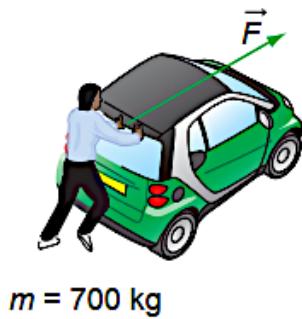


# القوى Forces

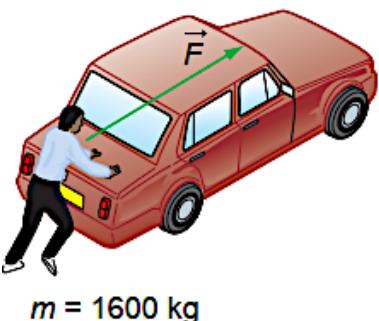
## ٤- قانون نيوتن الثاني للحركة

يتناصف التسارع طردياً مع القوة المحسّلة المؤثرة عليه وعكسياً مع كتلته.

$$\vec{F} = m\vec{a}$$



$$m = 700 \text{ kg}$$



$$m = 1600 \text{ kg}$$

تعليقات على هذا القانون:

1. ينطبق هذا القانون على الجسم ثابت الكتلة.
2. التسارع يكون في نفس اتجاه القوة المحسّلة.
3. إذا تم دفع جسمين بنفس القوة فللجسم الأثقل تسارع أقل من التسارع (انظر الشكل المقابل)، وهذا يتفق مع مبدأ القصور الذاتي.

### القصور الذاتي:

- هو مقياس لمدى صعوبة تغيير السرعة المتجهة للجسم (مقداراً أو اتجاهها أو كليهما).
- ويعد القصور الذاتي مقياساً لكتلة الجسم.
- فللجسم الأثقل قصور ذاتي أكبر، أي له قدرة أكبر على مقاومة أي تغير في سرعته المتجهة.

افتراض أن القوة المحسّلة المؤثرة على الدراجة تبقى ثابتة، احسب سرعة الدراجة بعد مرور (5.0 s).  
هذا السؤال، يتطلب الاستفادة من معادلات الحركة الخطية التي درستها في الوحدة الثالثة.

- ١ صاروخ كتلته (5000 kg). مقدار القوة المحسّلة المؤثرة عليه في لحظة معينة يساوي (200 000 N). احسب تسارعه.  
٢ مسعود كتلته (60 kg)، يقود دراجة نارية كتلتها (40 kg). عندما أصبحت الإشارة الضوئيةخضراء، كان مقدار القوة التي انطلقت بها الدراجة إلى الأمام (200 N). على

٢. تتحرك سيارة كتلتها (500 kg) بسرعة ( $20 \text{ m s}^{-1}$ ). يرى السائق إشارة مرور حمراء أمامه، فيتباطأ حتى يتوقف تماماً خلال ( $10 \text{ s}$ ). احسب قوة مكابح السيارة.

الخطوة ١: في هذا المثال، يجب أن نحسب أولاً التسارع المطلوب لإيقاف السيارة. السرعة المتجهة النهائية للسيارة هي ( $0 \text{ m s}^{-1}$ ), لذلك التغير في السرعة المتجهة سيكون:

$$\Delta v = 0 - 20 = -20 \text{ m s}^{-1}$$

$$\frac{\text{التغير في السرعة المتجهة}}{\text{الزمن المستغرق}} = \text{التسارع}$$

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

$$a = \frac{-20}{10}$$

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

الخطوة ٢: لحساب القوة نستخدم:

$$\vec{F} = m \vec{a}$$

$$F = 500 \times -2$$

$$F = -1000 \text{ N}$$

لذلك يجب أن تزود المكابح قوة مقدارها ( $1000 \text{ N}$ ) (تُظهر الإشارة السالبة أن القوة تُقلل السرعة المتجهة للسيارة).

١. سائق دراجة كتلتها ( $60 \text{ kg}$ ) يقود دراجة كتلتها ( $20 \text{ kg}$ ). عند الانطلاق، تؤثر على الدراجة قوة دفع مقدارها ( $200 \text{ N}$ ). احسب تسارع الدراجة.

الخطوة ١: في هذا المثال، يجب أن نحسب أولاً الكتلة الكلية للدراجة وسائقها:

$$m = 20 + 60 = 80 \text{ kg}$$

مقدار القوة  $\vec{F}$  مُعطى.

القوة التي تسبب التسارع مقدارها:

$$F = 200 \text{ N}$$

الخطوة ٢: استخدم المعادلة  $\vec{F} = m \vec{a}$  لحساب تسارع الدراجة:

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$$

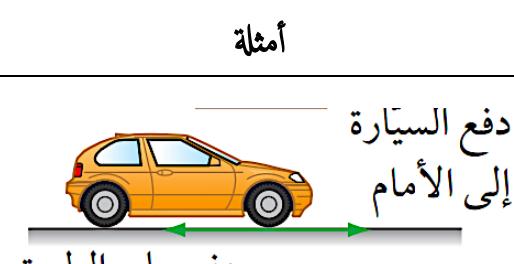
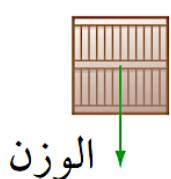
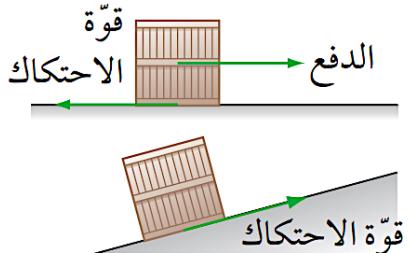
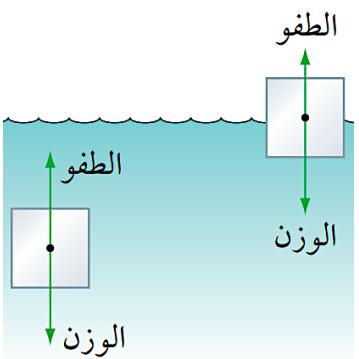
$$a = \frac{F}{m}$$

$$a = \frac{200}{80}$$

$$a = 2.5 \text{ m s}^{-2}$$

إذًا، فإن تسارع الدراجة يساوي ( $2.5 \text{ m s}^{-2}$ ).

## ٤-٤ تعرف على أنواع القوى

أمثلة	الاتجاه	أنواع القوة
 <p>دفع السيارة إلى الأمام دفع على الطريق إلى الخلف</p>	<p><u>اتجاهها</u>: في نفس اتجاه حركة الجسم.  <u>انتبه</u>: يؤثر محرك السيارة بقوة دفع تنتقل إلى الإطارات فتؤثر على الطريق إلى الخلف، فيؤثر الطريق عليها للأمام.</p>	<p>السحب - الدفع - الرفع</p>
 <p>الوزن</p>	<p>هو قوة الجاذبية المؤثرة على الجسم. <u>اتجاهها</u>: رأسياً على أسفل</p>	الوزن
 <p>الاحتكاك الدفع قوة الاحتكاك قوة الاحتكاك</p>	<p>هو القوة التي تنشأ عندما يحتك سطحان متلامسان. <u>اتجاهها</u>: عكس اتجاه حركة الجسم على طول السطح.</p>	الاحتكاك
 <p>مقاومة الماء مقاومة الهواء</p>	<p>مقاومة الهواء والسوائل لحركة الأجسام فيها. <u>اتجاهها</u>: عكس اتجاه حركة الجسم. يمكن تقليل تأثير هذه القوة بإعطاء الجسم شكلًا انسبياً.</p>	مقاومة الماء
 <p>الطفو الوزن الوزن</p>	<p>تنشأ قوة الطفو لأن الضغط على السطح السفلي لجسم مغمور أكبر من الضغط على السطح العلوي <u>اتجاهها</u> لأعلى. يطفو الجسم إذا كانت قوة الطفو أكبر من وزنه. ويفوض إذا كانت أقل من وزنه، ويظل معلقاً إذا تساوت القوتان.</p>	الطفو

 <p>الشدّ</p> <p>الشدّ</p> <p>الشدّ</p>	<p>هي القوّة التي تؤثّر على جسم عند شدّه أو ضغطه محاولاً إعادته إلى طوله الأصليّ.</p> <p><u>اتجاهها:</u> عكس اتجاه الشدّ أو الضغط.</p>	<p>الشدّ</p>

## ٤- ٣ الكتلة والقصور الذاتي وقانون نيوتن الأول

### ملاحظات وأفكار حول القصور الذاتي

- قلنا فيما سبق أن القصور الذاتي هو ميل الجسم إلى البقاء على حاله الحركية، وأن كتلة الجسم هي مقياس لقصوره الذاتي.
- الجسم المتحرك لا يحتاج إلى قوة لإبقاءه متحركاً. بل يحتاج إلى قوة لـإيقافه (قوى الاحتكاك ومقاومة الهواء مثلاً). وإذا لم توجد قوة توقفه فسيستمر في الحركة بسرعة ثابتة وفي خط مستقيم (أي حركة منتظمة).
- توصل غاليليو إلى أن الحركة المنتظمة هي الحركة الطبيعية للأجسام، ومنها نشأت فكرة القصور الذاتي.
- سيفي الجسم في حالة سكون (أي سرعته المتجهة تساوي الصفر) ما لم تكن هناك قوة تجعله يتحرك.
- سيستمر الجسم المتحرك في حركته بسرعة ثابتة وفي خط مستقيم ما لم تؤثر عليه قوة تغير سرعته المتجهة.

### قانون نيوتن الأول للحركة (يلخص النتائج المتعلقة بالقصور الذاتي)

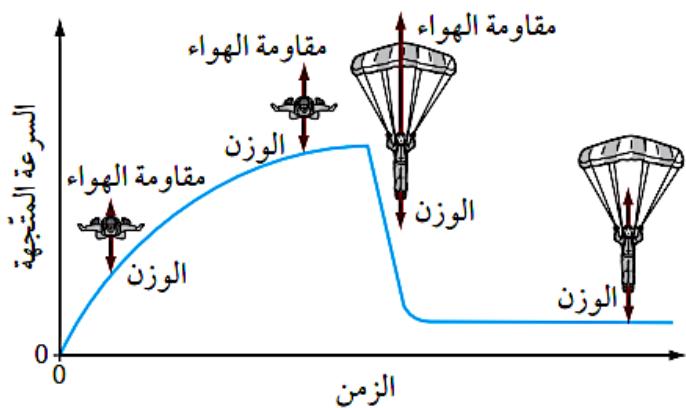
سيبقى الجسم في حالة سكون أو في حالة حركة منتظمة ما لم تؤثر عليه محصلة قوّة لا تساوي صفرًا.

- هذا القانون مرتبط بقانون نيوتن الثاني ( $F = ma$ ) والذي يفيد بأنه إذا كانت محصلة القوى المؤثرة على جسم متساوية للصفر فإنّه لن يتتسارع (أي لن تتغير سرعته المتجهة).
- يعني آخر، إذا كانت محصلة القوى متساوية للصفر فإنّ الجسم سيظل محتفظاً بسرعته المتجهة (حتّى لو كان مقدارها صفرًا).
- محصلة القوى: هي قوّة مفردة لها نفس تأثير مجموع عدة قوى.

٤) اصطدمت سيارة مباشرة بجدار من الطوب. استخدم فكرة القصور الذاتي لشرح سبب وجود مكابح إضافية في بعض السيارات الكبيرة.  
من الزجاج الأمامي إذا لم يكن واضعاً حزام الأمان.

### السرعة المتجهة الحدية

- هي السرعة القصوى التي يصل إليها جسم يتحرك في مائع، حيث تكون محصلة القوى المؤثرة عليه عندها تساوى صفراء.
- في بداية الحركة يكون تسارع الجسم أكبر ما يمكن، لأن مقاومة المائع تساوى صفراء.
- وكلما ازدادت سرعته تزداد مقاومة المائع له تدريجياً حتى تصبح محصلة القوة المؤثرة عليه تساوى صفراء، وعندما تثبت سرعته عند قيمة تسمى السرعة المتجهة الحدية.



- فمثلاً عند سقوط مظلي: يكون تسارعه في البداية هو تسارع السقوط الحر ( $\ddot{g}$ )، ثم بازدياد سرعته تزداد مقاومة الهواء له، فيقل مقدار القوة المحصلة، فيقل تسارعه حتى يصل إلى الصفر، وعندما تثبت سرعة سقوطه.
- ولكن حتى يصل إلى الأرض بسلام، لابد من خفض سرعته المتجهة الحدية. ويتم ذلك بفتح المظلة مما يجعل مقاومة الهواء أكبر من وزن المظلي ومظلته، فيبتاط المظلي، لأن محصلة القوى أصبحت اتجاهها لأعلى، فتنقل مقاومة الهواء تدريجياً حتى تصبح محصلة القوى صفراء، وعندما تكون السرعة المتجهة الحدية منخفضة بدرجة تجعل المظلي يصل إلى الأرض بسلام.
- تعتمد مقاومة الهواء على شكل الجسم، لذا استخدمت المظلات لزيادة مقاومة الهواء، وهذا أيضاً يفسر سقوط الحشرات على الأرض دون أن يلحقها أذى.

## ٤-٤ الحركة في الماء

القوة المقاومة: قوة تعمل في الاتجاه المعاكس للحركة.

مقاومة المائع: قوة تقاوم حركة الجسم خلال مائع.

- تكون السباحة عندما تكون المياه العميقه أسهل من المشي فيها لأنها كلما ازداد عمق الماء ازداد مقدار مقاومته للحركة.
- نادراً ما نشعر بمقاومة الهواء بسبب كثافته المنخفضة.
- كذلك لأن مقاومة الهواء أقل بكثير من مقاومة الماء، لذا تصل الأجسام الساقطة في الماء إلى سرعتها المتجهة الحدية بعد وقت قصير مقارنة بالسقوط في الهواء.
- يرتدي المتسابقون ملابس ضيقة وخوذات انسانية لتقليل مقاومة الماء.

٤. أقصى قوة دفع أمامية يمكن أن تتحققها سيارة ما هي (500 N)، ومقدار ( $F$ ) لمقاومة الهواء التي تتعرض لها السيارة يعتمد على سرعتها وفقاً للمعادلة ( $F = 0.2v^2$ )، حيث ( $v$ ) هي السرعة بوحدة  $m s^{-1}$ . جد السرعة القصوى للسيارة.

الخطوة ١: من المعادلة  $F = 0.2v^2$  يمكنك أن ترى أن مقاومة الهواء تزداد كلما كانت السيارة أسرع، وتصل السيارة إلى السرعة القصوى عندما تكون قوة الدفع الأمامية مساوية لمقاومة الهواء، إذاً، عند أقصى سرعة،  $500 = 0.2v^2$

الخطوة ٢: إعادة ترتيب المعادلة يعطى:

$$v^2 = \frac{500}{0.2} \\ = 2500 m^2 s^{-2}$$

$$v = \sqrt{2500}$$

$$v = 50 m s^{-1}$$

لذلك فإن السرعة القصوى للسيارة تساوى ( $50 m s^{-1}$ ). (وهذه السرعة تكافىء  $180 km h^{-1}$ ).

٣. تسير سيارة كتلتها (500 kg) على طريق مستوٍ، فإذا علمت أن القوة الأمامية بين إطارات السيارة والطريق تساوى (300 N) ومقاومة الهواء (200 N) كما في الشكل ٤-٣، فاحسب مقدار تسارع السيارة.

