟

حدّد اتجاه حركة البطاقة على أنه الاتجاه الموجب.

$$F_{\text{المحصلة}} = -\mu_k F_N = -\mu_k mg = ma$$
$$a = -\mu_k g$$
$$v_f = d_i = 0$$
$$v_i = \sqrt{-2ad_f}$$
$$= \sqrt{-2(-\mu_k g)\, d_f}$$
$$= \sqrt{-2(-0.24)(9.80\ \text{m/s}^2)(0.35\ \text{m})}$$
$$= 1\ 3\ \text{m/s}$$

26. قوة إذا كان معامل الاحتكاك السكوني بين طاولة كتلتها 40.0 kg وسطح الأرض يساوي 0.43، فما أكبر قوة أفقية يمكن أن تؤثر في الطاولة دون أن تحركها؟

$$f_s = \mu_s F_N$$
$$= \mu_s mg$$
$$= (0\ 43)(40\ 0\ \text{kg})(9\ 80\ \text{m/s}^2)$$
$$= 1\ 7 \times 10^2\ \text{N}$$
$$= 170\ \text{N}$$

27. تسارع انتقل سامي إلى شقة جديدة فوضع خزانته على أرضية صندوق الشاحنة. ما القوة التي تجعل الخزانة تتسارع عندما تتسارع الشاحنة إلى الأمام؟ وتحت أي ظرف يمكن للخزانة أن تنزلق؟ وفي أي اتجاه؟

إنّ الاحتكاك بين الخزانة وأرضيّة صندوق الشاحنة يجعل الخزانة تتسارع إلى الأمام. وتنزلق الخزانة إلى الخلف إذا كانت القوة التي تتسبب في تسارعها أكبر من $\mu_s mg$.

28. التفكير الناقد تُدفع طاولة كتلتها 13 kg بقوة أفقية مقدارها 20 N، دون أن تحركها، وعندما دفعتها بقوة أفقية 25 N اكتسبت تسارعًا مقداره $0.26\ \text{m/s}^2$. ما الذي يمكن أن تستنتجه عن معاملي الاحتكاك السكوني والحركي؟

يمكنك أن تحدد بناءً على جزء الانزلاق في تجربتك أنّ معامل الاحتكاك الحركي بين الطاولة والأرض يساوي:

$$f_k = F_{\text{في الطاولة}} - F_{\text{محصلة}}$$
$$\mu_k F_N = F_{\text{في الطاولة}} \quad ma$$
$$\mu_k = \frac{F_{\text{في الطاولة}} - ma}{mg}$$
$$= \frac{25\ \text{N} - (13\ \text{kg})(0.26\ \text{m/s})}{(13\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2)}$$
$$= 0\ 17$$

كل ما يمكنك أن تستنتجه حول معامل الاحتكاك السكوني أن مقداره بين:

$$\mu_s = \frac{F_{\text{في الطاولة}}}{mg}$$
$$= \frac{20\ \text{N}}{(13\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2)}$$
$$= 0\ 16$$

و

$$\mu_s = \frac{F_{\text{في الطاولة}}}{mg}$$
$$= \frac{25\ \text{N}}{(13\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2)}$$
$$= 0\ 20$$

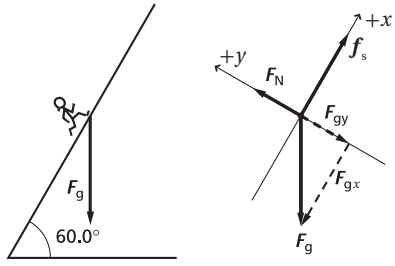
$$0\ 16 \quad \mu_s \quad 0\ 20$$

مسائل تدريبية

5–3 القوة والحركة في بعدين (صفحات 29–24)

صفحة 28

29. يصعد شخص بسرعة ثابتة تلاً يميل على الرأسي بزاوية °60. ارسم مخطط الجسم الحر لهذا الشخص.



30. حرّك أحمد وسمير طاولة عليها كأس كتلتها 0.44 kg بعيدًا عن أشعة الشمس. فرفع أحمد طرف الطاولة من جهته قبل أن يرفع سمير الطرف المقابل، فمالت الطاولة على الأفقي بزاوية °15. أوجد مركّبتي وزن الكأس الموازية لسطح الطاولة والعمودية عليه.

$$F_{g,\text{موازية}} = F_g \sin\theta$$
$$= (0\ 44\ \text{kg})(9\ 80\ \text{m/s}^2)(\sin 15\ 0^\circ)$$
$$= 1\ 1\ \text{N}$$
$$F_{g,\text{عمودية}} = F_g \cos\theta$$
$$= (0\ 44\ \text{kg})(9\ 80\ \text{m/s}^2)(\cos 15\ 0^\circ)$$
$$= 4\ 2\ \text{N}$$

31. يبين **الشكل 14–5** شخصًا كتلته 50.0 kg يجلس على كرسي في عيادة طبيب الأسنان. فإذا كانت مركّبة وزنه العمودية على مستوى مقعد الكرسي449 N، فما الزاوية التي يميل بها الكرسي بالنسبة إلى المحور الأفقي؟

■ **الشكل 14–5**

$$F_{g,\text{عمودية}} = F_g \cos\theta = mg\cos\theta$$
$$\theta = \cos^{-1}\left(\frac{F_{g,\text{عمودية}}}{mg}\right)$$
$$= \cos^{-1}\left(\frac{449\ \text{N}}{(50.0\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2)}\right)$$
$$= 23\ 6^\circ$$

32. ينزلق سامي في حديقة الألعاب على سطح مائل يصنع زاوية °35 مع الأفقي. إذا كانت كتلته 43 kg، فما مقدار القوة العمودية بينه وبين السطح المائل؟

$$F_N = mg\cos\theta$$
$$= (43.0\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2)(\cos 35.0^\circ)$$
$$= 345\ \text{N}$$

33. إذا وضعت حقيبة سفر على سطح مائل، فما مقدار الزاوية التي يجب أن يميل بها هذا السطح بالنسبة إلى المحور الرأسي حتى تكون مركّبة وزن الحقيبة الموازية للسطح مساوية لنصف مقدار مركّبتها العمودية عليه؟

$F_{g,\text{موازية}} = F_g \sin\theta$، عندما تكون الزاوية بالنسبة للمحور الأفقي

$F_{g,\text{عمودية}} = F_g \cos\theta$، عندما تكون الزاوية بالنسبة للمحور الأفقي

$$F_{g,\text{عمودية}} = 2F_{g,\text{موازية}}$$
$$2 = \frac{F_{g,\text{عمودية}}}{F_{g,\text{موازية}}}$$
$$= \frac{F_g\cos\theta}{F_g\sin\theta}$$
$$= \frac{1}{\tan\theta}$$
$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{1}{2}\right)$$
$$= 26\ 6^\circ$$ بالنسبة للمحور الأفقي

أو

$$= 63\ 4^\circ$$ بالنسبة للمحور الرأسي

34. في المثال رقم 6، إذا تزلج الشخص نفسه إلى أسفل منحدر ثلجي زاوية ميله °31 على الأفقي، فما مقدار تسارعه؟

$$a = g(\sin\theta - \mu\cos\theta)$$
$$= (9\ 80\ \text{m/s}^2)(\sin 31^\circ - (0\ 15)(\cos 31^\circ))$$
$$= 3\ 8\ \text{m/s}^2$$

35. ينزلق شخص كتلته 45 kg إلى أسفل سطح مائل على الأفقي بزاوية °45. فإذا كان معامل الاحتكاك الحركي بين الشخص والسطح 0.25، فما مقدار تسارعه؟

$$F_{\text{وزن الشخص الموازي للسطح المائل}} \quad f_k = ma$$

$$a = \frac{F_{\text{وزن الشخص الموازي للسطح المائل}} \quad f_k}{m}$$

$$= \frac{mg\sin\theta - \mu_k F_N}{m}$$

$$= \frac{mg\sin\theta - \mu_k mg\cos\theta}{m}$$

$$= g(\sin\theta - \mu_k\cos\theta)$$

$$= (9\ 80\ \text{m/s}^2)\left[\sin 45^\circ - (0\ 25)(\cos 45^\circ)\right]$$

$$= 5\ 2\ \text{m/s}^2$$

36. في المثال رقم 6 إذا ازداد الاحتكاك بين الشخص والثلج فجأة فأصبحت القوة المحصلة المؤثرة فيه تساوي صفرًا بعد مرور 5.0 s من بدء حركته، فما مقدار معامل الاحتكاك الحركي الجديد؟

$$a = g(\sin\theta - \mu_k\cos\theta)$$

$$a = g\sin\theta - g\mu_k\cos\theta$$

$$a = 0\text{، إذا كانت}$$

$$0 = g\sin\theta - g\mu_k\cos\theta$$

$$\mu_k\cos\theta = \sin\theta$$

$$\mu_k = \frac{\sin\theta}{\cos\theta}$$

$$= \frac{\sin 37^\circ}{\cos 37^\circ}$$

$$= 0\ 75$$

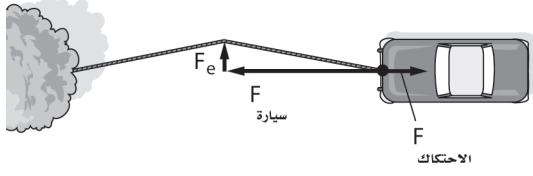
مراجعة القسم

3–5 القوة والحركة في بُعدين (صفحات 29–24)

صفحة 29

37. القوى من طرائق تخليص سيارتك من الوحل أن تربط طرف حبل غليظ بالسيارة وطرفه الآخر بشجرة، ثم تسحب الحبل من نقطة المنتصف بزاوية °90 بالنسبة للحبل. ارسم مخطط الجسم الحر، ثم وضح لماذا تكون القوة المؤثرة في السيارة كبيرة حتى عندما تكون القوة التي تسحب بها الحبل صغيرة؟

توضّح المتّجهات المبينة في مخطّط الجسم الحرّ أن تأثير قوة عموديّة، مهما كانت صغيرة، في الحبل تؤدي إلى زيادة قوة الشدّ فيه إلى الحدّ الذي يمكن بواسطته التغلب على قوة الاحتكاك. ولما كانت $F_T = \frac{F}{2\sin\theta}$، فإنّ قيمًا صغيرة لـ θ تؤدي إلى زيادة كبيرة في قوة الشدّ (حيث تمثّل θ الزاوية بين الموضع الابتدائي للحبل والموضع الذي أزيح إليه).



38. الكتلة تُعلَّق لوحة النتائج الإلكترونية في سقف صالة ألعاب رياضية ب 10 أسلاك غليظة؛ ستة منها تصنع زاوية °8.0 مع الرأسي، في حين تصنع الأسلاك الأربعة الأخرى زاوية °10.0 مع الرأسي. إذا كان الشد في كل سلك N1300، فما مقدار كتلة لوحة النتائج؟

$$F_{\text{y, المحصلة}} = ma_y = 0$$

$$F_{\text{y, المحصلة}} = F_{\text{الأسلاك في لوحة النتائج}} - F_g$$

$$= 6F_{\text{السلك}}\cos\theta_6 + 4F_{\text{السلك}}\cos\theta_4 - mg = 0$$

$$m = \frac{6F_{\text{السلك}}\cos\theta_6 + 4F_{\text{السلك}}\cos\theta_4}{g}$$

$$= \frac{6(1300.0\text{ N})(\cos 8.0^\circ) + 4(1300.0\text{ N})(\cos 10.0^\circ)}{(9.80\text{ m/s}^2)}$$

$$= 1\ 31\times10^3\text{ kg}$$

39. التسارع يُسحب صندوقٌ كتلته 63 kg بحبل على سطح مائل يصنع زاوية °14.0 مع الأفقي. إذا كان الحبل يوازي السطح، والشد فيه 512 N، ومعامل الاحتكاك الحركي 0.27، فما مقدار تسارع الصندوق؟ وما اتجاهه؟

$$F_N = mg\cos\theta$$

$$F_{\text{الحبل في الصندوق}} - F_g - f_k = ma$$

$$F_{\text{الحبل في الصندوق}} - mg\sin\theta - \mu_k mg\cos\theta = ma$$

$$a = \frac{F_{\text{الحبل في الصندوق}} - mg\sin\theta - \mu_k mg\cos\theta}{m}$$

$$= \frac{512\text{ N} - (63\text{ kg})(9.80\text{ m/s}^2)(\sin 14.0^\circ) - (0.27)(63\text{ kg})(9.80\text{ m/s}^2)(\cos 14.0^\circ)}{63\text{ kg}}$$

$$= 3\ 2\text{ m/s}^2$$، الاتجاه إلى أعلى السطح المائل

40. الاتزان تُعلّق لوحة فنية بسلكين طويلين. وإذا كانت القوة المؤثرة في السلكين كبيرة فإنّهما سينقطعان. فهل يجب أن تُعلّق اللوحة كما في **الشكل 5–15a** أم كما في **الشكل 5–15b** ؟ فسّر ذلك.

■ **الشكل 5–15a** ■ **الشكل 5–15b**

$F_T = \frac{F_g}{2 \sin\theta}$، لذا فإنّ F_T تقل كلّما زادت قيمة θ. وفي الشكل 5–15b، تكون الزاوية θ هي الأكبر.

41. التفكير الناقد هل يمكن أن يكون لمعامل الاحتكاك قيمة، بحيث يتمكن متزلج من الوصول إلى قمة تل بسرعة ثابتة؟ ولماذا؟ افترض عدم وجود قوى أخرى تؤثر في المتزلج إلا وزنه.

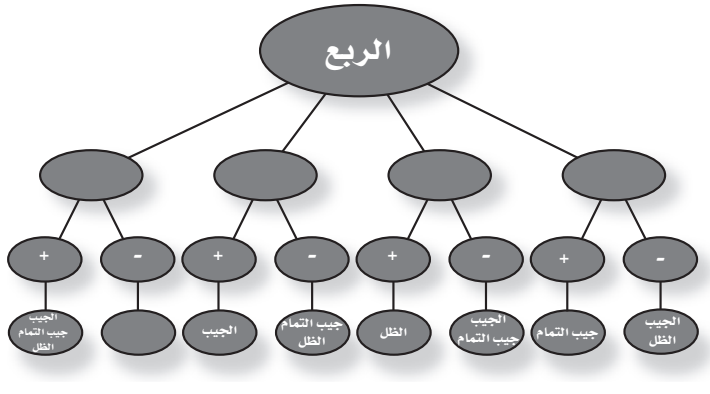
لا؛ لأنّ اتجاه قوة الاحتكاك عكس اتجاه حركة المتزلج، بالإضافة إلى أن مركّبة قوة الوزن الموازية للتل تكون في اتجاه أسفل التل وليس إلى أعلاه.

تقويم الفصل

خريطة المفاهيم

صفحة 34

42. أكمل خريطة المفاهيم أدناه مستخدمًا الجيب وجيب التمام والظل؛ للإشارة إلى كل اقتران بإشارة موجبة أو سالبة في كل ربع من الدائرة. قد تبقى بعض الدوائر فارغة، وقد يشتمل بعضها الآخر على أكثر من عبارة.



تابع الفصل 5

إتقان المفاهيم
صفحة 34

43. صف كيف يمكن جمع متجهين بطريقة الرسم؟ (1–5)

مستعملاً مقياس رسم مناسب، ارسم سهمين يُمثلان الكميتين المتجهتين، واجمع بطريقة الرأس مع الذيل، ثم ارسم سهمًا من ذيل المتجه الأول إلى رأس المتّجه الأخير، ثمّ قِس طول هذا السهم وحدّد اتجاهه.

44. أيّ الأعمال التالية يُسمح بها عند جمع متجه مع متجه آخر بطريقة الرسم: تحريك المتجه، أو دوران المتجه، أو تغيير طول المتجه؟ (1–5)

يمكن تحريك المتّجه دون تغيير طوله أو اتجاهه.

45. اكتب بكلماتك الخاصة تعريفًا واضحًا لمحصلة متجهين أو أكثر. فسّر ما تمثله. (1–5)

المحصلة هي الجمع الاتجاهي لمتجهين أو أكثر، وهي تمثل الكمية الناتجة من إضافة المتجهات بعضها إلى بعض.

46. كيف تتأثر الإزاحة المحصلة عند جمع متجهتين إزاحة بترتيب مختلف؟ (1–5)

لا تتأثّر.

47. وضّح الطريقة التي يمكن أن تستعملها لطرح كميتين متجهتين بطريقة الرسم($\boldsymbol{F}_1 - \boldsymbol{F}_2$ مثلاً). (1–5)

اعكس اتجاه المتّجه الثاني ثمّ اجمعهما.

48. عندما يُستعمل نظام إحداثي معين، ما الطريقة التي يمكن استعمالها لإيجاد زاوية متجه ما أو اتجاهه بالنسبة لمحاور هذا النظام الإحداثي؟ (1–5)

تُقاس الزاوية في عكس اتجاه حركة عقارب الساعة من محور x الموجب.

49. ما معنى أن يكون معامل الاحتكاك أكبر من واحد؟ حدد طريقة لقياسه. (2–5)

قوة الاحتكاك أكبر من القوة العمودية. يُمكنك سحب جسم على سطح ما وقياس القوة التي تحتاج إليها لتحريكه بسرعةٍ ثابتة، ثم قياس وزن الجسم.

50. سيارات هل يزداد احتكاك إطار السيارة بالطريق إذا ازداد عرضه أم يقل؟ وضح ذلك مستعملاً معادلتي الاحتكاك اللتين درستهما في هذا الفصل. (2–5)

لا يحدث أيّ اختلاف؛ لأن قوة الاحتكاك لا تعتمد على مساحة السطح.

51. صف نظامًا إحداثيًّا مناسبًا للتعامل مع مسألة تشتمل على كرة تُقذف إلى أعلى في الهواء. (3–5)

ينبغي أن يكون أحد المحاور رأسيًّا بحيث يكون المحور الموجب في اتجاه الأعلى أو في اتجاه الأسفل.

52. إذا عُين نظام إحداثي يشير فيه المحور x الموجب في اتجاه يصنع زاوية $30°$ مع الأفقي، فما الزاوية بين المحور x والمحور y؟ وكيف يجب أن يكون اتجاه محور y الموجب؟ (3–5)

يجب أن يكون المحوران متعامدين. على أن يرسم محور y الموجب بزاوية تميل على الرأسي بمقدار $30°$، بحيث يكون عموديًّا على محور x.

53. إذا كان كتاب الفيزياء متزنًا، فما الذي يمكن أن تستنتجه حول القوى المؤثرة فيه؟ (3–5)

القوة المحصلة المؤثرة في الكتاب تساوي صفرًا.

54. هل يمكن لجسم متزن أن يتحرك؟ وضح ذلك. (3–5)

نعم. حسب القانون الأول لنيوتن، ما دامت سرعة الجسم ثابتة وتسارعه يساوي صفرًا.

55. إذا طلب إليك تحليل حركة كتاب يستقر على سطح مائل: (3–5)

a. فصف أفضل نظام إحداثي لتحليل الحركة.

اجعل المحور y عموديًّا على السطح المائل، واجعل المحور x يشير إلى اتجاه أعلى السطح وموازيًا له.

b. كيف تتأثر قيمة مركّبتي وزن الكتاب بمقدار زاوية ميل السطح؟

إحدى المركّبتين موازية للسطح المائل والأخرى عموديّة عليه.

تطبيق المفاهيم

صفحة 34

56. رُسم متجه طوله 15 mm ليمثل سرعة مقدارها 30 m/s. كم يجب أن يكون طول متجه يُرسم ليمثل سرعة مقدارها 20 m/s؟

$$(20\ \text{m/s})\left(\frac{15\ \text{mm}}{30\ \text{m/s}}\right) = 10\ \text{mm}$$

57. كيف تتغير الإزاحة المحصلة عندما تزداد الزاوية بين متجهين من 0° إلى 180°؟

تزداد المحصلة.

58. السفر بالسيارة تسير سيارة سرعتها 50 km/h في اتجاه 60° شمال الشرق. تم اختيار نظام إحداثي يشير فيه محور x الموجب في اتجاه الشرق ومحور y الموجب في اتجاه الشمال. أي مركّبتي متجه السرعة أكبر: التي في اتجاه المحور x أم التي في اتجاه المحور y؟

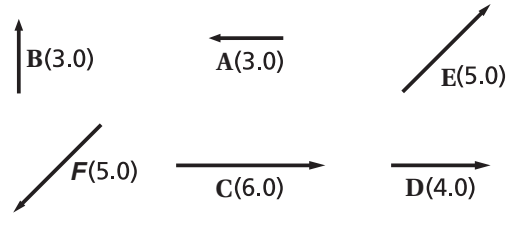
المركّبة المتّجهة شمالاً (y) هي الأطول.

إتقان حل المسائل

5–1 المتجهات

(صفحتا 35-34)

59. أوجد المركّبتين الأفقية والرأسية لكل من المتجهات التالية والمبينة في **الشكل 16–5**.



الشكل 16–5 ■

a. E

$$E_x = E\cos\theta$$
$$= (5\ 0)(\cos 45°)$$
$$= 3\ 5$$
$$E_y = E\sin\theta$$
$$= (5\ 0)(\sin 45°)$$
$$= 3\ 5$$

b. F

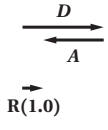
$$F_x = F\cos\theta$$
$$= (5\ 0)(\cos 225°)$$
$$= -3\ 5$$
$$F_y = F\sin\theta$$
$$= (5\ 0)(\sin 225°)$$
$$= -3\ 5$$

c. A

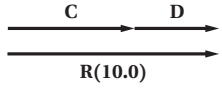
$$A_x = A\cos\theta$$
$$= (3\ 0)(\cos 180°)$$
$$= -3\ 0$$
$$A_y = A\sin\theta$$
$$= (3\ 0)(\sin 180°)$$
$$= 0\ 0$$

60. أوجد بطريقة الرسم مجموع كل زوج من المتجهات التالية، علمًا بأن مقدار كل متجه واتجاهه مبين في **الشكل 16–5**.

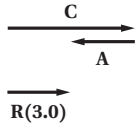
a. D و A



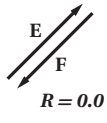
b. D و C



c. C و A



d. E و F



61. مشى رجل إزاحة 30 m جنوبًا ثم 30 m شرقًا. أوجد مقدار الإزاحة المحصلة واتجاهها بطريقة الرسم أولًا، ثم بطريقة تحليل المتجهات.

$$R^2 = A^2 + B^2$$

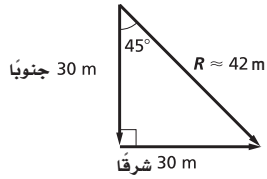
$$R = \sqrt{(30\ \text{m})^2 + (30\ \text{m})^2}$$

$$= 40\ \text{m}$$

$$\tan\theta = \frac{30\ \text{m}}{30\ \text{m}} = 1$$

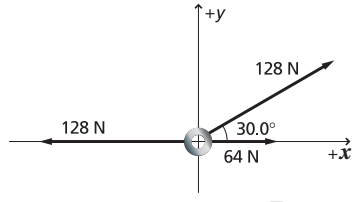
$$\theta = 45^\circ$$

في اتجاه يصنع زاوية 45° شرق الجنوب, $R = 40\ \text{m}$



يرجع الفارق في الإجابات إلى عدد الأرقام المعنوية التي أخذت في الحسبان عند الحسابات.

62. ما القوة المحصلة التي تؤثر في الحلقة المبينة في الشكل 17–5؟



الشكل 17–5

$$A = -128\ \text{N} + 64\ \text{N}$$

$$= -64\ \text{N}$$

$$A_x = A\cos\theta_A$$

$$= (-64\ \text{N})(\cos 180^\circ)$$

$$= -64\ \text{N}$$

$$A_y = A\sin\theta_A$$

$$= (-64\ \text{N})(\sin 180^\circ)$$

$$= 0\ \text{N}$$

$$B_x = B\cos\theta_B$$

$$= (128\ \text{N})(\cos 30\ 0^\circ)$$

$$= 111\ \text{N}$$

$$B_y = B\sin\theta_B$$

$$= (128\ \text{N})(\sin 30\ 0^\circ)$$

$$= 64\ \text{N}$$

$$R_x = A_x + B_x$$

$$= -64\ \text{N} + 111\ \text{N}$$

$$= 47\ \text{N}$$

$$R_y = A_y + B_y$$

$$= 0\ \text{N} + 64\ \text{N}$$

$$= 64\ \text{N}$$

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}$$

$$= \sqrt{(47\ \text{N})^2 + (64\ \text{N})^2}$$

$$= 79\ \text{N}$$

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{R_y}{R_x}\right)$$

$$= \tan^{-1}\left(\frac{64}{47}\right)$$

$$= 54^\circ$$

في اتجاه يصنع زاوية 54° مع الأفقي.

5–2 الاحتكاك

صفحة 35

63. يُسحب صندوق كتلته 225 kg أفقيًّا تحت تأثير قوة مقدارها .710 N فإذا كان معامل الاحتكاك الحركي0.20، فاحسب تسارع الصندوق.

$$ma = F_{\text{المحصلة}} = F_{\text{المؤثرة}} \quad f_k$$

حيث إن:

$$f_k = \mu_k F_N = \mu_k mg$$

وعليه فإن:

$$a = \frac{F_{\text{المؤثرة}} - \mu_k mg}{m}$$

$$= \frac{710\ \text{N} - (0.20)(225\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2)}{225\ \text{kg}}$$

$$= 1\ 2\ \text{m/s}^2$$

64. تؤثر قوة مقدارها 40.0 N في جسم كتلته 5.0 kg موضوع على سطح أفقي فتكسبه تسارعًا مقداره 6.0 m /s^2 في اتجاهها.

a. كم تبلغ قوة الاحتكاك بين الجسم والسطح؟

$$ma = F_{\text{المحصلة}} = F_{\text{المؤثرة}} - f_k$$

وعليه فإن:

$$f_k = F_{\text{المؤثرة}} - ma$$

$$= 40\ 0\ \text{N} - (5\ 0\ \text{kg})(6\ 0\ \text{m/s}^2)$$

$$= 1\ 0 \times 10^1\ \text{N}$$

b. ما مقدار معامل الاحتكاك الحركي؟

$$f_k = \mu_k F_N = \mu_k mg$$

$$\mu_k = \frac{f_k}{mg}$$

$$= 1\ 0 \times 10^1\ \text{N}/(5\ 0\ \text{kg})(9\ 80\ \text{m/s}^2)$$

$$= 0\ 20$$

5–3 القوة والحركة في بُعدين

صفحة 35

65. يتزن جسم تحت تأثير ثلاث قوى؛ إذ تؤثر القوة الأولى33.0 N في اتجاه يصنع زاوية 90.0° بالنسبة للمحورx، أما القوة الثانية 44.0 N فتؤثر في اتجاه يصنع زاوية60.0° بالنسبة للمحور x. ما مقدار القوة الثالثة واتجاهها؟

أولًا، أوجد مقدار محصلة القوتين؛ الأولى والثانية، ستمتلك القوة الموازنة (الثالثة) مقدار المحصلة ولكن ستكون معاكسة لها في الاتجاه.

$$F_1 = 33\ 0\ \text{N}, 90\ 0^\circ$$

$$F_2 = 44\ 0\ \text{N}, 60\ 0^\circ$$

$$F_3 = ?$$

$$F_{1x} = F_1 \cos\theta_1$$

$$= (33\ 0\ \text{N})(\cos 90\ 0^\circ)$$

$$= 0\ 0\ \text{N}$$

$$F_{1y} = F_1 \sin\theta_1$$

$$= (33\ 0\ \text{N})(\sin 90\ 0^\circ)$$

$$= 33\ 0\ \text{N}$$

$$F_{2x} = F_2 \cos\theta_2$$

$$= (44\ 0\ \text{N})(\cos 60\ 0^\circ)$$

$$= 22\ 0\ \text{N}$$

$$F_{2y} = F_2 \sin\theta_2$$

$$= (44\ 0\ \text{N})(\sin 60\ 0^\circ)$$

$$= 38\ 1\ \text{N}$$

$$F_{3x} = F_{1x} + F_{2x}$$

$$= 0\ 0\ \text{N} + 22\ 0\ \text{N}$$

$$= 22\ 0\ \text{N}$$

$$F_{3y} = F_{1y} + F_{2y}$$

$$= 33\ 0\ \text{N} + 38\ 1\ \text{N}$$

$$= 71\ 1\ \text{N}$$

$$F_3 = \sqrt{F_{3x}^2 + F_{3y}^2}$$

$$= \sqrt{(22.0\ \text{N})^2 + (71.1\ \text{N})^2}$$

$$= 74\ 4\ \text{N}$$

من أجل الاتزان، يجب أن يكون مجموع المركّبات يساوي صفرًا، وعليه فإن:

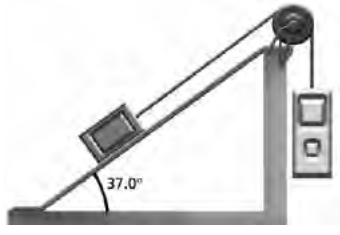
$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{F_{3y}}{F_{3x}}\right) + 180\ 0^\circ$$

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{71.1\ \text{N}}{22.0\ \text{N}}\right) + 180.0^\circ$$

$$= 253^\circ$$

$$F_3 = 74.4\ \text{N}, 253^\circ$$

66. رُبط جسمان بخيط يمر فوق بكرة ملساء مهملة الكتلة، بحيث يستقر أحدهما على سطح مائل، والآخر مُعلّق كما في **الشكل 18–5**. إذا كانت كتلة الجسم المعلّق 16.0 kg وكتلة الجسم الثاني 8.0 kg، ومعامل الاحتكاك الحركي بين الجسم والسطح المائل 0.23، وتُركت المجموعة لتتحرك من السكون، فاحسب:



الشكل 18–5 ■

a. مقدار تسارع المجموعة.

$$F = m_{\text{الجسمان}}a = F_{g\,\text{المعلّق}} - F_{\text{الجسم المستقر على السطح، موازية للمستوى}} - f_{k,\,\text{الجسم المستقر على السطح}}$$

$$a = \frac{m_{\text{المعلّق}}g - F_{g\,\text{الجسم المستقر على السطح}}\sin\theta - \mu_k F_{g\,\text{الجسم المستقر على السطح}}\cos\theta}{m_{\text{الجسمان}}}$$

$$= \frac{m_{\text{المعلّق}}g - m_{\text{الجسم المستقر على السطح}}g\sin\theta - \mu_k\, m_{\text{الجسم المستقر على السطح}}g\cos\theta}{m_{\text{الجسمان}}}$$

$$= \frac{g\left(m_{\text{المعلّق}} - m_{\text{الجسم المستقر على السطح}}\sin\theta - \mu_k\, m_{\text{الجسم المستقر على السطح}}\cos\theta\right)}{m_{\text{المعلّق}} + m_{\text{الجسم المستقر على السطح}}}$$

$$= \frac{(9.80\ \text{m/s}^2)(16.0\ \text{kg} - (8.0\ \text{kg})(\sin 37.0^\circ) - (0.23)(8.0\ \text{kg})(\cos 37.0^\circ))}{(16.0\ \text{kg} + 8.0\ \text{kg})}$$

$$= 4.0\ \text{m/s}^2$$

b. مقدار قوة الشد في الخيط.

$$F_{\text{الشد}} = F_g - F_a$$

$$= mg - ma$$

$$= m(g - a)$$

$$= (16.0\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2 - 4.0\ \text{m/s}^2)$$

$$= 93\ \text{N}$$

مراجعة عامة
(صفحتا 36-35)

67. يُسحب الميزان في **الشكل 19—5** بثلاثة حبال. ما مقدار القوة المحصلة التي يقرؤها الميزان؟

