



ما العلاقة بين التسارع  
وحركة اللعبة الأفعوانية؟

الأفعوانية نموذج مصغر لسكة حديد، ملتوية ومرتفعة عن سطح الأرض، يركبها الناس للتسليّة والترفيه. تعود براءة اختراع الأفعوانية إلى نهاية القرن التاسع عشر. وهي تنتشر الآن بكثرة في مدن الترفيه الحديثة. تتكون الأفعوانية من سكة حديدية لها مسار يرتفع ويهبط ويتلوى في أنماط ذات تصاميم مختلفة، وغالبًا ما يوجد في الأفعوانية الواحدة أكثر من مرتفع لتسبب ظاهرة الانقلاب (مثل الحلقات الرأسية) التي بدورها تقلب راكبيها رأسًا على عقب فترة وجيزة. وتنتزق على مسار الأفعوانية عربات متتابعة يجلس فيها الركاب من مختلف الأعمار؛ ليستمتعوا طوال رحلتهم في المسار المصمم. وأهم ما يميز حركة العربات في الأفعوانية ويسبب الإثارة للركاب، هو اختلاف سرعتها؛ سواء من حيث المقدار أو الاتجاه، مما يعني تسارعها الذي يختلف باختلاف موقع العربة واتجاه حركتها في المسار. وفي كل الأحوال تلعب قوانين الحركة دورًا أساسيًا في عمل الأفعوانية وما تحدثه من متعة للمتزهين

## مشاريع الوحدة

ارجع إلى المواقع للبحث عن فكرة أو موضوع يصلح لمشروع تنفذه. ومن المشروعات المقترحة ما يأتي:

- التاريخ اكتب ما يقارب خمسة أسطر من تاريخ حياة العالم إسحاق نيوتن وإسهاماته العلمية.
- التقنية افحص بدقة مستنات ساعة، واستكشف كيف تعمل الساعات. صمّم مخططًا للنظام الذي يبين الكيفية التي يتحرّك بها عقرب الدقائق.
- النماذج صمم نموذجًا يبين تصميمًا لمدينة المستقبل، تكون شوارعها بدون إشارات ضوئية.

قوانين نيوتن: ابحث في الشبكة الإلكترونية عن قوانين نيوتن وتطبيقاتها المختلفة في حياتنا.

البحث عبر  
الشبكة الإلكترونية

# الحركة والزخم

## الفكرة العامة

توصف حركة الأجسام بالتعبير عن سرعاتها.

### الدرس الأول

#### الحركة

الفكرة الرئيسية الحركة هي تغيير في الموضع.

### الدرس الثاني

#### التسارع

الفكرة الرئيسية يحدث التسارع عند زيادة أو إبطاء سرعة الجسم أو تغيير اتجاهه.

### الدرس الثالث

#### الزخم والتصادمات

الفكرة الرئيسية ينتقل الزخم في أثناء التصادم من جسم إلى آخر.

## مرونة الحركة والقفز

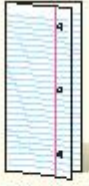
قد يكون أمر الفريسة محسومًا لدى هذا الفهد المفترس؛ حيث يجري الفهد بسرعة كبيرة تصل إلى ٩٠ كم/ ساعة خلال مسافات قصيرة، ويمكنه القفز إلى أعلى حتى ارتفاع ثلاثة أمتار. ولكي يتمكن الفهد من الانقضاض على فريسته فإنه يغير من سرعته واتجاه حركته بشكل مفاجئ وسريع.

دفتر العلوم صف كيف تتغير حركتك من لحظة دخولك بوابة المدرسة حتى دخولك غرفة الصف.

# نشاطات تمهيدية

الحركة والزخم اعمل المظويات الآتية لتساعدك على فهم المصطلحات الواردة في هذا الفصل.

## المظويات منظمات الأفكار



الخطوة ١ اطو ورقة طولياً، كما في الشكل.



الخطوة ٢ قص الجزء العلوي من الورقة المطوية إلى أشرطة، بحيث يحتوي كل شريط على ثلاثة أسطر، كما في الشكل.

بناء المفردات: في أثناء دراستك هذا الفصل اكتب المصطلحات الخاصة بالحركة والزخم على الأشرطة، وكتب على الجانب الآخر لكل شريط تعريف المصطلح.

## تجربة استدلالية

### الحركة بعد التصادم

كيف يمكن لجسم كتلته صغيرة أن يؤثر في جسم كتلته كبيرة عند الاصطدام به؟ في العادة يجب أن تكون سرعة الجسم الأصغر أكبر من سرعة الجسم الآخر. وللكتلة تأثيراً في تصادم الأجسام، كما أن للسرعة تأثيراً أيضاً. ولاستكشاف سلوك الأجسام المتصادمة نفذ النشاط التالي:

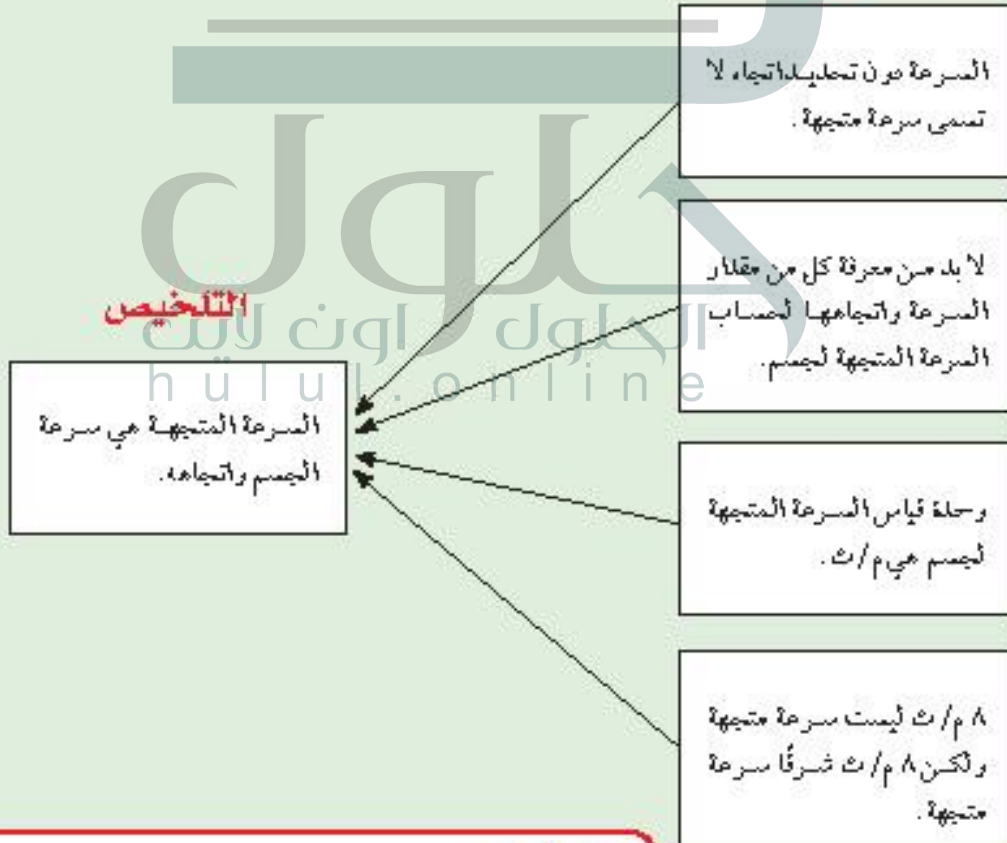
- ١- اجلس على بعد ٢ م من زميلك، ودحرج كرة بيسبول بسرعة قليلة على الأرض في اتجاهه، وفي اللحظة نفسها يدحرج زميلك كرة بيسبول أخرى بسرعة كبيرة في اتجاهك، وراقب ما يحدث.
- ٢- دحرج زميلك يدحرج كرة بيسبول بسرعة قليلة في اتجاهك، وفي اللحظة نفسها دحرج كرة تنس بسرعة كبيرة في اتجاه كرة البيسبول، وراقب ما يحدث.
- ٣- دحرج أنت وزميلك كرتي تنس كل منهما في اتجاه الأخرى بالسرعة نفسها، وراقب ما يحدث.
- ٤- التفكير الناقد: صغف - في دفتر العلوم - كيف تغيرت حركة كل كرتين بعد التصادم، مضمناً وصفك تأثير السرعة، ونوع الكرة في هذه الحركة.

# أتهياً للقراءة

## التلخيص

- ١ **أتعلم** التلخيص يساعدك على تنظيم المعلومات والتركيز على الفكرة الرئيسية، ويساعدك على تذكر المعلومات. وحتى يكون تلخيصك مفيداً ابدأ بالحقائق المهمة، وضعها في جمل قصيرة، واجعلها مختصرة، وابتعد عن التفاصيل الطويلة.
- ٢ **أدرب** اقرأ النص الموجود في صفحة ٨٤ والمعنون بعنوان السرعة المتجهة. ثم اقرأ الملخص الوارد أثناءه، وابحث عن الأفكار الرئيسية فيه.

### حقائق مهمة



- ٣ **أطبق** تدرب على التلخيص في أثناء قراءة هذا الفصل، وتوقف بعد كل درس، وحاول كتابة ملخص له.

## إرشاد

اقرأ ملخصك وتأكد من عدم تغيير أفكار النص الأصلي أو معناه.

## توجيه القراءة وتركيزها

ركز على الأفكار الرئيسة عند قراءة الفصل باتباعك ما يأتي:

### ١ قبل قراءة الفصل

أجب عن العبارات في ورقة العمل أدناه:

- اكتب (م) إذا كنت موافقاً على العبارة.
- اكتب (غ) إذا كنت غير موافق على العبارة.

### ٢ بعد قراءة الفصل

ارجع إلى هذه الصفحة لتري إذا كنت قد غيرت رأيك حول أي من هذه العبارات.

- إذا غيرت إحدى الإجابات فبين السبب.
- صحح العبارات غير الصحيحة.
- استرشد بالعبارات الصحيحة والمصححة أثناء دراستك.

قبل القراءة م أو غ	العبارة	بعد القراءة م أو غ
	١- المسافة المقطوعة والإزاحة متساويتان دائماً.	
	٢- عندما يغير الجسم اتجاهه فإنه يتسارع.	
	٣- الخط البياني الأفقي الموازي لمحور السينات في منحنى المسافة - الزمن يعني أن السرعة صفر.	
	٤- عندما يتحرك جسمان بالسرعة نفسها فإن إيقاف الجسم الأكثر كتلة يكون أصعب من إيقاف الجسم الأقل كتلة.	
	٥- السرعة اللحظية لجسم تساوي دائماً السرعة المتوسطة له.	
	٦- السرعة تقاس دائماً بوحدة كيلومتر لكل ساعة.	
	٧- إذا تسارع جسم فإن سرعته يجب أن تزداد.	
	٨- السرعة والسرعة المتجهة يعبران عن الشيء نفسه.	
	٩- الزخم يساوي الكتلة مقسومة على السرعة.	
	١٠- يزداد زخم أي جسم بزيادة سرعته.	



# الحركة

جميع الأجسام في الكون في حالة حركة دائمة، ومن ذلك حركة الأرض حول الشمس، وحركة الإلكترونات حول النواة في الذرة، وكذلك حركة أوراق الشجر نتيجة حركة الهواء، واندفاع اللابة من فوهات البراكين، وتنقل النحلة بين زهرة وأخرى لتجمع الرحيق، وتدقق الدم في شرايين الجسم وأوردته. وحتى مدرستك تتحرك مع حركة الأرض في الفضاء. هذه كلها أمثلة على أجسام تتحرك، فكيف يُمكن وصف حركة الأجسام المختلفة؟

## تغيّر الموضع

لوصف حركة جسم متحرك يجب عليك أولاً أن تتحقق أن هذا الجسم في حالة حركة. ويكون الجسم متحركاً إذا تغيّر موضعه باستمرار حركته. والحركة يمكن أن تكون سريعة كحركة الطائرة، أو ورقة شجر تقذفها الرياح، أو تدفق الماء من فوهة خرطوم. أو بطيئة مثل حركة السلحفاة. وعندما يتحرك الجسم من موقع إلى آخر نقول إن موضعه تغيّر. إن المتسابقين في الشكل ١ يعدون بأقصى سرعة لهما من خط بداية السباق إلى خط نهايته، فتتغيّر مواضعهما؛ لذا فهما في حالة حركة.



## فيم هذا الدرس

### الأهداف

- توضح المقصود بكل من المسافة، والسرعة، والسرعة المتجهة.
- تقارن بين المسافة والإزاحة.
- تمثل الحركة بيانياً.

### الأهمية

- حركات الأجسام التي تشاهدها يومياً يمكن وصفها بالطريقة نفسها.