الخطوة ١: ابدأ برسم مخطط للسيارة، مبيّناً عليه القوتين المذكورتين في السؤال، ثم احسب القوة المحصلة على السيارة، باعتبار القوة إلى اليمين موجبة.

$$\vec{F} = 300 - 200 = 100 N$$

الخطوة ٢: الآن استخدم المعادلة  $\vec{F} = m \vec{a}$  لحساب تسارع السيارة:

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m} \\ = \frac{100}{500} \\ a = 0.20 m s^{-2}$$

إذاً تسارع السيارة يساوى ( $0.20 m s^{-2}$ ).



الشكل ٤-٣ القوى المؤثرة على حركة سيارة متتسارعة.

٧. يقفز مظليون من طائرة بفواصل زمني بسيط لا يتعدى بضع ثوانٍ، فإذا رغب اثنان منهم التشابك معًا عند هبوطهما فإنه يتوجب على الثاني اللحاق بالأول.

أ. إذا كان أحد المظليين أثقل من الآخر، فأيّ منهما يجب أن يقفز أولاً؟ استخدم فكرة القوى والسرعة المتجهة الحدية لشرح إجابتك.

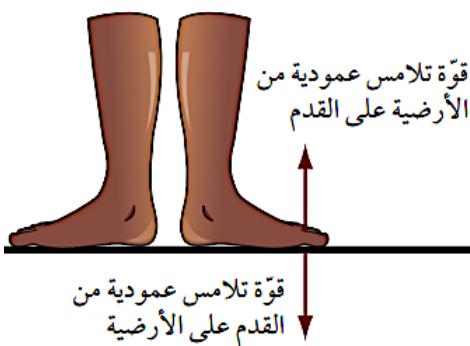
ب. إذا كان كلا المظليين متساوين في الكتلة، فاقتصر ما يجب أن يفعله الثاني لللحاق بالأول.

٥. إذا أسقطت حجراً كبيراً وحجراً صغيراً من قمة مبنى مرتفع، فأيّ منها سيصل إلى الأرض أولاً؟ وضح إجابتك.

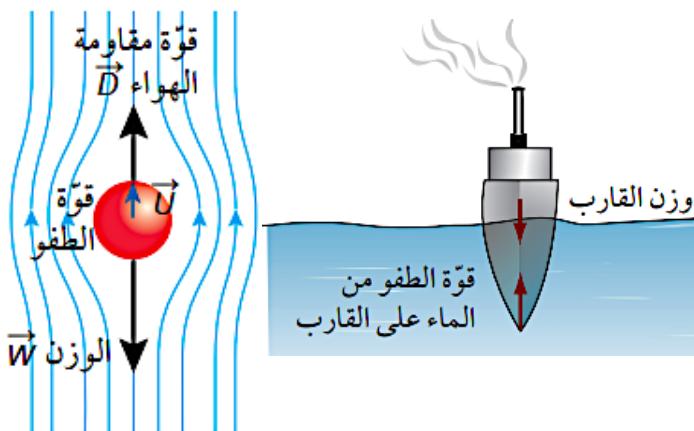
٦. يزيد متزلجون، في سباق التزلج على منحدر، أن يتحركوا بأسرع ما يمكن، لذلك يبحثون دائمًا عن الوسائل التي تزيد سرعاتهم القصوى. اشرح كيف يمكن أن يفعلوا ذلك. فكر في:

- أ. زلاجاتهم.
- ب. ملابسهم.
- ج. عضلاتهم.
- د. ميل المنحدر.

## ٤-٥ قوى التلامس العمودية والطفو



- عندما يلمس أحد الجسمين الآخر، فإن كلاً منها يؤثر بقوة على الآخر. وهذه القوة تسمى **قوة التلامس العمودية**.
- وهذا ما يعبر عنه قانون نيوتن الثالث للحركة.
- سبب **قوة التلامس العمودية**: عندما يضغط أحد الجسمين على الآخر، تتقابض ذراته من بعضها، وبالتالي تتدفع القوى الذرية الداخلية في الاتجاه المعاكس.



- عندما يغمر جسم في مائع، فإنه يواجه قوة إلى أعلى تسمى **قوة الطفو**.
- وتنشأ هذه القوة من حركة الجزيئات التي تصطدم بالجسم، حيث يكون محصلة القوى لكل هذه التصادمات متوجهة لأعلى.
- **قوة الطفو في الهواء صغيرة لأن كثافته منخفضة.**

٩ ارسم مخططاً لتبيّن القوى المؤثرة على سيارة وهي تتحرك على طول طريق مستوي بأقصى سرعة لها.

١٠ تخيل رمي كرة الريشة في الهواء رأسياً إلى الأعلى، حيث تكون مقاومة الهواء أكثر أهمية لكرة الريشة مما هي لكرة التنس. تعمل مقاومة الهواء دائمًا بالاتجاه المعاكس للسرعة المتجهة للجسم.

ارسم مخططين تبيّن فيهما القوتين (الوزن ومقاومة الهواء) اللتين تؤثران على كرة الريشة في الحالتين الآتیتين:

- أ. عندما تتحرك إلى الأعلى.
- ب. عندما تسقط إلى الأسفل.

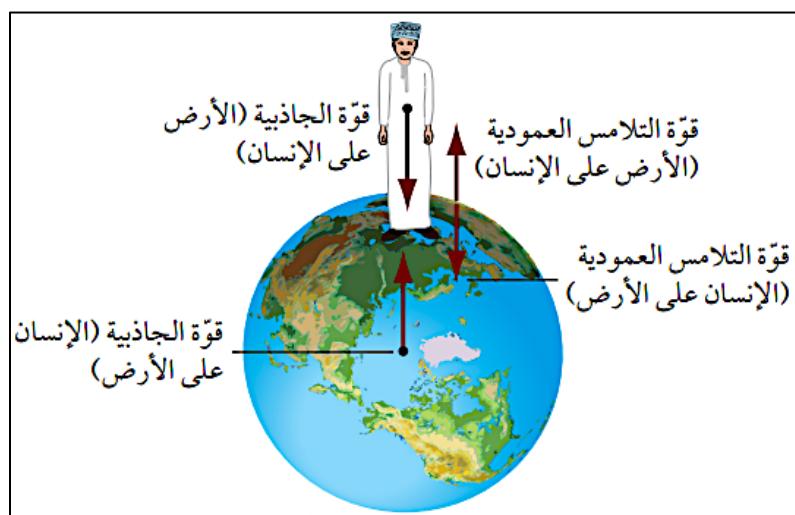
٨ سُمّ هذه القوى:

- أ. دفع الماء للجسم المغمور فيه إلى أعلى.
- ب. القوة التي تجعل سطحيين يتآكلان أثناء تحرك أحدهما فوق الآخر.
- ج. القوة التي أدت إلى سقوط التفاحة من الشجرة بالقرب من إسحق نيوتن.
- د. القوة التي تمنعك من اختراق الأرضية.
- هـ. القوة التي تحافظ على بقاء التفاحة معلقة بساك.
- و. القوة التي تجعل الجري في المياه الضحلة صعباً.

## ٤- قانون نيوتن الثالث للحركة

عندما يتأثر جسمان أحدهما بالآخر، فإن القوى التي يؤثر بها كل منها على الآخر تكون متساوية في المقدار ومتعاكسة في الاتجاه.

- من الخطأ أن نسمي هاتين القوتين بالفعل ورد الفعل، لأنهما تظهران في الوقت نفسه. ولا نستطيع القول أن إحداهما تسبب الأخرى.
- القوتان اللتان تثنلان زوج قانون نيوتن الثالث يجب أن يتحقق كل منها الشروط التالية جميعها:
  1. تؤثران في جسمين مختلفين
  2. متساويتان في المقدار.
  3. متعاكستان.
  4. من النوع نفسه.



- من النوع نفسه معناها أن يكون كلاهما عبارة عن قوة جاذبية، أو كهربائية، أو تلامس عمودية، أو شد، أو غيرها.
- لذا من الخطأ أن نظن أن قانون نيوتن الثالث ينطبق على قوة الجاذبية وقوة التلامس العمودية لأنها ليستا من النوع نفسه كما أنها تؤثران على نفس الجسم (انظر الشكل).

- ب. اصطدمت سيارة بجدار من الطوب فتوقفت.  
ج. تبطئ السيارة باستخدام المكابح.  
د. ترمي كرة في الهواء.

ص ١١ صُف إحدى قوّتي «زوج قانون نيوتن الثالث» من القوتين المتضمنتين في المواقف الآتية، وفي كل حالة اذكر الجسم الذي تؤثر عليه كل قوة ونوع القوة واتجاهها:  
أ. تدوس على إصبع قدم شخص ما.

## ٤- الوحدات الأساسية والنيوتن

- النيوتن الواحد: هو القوة التي تعطي كتلة مقدارها  $kg$  تسارعاً مقداره  $m s^{-2}$  باتجاهها.
- من ( $F = ma$ ) يمكننا استنتاج أن:  $N = kg m s^{-2}$

### الوحدات الدولية و المعادلات المتتجانسة

المعادلة المتتجانسة: هي التي تحتوي على الوحدات الأساسية نفسها في كل طرف من طرفيها.

#### مثال

ال الأساسية نفسها لجميع الكميات الموجودة في الطرف الأيمن.

الخطوة ١: الوحدة الأساسية للزمن الدوري ( $T$ ) هي الثانية  $s$ . أي أن الوحدة الأساسية للطرف الأيسر من المعادلة هي مربع الثانية  $s^2$ .

٥. يعطى زمن تأرجح واحد كامل ( $T$ ) لpendulum بالمعادلة  $\frac{1}{T} = 4\pi^2 \frac{l}{g}$  حيث ( $l$ ) هو طول خيط البندول و ( $g$ ) هو تسارع الجاذبية الأرضية. بين أن هذه المعادلة متتجانسة.

لكي تكون المعادلة متتجانسة، يجب أن يكون للكمية الموجودة في الطرف الأيسر للمعادلة الوحدات

#### تابع

وبما أن الوحدات الأساسية في الطرف الأيسر من المعادلة هي نفسها الموجودة في الطرف الأيمن، لذا فإن المعادلة متتجانسة.

الخطوة ٢: الوحدة الأساسية لطول البندول ( $l$ ) هي  $m$ . والوحدات الأساسية لتسارع الجاذبية ( $g$ ) هي  $m s^{-2}$ . لذلك، فإن الوحدة الأساسية للطرف الأيمن هي  $s^2 = \frac{m}{m s^{-2}}$ . (لاحظ أن الثابت  $4\pi^2$  ليس له وحدات).

(١٢) استخدم الوحدات الأساسية لإثبات أن المعادلات الآتية

متتجانسة:

أ. الضغط = الكثافة × تسارع الجاذبية × العمق

ب. المسافة المقطوعة ( $s$ ) = السرعة الابتدائية ( $u$ ) ×

الزمن ( $t$ ) +  $\frac{1}{2}$  التسارع ( $a$ ) × مربع الزمن ( $t^2$ )

$$(s = ut + \frac{1}{2} at^2)$$

(١٢) حدد الوحدات الأساسية لكل من:

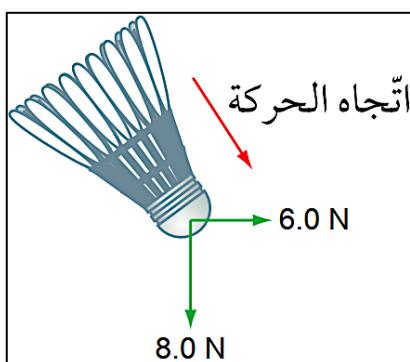
أ. الضغط =  $\frac{\text{القوة}}{\text{المساحة}}$

ب. الطاقة =  $\frac{\text{القدرة}}{\text{المسافة}}$

ج. الكثافة =  $\frac{\text{الكتلة}}{\text{الحجم}}$

## ٤-٤ جمع القوى

- درست في الوحدة الثانية كيفية جمع الكميات المتجهة (حسابياً وبيانياً) في ثلاث حالات:
  1. إذا كان المتجهان في نفس الاتجاه،
  2. إذا كان المتجهان متعاكسين،
  3. إذا كان المتجهان متعامدين.
- وتذكر أن جمع متوجهين بيانياً يتم عن طريق وضع ذيل الثاني عند رأس الأول (رأساً لذيل) ثم رسم محصلتهما بسهم يبدأ عند ذيل الأول وينتهي عند رأس الثاني.
- وجع القوى يتم بنفس الطريقة في هذه الحالات الثلاثة.

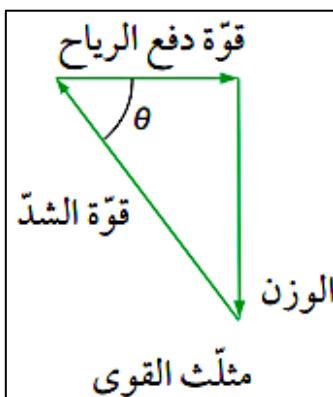


مثال: الشكل المقابل يوضح كرة ريشة تسقط تحت تأثير قوة الجاذبية وفي نفس الوقت تدفعها الريح باتجاه اليمين. جد محصلة القوتين المؤثرين على هذه الكرة (حسابياً وبيانياً).

الحل البياني	الحل الحسابي
<p>في الجمع البياني:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- اذْكُر مقياس الرسم. مثلا (<math>1 \text{ cm} = 1 \text{ N}</math>).</li> <li>- ارسم مخططاً كبيراً لكي تقلل قيمة عدم اليقين.</li> </ul>	<p>لأن القوتين متعامدين :</p> <p>نوجد المحصلة باستخدام نظرية فيثاغورس:</p> $F = \sqrt{6^2 + 8^2} = 10 \text{ N}$ <p>والاتجاه كما يلي:</p> $\theta = \tan^{-1} \left( \frac{8}{6} \right) \approx 53^\circ$ <p>جنوب الشرق</p>

### مثال به ثلاث قوى

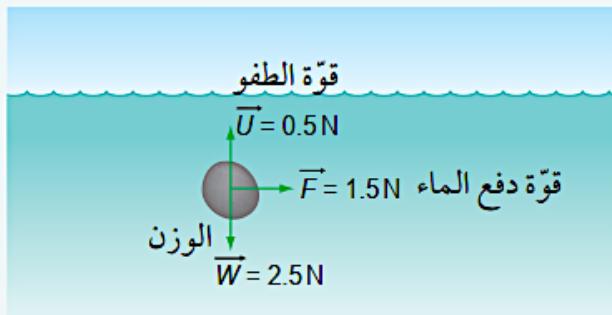
عنكبوت معلق بخيط وتدفعه الرياح باتجاه اليمين. استخدم مقادير واتجاهات القوى المؤثرة عليه كما بالشكل المقابل لكي تثبت أن هذا العنكبوت في حالة اتزان.