■ **الشكل 19—5**

أوجد مركّبتي y للحبلين الجانبيين، ثم اجمعهما مع الحبل الأوسط.

$$F_y = F\cos\theta$$
$$= (75.0\ \text{N})(\cos 27.0^\circ)$$
$$= 66.8\ \text{N}$$

$$F_{y,\text{كلية}} = F_{y,\text{يسار}} + F_{y,\text{وسط}} + F_{y,\text{يمين}}$$
$$= 66.8\ \text{N} + 150.0\ \text{N} + 66.8\ \text{N}$$
$$= 283.6\ \text{N}$$

68. يراد دفع صخرة كبيرة كتلتها 20.0 kg إلى قمة جبل دون دحرجتها. فإذا كان معامل الاحتكاك الحركي بين الصخرة وسطح الجبل 0.40، وميل سطح الجبل 30.0° على الأفقي:

a. فما القوة التي يتطلبها دفع الصخرة إلى قمة الجبل بسرعة ثابتة؟

$$F_{\text{الشخص في الصخرة}} - F_{g\ \text{الموازية لسطح الجبل}} - f_k = F_{\text{الشخص في الصخرة}} - mg\sin\theta - \mu_k mg\cos\theta = ma = 0$$

$$F_{\text{الشخص في الصخرة}} = mg\sin\theta + \mu_k mg\cos\theta$$
$$= mg(\sin\theta + \mu_k\cos\theta)$$
$$= (20.0\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2)(\sin 30.0^\circ + (0.40)(\cos 30.0^\circ))$$
$$= 166\ \text{N}$$

b. إذا دفعت الصخرة بسرعة 0.25 m/s، وتطلّب الوصول إلى قمة الجبل 8.0 ساعات، فما ارتفاع الجبل؟

$$h = d\sin\theta = vt\sin\theta$$
$$= (0.25\ \text{m/s})(8.0\ \text{h})(3600\ \text{s/h})(\sin 30.0^\circ)$$
$$= 3.6\times10^3\ \text{m} = 3.6\ \text{km}$$

69. التزلج تُسحب زلاجة كتلتها 50.0 kg على أرض منبسطة مغطاة بالثلج. إذا كان معامل الاحتكاك السكوني 0.30، ومعامل الاحتكاك الحركي 0.10، فاحسب:

a. وزن الزلاجة.

$$F_g = mg = (50\ 0\ \text{kg})(9\ 80\ \text{m/s}^2)$$
$$= 4\ 90\times10^2\ \text{N}$$

b. القوة اللازمة لكي تبدأ الزلاجة في الحركة.

$$f_s = \mu_s F_N = F_{\text{المؤثرة}}$$
$$= \mu_s F_g$$
$$= (0\ 30)(4\ 90\times10^2\ \text{N})$$
$$= 1\ 5\times10^2\ \text{N}$$

c. القوة التي تتطلبها الزلاجة لتستمر في الحركة بسرعة ثابتة.

$$F_{\text{المؤثرة}} = f_k = \mu_k F_N$$
$$= \mu_k F_g$$
$$= (0\ 10)(4\ 90\times10^2\ \text{N})$$
$$= 49\ \text{N, احتكاك حركي}$$

d. بعد أن تبدأ الزلاجة في الحركة، ما القوة المحصلة التي ستحتاج إليها الزلاجة لتتسارع بمقدار $3.0\ \text{m/s}^2$؟

$$ma = F_{\text{المحصلة}} = F_{\text{المؤثرة}} - f_k$$
$$F_{\text{المؤثرة}} = ma + f_k$$
$$= (50\ 0\ \text{kg})(3\ 0\ \text{m/s}^2) + 49\ \text{N}$$
$$= 2\ 0\times10^2\ \text{N}$$

70. الطبيعة تُنقل شجرة بشاحنة ومقطورة ذات سطح مستو، كما في **الشكل 20–5**. إذا انزلقت قاعدة الشجرة فإنها ستنقلب وتتلف. فإذا كان معامل الاحتكاك السكوني بين الشجرة وسطح المقطورة يساوي 0.50، فما أقل مسافة يتطلبها توقف الشاحنة التي تسير بسرعة 55 km/h، بحيث تتسارع بانتظام دون أن تنزلق الشجرة أو تنقلب؟

$$F_{\text{الشاحنة}} = -f_s = -\mu_s F_N = -\mu_s mg = ma$$

$$a = -\mu_s\, mg/m = -\mu_s g$$
$$= -(0\ 50)(9\ 80\ \text{m/s}^2)$$
$$= -4\ 9\ \text{m/s}^2$$

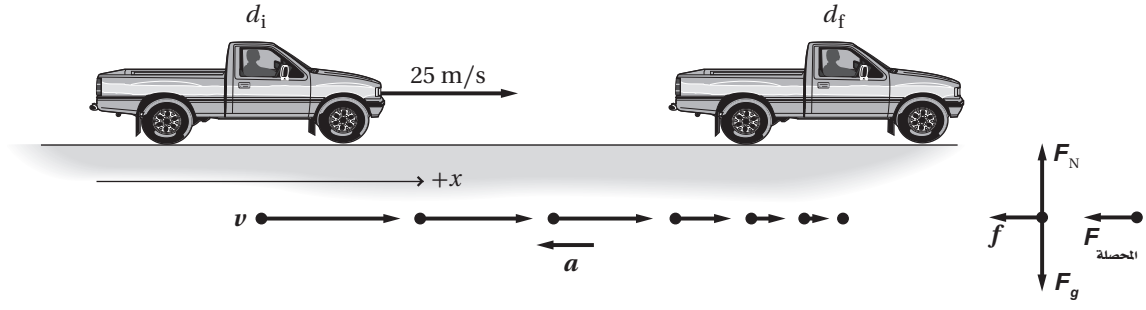
$$v_f^2 = v_i^2 + 2a\Delta d \text{ و } v_f = 0$$

$$\Delta d = \frac{-v_i^2}{2a}$$
$$= \frac{-((55\ \text{km/h})(\frac{1000\ \text{m}}{1\ \text{km}})(\frac{1\ \text{h}}{3600\ \text{s}}))^2}{(2)(-4.9\ \text{m/s}^2)}$$
$$= 24\ \text{m}$$

التفكير الناقد

صفحة 36

71. استخدام النماذج اعتبر الأمثلة التي درستها في هذا الفصل نماذج لتكتب مثالاً لحل المسألة الآتية، على أن يتضمن تحليل المسألة ورسمها، وإيجاد الكمية المجهولة، وتقويم الجواب: تسير سيارة كتلتها 975 kg بسرعة 25 m/s. إذا ضغط سائقها على المكابح فما أقصر مسافة تحتاج إليها السيارة لتتوقف؟ افترض أن الطريق مصنوع من الخرسانة، وقوة الاحتكاك بين الطريق والعجلات ثابتة، والعجلات لا تنزلق.



حلّل المسألة ثم ارسمها.

- **اختر النظام الإحداثي بحيث يكون اتجاه الحركة هو الاتجاه الموجب.**
- **ارسم مخطط الحركة.**
- **مثّل كلاً من v و a على الرسم.**
- **ارسم مخطط الجسم الحر.**

المعلوم:

$$d_i = 0$$
$$v_i = 25\ \text{m/s}$$
$$v_f = 0$$
$$m = 975\ \text{kg}$$
$$\mu_s = 0\ 80$$

المجهول:

$$d_f =$$

استخدم القانون الثاني لنيوتن لحساب a.

$$-F_{\text{المحصلة}} = ma$$

بالتعوّيض عن: $-f_s = -F_{\text{المحصلة}}$

$$-f_s = ma$$

بالتعوّيض عن: $f_s = \mu F_N$

$$-\mu_s F_N = ma$$

بالتعوّيض عن: $F_N = mg$

$$-\mu_s mg = ma$$
$$a = -\mu_s g$$

استخدم معادلة الحركة بتسارع ثابت الآتية لحساب المسافة:

$$v_f^2 = v_i^2 + 2a(d_f - d_i)$$

$$d_f = d_i + \frac{v_f^2 - v_i^2}{2a}$$

$$= d_i + \frac{(v_f^2 - v_i^2)}{(2)(-\mu_s g)} \qquad a = -\mu_s g \text{ بالتعوّيض عن}$$

$$= 0.0\ \text{m} + \frac{(0.0\ \text{m/s})^2 - (25\ \text{m/s})^2}{(2)(-0.65)\ (9.80\ \text{m/s})^2} \qquad \text{بالتعوّيض عن: } d_i = 0\ 0\ \text{m}\text{، } v_f = 0\ 0\ \text{m/s}$$

$$= 49\ \text{m} \qquad v_i = 25\ \text{m/s}\text{، } \mu_s = 0\ 65\text{، } g = 9\ 80\ \text{m/s}^2$$

72. التحليل والاستنتاج تجول أحمد وسعيد وعبدالله في مدينة الألعاب، فرأوا المنزلق العملاق، وهو سطح مائل طوله 70 m، يميل بزاوية °27 على الأفقي. وقد تهيأ رجل وابنه للانزلاق على هذا المنزلق، وكانت كتلة الرجل 135 kg، وكتلة الابن 20 kg. تساءل أحمد: كم يقل الزمن الذي يتطلبه انزلاق الرجل عن الزمن الذي يتطلبه انزلاق الابن؟ أجاب سعيد: سيكون الزمن اللازم للابن أقل. فتدخل عبدالله قائلًا: هذا خطأ؛ سيصلان إلى أسفل المنزلق في الوقت نفسه. أجرِ التحليل المطلوب لتحديد أيّهما على صواب.

$$F_{\text{المحصلة}} = F_g \sin\theta \quad f_k$$

$$= F_g \sin\theta - \mu_k F_N$$

$$= mg \sin\theta - \mu_k mg \cos\theta = ma$$

$$a = g(\sin\theta - \mu_k \cos\theta)$$

وعليه فإن التسارع لا يعتمد على الكتلة.

كلام عبدالله هو الصحيح؛إذ سيصلان إلى أسفل المنزلق في الوقت نفسه.

تابع الفصل 5

الكتابة في الفيزياء
صفحة 36

73. استقص بعض التقنيات المستعملة في الصناعة لتقليل الاحتكاك بين الأجزاء المختلفة للآلات. وصِفْ تقنيتين أو ثلاثًا، موضحًا دور الفيزياء في عمل كل منها.

ستختلف الإجابات. قد تتضمّن زيوت التشحيم وإنقاص القوة العموديّة لتقليل قوة الاحتكاك.

74. **أولمبياد** بدأ حديثًا الكثير من لاعبي الأولمبياد ـ ومنهم لاعبو القفز والتزلج والسباحون ـ يستعملون وسائل متطورة لتقليل أثر الاحتكاك وقوى ممانعة الهواء والماء. ابحث في واحدة من هذه الأدوات، وبين كيف تطورت لتواكب ذلك عبر السنين، ووضح كيف أثّرت الفيزياء في هذه التطورات.

ستختلف الإجابات.

مراجعة تراكمية
صفحة 36

75. اجمع أو اطرح كلاًّ مما يلي، وضع الجواب بالأرقام المعنوية الصحيحة:

a. $4.7\text{g} + 85.26\text{ g}$

90 0 g

b. $0.608\text{ km} + 1.07\text{ km}$

1 68 km

c. $186.4\text{ kg} - 57.83\text{ kg}$

128 6 kg

d. $60.8\text{ s} - 12.2\text{ s}$

47 9 s

76. ركبتَ دراجتك الهوائية مدة 1.5 h بسرعة متوسطة مقدارها 10 km / h، ثم ركبتها مدة 30 min بسرعة متوسطة مقدارها 15 km / h. احسب مقدار سرعتك المتوسطة في هذه الرحلة.

السرعة المتجهة المتوسطة تساوي الإزاحة الكلية مقسومة على الزمن الكلي.

$$\overline{v} = \frac{d_f - d_i}{t_f - t_i}$$

$$= \frac{v_1 t_1 + v_2 t_2 - d_i}{t_1 + t_2 - t_i}$$

$$d_i = t_i = 0$$

لذا فإن

$$\overline{v} = \frac{v_1 t_1 + v_2 t_2}{t_1 + t_2}$$

$$= \frac{(10\text{ km/h})(1.5\text{ h}) + (15\text{ km/h})(0.5\text{ h})}{1.5\text{ h} + 0.5\text{ h}}$$

$$= 11\ 25\text{ km/h}$$

أو 10 km/h باستعمال رقم معنوي واحد.

مسألة تحفيز

صفحة 25

أوجد القوة الموازِنة للقوى التالية:

$F_1 = 61.0\ \text{N}$ في اتجاه يصنع زاوية 17° شمال الشرق.

$F_2 = 38.0\ \text{N}$ في اتجاه يصنع زاوية 64° شمال الشرق.

$F_3 = 54.0\ \text{N}$ في اتجاه يصنع زاوية 8° غرب الشمال.

$F_4 = 93.0\ \text{N}$ في اتجاه يصنع زاوية 53° غرب الشمال.

$F_5 = 65.0\ \text{N}$ في اتجاه يصنع زاوية 21° جنوب الغرب.

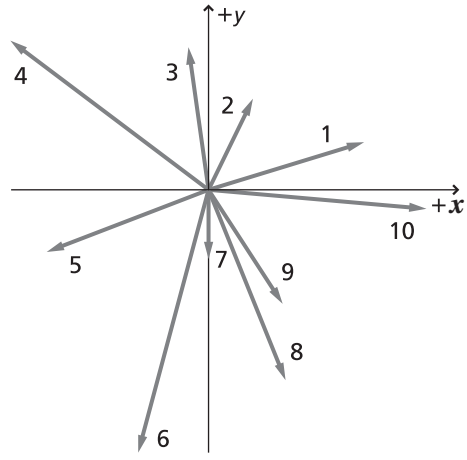
$F_6 = 102.0\ \text{N}$ في اتجاه يصنع زاوية 15° غرب الجنوب.

$F_7 = 26.0\ \text{N}$ في اتجاه الجنوب.

$F_8 = 77.0\ \text{N}$ في اتجاه يصنع زاوية 22° شرق الجنوب.

$F_9 = 51.0\ \text{N}$ في اتجاه يصنع زاوية 33° شرق الجنوب.

$F_{10} = 82.0\ \text{N}$ في اتجاه يصنع زاوية 5° جنوب الشرق.



$$F_{1x} = (61\ 0\ \text{N})(\cos 17\ 0^\circ) = 58\ 3\ \text{N}$$

$$F_{1y} = (61\ 0\ \text{N})(\sin 17\ 0^\circ) = 17\ 8\ \text{N}$$

$$F_{2x} = (38\ 0\ \text{N})(\cos 64\ 0^\circ) = 16\ 7\ \text{N}$$

$$F_{2y} = (38\ 0\ \text{N})(\sin 64\ 0^\circ) = 34\ 2\ \text{N}$$

$$F_{3x} = -(54\ 0\ \text{N})(\sin 8\ 0^\circ) = -7\ 52\ \text{N}$$

$$F_{3y} = (54\ 0\ \text{N})(\cos 8\ 0^\circ) = 53\ 5\ \text{N}$$

$$F_{4x} = -(93\ 0\ \text{N})(\sin 53\ 0^\circ) = -74\ 3\ \text{N}$$

$$F_{4y} = (93\ 0\ \text{N})(\cos 53\ 0^\circ) = 56\ 0\ \text{N}$$

$$F_{5x} = -(65\ 0\ \text{N})(\cos 21\ 0^\circ) = -60\ 7\ \text{N}$$

$$F_{5y} = -(65\ 0\ \text{N})(\sin 21\ 0^\circ) = -23\ 3\ \text{N}$$

$$F_{6x} = -(102\ \text{N})(\sin 15\ 0^\circ) = -26\ 4\ \text{N}$$

$$F_{6y} = -(102\ \text{N})(\cos 15\ 0^\circ) = -98\ 5\ \text{N}$$

$$F_{7x} = 0\ 0\ \text{N}$$

$$F_{7y} = -26\ 0\ \text{N}$$

$$F_{8x} = (77\ 0\ \text{N})(\sin 22\ 0^\circ) = 28\ 8\ \text{N}$$

$$F_{8y} = -(77\ 0\ \text{N})(\cos 22\ 0^\circ) = -71\ 4\ \text{N}$$

$$F_{9x} = (51\ 0\ \text{N})(\sin 33\ 0^\circ) = 27\ 8\ \text{N}$$

$$F_{9y} = -(51\ 0\ \text{N})(\cos 33\ 0^\circ) = -42\ 8\ \text{N}$$

$$F_{10x} = (82\ 0\ \text{N})(\cos 5\ 0^\circ) = 81\ 7\ \text{N}$$

$$F_{10y} = -(82\ 0\ \text{N})(\sin 5\ 0^\circ) = -7\ 15\ \text{N}$$

$$F_x = \sum_{i=1}^{10} F_{ix}$$

$$= 44\ 38\ \text{N}$$

$$F_y = \sum_{i=1}^{10} F_{iy}$$

$$= -107\ 65\ \text{N}$$

$$F_R = \sqrt{(F_x)^2 + (F_y)^2}$$

$$= \sqrt{(44.38\ \text{N})^2 + (-107.65\ \text{N})^2}$$

$$= 116\ \text{N}$$

$$\theta_R = \tan^{-1}\left(\frac{F_y}{F_x}\right)$$

$$= \tan^{-1}\left(\frac{-107.65\ \text{N}}{44.38\ \text{N}}\right)$$

$$= -67\ 6^\circ$$

$$F_{\text{الموازِنة}} = 116\ \text{N}$$

وتصنع زاوية 112 4° بالنسبة للأفقي،

أو

تصنع زاوية 22 4° غرب الشمال.

مسائل تدريبية

6–1 حركة المقذوف (صفحات 39–45)

صفحة 42

1. قُذف حجر أفقيًّا بسرعة 5.0 m/s من فوق سطح بناية ارتفاعها 78.4 m.

a. ما الزمن الذي يستغرقه الحجر للوصول إلى أسفل البناية؟

لما كانت:

$$v_{yi} = 0, y - v_{yi}t = -\frac{1}{2}gt^2$$

فإن:

$$y = -\frac{1}{2}gt^2$$

أو

$$t = \sqrt{-2y/g}$$

$$= \sqrt{\frac{-(2)(-78.4\ \text{m})}{(9.80\ \text{m/s}^2)}}$$

$$= 4\ 00\ \text{s}$$

b. على أي بُعد من قاعدة البناية يرتطم الحجر بالأرض؟

$$x = v_x t$$

$$= (5\ 0\ \text{m/s})(4\ 00\ \text{s})$$

$$= 2\ 0 \times 10^1\ \text{m}$$

c. ما مقدار المركّبتين الرأسية والأفقية لسرعة الحجر قُبيل اصطدامه بالأرض؟

$v_x = 5\ 0$ m/s، وهي نفس السرعة الأفقية الابتدائية؛ وذلك لأن تسارع الجاذبية الأرضية يؤثر في الحركة الرأسية فقط. وبالنسبة للمركّبة الرأسية استخدم المعادلة:

$v = v_i + gt$ على أن يكون $v = v_y$، والمركّبة الرأسية للسرعة الابتدائية v_i تساوي صفرًا.

عند $t = 4\ 00$ s،

$$v_y = gt$$

$$= (9\ 80\ \text{m/s}^2)(4\ 0\ \text{s})$$

$$= 39\ 2\ \text{m/s}$$

2. يشترك عمر وصديقه في إعداد نموذج لمصنع ينتج زرافات خشبية. وعند نهاية خط الإنتاج تنطلق الزرافات أفقيًّا من حافة حزام ناقل وتسقط داخل صندوق في الأسفل. فإذا كان الصندوق يقع على بُعد 0.6 m أسفل الحزام، وعلى بُعد أفقي مقداره 0.4 m، فما مقدار السرعة الأفقية للزرافات عندما تترك الحزام الناقل؟

$$x = v_x t = v_x \sqrt{\frac{-2y}{g}}$$

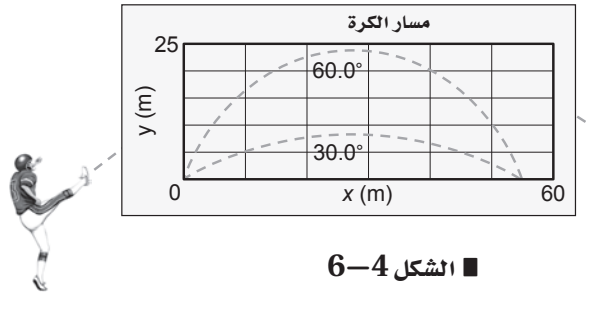
$$v_x = \frac{x}{\sqrt{\frac{-2y}{g}}}$$

$$= \frac{0.4\ \text{m}}{\sqrt{\frac{(-2)(-0.6\ \text{m})}{9.80\ \text{m/s}^2}}}$$

$$= 1\ \text{m/s}$$

صفحة 44

3. قذف لاعبٌ كرةً من مستوى الأرض بسرعة متجهة ابتدائية 27.0 m/s في اتجاه يميل على الأفقي بزاوية مقدارها 30.0°، كما في **الشكل 4–6**. أوجد كلاً من الكميات التالية، علمًا أن مقاومة الهواء مهملة:



الشكل 4–6

a. زمن تحليق الكرة.

$$v_y = v_i \sin\theta$$

عندما تصل الأرض، $y = v_y t - \frac{1}{2}gt^2 = 0$

وعليه فإن:

$$t^2 = \frac{2v_y t}{g}$$

$$t = \frac{2v_y}{g}$$

$$= \frac{2v_i \sin\theta}{g}$$

$$= \frac{(2)(27.0\ \text{m/s})(\sin 30.0°)}{(9.80\ \text{m/s}^2)}$$

$$= 2\ 76\ \text{s}$$

b. أقصى ارتفاع تصله الكرة.

تصل الكرة إلى أقصى ارتفاع عند نصف زمن التحليق، أو 1 38 s، وعليه فإن:

$$y = v_y t - \frac{1}{2} g t^2$$
$$= (v_i \sin\theta)\, t - \frac{1}{2} g t^2$$
$$= (27\ 0\ \text{m/s})(\sin 30\ 0^\circ)(1\ 38\ \text{s}) - \frac{1}{2}(+9\ 80\ \text{m/s}^2)\ (1\ 38\ \text{s})^2$$
$$= 9\ 30\ \text{m}$$

c. المدى الأفقي للكرة.

المسافة:

$$v_x = v_i \cos\theta$$
$$x = v_x t = (v_i \cos\theta)(t) = (27\ 0\ \text{m/s})(\cos 30\ 0^\circ)(2\ 76\ \text{s}) = 64\ 5\ \text{m}$$

4. في السؤال السابق، إذا قذف اللاعب الكرة بالسرعة نفسها ولكن في اتجاه يصنع زاوية 60.0° على الأفقي، فما زمن تحليق الكرة؟ وما المدى الأفقي؟ وما أقصى ارتفاع تصله الكرة؟

استخدم الطريقة التي اتبعتها في حل المسألة التدريبية رقم 3.

زمن التحليق:

$$t = \frac{2\, v_i \sin\theta}{g}$$
$$= \frac{(2)(27.0\ \text{m/s})(\sin 60.0^\circ)}{9.80\ \text{m/s}^2}$$
$$= 4\ 77\ \text{s}$$

المدى الأفقي:

$$x = (v_i \cos\theta)\, t$$
$$= (27\ 0\ \text{m/s})(\cos 60\ 0^\circ)(4\ 77\ \text{s})$$
$$= 64\ 4\ \text{m}$$

أقصى ارتفاع:

$$t = \frac{1}{2}(4\ 77\ \text{s}) = 2\ 38\ \text{s}$$
$$y = (v_i \sin\theta)\, t - \frac{1}{2} g t^2$$
$$= (27\ 0\ \text{m/s})(\sin 60\ 0^\circ)(2\ 38\ \text{s}) - \frac{1}{2}(+9\ 80\ \text{m/s}^2)\ (2\ 38\ \text{s})^2$$
$$= 27\ 9\ \text{m}$$

5. تُقذف كرة من أعلى بناية ارتفاعها 50.0 m بسرعة ابتدائية 7.0 m /s في اتجاه يصنع زاوية 53.0° على الأفقي. أوجد مقدار واتجاه سرعة الكرة لحظة اصطدامها بالأرض.

$$v_{xi} = v_i \cos\theta = (7\ 0\ \text{m/s}) \cos 53^\circ = 4.2\ \text{m/s}$$

$$v_{yi} = v_i \sin\theta$$

$$v_y^2 = v_{yi}^{\ 2} - 2g\Delta d$$

$$= (v_i \sin\theta)^2 - 2(9\ 80\ \text{m/s}^2)(-50\ 0\ \text{m})$$

$$= (7\ 0\ \text{m/s} \times \sin 53^\circ)^2 + 980\ \text{m}^2/\text{s}^2$$

$$= 1011\ 26\ \text{m}^2/\text{s}^2$$

$$v_y = \pm\sqrt{1011.26}$$

$$= -31.8\ \text{m/s}$$

أخذنا الإشارة السالبة لأن الجسم متحرك إلى أسفل

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

$$= \sqrt{(4.2\ \text{m/s})^2 + (-31.8\ \text{m/s})^2}$$

$$= 32\ \text{m/s}$$

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{v_y}{v_x}\right)$$

$$= \tan^{-1}\left(\frac{-31.8\ \text{m/s}}{4.2\ \text{m/s}}\right)$$

$$= -82^\circ$$

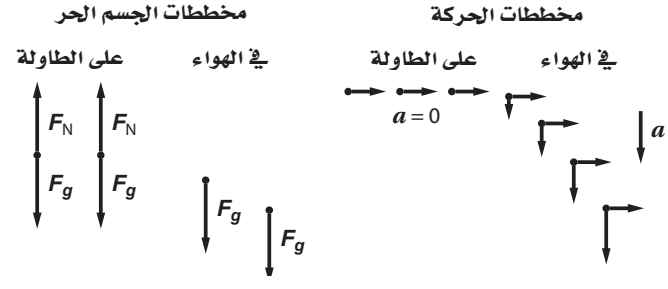
أي أن السرعة المتجهة النهائية تساوي 32 m/s وبزاوية 82° أسفل المستوى الأفقي.

مراجعة القسم

6–1 حركة المقذوف (صفحات 45–39)

صفحة 45

6. رسم تخطيطي للجسم الحر ينزلق مكعب من الجليد على سطح طاولة دون احتكاك وبسرعة متجهة ثابتة، إلى أن يغادر حافة الطاولة ساقطًا في اتجاه الأرض. ارسم مخطط الجسم الحر للمكعب، وكذلك مخطط حركة الجسم عند نقطتين على سطح الطاولة ونقطتين في الهواء.



7. حركة المقذوف تُقذف كرة في الهواء بزاوية 50.0° بالنسبة إلى المحور الرأسي وبسرعة ابتدائية 11.0 m/s. احسب أقصى ارتفاع تصله الكرة.

$$v_{fy}^2 = v_{iy}^2 + 2a(d_f - d_i) \quad a = -g, d_i = 0$$

عند أقصى ارتفاع تكون $v_f = 0$، وعليه فإن:

$$\begin{aligned} d_f &= \frac{v_{iy}^2}{2g} \\ &= \frac{(v_i \cos\theta)^2}{2g} \\ &= \frac{((11.0\ \text{m/s})(\cos 50.0°))^2}{(2)(9.80\ \text{m/s}^2)} \\ &= 2\ 55\ \text{m} \end{aligned}$$

8. حركة المقذوف قذفت كرة تنس من نافذة ترتفع 28 m فوق سطح الأرض بسرعة ابتدائية مقدارها 15.0 m/s، وبزاوية 20.0° تحت الأفقي. ما المسافة التي تتحركها الكرة أفقيًّا قبيل اصطدامها بالأرض؟

$x = v_{0x}t$ ولكن هناك حاجة لإيجاد t

احسب أولًا: v_{yf}

$$\begin{aligned} v_{yf}^2 &= v_{yi}^2 + 2gy \\ v_{yf} &= \sqrt{v_{yi}^2 + 2gy} \\ &= \sqrt{(v_i \sin\theta)^2 + 2gy} \\ &= \sqrt{((15.0\ \text{m/s})(\sin 20.0°))^2 + (2)(9.80\ \text{m/s}^2)(28\ \text{m})} \\ &= 24\ 0\ \text{m/s} \end{aligned}$$

والآن استخدم المعادلة: $v_{yf} = v_{yi} + gt$ لإيجاد t.

$$t = \frac{v_{yf} - v_{yi}}{g}$$

$$= \frac{v_{yf} - v_i \sin\theta}{g}$$

$$= \frac{2\ 40\ \text{m/s} - (15.0\ \text{m/s})(\sin 20.0^\circ)}{(9.80\ \text{m/s}^2)}$$

$$= 1\ 92\ \text{s}$$

$$x = v_{xi}t$$

$$= (v_i \cos\theta)(t)$$

$$= (15\ 0\ \text{m/s})(\cos 20\ 0\ )(1\ 92\ \text{s})$$

$$= 27\ 1\ \text{m}$$

9. التفكير الناقد افترض أن جسمًا قُذف بالسرعة نفسها وفي الاتجاه نفسه على الأرض والقمر. فإذا عرف أن مقدار تسارع الجاذبية على القمر (g) يساوي $\frac{1}{6}$ قيمته على الأرض. وضح كيف تتغير الكميات التالية:

a. v_x

لن تتغيّر.

b. زمن تحليق الجسم

تكون أكبر على القمر؛ $t = \frac{-2v_y}{g}$

c. y_{max}

تكون أكبر على القمر (إذا قُذف الجسم بزاوية على الأفقي).

d. R

تكون أكبر على القمر

مسائل تدريبية

6–2 الحركة الدائرية (صفحات 49–46)

صفحة 49

10. يسير متسابق بسرعة مقدارها 8.8 m/s في منعطف نصف قطره 25 m. ما مقدار التسارع المركزي للمتسابق؟ وما مصدر القوة المؤثرة فيه؟

$$a_C = \frac{v^2}{r} = \frac{(8.8\ \text{m/s})^2}{25\ \text{m}} = 3\ 1\ \text{m/s}^2$$

قوة الاحتكاك التي تؤثر بها الطريق في حذاء العدّاء تسبب القوة المؤثرة في العدّاء.

11. تسير سيارة سباق بسرعة مقدارها 22 m /s في منعطف نصف قطره 56 m. أوجد مقدار التسارع المركزي للسيارة. وما أقل قيمة لمعامل الاحتكاك السكوني بين العجلات والأرض لمنع السيارة من الانزلاق؟

$$a_C = \frac{v^2}{r} = \frac{(22\ \text{m/s})^2}{56\ \text{m}} = 8\ 6\ \text{m/s}^2$$

تذكّر أن:

$$f_s = \mu_s F_N$$

تُزوِّد قوة الاحتكاك العجلات بالقوة المركزية، لذا فإن

$$f_s = m\,a_C$$

والقوة العمودية تساوي:

$$F_N = -mg$$

يجب أن يكون معامل الاحتكاك على الأقل:

$$\mu_s = \frac{f_s}{F_N} = \frac{ma_C}{mg} = \frac{a_C}{g} = \frac{8\ 6\ \text{m/s}^2}{9\ 80\ \text{m/s}^2} = 0\ 88$$

12. تتحرك طائرة بسرعة مقدارها 201 m /s عند دورانها في مسار دائري. ما أقل نصف قطر لهذا المسار بوحدة km يستطيع أن يشكّله قائد الطائرة، على أن يُبقي مقدار التسارع المركزي أقل من $5.0\ \text{m/s}^2$؟

$$a_C = \frac{v^2}{r}$$

وعليه فإن:

$$r = \frac{v^2}{a_C} = \frac{(201\ \text{m/s})^2}{5.0\ \text{m/s}^2} = 8\ 1\ \text{km}$$

مراجعة القسم

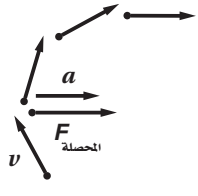
6–2 الحركة الدائرية (صفحات 49–46)

صفحة 49

13. **الحركة الدائرية المنتظمة** ما اتجاه القوة المؤثرة في الملابس في أثناء دوران الغسالة؟ وما الذي يولد هذه القوة؟

القوة في اتجاه مركز أسطوانة الغسالة. تولد الجدران القوة المؤثرة في الملابس، وتخرج بعض المياه الموجودة في الملابس من خلال ثقوب أسطوانة الغسالة بدلاً من التحرك نحو المركز.