## مراجعة المفردات

**المتر:** وحدة قياس المسافة في النظام الدولي للوحدات، ويرمز إليه بالرمز م.

## المفردات الجديدة

- الإزاحة
- السرعة
- السرعة المتوسطة
- السرعة اللحظية
- السرعة المتجهة

**الشكل ١** هذان المتسابقان في حالة حركة؛ لأن مواضعهما تتغير.



**الحركة النسبية** لتحديد ما إذا كان موضع شيء ما قد تغير أم لا، يتطلب الأمر تحديد نقطة مرجعية (نقطة إسناد). فالجسم يتغير موضعه إذا تحرك بالنسبة إلى نقطة مرجعية محددة. ولتصور ذلك، افترض أنك في سباق عدو ١٠٠ م، وقد بدأت السباق من خط البداية، فعندما تصل إلى خط النهاية تكون على بعد ١٠٠ م من خط البداية. في هذه الحالة يكون خط البداية هو النقطة المرجعية، وعندما نقول إن موضعك قد تغير مسافة مقدارها ١٠٠ م بالنسبة لخط البداية، وإن حركة قد حدثت. انظر الشكل ٢، ويبين كيف يمكنك أن تقرر ما إذا كان الطالب في حالة حركة أم لا؟

✓ **ماذا قرأت؟** كيف تعلم أن جسمًا ما قد غير موضعه؟

## إذا تحرك الجسم فإن موضعه يتغير بالنسبة إلى نقطة مرجعية جديدة

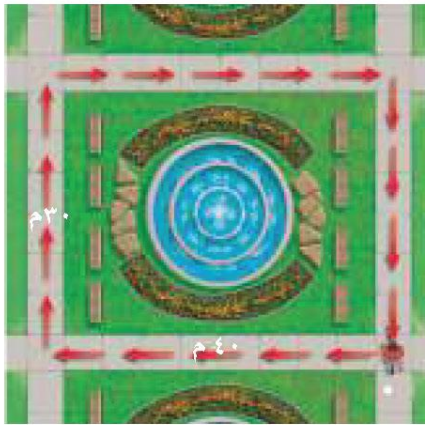
**الشكل ٢** تحدث الحركة عندما يتغير موضع جسم ما بالنسبة إلى نقطة إسناد.  
**فسر** كيف تغير موضع الطالب؟

ان الحقيقية هي نقطة الاسناد فأن الطفل قد تحرك من احدي جهتي الحقيقية الى جهة الاخرى

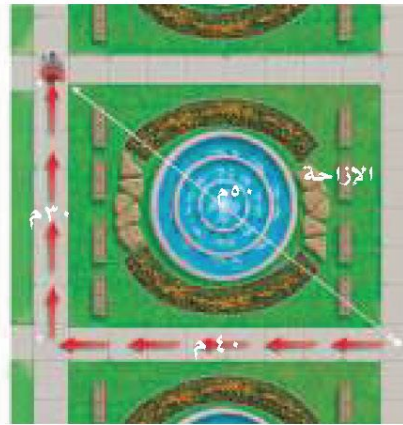
من نقطة البداية إلى نقطة النهاية.

قدميك، أم أنك تحتاج إلى استخدام دراجتك؟ لكي تتخذ القرار المناسب تحتاج إلى معرفة المسافة التي عليك قطعها حتى تصل إلى الحديقة. هذه المسافة هي طول المسار الذي ستسلكه من بيتك إلى الحديقة.

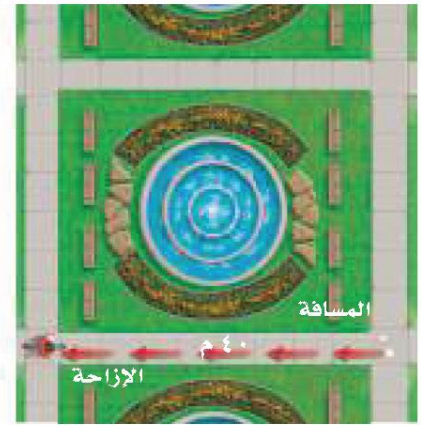
ليكن البعد بين بيتك والحديقة ٢٠٠ م، فكيف يمكنك وصف موقعك عندما تصل إلى الحديقة؟ ربما تقول: أنا على بعد ٢٠٠ م من بيتي. ولكن في أي اتجاه سرت حتى وصلت إلى الحديقة، في اتجاه الشرق أم الغرب؟ في الواقع، لكي تستطيع تحديد موقعك بدقة تحتاج إلى تحديد البعد بين موقعك والنقطة المرجعية التي بدأت منها، وهي في هذه الحالة البيت، كذلك عليك تحديد اتجاه موقعك الحالي بالنسبة إلى النقطة المرجعية. إذا فعلت ذلك تكون قد حددت ما يُعرف **بالإزاحة** Displacement؛ فالإزاحة تتضمن البعد بين نقطة البداية ونقطة النهاية واتجاه الحركة. ويبين الشكل ٣ الفرق بين المسافة والإزاحة.



المسافة: ١٤٠ م  
الإزاحة: صفر



المسافة: ٧٠ م  
الإزاحة: ٥٠ م شمال غرب



المسافة: ٤٠ م  
الإزاحة: ٤٠ م غرباً

## السرعة

لوصف حركة جسم ما، عليك معرفة السرعة التي يتحرك بها! فالجسم الأسرع هو الجسم الذي يقطع أكبر مسافة في وحدة الزمن (ثانية أو ساعة). **السرعة** Speed هي المسافة التي يقطعها جسم ما في وحدة الزمن. فعلى سبيل المثال، الجسم الذي يتحرك بسرعة ٥ م / ث، يقطع مسافة ٥ أمتار كل ثانية خلال حركته. ويمكن حساب السرعة من المعادلة:

$$\text{السرعة (م/ث)} = \frac{\text{المسافة (م)}}{\text{الزمن (ث)}}$$

$$ع = \frac{ف}{ز}$$

تقاس السرعة بوحدة المسافة مقسومة على وحدة الزمن. ووحدة قياس السرعة في النظام الدولي للوحدات هي م / ث، وتقرأ متر لكل ثانية. ويمكن قياس السرعة بوحدات قياس أخرى، منها كم / س، وتقرأ كيلومتر لكل ساعة.



### سرعات الحيوانات

تختلف الحيوانات بعضها عن بعض في مقدار السرعة القصوى التي تتحرك بها. ما أسرع الحيوانات التي تعرفها؟  
ابحث في الخصائص التي تساعد الحيوانات على الجري أو السباحة أو الطيران بسرعات عالية.

## حل معادلة بسيطة

### تطبيق الرياضيات

**سرعة سباح** احسب سرعة سباح يقطع مسافة ١٠٠ م في ٥٦ ثانية.

الحل:

١ المعطيات

٢ المطلوب

٣ طريقة الحل

٤ التحقق من الحل

• المسافة (ف) = ١٠٠ م

• الزمن (ز) = ٥٦ ثانية

حساب مقدار السرعة (ع) = ؟

عوض بالكميات المعروفة في معادلة السرعة، واحسب السرعة:

$$ع = \frac{ف}{ز} = \frac{١٠٠}{٥٦} = ١,٨ \text{ م/ث}$$

جد حاصل ضرب الجواب الذي حصلت عليه في الزمن، يجب أن تحصل على المسافة المعطاة في السؤال.

### مسائل تدريبية

- ١- قطع عداء مسافة ٤٠٠ م في سباق خلال ٩، ٤٣ ثانية. وفي سباق آخر قطع مسافة ١٠٠ م خلال ٤، ١٠ ثانية. في أي السباقين كان العداء أسرع؟
- ٢- تقطع حافلة المسافة بين المنامة ومكة المكرمة في فريضة الحج والبالغة حوالي ١٤٠٠ كم في زمن مقداره ١٢ ساعة. ما متوسط سرعة الحافلة خلال تلك المسافة؟

مسائل تدريبية:

ج1: في السباق الأول:

المسافة = 400 م - الزمن = 4309 ثانية

ع1 = ف / ز = 400 / 4309 = 9011 م / ث

في السباق الثاني:

المسافة = 100 م - الزمن = 10.4 ث

ع2 = ف / ز = 100 / 10.4 = 9.62 م / ث

ج2: المسافة (ف) = 1400 كم

الزمن = 12 ساعة

متوسط سرعة الحافلة ع = ف / ز = 1400 / 12 = 116.66 كم / ساعة



## تجربة

### قياس السرعة المتوسطة

#### الخطوات

- اختر نقطتين بين بايين مثلًا، وعلمهما بشريط لاصق.
- قسر المسافة بين النقطتين.
- استعمل ساعة إيقاف أو مؤقتًا يقيس بالثواني لقياس الزمن الذي تحتاج إليه لقطع المسافة بين النقطة الأولى والنقطة الثانية.
- قسر الزمن الذي تحتاج إليه لقطع المسافة مزة وأنت تسير ببطء، ومزة وأنت تسير أسرع، ومرة وأنت تسير جزءًا من المسافة ببطء ثم تسرع ثم تبطئ بعد ذلك.

#### التحليل

- احسب مقدار السرعة المتوسطة لحركتك في كل حالة من الحالات السابقة.
- قنر الزمن الذي تحتاج إليه لقطع مسافة ١٠٠ م عندما تسير بسرعة العادية، وعندما تسرع في سيرك.



**السرعة المتوسطة** عندما تتحرك سيارة في مدينة فإن سرعتها تزداد، ثم تتناقص عند الإشارات الضوئية، فكيف تصف سرعة متغيرة لجسم ما؟ من الطرائق المعبعة تحديد السرعة المتوسطة للجسم بين نقطة بداية الحركة، ونقطة توقفه. يمكن استعمال معادلة السرعة السابقة لحساب السرعة المتوسطة. **السرعة المتوسطة** Average Speed تحسب بقسمة المسافة الكلية التي يقطعها الجسم على الزمن اللازم لقطع المسافة.

✓ **ماذا قرأت؟** كيف تحسب السرعة المتوسطة؟

بقسمة المسافة الكلية على الزمن اللازم لقطع هذه المسافة

تصور أنك تسير على مسار مستقيم نحو المدرسة. **Instantaneous Speed** ولتفهم الفرق بين السرعة المتوسطة والسرعة اللحظية، تصور أنك تسير في اتجاه المكتبة العامة، وأن حركتك استغرقت زمنًا قدره ٠,٥ ساعة لقطع مسافة ٢ كم للوصول إلى المكتبة، فإن مقدار السرعة المتوسطة لحركتك تحسب كما يلي:

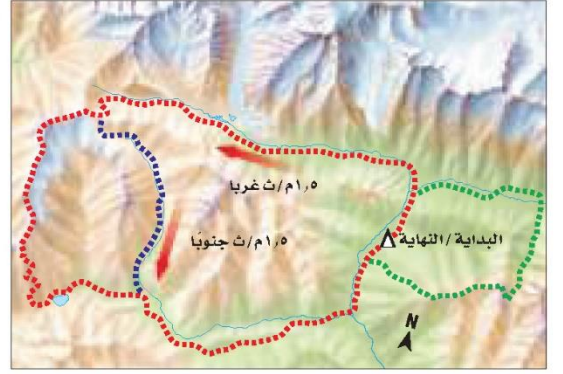
$$ع = \frac{ف}{ز} = \frac{٢ \text{ كم}}{٠,٥ \text{ ساعة}} = ٤ \text{ كم / س}$$

بالطبع أنت لم تكن تتحرك بالسرعة نفسها طوال وقت حركتك نحو المكتبة! فقد تفت عند تقاطع طرق، وعندما يكون مقدار سرعتك صفر كم / س. وقد تركض في جزء من الطريق، وقد تكون سرعتك اللحظية حينئذ ٧ كم / س. وإذا كان بإمكانك أن تحافظ على سرعة مقدارها ٤ كم / س طوال المسافة فعندئذ نقول إنك تسير بسرعة ثابتة. والشكل ٤ يبين كلا من السرعة المتوسطة والسرعة اللحظية والسرعة الثابتة.



- الشكل ٤** السرعة المتوسطة لكل كرة هي نفسها، من الزمن صفر ثانية إلى الثانية الرابعة.
- الكرة العليا تتحرك بسرعة ثابتة المقدار؛ فهي تقطع المسافة نفسها في كل ثانية.
  - الكرة السفلى لها سرعة متغيرة؛ فمقدار السرعة اللحظية تزداد في الفترة من ٠ ث إلى ١ ث، وتقل في الفترة من ٢ ث إلى ٣ ث، وتصبح أقل في الفترة من ٣ ث إلى ٤ ث.

**السرعة المتجهة** تعتمد السرعة المتجهة لحركة جسم على اتجاه حركة الجسم بالإضافة إلى مقدار سرعته. فاتجاه حركة الجسم يجب وصفها مع سرعته. **والسرعة المتجهة** Velocity لجسم تمثل مقدار سرعته واتجاه حركته معاً. فعلى سبيل المثال إذا تحركت سيارة بسرعة ٨٠ كم/س في اتجاه الغرب فإن السرعة المتجهة لها تساوي ٨٠ كم/س غرباً. ويمكن التعبير عن السرعة المتجهة لجسم بسهم، حيث يشير رأس السهم إلى اتجاه حركة الجسم.