- تلميح: حالة الاتزان هي الحالة التي تكون فيها محاصلة القوة المؤثرة على جسم متساوية للصفر. هذا يعني أنه إما أن يكون ساكناً أو متراكماً بسرعة ثابتة في خط مستقيم.
- في المثال المذكور، سيكون العنكبوت في حالة اتزان إذا كان مجموع القوى المؤثرة عليه صفراء.
- يعني أنه إذا رتبنا تلك المتجهات الثلاثة رأساً بذيل فستكون نقطة النهاية هي نفسها نقطة البداية (أي سنحصل على مثلث مغلق).
- وهذا يتضح من الشكل المقابل

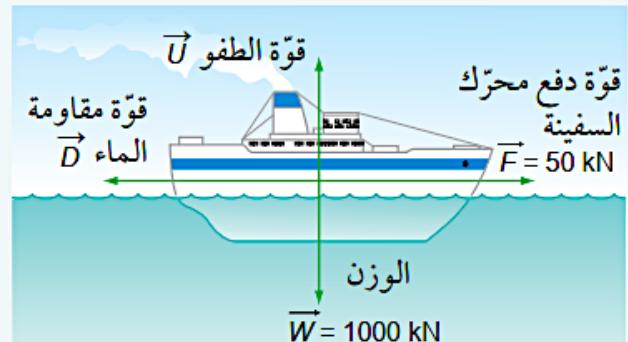
١٥ يسقط حجر في مجرى مائي سريع الجريان، ولكنه لا يسقط رأسياً بسبب الدفع الجانبي للماء عليه (الشكل ٩-٤).  
أ. احسب القوة المحصلة المؤثرة على الحجر.

ب. هل الحجر في حالة اتزان؟

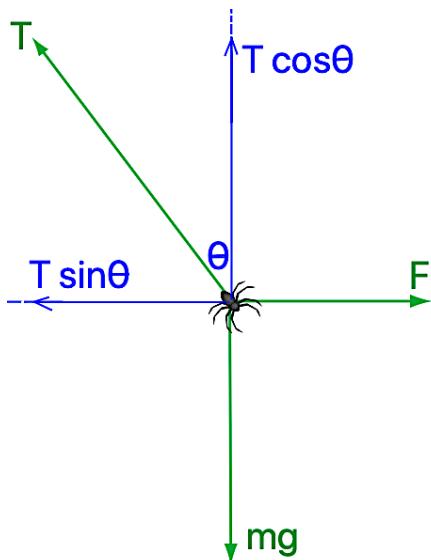


١٤ تُبحر السفينة المبينة في الشكل ٩-٤ بسرعة متجهة ثابتة.  
أ. هل السفينة في حالة اتزان (بمعنى آخر، هل القوة المحصلة على السفينة تساوي صفر؟)؟ وكيف عرفت ذلك؟

- ب. ما مقدار قوة الطفو ( $\vec{U}$ ) للماء؟
- ج. ما مقدار قوة مقاومة الماء ( $\vec{D}$ )؟



## ٤-٩ مركبات المتجهات



عرفنا كيف ثبت بيانيا أن العنكبوت في الشكل المقابل في حالة اتزان الآن سنعرف كيف أن ثبت حسابيا أن هذا العنكبوت في حالة اتزان.

1. نحلل المتجه المائل ( $\vec{T}$ ) إلى مركبتيه الأفقية والرأسية.

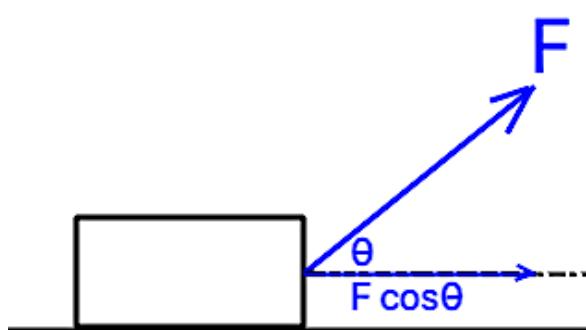
2. بفرض أن لدينا قيمًا معطاه لكل من ( $F$ ,  $T$ ,  $m$ ,  $\theta$ )

$$- \text{ ثبت أن } F = T \sin \theta$$

$$- \text{ وأن } mg = T \cos \theta$$

الفكرة في ذلك هو أنه طالما أن العنكبوت في حالة اتزان فإن هذا يعني أن محصلة القوى في الاتجاه الأفقي تساوي صفر وكذلك محصلة القوى في الاتجاه الرأسي تساوي الصفر.

### الاستفادة من المركبات

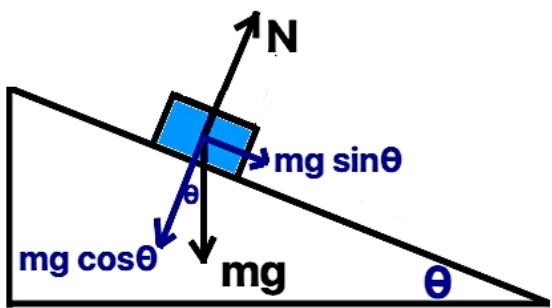


الصندوق في الشكل المقابل يتحرك أفقياً إلى اليمين على أرضية ملساء.

بفرض أن لدينا مقدار القوة ( $F$ ) والزاوية ( $\theta$ ) وكتلة الصندوق ( $m$ ) يمكننا حساب تسارع هذا الصندوق كما يلي:

$$a = \frac{F \cos \theta}{m}$$

الفكرة في ذلك هو أن القوة والتسارع يجب أن يكونا في نفس الاتجاه، لذا فالقوة التي تسبب تسارع هذا الصندوق ليست هي ( $F$ ) وإنما هي مركبتها الأفقية (أي التي تعمل في نفس اتجاه تسارع الصندوق).



الصندوق في الشكل المقابل يتحرك إلى أسفل المنحدر الملمس. وهذا المنحدر يصنع زاوية ( $\theta$ ) مع الأفقي.

بفرض أن لدينا مقدار القوة ( $F$ ) والزاوية ( $\theta$ ) وكتلة الصندوق ( $m$ ) يمكننا حساب تسارع هذا الصندوق كما يلي:

$$a = \frac{mg \sin \theta}{m} = g \sin \theta$$

**الفكرة** في ذلك هو أن القوة والتسارع يجب أن يكونا في نفس الاتجاه، لذا فالقوة التي تسبب تسارع هذا الصندوق ليست هي وزنه ( $mg$ ) وإنما هي مركبته الموازية للمنحدر (أي التي تعمل في نفس اتجاه تسارع الصندوق)، لذا قمنا بتحليل وزن الصندوق إلى مركبتين، إحداهما موازية للمنحدر والأخرى عمودية عليه.

بعد تحليل وزن الصندوق إلى مركبتيه يمكننا استنتاج أن قوة التلامس العمودية ( $N$ ) تساوي:

$$N = mg \cos \theta$$

وإذا كان هذا الصندوق يتحرك بسرعة ثابتة وكان سطح المنحدر خشنًا فإن قوة الاحتكاك ( $F_r$ ) تساوي:

$$F_r = mg \sin \theta$$

كذلك إذا زاد ميل المنحدر (أي زاد مقدار  $\theta$ ) فإن القوة التي تسبب تسارع الصندوق ( $mg \sin \theta$ ) ستزداد وبالتالي يزداد مقدار تسارعه.

## حل أسئلة بطريقة تحليل القوى

عند جمع المتجهات غير المتعامدة نقوم بتحليل المتجهات المائلة إلى مركباتها الأفقيه والرأسية.

ثم نجد كلًا من محصلة القوى الأفقيه ومحصلة القوى الرأسية.

ثم نحسب مقدار محصلة القوى باستخدام نظرية فيثاغورس، واتجاهها باستخدام ( $\tan^{-1}$ ).

## مثال

قوة الاحتكاك إلى أعلى المنحدر:  $F = 120 \text{ N}$   
قوة التلامس العمودية ( $\vec{N}$ ) بزاوية  $90^\circ$  مع المنحدر.

الخطوة ٢: نحاول أن نجد القوة المحصلة المؤثرة على عبدالله التي تجعله يتسارع إلى أسفل المنحدر. نحلل القوى إلى أسفل المنحدر، أي نجد المركبات في هذا الاتجاه.

$$\begin{aligned} \text{مركبة } (\vec{F}) \text{ الموازية إلى أسفل المنحدر:} \\ &= 392 \times \sin 30^\circ \\ &= 196 \text{ N} \end{aligned}$$

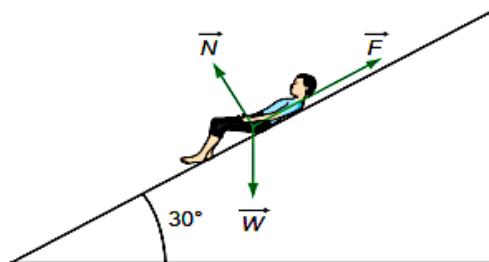
$$\begin{aligned} \text{مركبة } (\vec{F}) \text{ الموازية إلى أسفل المنحدر:} \\ F = -120 \text{ N} \end{aligned}$$

(إشارة السالب، لأن  $(\vec{F})$  تتجه إلى أعلى المنحدر وهو عكس اتجاه الحركة).

$$\begin{aligned} \text{مركبة } (\vec{N}) \text{ الموازية إلى أسفل المنحدر:} \\ N = 0 \end{aligned}$$

(أنها تصنع زاوية  $90^\circ$  مع المنحدر).

٦. عبدالله كتلته ( $40 \text{ kg}$ )، يستلقي على منزلق مائي يميل بزاوية  $30^\circ$  مع المحور الأفقي، فإذا كان مقدار قوة الاحتكاك باتجاه أعلى المنحدر ( $120 \text{ N}$ ), فاحسب تسارع عبدالله إلى أسفل المنحدر. اعتبر أن تسارع السقوط الحر ( $\vec{g}$ ) يساوي ( $9.81 \text{ m s}^{-2}$ ).



الشكل ١٤-٤ مخطط القوى المؤثرة على عبدالله.

الخطوة ١: ارسم مخطط قوى الجسم الحر Free-body force diagram القوى التي تؤثر على الجسم (الشكل ٤). والقوى هي:

$$\begin{aligned} \text{وزن عبدالله:} \\ W = 40 \times 9.81 \\ = 392 \text{ N} \end{aligned}$$

## تابع

إذاً، فإن تسارع عبدالله إلى أسفل المنحدر يساوي ( $1.9 \text{ m s}^{-2}$ ). كان بإمكاننا التوصل إلى النتيجة نفسها عبر تحليل القوى رأسياً وأفقياً، ولكن هذا التحليل يؤدي إلى حل معادلين آتنيتين، علينا من خلالهما التخلص من القوة المجهولة ( $\vec{N}$ ), وغالباً ما يؤدي تحليل القوى المجهولة إلى مركبتين متامدتين (أي بينها زاوية  $90^\circ$ ) إلى حذف تأثير قوة غير معروفة.

الخطوة ٣: احسب مقدار القوة المحصلة ( $\vec{F}$ ) المؤثرة على عبدالله:

القوة المحصلة:

$$F = 196 - 120 = 76 \text{ N}$$

الخطوة ٤: احسب تسارع عبدالله:

$$\frac{\text{التسارع}}{\text{الكتلة}} = \frac{\text{القوة المحصلة}}{\text{الكتلة}}$$

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$$

$$= \frac{76}{40}$$

$$a = 1.9 \text{ m s}^{-2}$$

١٧) وُضعت سيارة لعبة كتلتها (0.6 kg) على حافة منحدر. يميل المنحدر إلى الأسفل بزاوية  $25^\circ$  مع الأفقي. إذا علمت أن تسارع السقوط الحرّ ( $9.81 \text{ m s}^{-2}$ ), فاحسب تسارع السيارة إلى أسفل المنحدر في الحالتين الآتيتين:  
أ. عندما لا يكون هناك احتكاك، والقوة الوحيدة التي تؤثر على حركة السيارة هي وزنها.

ب. إذا أثّرت قوة احتكاك مقدارها (1.2 N) على السيارة باتجاه أعلى المنحدر.

١٦) ينزلق صندوق على منحدر. وزن الصندوق (500 N). ويصنع المنحدر زاوية ( $30^\circ$ ) مع الأفقي.

أ. ارسم مخطط قوى الجسم الحر لتوضيح القوى المؤثرة. ضمن المخطط أسهماً لتمثيل وزن الصندوق وقوة التلامس العمودية للمنحدر التي تؤثر على الصندوق.

ب. احسب مركبة الوزن الموازية لأسفل المنحدر.

ج. اشرح سبب عدم وجود مركبة لقوة تلامس المنحدر موازية لأسفل المنحدر.

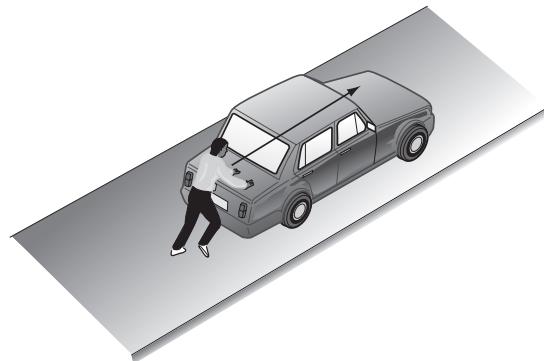
د. ما القوة الثالثة التي قد تعمل بعكس حركة الصندوق؟ وفي أي اتجاه يجب أن تؤثر؟

## &lt; الأنشطة &gt;

## نشاط ٤-١ تحديد القوى

يمكنك تحديد كيفية تحرك جسم ما من خلال معرفة جميع القوى المؤثرة عليه، لكن عليك أولاً أن تكون قادرًا على تحديد هذه القوى، وعلى تمثيلها في مخطط للقوى.

١. يوضح الرسم التخطيطي في الشكل ٤-١ رجلاً يدفع سيارة لتبدأ بالحركة:



الشكل ٤-١: للسؤال ١. رسم تخطيطي لرجل يدفع سيارة.

- أ. لرسم مخطط للقوى المؤثرة على السيارة، ارسم مستطيلًا يمثل السيارة.

أضف أسهماً لتمثيل كل من هذه القوى:

- قوة الدفع التي يؤثر بها الرجل.
- وزن السيارة.

- قوة التلامس العمودية على السيارة واتجاهها إلى الأعلى، والتي تؤثر بها الطريق على السيارة (على الرغم من وجود قوة تلامس عمودية على كل عجلة، فإنه يمكنك تمثيلها بقوة واحدة إلى الأعلى).

## مصطلحات علمية

**قوة التلامس العمودية**:  
Normal contact force  
القوة التي تصنع زاوية قائمة مع السطح عندما يكون جسمان (سطحان) على تلامس.

### مصطلحات علمية

#### القوة المقاومة : Resistive force

قوة تعمل في الاتجاه المعاكس للحركة، وتنتج من الاحتكاك أو من بعض قوى المقاومة الأخرى.

ب. تخيل الآن أن السيارة تتحرك بسرعة ثابتة. يزود المحرك السيارة بقوة أمامية، وينتج من تحرك السيارة قوة مقاومة، تعمل في الاتجاه المعاكس لحركة السيارة وتنتج من مقاومة الهواء. ارسم مخطط قوى مرة أخرى لتمثيل تلك القوى.

ج. السيارة تؤثر بقوة على الطريق إلى الأسفل. اشرح سبب عدم تضمين قوة الضغط هذه في مخطط القوى.

.....  
.....

٢. يوضح الرسم التخطيطي متزلجاً يتحرك بسرعة على منحدر.



الشكل ٤-٢: للسؤال ٢. رسم تخطيطي لمتزلج يترنح على منحدر.

أ. انسخ الرسم التخطيطي وارسم مستطيلاً ليمثل المتزلج، ثم أضفأسهماً لتمثيل القوى المؤثرة على المتزلج:

- وزنه: تذكر أن الوزن يعمل بشكل رأسي إلى الأسفل.