14. **مخطط الجسم الحر** إذا كنت تجلس في المقعد الخلفي لسيارة تنعطف إلى اليمين، فارسم مخطط الحركة، ومخطط الجسم الحر للإجابة عن الأسئلة التالية:



a. ما اتجاه تسارعك؟

يتسارع جسمك في اتجاه اليمين.

b. ما اتجاه القوة المحصلة المؤثرة فيك؟ وما مصدرها؟

اتجاه القوة المحصلة إلى اليمين. مصدر هذه القوة هو مقعد السيارة.

15. القوة المركزية إذا حُرِّك حجر كتلته 40.0 g مثبت في نهاية خيط طوله 0.60 m في مسار دائري أفقي بسرعة مقدارها 2.2 m/s، فما مقدار قوة الشد في الخيط؟

$$F_{\text{الشد}} = ma_c$$
$$= \frac{mv^2}{r}$$
$$= \frac{(0.0400\ \text{kg})\ (2.2\ \text{m/s})^2}{0.60\ \text{m}}$$
$$= 0\ 32\ \text{N}$$

16. التسارع المركزي ذكر مقال في جريدة أنه عندما تتحرك سيارة في منعطف فإن على السائق أن يُوازن بين القوة المركزية وقوة الطرد المركزي. اكتب رسالة إلى الجريدة تنقُد فيها هذا المقال.

يوجد تسارع في اتجاه المركز لأنّ اتجاه السرعة المتجهة متغيّر، لذا لا بدّ من وجود قوة محصلة في اتجاه مركز الدائرة التي يُشكّلها المنعطف. تُنتج الطريق تلك القوة، وبسبب الاحتكاك بين الطريق والعجلات تؤثر هذه القوة في العجلات. ويؤثر المقعد بقوة في السائق في اتجاه مركز الدائرة. كما يجب أن توضح الرسالة أنّ قوة الطرد المركزي قوة غير حقيقيّة.

17. القوة المركزية إذا أردتَ تحريك كرة كتلتها 7.3 kg في مسار دائري نصف قطره 0.75 m بسرعة مقدارها 2.5 m/s، فما مقدار القوة التي عليك أن تؤثر بها لعمل ذلك؟

$$F_{\text{المحصلة}} = ma_c$$
$$= \frac{mv^2}{r}$$
$$= \frac{(7.3\ \text{kg})\ (2.5\ \text{m/s})^2}{0.75\ \text{m}}$$
$$= 61\ \text{N}$$

18. التفكير الناقد إنك تتحرك حركة دائرية منتظمة بسبب دوران الأرض اليومي. ما المصدر الذي يولد هذه القوة التي تؤدي إلى تسارعك؟ وكيف تؤثر هذه الحركة في وزنك الظاهري؟

تُسبب الجاذبية الأرضية القوة التي تعمل على تسارعك، وتُؤدي حركتك الدائريّة المنتظمة إلى تقليل وزنك الظاهري.

مسائل تدريبية

3–6 السرعة المتجهة النسبية (صفحات 53–50)

صفحة 52

19. إذا كنت تركب قطارًا يتحرك بسرعة مقدارها 15.0 m/s بالنسبة إلى الأرض، وركضت مسرعًا في اتجاه مقدمة القطار بسرعة 2.0 m/s بالنسبة إلى القطار، فما سرعتك بالنسبة إلى الأرض؟

$$v_{\text{أنت بالنسبة إلى الأرض}} = v_{\text{أنت بالنسبة إلى القطار}} + v_{\text{القطار بالنسبة إلى الأرض}}$$
$$= 15\ 0\ \text{m/s} + 2\ 0\ \text{m/s}$$
$$= 17\ 0\ \text{m/s}\ \text{بالنسبة إلى الأرض}$$

20. يتحرك قارب في نهر بسرعة 2.5 m/s بالنسبة إلى الماء. بينما يسجل سرعة ذلك القارب راصدٌ يقف على ضفة النهر فيجدها 0.5 m/s بالنسبة إليه. ما سرعة ماء النهر؟ وهل يتحرك ماء النهر في اتجاه حركة القارب أم في اتجاه معاكس؟

$$v_{\text{الماء بالنسبة إلى الراصد}} + v_{\text{القارب بالنسبة إلى الماء}} = v_{\text{القارب بالنسبة إلى الراصد}}$$

$$v_{\text{القارب بالنسبة إلى الماء}} - v_{\text{القارب بالنسبة إلى الراصد}} = v_{\text{الماء بالنسبة إلى الراصد}}$$
$$= 0\ 5\ \text{m/s} - 2\ 5\ \text{m/s}$$
$$= 2\ 0\ \text{m/s}\ \text{في عكس اتجاه حركة القارب}$$

21. تطير طائرة في اتجاه الشمال بسرعة 150 km/h بالنسبة إلى الهواء، وتهب عليها رياح في اتجاه الشرق بسرعة 75 km/h بالنسبة إلى الأرض. ما سرعة الطائرة بالنسبة إلى الأرض؟

$$v = \sqrt{v^2_{\text{طائرة}} + v^2_{\text{رياح}}}$$
$$= \sqrt{(150\ \text{km/h})^2 + (75\ \text{km/h})^2}$$
$$= 1\ 7 \times 10^2\ \text{km/h}$$

مراجعة القسم

6–3 السرعة المتجهة النسبية (صفحات 53–50)

صفحة 53

22. السرعة النسبية قارب صـيد سرعته القصـوى 3 m/s بالنسبة إلى ماء نهر يجري بسرعة 2 m/s. ما أقصى سرعة يصل إليها القارب بالنسبة إلى ضفة النهر؟ وما أدنى سرعة يصل إليها؟ اذكر اتجاه القارب بالنسبة إلى الماء في الحالتين السابقتين.

أقصى سرعة يصل إليها بالنسبة إلى الشاطئ عندما يتحرّك القارب بأقصى سرعة له في اتجاه تيار النهر نفسه، وتساوي:

$$v_{\text{القارب بالنسبة إلى الضفة}} = v_{\text{القارب بالنسبة إلى الماء}} + v_{\text{الماء بالنسبة إلى الضفة}}$$

$$= 3\ \text{m/s} + 2\ \text{m/s}$$

$$= 5\ \text{m/s}$$

وأدنى سرعة له عندما يتحرّك القارب في عكس اتجاه التيار، وتساوي:

$$v_{\text{القارب بالنسبة إلى الضفة}} = v_{\text{القارب بالنسبة إلى الماء}} + v_{\text{الماء بالنسبة إلى الضفة}}$$

$$= 3\ \text{m/s} + (-2\ \text{m/s})$$

$$= 1\ \text{m/s}$$

23. السرعة النسبية لقارب يسير قارب سريع في اتجاه الشمال الغربي بسرعة 13 m/s بالنسبة إلى ماء نهر يتجه في اتجاه الشمال بسرعة 5.0 m/s بالنسبة إلى ضفته. ما مقدار سرعة القارب بالنسبة إلى ضفة النهر؟ وما اتجاهها؟

الحل الأول:

دلالات الرموز: r للنهر، N للشمال، W للغرب، R للمحصلة، b للقارب، و s للشاطئ.

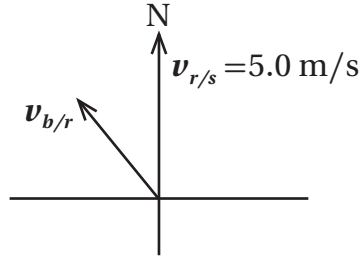
$$v_R = \sqrt{v_{RN}^2 + v_{RW}^2}$$

$$= \sqrt{(v_{bN} + v_{rN})^2 + (v_{bW} + v_{rW})^2}$$

$$= \sqrt{(v_b \sin\theta + v_r)^2 + (v_b \cos\theta)^2}$$

$$= \sqrt{((13\ \text{m/s})(\sin 45^\circ) + 5.0\ \text{m/s})^2 + ((13\ \text{m/s})(\cos 45^\circ))^2}$$

$$= 17\ \text{m/s}$$

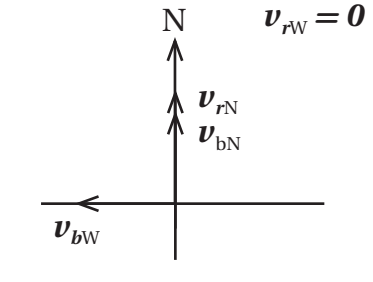


$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{v_{RW}}{V_{RN}}\right)$$

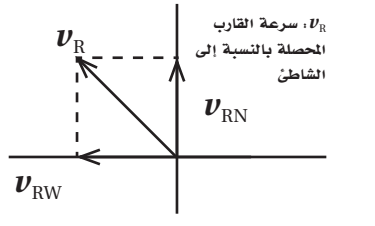
$$= \tan^{-1}\left(\frac{v_b \cos\theta}{v_b \sin\theta + v_r}\right)$$

$$= \tan^{-1}\left(\frac{(13\ \text{m/s})(\cos 45^\circ)}{(13\ \text{m/s})(\sin 45^\circ) + 5.0\ \text{m/s}}\right)$$

$$= 33^\circ$$



$v_R = 17\ \text{m/s}, 33^\circ$ غرب الشمال

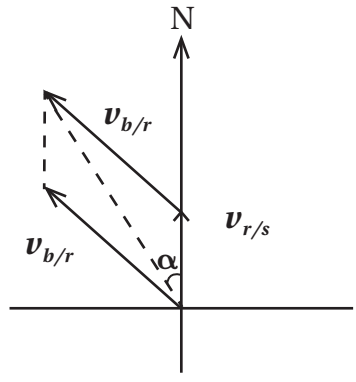


حل آخر للسؤال 23

$$v_{b/s} = \sqrt{v_{b/r}^2 + v_{r/s}^2 - 2\,v_{b/r}\,v_{r/s}\cos 135^\circ}$$

$$= \sqrt{(13\text{ m/s})^2 + (5.0\text{ m/s})^2 - 2\times 13\text{ m/s}\times 5.0\text{ m/s}\cos 135^\circ}$$

$$= 17\text{ m/s}$$



الاتجاه

$$\frac{v_R}{\sin 135^\circ} = \frac{v_{b/r}}{\sin\alpha}$$

$$\sin\alpha = \frac{v_{b/r}\sin 135^\circ}{v_R}$$

$$\alpha = 33^\circ$$

24. السرعة النسبية تطير طائرة في اتجاه الجنوب بسرعة 175 km /h بالنسبة إلى الهواء، وهناك رياح تهب في اتجاه الشرق بسرعة 85 km /h بالنسبة إلى الأرض. ما مقدار سرعة الطائرة واتجاهها بالنسبة إلى الأرض؟

$$v_R = \sqrt{(175\text{ km/h})^2 + (85\text{ km/h})^2} = 190\text{ km/h}$$

دلالات الرموز: p للطائرة، W للرياح.

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{175\text{ km/h}}{85\text{ km/h}}\right) = 64^\circ$$

$v_R = 190\text{ km/h}$, 64° جنوب الشرق

25. السرعة النسبية لطائرة تطير طائرة شمالاً بسرعة 235 km /h بالنسبة إلى الهواء، وتهب رياح في اتجاه الشمال الشرقي بسرعة 65 km /h بالنسبة إلى الأرض. احسب مقدار سرعة الطائرة واتجاهها بالنسبة إلى الأرض؟

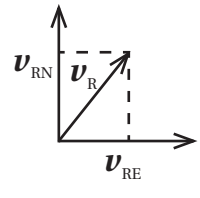
$$v_R = \sqrt{v_{RE}^2 + v_{RN}^2}$$

دلالات الرموز: p للطائرة، w للرياح.

$$= \sqrt{(v_{pE} + v_{wE})^2 + (v_{pN} + v_{wN})^2}$$

$$= \sqrt{(v_w\cos\theta)^2 + (v_p + v_w\sin\theta)^2}$$

$$= \sqrt{((65\text{ km/h})(\cos 45^\circ))^2 + (235\text{ km/h} + (65\text{ km/h})(\sin 45^\circ))^2} = 280\text{ km/h}$$

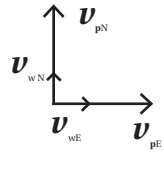


$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{v_{RN}}{v_{RE}}\right)$$

$$= \tan^{-1}\left(\frac{v_p + v_w\sin\theta}{v_w\cos\theta}\right)$$

$$= \tan^{-1}\left(\frac{235\text{ km/h} + (65\text{ km/h})(\sin 45^\circ)}{(65\text{ km/h})(\cos 45^\circ)}\right)$$

$$= 72^\circ \text{ شمال الشرق}$$



280 km/h، في اتجاه يصنع زاوية 72° شمال الشرق.

26. التفكير الناقد إذا كنت تقود قاربًا عبْر نهر يتحرك ماؤه بسرعة كبيرة، وتريد أن تصل إلى الرصيف في الجهة المقابلة تمامًا لنقطة انطلاقك، فصف كيف توجّه القارب بدلالة مركّبتي سرعتك بالنسبة إلى الماء؟

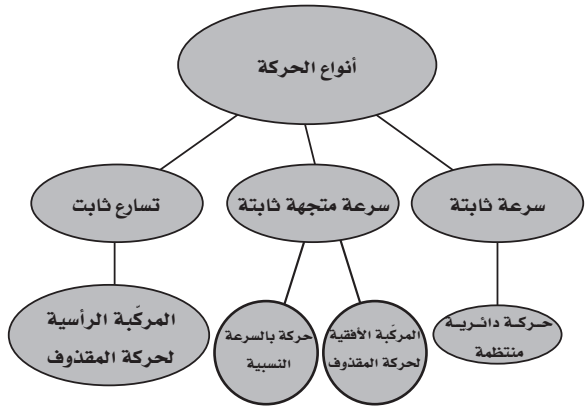
اجعل مركّبة سرعتك الموازية لاتجاه النهر مساويةً لسرعة النهر في المقدار ومعاكسة لها في الاتجاه.

تقويم الفصل

خريطة المفاهيم

صفحة 58

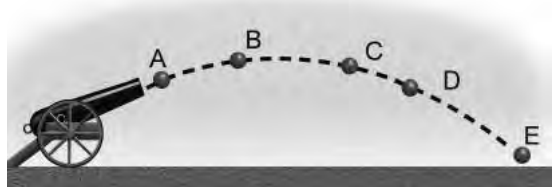
27. أكمل خريطة المفاهيم أدناه باستخدام المصطلحات التالية: سرعة ثابتة، المركّبة الأفقية لحركة المقذوف، تسارع ثابت، حركة بالسرعة النسبية، حركة دائرية منتظمة.



إتقان المفاهيم

صفحة 58

28. ادرس **الشكل 11–6** الذي يمثل مسار قذيفة مدفع، ثم أجب عن الأسئلة التالية: (1–6)



■ **الشكل 11– 6**

a. أين يكون مقدار المركّبة الرأسية للسرعة المتجهة أكبر ما يمكن؟

أكبر مركبة رأسية للسرعة عند النقطة E.

b. أين يكون مقدار المركّبة الأفقية للسرعة المتجهة أكبر ما يمكن؟

عند إهمال مقاومة الهواء، فإنّ السرعة الأفقيّة هي نفسها عند النقاط جميعها. والسرعة الأفقيّة ثابتة ومستقلة عن السرعة الرأسيّة.

c. أين تكون السرعة المتجهة الرأسية أقل ما يمكن؟

أقل سرعة رأسية تكون عند النقطة B.

d. أين يكون مقدار التسارع أقل ما يمكن؟

التسارع هو نفسه عند النقاط جميعها.

29. ألقى قائد طائرة تتحرك بسرعة متجهة ثابتة وعلى ارتفاع ثابت رزمة ثقيلة. إذا أُهملت مقاومة الهواء فأين تكون الطائرة بالنسبة للرزمة عندما ترتطم الرزمة بالأرض؟ ارسم مسار الرزمة كما يراه مراقب على الأرض. (1–6)

ستكون الطائرة فوق الرزمة مباشرة عندما تصطدم بالأرض. كلتاهما لها السرعة الأفقيّة نفسها، وستبدو الرزمة كأنّها تتحرّك أفقيًّا في أثناء سقوطها رأسيًّا بالنسبة لمراقب على الأرض.

30. هل يمكنك الدوران في منعطف بالتسارعين الآتيين؟ فسّر إجابتك. (2–6)

a. تسارع يساوي صفرًا.

لا، في أثناء الحركة في منعطف يتغيّر اتجاه السرعة المتجهة، وبالتالي لا يمكن للتسارع أن يساوي صفرًا.

b. تسارع ثابت.

لا، قد يكون مقدار التسارع ثابتًا، ولكن اتجاهه متغيّر.

31. ما العلاقة بين القوة المحصلة وسرعة الجسم المتحرك للحصول على حركة دائرية منتظمة؟ (2–6)

تنتج الحركة الدائريّة عندما تكون القوة عموديّة دائمًا على السرعة اللحظيّة للجسم.

32. لماذا تبدو سرعة السيارة المتحركة على الخط السريع وفي اتجاه معاكس للسيارة التي تركبها أكبر من السرعة المحددة؟ (3–6)

يمكن الحصول على مقدار السرعة النسبيّة لتلك السيارة بالنسبة إلى سيارتك عن طريق جمع مقدار سرعتي السيارتين معًا. ولما كان من المحتمل أن تتحرّك كلٌّ من السيارتين وفق السرعة المحدّدة، فإنّ السرعة النسبيّة تكون أكبر من السرعة المحدّدة.

تطبيق المفاهيم
(صفحتا 59–58)

33. كرة البيسبول قذفت كرة رأسيًّا إلى أعلى بسرعة متجهة 20 m /s. ما سرعة الكرة المتجهة عند عودتها إلى نقطة الإطلاق نفسها؟ أهمل مقاومة الهواء.

20 m/s–؛ تشير الإشارة السالبة إلى أنّ الاتجاه إلى أسفل.

34. كرة القدم يرمي لاعبٌ كرةً بسرعة 24 m /s في اتجاه يصنع زاوية 45° مع الأفقي. فإذا استغرقت الكرة 3.0 s للوصول إلى أقصى ارتفاع لها، ثم التُقطت عند الارتفاع نفسه الذي رُميت منه، فما زمن تحليقها في الهواء؟ مع إهمال مقاومة الهواء.

6 0 s

35. إذا كنت تعتقد أن ما تعلمته في هذا الفصل يؤدي إلى تحسين أدائك في الوثب الطويل، فهل يؤثر الارتفاع الذي تصل إليه في وثبتك؟ وما الذي يؤثر في طولها؟

يؤثر كل من مقدار سرعة القفز واتجاهها في طول وثبتك، لذلك فإنّ الارتفاع يُؤثر فيها أيضًا. ويتحقّق أكبر مدى أفقي عندما تتساوى المركّبتان الأفقيّة والرأسيّة لسرعة القفز؛ أيْ عندما تكون زاوية القفز 45° بالنسبة للأفقي. إذًا يؤثر كل من الارتفاع ومقدار السرعة في المدى.

36. تخيل أنك تجلس في سيارة وتقذف كرة رأسيًّا إلى أعلى.

a. إذا كانت السيارة تتحرك بسرعة متجهة ثابتة فهل تسقط الكرة أمامك أم خلفك، أم في يدك؟

ستسقط الكرة في يدك؛ لأنك والكرة والسيّارة تتحركون بالسرعة نفسها.

b. إذا كانت السيارة تتحرك في منعطف بسرعة ثابتة المقدار فأين تسقط الكرة؟

ستسقط الكرة بجانبك في اتجاه خارج المنعطف. وسيُبيّن منظر علويّ أنّ الكرة تتحرّك في خطّ مستقيم في حين تتحرك أنت والسيارة في اتجاه الخارج من تحت الكرة.

37. الطريق السريع إذا أردت أن تتجاوز سيارةً بسيارتك على الطريق السريع، وكانت السيارتان تسيران في الاتجاه نفسه فسوف تستغرق زمنًا أطول مما لو كانت السيارتان تسيران في اتجاهين متعاكسين. فسر ذلك.

السرعة النسبيّة لسيارتين تتحركان في الاتجاه نفسه أقلّ من السرعة النسبيّة لهما عندما تتحركان في اتجاهين متعاكسين، وبالتالي فإنّ تجاوز إحدى السيارتين للأخرى بسرعة نسبيّة أقلّ يستغرق زمنًا أطول.

إتقان حل المسائل
6–1 حركة المقذوف
صفحة 59

38. إذا ألقيت مفاتيح سيارتك أفقيًّا من فوق سطح بناية ارتفاعها 64 m، وكانت سرعة المفاتيح 8.0 m/s، فعلى أي بُعد من قاعدة البناية ستبحث عنها؟

$$y = v_y t - \frac{1}{2} g t^2$$

لما كانت السرعة المتجهة الرأسية الابتدائية تساوي صفرًا فإن:

$$t = \sqrt{\frac{-2y}{g}} = \sqrt{\frac{(-2)(-64\ \text{m})}{9.80\ \text{m/s}^2}}$$

$$= 3\ 6\ \text{s}$$

$$x = v_x t = (8\ 0\ \text{m/s})(3\ 6\ \text{s}) = 28\ 8\ \text{m}$$

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

39. يبين **الشكل 12–6** نموذجًا لسيارة لعبة تسقط من حافة طاولة ارتفاعها 1.225 m لتصطدم بالأرض على بُعد 0.400 m من قاعدة الطاولة.

■ **الشكل 12–6**

a. ما الزمن الذي تستغرقه السيارة في الهواء؟

$$y = v_{y0} t - \frac{1}{2} g t^2$$

ولما كانت السرعة المتجهة الرأسية الابتدائية تساوي صفرًا فإن:

$$t = \sqrt{\frac{-2y}{g}} = \sqrt{\frac{(-2)(-1.225\ \text{m})}{9.80\ \text{m/s}^2}}$$

$$= 0\ 500\ \text{s}$$

b. ما مقدار سرعة السيارة لحظة مغادرتها سطح الطاولة؟

$$v_x = \frac{x}{t} = \frac{0.400\ \text{m}}{0.500\ \text{s}} = 0\ 800\ \text{m/s}$$

40. رمى لاعب سهمًا في اتجاه أفقي بسرعة 12.4 m /s، فأصاب السهم اللوحة عند نقطة أخفض 0.32 m من مستوى نقطة الإطلاق. احسب بُعد اللاعب عن اللوحة.

$$y = v_{y0}\, t - \frac{1}{2} g t^2$$

ولما كانت السرعة المتجهة الابتدائية تساوي صفرًا، فإن

$$t = \sqrt{\frac{-2y}{g}}$$

$$= \sqrt{\frac{(-2)(-0.32\ \text{m})}{9.80\ \text{m/s}^2}}$$

$$= 0\ 26\ \text{s}$$

$$x = v_x t$$

$$= (12\ 4\ \text{m/s})(0\ 26\ \text{s})$$

$$= 3\ 2\ \text{m}$$

41. الرماية رُمي سهم سرعته 49 m /s في اتجاه يصنع زاوية 30.0° مع الأفقي فأصاب الهدف.

a. ما أقصى ارتفاع يصل إليه السهم؟

$$v_y^{\,2} = v_{yi}^{\,2} - 2gd$$

عند أعلى نقطة تكون $v_y = 0$، لذا فإن:

$$d = \frac{(v_{yi})^2}{2g}$$

$$= \frac{(v_i \sin\theta)^2}{2g}$$

$$= \frac{((49\ \text{m/s})(\sin 30.0^\circ))^2}{(2)(9.80\ \text{m/s}^2)}$$

$$= 31\ \text{m}$$

b. إذا كان ارتفاع لوحة الهدف هو الارتفاع نفسه لنقطة إطلاق السهم، فما بُعد اللوحة عن نقطة إطلاق السهم؟

$$y = v_{yi}\, t - \frac{1}{2} g t^2$$

ولما كان السهم موجودًا على الارتفاع نفسه، فإن:

$$y = 0 \qquad \text{و} \qquad 0 = v_{yi} - \frac{1}{2} g t$$

لذا فإن:

$$t = 0 \text{ أو } t = \frac{2v_{yi}}{g}$$

$$t = \frac{2v_i \sin\theta}{g}$$

$$= \frac{(2)(49\ \text{m/s})(\sin 30.0^\circ)}{9.80\ \text{m/s}^2}$$

$$= 5.0\ \text{s}$$

و

$$x = v_x t$$

$$= (v_i \cos\theta)(t)$$

$$= (49\ \text{m/s})(\cos 30\ 0\ )(5\ 0\ \text{s})$$

$$= 2\ 1 \times 10^2\ \text{m}$$

6–2 الحركة الدائرية

صفحة 59

42. سباق السيارات تكمل سيارة كتلتها 615 kg دورة سباق في مضمار دائري نصف قطره 50.0 m في 14.3 s. إذا تحركت السيارة بسرعة ثابتة المقدار،

a. فما مقدار تسارع السيارة؟

$$a_C = \frac{v^2}{r}$$

$$= \frac{4\pi^2 r}{T^2}$$

$$= \frac{4\pi^2\ (50.0\ \text{m})}{(14.3\ \text{s})^2}$$

$$= 9\ 59\ \text{m/s}^2$$

b. وما مقدار القوة التي تؤثر بها الطريق في عجلات السيارة لتنتج هذا التسارع؟

$$F_C = ma_C = (615\ \text{kg})(9\ 59\ \text{m/s}^2)$$

$$= 5\ 90 \times 10^3\ \text{N}$$

43. رمي كرة يُدوّر لاعبٌ كرةً كتلتها 7.00 kg مربوطة في سلسلة طولها 1.8 m، وتتحرك في دائرة أفقية كما في **الشكل 13–6**. إذا أتمت المطرقة دورة واحدة في 1.0 s، فاحسب مقدار تسارعها المركزي؟ واحسب كذلك مقدار قوة الشد في السلسلة؟

■ **الشكل 13–6**

$$a_C = \frac{4\pi^2 r}{T^2}$$

$$= \frac{(4\pi^2)(1.8\ m)}{(1.0\ s)^2}$$

$$= 71\ m/s^2$$

$$F_T = F_C = ma_C$$

$$= (7\ 00\ kg)(71\ m/s^2)$$

$$= 5\ 0\times10^2\ N$$

44. يوفر الاحتكاك للسيارة القوة اللازمة للمحافظة على حركتها في مسار دائري أفقي مستو خلال السباق. ما أقصى سرعة يمكن للسيارة أن تتحرك بها، علمًا بأن نصف قطر المسار 80.0 m، ومعامل الاحتكاك السكوني بين العجلات والشارع 0.40؟

$$F_C = f_s = \mu_s F_N = \mu_s mg$$

ولكن:

$$F_C = \frac{mv^2}{r}$$

لذا فإن:

$$\frac{mv^2}{r} = \mu_s mg$$

وبقسمة طرفي المعادلة على كتلة السيارة نحصل على:

$$v^2 = \mu_s gr$$

$$v = \sqrt{\mu_s gr}$$

$$= \sqrt{(0.40)(9.80\ m/s^2)(80.0\ m)}$$

$$= 18\ m/s$$

6–3 السرعة المتجهة النسبية

صفحة 60

45. السفر بالطائرة إذا كنت تقود طائرة صغيرة وتريد الوصول إلى مطار يبعد 450 km جنوبًا في 3.0 h، وكانت الرياح تهب من الغرب بسرعة 50.0 km /h، فما مقدار واتجاه سرعة الطائرة التي يجب أن تتحرك بها لتصل في الوقت المناسب؟

سرعة الطائرة في اتجاه الجنوب

$$v_s = \frac{d_s}{t} = \frac{450\ km}{3.0\ h}$$

$$= 150\ km/h$$

السرعة التي يجب أن تتحرك بها الطائرة

$$v_p = \sqrt{(150\ km/h)^2 + (50.0\ km/h)^2}$$

$$= 1\ 6\times10^2\ km/h$$

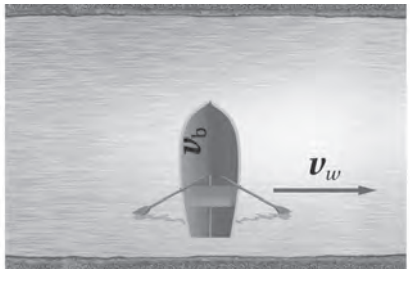
واتجاه هذه السرعة هو

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{v_{الرياح}}{v_s}\right)$$

$$= \tan^{-1}\left(\frac{50.0\ km/h}{150\ km/h}\right)$$

$$= 18 \quad \text{غرب الجنوب}$$

46. عبور نهر إذا كنت تجدف بقارب كما في **الشكل 14–6** في اتجاه عمودي على ضفة نهر يتدفق الماء فيه بسرعة (v_w) تساوي 3.0 m /s، وكانت سرعة قاربك بالنسبة إلى الماء (v_b) تساوي 4.0 m /s:



■ **الشكل 14–6**

a. فما سرعة قاربك بالنسبة إلى ضفة النهر؟

دلالات الرموز: b للقارب، s للشاطئ، w للنهر.

$$v_{b/s} = \sqrt{(v_{b/w})^2 + (v_{w/s})^2}$$

$$= \sqrt{(4.0\ \text{m/s})^2 + (3.0\ \text{m/s})^2}$$

$$= 5\ 0\ \text{m/s}$$

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{v_{b/w}}{v_{w/s}}\right)$$

$$= \tan^{-1}\left(\frac{4.0\ \text{m/s}}{3.0\ \text{m/s}}\right)$$

$$= 53$$

في اتجاه يصنع زاوية 53° بالنسبة لضفة النهر.

b. احسب مُركّبتي السرعة المتجهة لقاربك: الموازية لضفة النهر، والعمودية عليها.

الموازية: 3 0 m/s، العمودية: 4 0 m/s

47. التجديف إذا كنت تجدف في نهر يتدفق في اتجاه الشرق، ولأنَّ معرفتك بالفيزياء –وخصوصًا بالسرعة النسبية– جيدة فإنك توجّه قاربك في اتجاه يصنع زاوية 53° غرب الشمال، فتحصل على سرعة 6.0 m/s في اتجاه الشمال بالنسبة إلى ضفة النهر.

a. احسب سرعة تيار الماء.

$$\tan\theta = \left(\frac{v_{w/s}}{v_{b/s}}\right)$$

لذا فإن

$$v_{w/s} = (\tan\theta)(v_{b/s})$$

$$= (\tan 53°)(6\ 0\ \text{m/s})$$

$$= 8\ 0\ \text{m/s}$$

في اتجاه الشرق

b. ما سرعة قاربك بالنسبة إلى ماء النهر؟

لذا فإن

$$\cos\theta = \left(\frac{v_{b/s}}{v_{b/w}}\right)$$

$$v_{b/w} = \frac{v_{b/s}}{\cos\theta}$$

$$= \frac{6.0\ \text{m/s}}{\cos 53°}$$

$$= 1\ 0 \times 10^{1}\ \text{m/s}$$

مراجعة عامة

صفحة 60

48. إطلاق قذيفة تتحرك طائرة بسرعة 375 m/s بالنسبة إلى الأرض. فإذا أطلقت قذيفة إلى الأمام بسرعة 782 m/s بالنسبة إلى الطائرة، فما سرعة القذيفة بالنسبة إلى الأرض؟

دلالات الرموز: m للقذيفة، p للطائرة، g للأرض.

$$v_{m/g} = v_{p/g} + v_{m/p}$$

$$= 375\ \text{m/s} + 782\ \text{m/s}$$

$$= 1157\ \text{m/s}$$

49. كرة كتلتها 1.13 kg مربوطة في نهاية خيط طوله 0.50 m، وتتحرك حركة دائرية منتظمة في مستوى رأسي بسرعة ثابتة مقدارها 2.4 m/s. احسب مقدار قوة الشد في الخيط عند أخفض نقطة في المسار الدائري.

$$F_T = F_g + F_C$$

$$= mg + \frac{mv^2}{r}$$

$$= (1.13\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2) + \frac{(1.13\ \text{kg})\ (2.4\ \text{m/s})^2}{0.50\ \text{m}}$$

$$= 24\ \text{N}$$

التفكير الناقد

صفحة 60

50. تطبيق المفاهيم انظر الأفعوانية في **الشكل 15–6**، هل تتحرك السيارات في هذه الأفعوانية حركة دائرية منتظمة؟ فسّر إجابتك..