في الشكل ٥ استعملت الأسهم للتعبير عن السرعة المتجهة لحركة شخصين. وتتغير السرعة المتجهة لجسم إذا تغير مقدار سرعته، أو تغير اتجاه حركته، أو تغير كلاهما. فعلى سبيل المثال إذا تحركت سيارة بسرعة مقدارها ٤٠ كم/س شمالاً، ثم انعطفت يساراً بالسرعة نفسها فإن مقدار سرعتها ثابت وهو ٤٠ كم/س، في حين أن سرعتها المتجهة تغيرت من ٤٠ كم/س شمالاً، إلى ٤٠ كم/س غرباً. لماذا يُمكنك القول إن السرعة المتجهة للسيارة تغيرت إذا توقفت عند تقاطع؟

**الشكل ٥** تبيين الأسهم اتجاه السرعة المتجهة لشخصين من متسلكي الجبال. فعلى الرغم من أن مقدار سرعتيهما هو نفسه؛ إلا أن لكل منهما سرعة متجهة مختلفة عن الآخر؛ لأنهما يتحركان في اتجاهين مختلفين.

## التمثيل البياني للحركة

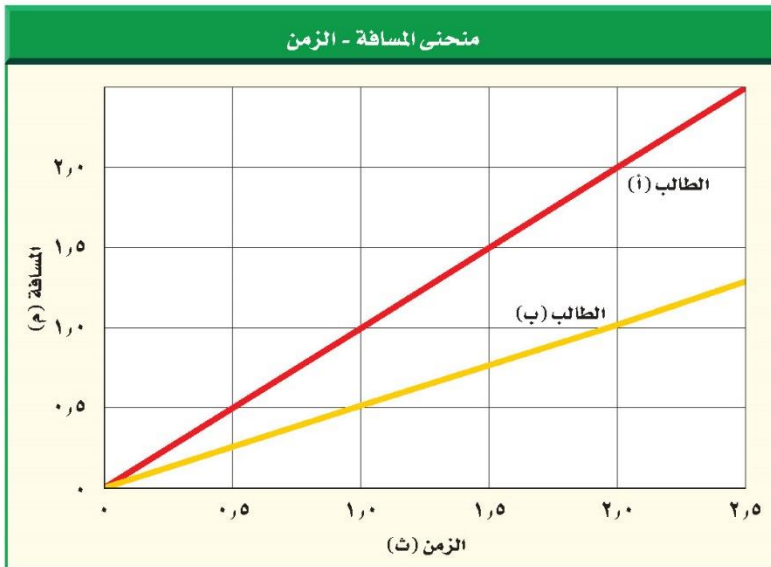
بإمكانك تمثيل حركة جسم ما بيانياً بمنحنى المسافة-الزمن، حيث إن المحور الأفقي يمثل الزمن بينما يكون المحور الرأسي ممثلاً للمسافة. يبين الشكل ٦ حركة طالبين داخل غرفة الصف ممثلاً بمنحنى المسافة-الزمن.

**منحنيات المسافة-الزمن ومقدار السرعة** يُمكن استخدام منحنيات المسافة-الزمن للمقارنة بين مقادير سرعات الأجسام. انظر إلى الشكل ٦ من خلال المنحنى تلاحظ أنه بعد مضي ١ ث كان الطالب أ قطع مسافة ١ م؛ لذا فإن:

**تجربة عملية** حركة كرة البولنج ارجع إلى كراسة التجارب العملية على منصة عين



**الشكل ٦** حركة طالبين داخل غرفة الصف ممثلة في منحنى المسافة-الزمن. **استعمل المنحنى** لتحديد أي الطالبين كان متوسط سرعته أكبر.



الطالب أ سرعته المتوسطة أكبر من السرعة المتوسطة للطالب ب

## العلوم عبر المواقع الإلكترونية

### سجل الأرقام القياسية في السرعة

ارجع إلى المواقع الإلكترونية عبر شبكة الإنترنت

لتحصل على معلومات عن الكيفية التي تغيرت بها السرعات القياسية للأرض خلال القرن الماضي.

**نشاط** ارسم منحني يبين تزايد الأرقام القياسية في مقدار سرعة الأرض على مر الزمن.

مقدار سرعته المتوسطة خلال الثانية الأولى :

$$\text{السرعة} = \frac{\text{المسافة}}{\text{الزمن}} = \frac{1 \text{ م}}{1 \text{ ث}} = 1 \text{ م/ث}$$

أما الطالب (ب) قطع مسافة ٥,٥ م فقط خلال الثانية الأولى، وبذلك يكون مقدار السرعة المتوسطة خلال الثانية الأولى:

$$\text{السرعة} = \frac{\text{المسافة}}{\text{الزمن}} = \frac{5,5 \text{ م}}{1 \text{ ث}} = 5,5 \text{ م/ث}$$

من ذلك نستنتج أن الطالب (أ) كان أسرع من الطالب (ب). والآن قارن بين ميل الخطين في الشكل ٦. إن ميل الخط الذي يمثل حركة الطالب (أ) أكبر من ميل الخط الذي يمثل حركة الطالب (ب). فكلما كان ميل الخط في منحنى المسافة-الزمن أكبر كان مقدار السرعة أكبر. أما الخط الأفقي في منحنى المسافة-الزمن فيعني أن الجسم لم يغيّر موضعه، وفي هذه الحالة يكون مقدار سرعته المتوسطة صفرًا.

## مراجعة ١ الدرس

### اختبر نفسك

١. حدد العاملين اللذين تحتاج إليهما لمعرفة السرعة المتجهة لحركة جسم.

٢. رسم منحنى واستخدامه إذا تحركت إلى الأمام بسرعة

٥,١ م/ث لمدة ٨ ثوانٍ، وصمم صديقك أن يتحرك أسرع منك، فبدأ حركته بسرعة ٢,٠ م/ث لمدة ٤ ثوانٍ، ثم تباطأ فأصبحت سرعته ١,٠ م/ث لمدة ٤ ثوانٍ أخرى. ارسم منحنى المسافة-الزمن لحركتك وحركة صديقك. وبين أيكما قطع مسافة أكبر؟

٣. التفكير الناقد تطير نحلة مسافة ٢٥ م في اتجاه الشمال

من الخلية، ثم تطير مسافة ١٠ م في اتجاه الشرق، ثم مسافة ٥ م في اتجاه الغرب، ثم ١٠ م في اتجاه الجنوب. ما موضعها الآن بالنسبة للخلية؟ فسر إجابتك.

### تطبيق المهارات

٤. احسب السرعة المتوسطة لطفل يجري

مسافة ٥ م نحو الشرق خلال ١٥ ث.

٥. احسب زمن رحلة طائرة قطعت مسافة

٦٥٠ كم، بسرعة متوسطة ٣٠٠ كم/س.

### الخلاصة

#### تغير الموضع

- يكون جسم ما في حالة حركة إذا تغير موضعه بالنسبة إلى نقطة مرجعية.
- من الممكن وصف حركة جسم باستخدام المفردات: المسافة والسرعة والإزاحة والسرعة المتجهة. لكن الإزاحة والسرعة المتجهة يجب أن يتضمنا اتجاهًا لوصفها.

#### السرعة والسرعة المتجهة

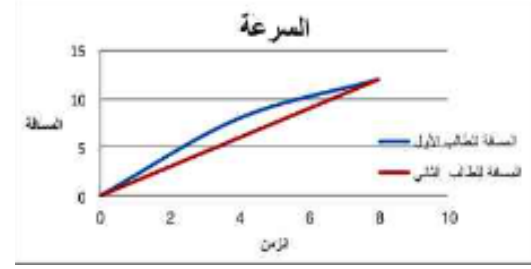
- يُحسب مقدار سرعة جسم بقسمة المسافة التي يقطعها على الزمن المستغرق في الحركة.
- الجسم الذي يتحرك بسرعة ثابتة المقدار تكون سرعته المتوسطة مساوية لمقدار سرعته اللحظية.
- السرعة المتجهة لجسم ما هي مقدار سرعته واتجاه حركته.

#### التمثيل البياني للحركة

- يزداد انحدار منحنى المسافة-الزمن الممثل لحركة جسم بزيادة سرعته.

ج1: السرعة والاتجاه

ج2:



الطالب الأول تحرك لمسافة 12 م بعد 8 ثواني

الطالب الثاني تحرك لمسافة 8 م بعد 4 ثواني وعند الثانية الثامنة تحرك 12 م

كلا الطالبين تحرك نفس المسافة

ج3: مقدار حركة النحلة شمالاً = 25 - 10 = 15 م شمالاً

مقدار حركة النحلة شرقاً = 10 - 5 = 5 م شرقاً

إذا موضع النحلة من الخلية هو 15 متر شمالاً ثم 5 متر شرقاً

ج4: ع = 5 م / 15 ث = 0.33 م / ث شرقاً

ج5: الزمن = المسافة / السرعة = 650 كم / 300 كم / س = 2.17 ساعة

h u l u l . o n l i n e



# التسارع

## التسارع والحركة

في أثناء مراقبتك لانطلاق صاروخ ستلاحظ أنه يتحرك ببطء شديد في الثواني الأولى من انطلاقه، ومع مرور الثواني ستلاحظ أن سرعته تزداد باستمرار ليصل إلى سرعة هائلة. كيف يمكنك وصف التغير في حركة الصاروخ؟ عندما تتغير حركة جسم فإنه يتسارع. ويعرف التسارع Acceleration بأنه التغير في سرعة الجسم المتجهة مقسومًا على الزمن الذي حدث فيه هذا التغير. والتسارع مثل السرعة المتجهة؛ له مقدار واتجاه محدد. فإذا زاد مقدار سرعة الجسم فإنه يتسارع في اتجاه الحركة نفسه، أما إذا تناقص مقدار سرعته فيصبح التسارع في اتجاه معاكس لاتجاه الحركة. لكن ماذا إذا كان اتجاه التسارع يصنع زاوية مع اتجاه حركة الجسم؟ في هذه الحالة سيميل اتجاه الحركة في اتجاه تسارع الجسم.

**تسريع الأجسام** عندما تقود دراجة هوائية فإنها تبدأ الحركة عند تحريك البدال. تبدأ الدراجة حركتها ببطء، ومع استمرار حركة البدال يزداد مقدار سرعة الدراجة. تذكر هنا أن سرعة الجسم المتجهة تمثل مقدار سرعته واتجاه حركته معًا. ويحدث التسارع لجسم ما عندما تتغير سرعته المتجهة. ولأن زيادة مقدار سرعة الدراجة يغير من سرعتها المتجهة؛ فإنها ستتسارع. وعلى سبيل المثال تتسارع السيارة اللعبة في الشكل ٧؛ لأن مقدار سرعتها يزداد، حيث كانت سرعتها ١٠ سم/ث عند نهاية الثانية الأولى، ثم ٢٠ سم/ث عند نهاية الثانية التالية، و ٣٠ سم/ث عند نهاية الثانية الثالثة. وهنا كان اتجاه تسارع السيارة في اتجاه السرعة المتجهة نفسها، أي في اتجاه اليسار.

## فيم هذا الدرس

### الأهداف

- تعرّف التسارع.
- تتوقع كيفية تأثير التسارع في الحركة.
- تحسب تسارع الجسم.

### الأهمية

- يتسارع الجسم عندما تتغير حركته.

### مراجعة المفردات

**كيلوجرام:** وحدة الكتلة في النظام الدولي للوحدات، ويرمز لها بالرمز كجم

### المفردات الجديدة

• التسارع

**الشكل ٧** السيارة الميمنة في الشكل تتسارع نحو اليسار لأن مقدار سرعتها يزداد.



٣ ث



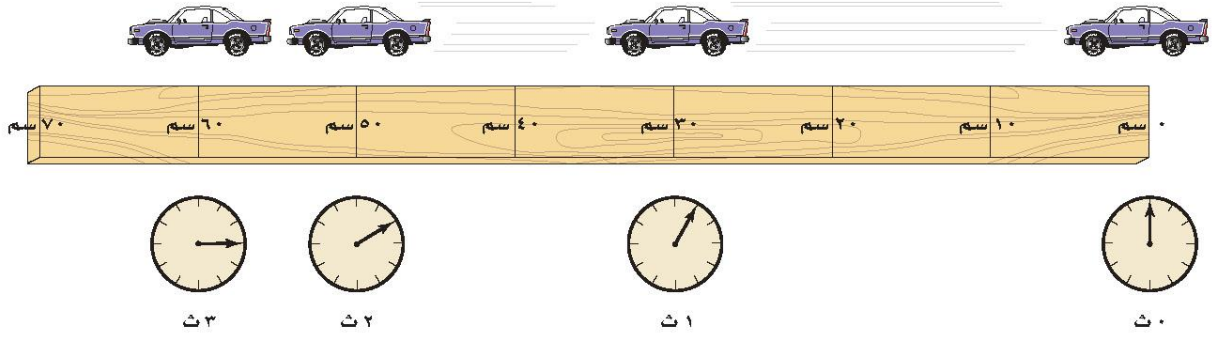
٢ ث



١ ث



٠ ث



**الشكل ٨** تتحرك السيارة في اتجاه اليسار، لكنها تتسارع في اتجاه اليمين؛ فهي تقطع في كل ثانية مسافة أقل من المسافة التي قطعها في الثانية التي قبلها. **فسر.** كيف تغيرت سرعة السيارة؟

لا يتغير اتجاه حركتها ولكن تتناقص سرعة السيارة

الاعلى ولكن يكون اتجاه تسارعها إلى الأسفل، لذا يصبح مسار الكرة عند لحظة معينة في اتجاه التسارع نفسه.