• قوة التلامس العمودية الناتجة من منحدر التزلج: تذكر أن قوى التلامس العمودية تعمل بزاوية قائمة مع سطح التلامس.

### مصطلحات علمية

#### الاحتكاك : Friction

قوّة مقاومة تحصل عندما يكون سطحان متلامسان ويسهل أحدهما إلى الانزلاق فوق الآخر.

- مقاومة الهواء والاحتكاك مع المنحدر (يمكن تمثيلهما بسهم واحد) تذكر أن هاتين القوتين المقاومتين تعملان في الاتجاه المعاكس لحركة الجسم.

ب. تخيل الآن أن المتزلج وصل إلى مستوى سطح الأرض. ارسم مخططاً آخر لإظهار القوى المؤثرة عليه.

### مصطلحات علمية

#### قوّة الطفو : Upthrust

قوّة تُتجه إلى الأعلى تؤثر على الجسم المغمور في السائل أو الغاز وتحدث بسبب فرق الضغط في الغاز أو السائل على سطحي الجسم المغمور.

٣. عندما تتحرّك سمكة في الماء، تؤثّر عليها أربع قوى: وزنها.

• قوّة طفو (دفع) الماء.

• قوّة الدفع الأمامية الناتجة من حركة جسم السمكة وزعانفها.

• مقاومة الماء.

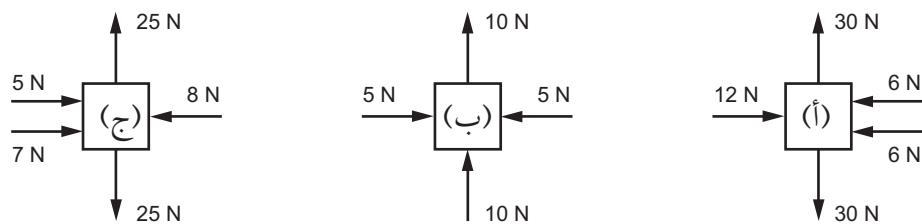
أ. ارسم مستطيلاً لتمثيل السمكة، وأضفأسهماً لتمثيل كلّ من هذه القوى المؤثرة على السمكة وهي تتحرّك أفقياً في الماء.

ب. تغفر بعض الأسماك من الماء لتجنب الأسماك المفترسة. فـ**في** القوى المؤثرة على السمكة وهي تحرّك أفقياً في الهواء، ثم ارسم مخططاً آخر للسمكة في هذه الحال (مقاومة الهواء مهملة).

## نشاط ٤-٤ كيف تؤثر القوى على الحركة

إذا كانت القوى المؤثرة على جسم ما غير متّزنة، فسوف يتتسارع الجسم، وإلا فإنه يبقى في حالة سكون، أو يتحرّك بسرعة ثابتة. يمنحك هذا التمرين تدريباً على تحديد القوة المحصلة المؤثرة على جسم ما، وعلى معرفة التسارع الناتج.

١. تمثل هذه المخططات القوى المؤثرة على ثلاثة أجسام (أ) و (ب) و (ج):



الشكل ٤-٣: للسؤال ١. مخططات القوى لثلاثة أجسام.

أ. حدد القوة المحصلة المؤثرة على كل جسم من الأجسام الثلاثة. أي من هذه الأجسام تؤثر عليه قوى متّزنة؟

### مصطلحات علمية

**القوة المحصلة**

: Resultant force

القوّة المفردة التي لها التأثير نفسه لمجموع كل القوى المؤثرة على جسم ما.

ب. ارسم مخططاً للجسمين المتبقّيين، ثم أضف سهماً يمثل القوة المحصلة إلى كلّ منهما.

ج. صِف كيف سيتحرّك كل من هذين الجسمين نتيجة لقوى المؤثرة عليه.

.....  
.....  
.....

### نشاط ٤-٣ القوّة والكتلة والتسارع

ترتبط القوّة والكتلة والتسارع بالمعادلة  $\vec{F} = m\vec{a}$ . في هذه المعادلة، تمثل ( $\vec{F}$ ) القوّة المحصلة المؤثرة على جسم ما كتلته  $m$ . يتيح لك هذا النشاط التدرب على استخدام تلك المعادلة، وعلى إعادة ترتيبها واستخدام الوحدات الأساسية.

١. تسارع شاحنة كتلتها (40 000 kg)، بمقدار ( $1.20 \text{ m s}^{-2}$ ). احسب محصلة القوى المؤثرة على الشاحنة، ثم اكتب إجابتك بوحدة الكيلونيوتن (kN).

.....  
.....  
.....

٢. يخضع مظلّي كتلته (95 kg)، لقوّة رأسية إلى الأعلى مقدارها (1200 N) ناتجة عن مظلّته (تسارع الجاذبية الأرضية  $g = 9.81 \text{ ms}^{-2}$ ).

أ. احسب وزن المظلّي.

.....  
.....  
.....

#### مهم

معرفة اتجاهات القوى  
يساعدك في رسم  
مخطط قوى الجسم  
الحرّ.

ب. احسب القوة المحصلة المؤثرة عليه وحدّد اتجاهها.

.....  
.....  
.....

ج. احسب تسارعه وحدّد اتجاه هذا التسارع.

.....  
.....  
.....

٣. تحرّك سيارة كتلتها (680 kg)، بسرعة ( $12 \text{ m s}^{-1}$ ). وعندما يضغط السائق بقوة على دوّاسة الوقود، تتحقق قوّة دفع إلى الأمام مقدارها (N 510)، تعمل لمدة (20 s). احسب:

أ. سرعة السيارة في نهاية هذه الفترة الزمنية.

.....  
.....  
.....

ب. المسافة التي قطعتها السيارة خلال هذه الفترة.

.....  
.....  
.....

٤. التقاط رائد فضاء على سطح القمر حصاة صغيرة، ثم أجرى تجربتين بسيطتين لتحديد كتلتها.

أ. أسقط الحصاة من ارتفاع (2.0 m) ووجد أن وصولها إلى سطح القمر استغرق (1.6 s). استخدم هذه النتيجة لتقدير تسارع الجاذبية على سطح القمر.

.....  
.....  
.....

ب. علق الحصاة بميزان زنبركي ووُجِدَ أن وزنها (N=3.9). استخدم إجابتك في الجزئية (أ) لتقدير كتلة الحصاة.

.....  
.....  
.....

٥. أ. اكتب وحدات القياس للكميات الآتية بدلالة الوحدات الأساسية للنظام الدولي للوحدات (SI):

السرعة: ..... السرعة المتجهة: .....

التسارع: ..... القوة: .....

طاقة الحركة: ..... ( $KE = \frac{1}{2} mv^2$ )

ب. يكتب محمود المعادلة  $\frac{m}{F} = a$ . بيّن أن هذه المعادلة غير صحيحة لأنها ليست معادلة متجانسة (أي أنها تحتوي على وحدات أساسية مختلفة في طرفيها).

.....  
.....  
.....

ج. صنف الوحدات الآتية إلى وحدات أساسية ووحدات مشتقة:

(باسكال، كيلوغرام، ثانية، نيوتن، كلفن،  $m s^{-1}$ )

.....  
.....  
.....

### مصطلحات علمية

المعادلة المتجانسة

:Homogeneous equation

المعادلة المتجانسة هي التي تحتوي على الوحدات الأساسية نفسها في كل طرف من طرفيها.

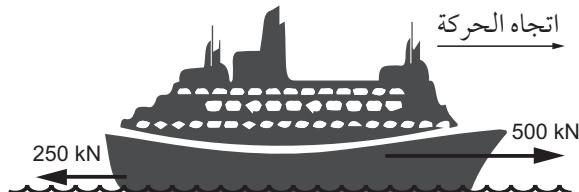
## نشاط ٤-٤ السرعة المتجهة الحدية

### مصطلحات علمية

**قوة مقاومة المائع**: قوة تقاوم حركة الجسم خلال مائعاً.

عندما يتحرك جسم عبر مائع ما، مثل الهواء أو الماء، فإنه يتعرض لـ**قوة مقاومة المائع**. تدور الأسئلة الآتية حول كيفية تأثير هذه القوة على حركة جسم ما.

١. يوضح الشكل ٤-٤ سفينة تتحرك على سطح الماء:



الشكل ٤-٤: للسؤال ١. رسم تخطيطي لسفينة تؤثر عليها قوة دفع وقوة مقاومة الماء.

تؤثر قوتان أفقيتان على السفينة: قوة الدفع إلى الأمام بفعل محركاتها، وقوة مقاومة الماء إلى الخلف.

- أ. احسب محصلة القوى المؤثرة على السفينة (تذكرة أن تحدد كلاً من المقدار والاتجاه).
- .....  
.....  
.....

- ب. تبلغ كتلة السفينة (200 طن). احسب تسارعها ( $1 \text{ طن} = 10^3 \text{ kg}$ ).
- .....  
.....  
.....

### مصطلحات علمية

#### السرعة المتجهة الحدية

**Terminal velocity**: السرعة المتجهة القصوى التي يصل إليها جسم ما يتحرك في مائع ما (كالهواء أو الماء) تحت تأثير قوة دافعة إلى الأمام وقوة مقاومة الماء إلى الخلف حيث محصلة القوتين تساوي صفرًا.

ج. تزداد قوة مقاومة الماء على السفينة كلما تحركت بشكل أسرع؛ وفي النهاية تصبح السرعة المتجهة للسفينة ثابتة المقدار والاتجاه.

- إذا وصلت السفينة إلى السرعة المتجهة الحدية، فاذكر مقدار تسارع السفينة في هذه المرحلة.
- .....  
.....  
.....

٢. ماذا يمكنك أن تقول عن القوتين الأفقيتين المؤثرتين على السفينة؟

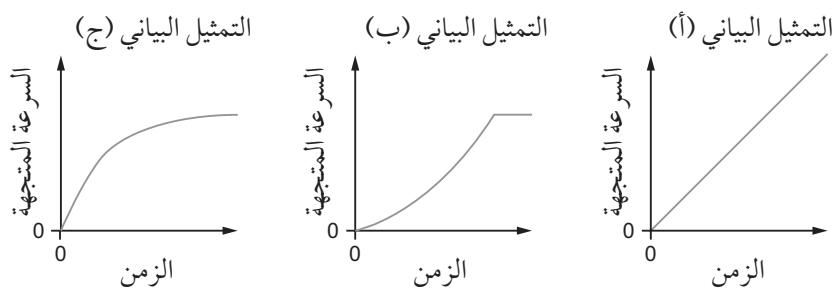
.....  
.....  
.....

٣. اقترح طريقتين يمكن من خلالهما زيادة السرعة المتجهة الحدية للسفينة.

.....  
.....  
.....

٤. بعد أن غادرت السفينة الميناء، تم ضبط محركاتها لتقديم أقصى قوة دفع ثابتة.

١. انظر إلى هذه التمثيلات البيانية:

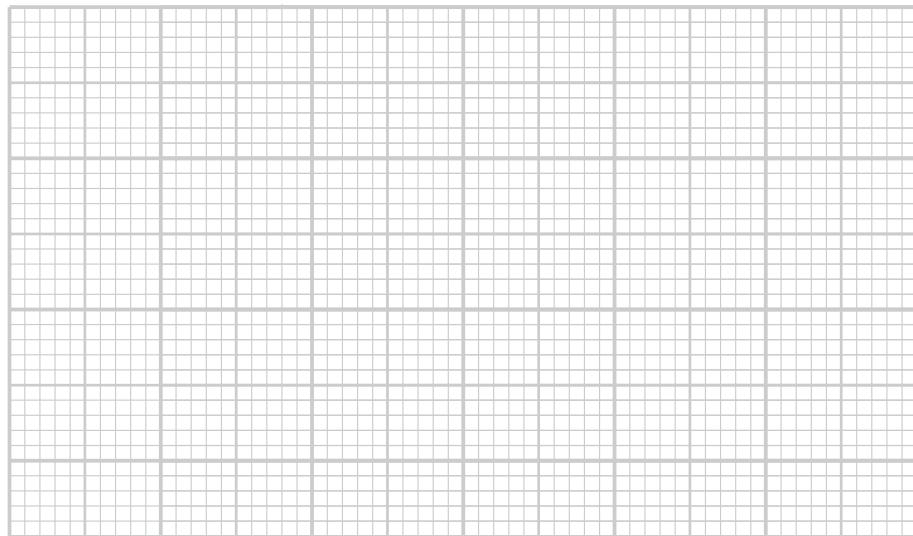


الشكل ٤-٥: ثلاثة تمثيلات بيانية (السرعة المتجهة-الزمن).

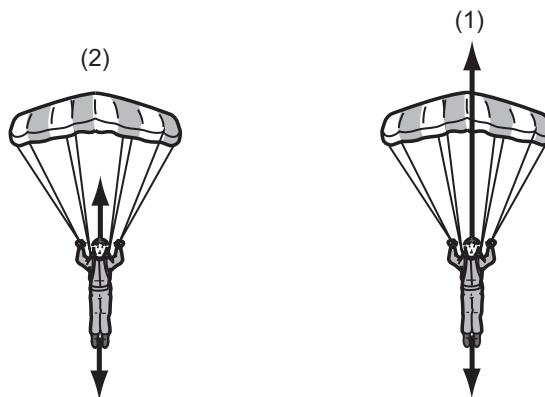
٢. أيٌ من التمثيلات البيانية يمثل طريقة تغير سرعة السفينة؟ فسر اختيارك، استناداً إلى ميل منحنى التمثيلات البيانية.

.....  
.....  
.....

هـ. ارسم تمثيلاً بيانيًّا للطريقة التي يتغير فيها تسارع السفينة بدلالة الزمن حتى تصل سرعتها إلى السرعة المتجهة الحديّة.



٢. يوضح الشكل ٤-٤ قوَّتين مؤثِّرتين على مظلّي وهو يُسقط في مواقعين مختلفتين في مساره نحو سطح الأرض. تمثِّل أطوال الأسهُم المقادير النسبية لقوىَّتين.



الشكل ٤-٦: للسؤال ٢. رسمان تخطيطيَّان للقوى المؤثرة على المظلّي.

أـ. اذْكُر اسْمَ كُلَّ قوَّةٍ مِّنَ القوَّتينِ المؤثِّرتينِ الممثَّلتينِ بِالأسْهُمِ عَلَىِ المظلّيِّ.

.....

بـ. أيِّ من الرسمَيْن التخطيطيَّيْن يمثِّلُ القوى المؤثِّرة على المظلّي بعد فتح المظلة مباشرة، ويكون فيه المظلّي في حالة تباطؤ؟ اشْرُح إجابتَك.

.....

.....

.....

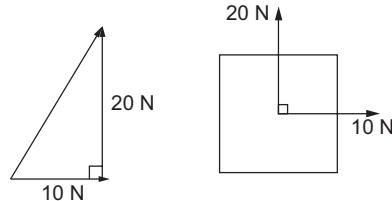
- ج. أي من الرسمتين التخطيطيتين يمثل القوى المؤثرة على المظلّي عندما يهبط بسرعة بطيئة وثابتة؟ اشرح إجابتك.
- .....  
.....  
.....

- د. يسقط مظلّي بحرّية في الهواء قبل أن يفتح مظلّته. في هذه الحالة، اشرح سبب تباطئه عندما تفتح مظلّته.
- .....  
.....  
.....