■ الشكل 18–6

لا. تُغير قوة الجاذبية الرأسيّة سرعة السيارات، لذلك

لا تكون حركة السيارات حركة دائريّة منتظمة.

51. التحليل والاستنتاج كرة مربوطة في نهاية خيط خفيف، وتتحرك في مسار دائري في المستوى الرأسي، حلّل حركة هذا النظام وصفه، مع أخذ قوة الجاذبية الأرضية وقوة الشد في الاعتبار. هل يتحرك هذا النظام حركة دائرية منتظمة؟ فسّر إجابتك.

لا يتحرك النظام حركة دائريّة منتظمة؛ فقوة الجاذبية الأرضية تزيد مقدار سرعة الكرة عندما تتحرّك نزولا في اتجاه الأسفل، وتقلّل من مقدار سرعتها عندما تتحرّك الكرة صعودًا في اتجاه الأعلى. لذا فالتسارع المركزي الذي يحافظ على حركتها في مسار دائري يكون أكبر في الأسفل وأقلّ عند قمة مسارها. فعند القمة تكون قوة الجاذبية وقوة الشدّ في الاتجاه نفسه، لذلك تكون قوة الشدّ المطلوبة أقلّ. أمّا في الأسفل فتكون قوة الجاذبية وقوة الشدّ في اتجاهين متعاكسين (قوة الجاذبية في اتجاه الأسفل وقوة الشدّ في اتجاه الأعلى)، لذلك تكون قوة الشدّ في الخيط أكبر.

مراجعة تراكمية

صفحة 60

52. اضرب أو اقسم كما هو مبين أدناه، مستعملاً الأرقام المعنوية بصورة صحيحة.

a. $(5\times10^{8}\ \text{m})\ (4.2\times10^{7}\ \text{m})$

$2\times10^{16}\ \text{m}^2$

b. $(1.67\times10^{-2}\ \text{km})\ (8.5\times10^{-6}\ \text{km})$

$1.4\times10^{-7}\ \text{km}^2$

c. $(2.6\times10^{4}\ \text{kg})\ /(9.4\times10^{3}\ \text{m}^3)$

$2.8\ \text{kg/m}^3$

d. $(6.3\times10^{-1}\ \text{m})/\ (3.8\times10^{2}\ \text{s})$

$1.7\times10^{-3}\ \text{m/s}$

مسألة تحفيز

صفحة 52

يُـدوّر طارق حجرًا كتلته m مربوطًا بحبل في مسـار دائري أفقي فوق رأسه، فكان ارتفاع الحجر فوق سطح الأرض h. ويمثل r نصف قطر الدائرة، و F_T مقدار قوة الشد في الحبل. وفجأة انقطع الحبل وسقط الحجر على الأرض، فقطع مسافة أفقيـة s من لحظة انقطـاع الحبل إلى ارتطامه بالأرض. أوجد تعبيرًا رياضيًّا للمسافة بدلالة كل من F_T و r و m وh. هل يتغـير التعبيرالريـاضي إذا تحرك طارق بسرعـة 0.50 m/s بالنسبة إلى الأرض؟

$$s = vt, T = ma_C = \frac{mv^2}{r}$$

$$v = \sqrt{\frac{Tr}{m}}: h = \frac{1}{2}gt^2 \quad t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

أي أنّ: $$s = vt = \sqrt{\frac{Tr}{m}}\sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{2Trh}{mg}}$$

نعم، يتغير التعبير إذا تحرّك طارق بسرعة 0.50 m/s بالنسبة إلى الأرض. وإذا تحرّك الحجر في اتجاه حركة طارق نفسها، فإنّ سرعة الحجر بالنسبة إلى الأرض ستكون أكبر، وعليه فإن s يكون لها قيمة أكبر.

الفصل
7 الجاذبية

مسائل تدريبية

7–1 حركة الكواكب والجاذبية (صفحات 71–63)

صفحة 66

1. الزمن الدوري لأحد أقمار المشتري G هو 7.15 أيام. فكم وحدة يبلغ نصف قطر مداره؟ استعمل المعلومات المُعطاة في مثال1 .

$$\left(\frac{T_G}{T_l}\right)^2=\left(\frac{r_G}{r_l}\right)^3$$

$$r_G=\sqrt[3]{r_l^3\left(\frac{T_G}{T_l}\right)^2}$$

$$=\sqrt[3]{(4.2\ \text{units})^3\left(\frac{7.15\ \text{days}}{1.8\ \text{days}}\right)^2}$$

$$=\sqrt[3]{(74.088\ \text{units}^3)(3.9722)^2}$$

$$=\sqrt[3]{1169.0011\ \text{units}^3}$$

$$=11\ \text{units}$$

2. يدور كويكب(*a*) حول الشمس في مدار متوسط نصف قطره يساوي ضعف متوسط نصف قطر مدار الأرض(E). احسب زمنه الدوري بالسنوات الأرضية.

$$\left(\frac{T_a}{T_E}\right)^2=\left(\frac{r_a}{r_E}\right)^3$$

ولما كانت $r_a=2r_E$، فإن:

$$T_a=\sqrt{\left(\frac{r_a}{r_E}\right)^3(T_E)^2}$$

$$=2\,8\ \text{y}$$

3. يمكنك أن تجد من **الجدول 1–7** أن بُعد المريخ (M) عن الشمس أكبر 1.52 مرة من بُعد الأرض عن الشمس. احسب الزمن اللازم لدوران المريخ حول الشمس بالأيام الأرضية.

$$\left(\frac{T_M}{T_E}\right)^2=\left(\frac{r_M}{r_E}\right)^3$$

$$r_M=1\ 52\ r_E$$

وعليه فإن:

$$T_M=\sqrt{(r_M/r_E)^3\,T_E^2}=\sqrt{\left(\frac{1.52r_E}{r_E}\right)^3(365\ \text{day})^2}$$

$$=\sqrt{4.68\times10^5\ \text{day}^2}$$

$$=684\ \text{day}$$

4. الزمن الدوري لدوران القمر حول الأرض 27.3 يومًا، ومتوسط بُعد القمر عن مركز الأرض $3.90\times10^5\ \text{km}$.

a. استعمل قوانين كبلر لحساب الزمن الدوري لقمر اصطناعي(s) يبعد مداره $6.70\times10^3\ \text{km}$ عن مركز الأرض.

$$\left(\frac{T_s}{T_M}\right)^2=\left(\frac{r_s}{r_M}\right)^3$$

$$T_s=\sqrt{(r_s/r_M)^3\,T_M^2}$$

$$=\sqrt{\left(\frac{6.70\times10^3\ \text{km}}{3.90\times10^5\ \text{km}}\right)^3(27.3\ \text{days})^2}$$

$$=\sqrt{3.78\times10^{-3}\ \text{days}^2}$$

$$=6.15\times10^{-2}\ \text{days}=88.6\ \text{min}$$

b. كم يبعد القمر الاصطناعي عن سطح الأرض؟

$$h=r_s-r_E$$

$$=6\ 70\times10^6\ \text{m}-6\ 38\times10^6\ \text{m}$$

$$=3\ 2\times10^5\ \text{m}$$

$$=3\ 2\times10^2\ \text{km}$$

5. استعمل البيانات المتعلقة بالزمن الدوري للقمر ونصف قطر مداره التي يتضمنها السؤال السابق، لحساب متوسط بُعد قمر اصطناعي عن مركز الأرض والذي زمنه الدوري يساوي يومًا واحدًا.

$$\left(\frac{T_s}{T_M}\right)^2=\left(\frac{r_s}{r_M}\right)^3$$

$$r_s=\sqrt[3]{r_M^3\left(\frac{T_s}{T_M}\right)^2}=\sqrt[3]{(3.90\times10^5\ \text{km})^3\left(\frac{1.00\ \text{days}}{27.3\ \text{days}}\right)^2}$$

$$=\sqrt[3]{7.96\times10^{13}\ \text{km}^3}$$

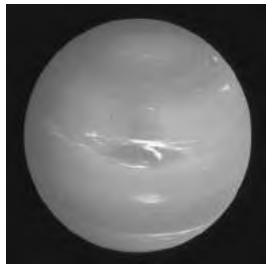
$$=4\ 30\times10^4\ \text{km}$$

مراجعة القسم

7–1 حركة الكواكب والجاذبية (صفحات 71–63)

صفحة 71

6. الزمن الدوري لنبتون يدور نبتون حول الشمس في مدار نصف قطره 4.495×10^{12} m، مما يسمح للغازات– ومنها الميثان– بالتكثف وتكوين جوٍّ كما يوضحه **الشكل 8–7**. إذا كانت كتلة الشمس 1.99×10^{30} kg، فاحسب الزمن الدوري لنبتون.



■ الشكل 8–7

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{Gm_s}}$$

$$= 2\pi\sqrt{\frac{(4.495\times10^{12}\ \text{m})^3}{(6.67\times10^{-11}\ \text{N.m}^2/\text{kg}^2)(1.99\times10^{30}\ \text{kg})}}$$

$$= 5\ 20\times10^{9}\ \text{s} = 6\ 02\times10^{5}\ \text{days}$$

7. الجاذبية إذا بدأت الأرض في الانكماش، وبقيت كتلتها ثابتة، فماذا يمكن أن يحدث لقيمة تسارع الجاذبية g على سطحها؟

ستزداد قيمة g.

8. قوة الجاذبية ما قوة الجاذبية بين جسمين كتلة كل منهما 15 kg والمسافة بين مركزيهما 35 cm ؟ وما نسبة هذه القوة إلى وزن أي منهما؟

$$F_g = G\frac{m\,m}{r^2}$$

$$= \frac{(6.67\times10^{-11}\ \text{N.m}^2/\text{kg}^2)\ (15\ \text{kg})^2}{(0.35\ \text{m})^2}$$

$$= 1.2\times10^{-7}\ \text{N}$$

لأن الوزن يساوي $mg = 147$ N، فإن قوة الجاذبية تساوي 8.2×10^{-10} أو 0 82 جزء من بليون من الوزن.

9. ثابت الجذب الكوني أجرى كافندش تجربته باستعمال كرات مصنوعة من الرصاص. افترض أنه استبدل بكرات الرصاص كرات من النحاس ذات كتل متساوية، فهل تكون قيمة G هي نفسها أم تختلف؟ وضح ذلك.

تكون قيمة G نفسها؛ لأنّه باستعمال قيمة G نفسها تمّ بنجاح وصف التجاذب بين أجسام ذات تراكيب كيميائية مختلفة مثل: الشمس (النجوم)، والكواكب، والأقمار الاصطناعية.

10. التفكير الناقد يحتاج رفع صخرة على سطح القمر إلى قوة أقل من التي تحتاج إليها على الأرض.

a. كيف تؤثر قوة الجاذبية الضعيفة على سطح القمر في مسار الحجر عند قذفه أفقيًّا؟

يتطلب القذف الأفقي الجهد نفسه، وذلك بسبب خاصية القصور الذاتي للحجر $F = ma$. وتعتمد كتلة الحجر على مقدار المادة الموجودة في الحجر فقط، وليس على موقعه في الكون. ويبقى المسار قطعًا مكافئًا، ولكنه سيكون أعرض بكثير (المدى الأفقي كبير)؛ لأن الحجر سيقطع مسافة أكبر قبل أن يرتطم بسطح القمر، مما يعطيه تسارعًا أقل وزمن تحليق أطول.

b. إذا سقط الحجر على إصبع شخص، فأيهما يؤذيه أكثر: سقوطه – من الارتفاع نفسه – على سطح القمر، أم على سطح الأرض؟ فسّر ذلك.

افترض أن السقوط تم من الارتفاع نفسه على الأرض وعلى القمر، فسيكون الأذى أكبر على سطح الأرض؛ لأنّ قيمة g على الأرض أكبر من قيمتها على القمر، مما يعني أن الحجر يضرب الإصبع بسرعة أقل على القمر مقارنة بسرعته على الأرض.

مسائل تدريبية

7–2 استخدام قانون الجذب الكوني (صفحات 81–72)

صفحة 74

افترض أن مدار الأقمار دائري عند حل المسائل التالية:

11. افترض أن القمر في المثال السابق تحرك إلى مدار نصف قطره أكبر 24 km من نصف القطر السابق، فكم يصبح مقدار سرعته؟ وهل هذه السرعة أكبر أم أقل ممّا في المثال السابق؟

$$r = (h + 2\ 40\times10^{4}\ \text{m}) + r_{\text{E}}$$

$$= (2\ 25\times10^{5}\ \text{m} + 2\ 40\times10^{4}\ \text{m}) + 6\ 38\times10^{6}\ \text{m} = 6\ 63\times10^{6}\ \text{m}$$

$$v = \sqrt{\frac{Gm_{\text{E}}}{r}}$$

$$= \sqrt{\frac{(6.67\times10^{-11}\ \text{N.m}^2/\text{kg}^2)(5.97\times10^{24}\ \text{kg})}{6.63\times10^{6}\ \text{m}}}$$

$$= 7\ 75\times10^{3}\ \text{m/s, أقل}$$

12. استعمل تجربة نيوتن الذهنية في حركة الأقمار الاصطناعية لحل ما يلي:

a. حساب مقدار سرعة إطلاق قمر اصطناعي من منصة إطلاق بحيث يصبح في مدار يبعد 150 km عن سطح الأرض.

$$v = \sqrt{\frac{Gm_{\text{E}}}{r}}$$

$$= \sqrt{\frac{(6.67\times10^{-11}\ \text{N.m}^2/\text{kg}^2)(5.97\times10^{24}\ \text{kg})}{(6.38\times10^{6}\text{m} + 1.5\times10^{5}\ \text{m})}}$$

$$= 7\ 8\times10^{3}\ \text{m/s}$$

b. احسب الزمن الذي يستغرقه القمر الاصطناعي (بالثواني والدقائق) ليكمل دورة حول الأرض ويعود إلى المنصة.

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{Gm_E}} = 2\pi\sqrt{\frac{(6.38\times10^6\ \text{m} + 1.5\times10^5\ \text{m})^3}{(6.67\times10^{-11}\ \text{N.m}^2/\text{kg}^2)(5.97\times10^{24}\ \text{kg})}}$$

$$= 5\ 3\times10^3\ \text{s} \quad 88\ \text{min}$$

13. استعمل البيانات المتعلقة بعطارد المعطاة في **الجدول 1–7** لإيجاد ما يلي:

a. مقدار سرعة قمر اصطناعي في مدار على بُعد 260 km من سطح عطارد.

ترمز M لعطارد

$$v = \sqrt{\frac{Gm_M}{r}}$$

$$r = r_M + 260\ \text{km}$$

$$= 2\ 44\times10^6\ \text{m} + 0\ 26\times10^6\ \text{m}$$

$$= 2\ 70\times10^6\ \text{m}$$

$$v = \sqrt{\frac{(6.67\times10^{-11}\ \text{N.m}^2/\text{kg}^2)(3.30\times10^{23}\ \text{kg})}{(2.70\times10^6\ \text{m})}}$$

$$= 2\ 86\times10^3\ \text{m/s}$$

b. الزمن الدوري لهذا القمر.

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{Gm_M}} = 2\pi\sqrt{\frac{(2.70\times10^6\ \text{m})^3}{(6.67\times10^{-11}\ \text{N.m}^2/\text{kg}^2)(3.30\times10^{23}\ \text{kg})}}$$

$$= 5\ 94\times10^3\ \text{s} = 1\ 65\ \text{h}$$

مراجعة القسم

2–7 استخدام قانون الجذب الكوني (صفحات 81–72)

صفحة 81

14. مجالات الجاذبية يبعد القمر مسافة 3.9×10^5 km عن مركز الأرض، في حين يبعد 1.5×10^8 km عن مركز الشمس. وكتلتا الأرض والشمس 6.0×10^{24} kg، و2.0×10^{30} kg على الترتيب.

a. أوجد النسبة بين مجال جاذبية الأرض ومجال جاذبية الشمس عند مركز القمر.

مجال جاذبية الشمس:

$$g_S = \frac{Gm_S}{r_S^2}$$

مجال جاذبية الأرض:

$$g_E = \frac{Gm_E}{r_E^2}$$

$$\frac{g_s}{g_E} = \left(\frac{m_S}{m_E}\right)\left(\frac{r_E^{\ 2}}{r_S^{\ 2}}\right)$$

$$= \frac{(2.0\times10^{30}\ \text{kg})\ (3.9\times10^5\ \text{km})^2}{(6.0\times10^{24}\ \text{kg})\ (1.5\times10^8\ \text{km})^2} \quad = 2\ 3$$

b. عندما يكون القمر في طور ربعه الثالث (ليلة 21 في الشهر)، **الشكل 18–7**، يكون اتجاهه بالنسبة إلى الأرض عموديًّا على اتجاه الأرض بالنسبة إلى الشمس. ما محصلة المجال الجاذبي للأرض والشمس عند مركز القمر؟

■ **الشكل 18–7**

بما أن الاتجاهات تُشكِّل مثلثًا قائم الزاوية، فإن المجال المحصل يساوي الجذر التربيعي لمجموع مربعي المجالين.

$$g_s = \frac{Gm_s}{r^2}$$
$$= \frac{(6.67\times10^{-11}\ \mathrm{N.m^2/kg^2})(2.0\times10^{30}\ \mathrm{kg})}{(1.5\times10^{11}\ \mathrm{m})^2}$$
$$= 5.9\times10^{-3}\ \mathrm{N/kg}$$

وبالمثل،

$$g_E = 2\ 6\times10^{-3}\ \mathrm{N/kg}$$

$$g_{\text{المحصلة}} = \sqrt{(5.9\times10^{-3}\ \mathrm{N/kg})^2 + (2.6\times10^{-3}\ \mathrm{N/kg})^2}$$
$$= 6\ 4\times10^{-3}\ \mathrm{N/kg}$$

15. مجال الجاذبية كتلة القمر 7.3×10^{22} kg ونصف قطره 1785 km، ما شدة مجال الجاذبية على سطحه؟

$$g = \frac{GM}{r^2} = (6.67\times10^{-11}\ \mathrm{N.m^2/\ kg^2})(7.3\times10^{22}\ \mathrm{kg})/(1.785\times10^{3}\ \mathrm{m})^2$$
$$= 1\ 5\ \mathrm{N/kg}$$

سُدس شدة مجال الجاذبية الأرضية تقريبًا، أو 1 5 N/kg.

16. الزمن الدوري والسرعة قمران اصطناعيان في مدارين دائريين حول الأرض؛ يبعد الأول 150 km عن سطح الأرض، والثاني 160 km .

a. أي القمرين له زمن دوري أكبر؟

عندما يكون نصف قطر المدار كبيرًا يكون زمنه الدوري كبيرًا أيضًا، فالقمر الذي على بعد 160 km من سطح الأرض له زمن دوري أكبر.

b. أي القمرين سرعته أكبر؟

القمر الذي على بعد 150 km من سطح الأرض؛ وذلك لأنه كلما قل نصف قطر المدار زادت السرعة.

17. حالة انعدام الوزن تكون المقاعد داخل محطة الفضاء عديمة الوزن. إذا كنت على متن إحدى هذه المحطات وكنت حافي القدمين فهل تشعر بالألم إذا ركلت كرسيًّا؟ فسّر ذلك.

نعم؛ لأنّ الكرسي عديم الوزن وليس عديم الكتلة، فلا يزال له قصور ويمكنه توليد قوى تماس مع القدم.

تابع الفصل 7

18. التفكير الناقد لماذا يُعد إطلاق قمر اصطناعي من الأرض إلى مدار ليدور في اتجاه الشرق أسهل من إطلاقه ليدور في اتجاه الغرب؟ وضّح.

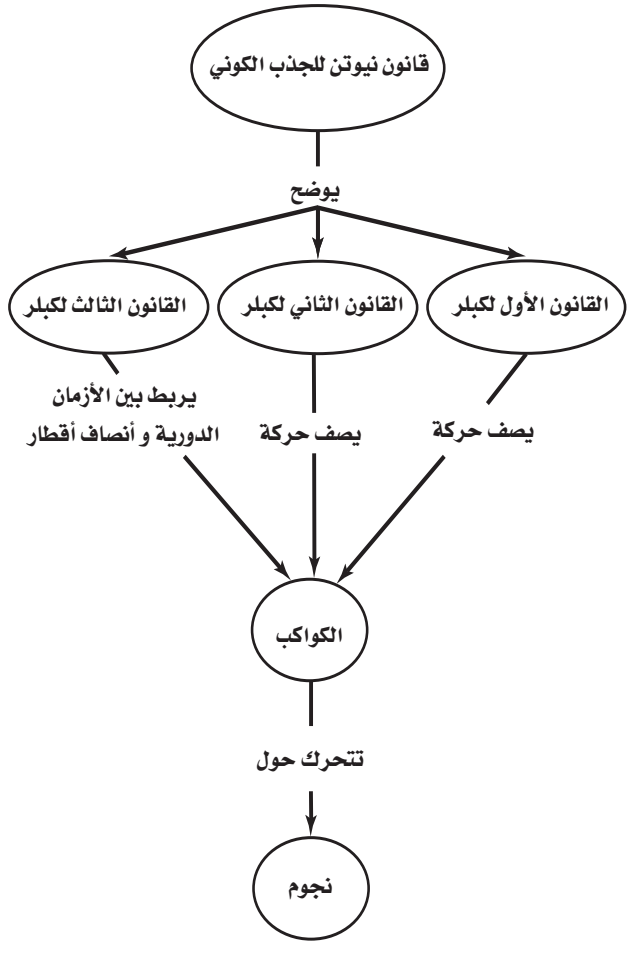
تدور الأرض في اتجاه الشرق وتضاف سرعتها إلى سرعة القمر الاصطناعي الناتجة عن الصاروخ، وبذلك تقلّل السرعة التي يتعين على الصاروخ تزويدها للقمر.

تقويم الفصل

خريطة المفاهيم

صفحة 86

19. كوّن خريطة مفاهيمية مستعملاً هذه المصطلحات: كواكب، نجوم، قانون نيوتن للجذب الكوني، القانون الأول لكبلر، القانون الثاني لكبلر، القانون الثالث لكبلر.



إتقان المفاهيم

صفحة 86

20. تتحرك الأرض في مدارها خلال الصيف ببطء في نصفها الشمالي أكبر ممّا هي عليه في الشتاء، فهل هي أقرب إلى الشمس في الصيف أم في الشتاء؟ (1–7)

تتحرك الأرض في مدارها ببطء أكبر خلال الصيف، ومن القانون الثاني لكبلر، يجب أن تكون أبعد عن الشمس، لذلك تكون الأرض أقرب إلى الشمس في أشهر الشتاء.

21. هل المساحة التي تمسحها في وحدة الزمن (m^2/s) عند دورانها حول الشمس تساوي المساحة التي يمسحها المريخ في وحدة الزمن (m^2/s) عند دورانه حول الشمس؟ (1–7)

لا، إنّ تَساوي المساحات المقطوعة في وحدة الزمن يُطبّق على كل كوكب على حدة.

22. لماذا اعتقد نيوتن أن هناك قوة تؤثر في القمر؟ (1–7)

عرف نيوتن أنّ القمر يتحرك في مدارٍ منحنٍ، لذلك؛ فهو متسارع، والتسارع يتطلّب وجود قوة مؤثرة فيه.

23. كيف أثبت كافندش وجود قوة جاذبية بين جسمين صغيرين؟ (1–7)

قاس الكتل بدقة وقاس المسافة وقوة التجاذب بينها، ثمّ حسب قيمة G باستعمال قانون نيوتن في الجذب الكوني.

24. ماذا يحدث لقوة الجذب بين كتلتين عند مضاعفة المسافة بينهما؟ (1–7)

وفقًا لقانون نيوتن، فإن $F\alpha 1/r^2$. فإذا ضاعفنا المسافة قلّت القوة إلى الربع.

25. ما الذي يحافظ على القمر الاصطناعي فوقنا؟ وضح ذلك. (2–7)

سرعته، إذ إنّه يسقط طوال الوقت في اتجاه الأرض.

26. يدور قمر اصطناعي حول الأرض. أي العوامل التالية تعتمد عليها سرعته؟ (2–7)

a. كتلة القمر

b. البعد عن الأرض

c. كتلة الأرض

تعتمد السرعة فقط على كل من: b (البعد عن الأرض)، c (كتلة الأرض).

27. مـا مصـدر القوة التي تسـبب التسـارع المركزي لقمر اصطناعي في مداره؟ (2–7)

قوة الجاذبية بينه وبين الأرض في اتجاه مركز الأرض.

28. بيّن أن وحدات g في المعادلة $g = F/m$ هي m/s^2. (2–7)

$$\frac{N}{kg} = \frac{kg.m/s^2}{kg} = m/s^2$$

29. لو كانت كتلة الأرض ضعف ما هي عليه مع ثبات حجمها، فماذا يحدث لقيمة g؟ (2–7)

تتضاعف قيمة g.

تطبيق المفاهيم

(صفحتا 87–86)

30. **كرة التنس** قوة الجاذبية التي تؤثر في جسم ما قرب سطح الأرض تتناسب مع كتلة الجسم. يبين **الشكل 19–7** كرة تنس وكرة تنس طاولة في حالة سقوط حر. لماذا لا تسقط كرة التنس بسرعة أكبر من كرة تنس الطاولة؟

■ الشكل 19–7

$$F = G\frac{m_1 m_2}{r^2}$$

كتلة الأرض $= m_1$

$$a = \frac{F}{m_2}$$

كتلة الجسم $= m_2$

وعليه فإن:

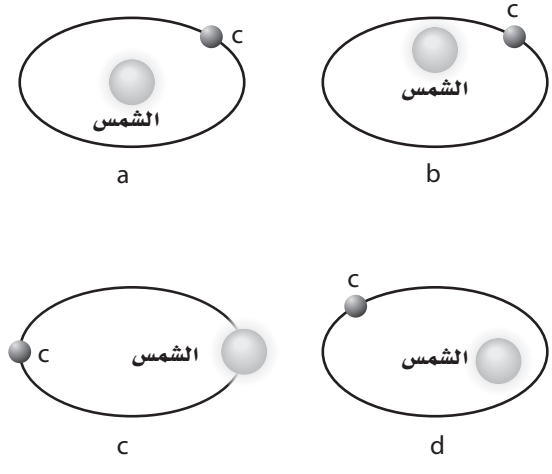
$$a = \frac{G m_1}{r^2}$$

لا يعتمد التسارع على كتلة الجسم، حيث تحتاج الأجسام ذات الكتلة الأكبر إلى قوة أكبر لتتسارع بالمعدّل نفسه.

31. ما المعلومات التي تحتاج إليها لإيجاد كتلة المشتري باستعمال صيغة نيوتن للقانون الثالث لكبلر؟

يجب أن تعرف الزمن الدوري ونصف قطر المدار لأحد الأقمار على الأقل.

32. قرّر إذا كان كل مدار من المدارات الموضحة في **الشكل 20–7** مدارًا ممكنًا لكوكبٍ ما أم لا.



■ الشكل 20–7

d هو المدار الممكن فقط، أمّا في a و b فلا تكون الشمس في البؤرة، وفي c فإنّ الكوكب ليس في مدار حول الشمس.

33. يجذب كلٌّ من القمر والأرض الآخر. فهل تجذب الأرض ذات الكتلة الأكبر القمرَ بقوة أكبر من قوة جذب القمر لها؟ فسّر ذلك.

لا؛ حيث إنّ القوتين تمثّلان كلاً من الفعل ورد الفعل، وتبعًا للقانون الثالث لنيوتن فهما متساويتان في المقدار ومتعاكستان في الاتجاه.

34. ماذا يحدث للثابت G إذا كانت كتلة الأرض ضعف قيمتها، وبقي حجمها ثابتًا؟

لا يتغير؛ لأنّ الثابت G ثابت كوني لا يعتمد على كتلة الأرض. أمّا قوة جذبها فإنها ستتضاعف.

35. إذا ارتفع مكوك فضاء إلى مدار أبعد من مداره، فماذا يحدث لزمنه الدوري؟

وفقًا للمعادلة التالية:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{Gm_E}}$$

فإنه، إذا زاد نصف قطر المدار يزداد الزمن الدوري.

36. كتلة المشتري أكبر 300 مرة من كتلة الأرض، ونصف قطره أكبر عشر مرات من نصف قطر الأرض. احسب بالتقريب قيمة g على سطح المشتري.

$g \propto \frac{m_E}{r_E^2}$. إذا كانت كتلة المشتري أكبر 300 مرة من كتلة الأرض، ونصف قطره أكبر عشر مرات من نصف قطر الأرض فإن:

$g \propto 300/10^2 = 3$ ، وعليه فإن قيمة g على المشتري تساوي ثلاثة أمثال قيمتها على الأرض.

37. إذا ضاعفنا كتلة تخضع لمجال الأرض الجاذبي، فماذا يحدث للقوة التي يولدها المجال على هذه الكتلة؟

ستتضاعف أيضًا.

إتقان حل المسائل

7–1 حركة الكواكب والجاذبية

صفحة 87

38. المشتري أبعد من الأرض عن الشمس بـِ 5.2 مرة. احسب الزمن الدوري له بالسنوات الأرضية.

ترمز J للمشتري

$$\left(\frac{T_J}{T_E}\right)^2 = \left(\frac{r_J}{r_E}\right)^3$$

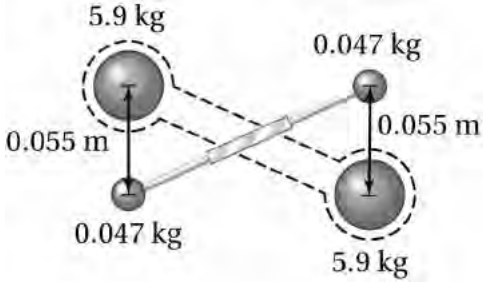
$$T_J = \sqrt{\left(\frac{r_J}{r_E}\right)^3 T_E^2}$$

$$= \sqrt{(5.2/1.0)^3 (1.0\,y)^2}$$

$$= \sqrt{141\,y^2}$$

$$= 12\,y \text{ (سنة أرضية)}$$

39. يبين **الشكل 7–21** جهاز كافندش المستعمل في حساب G. وهناك كتلة رصاص كبيرة 5.9 kg وكتلة صغيرة 0.047 kg، المسافة بين مركزيهما 0.055 m، احسب قوة التجاذب بينهما.