**تباطؤ الأجسام** تخيل أنك تقود دراجتك بسرعة ٤ م/ث، ثم استخدمت المكابح، فسيؤدي ذلك إلى تباطؤ سرعة الدراجة. لقد تغيرت السرعة المتجهة لأن سرعة الدراجة تناقصت. وهذا يعني أن التسارع حدث عندما تناقصت سرعة الجسم، كما حدث عندما زاد مقدارها. يبين الشكل ٨ السيارة اللعبة وقد تناقصت سرعتها في أثناء حركتها؛ حيث تقطع مسافات متناقصة في كل وحدة زمن؛ لذلك فإن مقدار سرعتها متناقص. في المثالين السابقين حدث تسارع؛ لأن مقدار السرعة تغير، وفي هذه الحالة يكون تسارع السيارة نحو اليمين أي أن اتجاه التسارع في عكس اتجاه الحركة.

**تغير الاتجاه** كذلك تتغير السرعة المتجهة لجسم إذا تغير اتجاه حركته، وعندما لا يتحرك الجسم في مسار مستقيم، بل في مسار منحن، ويكون في حالة تسارع، وهذا التسارع يصنع زاوية مع اتجاه الحركة، فلا يكون في اتجاه الحركة أو عكسها، كما في الأمثلة السابقة. ومرة أخرى تخيل نفسك تحرك مقود الدراجة، فتنعطف عن مسارها وتتحرف؛ لأن اتجاه الحركة قد تغير، وبذلك تكون الدراجة قد تسارعت أيضاً. ويكون التسارع هنا بسبب تغير اتجاه الحركة.

يبين الشكل ٩ مثلاً آخر لجسم متسارع. فقد بدأت الكرة الحركة في اتجاه الأعلى، ولكن اتجاه الحركة تغير وأصبح في اتجاه الأسفل. ولأن اتجاه التسارع نحو الأسفل؛ لذا فإن مسار حركتها قد تغير وعادت ثانية إلى الأرض. وكلما كان مقدار تسارع الكرة أكبر زاد انحناء مسارها في اتجاه هذا التسارع.

ماذا قرأت؟ اذكر ثلاث طرائق لتسريع جسم ما.

تسريع الجسم: كلما ازادت سرعة الجسم يزداد سرعة المتجهة له فيتسارع الجسم  
تباطؤ الجسم: كلما تناقصت سرعة الجسم ينقص سرعة المتجهة له فتباطئ الجسم  
تحريك اتجاه حركة الجسم: تغير من سرعته المتجهة فيتحرك ويتسارع الجسم

## حساب التسارع

إذا تحرك جسم في اتجاه واحد، فإن تسارعه يحسب باستعمال المعادلة الآتية:

$$\begin{aligned} & \text{معادلة التسارع} \\ & \text{التسارع (بوحدته م/ث}^2\text{)} = \\ & \frac{\text{السرعة النهائية (بوحدته م/ث)} - \text{السرعة الابتدائية (بوحدته م/ث)}}{\text{الزمن (بوحدته ث)}} \\ & \text{ت} = \frac{\text{ع}_2 - \text{ع}_1}{\text{ز}} \end{aligned}$$

في هذه المعادلة يكون الزمن هو الفترة الزمنية التي حدث خلالها التغيير في السرعة، ويقاس التسارع في النظام الدولي للوحدات بوحدته (م/ث<sup>2</sup>).

### حل معادلة بسيطة

#### تطبيق الرياضيات

**تسارع حافلة** احسب تسارع حافلة تغيرت سرعتها من ٦ م/ث إلى ١٢ م/ث خلال زمن مقداره ٣ ثوانٍ.

**الحل:**

١ المعطيات

- السرعة الابتدائية  $\text{ع}_1 = 6 \text{ م/ث}$
- السرعة النهائية  $\text{ع}_2 = 12 \text{ م/ث}$
- الزمن  $\text{ز} = 3 \text{ ث.}$

٢ المطلوب

حساب التسارع  $\text{ت} = ? \text{ م/ث}^2$   
عوض في معادلة التسارع بقيم الكميات المعلومة

٣ طريقة الحل

$$\text{ت} = \frac{(\text{ع}_2 - \text{ع}_1)}{\text{ز}}$$

$$\text{ت} = \frac{12 \text{ م/ث} - 6 \text{ م/ث}}{3 \text{ ث}}$$

$$\text{ت} = \frac{6 \text{ م/ث}}{3 \text{ ث}} = 2 \text{ م/ث}^2$$

اضرب مقدار التسارع الذي حسبته في الزمن، وأضف إلى حاصل الضرب السرعة الابتدائية، سيكون المجموع مساويًا للسرعة النهائية.

٤ التحقق من الحل

#### مسائل تدريبية

- ١- أوجد تسارع قطار تزايدت سرعته من ٧ م/ث إلى ١٧ م/ث خلال ١٢٠ ثانية.
- ٢- تسارعت دراجة من السكون حتى أصبحت سرعتها ٦ م/ث خلال ثنتين. احسب تسارع الدراجة.

مسائل تدريبية:

ج1: السرعة الابتدائية ع1 = 7 م/ث

السرعة النهائية ع2 = 17 م/ث

الزمن ز = 120 ث

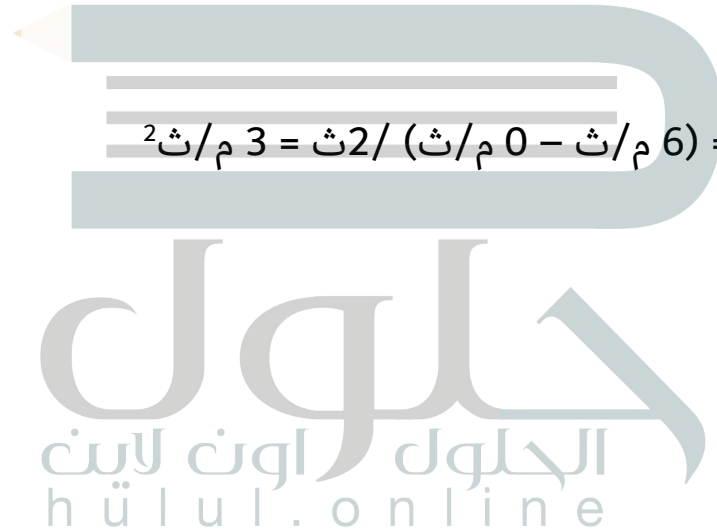
$$\text{التسارع ت} = (ع2 - ع1) / ز = (17 \text{ م/ث} - 7 \text{ م/ث}) / 120 \text{ ث} = 0.083 \text{ م/ث}^2$$

ج2: السرعة الابتدائية ع1 = 0 م/ث

السرعة النهائية ع2 = 6 م/ث

الزمن ز = 2 ث

$$\text{التسارع ت} = (ع2 - ع1) / ز = (6 \text{ م/ث} - 0 \text{ م/ث}) / 2 \text{ ث} = 3 \text{ م/ث}^2$$



الشكل ١٠ عندما يرغب راكب الدراجة في التوقف فإنه يقلل من سرعتها، وهذا يعني أن تسارعها سالب.



## تجربة

### نمذجة التسارع

#### الخطوات

١. استخدم شريط قياس لتحديد مسارًا مستقيمًا على أرضية الغرفة، على أن تضع علامات باستخدام شريط لاصق عند: ١٠سم، ٤٠سم، ٩٠سم، ١٦٠سم، ٢٥٠سم، من بداية الشريط.

٢. صفق بيديك مرات متتالية منتظمة، بمعنى أن تكون الفترة الزمنية بين كل تصفيقة والتي تليها متساوية. حاول أن تبدأ التصفيق عند بداية الشريط، وأن تكون الثانية عند العلامة الأولى (١٠سم)، والتي تليها عند العلامة الثانية (٤٠سم)، وهكذا حتى تصل إلى العلامة الأخيرة (٢٥٠سم).

#### التحليل

١. صف ما يحدث لسرعتك وأنت تتحرك عبر المسار. ماذا تتوقع أن تكون سرعتك لو كان المسار أطول.

٢. أعد الخطوة ٢ أعلاه مبتدئًا من نقطة نهاية المسار. هل ما زلت تسارع؟ فسر إجابتك.

**التسارع الموجب والتسارع السالب** يتسارع الجسم عند زيادة مقدار سرعته، فيكون التسارع هنا في نفس اتجاه حركته، وكذلك فإن الجسم يتسارع عندما تنقص سرعته، لكن اتجاه التسارع يكون في عكس اتجاه حركته، كما ورد في مثال الدراجة الموضح في الشكل ١٠.

كيف يختلف تسارع الجسم بتغير سرعته زيادة أو نقصانًا؟ افترض أنك زدت سرعة دراجتك من ٤ م/ث إلى ٦ م/ث خلال ٥ ثوانٍ، فإنه يمكن حساب تسارعها من خلال المعادلة السابقة:

$$\begin{aligned}
 t &= (٤ - ٦) \div z \\
 &= (٦ \text{ م/ث} - ٤ \text{ م/ث}) \div ٥ \text{ ث} \\
 &= +٠,٤ \text{ م/ث}^2
 \end{aligned}$$

لاحظ أنه عندما تزايد سرعة جسم فإن تسارعه يكون موجبًا؛ لأن سرعته النهائية تكون أكبر من سرعته الابتدائية، وعند طرح مقدار صغير من مقدار كبير تكون

النتيجة

أما

تسارع

#### التحليل:

ج1: كلما كانت المسار أطول يزداد مقدار سرعتي أكثر أثناء

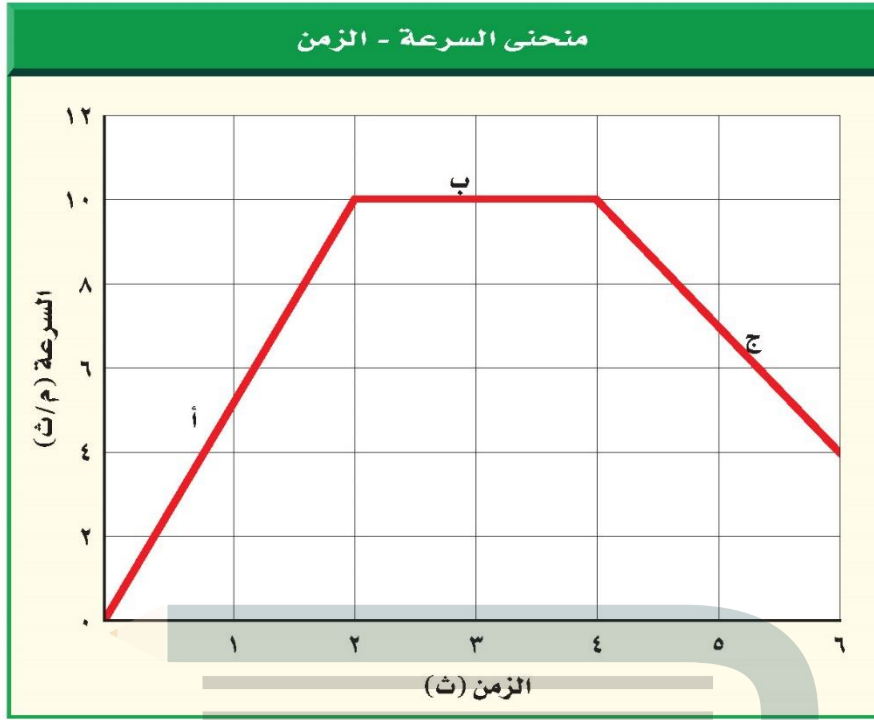
حركة وبالتالي تتسارع حركتي

ج2: نعم حركتي تتسارع لأنه تقل مقدار السرعة أثناء

الحركة وبالتالي تتغير مقدار السرعة مما يؤدي إلى التسارع

لأن

سالبًا في



### التمثيل البياني للتسارع

يُمكن تمثيل تسارع جسم ما يتحرك في خط مستقيم بمنحنى بياني يمثل العلاقة بين التغير في السرعة بالنسبة للزمن، وفي هذا النوع من المنحنيات يكون المحور الرأسى ممثلًا للسرعة، بينما يمثل المحور الأفقي الزمن. انظر إلى الشكل ١١، نستنتج من الجزء أ من المنحنى أن سرعة الجسم تزايدت من صفر م/ث إلى ١٠ م/ث في زمن مقداره ٢ ثانية. لذا فإن التسارع خلال هذه المرحلة يساوي  $5 \text{ م/ث}^2$  (تزايد في السرعة). إن الخط البياني في الجزء أ يميل إلى أعلى نحو اليمين. والآن انظر إلى الجزء ج من المنحنى البياني، فخلال الفترة الزمنية من ٤ ث إلى ٦ ث تناقصت سرعة الجسم من ١٠ م/ث إلى ٤ م/ث، وبذلك يكون التسارع  $-3 \text{ م/ث}^2$  (تناقص في السرعة)، حيث إن الخط البياني في الجزء ج يميل إلى أسفل. أما في الجزء ب من المنحنى - حيث الخط البياني أفقي - فيكون مقدار التغير في السرعة صفرًا. من هنا فإن الخط الأفقي على المنحنى البياني السرعة - الزمن يمثل تسارعًا مقداره صفر، أو أن السرعة ثابتة.