#### نشاط ٤-٤ جمع القوى

يتضمن هذا النشاط أمثلة تحتاج فيها إلى جمع المتجهات لإيجاد محصلة القوى.

١. يوضح هذا الرسم التخطيطي جسماً تحت تأثير قوّتين متعامدين، وتعمل القوّتان بزاوية  $90^\circ$  بينهما.



الشكل ٤-٧: للسؤال ١. رسم تخطيطي لقوّتين متعامدين مؤثّرتين على جسم ما.

يوضح الرسم أيضًا مثلث المتجهات الذي نستخدمه لجمع هاتين القوّتين.

- أ. حدد على المثلث في الشكل ٤-٧ الضلع الذي يمثل محصلة القوّتين المؤثّرتين على الجسم.

ب. احسب مقدار محصلة القوّتين.

.....  
.....  
.....

ج. استخدم علم المثلثات لحساب الزاوية التي تصنعها المحصلة مع الاتجاه الأفقي.

.....  
.....  
.....

٢. لنفترض أن حجراً يسقط في الهواء تحت تأثير قوّتين:

- وزن هذا الحجر في حالة سقوطه رأسياً (N<sub>15</sub>).
- مقدار قوّة الريح التي تؤثّر أفقياً على الحجر (N<sub>3</sub>).

أ. ارسم مخطط قوى الجسم الحر للحجر، موضحاً القوّتين المؤثّرتين عليه.

ب. ارسم مثلث المتجهات بحيث يمكنك تحديد محصلة القوّتين.

ج. سيكون للقوى في المثلث الذي رسمته الاتجاهات نفسها الموجودة في مخطط قوى الجسم الحر، ولكن سيمّ رسمها بحيث تكون القوّة الأولى متصلة بالقوّة الثانية. استخدم نظرية فيثاغورث لتحديد مقدار محصلة القوّتين المؤثّرتين على الحجر.

.....  
.....  
.....

د. استخدم علم المثلثات لحساب زاوية محصلة القوّتين بالنسبة إلى الاتجاه الأفقي.

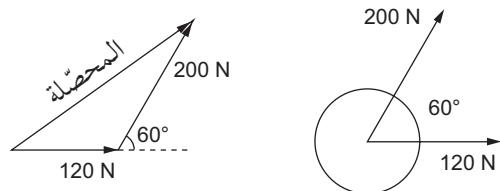
.....  
.....  
.....

### مهم

إذا صادفت زاوية  $90^\circ$  (زاوية قائمة) بين متجهين في سؤال ما، فيمكنك استخدام نظرية فيثاغورث لإيجاد المحصلة.



٣. يوضح الرسم التخطيطي في الشكل ٤-٤ جسماً تحت تأثير قوتين غير متعامدين.



الشكل ٤-٤: للسؤال ٣. رسم تخطيطي لجسم تحت تأثير قوتين غير متعامدين، ورسم آخر لمثلث القوى.

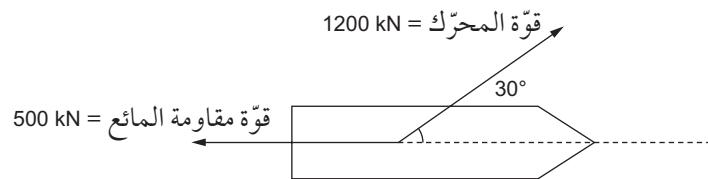
ويوضح الرسم أيضاً مثلث المتجهات الذي سنستخدمه لجمع هاتين القوتين. لاحظ أن السهرين اللذين يمثلان القوتين متصلان، بحيث يكون رأس متجه القوة الأولى (120 N) متصلًا بذيل متجه القوة الثانية (200 N).

- أ. ارسم مخططاً للمثلث وفق المقاييس: كل (1 cm) يعادل (20N)، بحيث تمثل القوة (200 N) بسهم طوله (10 cm).

- ب. قم بقياس طول ضلع المثلث الذي يمثل محصلة القوتين، ثم احسب مقدار محصلة القوتين.
- .....  
.....  
.....

- ج. قس الزاوية بين المحصلة والاتجاه الأفقي، واتكتب قيمتها.
- .....  
.....  
.....

٤. يوضّح مخطّط قوى الجسم الحر أدناه قوّتين مؤثّرتين على سفينة ما بحيث يتسبّب محركها في تغيير اتجاه تحرّكها:



الشكل ٤-٩: للسؤال ٤. رسم تخطيطي لقوّتين مؤثّرتين على سفينة ما.

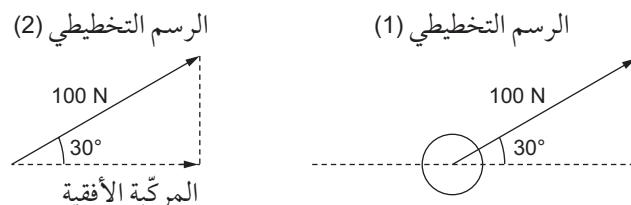
- أ. ارسم مثلثاً للقوّتين بحيث يمكنك تحديد محصلةهما على السفينة.

- ب. والآن، باتّباع الإجراء نفسه الوارد في السؤال ٣، ارسم مستخدماً مقاييساً مناسباً للرسم لاستنتاج مقدار محصلة القوّتين المؤثّرتين على السفينة واتجاهها. اختر مقاييساً لرسم مثلث كبير يغطي ما يقارب نصف الصفحة.

## نشاط ٤-١ تحليل القوى

يمكن تحليل قوّة واحدة إلى مركّبين بينهما زاوية قائمة.

١. انظر إلى الرسمين التخططيين في الشكل ٤ : ١٠-



الشكل ٤-١ : للسؤال ١ . رسم تخططي لقوّة بزاوية  $30^\circ$  مع الاتّجاه الأفقي، ورسم تخططي آخر يبيّن المركبة الأفقية.

يمثّل الرسم التخططي (1) قوّة مقدارها (100 N) وتصنع زاوية  $30^\circ$  مع الاتّجاه الأفقي. ويوضّح الرسم التخططي (2) كيفية إيجاد المركبة الأفقية لهذه القوّة، بحيث نرسم مثلثاً قائم الزاوية، يشكّل فيه متّجه القوّة وتر المثلث. ثم يتمّ تمثيل المركبة الأفقية بالضلع الأفقي للمثلث.

أ. استخدم علم المثلثات لحساب المركبة الأفقية لقوّة.

.....

ب. استخدم طريقة مماثلة لحساب المركبة الرأسية لقوّة (يمكنك رسم مثلث جديد أو استخدام المثلث نفسه).

.....

ج. تحقّق من إجابتك باستخدام نظرية فيثاغورث لإثبات أن محصلة المركّبين تساوي القوّة الأصلية (100 N).

.....

**مهم**

فكّر في الزاوية بين كل مركبة والقوة.

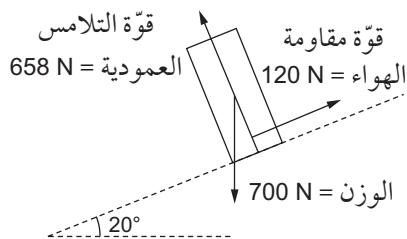
٢. تؤثّر قوّة مقدارها (250 N) بزاوية  $45^\circ$  مع الاتّجاه الأفقي.

أ. جد المركبّتين الأفقيّة والرأسيّة لهذه القوّة، موضحاً إجابتك بالرسم.

ب. اشرح سبب تساوي هاتين المركبّتين من حيث المقدار.

.....  
.....  
.....

٣. يمثّل الشكل ١١-٤ مخطّط القوى المؤثّرة على متزلّج يتحرّك على منحدر، حيث يتسارع المتزلّج نحو أسفل المنحدر.



الشكل ١١-٤: للسؤال ٣. القوى المؤثّرة على متزلّج يتحرّك إلى الأسفل على منحدر.

أ. احسب مركبة وزن المتزلّج على طول المنحدر.

.....  
.....  
.....

ب. احسب محصلة القوى المؤثّرة على المتزلّج باتّجاه أسفل المنحدر.

.....  
.....  
.....

ج. لماذا لا تؤثر قوّة التلامس العمودية الناتجة من المنحدر على تسارع المترجل؟  
اشرح إجابتك.

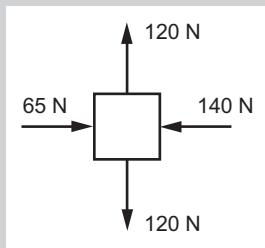
.....  
.....  
.....

د. بيّن أن مركبة وزن المترجل في اتجاه عمودي مع المنحدر تساوي قوّة التلامس العمودية.

.....  
.....  
.....

### أسئلة نهاية الوحدة

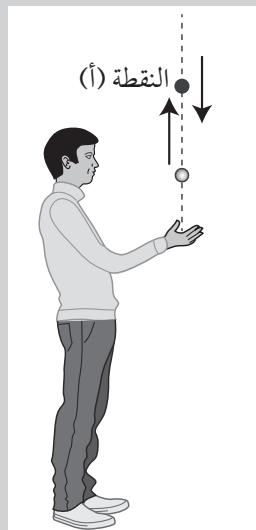
١. يوضح الرسم التخطيطي في الشكل ٤-١٥ القوى المؤثرة على جسم كتلته (20.0 kg). افترض أن الجسم كان في البداية في حالة سكون.



الشكل ٤-٤: مخطط للقوى المؤثرة على الجسم.

- احسب محصلة القوى المؤثرة على الجسم.
  - اذكر ما إذا كانت القوى المؤثرة على الجسم متّزنة أو غير متّزنة.
  - احسب تسارع الجسم.
  - احسب الإزاحة التي يقطعها الجسم في (10 s).
٢. وضع صندوق كتلته (12.0 kg) على أرضية مسطحة وخشنة.
- ارسم مخطط قوى الجسم الحر للصندوق موضحاً جميع القوى المؤثرة عليه.

- ب. احسب قيمة كل قوّة مؤثرة على الصندوق.
- تدفع فتاة الصندوق على الأرضية بقوّة مقدارها (35.0 N)، فينزلق في خط مستقيم وبسرعة ثابتة مقدارها ( $0.5 \text{ m s}^{-1}$ ).
- ج. هل القوى المؤثرة على الصندوق، في هذه الحال، متّزنة أم غير متّزنة؟ اشرح إجابتك (تسارع الجاذبية الأرضية =  $9.81 \text{ m s}^{-2}$ ).
٣. قُذفت كرة تنس الطاولة إلى الأعلى، فارتفعت في الهواء، ثم عادت إلى سطح الأرض، كما هو موضّح في الشكل ١٦-٤.



الشكل ١٦-٤: مسار كرة تنس الطاولة قُذفت إلى الأعلى.

تُعدّ مقاومة الهواء بالنسبة إلى كرة خفيفة الوزن كهذه قوّة مهمّة نسبيًا، بحيث تعمل هذه المقاومة في الاتّجاه المعاكس للسرعة المتّجهة للكرة، ويزداد مقدارها كلّما ازدادت سرعة الكرة.

أ. ارسم مخطّطاً للكرة عند النقطة (أ)، لتوضيح القوى المؤثرة عليها خلال تحركها إلى الأعلى.

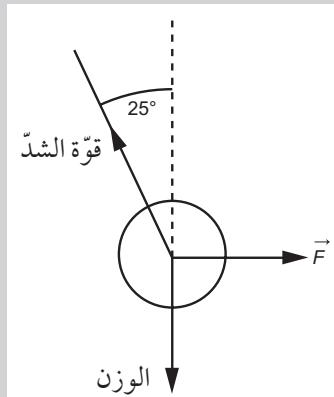
ب. اذكر اتّجاه تسارع الكرة الناتجة من هذه القوى عندما تتحرّك إلى الأعلى عند النقطة (أ).

ج. عندما تعود الكرة وتسقط إلى الأسفل، تمرّ مرّة أخرى عبر النقطة (أ). حدّد ما إذا كان تسارعها أكثر أو أقل، أو بقي على حاله كما كان عند النقطة (أ) أثناء تحركها إلى الأعلى، شارحاً إجابتك.

د. ما تسارع الكرة عندما تكون في أعلى نقطة لها؟ اشرح إجابتك.

تابع

٤. أ. ما وحدة قياس القوة في النظام الدولي للوحدات (SI)؟  
 ب. تُعطي المعادلة  $F = k\rho v^2$ ، مقدار القوّة المقاومة ( $F$ ) المؤثرة على كرة،  
 أثناء تحركها عبر مائع بسرعة ( $v$ )، حيث ( $k$ ) ثابت و ( $\rho$ ) كثافة المائع.  
 اشتق الوحدات الدوليّة للكثافة (التي تساوي  $\frac{\text{الكتلة}}{\text{الحجم}}$ ) والوحدة الدوليّة  
 لـ ( $k$ ).  
 ج. كرة وزنها (27 N) تسقط في الهواء بسرعة حدّية ( $30 \text{ ms}^{-1}$ ). باستخدام  
 المعادلة في الجزئية (ب)، جد مقدار القوّة المقاومة عندما تكون  
 السرعة الحديّة لكرة أخرى ( $10 \text{ ms}^{-1}$ ). عليك إيجاد قيمة حاصل  
 ضرب الثابت  $k$  بـ ( $\rho$ ).  
 د. السرعة ( $v$ ) لمواجات المحيط ذات الطول الموجي ( $\lambda$ ) تُعطى بالمعادلة  
 $v = (g\lambda)^n$ ، حيث ( $n$ ) ثابت و ( $g$ ) تسارع السقوط الحرّ. جد قيمة ( $n$ ).  
 ٥. يتكون بندول من كتلة كروية صغيرة في نهاية خيط مهمّل الكتلة كما في  
 الشكل ١٧-٤، الكتلة مستقرّة، ويتم التأثير عليها بالقوّة الأفقيّة ( $\vec{F}$ )، وزن  
 الكتلة (1.8 N).



الشكل ١٧-٤

- أ. تخضع الكتلة الكروية لثلاث قوى. حدّد ما إذا كانت الكتلة الكروية  
 الصغيرة في حالة اتزان، اشرح إجابتك.  
 ب. احسب المركبة الرأسية لقوى الشد في الخيط.  
 ج. احسب مقدار قوى الشد في الخيط.  
 د. جد قيمة القوّة ( $\vec{F}$ ).  
 هـ. يتم تحرير الكتلة بإزالة القوّة ( $\vec{F}$ ). ما محصلة القوى المؤثرة على  
 الكتلة في تلك اللحظة؟ (مقداراً واتجاهًا).

## ملخص

يتاسب التسارع ( $\vec{a}$ ) بالنسبة إلى جسم ذي كتلة ثابتة ( $m$ ) طردياً مع محصلة القوى ( $\vec{F}$ ) المؤثرة عليه. ترتبط محصلة القوى ( $\vec{F}$ ) والكتلة ( $m$ ) والتسارع ( $\vec{a}$ ) في المعادلة:

$$\text{محصلة القوى} = \text{الكتلة} \times \text{التسارع}$$

$$\vec{F} = m \vec{a}$$

وهذا شكل من أشكال قانون نيوتن الثاني للحركة.

يكون التسارع الناتج من قوة ما باتجاه القوة نفسها؛ وعندما يكون هناك قوتان أو أكثر، فإنه يجب علينا أن نحدد محصلة القوى.