■ الشكل 7–21

$$F = G\frac{m_{\text{كتلة كبيرة}}\, m_{\text{كتلة صغيرة}}}{r^2}$$

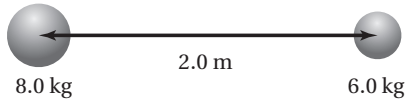
$$= (6.67\times10^{-11}\,N.m^2/kg^2)\,\frac{(5.9\,kg)(4.7\times10^{-2}\,kg)}{(5.5\times10^{-2}\,m)^2}$$

$$= 6.1\times10^{-9}\,N$$

40. باستعمال **الجدول 1—7**، احسب القوة التي تؤثر بها الشمس في المشتري.

$$F = G\frac{m_1 m_2}{r^2}$$
$$= \frac{(6.67\times10^{-11}\ \text{N.m}^2/\text{kg}^2)\ (1.99\times10^{30}\ \text{kg})(1.90\times10^{27}\ \text{kg})}{(7.78\times10^{11}\ \text{m})^2}$$
$$= 4\ 17\times10^{23}\ \text{N}$$

41. إذا كان البعد بين مركزي كرتين 2.0 m، كما في **الشكل 22—7**، وكانت كتلة إحداهما 8.0 kg وكتلة الأخرى 6.0 kg، فما قوة الجاذبية بينهما؟



■ **الشكل 22—7**

$$F = G\frac{m_1 m_2}{r^2}$$
$$= (6\ 67\times10^{-11}\ \text{N.m}^2/\text{kg}^2)\ \frac{(8.0\ \text{kg})(6.0\ \text{kg})}{(2.0\ \text{m})^2}$$
$$= 8\ 0\times10^{-10}\ \text{N}$$

42. كرتان متماثلتان كتلة كل منهما 6.8 kg، والبعد بين مركزيهما 21.8 cm. ما قوة الجاذبية التي تؤثر بها كل منهما في الأخرى؟

$$F = G\frac{m_1 m_2}{r^2}$$
$$= (6\ 67\times10^{-11}\ \text{N.m}^2/\text{kg}^2)\ \frac{(6.8\ \text{kg})(6.8\ \text{kg})}{(0.218\ \text{m})^2}$$
$$= 6\ 5\times10^{-8}\ \text{N}$$

43. إذا كانت قوة الجاذبية بين إلكترونين البعد بينهما 1.00 m تساوي 5.54×10^{-71} N، فاحسب كتلة الإلكترون.

$$F = G\frac{m_1 m_2}{r^2}$$

ولما كانت: $m_1 = m_2 = m_e$

فإن:

$$m_e = \sqrt{\frac{Fr^2}{G}}$$
$$= \sqrt{\frac{(5.54\times10^{-71}\ \text{N})(1.00\ \text{m})^2}{6.67\times10^{-11}\ \text{N.m}^2/\text{kg}^2}}$$
$$= 9\ 11\times10^{-31}\ \text{kg}$$

44. **أورانوس** يحتاج أورانوس إلى 84 سنة ليدور حول الشمس. احسب نصف قطر مدار أورانوس بدلالة نصف قطر مدار الأرض.

$\left(\frac{T_U}{T_E}\right)^2 = \left(\frac{r_U}{r_E}\right)^3$ **ترمز U لأورانوس**

$\frac{r_U}{r_E} = \sqrt[3]{\left(\frac{T_U}{T_E}\right)^2}$

$= \sqrt[3]{\left(\frac{84\text{ y}}{1.0\text{ y}}\right)^2}$

$= 19$ **لذلك فإن**

$r_U = 19r_E$

45. كرتان المسافة بين مركزيهما 2.6 m، وقوة الجاذبية بينهما 2.75×10^{-12} N. ما كتلة كل منهما إذا كانت كتلة إحداهما ضعف كتلة الأخرى؟

$F = G\frac{m_1 m_2}{r^2}$

ولما كانت: $m_2 = 2m_1$، **فإن:**

$F = G\frac{(m_1)(2m_1)}{r^2}$

$m_1 = \sqrt{\frac{Fr^2}{2G}}$

$= \sqrt{\frac{(2.75\times10^{-12}\text{ N})\ (2.6\text{ m})^2}{(2)(6.67\times10^{-11}\text{ N.m}^2/\text{kg}^2)}}$

$= 0\ 3733$ kg **أو** 0 37 kg **إلى أقرب رقمين معنويين**

$m_2 = 2m_1 = (2)(0\ 3733\text{ kg}) =$ 0 7466 kg **أو** 0 75 kg **إلى أقرب رقمين معنويين**

46. تُقاس المساحة بوحدة m^2، ولذا فإن المعدل الزمني للمساحة التي يمسحها كوكب أو قمر هي m^2/s.

a. ما معدل المساحة (m^2/s) التي تمسحها الأرض في مدارها حول الشمس؟

$r = 1\ 50\times10^{11}$ m

$T = 3\ 156\times10^7$ s, 365 25 days $= 1\ 00$ y

$\frac{\pi r^2}{T} = \pi(1.50\times10^{11}\text{ m})^2/(3.156\times10^7\text{ s})$

$= 2\ 24\times10^{15}\text{ m}^2/\text{s}$

b. ما معدل المساحة (m^2/s) التي يمسحها القمر في مداره حول الأرض؟ افترض أن متوسط المسافة بين الأرض والقمر 3.9×10^8 m، والزمن الدوري للقمر حول الأرض 27.33 يومًا.

$\frac{\pi(3.9\times10^8\text{ m})^2}{(2.36\times10^6\text{ s})} = 2.0\times10^{11}\text{ m}^2/\text{s}$

7–2 استخدام قانون الجذب الكوني

صفحتا 88–87

47. كتاب كتلته 1.25 kg ووزنه في الفضاء 8.35 N، ما قيمة المجال الجاذبي في ذلك المكان؟

$$g = \frac{F}{m} = \frac{8.35\ \text{N}}{1.25\ \text{kg}} = 6.68\ \text{N/kg}$$

48. إذا كانت كتلة القمر 7.34×10^{22} kg وبُعد مركزه عن مركز الأرض 3.8×10^{8} m، وكتلة الأرض 5.97×10^{24} kg، فاحسب:

a. مقدار قوة الجذب الكتلي بينهما.

$$F = G\frac{m_E m_M}{r^2}$$
$$= (6\ 67\times10^{-11}\ \text{N.m}^2/\text{kg}^2)\ \frac{(5.97\times10^{24}\ \text{kg})(7.34\times10^{22}\ \text{kg})}{(3.8\times10^{8}\ \text{m})^2}$$
$$= 2\ 0\times10^{20}\ \text{N}$$

b. مقدار مجال الجاذبية للأرض على القمر.

$$g = \frac{F}{m} = \frac{2.03\times10^{20}\ \text{N}}{7.34\times10^{22}\ \text{kg}} = 0\ 0028\ \text{N/kg}$$

لاحظ أنه استخدم المقدار 2.03×10^{20} N بدلا من 2.0×10^{20} N لتجنب الخطأ الناتج عن التقريب.

49. إذا كان وزن أخيك الذي كتلته 91 kg على سطح القمر هو 145.6 N، فما قيمة مجال الجاذبية للقمر على سطحه؟

$$F_g = mg$$
$$g = \frac{F_g}{m} = \frac{145.6\ \text{N}}{91.0\ \text{kg}} = 1.60\ \text{N/kg}$$

50. رائد فضاء إذا كانت كتلة رائد فضاء 80 kg، وفقد 25% من وزنه عند نقطة في الفضاء، فما شدة مجال جاذبية الأرض عند هذه النقطة؟

$$F_g = mg = (80\ 0\ \text{kg})(9\ 80\ \text{m/s}^2) = 784\ \text{N}$$
$$F_{g,\text{المختزل}} = (784\ \text{N})(0.750) = 588\ \text{N}$$
$$g_{\text{المختزل}} = \frac{F_{g,\text{المختزل}}}{m} = \frac{588\ \text{N}}{80.0\ \text{kg}} = 7\ 35\ \text{m/s}^2$$

مراجعة عامة

صفحة 88

51. استعمل البيانات الخاصة بالأرض في **الجدول 1–7** لحساب كتلة الشمس باستخدام صيغة نيوتن للقانون الثالث لكبلر.

$$T^2 = \left(\frac{4\pi^2}{Gm}\right)r^3$$
$$mT^2 = \frac{4\pi^2}{G}r^3$$
$$m = \left(\frac{4\pi^2}{G}\right)\frac{r^3}{T^2}$$
$$= \left(\frac{4\pi^2}{6.67\times10^{-11}\ \text{N.m}^2/\text{kg}^2}\right)\frac{(1.50\times10^{11}\ \text{m})^3}{(3.156\times10^{7}\ \text{s})^2}$$
$$= 2\ 01\times10^{30}\ \text{kg}$$

52. استعمل البيانات في **الجدول 1–7** لحساب مقدار السرعة والزمن الدوري لقمر اصطناعي يدور حول المريخ على ارتفاع 175 km من سطحه.

$$r = r_M + 175\ \text{km} = 3\ 40\times10^6\ \text{m} + 0\ 175\times10^6\ \text{m}$$

$$= 3\ 58\times10^6\ \text{m}$$

$$v = \sqrt{\frac{GM_M}{r}}$$

$$= \sqrt{\frac{(6.67\times10^{-11}\ \text{N.m}^2/\text{kg}^2)(6.42\times10^{23}\ \text{kg})}{(3.58\times10^6\ \text{m})}}$$

$$= 3\ 46\times10^3\ \text{m/s}$$

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{GM_M}}$$

$$= 2\pi\sqrt{\frac{(3.58\times10^6\ \text{m})^3}{(6.67\times10^{-11}\ \text{N.m}^2/\text{kg}^2)(6.42\times10^{23}\ \text{kg})}}$$

$$= 6\ 45\times10^3\ \text{s}$$ أو $$1\ 79\ \text{h}$$

53. ما سرعة دوران كوكب بحجم الأرض وكتلتها، بحيث يبدو الجسم الموضوع على خط الاستواء عديم الوزن؟ أوجد الزمن الدوري للكوكب بالدقائق.

يجب أن يكون التسارع المركزي مساويًا لتسارع الجاذبية على ألا يؤثر سطح هذا الكوكب بأي قوة (المعروفة باسم الوزن).

$$\frac{mv^2}{r} = G\frac{m_E\, m}{r^2}$$

$$v = \sqrt{\frac{Gm_E}{r}}$$

$$T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi r}{\sqrt{\frac{Gm_E}{r}}} \qquad \text{لذا فإن} \qquad v = \frac{2\pi r}{T}$$

$$= 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{Gm_E}}$$

$$= 2\pi\sqrt{\frac{(6.38\times10^6\ \text{m})^3}{(6.67\times10^{-11}\ \text{N.m}^2/\text{kg}^2)(5.97\times10^{24}\ \text{kg})}}$$

$$= 5\ 07\times10^3\ \text{s} = 84\ 5\ \text{min}$$

التفكير الناقد

صفحة 88

54. حلّل واستنتج يقول بعض الناس إن المد على سطح الأرض تسببه قوة سحب من القمر. هل هذه العبارة صحيحة؟

a. أوجد القوى التي تؤثر بها الشمس والقمر في كتلة m من الماء على سطح الأرض. اجعل إجابتك بدلالة m.

$$F_{S,m} = 6\ 67\times10^{-11}\ \mathrm{N.m^2/kg^2}\left(\frac{(1.99\times10^{30}\ \mathrm{kg})(m)}{(1.50\times10^{11}\ \mathrm{m})^2}\right)$$
$$= (5\ 90\times10^{-3}\ \mathrm{N})m$$

$$F_{M,m} = 6\ 67\times10^{-11}\ \mathrm{N.m^2/kg^2}\left(\frac{(7.36\times10^{22}\ \mathrm{kg})(m)}{(3.80\times10^{8}\ \mathrm{m})^2}\right)$$
$$= (3\ 40\times10^{-5}\ \mathrm{N})m$$

b. أي الجسمين يجذب الماء الموجود على سطح الأرض بقوة أكبر: الشمس أم القمر؟

تجذب الشمس الماء الموجود على سطح الأرض بقوة أكبر مئة مرة من قوة جذب القمر له.

c. أوجد الفرق بين القوتين اللتين يؤثر بهما القمر في الماء الموجود على سطح الأرض القريب منه، والبعيد عنه، كما يبين **الشكل 23–7**، وذلك بدلالة الكتلة m.

■ **الشكل 23–7**

$$F_{M,\ \ } - F_{M,\ \ } = (6\ 6710^{-11}\ \mathrm{N.m^2/kg^2})(7\ 36\times10^{22}\ \mathrm{kg})(m)\times$$
$$\left(\frac{1}{(3.80\times10^{8}\ \mathrm{m} - 6.37\times10^{6}\ \mathrm{m})^2} - \frac{1}{(3.80\times10^{8}\ \mathrm{m} + 6.37\times10^{6}\ \mathrm{m})^2}\right)$$
$$= (2\ 28\times10^{-6}\ \mathrm{N})m$$

d. أوجد الفرق بين القوتين اللتين تؤثر بهما الشمس في الماء الموجود على سطح الأرض، القريب منها، والبعيد عنها.

$$F_{S,\text{الماء القريب}} - F_{S,\text{الماء البعيد}} = (6\ 67\times10^{-11}\ \mathrm{N.m^2/kg^2})(1\ 99\times10^{30}\ \mathrm{kg})(m)\times$$
$$\left(\frac{1}{(1.50\times10^{11}\ \mathrm{m} - 6.37\times10^{6}\ \mathrm{m})^2} - \frac{1}{(1.50\times10^{11}\ \mathrm{m} + 6.37\times10^{6}\ \mathrm{m})^2}\right)$$
$$= (1\ 00\times10^{-6}\ \mathrm{N})m$$

e. أيّ الجسمين– الشمس أم القمر– له فرق كبير بين القوتين اللتين يسببهما على الماء الموجود على سطح الأرض القريب منه والسطح البعيد عنه؟

القمر

f. لماذا تُعد العبارة التالية مضلّلة: ينتج المد عن قوة جذب من القمر ؟ استبدل بها عبارة صحيحة توضح كيف يسبب القمر ظاهرة المدّ على الأرض؟

ينتج المد بسبب الفرق بين قوة جذب القمر للماء الموجود على سطح الأرض القريب منه، وقوة جذبه للماء الموجود على سطح الأرض البعيد عنه.

الكتابة في الفيزياء

صفحة 88

55. اكتب نبذة عن التطور التاريخي لقياس البعد بين الشمس والأرض.

أحد القياسات البسيطة التقريبيّة تمت على يد العالم جيمس برادلي James Bradley عام 1732م. كما يجب أن تناقش الإجابات القياسات التي تمت لمرور كوكب الزهرة والتي رصدت في تسعينيات القرن السابع عشر.

56. استكشف جهود الفلكيين في اكتشاف كواكب حول نجوم أخرى غير الشمس، وما الطرائق التي استعملها الفلكيون؟ وما القياسات التي أجروها وحصلوا عليها؟ وكيف استعملوا القانون الثالث لكبلر؟

تمكّن علماء الفلك من قياس السرعة الصغيرة للنجوم الناتجة عن قوى جاذبية الكواكب الضخمة المؤثرة فيها، حيث تمّ حساب السرعة من خلال قياس انزياح دوبلر لضوء النجم الناتج عن هذه الحركة. وتتذبذب السرعة بسبب دوران الكواكب حول النجم، مما أتاح لهم حساب الزمن الدوري للكوكب. وبمعرفة السرعة يمكن تقدير أبعاد الكوكب وكتلته. وبمقارنة أبعاد الكواكب في المجموعة الشمسية وأزمانها الدوريّة بكواكب متعدّدة، وباستعمال القانون الثالث لكبلر، يمكن للفلكيين أن يحصلوا على أبعاد النجوم والكواكب وكتلها بصورة أفضل.

مراجعة تراكمية

صفحة 88

57. الطائرات أقلعت طائرة من مدينة الدمام عند الساعة 2:20 بعد الظهر، وهبطت في مطار الرياض عند الساعة 3:15 بعد الظهر من اليوم نفسه. فإذا كان متوسط سرعة الطائرة في الهواء 441.0 km /h، فما مقدار المسافة بين المدينتين؟

$$\Delta t = 55\ \text{min} = 0\ 971\ \text{h}$$

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

$$\Delta d = \bar{v}\,\Delta t$$

$$= (441\ 0\ \text{km/h})(0\ 917\ \text{h})$$

$$= 404\ \text{km}$$

58. حشرة البطاطس تدور حشرة كتلتها 1.0 g حول الحافة الخارجية لقرص قطره 17.2 cm بسرعة 0.63 cm /s. ما مقدار القوة المركزية المؤثرة في الحشرة؟ وما المصدر الذي يسبب هذه القوة؟

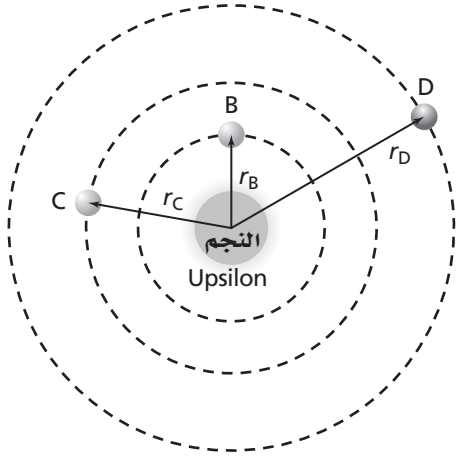
$$F_C = \frac{mv^2}{r} = \frac{(0.0010\ \text{kg})(0.0063\ \text{cm})^2}{(0.086\ \text{m})} = 5\ 0\times10^{-7}\ \text{N}$$

مصدر القوة هو قوة الاحتكاك بين الحشرة والثمرة.

مسألة تحفيز

صفحة 68

اكتشف الفلكيون ثلاثة كواكب تدور حول النجم Upsilon هي: الكوكب B الذي يبلغ نصف قطر مداره 0.059 AU وزمنه الدوري 4.6170 أيام، والكوكب C ويبلغ نصف قطر مداره 0.829 AU وزمنه الدوري 241.5 يومًا، والكوكب D الذي يبلغ نصف قطر مداره 2.53 AU وزمنه الدوري 1284 يومًا. (المسافة بين الأرض والشمس تساوي 1.00 AU)



1. هل تحقق هذه الكواكب القانون الثالث لكبلر؟

تحقق من ذلك عن طريق حساب النسبة التالية: $\frac{r^3}{T^2}$

للكوكب B: $\frac{r_B^3}{T_B^2} = 9\ 6\times10^{-6}\ \mathrm{AU^3/days^2}$

للكوكب C: $\frac{r_C^3}{T_C^2} = 9\ 77\times10^{-6}\ \mathrm{AU^3/days^2}$

للكوكب D: $\frac{r_D^3}{T_D^2} = 9\ 82\times10^{-6}\ \mathrm{AU^3/days^2}$

وهذا يتفق مع القانون الثالث لكبلر.

2. أوجد كتلة النجم Upsilon بدلالة كتلة الشمس.

$$\frac{r^3}{T^2} = \frac{Gm_{\text{الجسم المركزي}}}{4\pi^2}$$

لنظام الأرض— الشمس

$$\frac{r^3}{T^3} = (1.000\ \mathrm{AU})^3/(1.000\ \mathrm{yr})^2 = 1\ 000\ \mathrm{AU^3/yr^2}$$

لنظام الكوكب Upsilon — C

$$\frac{r^3}{T^3} = 9\ 77\times10^{-6}\ \mathrm{AU^3/days^2}$$
$$= (9\ 77\times10^{-6}\ \mathrm{AU^3/day^2})(365\ \mathrm{day/yr})^2$$
$$= 1\ 3\ \mathrm{AU^3/yr^2}$$
$$= \frac{Gm_{\text{النجم}}}{4\pi^2}$$

النسبة بينهما تبين أن كتلة النجم تساوي 1 3 مرة كتلة الشمس.

الفصل الأول

1. يُعبَّر عن كثافة (ρ) جسم ما من خلال نسبة كتلة الجسم m إلى حجمه V، وفقًا للمعادلة $\rho = m/V$. فما كثافة مكعب طول كل ضلع من أضلاعه 1.2 cm وكتلته 25.6 g؟

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{(25.6\ \text{g})}{(1.2\ \text{cm})^3} = 15\ \text{g/cm}^3$$

2. يتحرك جسم في خط مستقيم بسرعة v، ويقطع مسافة مقدارها $d = vt$ خلال زمن مقداره t. أعد كتابة المعادلة لإيجاد t بدلالة d و v، ثم احسب الزمن الذي تحتاج إليه طائرة تتحرك بسرعة 350 km /h لتقطع مسافة مقدارها 1750 km.

$$t = \frac{d}{v} = \frac{(1750\ \text{km})}{(350\ \text{km/h})} = 5\ 0\ \text{h}$$

3. حوّل المقدار 523 kg ليصبح بوحدة mg.

$$523\ \text{kg} = (523\ \text{kg})\left(\frac{1000\ \text{g}}{1\ \text{kg}}\right)\left(\frac{1000\ \text{mg}}{1\ \text{g}}\right)$$
$$= 5.23 \times 10^8\ \text{mg}$$

4. إن وحدة الملليتر (ml) المستخدمة في قياس حجم السوائل تساوي $1\ \text{cm}^3$. فما مقدار حجم السائل بوحدة ml الذي يمكن إضافته إلى إناء حجمه $2.5\ \text{m}^3$؟

$$2\ 5\ \text{m}^3 = (2\ 5\ \text{m}^3)\left(\frac{100\ \text{cm}}{1\ \text{m}}\right)^3\left(\frac{1\ \text{ml}}{1\ \text{cm}^3}\right)$$
$$= 2\ 5 \times 10^6\ \text{ml}$$

5. يوضح الشكل أدناه جزءًا من ملصق مثبت على عبوة فيتامين؛ حيث يشير الاختصار (mcg) إلى وحدة ميكروجرام. حوّل القيم المتضمنة في الملصق لتصبح بوحدة الملجرام (mg).

يحتوي كل قرص على	نسبة حاجة الجسم اليومية
حمض الفوليك 400 mcg	100%
فيتامين B12 6 mcg	100%
بيوتين 30 mcg	10%

حمض الفوليك:

$$(400\ \text{mcg})(0.001\ \text{mg/mcg}) = 0.4\ \text{mg}$$

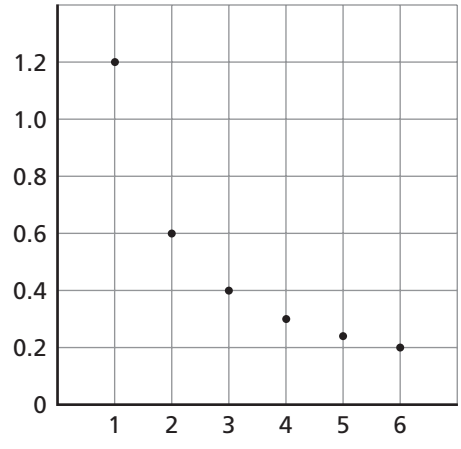
فيتامين B12:

$$(6\ \text{mcg})(0.001\ \text{mg/mcg}) = 0.006\ \text{mg}$$

البيوتين:

$$(30\ \text{mcg})(0.001\ \text{mg/mcg}) = 0.03\ \text{mg}$$

6. حدّد نوع العلاقة الموضحة بالنقاط المعيّنة على الرسم أدناه، ثم اكتب معادلة تُمثّل البيانات.



العلاقة عكسية؛ $y = \frac{(1.2)}{x}$

7. ما عدد الأرقام المعنوية الموجودة في كل من القياسات التالية؟

a. 100 m

1

b. 0.0023 m /s

2

c. 100.1 m

4

d. 2.0023

5

8. عندما يغمر جسم في ماء فإنه يتأثر بقوة طفو إلى أعلى تعطى بالمعادلة $F = \rho V g$، حيث تمثل ρ كثافة الماء ($1.0\times10^3\ kg/m^3$)، وV حجم الجسم بوحدة m^3، وg تسارع الجاذبية الأرضية ($9.80\ m/s^2$). وتقاس القوة بوحدة نيوتن N. أعد كتابة المعادلة لإيجاد الحجم V بدلالة القوة F، ومن ثم استخدم المعادلة الجديدة لحساب حجم برميل مغمور في الماء، إذا كانت قوة الطفو المؤثرة فيه 9200 N.

$$V = \frac{F}{\rho g}$$

$$= \frac{9200\ N}{(1.0\times10^3\ kg/m^3)(9.80\ m/s^2)} = 0.94\ m^3$$

9. أوجد حاصل جمع 2.3 kg + 0.23 g.

$$2.3\ kg + 0.23\ g = 2.3\times10^3\ g + 0.23\ g$$

$$= 2.3\times10^3\ g = 2.3\ kg$$

10. حل المسألتين التاليتين:

a. 15.5 cm × 12.1 cm

188 cm²

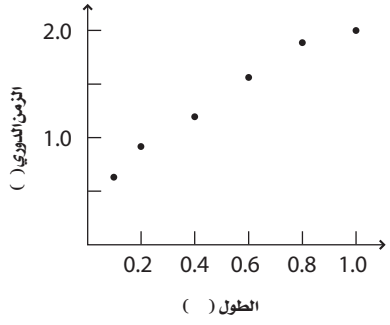
b. (14.678 m)/(3.2 m/s)

4.6 s

11. أُجريت تجربة لتحديد الزمن الدوري لبندول بدلالة طول خيطه. وتمثل البيانات الواردة في الجدول أدناه القياسات التي أجريت.

الطول ( )	الزمن الدوري ( )
0.1	0.6
0.2	0.9
0.4	1.3
0.6	1.6
0.8	1.8
1.0	2.0

a. مثل بيانيًّا الزمن الدوري T مقابل الطول l.

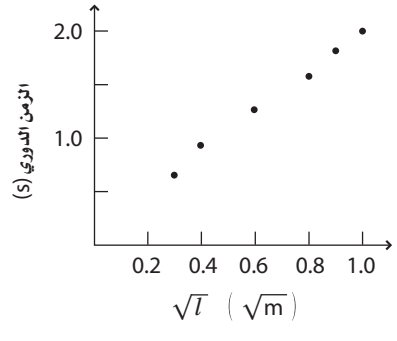


b. هل العلاقة بين البيانات خطية؟

لا

c. مثل بيانيًّا الزمن الدوري مقابل الجذر التربيعي لطول خيط البندول.

$\sqrt{l}$	T
0.3	0.6
0.4	0.9
0.6	1.3
0.8	1.6
0.9	1.8
1.0	2.0



d. ما العلاقة بين الزمن الدوري والجذر التربيعي لطول خيط البندول؟

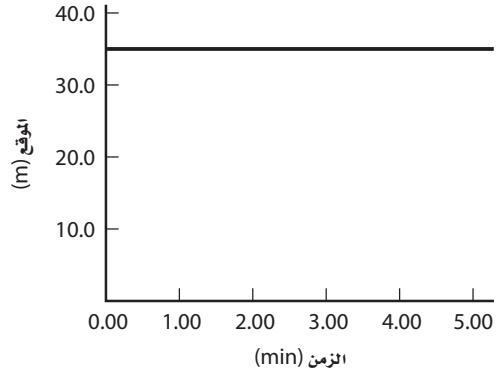
إن الرسم البياني خطيّ؛ لذا يتناسب الزمن الدوري للبندول طرديًّا مع الجذر التربيعي لطول خيطه.

12. اعتمادًا على المسألة السابقة، ما الزمن الدوري لبندول طول خيطه يساوي 0.7 m؟

1.7 s تقريبًا

الفصل الثاني

1. يوضح الشكل أدناه منحنى (الموقع الزمن) لحركة دراجة هوائية.



a. ما موقع الدراجة الهوائية عند الزمن 1.00 min؟

35 0 m

b. ما موقع الدراجة الهوائية عند الزمن 3.50 min؟

35 0 m

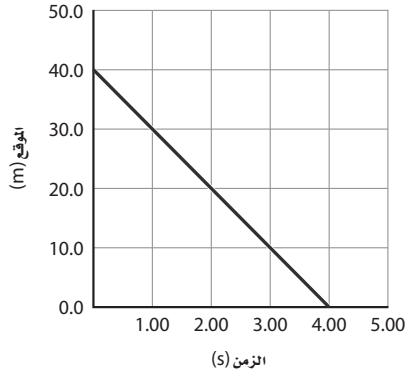
c. ما إزاحة الدراجة الهوائية في الفترة الزمنية بين 1.00 min و5.00 min؟

0 00 m

d. صف حركة الدراجة الهوائية.

الدراجة الهوائية ثابتة ولا تتحرك.

2. تم تمثيل موقع سيارة بالنسبة للزمن كما هو مبين في الرسم البياني أدناه.



a. ما موقع السيارة عند اللحظة 0.00 s؟

40 0 m

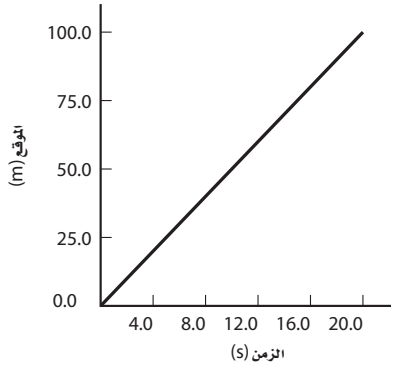
b. ما موقع السيارة بعد مرور 2.00 s؟

20 0 m

c. ما المسافة التي قطعتها السيارة في الفترة الزمنية بين 1.00 s و3.00 s؟

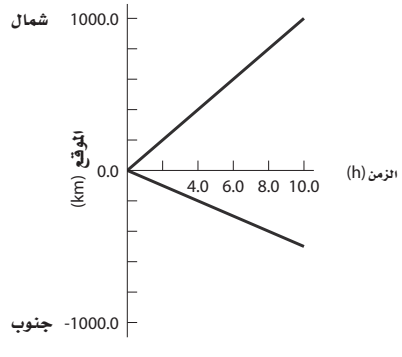
$$\Delta d = 30\ 0\ \text{m} - 10\ 0\ \text{m}$$
$$= 20\ 0\ \text{m}$$

3. يجري عدّاء بمعدل ثابت؛ إذ يقطع 10.0 m كل 2.0 s، وقد بدأ العدّاء الجري انطلاقًا من نقطة الأصل، وتحرك في الاتجاه الموجب مدة 3600.0 s. ويوضح الشكل أدناه منحنى (الموقع – الزمن) لحركة العدّاء؛ إذ يبين موقعه من $t = 0.0$ s وحتى $t = 20.0$ s. حدد موقع العدّاء عند $t = 5.0$ s، وعند $t = 15.0$ s.



عند الزمن $t = 5\ 0$ s يكون العدّاء في الموقع 25 0 m.
عند الزمن $t = 15\ 0$ s يكون العدّاء في الموقع 75 0 m.