**الشكل ١١** يُستخدم منحنى السرعة - الزمن لإيجاد التسارع. عندما يكون الخط البياني صاعدًا يكون الجسم متسارعًا، وعندما يكون الخط البياني نازلًا يكون الجسم متباطئًا.

**توقع** ماذا تستنتج عندما يكون الخط أفقيًا؟

عندما يكون الخط أفقيًا تكون السرعة ثابتة فيكون التسارع مقداره صفرًا

تجربة



## اختبر نفسك

١. **قارن** بين المفاهيم الآتية: السرعة، السرعة المتجهة، التسارع.
٢. **استنتج** نوع حركة سيارة إذا تم تمثيل حركتها بمنحنى السرعة-الزمن فكان الخط البياني أفقيًا، يليه خط مستقيم يميل نزولاً إلى نهاية المنحنى.
٣. **التفكير الناقد:** إذا كانت دراجتك تتحرك في اتجاه أسفل منحدر واستخدمت مكابح الدراجة لإيقافها، ففي أي اتجاه يكون تسارعك؟

## تطبيق الرياضيات

٤. **احسب** تسارع عداء تزايد سرعته من صفر م/ث إلى ٣ م/ث خلال زمن مقداره ١٢ ثانية.
٥. **احسب سرعة** جسم يسقط من السكون بتسارع ٩,٨ م/ث<sup>٢</sup>، بعد ثانيتين من بدء حركته.
٦. **استخدم الرسم البياني** تغيير سرعة عداء في أثناء السباق على النحو الآتي: صفر م/ث عند الزمن صفر ث؛ ٤ م/ث عند الزمن ٢ ث؛ ٧ م/ث عند الزمن ٤ ث؛ ١٠ م/ث عند الزمن ٦ ث؛ ١٢ م/ث عند الزمن ٨ ث؛ ١٠ م/ث عند الزمن ١٠ ث. ارسم منحنى السرعة-الزمن لحركة هذا العداء. في أي الفترات الزمنية كان تسارعه موجبًا؟ وفي أي منها كان تسارعه سالبًا؟ وهل هناك فترة يكون تسارعه فيها صفرًا؟

## الخلاصة

## التسارع والحركة

- التسارع هو التغير في السرعة مقسومًا على الزمن الذي حدث فيه هذا التغير. والتسارع له اتجاه.
- يحدث تسارع للجسم إذا تزايدت سرعته أو تناقصت أو تغير اتجاه حركته.

## حساب التسارع

- يُحسب التسارع، في الحركة في خط مستقيم، من المعادلة:  $t = \frac{(v - v_0)}{a}$ .
- إذا تزايدت سرعة الجسم فإن تسارعه موجب، وإذا تناقصت سرعته فإن تسارعه سالب (تباطؤ).
- في منحنى السرعة-الزمن، يمثل الخط الذي يميل صعودًا إلى أعلى تسارعًا موجبًا، ويمثل الخط الذي يميل نزولًا إلى أسفل تسارعًا سالبًا (تباطؤًا). أما الخط الأفقي فيمثل تسارعًا يساوي صفرًا أو سرعة ثابتة.

ج1: كلاً من السرعة المتجهة والسرعة: هي تغير في مواضع الجسم السرعة المتجهة تحدد بالمقدار والاتجاه أما مقدار السرعة ليس له اتجاه

التسارع: يقيس معدل التغير في السرعة المتجهة وللتسارع اتجاه محدد أيضاً كالسرعة المتجهة

ج2: تتحرك السيارة في البداية بسرعة ثابتة وهذه الحركة يمثلها الخط الأفقي ثم تتناقص السرعة (ويمثلها الخط المائل) ثم تتوقف السيارة (ويمثلها آخر المنحنى)

ج3: يكون اتجاه التسارع عكس اتجاه الحركة فيكون اتجاهها نحو أعلى التل

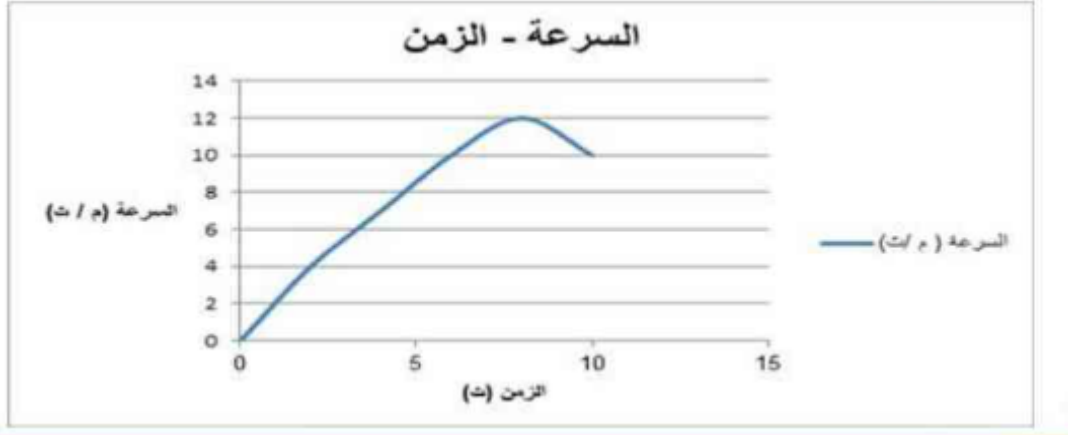
ج4: التسارع ت =  $(2ع - 1ع) / ز = 0.25$  م/ث<sup>2</sup>

ج5: السرعة النهائية = (التسارع × الزمن) + السرعة الابتدائية =  $19.6$  م/ث

ج6:

السرعة (م / ث)	الزمن (ث)
0	0
4	2
7	4
10	6
12	8
10	10

كان التسارع موجباً في الفترة الزمنية من 0 - 8 ثواني ثم يكون التسارع سالباً في الفترة الزمنية من 8 - 10 ثواني وعند تغير التسارع من الموجب إلى السالب يؤول التسارع إلى الصفر لفترة صغيرة جداً ما بين 8 ثواني و 10 ثواني





## الزخم والتصادمات

يحدث التصادم عندما يرتطم جسم متحرك بجسم آخر. ماذا يحدث عندما تصطدم الكرة البيضاء في لعبة البلياردو بكرة أخرى؟ ستتغير السرعة المتجهة للكرتين، ويمكن أن يُعَيَّر التصادم سرعة كل كرة، أو اتجاه حركة كل كرة، أو الاثنين معًا (مقدار السرعة واتجاه الحركة). ويعتمد التغير في حركة الأجسام المتصادمة على كتل الأجسام المتصادمة والسرعة المتجهة للأجسام المتصادمة قبل حدوث التصادم.

### الكتلة والقصور الذاتي

تؤثر كتلة الجسم في مدى سهولة تغيير حالته الحركية. وكتلة Mass جسم ما هي كمية المادة فيه. ووحدة الكتلة في النظام الدولي للوحدات هي الكيلو جرام. تخيل شخصًا يندفع بسرعة نحوك، لكي توقف هذا الشخص عليك أن تدفعه، وعليك أن تدفع بقوة أكبر إذا كان هذا الشخص بالغًا، مقارنة بما لو كان هذا الشخص طفلًا. وسيكون من السهل عليك إيقاف الطفل؛ لأن كتلته أقل من كتلة الشخص البالغ. فكلما كانت كتلة الجسم أكبر واجهت صعوبة أكبر عند تغيير حالته الحركية.

ولعلك تلاحظ في الشكل ١٢ أن كرة التنس الأرضي لها كتلة أكبر من كتلة كرة تنس الطاولة؛ لذا يكون المضرب المستخدم في التنس الأرضي أكبر من المضرب المستخدم في تنس الطاولة، وذلك لتغيير الحالة الحركية لكل كرة. وتُسمى الخاصية التي تمثل ميل الجسم لمقاومة (ممانعة) إحداث أي تغيير في حالته الحركية **القصور الذاتي** Inertia. وتزداد مقاومة الجسم لإحداث أي تغيير في حالة الحركة بزيادة كتلة الجسم.

ماذا يُقصد بالقصور الذاتي؟

القصور هو خاصية للجسم تمثل ميل الجسم لمقاومة إحداث أي تغيير في حالته الحركية



الشكل ١٢ لكرة التنس الأرضي كتلة أكبر من كتلة كرة تنس الطاولة. ولكي تتغير السرعتان المتجهتان للكرتين بالمقدار نفسه يجب أن تضرب كرة التنس الأرضي بقوة أكبر، مقارنة بالقوة التي تضرب بها كرة تنس الطاولة.

### في هذا الدرس

#### الأهداف

- تعرف الزخم (كمية الحركة).
- توضح لماذا قد يكون الزخم بعد التصادم غير محفوظ.
- تتوقع حركة الأجسام، استنادًا إلى مبدأ حفظ الزخم.

#### الأهمية

- الأجسام المتحركة لها زخم. وتعتمد حركة الأجسام بعد تصادمها على زخم كل منها.

#### مراجعة المفردات

الميزان الثلاثي الأذرع: جهاز علمي يُستعمل من أجل قياس الكتلة بدقة، وذلك من خلال مقارنة كتلة عينة مجهولة الكتلة بكتل معلومة.

#### المفردات الجديدة

- الكتلة
- القصور الذاتي
- الزخم
- مبدأ حفظ الزخم



### البحث الجنائي والزخم

إن تحريات رجال البحث الجنائي وتقضيات رجال شرطة السير حول الحوادث والجرائم كثيراً ما تتضمن تحديد زخم الأجسام. فعلى سبيل المثال، يُستخدم مبدأ حفظ الزخم أحياناً سرعات المركبات.

سؤال مجالات أخرى فيها الزخم في تحريات جنائي.

## الزخم (كمية الحركة)

عرفت سابقاً أنه كلما زادت سرعة الدراجة كان إيقافها صعباً. وبالمثل فإنه كلما زادت كتلة الجسم المتحرك كان إيقافه أو زيادة سرعته صعباً، ومقياس صعوبة إيقاف الجسم يسمى زخمًا (كمية حركة) Momentum. ويعتمد الزخم على كل من كتلة الجسم وسرعته المتجهة؛ حيث يُعرف بأنه حاصل ضرب كتلة الجسم في سرعته. وعادة ما يُرمز للزخم بالرمز (خ)؛ أي أن:

معادلة الزخم

$$\text{الزخم (كجم.م/ث)} = \text{الكتلة (كجم)} \times \text{السرعة (م/ث)}$$

يعتمد زخم جسم ما على كل من كتلة الجسم وسرعته المتجهة طبقاً للمعادلة التالية:

$$\text{الزخم (كجم.م/ث)} = \text{كتلة الجسم (كجم)} \times \text{السرعة (م/ث)}$$

فطبقاً للمعادلة السابقة يتغير زخم الجسم بتغير سرعته المتجهة

تُقاس  
بتانية  
تتضمن  
السرعة

وضّح كيف يتغير زخم جسم ما بتغير سرعته المتجهة؟

ماذا قرأت؟

## حل معادلة بسيطة

### تطبيق الرياضيات

زخم دراجة احسب زخم دراجة كتلتها ١٤ كجم، تتحرك بسرعة ٢ م/ث نحو الشمال.

الحل:

١ المعطيات

الكتلة:  $ك = ١٤$  كجم

حساب الزخم:  $خ = ؟$  كجم.م/ث.

٢ المطلوب

عوض بالمعطيات في معادلة الزخم:  $خ = كع$

٣ طريقة الحل

$$خ = (١٤ \text{ كجم}) \times (٢ \text{ م/ث شمالاً}) = ٢٨ \text{ كجم.م/ث شمالاً}$$

أوجد حاصل قسمة الجواب الذي حسبته على الكتلة؛ لإيجاد أن يكون الجواب الذي ستحصل عليه مساوياً للسرعة المعطاة في السؤال.