وزن الجسم هو نتيجة جذب قوة الجاذبية الأرضية له:

$$\text{الوزن} = \text{الكتلة} \times \text{تسارع السقوط الحرّ}$$

$$\vec{W} = m \vec{g}$$

سيبقى الجسم في حالة سكون أو في حالة حركة منتظمة ما لم تؤثر عليه محصلة قوى لا تساوي صفرًا. هذا هو قانون نيوتن الأول للحركة.

يتم الوصول إلى السرعة المتجهة الحدية للجسم الساقط عندما تكون مقاومة المائع متساوية لوزن الجسم وبالاتجاه المعاكس.

عندما يتأثر جسمان أحدهما بالآخر، فإن القوى التي يؤثر بها كلّ منهما على الآخر تكون متساوية في المقدار ومتعاكسة في الاتجاه. وهذا هو قانون نيوتن الثالث للحركة.

كلما ازدادت كتلة جسم ما، ازدادت مقاومته للتغيرات في حركته. فالكتلة هي مقياس القصور الذاتي للجسم.

تكون المعادلات الفيزيائية متجانسة، وتتضمن الوحدات الأساسية نفسها في كل من طرفيها. الوحدات الأساسية الرئيسية هي  $m$  و  $s$  و  $A$  و  $K$  (الكلفن هو وحدة درجة الحرارة).

القوى هي كميات متجهة يمكن جمعها عبر مثبت المتجهات، كما يمكن تحديد المحصلة باستخدام علم المثلثات أو الرسم بمقاييس معين.

يمكن تحليل القوى إلى مركبات. ويمكن التطرق إلى المركبات المتعامدة بشكل مستقلّ بعضها عن بعض. (على سبيل المثال، القوة في الاتجاه الرأسي ليس لها تأثير على الحركة في الاتجاه الأفقي). إذا كانت القوة ( $\vec{F}$ ) تصنّع مع المحور السيني زاوية  $\theta$ ، تكون مركباتها كما يأتي:

$$\text{المركبة باتجاه المحور السيني (x): } F \cos \theta$$

$$\text{المركبة باتجاه المحور الصادي (y): } F \sin \theta$$

أسئلة نهاية الوحدة

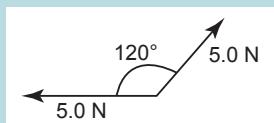
١ تُعطى المعادلة أدناه السرعة ( $v$ ) لموجة تنتقل عبر سلك.

$$v = \left(\frac{T}{m}\right)^n$$

حيث ( $T$ ) قوة الشد في السلك الذي كتلته ( $m$ ) وطوله ( $l$ ). ما قيمة ( $n$ ) التي تجعل المعادلة متجانسة؟

- |      |               |
|------|---------------|
| ب. ١ | $\frac{1}{2}$ |
| د. ٤ | ج. ٢          |

٢ يوضح الشكل ١٥-٤ قوتين مقدار كل منهما (5.0 N)، والزاوية بينهما ( $120^\circ$ ).



الشكل ١٥-٤

ما مقدار القوة المحسّلة لهاتين القوتين؟

- |          |          |
|----------|----------|
| ب. 5.0 N | أ. 1.7 N |
| د. 10 N  | ج. 8.5 N |

٣ كتلة مركبة فضائية (70 kg)، عندما تقلع من سطح القمر تكون قوة الدفع إلى الأعلى المؤثرة على المركبة بسبب المحركات (500 N). فإذا علمت أن تسارع السقوط الحر على سطح القمر هو ( $1.6 \text{ N kg}^{-1}$ ). جد:

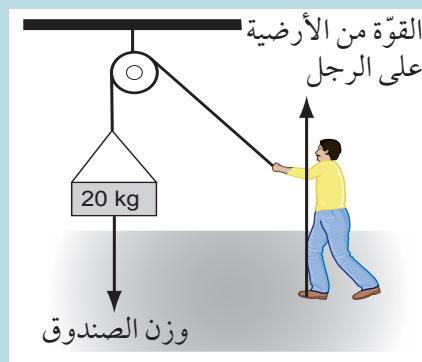
- أ. وزن المركبة الفضائية على سطح القمر.
- ب. محسّلة القوى المؤثرة على المركبة الفضائية.
- ج. تسارع المركبة الفضائية.

٤ أُسقطت كرة فلزية في أسطوانة طويلة مملوءة بالزيت. فتسارعت الكرة في البداية، ولكنها سرعان ما وصلت إلى السرعة المتّجهة الحديّة.

أ. اشرح سبب تسارعها أولاً، ثم وصولها إلى السرعة المتّجهة الحديّة، آخذًا في الاعتبار القوى المؤثرة على الكرة الفلزية.

ب. كيف تعرف أن الكرة الفلزية وصلت إلى السرعة المتّجهة الحديّة. اذكر سبيباً واحداً للأخطاء العشوائية في قراءاتك.

٥ يُبيّن الشكل ١٦-٤ رجلاً يشد صندوقاً فيُثبتُه على ارتفاع معين. وتظهر في الشكل اثنتين من القوى المؤثرة على الصندوق. ووفقًا لقانون نيوتن الثالث، تفترن كل قوة من هذه القوى بقوة أخرى.

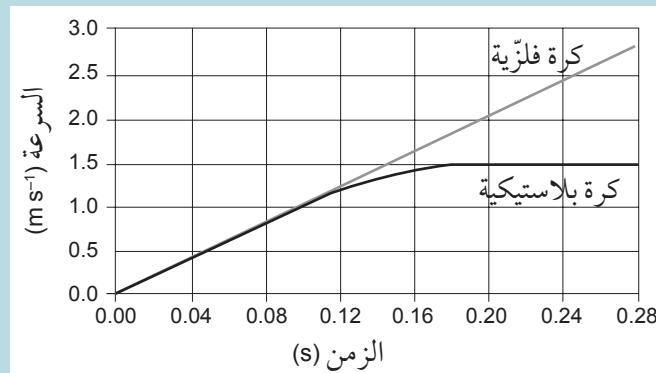


الشكل ٤٦-٤ رجل يشد صندوقاً فيثبّته.

لكلٌ من (أ) وزن الصندوق، و (ب) القوة من الأرضية على الرجل، اذكر:

١. الجسم الذي تؤثّر عليه القوة الأخرى لكلٌ منها.
٢. اتجاه القوة الأخرى للكلٌ منها.
٣. نوع القوة المتضمنة.

٦ يوضح الشكل ٤٧-٤ منحنى التمثيل البياني (السرعة-الزمن) لكرتَين ساقطتين في الهواء:



الشكل ٤٧-٤

- أ. ما مقدار السرعة المتجهة الحديّة للكرة البلاستيكية؟
- ب. الكُرتان بحجم واحد وشكل واحد، لكن للكرة الفلزية كتلة أكبر. اشرح بدلاله قوانين نيوتن للحركة والقوى المؤثّرة، سبب وصول الكرة البلاستيكية إلى سرعة متّجهة ثابتة؛ في حين أن الكرة الفلزية لا تصل إلى سرعة متّجهة ثابتة.
- ج. اشرح السبب في أن لكلٌ من الكُرتين التسارع الابتدائي نفسه.

٧ تتسارع سيارة كتلتها (1200 kg)، من السكون إلى سرعة ( $8.0 \text{ m s}^{-1}$ ) في زمن قدره (2.0 s).

- أ. احسب قوة الدفع الأمامية المؤثّرة على السيارة أثناء تسارعها. افترض أن جميع قوى الاحتكاك عند السرعات المنخفضة تكون مهملة.

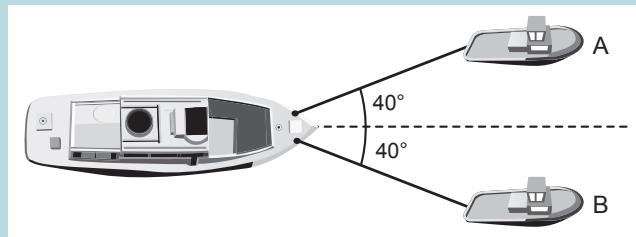
- ب. في السرعات العالية تُعطى قوة المقاومة ( $\vec{F}$ ) الناتجة من الهواء والمؤثرة على جسم يتحرّك بسرعة متجهة ( $\vec{v}$ ) بالمعادلة:  $F = bv^2$ , حيث  $b$  مقدار ثابت.
١. اشتق الوحدات الأساسية لقوة في النظام الدولي للوحدات (SI).
  ٢. جد الوحدات الأساسية لـ  $b$  في النظام الدولي للوحدات (SI).
  ٣. تستمر السيارة بقوة الدفع الأمامية والتسارع نفسيهما، حتى تصل إلى سرعة قصوى مقدارها  $(50 \text{ m s}^{-1})$ . عند هذه السرعة تُعطى قوة المقاومة بالمعادلة:  $(F = bv^2)$ . جد قيمة  $b$  للسيارة.
  ٤. استخدم قيمة  $b$  التي حسبتها في الجزئية (٣) وقوة الدفع التي حسبتها في الجزئية (أ) لحساب تسارع السيارة عندما تكون السرعة  $(30 \text{ m s}^{-1})$ .

### أفعال إجرائية

**رسم Sketch:**  
أنشئ رسمًا بسيطًا يوضح الميزات الرئيسية.

٥. ارسم تمثيلًا بيانيًّا يبيّن كيف تختلف قيمة ( $F$ ) مع ( $v$ ) في المدى (من ٠ إلى  $50 \text{ m s}^{-1}$ ). استخدم التمثيل البياني الذي رسمته لوصف ما يحدث لتسارع السيارة أثناء هذه المدة الزمنية.

- يقوم زورقان صغيران A و B بسحب سفينتين بسرعة ثابتة، كما هو مبيّن في الشكل ١٨-٤. (لا يُنتج محرك السفينة أيّة قوة).

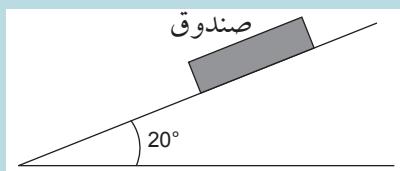


الشكل ١٨-٤

قوة الشد في كل حبل بين كل من A و B والسفينة تساوي (4000 N).

- أ. ارسم مُخطّط قوى الجسم الحر لتبيّن القوى الأفقية الثلاث المؤثرة على السفينة.  
ب. ارسم مخطّط المتجهات بمقاييس رسم لتبيّن القوى الثلاث هذه، واستخدم المُخطّط الذي رسمته لإيجاد قيمة قوة مقاومة الماء على السفينة.

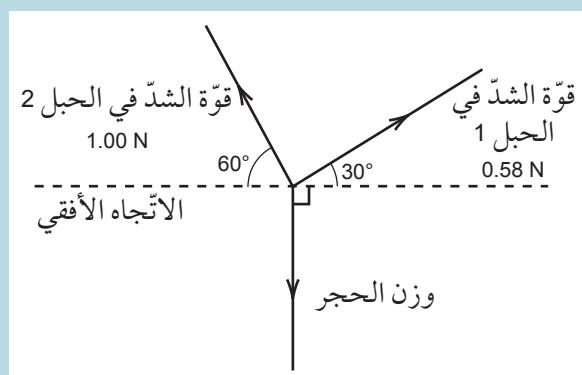
- صناديق كتلتها (1.5 kg), في حالة سكون على سطح خشن يميل مع الاتّجاه الأفقي بزاوية ( $20^\circ$ ) كما هو مبيّن في الشكل أدناه.



الشكل ١٩-٤

- ارسم مُخْطَّط قوى الجسم الحر لتبين القوى الثلاث المؤثرة على الصندوق.
- احسب مركبة الوزن الموازية للسطح المائل.
- استخدم إجابتكم في الجزئية (ب) لتحديد قوة الاحتكاك التي تؤثر على الصندوق.
- إذا قمت بقياس زاوية السطح فعلياً ووجدت أنها  $(19^\circ)$  ثم  $(21^\circ)$ ، فحدد قيمة عدم اليقين المطلقة لهذه الزاوية، وقيمة عدم اليقين الذي ينتُج من عدم اليقين هذا في قيمة الجزئية (ب).
- جد قوة التلامس العمودية بين الصندوق والسطح المائل.

**١٠** يُبيّن مُخْطَّط قوى الجسم الحر في الشكل ٢٠-٤ ثلاث قوى تؤثر على حجر معلق بحبلين في حالة اتزان.



الشكل ٢٠-٤

- احسب المركبة الأفقيّة لقوة الشد في كلّ حبل، اذكر سبب تساوي هاتين المركباتين في المقدار.
- احسب المركبة الرأسية لقوة الشد في كلّ حبل.
- استخدم إجابتكم في الجزئية (ب) لحساب وزن الحجر.
- ارسم مُخْطَّط المتجهات للقوى المؤثرة على الحجر. (يجب أن يكون هذا المُخْطَّط مثلث قوى).
- استخدم المُخْطَّط في الجزئية (د) لحساب وزن الحجر.

### قائمة تقييم ذاتي

بعد دراسة الوحدة، أكمل الجدول الآتي:

مستعد للمضي قدما	متمكن إلى حد ما	أحتاج إلىبذل المزيد من الجهد	أراجع الموضوع	أستطيع أن
			١-٤	أذكر أنه بالنسبة إلى جسم ذي كتلة ثابتة، يتاسب تسارعه طردياً مع محصلة القوى المؤثرة عليه، وأستخدم العلاقة الرياضية في حل المسائل.
			٢-٤ ، ٣-٤	أحدد القوى المؤثرة على جسم ما في مواقف مختلفة.
			٣-٤	أعرف الكتلة بأنها خاصية الجسم التي تقاوم التغير في حركته.
			٦-٤ ، ٣-٤	أذكر نص قانوني نيوتن الأول والثالث للحركة وأستخدمهما في تطبيقات مختلفة.
			٧-٤	استخدم الوحدات الأساسية للتحقق من تجانس طرفي معادلة ما.
			٨-٤	أجمع القوى باستخدام مثلث المتجهات.
			٨-٤	أحلل القوى إلى مركبات متعامدة.

## إجابات كتاب الطالب

### إجابات أسئلة موضوعات الوحدة

٧. أ. المظلّي الأخف وزناً: لأنّه سيكون لديه سرعة حدّية أقل.

ب. عليه أن يوجّه رأسه إلى الأسفل عند القفز، ويسحب ذراعيه وساقيه إلى الخلف للحصول على شكل انسيابي لتقليل مقاومة الهواء.

٨. أ. قوة الطفو

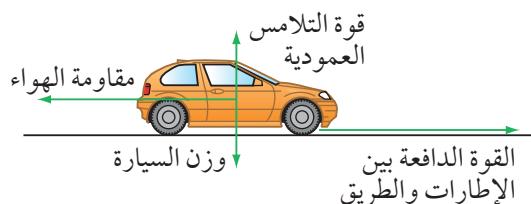
ب. قوة الاحتكاك

ج. الوزن (قوة الجاذبية)

د. قوة التلامس العمودية (رد فعل عمودي على سطح التلامس)

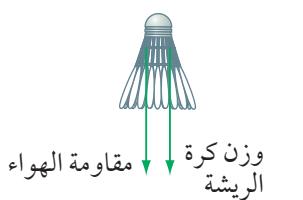
هـ. قوة الشدّ

و. قوة مقاومة الماء

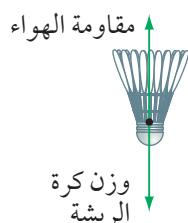


٩.