4. غادر قطاران محطة القطارات في اللحظة نفسها؛ فانطلق القطار الأول في اتجاه الشمال الشرقي، والقطار الثاني في اتجاه الجنوب الشرقي. وقد تم تمثيل حركة القطارين على منحنى (الموقع الزمن) الموضح أدناه.



a. ما موقع القطار المتجه إلى الشمال الشرقي بعد مرور 6.0 h من لحظة انطلاقه؟

600 0 km

b. ما موقع القطار المتجه إلى الجنوب الشرقي بعد مرور 6.0 h من لحظة انطلاقه؟

300 0 km

c. ما المسافة بين القطارين بعد مرور 6.0 h من لحظة انطلاقهما؟ وما المسافة بينهما بعد مرور 10.0 h من لحظة انطلاقهما؟

1500 0 km ،900 0 km

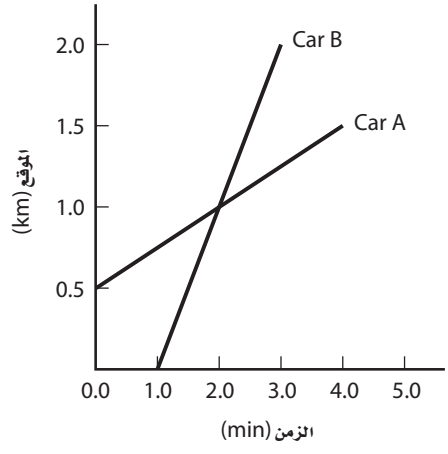
d. ما الزمن الذي تصبح عنده المسافة بين القطارين 600.0 km؟

4 0 h

e. أي القطارين يتحرك بسرعة أكبر؟

القطار المتجه إلى الشمال الشرقي

5. انطلقت السيارتان A وB في الاتجاه نفسه؛ بحيث انطلقت السيارة A قبل السيارة B بزمن مقداره 1.0 min. وقد تم تمثيل حركة السيارتين على منحنيي (الموقع – الزمن) الموضحين أدناه.



a. ما المسافة بين السيارتين لحظة انطلاق السيارة B عند $t = 1.0$ min؟

0 75 km

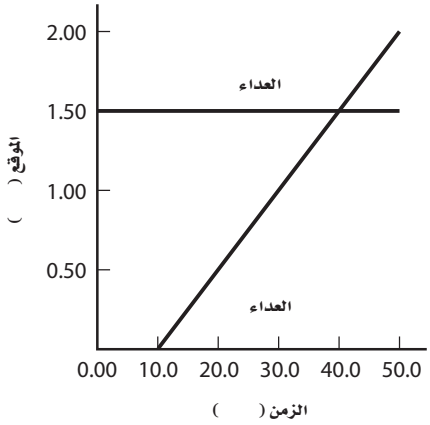
b. عند أي لحظة تتلاقى السيارتان؟

2 0 min

c. ما المسافة بين السيارتين بعد مرور $t = 3.0$ min؟

0 75 km

6. يوضح الشكل أدناه منحنيي (الموقع الزمن) لحركة عدّاءين A وB.



a. ما المسافة بين العدّاءين بعد مرور 10.0 min؟

1 50 km

b. عند أي لحظة تكون المسافة بين العدّاءين 1.00 km؟

20 0 min

c. كم يبعد أحد العدّاءين عن الآخر بعد مرور 50.0 min؟

0 50 km

d. عند أي لحظة يلتقي العدّاءان؟

40 0 min

e. ما المسافة التي يقطعها العدّاء B في الفترة الزمنية بين 30.0 min و50.0 min؟

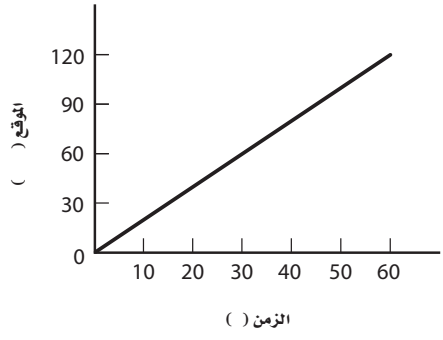
0 00 km

f. ما المسافة التي يقطعها العدّاء A في الفترة الزمنية بين 30.0 min و50.0 min؟

1 00 km

7. تتحرك لعبة قطار بسرعة ثابتة مقدارها 2.0 cm/s.

a. ارسم منحنى (الموقع الزمن) لحركة القطار موضحًا عليه موقع القطار لفترة مقدارها 1.0 min.

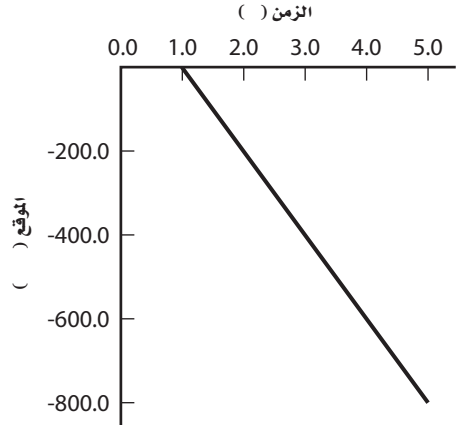


b. ما ميل الخط البياني الذي يمثل حركة القطار؟

$$\text{الميل} = \frac{\text{التغير في الموقع}}{\text{التغير في الزمن}} = (120\text{ cm})/(60\text{ s})$$

$$= 2\,0\text{ cm/s} \text{ ويساوي سرعة القطار}$$

8. يوضح الشكل أدناه موقع طائرة بدلالة الزمن.



a. ما السرعة المتجهة المتوسطة للطائرة؟

السرعة المتجهة = ميل الخط

$$\overline{v} = \frac{-800.0\text{ km} - 0.0\text{ km}}{5.0\text{ h} - 1.0\text{ h}}$$

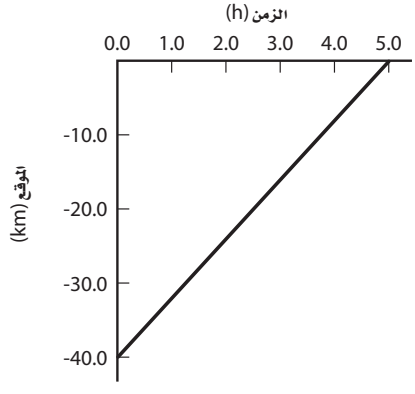
$$= -2\,0 \times 10^2\text{ km/h}$$

b. ما السرعة المتوسطة للطائرة؟

القيمة المطلقة للسرعة المتجهة تساوي السرعة

$$\overline{v} = 2\,0 \times 10^2\text{ km/h}$$

9. يمثل الشكل أدناه منحنى (الموقع – الزمن) لحركة منطاد في أثناء طيرانه.



a. ما السرعة المتجهة المتوسطة للمنطاد؟

السرعة المتجهة = الميل

$$\overline{v} = \frac{0.00\text{ km} - (-40.0\text{ km})}{5.0\text{ h} - 0.0\text{ h}}$$

$$= 8\,0\text{ km/h}$$

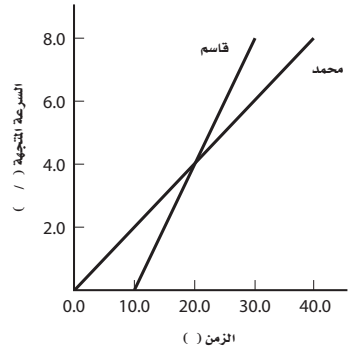
b. ما السرعة المتوسطة للمنطاد؟

القيمة المطلقة للميل = السرعة

$$\overline{v} = 8\,0\text{ km/h}$$

الفصل الثالث

1. يقود قاسم وأخوه محمد دراجتين هوائيتين، ويحاول قاسم اللحاق بأخيه الذي انطلق قبله بفترة زمنية مقدارها 10.0 s.



a. ما تسارع قاسم؟

$$a_{\text{قاسم}} = \frac{8.0\ \text{m/s} - 0.0\ \text{m/s}}{30.0\ \text{s} - 10.0\ \text{s}}$$
$$= 0.40\ \text{m/s}^2$$

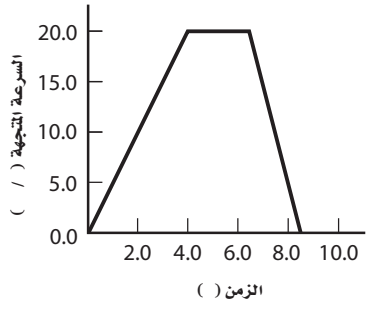
b. ما تسارع محمد؟

$$a_{\text{محمد}} = \frac{8.0\ \text{m/s} - 0.0\ \text{m/s}}{40.0\ \text{s} - 0.0\ \text{s}}$$
$$= 0.20\ \text{m/s}^2$$

c. عند أي لحظة يكون لهما السرعة المتجهة نفسها؟

20 0 s

2. تحتوي بعض سيارات السباق على مظلة تساعدها على التوقف. إذا بدأ سائق إحدى تلك السيارات الحركة من السكون بتسارع مقداره $5.0\ \text{m/s}^2$ لمدة 4.0 s، ثم تحرك بسرعة ثابتة لمدة 2.5 s، وبعد ذلك فتح السائق المظلة فتباطأت السيارة بمعدل ثابت حتى توقفت خلال 2.0 s، فارسم منحنى (السرعة المتجهة – الزمن) الذي يمثل الحركة الكاملة للسيارة.



3. تتحرك سيارة على طريق رئيس بسرعة 21 m /s. وأثناء القيادة غفل السائق فاصطدمت السيارة بحواجز السلامة الموضوعة على جانب الطريق، وتوقفت تمامًا بعد مرور 0.55 s.

a. ما مقدار التسارع المتوسط للسيارة؟

$$\bar{a} = \frac{(v_f - v_i)}{(t_f - t_i)} = \frac{0.00\ \text{m/s} - 21\ \text{m/s}}{0.55\ \text{s}}$$
$$= -38\ \text{m/s}^2$$

b. إذا كانت حواجز الأمان على جانب الطريق تتكوّن من قضبان صلبة فستتوقف السيارة خلال 0.15 s. فكم سيكون التسارع في هذه الحالة؟

$$\bar{a} = \frac{(v_f - v_i)}{(t_f - t_i)} = \frac{0.00\ \text{m/s} - 21\ \text{m/s}}{0.15\ \text{s}}$$
$$= -1\ 4 \times 10^2\ \text{m/s}^2$$

4. ركب جمال سيارته متجهًا إلى المدرسة، وبينما كانت السيارة تتحرك في اتجاه الشمال بسرعة 24.0 m/s، تذكر أنه نسي الواجب المنزلي لمبحث الفيزياء في البيت، فاحتاج إلى زمن مقداره 35.5 s حتى يدور عائدًا بسيارته لتتحرك في اتجاه الجنوب بسرعة 15.0 m/s. فإذا كان اتجاه الشمال يمثل الاتجاه الموجب، فما التسارع المتوسط للسيارة خلال تلك الفترة الزمنية (35.5 s)؟

$$\bar{a} = \frac{(v_f - v_i)}{(t_f - t_i)} = \frac{-15.0\ \text{m/s} - 24.0\ \text{m/s}}{35.5\ \text{s}}$$
$$= -1.10\ \text{m/s}^2$$

5. يمكن للفهد بلوغ سرعته القصوى التي تساوي 27.8 m /s خلال 5.2 s. فما التسارع المتوسط للفهد؟

$$\bar{a} = \frac{(v_f - v_i)}{(t_f - t_i)}$$
$$= \frac{27.8\ \text{m/s} - 0.0\ \text{m/s}}{5.2\ \text{s}}$$
$$= 5\ 3\ \text{m/s}^2$$

6. بعـد عملية إطلاق صـاروخ، كانت كمية الوقود في المحرك تكفيه لبلوغ سرعة 122 m/s قبل أن تنفد منـه كليًّا. فـإذا افترضت أن تسـارع الصاروخ ثابت ويسـاوي $32.2\ m/s^2$، فكـم يسـتغرق مـن الوقت لاستهلاك الوقود تمامًا؟

$$\overline{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$\Delta t = \Delta v / a = \frac{122\ m/s - 0.00\ m/s}{32.2\ m/s^2} = 3\ 79\ s$$

7. يتحرك الجسم السـاقط سقوطًا حرًّا بتسارع مقداره $9.80\ m/s^2$، وذلـك بإهمـال مقاومـة الهـواء. فإذا أُسـقط جسم سقوطًا حرًّا من قمة مرتفع فما سرعته بعد مرور 3.50 s من لحظة إسقاطه؟

$$\overline{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$\Delta v = \overline{a}\Delta t = g\Delta t = (9\ 80\ m/s^2)(3\ 50\ s)$$

$$= 34\ 3\ m/s$$

8. يتحـرك قطـار بسـرعة متجهـة مقدارهـا 51 m/s إلى الشـرق، وعند اقترابه من مدينة تسـارع بمقدار $-2.3\ m/s^2$. فمـا السـرعة المتجهـة للقطـار بعد 5.2 s من لحظة البدء بتسارعه؟

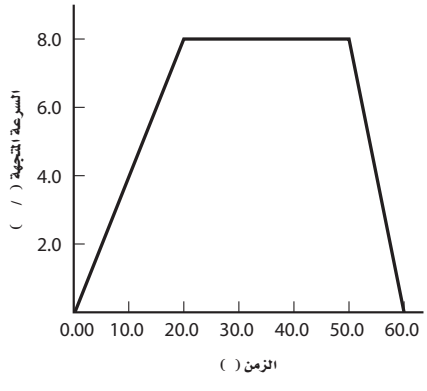
$$\overline{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{(v_f - v_i)}{\Delta t}$$

$$v_f = \overline{a}\,\Delta t + v_i$$

$$= (-2\ 3\ m/s^2)(5\ 2\ s) + 51\ m/s$$

$$= 39\ m/s$$

9. يوضح الشكل أدناه منحنى (السرعة المتجهة– الزمن) لحركة عدّاء.



الإزاحة تساوي المساحة تحت المنحنى.

a. ما إزاحة العدّاء في الفترة الزمنية بين $t = 0.00$ s و $t = 20.0$ s؟

$$\Delta d = \left(\frac{1}{2}\right)(8\ 0\ m/s)(20\ 0\ s)$$

$$= 8\ 0 \times 10^1\ m$$

b. مـا إزاحة العدّاء في الفترة الزمنية بين $t = 20.0$ s و $t = 50.0$ s؟

$$\Delta d = (8\ 0\ m/s)(50\ 0\ s - 20\ 0\ s)$$

$$= 240\ m$$

c. مـا إزاحة العدّاء في الفترة الزمنية بين $t = 50.0$ s و $t = 60.0$ s؟

$$\Delta d = \left(\frac{1}{2}\right)(8\ 0\ m/s)(60\ 0\ s - 50\ 0\ s)$$

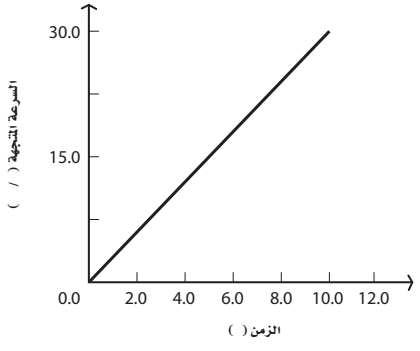
$$= 4\ 0 \times 10^1\ m$$

10. ارسـم منحنى (السـرعة المتجهـة– الزمن) لحركة سيارة تتسارع بانتظام من السكون عند $t = 0.00$ s وتقطع مسافة 180.0 m خلال 12.0 s.

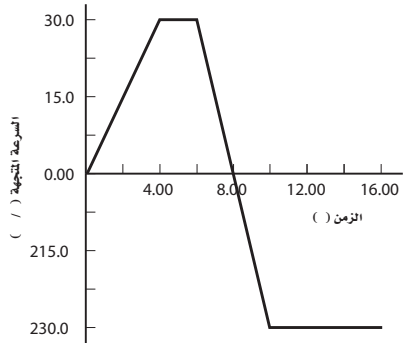
لمّا كان تسـارع السيارة منتظمًا، فإن منحنى (السرعة المتجهة– الزمن) يكون خطًّا مسـتقيمًا. وعند البدء من نقطة الأصل ستكون المساحة تحت المنحنى عبارة عن مثلث، لذا فإن:

$$\Delta d = \frac{1}{2} v_{max} \Delta t$$

$$v_{max} = \frac{2\Delta d}{\Delta t} = \frac{(2)(180.0\ m)}{12.0\ s} = 30\ 0\ m/s$$



11. يمثل الشكل أدناه منحنى (السرعة المتجهة– الزمن) لحركة سيارة. ما إزاحة السيارة في الفترة الزمنية بين $t = 0.00\ \text{s}$ و $t = 15.0\ \text{s}$؟



الإزاحة تساوي المساحة تحت منحنى (السرعة المتجهة – الزمن).

الإزاحة الكلية تساوي مجموع الإزاحات خلال الفترات الزمنية بين $t = 0.00\ \text{s}$ و $t = 4.00\ \text{s}$، وبين $t = 4.00\ \text{s}$ و $t = 6.00\ \text{s}$، وبين $t = 6.00\ \text{s}$ و $t = 8.00\ \text{s}$، وبين $t = 8.00\ \text{s}$ و $t = 10.0\ \text{s}$، وبين $t = 10.0\ \text{s}$ و $t = 15.0\ \text{s}$:

$$\Delta d_{\text{كلية}} = \Delta d_1 + \Delta d_2 + \Delta d_3 + \Delta d_4 + \Delta d_5$$

$$= \left(\frac{1}{2}\right)(30.0\ \text{m/s})(4.00\ \text{s}) + (30.0\ \text{m/s})(2.00\ \text{s}) + \left(\frac{1}{2}\right)(30.0\ \text{m/s})(2.00\ \text{s}) + \left(\frac{1}{2}\right)(-30.0\ \text{m/s})(2.00\ \text{s}) + (-30.0\ \text{m/s})(5.00\ \text{s})$$

$$= -30.0\ \text{m}$$

12. افترض أن سيارة تتحرك من السكون في موقف سيارات أرضيته مائلة. فإذا توقفت نتيجة اصطدامها بسور الموقف بعد أن قطعت مسافة 52.0 m خلال 11.25 s، فما تسارع السيارة قبل أن تصطدم بالسور؟

$$d_f = d_i + v_i t_f + \frac{1}{2} a t_f^2$$

لأن السيارة بدأت حركتها من السكون فإن $v_i = 0.00\ \text{m/s}$

$$a = \frac{2(d_f - d_i)}{t_f^2} = \frac{(2)(52.0\ \text{m})}{(11.25\ \text{s})^2} = 0.823\ \text{m/s}^2$$

13. سقط مظلي سقوطًا حرًّا، وفي اللحظة التي أصبحت فيها سرعته 65.2 m/s فتح مظلته، فأبطأت سرعته إلى 7.30 m/s، وبتباطؤ ثابت مقداره $29.4\ \text{m/s}^2$. فما المسافة التي قطعها المظلّي خلال فترة تسارعه؟

$$v_f^2 = v_i^2 + 2a(d_f - d_i)$$

$$d_f - d_i = \frac{v_f^2 - v_i^2}{2a}$$

$$= \frac{(-7.30\ \text{m/s})^2 - (-65.2\ \text{m/s})^2}{(2)(29.4\ \text{m/s}^2)}$$

$$= -71.4\ \text{m}$$

قطع المظلّي 71.4 m خلال فترة تسارعه.

14. يدحرج طفل كرة إلى أعلى تل بتزويدها بسرعة 3.24 m/s. فإذا كان التسارع المؤثر في الكرة في اتجاه أسفل التل يساوي $2.32\ \text{m/s}^2$، فما المسافة التي تقطعها الكرة حتى تصبح سرعتها المتجهة 1.23 m/s في اتجاه أسفل التل؟

افترض أن الاتجاه الموجب إلى أعلى التل.

$$v_f = v_i + a t_f$$

$$t_f = \frac{(v_f - v_i)}{a}$$

$$= \frac{-1.23\ \text{m/s} - 3.24\ \text{m/s}}{-2.32\ \text{m/s}^2}$$

$$= 1.93\ \text{s}$$

15. يستطيع حيوان الفهد أن يتسارع من السكون إلى سرعة 27.8 m/s خلال 5.20 s، ويمكنه المحافظة على هذه السرعة مدة 9.70 s قبل أن يستنفد طاقته ويتوقف. فما المسافة التي يقطعها الفهد منذ بدء حركته حتى يتوقف؛ أي خلال 14.9 s؟

خلال فترة التسارع:

$$v_f = v_i + a t_f$$

$$a = \frac{v_f - v_i}{t_f} = \frac{27.8\ \text{m/s} - 0.00\ \text{m/s}}{5.20\ \text{s}}$$

$$= 5.35\ \text{m/s}^2$$

وبهذا التسارع يمكن تحديد المسافة التي يقطعها الفهد خلال فترة تسارعه كالتالي:

$$v_f^2 = v_i^2 + 2a\,(d_f - d_i)$$

$$d_f - d_i = \frac{(v_f^2 - v_i^2)}{2a}$$

$$= \frac{(27.8\ \text{m/s})^2 - (0.00\ \text{m/s})^2}{(2)(5.35\ \text{m/s}^2)}$$

$$= 72\ 3\ \text{m}$$

وخلال فترة السرعة الثابتة تكون المسافة المقطوعة:

$$a = 0\ 00\ \text{m/s}^2$$

$$d = vt = (27\ 8\ \text{m/s})(9\ 70\ \text{s})$$

$$= 2\ 70 \times 10^2\ \text{m}$$

وعليه تكون المسافة الكلية هي مجموع المسافتين:

$$\Delta d_{\text{كلية}} = 2\ 70 \times 10^2\ \text{m} + 72\ 3\ \text{m}$$

$$= 342\ \text{m}$$

16. أوقف سائق سيارته – وهو في عجلة من أمره – عند إشارة ضوئية حمراء، وعندما أضاء اللون الأخضر للإشارة انطلق بتسارع مقداره $6.80\ \text{m/s}^2$ مدة $3.50\ \text{s}$، ثم واجه السائق إشارة ضوئية تالية لا تزال حمراء، لذا ضغط المكابح بقوة، فتسارعت السيارة بمقدار $-9.60\ \text{m/s}^2$ حتى توقفت عند الإشارة. فما المسافة الكلية التي قطعها السائق خلال رحلته هذه؟

خلال الجزء الأول من الرحلة:

$$d_f = d_i + v_i t_f + \frac{1}{2} a t_f^2$$

$$d_f - d_i = \frac{1}{2} a t_f^2 = \left(\frac{1}{2}\right)(6\ 80\ \text{m/s}^2)(3\ 50\ \text{s})^2$$

$$= 41\ 6\ \text{m}$$

وبالنسبة للجزء الثاني من الرحلة، حدد في البداية سرعة السيارة عند نهاية الفترة الأولى من التسارع:

$$v_f = v_i + at_f$$

$$= (0\ 00\ \text{m/s}) + (6\ 80\ \text{m/s}^2)(3\ 50\ \text{s})$$

$$= 23\ 8\ \text{m/s}$$

وخلال الفترة الثانية من التسارع:

$$v_f^2 = v_i^2 + 2a\,(d_f - d_i)$$

$$d_f - d_i = \frac{(v_f^2 - v_i^2)}{2a}$$

$$= \frac{(0.00\ \text{m/s})^2 - (23.8\ \text{m/s})^2}{(2)(-9.60\ \text{m/s}^2)}$$

$$= 29\ 5\ \text{m}$$

عندئذ المسافة الكلية المقطوعة تساوي مجموع المسافتين.

$$\Delta d_{\text{كلية}} = 41\ 6\ \text{m} + 29\ 5\ \text{m}$$

$$= 71\ 1\ \text{m}$$

17. قاد متسابق دراجته الهوائية بسرعة ثابتة مقدارها $12.0\ \text{m/s}$ مدة $1.20\ \text{min}$، ثم بدأت سرعة الدراجة تتناقص بمقدار ثابت حتى توقفت تمامًا بعد $21.2\ \text{s}$. فإذا كانت المسافة الكلية التي قطعتها الدراجة تساوي $1321\ \text{m}$، فما مقدار تسارع الدراجة بينما كانت سرعتها تتناقص إلى أن توقفت تمامًا؟

خلال الفترة الأولى من الحركة، كان سائق الدراجة يتحرك بسرعة ثابتة؛ أي أن:

$$a = 0\ 00\ \text{m/s}^2.$$

لذا فإن المسافة المقطوعة خلال هذه الفترة تساوي:

$$d = vt$$

$$= (12\ 0\ \text{m/s})(72\ \text{s})$$

$$= 864\ \text{m}$$

المسافة المقطوعة خلال فترة تناقص السرعة بمقدار ثابت تساوي:

$$1321\ \text{m} - 864\ \text{m} = 457\ \text{m}$$

$$v_f^2 = v_i^2 + 2a(d_f - d_i)$$

$$a = \frac{(v_f^2 - v_i^2)}{2(d_f - d_i)}$$

$$= \frac{(0.00\ \text{m/s})^2 - (12.0\ \text{m/s})^2}{(2)(457\ \text{m})}$$

$$= -0\ 158\ \text{m/s}^2$$

18. قذف رجل فوق تل حجرًا نحو بركة في أسفل الوادي، فسمع صوت ارتطام الحجر بالماء بعد مرور 4.78 s. فكم يبعد سطح الماء عن الرجل؟

افترض أن الاتجاه إلى أسفل هو الاتجاه الموجب.

$$d_f = d_i + v_i t_f + \frac{1}{2} a t_f^2$$

$$= 0.00\ \text{m} + (0.00\ \text{m/s})(4.78\ \text{s}) + \left(\frac{1}{2}\right)(9.80\ \text{m/s}^2)(4.78\ \text{s})^2$$

$$= 112\ \text{m}$$

19. قُذف حجر إلى أعلى بسرعة 26 m /s. ما الزمن المستغرق بعد قذف الحجر حتى تصبح سرعته المتجهة 48 m /s في اتجاه سطح الأرض؟

افترض أن الاتجاه إلى أعلى هو الاتجاه الموجب.

$$v_f = v_i + a t_f$$

حيث إن: $a = -g$

فإن

$$t_f = \frac{(v_f - v_i)}{(-g)}$$

$$= \frac{-48\ \text{m/s} - 26\ \text{m/s}}{-9.80\ \text{m/s}^2}$$

$$= 7\ 6\ \text{s}$$

20. يبلغ ارتفاع منصة القفز في معظم برك السباحة 3.00 m فوق سطح الماء. فإذا قفز مدرب الغطس عن المنصة فلامس سطح الماء بعد مرور 1.18 s، فحدد:

a. السرعة المتجهة الابتدائية لمدرب الغطس.

$$d_f = d_i + v_i t_f + \frac{1}{2} a t_f^2$$

حيث إن: $a = -g$

فإن

$$v_i = \frac{d_f - d_i - \left(\frac{1}{2}\right)(-g) t_f^2}{t_f}$$

$$= \frac{(-3.00\ \text{m}) - \left(\frac{1}{2}\right)(-9.80\ \text{m/s}^2)(1.18\ \text{s})^2}{(1.18\ \text{s})}$$

$$= 3\ 24\ \text{m/s}$$

b. المسافة التي ارتفعها المدرب عن المنصة أثناء قفزه.

عند أقصى ارتفاع يصله المدرب، تكون سرعته $0\ 00\ \text{m/s}$

$$v_f^2 = v_i^2 + 2a\,(d_f - d_i)$$

حيث إن: $a = -g$

فإن

$$(d_f - d_i) = \frac{(v_f^2 - v_i^2)}{2(-g)}$$

$$= \frac{(0.00\ \text{m/s})^2 - (3.24\ \text{m/s})^2}{(2)(-9.80\ \text{m/s}^2)}$$

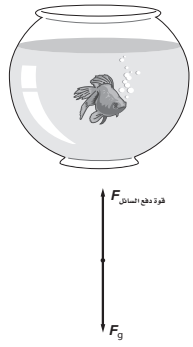
$$= 0\ 536\ \text{m}$$

الفصل الرابع

1. ارسم مخطط الجسم الحر لمكوك فضاء بعد مغادرته سطح الأرض مباشرة، وحدد القوى التي تؤثر في المكوك. تأكد من عدم إهمال مقاومة الهواء، وتأكد أيضًا من أنك حددت اتجاه التسارع واتجاه القوة المحصّلة.

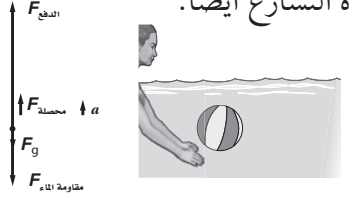
اتجاه كل من القوة المحصلة والتسارع إلى أعلى.

2. ارسم مخطط الجسم الحر لسمكة ذهبية عديمة الحركة في وسط حوض سمك. وحدد القوى التي تؤثر في السمكة، واتجاه القوة المحصلة المؤثرة فيها، واتجاه تسارعها أيضًا.



القوة المحصلة والتسارع كلاهما يساوي صفرًا.

3. ارسم مخطط الجسم الحر لكرة مغمورة في الماء في أثناء ارتفاعها إلى السطح بعد إفلاتها مباشرة. وحدد القوى التي تؤثر في الكرة، واتجاه القوة المحصلة، واتجاه التسارع أيضًا.

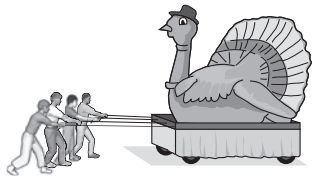


متجها القوة المحصلة والتسارع كلاهما إلى أعلى.

4. أعاد شخص ترتيب بعض أثاث منزله، فدفع الخزانة بقوة 143 N، وكانت هناك قوة احتكاك مقدارها 112 N تعيق حركة الخزانة، فما مقدار القوة المحصّلة؟

$$F_{\text{المحصلة}} = 143\,\text{N} - 112\,\text{N} = 31\,\text{N}$$

5. تحتاج إحدى عربات العرض المخصصة للاحتفالات إلى أربعة أشخاص لشد الحبال المربوطة بها؛ للمحافظة على سرعة ثابتة للعربة مقدارها 3.0 km/h. وقد شدّ شخصان منهما حبلين بقوة 210 N لكل منهما، وشدّ الشخصان الآخران الحبلين الآخرين بقوة 140 N لكل منهما.



a. ارسم مخطط الجسم الحر.

b. ما مقدار قوة الاحتكاك بين العربة وسطح الأرض؟

$$F_{\text{المحصلة}} = 210\,\text{N} + 210\,\text{N} + 140\,\text{N} + 140\,\text{N} - f_k$$

$$= 0 \qquad \text{وذلك لأن السرعة ثابتة}$$

$$f_k = 7\,0 \times 10^2\,\text{N}$$

6. يلعب خمسة أشخاص لعبة شد الحبل؛ فيشد كل من عمر وخالد إلى اليمين بقوة مقدارها 45 N و35 N على الترتيب، ويشد كل من محمد وعلي إلى اليسار بقوة مقدارها 53 N و38 N على الترتيب. فإذا تعادل الفريقان، فما القوة التي يشد بها سامي؟ وفي أي اتجاه؟

حدّد نظام الإحداثيات بحيث تكون القوى الموجبة هي القوة المتجهة إلى اليمين.