٤ التحقق من الحل:

### مسائل تدريبية

١. إذا تحرك قطار كتلته ١٠٠٠٠ كجم، نحو الشرق بسرعة مقدارها ١٥ م/ث فاحسب زخم القطار.

٢. ما زخم سيارة كتلتها ٩٠٠ كجم، تتحرك شمالاً بسرعة ٢٧ م/ث؟

مسائل تدريبية:

ج1: الكتلة = 10000 كجم - السرعة = 15 م/ث

الزخم = الكتلة × السرعة

خ = 10000 × 15 شرقاً = 150000 كجم . م / ث شرقاً

ج2: الكتلة = 900 كجم - السرعة = 27 م/ث شمالاً

الزخم = الكتلة × السرعة

خ = 900 × 27 شمالاً = 24300 كجم . م / ث شرقاً



## حفظ الزخم

إذا سبق لك أن لعبت البلياردو في ذات يوم فأنت تعرف أنه عندما تصطدم الكرة البيضاء بكرة أخرى، ستتغير الحالة الحركية للكرتين على حد سواء. وسوف تتناقص سرعة الكرة البيضاء، كما يتغير اتجاه حركتها، ولذلك يقل زخمها، وفي الوقت نفسه تبدأ الكرة الأخرى تتحرك، ويزداد زخمها.

وفي أي تصادم ينتقل الزخم من جسم إلى آخر. فكّر الآن في التصادم بين كرتي بلياردو، فإذا كان الزخم الذي تخسره إحدى الكرتين يساوي الزخم الذي تكسبه الكرة الأخرى فإن كمية الزخم الكلي لا تتغير. وعندما لا يتغير الزخم الكلي لمجموعة من الأجسام يكون الزخم محفوظاً.

**قانون حفظ الزخم** وفقاً لقانون حفظ الزخم Law of Conservation of Momentum

يبقى الزخم الكلي لمجموعة من الأجسام ثابتاً ما لم تؤثر قوى خارجية في المجموعة. فكرة البلياردو البيضاء والكرات الأخرى الموضحة في الشكل ١٣ جميعها تُشكّل مجموعة الأجسام. والمقصود بقانون حفظ الزخم أن التصادمات التي تحدث بين هذه الأجسام لا تغير الزخم الكلي لمجموعة الأجسام بل القوى الخارجية فقط - ومنها قوة الاحتكاك بين كرات البلياردو والطاولة - هي التي يمكنها أن تُغير من مجموع الزخم الكلي لمجموعة الأجسام؛ حيث يؤدي الاحتكاك إلى تباطؤ حركة الكرات عندما تتدحرج على الطاولة، وبالتالي نقصان الزخم الكلي.

**أنواع التصادمات** يمكن أن تصادم الأجسام معاً بطرائق مختلفة. ويُبين الشكل ١٤ نوعين من التصادم؛ إذ ترتد الأجسام المتصادمة أحياناً بعضها عن بعض، كما يحدث مع كرة البولنج والأقماغ، وفي تصادمات أخرى يتصادم جسمان فيلتحمان معاً بعد التصادم، كما يحدث مع لاعبي كرة القدم.



عندما تصطدم كرة البولنج الأقماغ يرتد بعضها عن بعض، ويتغير زخم الكرة وزخم الأقماغ في أثناء التصادم.



**الشكل ١٣** تتباطأ كرة البلياردو البيضاء عندما تصطدم بكرات البلياردو الأخرى؛ لأنها نقلت جزءاً من زخمها إلى الكرات الأخرى.

**توقع** ماذا يحدث لسرعة الكرة البيضاء، إذا أعطت زخمها كله لكرات البلياردو الأخرى؟

سيصبح زخمها مساوياً صفراً  
وعندها ستتوقف الكرة

**الشكل ١٤** عندما تصادم الأجسام قد يرتد بعضها عن بعض، أو يلتحم بعضها ببعض.



عندما يتصادم أحد اللاعبين بالآخر ويمسك كل منهما بالآخر، فإنها يلتحمان، ويتغير زخم كل منهما في أثناء التصادم.



يتحرك الطالب بعد التصادم مع الحقيقية بسرعة أقل من سرعة الحقيقية قبل التصادم.



قبل أن يلتقط الطالب حقيقته كانت سرعته صفرًا.

**الشكل ١٥** انتقل الزخم من الحقيقية إلى الطالب.

**استخدام قانون حفظ الزخم** يمكن استخدام قانون حفظ الزخم للتنبؤ بالسرعة المتجهة للأجسام بعد تصادمها. وعند استخدام قانون حفظ الزخم نفترض أن الزخم الكلي للأجسام المتصادمه لا يتغير. فعلى سبيل المثال تخيل نفسك تلبس مزلاجين في قدميك، كما في الشكل ١٥، ثم طلبت إلى زميل لك أن يقذف إليك حقيبتك. عندما تلتقطها ستتحرك أنت والحقيقية في الاتجاه نفسه الذي كانت تتحرك فيه. ويمكن استخدام قانون حفظ الزخم لحساب سرعتك المتجهة بعد أن تلتقط حقيبتك. افترض أن كتلة الحقيقية تساوي ٢ كجم، وأن سرعتها المتجهة الابتدائية تساوي ٥ م/ث شرقًا، وأن كتلتك تساوي ٤٨ كجم، بالطبع سرعتك الابتدائية تساوي صفرًا. ووفق قانون حفظ الزخم فإن:

الزخم الكلي قبل التصادم = زخم الحقيقية + زخمك

$$= ٢ \text{ كجم} \times ٥ \text{ م/ث شرقًا} + ٤٨ \text{ كجم} \times \text{صفر م/ث}$$

$$= ١٠ \text{ كجم.م/ث شرقًا}$$

لا يزال الزخم الكلي هو نفسه بعد التصادم، إلا أنه بعد التصادم هناك جسم واحد متحرك، وكتلة هذا الجسم تساوي مجموع كتلتك وكتلة الحقيقية. ويمكنك استخدام معادلة الزخم لإيجاد السرعة المتجهة النهائية.

الزخم الكلي بعد التصادم = (كتلة الحقيقية + كتلتك) × السرعة المتجهة

$$١٠ \text{ كجم.م/ث شرقًا} = (٤٨ \text{ كجم} + ٢ \text{ كجم}) \times \text{السرعة المتجهة}$$

$$١٠ \text{ كجم.م/ث شرقًا} = ٥٠ \text{ كجم} \times \text{السرعة المتجهة}$$

$$\text{السرعة المتجهة} = ٠,٢ \text{ م/ث شرقًا}$$

هذه هي سرعتك المتجهة أنت والحقيقية بعد أن التقتها مباشرة. ولاحظ أن سرعتك المتجهة أنت والحقيقية معًا أقل كثيرًا من السرعة الابتدائية المتجهة للحقيقية. والشكل ١٦ يُبين نتيجة التصادم بين جسمين لم يلتصقا معًا.

**العلوم**  
عبر المواقع الإلكترونية

**التصادم**

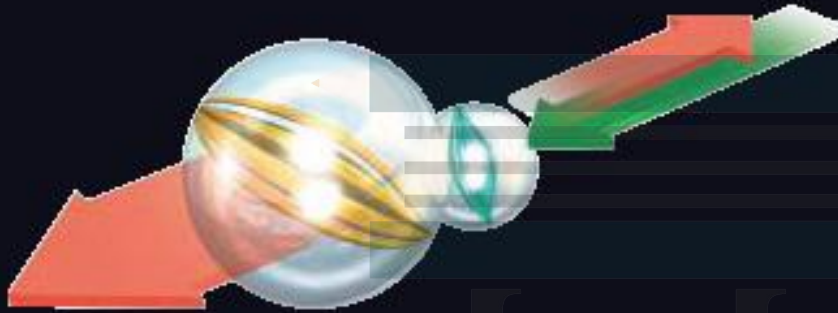
ارجع إلى المواقع الإلكترونية عبر شبكة الإنترنت

للتوصل إلى معلومات حول التصادم بين أجسام ذات كتل مختلفة.

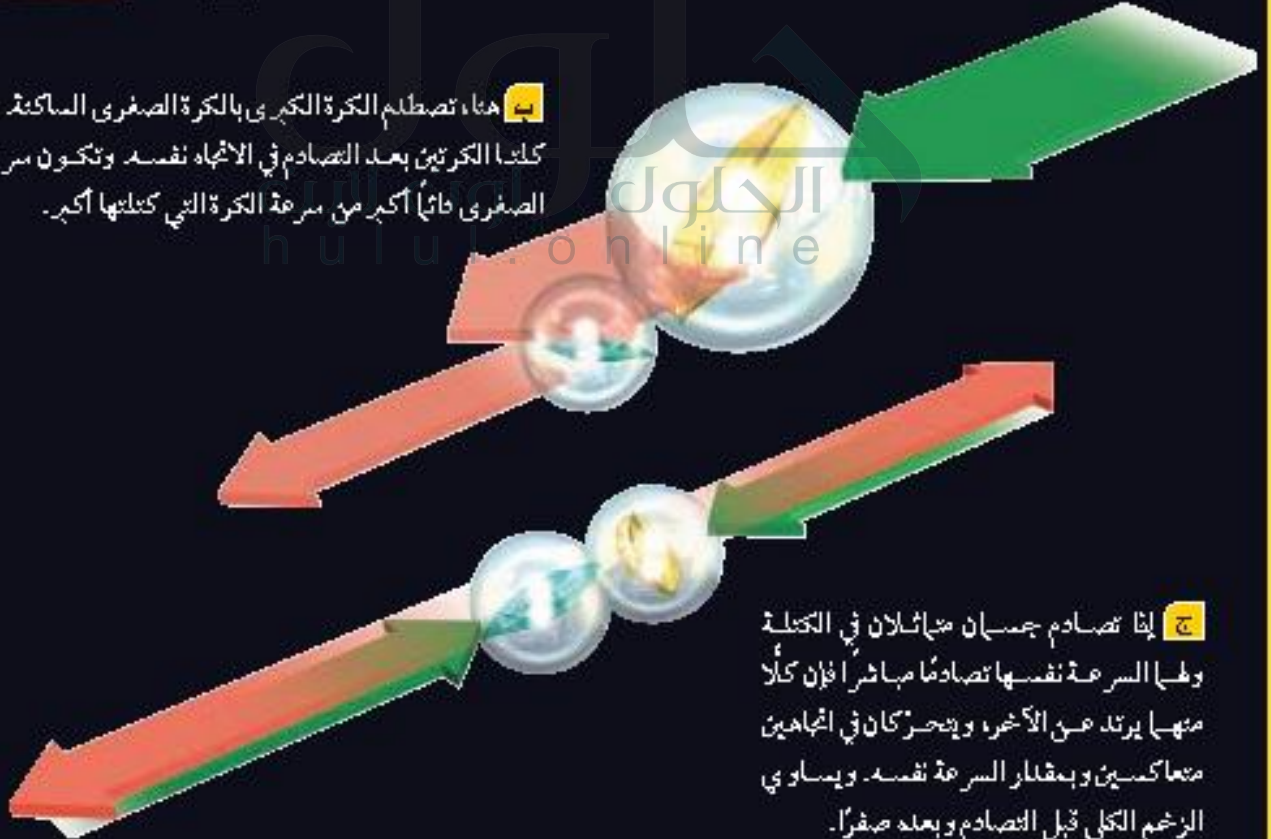
**نشاط** ارسم أشكالاً توضح التصادم بين كرة تنس الطاولة، وكرة البولنج، إذا كانتا تتحركان في الاتجاه نفسه، وإذا كانتا تتحركان في اتجاهين متعاكسين.

من الممكن استخدام قانون حفظ الزخم لتوقع نتائج التصادمات بين أجسام مختلفة، سواءً كانت أجساماً ذرية تتصادم معاً بسرعات هائلة، أو تصادمات بين الكرات الزجاجية، كما هو مبين في هذه الصفحة. ماذا يحدث عندما تصطدم كرة زجاجية بكرة أخرى ساكنة؟ تعتمد نتيجة التصادم على كتلة كل من الكرتين الزجاجيتين.

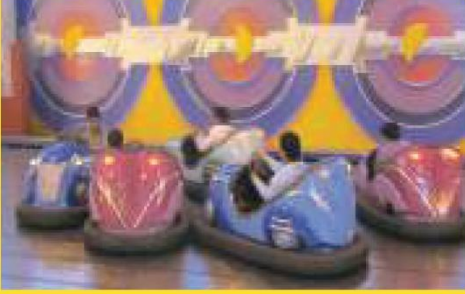
**أ** هنا تصطدم كرة زجاجية كتلتها صغيرة بكرة أخرى ساكنة كتلتها أكبر. بعد التصادم ترتد الكرة الصفراء، وتتحرك الكرة الكبرى في اتجاه حركة الكرة الصفراء قبل التصادم.



**ب** هنا، تصطدم الكرة الكبرى بالكرة الصفراء الساكنة وتتحرك كلتا الكرتين بعد التصادم في الاتجاه نفسه وتكون سرعة الكرة الصفراء دائماً أكبر من سرعة الكرة التي كتلتها أكبر.