١٠. أ. متوجهة إلى الأعلى



ب. متوجهة إلى الأسفل



١١. أ. قوة من إصبع القدم التي تطأها إلى الأعلى على قدمك وقوة إلى الأسفل على إصبع القدم التي تطأها. كلا القوتين هما قوتا تلامس عمودية (ردود فعل رأسية).

### إجابات أسئلة موضوعات الوحدة

١. التسارع:

$$a = \frac{F}{m} = \frac{200000}{5000} = 40 \text{ m s}^{-2}$$

٢. التسارع:

$$a = \frac{F}{m} = \frac{200}{(60 + 40)} = 2.0 \text{ m s}^{-2}$$

السرعة الابتدائية للدراجة صفر، لذا فإن السرعة

النهائية ٧:

$$v = u + at$$

$$v = at = 0 + 2.0 \times 5.0 = 10 \text{ m s}^{-1}$$

٣.

كلما ازدادت كتلة السيارة، ازدادت القوة اللازمة لإبطائتها للوصول إلى سرعه بطئه. بالنسبة إلى السيارات الكبيرة، يكون الأمر أسهل على السائق إذا كان المحرك يوفر بعض القوة اللازمة لفرملة السيارة.

٤.

بسبب القصور الذاتي، يستمرّ جسم السائق في التحرك إلى الأمام، على الرغم من توقف السيارة، وبالتالي، يوفر حزام الأمان القوة اللازمة للتغلب على هذا القصور الذاتي.

٥.

الحجر الكبير. وزنه أكبر بحيث يصل إلى سرعة أكبر قبل أن يتساوى مقدار مقاومة الهواء مع وزن الحجر، هذا يعني أنه سيستغرق زمناً أقل ليقطع المسافة نفسها إلى الأرض.

٦.

أ. بتشحيم الزلاجات لتقليل الاحتكاك.  
ب. بارتداء ملابس ضيقة وناعمة، ويرتدون أيضاً الخوذات الانسيابية لتخفييف مقاومة الهواء.

ج. بناء عضلات قوية لتوفير قوة دفع كبيرة إلى الأمام.

د. بزيادة ميل المنحدر، يصبح تأثير الجاذبية أكبر.

نظرًا لأن الوحدات الأساسية هي نفسها في الطرفين، فإن المعادلة متجانسة.

**ب.** الوحدة الأساسية لـ ( $\text{السرعة} \times \text{الزمن}$ ):

$$(m \text{ s}^{-1}) \times (s) = m$$

الوحدة الأساسية لـ  $at^2$ :

$$(m \text{ s}^{-2}) \times (s^2) = m$$

نظرًا لأن كلا طرفي المعادلة لهما الوحدة الأساسية  $m$  نفسها، وهي الوحدة الأساسية للمسافة، فإن المعادلة متجانسة.

**١٤. أ.** نعم، السفينة في حالة اتزان، لأنها تتحرك بسرعة متوجهة ثابتة (لا تتسارع، لذا لا يوجد محصلة قوى تؤثر عليها).

**ب.** قوة الطفو  $U$  تساوي وزن السفينة وبالاتجاه المعاكس، بما أن السفينة تطفو، لذلك مقدار قوة الطفو:

$$U = 1000 \text{ kN}$$

**ج.** بما أن السرعة ثابتة، فنحن نعلم أن قوة مقاومة الماء تساوي قوة دفع محرك السفينة وبالاتجاه المعاكس، لذا مقدار قوة مقاومة الماء:

$$D = 50 \text{ kN}$$

**١٥. أ.** المركبة الرئيسية لقوى المحصلة = الوزن - قوة الطفو:

$$2.0 \text{ N} - 0.5 \text{ N} = 1.5 \text{ N}$$

المركبة الأفقية لقوى المحصلة =  $1.5 \text{ N}$

بالناتي، يتم الحصول على المقدار  $R$  لقوى المحصلة من:

$$R^2 = (2.0)^2 + (1.5)^2 = 6.25$$

لذلك،

$$R = 2.5 \text{ N}$$

**ب.** قوة إلى الخلف على السيارة وقوة إلى الأمام على الجدار. كلا القوتين هما قوتا تلامس (ردود فعل أفقية).

**ج.** قوة إلى الخلف على السيارة وقوة إلى الأمام على الطريق. كلتا القوتين هما قوتا احتكاك (قوتان أفقيتان).

**د.** قوة إلى الأعلى على الكرة وقوة إلى الأسفل على يدك. كلا القوتين هما قوتا تلامس عمودية (ردود فعل رأسية).

**١٢. أ.** الضغط =  $\frac{\text{القوة}}{\text{المساحة}}$

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

والقوة = الكتلة  $\times$  التسارع

$$F = ma$$

لذلك فإن الضغط  $P = \frac{ma}{A}$  له الوحدات الأساسية:

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

**ب.** الطاقة = القوة  $\times$  المسافة،

$$E = Fs$$

لذلك الطاقة لها الوحدات الأساسية:

$$\text{kg m}^2 \text{s}^{-2}$$

**ج.** الكثافة =  $\frac{\text{الكتلة}}{\text{الحجم}}$

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

لذلك فإن الكثافة لها الوحدات الأساسية:

$$\text{kg m}^{-3}$$

**١٣. أ.** وحدة الضغط الأساسية =  $\text{kg m}^{-1} \text{s}^{-2}$

الوحدات الأساسية لـ: الكثافة  $\times$  تسارع

الجاذبية الأرضية  $\times$  العمق

$$P = \rho gh$$

$$(\text{kg m}^{-3}) \times (\text{m s}^{-2}) \times (\text{m}) = \text{kg m}^{-1} \text{s}^{-2}$$

**ب.** القوة المحصلة = القوة إلى الأعلى - القوة

إلى الأسفل:

$$F = 500 - 112 = 388 \text{ N}$$

(إلى الأعلى)

**ج.** التسارع =  $\frac{\text{القوة المحصلة}}{\text{الكتلة}}$

$$a = \frac{F}{m}$$

$$= \frac{388}{70} = 5.54 \text{ m s}^{-2}$$

- ٤.** أ. في البداية، القوة الوحيدة المؤثرة على الكرة هي الوزن، ولكن كلما ازدادت سرعتها، ازدادت قوة مقاومة المائع.

عندما يساوي مقدار قوة مقاومة المائع الوزن، يكون التسارع صفرًا والسرعة ثابتة.

**ب.** نضع ربطات مطاطية حول أسطوانة الزيت،

حيث يكون تباعد المسافة الرأسية بين الربطات متساوياً على طول الأسطوانة.

ثم نقوم بقياس زمن مرور الكرة بين الربطات. عندما تصل الكرة إلى سرعتها المتجهة الحدية، سيكون الزمن المستغرق بين الربطات المتتالية ثابتاً.

تشغيل ساعة الإيقاف وإيقافها بشكل مبكر أو متأخر يتسببان في حدوث خطأ عشوائي.

**٥.** الجسم (أ)

١. الأرض

٢. إلى الأعلى

٣. قوة الجاذبية (الصندوق على الأرض)

**الجسم (ب)**

١. الأرض أو الأرضية تحت قدمي الرجل

٢. إلى الأسفل

٣. قوة التلامس العمودية

**٦.**  $1.5 \text{ m s}^{-1}$

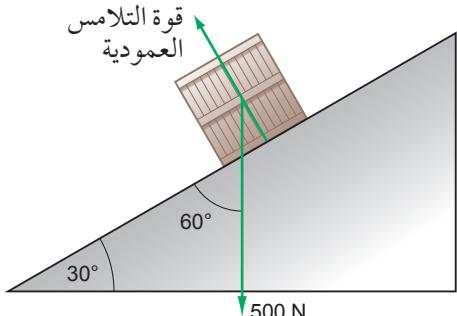
الزاوية:

$$= \tan^{-1} \frac{1.5}{2.0} = 37^\circ$$

إلى اليمين مع الاتجاه الرأسي (شرق الجنوب).

**ب.** كلا، لأن هناك قوة محصلة تؤثر عليه.

**١٦. أ.**



**ب.** مركبة الوزن موازية لأسفل المنحدر:

$$= 500 \sin 30^\circ = 250 \text{ N}$$

**ج.** إن قوة التلامس العمودية للمنحدر هي رد فعل عمودي على المنحدر، لذا فهي تعمل بزاوية  $90^\circ$  مع المنحدر.

**د.** قوة الاحتكاك: موازية للمنحدر وباتجاه إلى أعلى المنحدر.

**١٧. أ.** مركبة التسارع موازية للمنحدر:

$$= 9.81 \times \sin 25^\circ = 4.1 \text{ m s}^{-2}$$

**ب.** محصلة القوى باتجاه أسفل المنحدر:

$$F = (0.6 \times 9.81 \times \sin 25^\circ) - 1.2 = 1.29 \text{ N}$$

التسارع:

$$a = \frac{1.29}{0.6} = 2.15 \text{ m s}^{-2}$$

أو  $2.2 \text{ m s}^{-2}$  (مع رقمين معنويين)

### إجابات أسئلة نهاية الوحدة

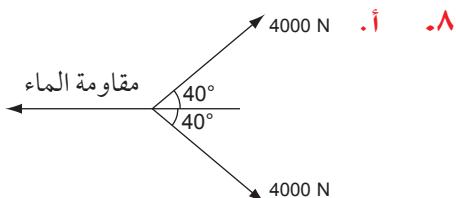
**١. أ**

**ب**

**٣. أ.** الوزن = الكتلة × التسارع

$$W = mg$$

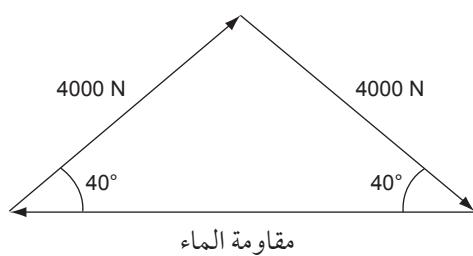
$$W = 70 \times 1.6 = 112 \text{ N}$$



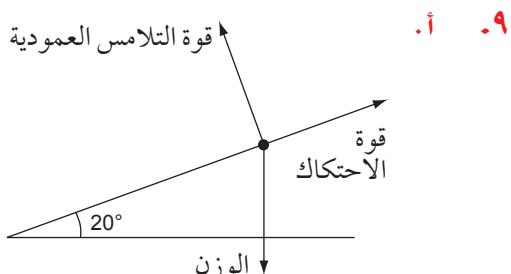
ب. وضع مخطط مع مقياس رسم مناسب، قوة

$$\text{مقاومة الماء للسفينة} = 6130 \text{ N}$$

تقاس بمسطرة من مقياس المخطط.



(القيام أيضًا بعملية حسابية مع مركبات القوى. مثال: مقاومة الماء =  $2 \times$  المركبة الأفقيّة للشد =  $2 \times 4000 \cos 40^\circ = 6130 \text{ N}$ )



ب. مركبة الوزن الموازية للسطح المائل:

$$W \cos 70^\circ$$

$$W \sin 20^\circ$$

$$= 1.5 \times 9.81 \times \cos 70^\circ = 5.03 \text{ N} = 5.0 \text{ N}$$

مع رقمين معنويين

ج. تتنزن قوة الاحتكاك مع مركبة الوزن الموازية

للسطح المائل (حيث تكون قوة التلامس عمودية على السطح المائل، وبالتالي ليس لها تأثير في الاتجاه الموازي للسطح المائل).

إذًا، قوة الاحتكاك =  $5.03 \text{ N}$  باتجاه أعلى السطح المائل =  $5.0 \text{ N}$  مع رقمين معنويين.

ب. بما أن مقاومة الهواء تزداد بزيادة سرعة الكرة، لذلك يتم الوصول إلى السرعة الحرجة عندما تصبح قوة مقاومة الهواء متساوية لوزن الكرة وباتجاه الأعلى.

كما نلاحظ أن مقاومة الهواء أقل من وزن الكورة الفلزية حتى عند سرعة ما بين  $3.0 \text{ m s}^{-1}$  و  $1.5 \text{ m s}^{-1}$

ج. التسارع الابتدائي هو التسارع الناتج من قوة الجاذبية والذي يساوي  $9.81 \text{ m s}^{-2}$ ، ففي البداية، لا تخضع كلتا الكرتتين لتأثير مقاومة الهواء؛ لأن مقدار سرعتهما يكون صغيرًا نسبيًا.

٧. أ.

$$F = ma = 1200 \times \frac{8}{2}$$

$$F = 4800 \text{ N}$$

ب. ١.

$$\text{kg m s}^{-2}$$

$$\text{kg m}^{-1}$$

$$4800 = b \times 50^2$$

$$b = 1.92 \text{ N s}^2 \text{ m}^{-2} \text{ أو } b = 1.92 \text{ kg m}^{-2}$$

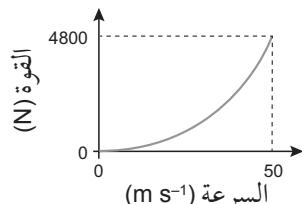
٤. قوة مقاومة الهواء:

$$= 1.92 \times 30^2 = 1728 \text{ N}$$

$$a = \frac{(4800 - 1728)}{1200} = 2.6 \text{ m s}^{-2}$$

٥. ارسم تمثيلًا بيانيًّا يوضح أن ميل منحنى القوة  $F$  بدلالة السرعة  $v$  يزداد في المدى من ٠ إلى

$$50 \text{ m s}^{-1}$$



إذ تزداد قوة مقاومة الهواء مع السرعة، لذلك تتحفظ القوة المحصلة وكذلك التسارع.

**ب.** المركبة الرأسية لقوة الشد في الحبل 1 = قوة

$$\text{الشد} \times \cos 60^\circ$$

$$0.58 \times \cos 60^\circ = 0.29 \text{ N}$$

(إلى الأعلى)

المركبة الرأسية لقوة الشد في الحبل 2 = قوة

$$\text{الشد} \times \cos 30^\circ$$

$$1.0 \times \cos 30^\circ = 0.87 \text{ N}$$

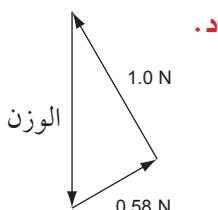
(إلى الأعلى)

**ج.** يتوازن وزن الحجر مع المركبتين الرأسيتين

إلى الأعلى لقوتي شد الحبلين:

$$= 0.87 + 0.29 = 1.16 \text{ N} = 1.2 \text{ N}$$

مع رقمين معنويين



**ه.** باستخدام نظرية فيثاغورث، الوزن:

$$W = \sqrt{(1.02 + 0.58)^2} = 1.16 \text{ N}$$

$$W = 1.16 \text{ N} = 1.2 \text{ N}$$

مع رقمين معنويين

**د.** قيمة عدم اليقين في الزاوية  $\pm 1^\circ$

أصغر قيمة وأكبر قيمة لقوة الاحتكاك هما

$$1.5 \times 9.81 \times \sin 19^\circ = 4.79 \text{ N}$$

$$1.5 \times 9.81 \times \sin 21^\circ = 5.27 \text{ N}$$

لذلك، قيمة عدم اليقين هي:

$$\frac{(5.27 - 4.79)}{2} = 0.24 \text{ N}$$

أو  $\pm 0.2 \text{ N}$

**ه.** تعمل قوة التلامس العمودية على موازنة

مركبة الوزن العمودية ( $90^\circ$ ) على السطح

المائل.