بما أن الحبل لا يتسارع فإن:

$$F_{\text{المحصلة}} = F_{\text{عمر}} + F_{\text{خالد}} + F_{\text{محمد}} + F_{\text{علي}} + F_{\text{سامي}}$$

$$0\text{ N} = 45\text{ N} + 35\text{ N} - 53\text{ N} - 38\text{ N} + F_{\text{سامي}}$$

$$0\text{ N} = -11\text{ N} + F_{\text{سامي}}$$

$$F_{\text{سامي}} = 11\text{ N}$$

يشد سامي إلى اليمين لأن $F_{\text{سامي}}$ موجبة

7. يتعارك كلبان على عظمة؛ فيسحب الكلب الأكبر العظمة في اتجاه اليمين بقوة مقدارها 42 N، في حين يشدها الكلب الأصغر في اتجاه اليسار بقوة مقدارها 35 N.

a. ارسم مخطط الجسم الحر للعظمة.

b. ما القوة المحصّلة المؤثرة في العظمة؟

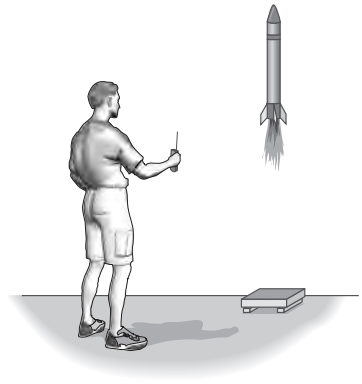
$$F_{\text{المحصلة}} = 42\text{ N} - 35\text{ N} = 7\text{ N} \quad \text{إلى اليمين}$$

c. إذا كانت كتلة العظمة تساوي 2.5 kg، فما مقدار تسارعها؟

$$F_{\text{المحصلة}} = ma$$

$$a = \frac{F_{\text{المحصلة}}}{m} = \frac{(7\text{ N})}{(2.5\text{ kg})} = 3\text{ m/s}^2$$

8. يستطيع نموذج ضخم لمحرك صاروخ توليد قوة دفع مقدارها 12.0 N عند لحظة الاشتعال. ويعدّ هذا المحرك جزءًا من صاروخ كتلته الكلية تساوي 0.288 kg لحظة انطلاقه.



a. ارسم مخطط الجسم الحر للصاروخ بعد عملية الإنطلاق مباشرة.

b. ما القوة المحصّلة التي تؤثر في نموذج الصاروخ لحظة مغادرته سطح الأرض؟

$$F_{\text{المحصلة}} = F_{\text{الدفع}} + F_g$$

$$= 12\ 0\text{ N} + (0\ 288\text{ kg})(-9\ 80\text{ m/s}^2)$$

$$= 9\ 2\text{ N} \quad \text{إلى أعلى}$$

c. ما التسارع الابتدائي للصاروخ؟

$$F_{\text{المحصلة}} = ma$$

$$a = \frac{F_{\text{المحصلة}}}{m}$$

$$= \frac{12.0\text{ N} + (0.288\text{ kg})(-9.80\text{ m/s}^2)}{(0.288\text{ kg})}$$

$$= 31.8\text{ m/s}^2$$

9. يستقل محمود مصعدًا ويضغط على أحد أزراره للنزول. وعندما بدأ المصعد حركته تسارع إلى أسفل بمقدار 2.5 m/s^2. فإذا كانت كتلة محمود والمصعد معًا تساوي 1250 kg، فأجب عما يلي:

a. ارسم مخطط الجسم الحر للمصعد.

b. ما مقدار قوة الشد في سلك المصعد الذي ينتج قوة إلى أعلى تؤثر في غرفة المصعد؟

$$F_{\text{المحصلة}} = F_{\text{الشد}} + F_g = ma$$

$$F_{\text{الشد}} = ma - F_g$$

$$= (1250\text{ kg})(2\ 5\text{ m/s}^2) - (1250\text{ kg})(9\ 80\text{ m/s}^2)$$

$$= 9100\text{ N} \quad \text{إلى أعلى}$$

10. إذا كان وزن خالد على سطح المريخ 314.5 N، ووزنه على سطح الأرض 833.0 N، فأوجد:

a. كتلة خالد على سطح المريخ.

$$F_{g,\text{الأرض}} = mg_{\text{الأرض}}$$

$$m = \frac{F_{g,\text{الأرض}}}{g_{\text{الأرض}}} = \frac{833.0\ \text{N}}{9.80\ \text{m/s}^2} = 85\ 0\ \text{kg}$$

b. التسارع الناشئ عن جاذبية المريخ على سطحه؛ $g_{\text{المريخ}}$.

$$F_{g,\text{المريخ}} = mg_{\text{المريخ}}$$

$$g_{\text{المريخ}} = \frac{F_{g,\text{المريخ}}}{m}$$

$$= \frac{314.5\ \text{N}}{85.0\ \text{kg}}$$

$$= 3.70\ \text{m/s}^2$$

11. إذا كانت كتلة علي 85.3 kg ويلعب ضمن فريق للمصارعة. وهو بارع في الفيزياء؛ لذا يدرك أن وزنه يتجاوز الوزن 830.0 N المسموح به للمشاركة في فئة وزنه. فإذا استطاع إقناع المدربين بقياس وزنه في المصعد، فكم يجب أن يكون تسارع المصعد ليعطي قياس وزن جديد لعلي يناسب فئة الوزن المسموح به للمشاركة؟

$$F_{\text{المحصلة}} = F_{(g,\text{الظاهري})} + F_g = ma$$

$$a = \frac{F_{(g,\text{الظاهري})} + F_g}{m}$$

$$= \frac{830.0\ \text{N} + (85.3\ \text{kg})(-9.80\ \text{m/s}^2)}{(85.3\ \text{kg})}$$

$$= -0\ 0696\ \text{m/s}^2$$

$$= 0\ 0696\ \text{m/s}^2 \quad \text{إلى أسفل}$$

12. يؤثر تسارع مقداره $3\ g$ في رائد فضاء في أثناء إطلاق المركبة الفضائية؛ وهذا يعادل ثلاثة أضعاف تسارع الجاذبية الأرضية. فكم يكون الوزن الظاهري لرائد فضاء كتلته 80.0 kg يخضع لتسارع مقداره $3\ g$ عند الإقلاع؟

افترض أن الاتجاه إلى أعلى هو الاتجاه السالب.

$$F_{\text{المحصلة}} = F_{(g,\text{الظاهري})} + F_g = ma$$

$$F_{(g,\text{الظاهري})} = ma - F_g$$

$$= (80.0\ \text{kg})(3)(-9.80\ \text{m/s}^2) - (80.0\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2)$$

$$= -3140\ \text{N}$$

13. قام كل من عبد الله وطارق برحلة تحليق في الجو. وكانت كتلة عبد الله 88 kg، وكتلة طارق 66 kg. وعندما سقطا معًا سقوطًا حرًّا دفع عبد الله طارقًا أفقيًّا بقوة مقدارها 12.3 N .

a. ما التسارع الأفقي لعبد الله؟

$$F_{\text{عبدالله في طارق}} = F_{\text{طارق في عبدالله}}$$

$$F_{\text{طارق في عبدالله}} = m_{\text{عبدالله}}\, a_{\text{عبدالله}}$$

$$a_{\text{عبدالله}} = F_{\text{طارق في عبدالله}} / m_{\text{عبدالله}}$$

$$= \frac{(12.3\ \text{N})}{(66\ \text{kg})} = 0\ 19\ \text{m/s}^2$$

b. ما التسارع الأفقي لطارق؟

$$F_{\text{طارق في عبدالله}} = F_{\text{عبدالله في طارق}}$$

$$= m_{\text{طارق}}\, a_{\text{طارق}}$$

$$a_{\text{طارق}} = F_{\text{عبدالله في طارق}} / m_{\text{طارق}}$$

$$= \frac{12.3\ \text{N}}{88\ \text{kg}} = 0\ 14\ \text{m/s}^2$$

14. أطلقت رصاصة كتلتها 7.25 g من فوهة بندقية بسرعة 223 m /s. افترض أن الرصاصة تتسارع بمقدار ثابت خلال حركتها داخل ماسورة البندقية قبل أن تخرج منها بسرعة ثابتة. إذا كان طول ماسورة البندقية 0.203 m، فما متوسط القوة التي تؤثر بها الرصاصة في البندقية؟

استنادًا إلى القانون الثالث لنيوتن فإن

$$F_{\text{الرصاصة في البندقية}} = F_{\text{البندقية في الرصاصة}}$$

$$F_{\text{البندقية في الرصاصة}} = m_{\text{الرصاصة}}\, a_{\text{الرصاصة}}$$

$$v_f^2 = v_i^2 + 2\, a_{\text{الرصاصة}}\, (d_f - d_i)$$

$$a_{\text{الرصاصة}} = \frac{(223\ \text{m/s})^2}{(2)(0.203\ \text{m})}$$

$$= 1.22\times10^5\ \text{m/s}^2$$

$$F_{\text{البندقية في الرصاصة}} = m_{\text{الرصاصة}}\, a_{\text{الرصاصة}}$$

$$= (0\ 00725\ \text{kg})(1\ 22\ 10^5\ \text{m/s}^2)$$

$$= 888\ \text{N}$$

لذا فإن القوة التي تؤثر بها الرصاصة في البندقية تساوي 888 N.

15. يستخدم عناصر الشرطة أداة خاصة لاقتحام أبواب المنازل. فإذا كانت كتلة تلك الأداة 15.2 kg، وأثرت بقوة متوسطة مقدارها 125 N في باب كتلته 10.0 kg، فأوجد:

a. التسارع المتوسط للباب.

استنادًا إلى القانون الثالث لنيوتن فإن

$$F_{\text{الأداة في الباب}} = F_{\text{الباب في الأداة}}$$

$$F_{\text{الأداة في الباب}} = m_{\text{الباب}}\, a_{\text{الباب}}$$

$$a_{\text{الباب}} = F_{\text{الأداة في الباب}}/m_{\text{الباب}}$$

$$= \frac{125\ \text{N}}{10.0\ \text{kg}}$$

$$= 12\ 5\ \text{m/s}^2$$

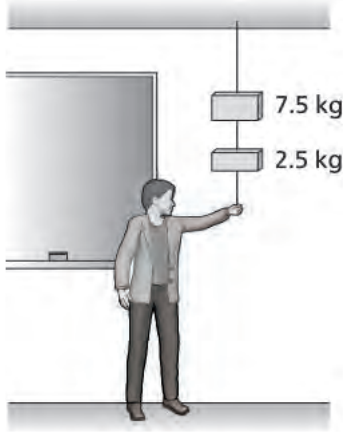
b. التسارع المتوسط لأداة الاقتحام.

$$F_{\text{الباب في الأداة}} = m_{\text{الأداة}}\, a_{\text{الأداة}}$$

$$a_{\text{الأداة}} = F_{\text{الباب في الأداة}}/m_{\text{الأداة}} = \frac{(125\ \text{N})}{(15.2\ \text{kg})}$$

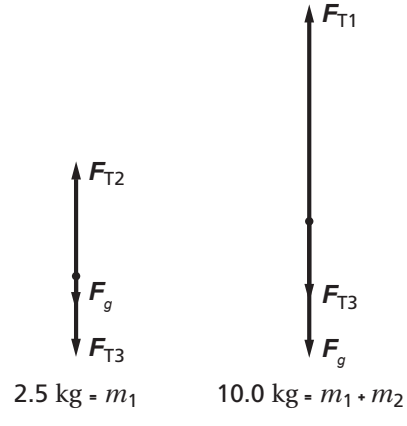
$$= 8\ 22\ \text{m/s}^2$$

16. في عرض عملي، علّق معلم الفيزياء جسمًا كتلته 7.5 kg في سقف الغرفة بخيط مهمل الكتلة تقريبًا، ثم علّق في أسفله جسمًا آخر كتلته 2.5 kg بخيط آخر. وأخيرًا، ربط خيطًا ثالث في أسفل الجسم الثاني ليشدّه منه بقوة متزايدة حتى ينقطع أحد هذه الخيوط. فإذا علمت أن الخيط ينقطع عندما تبلغ قوة الشد فيه 156 N، فأجب عما يلي:



a. أيّ خيط من الخيوط الثلاثة ينقطع أولاً؟

يمكن رسم مخطط الجسم الحر للجسم الذي كتلته m_1؛ 2 5 kg، ورسم مخطط آخر بأخذ الكتلتين معًا، $m_1 + m_2$. افترض أن F_{T1} تمثل قوة الشد في الخيط العلوي، و F_{T2} تمثل قوة الشد في الخيط الأوسط، و F_{T3} تمثل قوة الشد التي يؤثر بها معلم الفيزياء في الخيط السفلي.



للمخطط الأيسر

$$F_{T2} - F_{T3} - F_g = 0$$

$$F_{T2} = (2\ 5\ \text{kg})(9\ 80\ \text{m/s}^2) + F_{T3}$$

$$= 24\ 5\ \text{N} + F_{T3}$$

للمخطط الأيمن

$$F_{T1} - F_{T3} - F_g = 0$$

$$F_{T1} = (10\ 0\ \text{kg})(9\ 80\ \text{m/s}^2) + F_{T3}$$

$$= 98\ 0\ \text{N} + F_{T3}$$

وبغض النظر عن مقدار قوة الشد التي يؤثر بها المعلم في الخيط السفلي، فإن:

$$F_{T1} \quad F_{T2} \quad F_{T3}$$

لذا فإن الخيط العلوي ينقطع أولاً.

b. ما أكبر قوة رأسية إلى أسفل يستطيع معلم الفيزياء التأثير بها قبل أن ينقطع الخيط؟

$F_{T1} = 156\ \text{N}$ **ينقطع الحبل عندما تكون**

$$F_{T1} = 98\ 0\ \text{N} + F_{T3}$$

$$F_{T3} = F_{T1} - 98\ 0\ \text{N} = 156\ \text{N} - 98\ 0\ \text{N}$$

$$= 58\ \text{N}$$

17. علّق جسم كتلته 10.0 kg في نهاية خيط، بحيث ينقطع الخيط عندما تزيد قوة الشد فيه عن 1.00×10^2 N. عند أي تسارع إلى أعلى سينقطع الخيط عند رفع الجسم بواسطته؟

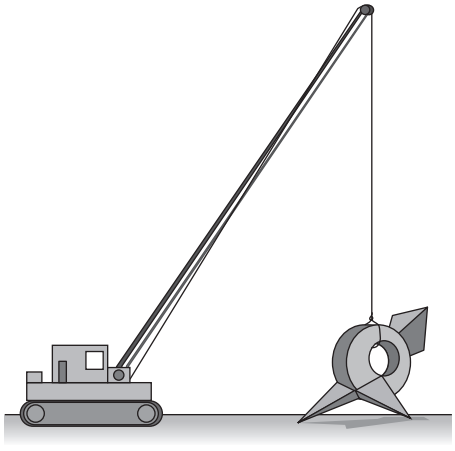
$$F_{\text{المحصلة}} = F_T + F_g = ma$$

$$a = \frac{F_T + F_g}{m}$$

$$= \frac{1.00 \times 10^2\ \text{N} + (10.0\ \text{kg})(-9.80\ \text{m/s}^2)}{10.0\ \text{kg}}$$

$$= 0\ 200\ \text{m/s}^2$$

18. أنزلت رافعة مجسّمًا كبيرًا كتلته 2225 kg. وفي اللحظة التي لامس فيها المجسّم الأرض تناقصت قوة الشد في حبل الرافعة، وفي هذه الأثناء شرع العمال يضبطون الموضع النهائي للمجسّم على الأرض.



a. ارسم مخطط الجسم الحر للمجسّم لحظة ملامسته الأرض مع بقاء الحبل مشدودًا، بينما يضبط العمال الموضع النهائي للمجسّم على الأرض.

b. ما القوة العمودية المؤثرة في المجسّم عندما تكون قوة الشدّ في الحبل 19250 N؟

$$F_{\text{المحصلة}} = F_T + F_N + F_g = 0$$

$$F_N = -F_g - F_T$$

$$= -(2225\ \text{kg})(-9\ 80\ \text{m/s}^2) - 19250\ \text{N}$$

$$= 2560\ \text{N}$$

$$= 2555\ \text{N} \quad \text{إلى أعلى}$$

الفصل الخامس

1. ضُربت كرة قدم من منصة ارتفاعها 22 m، فسقطت على بُعد 15 m من قاعدة المنصة. فما الإزاحة المحصلة للكرة؟

بما أن الإزاحتين متعامدتان فإننا نستخدم نظرية فيثاغورس.

$$R^2 = A^2 + B^2$$

$$R = \sqrt{(A^2 + B^2)}$$

$$= \sqrt{(22\ m)^2 + (15\ m)^2}$$

$$= 27\ m$$

2. إذا كانت الإزاحة المحصلة للكرة في المسألة السابقة تساوي 32 m، فما البعد عن قاعدة المنصة الذي يجب أن تسقط عنده الكرة؟

$$R^2 = A^2 + B^2$$

$$B = \sqrt{(R^2 - A^2)}$$

$$= \sqrt{(32\ m)^2 - (22\ m)^2}$$

$$= 23\ m$$

3. لأيّ متجه قوة، هناك زاوية واحدة فقط يتساوى عندها مقدار مركبتيه x وy.

a. ما مقدار هذه الزاوية؟

$$R \sin\theta = R \cos\theta$$

$$\frac{\sin\theta}{\cos\theta} = \frac{R}{R}$$

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{R}{R}\right)$$

$$= \tan^{-1}(1)$$

$$= 45^\circ$$

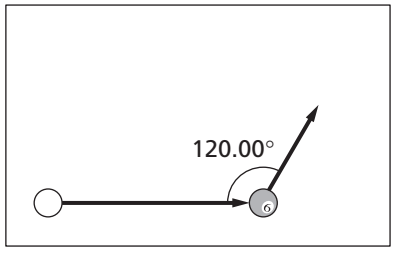
b. عند هذه الزاوية، كم مرة يكون المتجه أكبر من أيّ من مركبتيه؟

$$\frac{R}{R \sin\theta} = \frac{1}{\sin\theta} = \frac{1}{\sin 45^\circ}$$

= 1 4 مرة أكبر

4. تتحرك كرة بلياردو على طاولة بسرعة 1.0 m /s، مدة 2.0 s. وتحركت بعد اصطدامها بكرة أخرى بسرعة 0.80 m /s مدة 2.5 s وبزاوية 60.0° عن مسارها الأصلي.

a. ما المسافة التي قطعتها كرة البلياردو الأولى قبل التصادم وبعده؟



في حركة الكرة الأولى قبل التصادم

$$x_{\text{قبل}} = v_{\text{قبل}}\, t_{\text{قبل}}$$

$$= (1\ 0\ m/s)(2\ 0\ s)$$

$$= 2\ 0\ m$$

في حركة الكرة الأولى بعد التصادم

$$x_{\text{بعد}} = v_{\text{بعد}}\, t_{\text{بعد}}$$

$$= (0\ 80\ m/s)(2\ 5\ s)$$

$$= 2\ 0\ m$$

b. ما الإزاحة المحصلة للكرة الأولى خلال الفترة الزمنية كاملة؛ أيْ (خلال 4.5 s)؟

لاحظ أن الزاوية بين حركتي الكرة (قبل التصادم وبعده) تساوي 120.0° وليس 60.0°.

وباستخدام قانون جيب التمام، فإن:

$$R^2 = x^2 + y^2 - 2xy\,(\cos\theta)$$

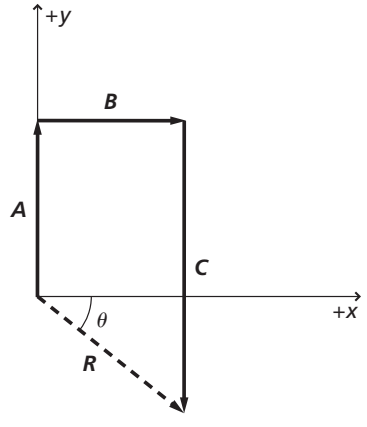
$$R = \sqrt{x^2 + y^2 - 2xy(\cos\theta)}$$

$$= \sqrt{(2.0\ m)^2 + (2.0\ m)^2 - (2)(2.0\ m)(2.0\ m)(\cos 120.0^\circ)}$$

$$= 3\ 5\ m$$

5. يمثل الجدول أدناه مجموعة من متجهات القوة، تبدأ جميعها من نقطة الأصل لنظام الإحداثيات، وتنتهي عند الإحداثيات المعطاة في الجدول.

المتجه	مقدار x (N)	مقدار y (N)
A	0.0	6.0
B	5.0	0.0
C	0.0	−10.0



a. ما مقدار حاصل جمع هذه المتجهات الثلاثة؟

$$R_x = A_x + B_x + C_x$$

$$= 0.0\ N + 5.0\ N + 0.0\ N$$

$$= 5.0\ N$$

$$R_y = A_y + B_y + C_y$$

$$= 6.0\ N + 0.0\ N + (-10.0\ N)$$

$$= -4.0\ N$$

$$R = \sqrt{(R_x^2 + R_y^2)}$$

$$= \sqrt{(5.0\ N)^2 + (-4.0\ N)^2}$$

$$= 6.4\ N$$

b. ما مقدار الزاوية θ التي تصنعها محصلة المتجهات الثلاثة مع الأفقي؟

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{R_y}{R_x}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{-4.0\ N}{5.0\ N}\right)$$

$$= -39°$$

c. في أيِّ ربع يكون متجه المحصلة؟

سيقع متجه المحصلة في الربع الرابع؛ لأن مركّبة المحصلة على المحور x موجبة، ومركّبتها على المحور y سالبة.

6. وضع صندوق كتلته 9.0 kg على أرضية مستوية وخشنة. فإذا لزم التأثير فيه بقوة مقدارها 61 N حتى يبدأ الحركة، فما القيمة القصوى للاحتكاك السكوني؟

في حال عدم وجود حركة فإن:

$$F_{\text{المؤثرة}} = f_s = \mu_s F_N$$

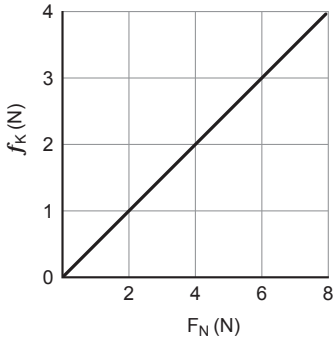
لذا فإن:

$$\mu_s = \frac{F_{\text{المؤثرة}}}{F_N} = \frac{F_{\text{المؤثرة}}}{mg}$$

$$= \frac{61\ N}{(9.0\ kg)(9.80\ m/s^2)}$$

$$= 0.69$$

7. استعن بالرسم أدناه للإجابة عن الأسئلة التالية:



a. ما مقدار معامل الاحتكاك الحركي μ_k لهذا النظام؟

يمثل ميل الخط مقدار معامل الاحتكاك الحركي μ_k.

$$\mu_k = \frac{(4\ N - 0\ N)}{(8\ N - 0\ N)} = 0.5$$

b. إذا كانت قوة الاحتكاك تساوي 1.5 N، فما مقدار F_N؟

من خلال الرسم البياني، فإن: $F_N = 3\ N$

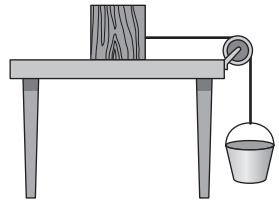
c. إذا أصبحت F تساوي ثلاثة أمثال مقدارها الأصلي، فهل تصبح $F_{\text{المؤثرة}}$ ثلاثة أمثال مقدارها الأصلي أيضًا؟

نعم؛ لأن علاقة التناسب بينهما طردية.

d. هل $F_{\text{المؤثرة}}$ و F تؤثران في الاتجاه نفسه؟ لماذا؟

لا، تؤثر قوة الاحتكاك أفقيًا في اتجاه معاكس لاتجاه للقوة المؤثرة، في حين تؤثر القوة العمودية عموديًا على السطح الذي يتحرك عليه الجسم.

8. وضعت عائشة صندوقًا خشبيًّا على سطح مستو لطاولة، وثبتت فيه خيطًا يمرّ فوق بكرة، وربطتً الطرف الآخر للخيط بدلو يمكن ملؤه بكرات رصاص صغيرة. فإذا أرادت عائشة أن تقيس الكتلة المؤثرة (الكرات + الدلو) اللازمة لتحريك الصندوق على الطاولة بسرعة ثابتة فأجب عما يلي:



a. ما قيمة μ_K، إذا كانت كتلة الدلو وكرات الرصاص معًا 0.255 kg، ووزن الصندوق 12 N؟

إذا كانت v ثابتة فإن:

$$F_{\text{المؤثرة}} = f_k = \mu_k F_N$$

$$\mu_k = \frac{F_{\text{المؤثرة}}}{F_N}$$

$$= \frac{m_{\text{كرات+دلو}}\, g}{F_N}$$

$$= \frac{(0.255\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2)}{(12\ \text{N})}$$

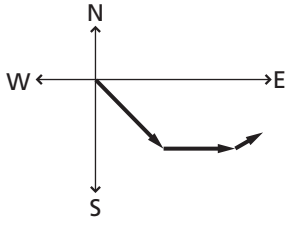
$$= 0\ 21$$

b. صف سلوك الصندوق، إذا تمّ إضافة كرات رصاص أخرى إلى الدلو.

بما أن مقدار $F_{\text{المؤثرة}}$ الآن أكبر من مقدار قوة الاحتكاك f_k، فإن $F_{\text{المحصلة}} \neq 0$، لذا سيتسارع الصندوق بمرور الوقت.

9. تحرَّك قارب مسافة 75 km في اتجاه جنوب الشرق، ثم تحرك مسافة 56 km جهة الشرق، ومن ثم تحرك 25 km في اتجاه يصنع زاوية 30° شمال الشرق.

a. ارسم المتجهات على ورقة بيانية موضحًا عليها الاتجاهات: الشمال N، الشرق E، الجنوب S، الغرب W.



b. أوجد محصلة مركّبات إزاحة القارب على محور الشرق الغرب ، ومحصلة مركّبات إزاحته على محور الشمال– الجنوب .

$$R_{\text{الشرق–الغرب}} = A_{\text{الشرق–الغرب}} + B_{\text{الشرق–الغرب}} + C_{\text{الشرق – الغرب}}$$

$$= (75\text{km})(\cos{-45}\ ))+(56\text{km})(\cos 0\ 0\ )$$
$$+ (25\ \text{km})(\cos\ 30\ 0\ )$$

$$= 1\ 3\times 10^2\ \text{km}$$

$$R_{\text{الشمال–الجنوب}} = A_{\text{الشمال–الجنوب}} + B_{\text{الشمال–الجنوب}} + C_{\text{الشمال–الجنوب}}$$

$$= (75\ \text{km})(\sin(-45^\circ)) + (56\ \text{km})$$
$$(\sin 0.0^\circ) + (25\ \text{km})(\sin 30.0^\circ)$$

$$= -41\ \text{km}$$

c. أوجد محصلة إزاحة القارب.

$$R = \sqrt{R^2_{\text{الشرق–الغرب}} + R^2_{\text{الشمال– الجنوب}}}$$

$$= \sqrt{(1.3\times 10^2\ \text{km})^2 + (-41\ \text{km})^2}$$

$$= 136\ \text{km}$$

d. أوجد زاوية محصلة إزاحة القارب بالنسبة إلى محور الشرق الغرب .

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{R_{\text{الشمال–الجنوب}}}{R_{\text{الشرق–الغرب}}}\right)$$

$$= \tan^{-1}\left(\frac{-41\ \text{km}}{1.3\times 10^2\ \text{km}}\right)$$

$$= -18^\circ$$

$$= 18^\circ \text{ جنوب الشرق}$$

10. يُسحب صندوق كتلته 1.25 kg بخيط على سطح مستوٍ، حيث معامل الاحتكاك الحركي μ_K يساوي 0.80. إذا انقطع الخيط فجأة، وأصبحت القوة المؤثرة 0.0 N مباشرة، فما تسارع الصندوق عندئذٍ؟

افترض أن اتجاه القوة المؤثرة هو الاتجاه الموجب. فتصبح القوة المحصّلة المؤثرة في الصندوق هي قوة الاحتكاك، وتكون في الاتجاه السالب.

$$F_{\text{المحصلة}} = ma$$

$$= f_k = \mu_k F_N$$

$$= \mu_k mg$$

$$a = \mu_k g$$

$$= (0\ 80)(9\ 80\ \text{m/s}^2)$$

$$= 7\ 8\ \text{m/s}^2 \quad \text{في الاتجاه السالب}$$

11. إذا كانت السرعة المتجهة للصندوق في المسألة السابقة 5.0 m /s عند الزمن صفر، فكم ستصبح سرعته بعد مرور 0.50 s؟ وما المسافة التي سيقطعها الصندوق خلال هذه الفترة الزمنية؟

$$v_f = v_i + at$$

$$v_f = 5\ 0\ \text{m/s} + (-7\ 8\ \text{m/s}^2)(0\ 50\ \text{s})$$

$$= 1\ 1\ \text{m/s}$$

$$d = \frac{v_f^2 - v_i^2}{2a} = \frac{(1.1\ \text{m/s})^2 - (5.0\ \text{m/s})^2}{(2)(-7.8\ \text{m/s}^2)}$$

$$= 1\ 5\ \text{m}$$

12. ينزلق قرص هوكي كتلته 0.17 kg على جليد مبتعدًا عن المضرب بسرعة 21 m /s. إذا كانت قوة الاحتكاك هي القوة الوحيدة المؤثرة في القرص فإنَّه سيتوقف بعد أن يقطع مسافة 62 m.

a. استعن بالبيانات الواردة في المسألة لتحدّد مقدار μ_k للقرص على الجليد.

افترض أن اتجاه الحركة هو الاتجاه الموجب، لذا ستكون قوة الاحتكاك في الاتجاه السالب.

(تذكر أن قوة الاحتكاك في الاتجاه السالب) $f_k = -\mu_k F_N$

$$f_k = F_{\text{المحصلة}} = ma$$

(لا توجد هنا إشارة سالبة لأن مقدار التسارع a يجب أن يتضمن ذلك)

لذا فإن:

$$-\mu_k F_N = ma$$

$$-\mu_k mg = ma$$

$$\mu_k = \frac{-a}{g}$$

$$v_f^2 - v_i^2 = 2ad$$

لذا فإن:

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

$$\mu_k = \frac{-a}{g} = \frac{-\left(\frac{v_f^2 - v_i^2}{2d}\right)}{g}$$

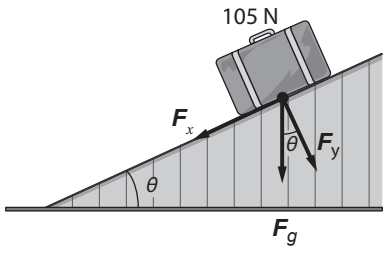
$$= \frac{-(v_f^2 - v_i^2)}{2dg}$$

$$= \frac{-((0.0\ \text{m/s})^2 - (21\ \text{m/s})^2)}{(2)(62\ \text{m})(9.80\ \text{m/s}^2)} = 0.36$$

b. هل ستختلف الإجابة إذا اسُتخدم قرص آخر له كتلة القرص السابق وشكله لكنه يختلف عنه في الكتلة؟ لماذا؟

لا؛ فالنتيجة (مقدار معامل الاحتكاك) لا تعتمد على الكتلة، ولاحظ كيف تم اختصار الكتل في الحل أعلاه.

13. وضعت حقيبة سفر وزنها 105 N في صالة المطار على منحدر مطاطي دوّار يميل بزاوية 25° على الأفقي. ويمكن تحليل متجه الوزن إلى مركّبتين متعامدتين.



a. ما مقدار مركّبة الوزن الموازية لسطح المنحدر؟

$$F_x = F_g \sin\theta$$

$$F_x = (105\ \text{N})(\sin 25^\circ)$$

$$= 44\ \text{N}$$

b. ما مقدار مركّبة الوزن المعامدة لسطح المنحدر؟

$$F_y = F_g \cos\theta = (105\ \text{N})(\cos 25^\circ)$$

$$= 95\ \text{N}$$

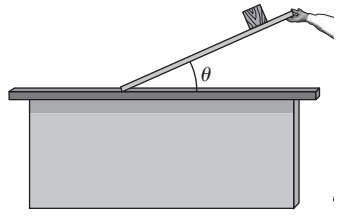
c. أيُّ هاتين المركّبتين تمثّل القوة العمودية؟

F_y

14. أيّ القوى تُوازن قوة الاحتكاك الحركي في المسألة السابقة؟ إذا كان مقدار القوة F_x أكبر من مقدار قوة الاحتكاك f_k، فهل ستتسارع الحقيبة إلى أسفل المنحدر؟

مركّبة الوزن الموازية لسطح المنحدر، F_x، توازن قوة الاحتكاك. وبما أن $F_{\text{المحصلة}}$ لا تساوي صفرًا على امتداد سطح المنحدر، فإن حقيبة السفر ستتسارع.

15. قرّرت سميّة أن تحدّد القيمة القصوى لمعامل الاحتكاك السكوني للخشب على الخشب عن طريق تنفيذ تجربة. فوضعت صندوقًا خشبيًّا على لوح خشبي صغير، وأخذت ترفع أحد طرفي اللوح ببطء إلى أعلى، ودوّنت الزاوية التي بدأ عندها الصندوق بالانزلاق، وادّعت سميّة أنَّ $\mu_s = \tan\theta$. بيّن لماذا كانت سميّة على صواب.