**ج** إذا تصادم جسمان متماثلان في الكتلة وطأ السرعة نفسها تصادمًا مباشرًا فإن كلًّا منهما يرتد عن الآخر، ويتحركان في اتجاهين متعاكسين وبمقدار السرعة نفسه. ويساوي الزخم الكلي قبل التصادم وبعده صفرًا.



**الشكل ١٧** عندما تتصادم السيارات الصغيرة في مدينة الألعاب يرتد بعضها عن بعض، وينتقل الزخم بينها.

**التصادم والارتداد** في بعض التصادمات ترتد الأجسام المتصادمة بعضها عن بعض، كما يحدث بين السيارات الصغيرة في مدينة الألعاب الموضحة في الشكل ١٧. ويمكن استخدام قانون حفظ الزخم لتحديد الكيفية التي تتحرك بها هذه الأجسام بعد التصادم.

فعلى سبيل المثال، افترض أن جسمين متماثلين اصطدما وجهًا لوجه بالسرعة نفسها، ثم ارتد كل منهما عن الآخر. يكون زخم كل من الجسمين قبل التصادم متساويًا، إلا أن زخميها في اتجاهين متعاكسين؛ لذا يساوي الزخم الكلي للجسمين قبل التصادم صفرًا. وإذا كان الزخم محفوظًا وجب أن يكون الزخم الكلي بعد التصادم صفرًا أيضًا. وهذا يعني أن الجسمين يجب أن يتحركا في اتجاهين متعاكسين، ومقدار سرعة الجسم الأول مساوٍ لمقدار سرعة الجسم الثاني. ويسيأوي الزخم الكلي مرة أخرى صفرًا.

### مراجعة ٣ الدرس

#### اختبر نفسك

١. فسّر كيف ينتقل الزخم عندما يضرب لاعب الجولف الكرة بمضربه؟
٢. بين هل زخم جسم يتحرك في مسار دائري بسرعة مقدارها ثابت يكون ثابتًا أم لا؟
٣. وضح لماذا يتغير زخم كرة بلياردو تندرج على سطح الطاولة؟
٤. التفكير الناقد إذا تحركت كرتان متماثلتان بسرعتين متساويتين كل منهما في اتجاه الأخرى، فكيف تكون حركتهما إذا التحمتا معًا بعد التصادم؟

#### تطبيق الرياضيات

٥. الزخم ما زخم كتلة مقدارها ١ كجم، إذا تحركت بسرعة متجهة ٥ م/ث غربًا؟
٦. حفظ الزخم اصطدمت كرة كتلتها ١ كجم كانت تتحرك بسرعة متجهة ٣ م/ث شرقًا بكرة أخرى كتلتها ٢ كجم فتوقفت. إذا كانت الكرة الثانية ساكنة قبل التصادم فاحسب سرعتها المتجهة بعد التصادم.

#### الخلاصة

##### الكتلة والقصور الذاتي

- القصور الذاتي هو ميل الجسم إلى مقاومة أي تغيير في حالته الحركية، ويزداد القصور الذاتي بزيادة كتلة الجسم.

##### الزخم (كمية الحركة)

- يرتبط زخم جسم متحرك مع درجة صعوبة إيقافه، ويمكن حسابه بالمعادلة الآتية:  $x = ك ع$
- يكون اتجاه زخم جسم ما في اتجاه سرعته المتجهة نفسها.

##### حفظ الزخم

- ينص قانون حفظ الزخم على أن الزخم الكلي لمجموعة من الأجسام يبقى ثابتًا ما لم تؤثر قوى خارجية في المجموعة.
- عندما يتصادم جسمان فإما أن يدفع أحدهما الآخر، أو يلتصق الجسمان معًا.

ج1: عند اصطدام المضرب بالكرة ينتقل جزء من زخم المضرب إلى الكرة فتتحرك الكرة

ج2: لا، لأن الزخم يعتمد على السرعة المتجهة التي لها اتجاهها لكن المسار الدائري يتغير فيه الاتجاه باستمرار

ج3: يقل زخم كرة البلياردو عندما تدرج على الطاولة لأن سرعتها المتجهة تقل بسبب احتكاكها بالطاولة

ج4: يكون الزخم قبل التصادم - الزخم بعد التصادم

الزخم قبل التصادم - صفرًا لأن ك ١ ع ١ = - ك 2 ع 2

لذلك فإن الزخم قبل التصادم = ك ١ ع ١ + ك 2 ع 2 = صفر

إذا الزخم بعد التصادم = صفر لذا عند التهام الكرتين معاً تتوقف الكرة

ج5: خ = ك = ع = 0.1 كجم × 5 م/ث غرباً = كجم . م / ث غرباً

ج6: الزخم قبل التصادم = (1 كجم × 3 م / ث شرقاً) + (2 كجم × 0 م / ث)

الزخم قبل التصادم = 3 كجم . م / ث شرقاً

الزخم قبل التصادم = الزخم بعد التصادم

3 كجم . م / ث شرقاً = (1 كجم × 0 م/ث) + (2 × ع)

ع = 1.5 م / ث شرقاً

## اختبارات الأمان في السيارات



### سؤال من واقع الحياة

تخيل نفسك مصمم سيارات، كيف يمكنك أن تصنع تصميمًا لسيارة جذابة وسريعة وآمنة؟ عندما تصطدم السيارة بجسم آخر فإن القصور الذاتي للركاب يقيهم متحركين، كيف تحمي ركاب سيارتك من أثر هذا التصادم؟

### الأهداف

- تَرْكِب سيارة سريعة.
- تصمّم سيارة آمنة، تكفي لحماية بيضة بلاستيكية من تأثير القصور الذاتي عند تحطم السيارة.

### تكوين فرضية

طور فرضية حول كيفية تصميم سيارة يمكنها نقل بيضة بلاستيكية، بسرعة وأمان، عبر مسار خاص، ثم تنحطم في النهاية.

### المواد والأدوات

صينية خفيفة من البوليسترين، كأس من البوليسترين، ماصة عصير، دبابيس مختلفة، لاصق، بيضة بلاستيكية.

### اختبار فرضية

#### تصميم خطة

١. تأكد من اتفاق طلاب مجموعتك معك على صياغة الفرضية.

٢. ارسم مخططًا لتصميمك، وجاهز قائمة بالأدوات والمواد اللازمة، تأكد أنه لجعل السيارة تتحرك بسهولة يجب أن تدخل الماصة الصغيرة في الماصة الكبيرة

### إجراءات السلامة

#### تحذير

تحذير: وهر لعينيك العممية من الأجسام المتطايرة.



## استخدام الطرائق العلمية

٣. في أثناء قيام زملائك الآخرين في المجموعة بوضع تفاصيل القائمة، قم أنت باختبار فرضياتك.
٤. اجمع المواد اللازمة لإنجاز تجربتك.

### تنفيذ الخطة

١. تأكد أن معلمك قد وافق على خطتك قبل أن تبدأ التنفيذ، وخذ بعين الاعتبار أي اقتراح يضيفه معلمك إلى خطتك.

٢. كما خططت لها.

٣. سجل النتائج وتأملها في

٤. تأمل النتائج وتأملها، بما في ذلك التحسينات التي تنوي إدخالها على تصميمك.

### تأمل البيانات

١. قارن تصميمك للسيارة، مع تصاميم طلاب المجموعات الأخرى. ما الذي جعل تصميم السيارات أسرع، والأخرى أبطأ؟

٢. قارن تصميمك للسيارة، مع تصاميم طلاب المجموعات الأخرى. ما الذي جعل تصميمك للسيارة أكثر أماناً في السيارتين الأخرى؟ وكيف تحسن جوانب النقص في تصميمك؟

٣. توقع ما أثر تخفيض السرعة في سيارتك على سلامة اليبضة؟

### الاستنتاج والتطبيق

١. نخص كيف يمكنك عمل أفضل تصميم للسيارة يساعد على توفير الحماية لليبضة؟
٢. طبق لو كنت مصمم سيارات حقا، فما الذي تقدمه لتوفير حماية أكبر للركاب من حوادث الوقوف المفاجيء؟

### تواصل

#### بياناتك

اكتب قصة تصف فيها الطرائق التي تصمم بها سيارة لتحمي ركبها بكفاءة، وضمن ذلك الرسوم التوضيحية الضرورية.

## ما يلهمك يعود إليك قطعة البوميرنج

تجتمع أحياناً مجموعة من الناس في أستراليا على أرض مستوية مفتوحة، فيتقدم أحدهم خطوة إلى الأمام، وبحركة خاطفة يقذف قطعة خشبية مقوّسة، تنطلق محلقة في الهواء، ثم تعود بعد ذلك إلى يد مطلقها. ثم يتقدم آخر ليقذف هذه القطعة من جديد، ويليه ثالث.. وهكذا تمتد المنافسة طيلة اليوم.

هذه المنافسة تتم بإلقاء ما يسمى البوميرنج (Boomerangs)، وهي قطعة خشبية منحوتة بدقة، وبسبب شكلها هذا فإنها تعود إلى يد من أطلقها. يعود هذا التصميم المدهش إلى ١٥٠٠٠ سنة خلت. ويعتقد العلماء أنّ البوميرنج طوّر عن هراوة صغيرة كانت تُستخدم لتدويخ الحيوانات ثم قتلها لأجل الطعام. وكانت الهراوات ذات الأشكال المختلفة تحلّق بطرائق مختلفة، ومع الزمن تطور شكلها حتى أصبحت على الصورة الموجودة اليوم.

وللبوميرنج أشكال متعددة، غير أنها تشترك معاً في صفات عدّة. منها أن البوميرنج يُشكل ليحاكي جناح الطائرة، فأحد أطرافه مستوٍ والآخر محدّب. ومنها أيضاً أن البوميرنج مقوّس، وهذا ما يجعله يدور حول نفسه في أثناء تحليقه. هاتان الصفتان تحددان الديناميكا التي تُعطي البوميرنج مسار التحليق الفريد الخاص به.

ويبقى البوميرنج مصدرًا للإثارة لمئات السنين، منذ بداية استخدامه أداة للصيد وإلى اليوم، حيث يُستخدم في البطولات العالمية.



**تصميم** يُصنع البوميرنج من مواد مختلفة. ابحث لتعرف كيفية صناعة البوميرنج. وبعد أن تصنع واحداً منه ويصنع زميلك آخر تنافسا معاً في قذفهما.

العلوم  
عبر المواقع الإلكترونية  
ابحث: ارجع إلى الموقع الإلكتروني  
www.obeikaneducation.com

## مراجعة الأفكار الرئيسية

### الدرس الأول الحركة

١. يعتمد موضع جسم ما على نقطة الإسناد المختارة.
٢. يكون الجسم في حالة حركة إذا تغير موضعه.
٣. مقدار سرعة جسم يساوي المسافة التي قطعها مقسومة على الزمن:

$$v = \frac{(x - x_0)}{t}$$

### الدرس الثالث الزخم والتصادمات

١. يساوي الزخم حاصل ضرب كتلة الجسم في سرعته.
٢. يتنقل الزخم من جسم إلى آخر في أثناء التصادم.
٣. بالرجوع إلى مبدأ حفظ الزخم، لا يتغير الزخم الكلي لمجموعة من الأجسام حتى تؤثر في النظام قوة خارجية.
٤. السرعة المتجهة لجسم تتضمن سرعة الجسم واتجاه حركته.
٥. يمكن تمثيل حركة جسم ما بمنحنى المسافة-الزمن.

### الدرس الثاني التسارع

١. التسارع هو مقدار التغير في السرعة المتجهة للجسم.

## تصور الأفكار الرئيسية



انسخ الجدول الآتي في دفترك ثم أكمله

وصف الحركة		
الاتجاه	التعريف	الكمية
لا يوجد	طول المسار الذي تحرك عليه الجسم	المسافة
	مقدار واتجاه التغير في موقع الجسم	الإزاحة
لا يوجد		السرعة
	معدل التغير في موقع الجسم واتجاهه	السرعة المتجهة
		التسارع
نعم		الزخم

الكمية	التعريف	الاتجاه
المسافة	طول المسار الذي تحرك عليه الجسم.	لا يوجد
الإزاحة	مقدار واتجاه التغير في موضع الجسم.	نعم
السرعة	المسافة التي يقطعها جسم ما في وحدة الزمن.	لا يوجد
السرعة المتجهة	معدل التغير في موقع الجسم واتجاهه.	نعم
التسارع	التغير في سرعة الجسم المتجهة مقسوما على الزمن الذي حدث فيه هذا التغير.	نعم
الزخم	حاصل ضرب كتلة الجسم في سرعته المتجهة.	نعم



## استخدام المعطيات

وضح العلاقة بين كل زوج من المفاهيم الآتية:

١. السرعة - السرعة المتجهة

٢. السرعة المتجهة - التسارع

٣. التسارع الموجب - التسارع السالب

٤. السرعة المتجهة - الزخم

٥. الزخم - قانون حفظ الزخم

٦. الكتلة - الزخم

٧. الزخم - القصور الذاتي

٨. السرعة المتوسطة - السرعة اللحظية

## تثبيت المفاهيم

اختر الكلمة أو الجملة المناسبة لكل سؤال:

٩. ما الذي يعتبر عن كمية المادة في الجسم؟

أ. السرعة

ب. التسارع

ج. الوزن

د. الكتلة

١٠. أي مما يأتي يساوي السرعة؟

أ. التسارع + الزمن

ب. التغير في السرعة المتجهة + الزمن

ج. المسافة + الزمن

د. الإزاحة + الزمن

١١. أي الأجسام الآتية لا يتسارع؟

أ. طائرة تطير بسرعة ثابتة.