لذلك، قوة التلامس العمودية = الوزن  $\times \cos 20^\circ$

$$= 1.5 \times 9.8 \cos 20^\circ = 13.8 \text{ N} = 14 \text{ N}$$

مع رقمين معنويين

**أ.** المركبة الأفقيّة لقوة الشد في الحبل 1 = قوة

$$\text{الشد} \times \cos 30^\circ$$

$$0.58 \times \cos 30^\circ = 0.50 \text{ N}$$

(إلى اليمين)

المركبة الأفقيّة لقوة الشد في الحبل 2 = قوة

$$\text{الشد} \times \cos 60^\circ$$

$$1.0 \times \cos 60^\circ = 0.50 \text{ N}$$

(إلى اليسار)

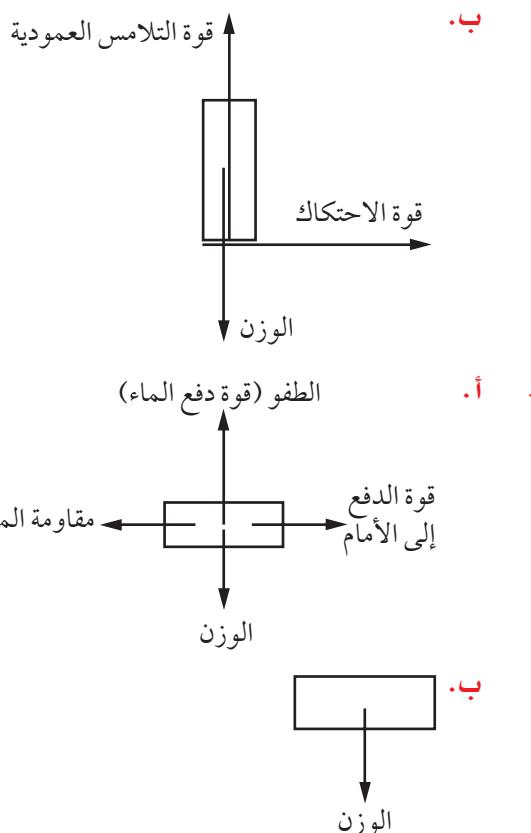
تلغى هاتان المركبتان إدراهما الأخرى،

حيث لا توجد قوة محسنة أفقية.

## إجابات كتاب التجارب العملية والأنشطة

### إجابات أسئلة الأنشطة

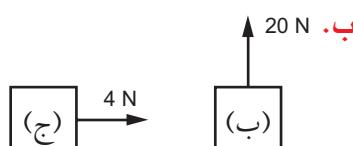
#### نشاط ٤-٤: تحديد القوى



#### نشاط ٤-٢: كيف تؤثر القوى على الحركة

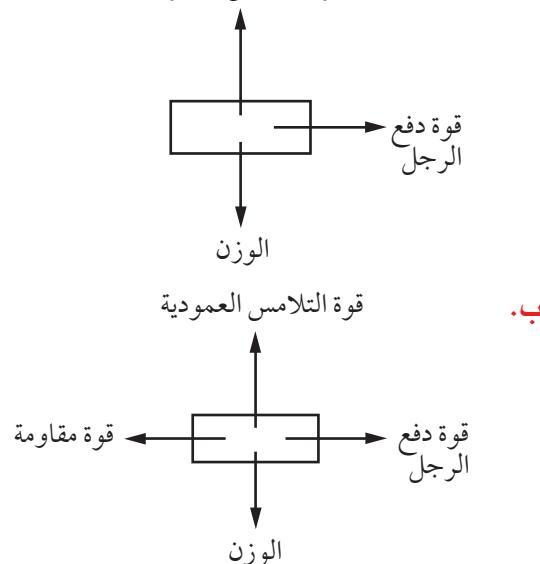
١. أ. القوى على الجسم (أ) متزنة، القوة المحصلة صفر؛

القوة المحصلة على الجسم (ب) = 20 N إلى الأعلى (غير متزنة)؛  
محصلة القوى على الجسم (ج) = 4 N إلى اليمين (غير متزنة)



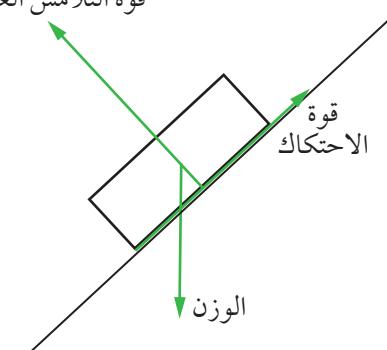
ج. الجسم (ب) سوف يتسارع إلى الأعلى.  
سوف يتسارع الجسم (ج) إلى اليمين.

#### ١. أ.



ج. تؤثر قوة السيارة على سطح الأرض أو على الطريق، وليس على السيارة. يُظهر مخطط القوى فقط القوى المؤثرة على السيارة.

#### ٢. أ.



ج. الوحدات الأساسية للنظام الدولي للوحدات:  
كيلوغرام، ثانية، كلفن؛

الوحدات المشتقة: باسكال، نيوتن، و  $\text{m s}^{-1}$

#### نشاط ٤-٤: السرعة المتجهة الحدية

١. أ.  $F = 500 - 250 = 250 \text{ kN}$  (إلى الأمام)

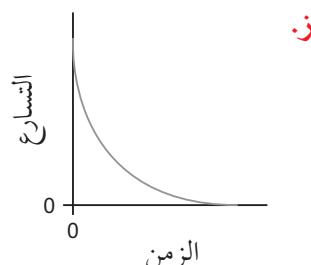
$$a = \frac{F}{m} = \frac{250 \times 10^3}{200 \times 10^3} \text{ ج. ب.} \\ = 1.25 \text{ m s}^{-2}$$

ج.  $0 \text{ m s}^{-2}$

د. إنهم متساويان في المقدار، ومتعاكسان في الاتجاه.

هـ. زيادة قوة الدفع للمحركات؛ خفض قوة مقاومة الماء للسفينة / من خلال ملاءمة الشكل للديناميكا المائية، إلخ ...

و. التمثيل البياني (ج)؛ في البداية يكون التسارع عند حدّه الأقصى، لذلك يكون الميل في التمثيل البياني (السرعة-الزمن) عند حدّه الأقصى في البداية، وبعد ذلك يبدأ بالانخفاض ليصل في النهاية إلى الصفر.



(مخطط بسيط للتمثيل البياني، يوضح أن التسارع يتناقص نحو الصفر).

٢. أ. القوة إلى الأعلى = قوة مقاومة الهواء؛  
القوة إلى الأسفل = الوزن.

بـ. الرسم التخطيطي (1)؛ مقاومة الهواء أكبر من وزن المظلي عما هو عليه في الرسم التخطيطي (2).

#### نشاط ٤-٥: القوة والكتلة والتسارع

١.  $F = ma$

$$= 40 \times 10^3 \times 1.2 = 48000 \text{ N} \\ = 48 \text{ kN}$$

٢. أ.  $W = mg$

=  $95 \times 9.81 = 932 \text{ N}$

بـ. القوة المحصلة:

$1200 - 932 = 268 \text{ N}$

(إلى الأعلى)

جـ.  $a = \frac{F}{m} = \frac{268}{95} = 2.82 \text{ m s}^{-2}$  (إلى الأعلى)

٣. أ.  $a = \frac{510}{680} = 0.75 \text{ m s}^{-2}$

سرعة السيارة:

$v = u + at$

$v = 12 + 0.75 \times 20 = 27 \text{ m s}^{-1}$

بـ. المسافة التي قطعتها السيارة:

$$s = \frac{(v+u)}{2} \times t \\ s = \frac{12+27}{2} \times 20 = 390 \text{ m}$$

٤. أ.  $s = \frac{1}{2} gt^2$

بالتالي، تسارع الجاذبية على سطح القمر:

$$g = \frac{2s}{t^2} \\ g = \frac{2 \times 2.0}{1.6^2} = 1.6 \text{ m s}^{-2}$$

بـ. كتلة الحصاة:

$m = \frac{W}{g} = \frac{3.9}{1.6} = 2.4 \text{ kg}$

٥. أ. السرعة:  $\text{m s}^{-1}$ ، السرعة المتجهة:  $\text{m s}^{-1}$

التسارع:  $\text{kg m s}^{-2}$ ، القوة:  $\text{kg m s}^{-2}$

طاقة الحركة:  $\text{kg m}^2 \text{s}^{-2}$

بـ. الوحدات الأساسية  $L$  هي  $\text{m s}^{-2}$  والوحدات الأساسية  $L$  هي  $\frac{m}{F}$  هي  $\text{s}^2 \text{m}^{-1}$ ، الوحدات مختلفة في الطرفين. إذاً المعادلة غير متجانسة.



#### نشاط ٤-٤: تحليل القوى

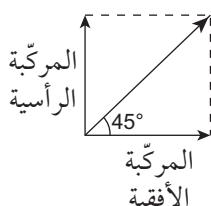
١. أ.  $100 \cos 30^\circ = 86.6 \text{ N}$

ب.  $100 \sin 30^\circ = 50 \text{ N}$

ج.  $50^2 + 86.6^2 = 100^2 = 10000$

مقدار القوة = 100 N

٢. أ. المركبة الأفقية = المركبة الرأسية = 177 N



ب. كل مركبة تصنع زاوية مقدارها 45° مع متوجه

القوة، حيث  $\sin 45^\circ = \cos 45^\circ$

٣. أ.  $700 \cos 70^\circ = 239 \text{ N}$

ب.  $239 - 120 = 119 \text{ N}$

ج. قوة التلامس العمودية تصنع زاوية 90° مع

المنحدر، لذا فإن مركبتها باتجاه أسفل المنحدر تساوي صفرًا.

د. بتحليل الوزن إلى مركبته العمودية على المنحدر:

$$W \cos \theta = 700 \cos 20^\circ = 658 \text{ N}$$

قوة التلامس العمودية = 658 N

#### إجابات أسئلة نهاية الوحدة

١. أ. القوة المحصلة:

$$140 - 65 = 75 \text{ N} \quad (\text{إلى اليسار})$$

ب. غير متزنة.

ج. التسارع:

$$a = \frac{F}{m} = \frac{75}{20.0} = 3.75 \text{ m s}^{-2}$$

د. الإزاحة:

$$s = \frac{1}{2} at^2$$

$$s = 0.5 \times 3.75 \times 10^2 = 187.5 \approx 188 \text{ m}$$

ج. الرسم التخطيطي (2): القوّتان متساويتان ومتراکستان.

د. تكون مقاومة الهواء أكبر بكثير من وزنه باتجاه الأسفل، لذلك توجد قوة محصلة تؤثر إلى الأعلى الأمر الذي يتسبب بتباطئه.

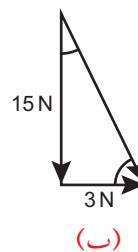
#### نشاط ٤-٥: جمع القوى

١. أ. وتر المثلث

ب. 22.4 N (بوساطة فيثاغورث)

$$\theta = \tan^{-1} \left( \frac{20}{10} \right) = \tan^{-1} 2.0 = 63.4^\circ$$

ج. ٢، ب.



$$F = \sqrt{(15^2 + 3^2)} = 15.3 \text{ N}$$

$$\theta = \tan^{-1} \left( \frac{15}{3} \right) = \tan^{-1} 5.0 = 78.7^\circ$$

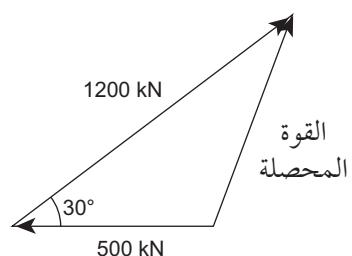
زاوية 78.7° جنوب الشرق

٣. أ. رسم تخطيطي مع مقياس معين لمثلث بطول 10 cm و 6 cm

ب. الطول = 14.0 cm، لذلك فالقوة المحصلة:

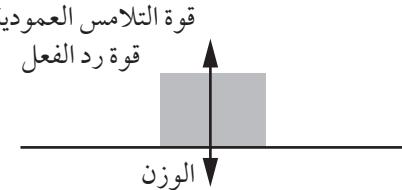
$$= 14.0 \times 20 = 280 \text{ N}$$

ج. الزاوية = 40°



ب. بالنسبة إلى مقياس الرسم؛  
القوة المحصلة = 800 N عند 50° مع اتجاه  
قوة مقاومة الماء شمال الشرق.

.٢ أ.



ب. الوزن:

$$W = mg$$

$$W = 12.0 \times 9.81 = 118 \text{ N}$$

قوة التلامس العمودية = الوزن = 118 N  
(الصندوق في حالة اتزان).

ج. القوى المؤثرة على الصندوق متزنة؛ الصندوق لا يتتسارع.

.٣ أ. خلال تحرك الكرة إلى الأعلى.



ب. إلى الأسفل.

ج. سوف يكون التسارع أقل. الوزن يبقى متوجهاً نحو الأسفل، ولكن مقاومة الهواء الآن سوف تكون متوجة نحو الأعلى، الأمر الذي يقلل من القوة المحصلة، وبالتالي من التسارع الناتج.

د. التسارع =  $g$  عند أعلى نقطة. تكون سرعة الكرة صفرًا، لذا فإن مقاومة الهواء = 0؛ وبالتالي القوة الوحيدة المؤثرة على الكرة في هذه النقطة هي وزنها.

.٤ أ.

وحدة قياس القوة هي:

$$\text{kg m s}^{-2}$$

ب. الوحدة الدولية للكثافة هي  $\text{kg m}^{-3}$   
والوحدة الدولية لـ:

$$k = \frac{F}{(\rho v^2)}$$

$\text{m}^2$  هي  $k$

د. الوحدات الأساسية لـ  $g$  هي  $\text{m s}^{-1}$ ، والوحدات

الأساسية لـ  $g$  هي  $\text{m s}^{-2} \times \text{m} = \text{m}^2 \text{s}^{-2}$ ، لذا

$$n = \frac{1}{2}$$

.٥ أ. كرة البندول في حالة اتزان؛ إنها مستقرة، وبالتالي محصلة القوى المؤثرة على الكرة تساوي صفرًا.

ب.  $1.8 \text{ N}$

ج. مقدار قوة الشد في الخيط:

$$= \frac{1.8}{\cos 25^\circ} = 1.99 \text{ N}$$

د.  $F = T \cos 65^\circ = 0.84 \text{ N}$

هـ.  $0.84 \text{ N}$  (إلى اليسار)

ج. ثابت  $\frac{F}{v^2} = k\rho$

$$k\rho = \frac{27}{30^2} = \frac{F}{10^2}$$

بالتالي،

$$F = 27 \times \left(\frac{10}{30}\right)^2 = 3.0 \text{ N}$$

د. الوحدات الأساسية لـ  $g$  هي  $\text{m s}^{-1}$ ، والوحدات

الأساسية لـ  $g$  هي  $\text{m s}^{-2} \times \text{m} = \text{m}^2 \text{s}^{-2}$ ، لذا

$$n = \frac{1}{2}$$

.٥ أ. كررة البندول في حالة اتزان؛ إنها مستقرة، وبالتالي محصلة القوى المؤثرة على الكرة تساوي صفرًا.

ب.  $1.8 \text{ N}$

ج. مقدار قوة الشد في الخيط:

$$= \frac{1.8}{\cos 25^\circ} = 1.99 \text{ N}$$

د.  $F = T \cos 65^\circ = 0.84 \text{ N}$

هـ.  $0.84 \text{ N}$  (إلى اليسار)