إذا لم يكن هناك حركة، فإن $F_{\text{المحصلة}}$ على امتداد المنحدر تساوي صفرًا، لذا فإن:

$$F_x = F_g \sin\theta$$

$$= f_s = \mu_s F_N$$

$$= \mu_s F_g \cos\theta$$

وبالتالي فإن:

$$\mu_s = \frac{F_g \sin\theta}{F_g \cos\theta}$$

$$= \tan\theta$$

وذلك صحيح بغض النظر عن وزن الصندوق.

16. انزلق عليّ من فوق لعبة التزلج المائية التي تميل بزاوية 42° على سطح الأرض، فبدأ الانزلاق من السكون ووصل إلى نهاية اللعبة بعد 3 s بسرعة 15 m/s. إذا كانت كتلة عليّ 81 kg، فما مقدار معامل الاحتكاك الحركي μ_K؟

$$v_f - v_i = at$$

ولما كانت

$$v_i = 0$$

فإن:

$$a = \frac{v_f}{t}$$

$$F_{\text{المحصلة}} = ma$$

$$= F_g \quad f_k$$

$$= F_g - \mu_k F_N$$

$$= mg\sin\theta - \mu_k mg\cos\theta$$

$$\mu_k = \frac{mg\sin\theta - ma}{mg\cos\theta}$$

$$= \frac{g\sin\theta - a}{g\cos\theta}$$

$$= \frac{g\sin\theta - \frac{v_f}{t}}{g\cos\theta}$$

$$= \frac{(9.80\ \text{m/s}^2)(\sin 42^\circ) - (\frac{15\ \text{m/s}}{3.0\ \text{s}})}{(9.80\ \text{m/s}^2)(\cos 42^\circ)}$$

$$= 0.21$$

17. سُحب صندوق وزنه 64 N بحبل على سطح أفقي خشن بسرعة ثابتة. فإذا كان معامل الاحتكاك الحركي 0.81، فما مقدار القوة المؤثرة في الخيط إذا كانت موازية لسطح الأرض؟

$F_{\text{المحصلة}} = 0$ بما أن $F_{\text{المؤثرة}} = f_k$ فإن

$$f_k = \mu_k F_N = (0\ 81)(64\ \text{N})$$

$$= 52\ \text{N}$$

18. افترض أنَّ القوة المؤثرة في المسألة السابقة تصنع زاوية مقدارها θ مع سطح الأرض.

a. بيّن كيف تحسب القوة الرأسية المحصلة، علمًا بأن القوة العمودية لم تَعُد تساوي F_g، كما كانت في المسألة السابقة.

$$F_{\text{المحصلة}, y} = F_g + (-F_{\text{المؤثرة}} \sin\theta)$$

b. بيّن كيف تحسب القوة الأفقية المحصلة، علمًا بأن قوة الاحتكاك تبقى معاكسة لاتجاه الحركة الأفقية للصندوق.

$$F_{\text{المحصلة}, x} = F_{\text{المؤثرة}} \cos\theta + (-f_k)$$

$$= F_{\text{المؤثرة}} \cos\theta - \mu_k F_N$$

$$= F_{\text{المؤثرة}} \cos\theta - \mu_k F_{\text{المحصلة}, y}$$

الفصل السادس

1. ضرب لاعب – في لعبة كرة القدم الأمريكية – الكرة من مسافة تبعد 45 m عن المرمى. فإذا ضُربت الكرة بزاوية 35° على الأفقي، فما السرعة المتجهة الابتدائية للكرة اللازمة لكي تلامس عارضة المرمى المرتفعة عن الأرض مسافة 3.1 m؟ أهمل مقاومة الهواء وأبعاد الكرة.

افترض نقطة أصل النظام الإحداثي عند النقطة التي ركلت فيها الكرة.

$$v_{xi} = v_i \cos\theta$$

$$v_{yi} = v_i \sin\theta$$

افترض أن t تمثل الزمن لحظة عبور الكرة للمستوى الرأسي لقوائم المرمى.

ومن ثم فإن:

$$x = v_{xi} t$$

لذا فإن:

$$t = \frac{x}{v_{xi}}$$

$$y = v_{yi} t - \frac{gt^2}{2}$$

$$= v_{yi} \left(\frac{x}{v_{xi}}\right) - \frac{g\left(\frac{x}{v_{xi}}\right)^2}{2}$$

$$= (v_i \sin\theta)\left(\frac{x}{v_i \cos\theta}\right) - \left(\frac{g}{2}\right)\left(\frac{x^2}{(v_i \cos\theta)^2}\right)$$

$$= (\tan\theta)(x) - \frac{gx^2}{2 v_i^2 (\cos\theta)^2}$$

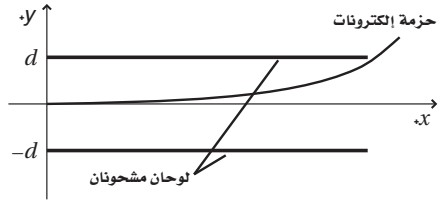
$$v_i = \sqrt{\frac{gx^2}{2(\cos\theta)^2 ((\tan\theta)(x) - y)}}$$

$$= \sqrt{\frac{(9.80\ \text{m/s}^2)(45\ \text{m})^2}{2(\cos 35°)^2 ((\tan 35°)(45\ \text{m}) - 3.1\ \text{m})}}$$

$$= 23\ \text{m/s}$$

2. تتحرك حزمة إلكترونات بسرعة متجهة ثابتة في أنبوب أشعة مهبطية، فتدخل منطقةً ذات قوة كهربائية ثابتة في منتصف المسافة بين لوحين متوازيين مشحونين طول كل منهما 10.0 cm وتفصل بينهما مسافة 1.0 cm،

وتتسارع الإلكترونات في هذه المنطقة في اتجاه اللوح العلوي. إذا دخلت الإلكترونات هذه المنطقة بسرعة متجهة مقدارها $3.0\times10^{6}\ \text{m/s}$، فما مقدار التسارع اللازم لتخرج الإلكترونات من عند طرف اللوح العلوي تمامًا؟



افترض أن نقطة أصل الإحداثيات في منتصف المسافة بين اللوحين وعند الطرف الأيسر. لذا يكون:

$$y_i = 0,\ v_{yi} = 0$$

يُعبَّر عن موقع الإلكترون في المنطقة بين اللوحين بالمعادلتين:

$$x = v_{xi}t,\ y = \frac{at^2}{2}$$

وبتعويض مقدار t من إحدى المعادلتين في المعادلة الأخرى نحصل على معادلة مسار المقذوف:

$$y = \frac{a}{2}\left(\frac{x}{v_{xi}}\right)^2 = \frac{a}{2v_{xi}^2}x^2$$

ونحن بحاجة إلى أن نجعل المقذوف يمر بالقرب من طرف اللوح العلوي تمامًا.

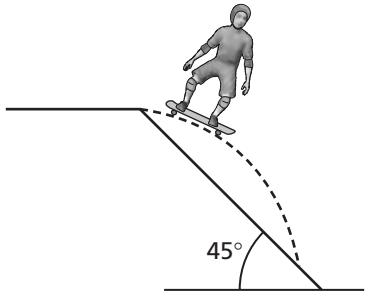
$$y = \frac{a}{2v_{xi}^2}x^2$$

لذا فإن:

$$a = \frac{2v_{xi}^2 y}{x^2} = \frac{(2)(3.0\times10^6\ \text{m/s})^2\left(\frac{0.010\ \text{m}}{2}\right)}{(0.100\ \text{m})^2}$$

$$= 9.0\times10^{12}\ \text{m/s}^2$$

3. يوضح الشكل أدناه جزءًا من مسار تزلج أفقي، يليه مسار منحدر يميل بزاوية $45°$.



a. ما طول المنحدر اللازم حتى يهبط المتزلج عليه، علمًا بأنّه انطلق بسرعة متجهة مقدارها $5.0\ \text{m/s}$ من نهاية المسار الأفقي؟

يحسب مسار المتزلج بالمعادلة التالية:

عندما تكون $0 \le x \le x_L$

فإن

$$y = -\frac{g}{2v_{xi}^2}x^2$$

ويمكن تمثيل المنحدر بالمعادلة التالية:

$$y = -x$$

وبالتعويض عن مقدار y، يمكننا إيجاد قيم x التي تحقق كلتا المعادلتين.

$$\frac{g}{2v_{xi}^2}x^2 - x = \left(\frac{g}{2v_{xi}^2}x - 1\right)x = 0$$

$$x = 0,\ x = \frac{2v_{xi}^2}{g} = x_L$$

يمثل الحل الثاني النقطة التي يعود فيها المتزلج إلى المنحدر.

$$x_L = \frac{(2)(5.0\ \text{m/s})^2}{9.80\ \text{m/s}^2} = 5.1\ \text{m}$$

$$y_L = -x_L = -5.0\ \text{m}$$

$$x_L = L_{\text{المنحدر}}\cos\theta$$

$$L_{\text{المنحدر}} = \frac{x_L}{\cos\theta} = \frac{-5.1\ \text{m}}{\cos 45°} = -7.2\ \text{m}$$

يعود سبب الإشارة السالبة هنا إلى افتراضات النظام الإحداثي، ويمثل طول المنحدر قيمة موجبة تساوي 7.2 m.

b. إذا تضاعفت السرعة المتجهة الابتدائية، فما الذي سيحدث للطول المطلوب للمنحدر؟

لاحظ أن الطول المطلوب للمنحدر يتناسب مع مربع السرعة المتجهة الابتدائية، لذا سيكون الطول المطلوب أربعة أمثال الطول الأول فيصبح 28 8 m.

4. سدّد لاعب كرةَ سلّة بزاوية 68° فوق الأفقي في محاولة لإحراز تسديدة ثلاثية النقاط من مسافة 6.00 m، وكانت السرعة المتجهة الابتدائية للكرة 10 m/s، وارتفاعها الابتدائي عن سطح الأرض 1.5 m.

a. ما أقصى ارتفاع تصل إليه الكرة؟

المركّبة الرأسية للسرعة المتجهة بالنسبة للزمن تساوي: $v_y = v_{yi} - gt$

تصل الكرة إلى أقصى ارتفاع عند الزمن t عندما تكون السرعة المتجهة الرأسية صفرًا.

$$t = \frac{v_{yi}}{g}$$

إذا اختيـر النظام الإحداثـي على أن تكون نقطة الأصـل على سطح الأرض وتحديدًا أسفل النقطة التـي قذفت منهـا الكرة، فإن ارتفـاع الكرة بمرور الزمن يحسب بالمعادلة التالية:

$$y = y_i + v_{yi}\,t - \frac{gt^2}{2}$$

وتصل الكرة إلى أقصى ارتفاع عند الزمن t، ويحسب أقصى ارتفاع على النحو التالي:

$$y_{max} = y_i + v_{yi}\left(\frac{v_{yi}}{g}\right) - \left(\frac{g}{2}\right)\left(\frac{v_{yi}}{g}\right)^2$$

$$= y_i + \frac{v_{yi}^2}{g} - \frac{g\,v_{yi}^2}{2\,g^2}$$

$$= y_i + \frac{v_{yi}^2}{2g}$$

$$= y_i + \frac{v_i^2\,(\sin\theta)^2}{2g}$$

$$= 1.50\text{ m} + \frac{(10.0\text{ m/s})^2\,(\sin 68^\circ)^2}{(2)(9.80\text{ m/s}^2)}$$

$$= 5.9\text{ m}$$

b. إذا كان ارتفاع حلقة السلة 3.05 m عن سطح الأرض، فكم سيكون ارتفاع الكرة فوق الحلقة؟

يعطى الموقع الأفقي للكرة بالنسبة للزمن بالمعادلة:

$$x = v_{xi}\,t$$

$$= (v_i \cos\theta)(t)$$

لذا فإن: $t = \dfrac{x}{v_i \cos\theta}$

وبالتالي يكون ارتفاع الكرة:

$$y_{\text{الحلقة}} = y_i + v_{yi}\,t - \frac{gt^2}{2}$$

$$= y_i + v_i \sin\theta\left(\frac{x}{v_i\cos\theta}\right) - \left(\frac{g}{2}\right)\left(\frac{x}{v_i\cos\theta}\right)^2$$

$$= y_i + x\tan\theta - \frac{gx^2}{v_i^2\,(\cos\theta)^2}$$

$$= 1\ 50\text{ m} + (6\ 00\text{ m})\,(\tan 68^\circ) - \frac{(9.80/\text{m s}^2)(6.00\text{ m})^2}{(2)(10.0\text{ m/s})^2\,(\cos 68^\circ)^2}$$

$$= 3\ 78\text{ m}$$

لايجاد الارتفاع فوق الحلقة (h):

$$h = 3\ 78\text{ m} - 3\ 05\text{ m} = 0\ 73\text{ m}$$

ترتفع الكرة مسافة 0 73 m فوق الحلقة.

5. ما الإزاحة الرأسية التي تسقطها كرة بيسبول رميت أفقيًّا بسرعة 42.5 m/s، وقطعت إزاحة أفقية مقدارها 18.4 m؟

الزمن الذي تحتاج إليه الكرة حتى تقطع إزاحة مقدارها 18 4 m يساوي: $x = v_x\,t$

لذا فإن: $t = x/v_x$

وخلال هذه الفترة الزمنية تسقط الكرة إزاحة رأسية مقدارها:

$$\Delta y = \frac{gt^2}{2} = \left(\frac{g}{2}\right)\left(\frac{x}{v_x}\right)^2$$

$$= \left(\frac{9.80\text{ m/ s}^2}{2}\right)\left(\frac{18.4\text{ m}}{42.5\text{ m/s}}\right)^2$$

$$= 0\ 918\text{ m}$$

6. أطلقت قذيفة من على سطح الأرض بزاوية θ على الأفقي، وبسرعة متجهة ابتدائية v_i.

a. أثبت أنَّ المدى الأفقي للقذيفة المسافة من نقطة إطلاق القذيفة إلى نقطة عودتها إلى مستوى الإطلاق نفسه يُعبّر عنه بالعلاقة التالية:

$$R = \frac{v_i^2}{g} \sin 2\theta$$

افترض أن نقطة الأصل في النظام الإحداثي عند نقطة الإطلاق. يُعبّر عن إحداثيات المقذوف بالنسبة للزمن بالمعادلة:

$$x = v_{xi}\, t,\ y = v_{yi}\, t - \frac{(gt^2)}{2}$$

وبتعويض مقدار t من إحدى المعادلتين في المعادلة الأخرى نحصل على معادلة مسار المقذوف:

$$y = \frac{v_{yi}}{v_{xi}} x - \frac{g}{2 v_{xi}^2} x^2$$
$$= x \left(\frac{v_{yi}}{v_{xi}} - \frac{g}{2 v_{xi}^2} x\right)$$

وبوضع $y = 0$ نحصل على جذري هذه المعادلة.

$$x = 0,\ \frac{v_{yi}}{v_{xi}} - \frac{g}{2 v_{xi}^2}\ x = 0$$

والحل الثاني هو الحل الذي يؤخذ في الاعتبار.

حل المعادلة بالنسبة لـ x، ومن ثم أعد تسميتها لتصبح R.

$$R = \frac{2 v_{xi} v_{yi}}{g}$$

ومن ثم عوّض مستخدمًا:

$$v_{xi} = v_i \cos\theta,\ v_{yi} = v_i \sin\theta$$
$$R = \frac{(2)(v_i \cos\theta)(v_i \sin\theta)}{g}$$
$$= \frac{(v_i^2)(2)(\sin\theta)(\cos\theta)}{g}$$

وباستخدام المتطابقة المثلثية التالية

$$2 \sin\theta \cos\theta = \sin 2\theta$$

نحصل على:

$$R = \frac{v_i^2}{g} \sin 2\theta$$

b. ما زاوية الإطلاق التي ينتج عنها أكبر مدى أفقي؟

القيمة العظمى للجيب تكون عند $90°$، لذا فإن:

$$2\theta = 90°$$
$$\theta = 45°$$

ويكون مقدار R قيمة عظمى عندما $\theta = 45°$.

7. شُـيّد جزء من محطة فضائية على هيئة حلقة نصف قدرها 50.0 m. كم يجب أن تكون سرعة دوران الحلقة حتى تحاكي جاذبية الأرض؟

التسارع المركزي للأجسام التي تتحرك حركة دائرية منتظمة $a_C = \frac{v^2}{r}$. ولمحاكاة الجاذبية الأرضية اجعل التسارع المركزي يساوي g.

$$a_C = \frac{v^2}{r} = g$$
$$v^2 = gr$$
$$v = \sqrt{gr}$$
$$= \sqrt{(9.80\ \text{m/s}^2)(50.0\ \text{m})}$$
$$= 22.1\ \text{m/s}$$

ويكون الزمن الدوري المطلوب:

$$T = \frac{2\pi r}{v}$$
$$= \frac{(2\pi)(50.0\ \text{m})}{22.1\ \text{m/s}}$$
$$= 14\ 2\ \text{s}$$

8. يعتمد مبدأ عمل مشغّل أقراص التسجيل على تقييد حركة رأس القراءة (الإبرة) ضمن مسار محدد على شكل أخدود محفور على أسطوانة التسجيل. وتشكل هذه الأخاديد مسارات دائرية منتظمة تقريبًا، لذا تكون حركة الإبرة حركة دائرية منتظمة تقريبًا. إذا كانت السرعة الدورانية لأسطوانة التسجيل $33\frac{1}{3}$ rpm (دورة في الدقيقة)، فما التسارع المركزي للإبرة عندما تكون على بُعد 14.6 cm من المركز؟

$$(33\tfrac{1}{3}\ \text{دقيقة/دورة}) = 0\ 556\ \text{دورة/s}$$

$$T = \frac{1}{(0.556\ \text{دورة/s})}$$

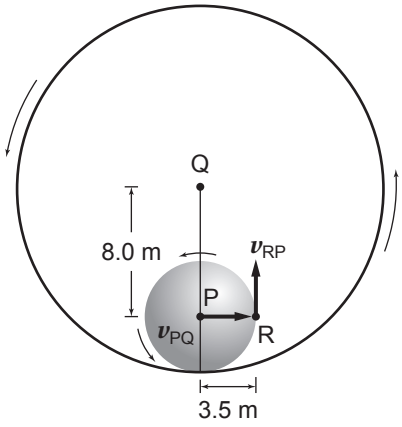
$T = 1\ 80\ s$

$$a_C = \frac{4\pi^2 r}{T^2}$$

$$= \frac{4\pi^2 (0.146\ m)}{(1.80\ s)}$$

$$= 3\ 20\ m/s^2$$

9. صُممت لعبة في مدينة الألعاب على شكل منصة تدور حول نفسها، مثبتة في طرف منصة دوّارة أخرى أكبر من الأولى. واللعبة مصممة بحيث يركب الشخص على طرف المنصة الصغيرة ليبعد عن مركزها 3.5 m، ويبعد مركز المنصة الصغيرة عن مركز المنصة الكبيرة 8.0 m. وتكمل المنصة الصغيرة دورة واحدة خلال 6.0 s، وتكمل دورتين لكل دورة تكملها المنصة الكبيرة. وصممت اللعبة بحيث تكون دوراتها جميعها في عكس اتجاه حركة عقارب الساعة. فما مقدار سرعة الراكب واتجاهه بالنسبة إلى الأرض في اللحظة المبينة في الشكل؟



افترض أن سرعة الراكب R بالنسبة إلى النقطة P تمثل v_{RP}. والزمن الدوري للمنصة P يساوي 6 0 s، لذا يكون مقدار السرعة v_{RP} واتجاهها:

$$v_{RP} = \frac{2\pi r}{T}$$

$$= \frac{(2\pi)(3.5\ m)}{6\ s}$$

$$= 3.7\ m/s,\ \text{شمالا}$$

الزمن الدوري للمنصة Q يساوي:

$$(2\ 0)(6\ 0\ s) = 12\ s$$

لذا يكون مقدار السرعة v_{PQ} واتجاهها:

$$v_{PQ} = \frac{2\pi r}{T}$$

$$= \frac{(2\pi)(8.0\ m)}{(12\ s)}$$

$$= 4\ 2\ m/s,\ \text{شرقًا}$$

السرعة المتجهة للراكب بالنسبة إلى الأرض تساوي:

$$v_{RQ} = v_{RP} + v_{PQ}$$

$$v_{RQ} = \sqrt{(v_{RP}^2 + v_{PQ}^2)}$$

$$v_{RQ} = \sqrt{(3.7\ m/s)^2 + (4.2\ m/s)^2}$$

$$= 5\ 6\ m/s$$

ويكون الاتجاه:

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{v_{RP}}{v_{PQ}}\right)$$

$$= \tan^{-1}\left(\frac{3.7\ m/s}{4.2\ m/s}\right)$$

$$= 41^\circ \quad \text{شمال الشرق}$$

10. وضع جسمان على قرص دوّار مستوٍ، يبعدان عن مركزه 10.0 cm و20.0 cm على التوالي. وكان معامل الاحتكاك السكوني لهما مع القرص 0.5. إذا ازدادت سرعة دوران القرص تدريجيًّا،

a. فأيّ الجسمين سيبدأ بالانزلاق أولاً؟

سينزلق الجسم البعيد عن المركز أولًا.

يتناسب التسارع المركزي $a_C = \frac{(4\pi^2 r)}{T^2}$ طرديًّا مع نصف القطر r. وتزوّد قوة الاحتكاك الجسم بالتسارع المركزي إلى القيمة النهائية التي يوفّرها معامل الاحتكاك السكوني. لذا فإنه عند أي سرعة دوران محددة، تكون قوة الاحتكاك أكبر في الجسم البعيد عن مركز الدوران، وبالتالي ستصل القوة المؤثرة في هذا الجسم إلى قيمتها النهائية أولًا.

b. عنـد أيّ سرعـة دورانيـة سـيبدأ الجسـم الداخلي (القريب من مركز الدوران) بالانزلاق؟

افترض أن v تمثل السرعة المتجهة بوحدة m/s، واستخدم المعادلتين:

$$v = \frac{2\pi r}{T}$$

و

$$a_C = \frac{v^2}{r}$$

عند أقصى سرعة زاوية يجب أن تكون قوة الاحتكاك $f_s = \mu_s F_N = \mu_s mg$ مساوية لـ ma_C.

$$\mu_s mg = \frac{mv^2}{r}$$

$$v = \sqrt{\mu_s gr}$$

$$= \sqrt{(0.50)(9.80\ \text{m/s}^2)(0.10\ \text{m})}$$

$$= 0\ 70\ \text{m/s}$$

11. تطير طائرة شـرقًا بسرعة 2.0×10^2 km /h بالنسبة إلى الهواء. وبسبب الرياح المؤثرة فيها فقد وصلت الطائرة إلى وجهتها بزاوية 15° شمال الشرق.

a. ما مقدار سرعة الرياح بالنسبة للأرض؟

$$\tan\theta = \frac{v_{\text{الرياح بالنسبة إلى الأرض}}}{v_{\text{الطائرة بالنسبة إلى الهواء}}}$$

$$v_{\text{الرياح بالنسبة إلى الأرض}} = v_{\text{الطائرة بالنسبة إلى الهواء}} \tan\theta$$

$$= (2.0\times10^2\ \text{km/h})(\tan 15°)$$

$$= 54\ \text{km/h}$$

b. مـا مقـدار سرعـة وصـول الطائـرة إلى وجهتهـا (سرعة الطائرة بالنسبة إلى الأرض)؟

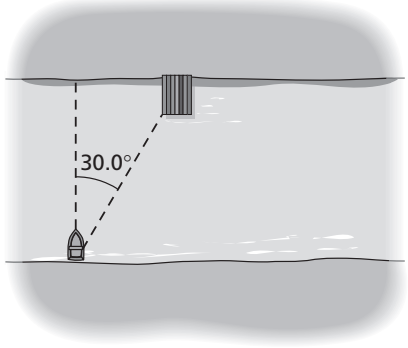
$$\cos\theta = \frac{v_{\text{الطائرة بالنسبة إلى الهواء}}}{v_{\text{الطائرة بالنسبة إلى الأرض}}}$$

$$v_{\text{الطائرة بالنسبة إلى الأرض}} = \frac{v_{\text{الطائرة بالنسبة إلى الهواء}}}{\cos\theta}$$

$$= \frac{2.0\times10^2\ \text{km/h}}{\cos 15°}$$

$$= 2.1\times10^2\ \text{km/h}$$

12. يتدفق الماء في نهر بسرعة 4.0 m /s شرقًا. ويخطط قائد قارب موجود عند الضفة الجنوبية للوصول إلى مرسـى على الضفة الشـمالية (المرسى موجود عند زاوية تصنع 30° مع العمودي على اتجاه تدفق الماء فـي النهـر)، حيث وجـه قاربه نحـو الضفة الأخرى مباشرة، كما هو موضح في الشكل أدناه.



a. كم ينبغي أن تكون سرعة القارب بالنسبة إلى الماء؟

افترض أن $v_{b/w}$ تمثل سرعة القارب بالنسبة إلى الماء، و $v_{w/s}$ سرعة الماء بالنسبة الشاطئ (المرسى)، لذا فإن:

$$\tan\theta = \frac{v_{w/s}}{v_{b/w}}$$

$$v_{b/w} = \frac{v_{w/s}}{\tan\theta} = \frac{4.0\ \text{m/s}}{\tan 30.0°}$$

$$= 6\ 9\ \text{m/s}$$

b. ما سرعة القارب بالنسبة إلى المرسى (الشاطئ)؟

$$v_{b/s} = \sqrt{{v_{w/s}}^2 + {v_{b/w}}^2}$$

$$= \sqrt{(4.0\ \text{m/s})^2 + (6.9\ \text{m/s})^2}$$

$$= 8\ 0\ \text{m/s}$$

الفصل السابع

1. تُعرَّف السنة بأنها الزمن الذي يستغرقه الكوكب لإتمام دورة كاملة حول الشمس. والسنة الأرضية تساوي 365 يومًا. استخدم البيانات الواردة في الجدول 1 7، لحساب عدد الأيام الأرضية في السنة الواحدة لكوكب نبتون. وإذا كان كوكب نبتون يستغرق 16 ساعة تقريبًا لإكمال يوم واحد من أيامه، فما عدد أيام هذا الكوكب الموجودة في سنته؟

$$\left(\frac{T_N}{T_E}\right)^2 = \left(\frac{r_N}{r_E}\right)^3$$

$$T_N = \sqrt{\frac{T_E^{\,2}\, r_N^{\,3}}{r_E^{\,3}}}$$

$$= \sqrt{\frac{(365\ \text{days})^2\,(4.50\times 10^{12}\ \text{m})^3}{(1.50\times 10^{11}\ \text{m})^3}}$$

$$= 6.00\times 10^4\ \text{Earth days}$$

في كل 16 يومًا أرضيًّا سيكون هناك 24 يومًا نبتونيًّا

$$(6\ 00\times 10^4\ \text{Earth days})\left(\frac{(24\ \text{Neptunian days})}{(16\ \text{Earth days})}\right)$$

$$= 9\ 00\times 10^4\ \text{Neptunian days}$$

2. افترض أنّه اكتشف كوكب جديد يدور حول الشمس، وأنَّ زمنه الدوري يساوي 5 أضعاف الزمن الدوري لنبتون. استخدم البيانات الواردة في الجدول 1 7، واحسب متوسط بُعد الكوكب الجديد عن الشمس.

$$\left(\frac{T_A}{T_N}\right)^2 = \left(\frac{r_A}{r_N}\right)^3$$

افترض أن T_N تمثل الزمن الدوري لنبتون.

وأن T_A تمثل الزمن الدوري للكوكب الجديد $= 5T_N$.

$$r_A = \sqrt[3]{\frac{(T_A^{\,2}\, r_N^{\,3})}{T_N^{\,2}}}$$

$$= \sqrt[3]{\frac{(5T_N)^2\,(4.50\times 10^{12}\ \text{m})^3}{T_N^{\,2}}}$$

$$= 1\ 32\times 10^{13}\ \text{m}$$

3. إذا ضرب نيزكٌ كوكبَ الأرض فحرَّكه مسافة $2.41\times 10^{10}\ \text{m}$ في اتجاه كوكَب الزهرة، فكم سيصبح عدد الأيام في السنة الأرضية؟ استخدم البيانات الواردة في الجدول 1 7؟

نحسب متوسط البعد الجديد عن الشمس

$$\left(\frac{T_A}{T_B}\right)^2 = \left(\frac{r_A}{r_B}\right)^3$$

$$T_A = \sqrt{\frac{T_B^{\,2}\, r_A^{\,3}}{r_B^{\,3}}}$$

$$= \sqrt{(365\ \text{days})^2 \frac{(1.50\times 10^{11}\ \text{m} - 2.41\times 10^{10}\ \text{m})^3}{(1.50\times 10^{11}\ \text{m})^3}}$$

$$= 281\ \text{days}$$

4. يكمل القمر دورة كاملة حول الأرض في 27.3 يومًا. فإذا علمت أن كتلة الأرض $5.97\times 10^{24}\ \text{kg}$، فما متوسط بُعد القمر عن الأرض؟

انظر إلى الوحدات أولًا: الزمن الدوري معطى بوحدة اليوم، ويتعين علينا تحويله إلى ثانية ليتوافق مع وحدات G.

$$(27\ 3\ \text{days})\left(\frac{24\ \text{h}}{1\ \text{day}}\right)\left(\frac{60\ \text{min}}{1\ \text{h}}\right)\left(\frac{60\ \text{s}}{1\ \text{min}}\right) = 2\ 36\times 10^6\ \text{s}$$

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{GM_E}}$$

$$r = \sqrt[3]{\frac{T^2\, GM_E}{4\pi^2}}$$

$$= \sqrt[3]{\frac{(2.36\times 10^6\ \text{s})^2\,(6.67\times 10^{-11}\ \text{N.m}^2/\text{kg}^2)(5.97\times 10^{24}\ \text{kg})}{4\pi^2}}$$

$$= 3\ 83\times 10^8\ \text{m}$$

5. يدور قمر اصطناعي على ارتفاع $7.18\times 10^7\ \text{m}$ من مركز أحد كواكب مجموعتنا الشمسية بسرعة $4.20\times 10^4\ \text{m/s}$. استخدم البيانات الواردة في الجدول 1 7 لتحديد اسم هذا الكوكب.

$$v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$$

$$M = \frac{v^2 r}{G} = \frac{(4.20\times 10^4\ \text{m/s})^2\,(7.18\times 10^7\ \text{m})}{(6.67\times 10^{-11}\ \text{N.m}^2/\text{kg}^2)}$$

$$= 1\ 90\times 10^{27}\ \text{kg}$$ **الكوكب هو المشتري**

6. يقسّم الغلاف الجوي للأرض إلى أربع طبقات هي: التروبوسفير وهي الطبقة السفلى من الغلاف الجوي (0 10 km)، والستراتوسفير (10 50 km)، والميزوسفير (50 80 km)، والثيرموسفير (80 500 km). فما الحد الأدنى للسرعة المتجهة التي يجب أن يمتلكها جسم ما للدخول إلى طبقة الثيرموسفير؟

$$r = h + r_E = 8\,0 \times 10^4\ \text{m} + 6\,38 \times 10^6\ \text{m}$$

$$v = \sqrt{\left(\frac{GM_E}{r}\right)}$$

$$= \sqrt{\frac{(6.67 \times 10^{-11}\ \text{N.m}^2/\text{kg}^2)(5.97 \times 10^{24}\ \text{kg})}{8.0 \times 10^4\ \text{m} + 6.38 \times 10^6\ \text{m}}}$$

$$= 7\,8 \times 10^3\ \text{m/s}$$