ب. دراجة تخفض سرعتها للوقوف.

ج. طائرة في حالة إقلاع.

د. سيارة تنطلق في بداية سباق.

١٢. أي مما يأتي يعبر عن التسارع؟

أ. ٥ م شرقاً

ب. ١٥ م / ث شرقاً

ج. ٢٥ م / ث<sup>٢</sup> شرقاً

د. ٣٢ م / ث<sup>٢</sup> شرقاً

١٣. علام يدل المقدار ١٨ سم / ث شرقاً؟

أ. سرعة

ب. سرعة متجهة

ج. تسارع

د. كتلة

١٤. ما العبارة الصحيحة عندما تكون السرعة المتجهة

والتسارع في الاتجاه نفسه؟

أ. تبقى سرعة الجسم ثابتة.

ب. يتغير اتجاه حركة الجسم.

ج. تزداد مقدار سرعة الجسم.

د. يتباطأ الجسم.

١٥. أي مما يأتي يساوي التغير في السرعة المتجهة مقسوماً

على الزمن؟

أ. السرعة

ب. الإزاحة

ج. الزخم

د. التسارع

١٦. إذا سافرت من مدينة إلى أخرى تبعد عنها مسافة ٢٠٠ كم،

واستغرقت الرحلة ٢,٥ ساعة، فما متوسط سرعة الحافلة؟

أ. ٨٠ كم / س

ب. ١٢,٥ كم / س

ج. ٨٠ كم / س

د. ٥٠٠ كم / س

١٧. ضربت كرة البلياردو البيضاء كرة أخرى ساكنة

فتباطأت. ما سبب تباطؤ الكرة البيضاء؟

أ. أن زخم الكرة البيضاء موجب.

ب. أن زخم الكرة البيضاء سالب.

ج. أن الزخم انتقل إلى الكرة البيضاء.

د. أن الزخم انتقل من الكرة البيضاء.

## التفكير الناقد

١٨. قمر ركضت مسافة ١٠٠ م في زمن مقداره ٢٥ ث. ثم

ركضت المسافة نفسها في زمن أقل، هل زاد مقدار

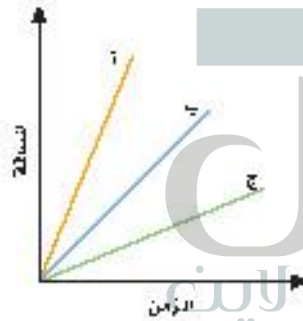
سرعتها المتوسطة أم قل؟ فسر ذلك.

## أنشطة تقويم الأداء

٢٣. اعرض صنف مضمار سباق، وحدد القوانين التي تحدد أنواع الحركة المسموح بها. وضح كيف تقيس كلا من المسافة والزمن؟ ثم احسب مقدار السرعة بدقة.

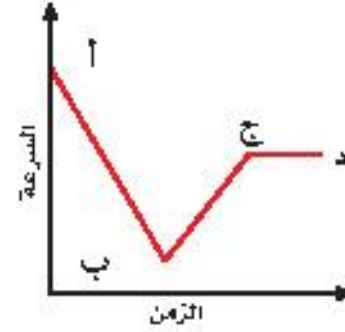
## تطبيق الرياضيات

٢٤. المسافة المقطوعة تحركت سيارة نصف ساعة، بسرعة مقدارها ٤٠ كم/س. احسب مقدار المسافة التي قطعها السيارة؟ استخدم الرسم البياني الآتي للإجابة عن السؤال ٢٥.



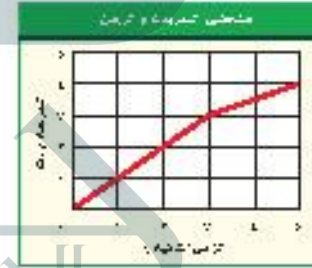
٢٥. السرعة من المنحنى البياني، حدد أي الأجسام (أ، ب، ج) يتحرك بسرعة أكبر، وأيها بسرعة أقل؟

استعن بالرسم البياني للإجابة عن السؤال ١٩.



١٩. يبين المنحنى أعلاه علاقة السرعة - الزمن لحركة سيارة. خلال أي جزء من الرسم يكون تسارع السيارة صفراً؟

استعن بالرسم البياني للإجابة عن السؤالين ٢٠، ٢١.



٢٠. قارن بالرجوع إلى حركة الجسم الموضح في الرسم البياني، قارن بين تسارع الجسم في الفترة الزمنية (٠ ث إلى ٣ ث) والفترة الزمنية (٣ ث إلى ٥ ث).

٢١. احسب تسارع الجسم في الفترة الزمنية من صفر وحتى ٣ ث.

٢٢. احسب إزاحتك إذا تحركت مسافة ١٠٠ متر شمالاً، و٢٠ مترًا إلى الشرق، و٣٠ مترًا إلى الجنوب، و٥٠ مترًا إلى الغرب، ثم ٧٠ مترًا إلى الجنوب.

ج1: كلاً منهما يقيس معدل الزمني للتغير في الموضع ولكن السرعة المتجهة تتضمن الاتجاه

ج2: السرعة المتجهة: هي المعدل الزمني للتغير في الموضع ويتضمن الاتجاه

التسارع: هو المعدل الزمني للتغير في السرعة المتجهة ويتضمن أيضاً الاتجاه

ج3: التسارع الموجب: هو زيادة السرعة بالنسبة للزمن

التسارع السالب: هو نقصان السرعة بالنسبة للزمن

ج4: الزخم: هو حاصل ضرب الكتلة في السرعة المتجهة وكلما زادت السرعة المتجهة زاد الزخم

ج5: ينص قانون حفظ الزخم على أن الزخم الكلي لمجموعة الأجسام هو نفسه قبل التصادم وبعده إلا إذا

أثرت قوة خارجية في الأجسام

ج6: الزخم: هو حاصل ضرب السرعة المتجهة في الكتلة وكلما زادت الكتلة زاد الزخم أما الكتلة فهي مقياس

للقصور

ج7: الجسم له دائماً قصور ذاتي ولكنه ليس له زخم إلا إذا تحرك وكلاً من القصور والزخم يبين مدى صعوبة

تغيير الحالة الحركية للجسم

ج8: كلاً من السرعة المتوسطة والسرعة اللحظية تقيس المعدل الزمني للتغير في الموضع ولكن

السرعة اللحظية: تعطي قيمة السرعة عند لحظة معينة أما السرعة المتوسطة: فتعطي متوسط السرعات

اللحظية خلال زمن محدد أو مسافة معينة

ج18: تزداد مقدار السرعة المتوسطة لأن المسافة نفسها تقسم على زمن أقل فإن السرعة تزداد

ج19: خلال الخط الأفقي يكون تسارع السيارة صفرًا

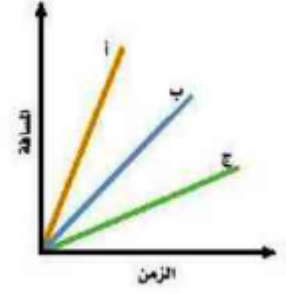
ج20: في الفترة الزمنية من صفر إلى 3 ثوان يزداد تسارع الجسم أكثر منه في الفترة الزمنية من 3 ثوان إلى 5

ثواني حيث يقل تسارع الجسم ففي الفترة الزمنية الأولى يكون ميل الخط أكبر منه في الفترة الزمنية الثانية

ج21: في الفترة الزمنية من صفر يكون التسارع =  $(3 - 0) \div 3 = 1$  م / ث<sup>2</sup>

ج22: 30 متراً غرباً

ج24: المسافة = السرعة × الزمن = 40 كم / س × 2/1 ساعة = 20 كم



ج25:

الجسم أ يتحرك بسرعة أكبر بينما الجسم ج يتحرك بسرعة أقل





الفكرة العامة

تتغير حركة الجسم عندما تؤثر فيه قوى غير متزنة.

الدرس الأول

القانونان الأول والثاني لنيوتن

في الحركة

الفكرة الرئيسية لا تتغير حركة الجسم عندما تكون القوة المحصلة المؤثرة فيه صفرًا. وتسارع الجسم يساوي ناتج قسمة القوة المحصلة على كتلته.

الدرس الثاني

القانون الثالث لنيوتن

الفكرة الرئيسية تؤثر القوى في صورة أزواج تتساوى مقدارًا، وتتعاكس اتجاهًا.

# القوة وقوانين نيوتن

## حركة زاحفة ببطء

تتحرك العربات الضخمة متحركة ببطء، لتتحرك مكوك الفضاء نحو منصة الإقلاع. وتبلغ كتلة العربة الزاحفة ومكوك الفضاء معًا، ٧٧٠٠٠٠٠٠ كجم تقريبًا. ولتحريك العربة الزاحفة بسرعة ١,٥ كم/س تلزم قوة مقدارها ١٠٠٠٠٠٠٠ نيوتن تقريبًا. وهذه القوة ينتجها ١٦ محركًا كهربائيًا.

دفتري العلوم  
صفت ثلاثة أمثلة على دفع جسم ما أو سحبه، موضحة كيف يتحرك الجسم؟

سحب الونش للأجسام الثقيلة: يعمل الونش برفع الأجسام الثقيلة مثل السيارات إلى أماكن أخرى  
المصعد الكهربائي: يتحرك المصعد الكهربائي لأعلى، دفع كرة الجولف

# نشاطات تمهيدية

قوانين نيوتن اعمل المطوية الآتية  
لتُساعدك على تنظيم أفكارك حول  
قوانين نيوتن.

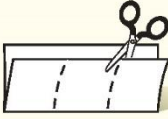
## المطويات منظمات الأفكار

**الخطوة ١** اطو ورقة من منتصفها طولياً، بحيث تكون  
حافتها الخلفية أقصر من الأمامية ٥ سم.



**الخطوة ٢** دوّر الورقة عرضياً، ثم اطوها  
ثلاثة أجزاء.

**الخطوة ٣** افتح الورقة، وقصّ الطبقة العليا على طول  
الحواف، ليُصبح لديك ثلاثة أجزاء.



**الخطوة ٤** اكتب عنوان المطوية كما في الشكل أدناه:



اعمل خريطة مفاهيمية في أثناء قراءتك للفصل، واكتب  
المعلومات التي تعلمتها عن قوانين نيوتن الثلاثة في  
خريطتك المفاهيمية.

## تجربة استدلالية

### القوى والحركة

تخيّل نفسك في فريق، تتزلّجون نحو أسفل ممر  
جليدي. تؤثر في المزلّاج قوى الجليد ومكابح  
المزلّاج ونظام توجيه المزلّاج والجاذبية. باستخدام  
قوانين نيوتن يمكننا أن نتوقع كيف تؤثر هذه القوى  
في انعطاف المزلّاج، أو تزايد سرعته، أو تناقصها؛  
إذ نخبرنا قوانين نيوتن كيف تسبّب القوى تغيير  
حركة الأجسام.

١. اعمل سطحاً مائلاً باستخدام ثلاثة كتب لتسند  
إليها مسطرتين خشبيتين متوازيتين، على أن  
تفصلهما مسافة أقل قليلاً من قطر كرة زجاجية  
صغيرة. كما في الشكل.
٢. ضع الكرة الزجاجية أسفل الفراغ بين  
المسطرتين، ثم انقرها لترتفع إلى أعلى  
السطح. ثم قس أعلى مسافة تصل إليها.
٣. كرّر الخطوة السابقة مستخدماً كتابين، ثم  
كتاباً واحداً، ثم من غير كتب، مع الحفاظ على  
مقدار القوة نفسه المستخدم في كل مرة.
٤. التفكير الناقد: اعمل جدولاً ودوّن فيه  
المسافات التي تصل إليها الكرة على السطح  
المائل لكل ميل جديد للسطح. ماذا يمكن أن  
يحدث لو كان السطح أملس ومستويًا تمامًا؟



# أتهياً للقراءة

## المقارنة

١ **أتعلم** يقوم القارئ الجيد بالمقارنة والتمييز بين المعلومات في أثناء قراءته. وهذا يعني النظر إلى أوجه الشبه والاختلاف، مما يساعده على تذكر الأفكار المهمة. ابحث عن المفردات أو الحروف التي تثل على أن النص يُشير إلى تشابه أو اختلاف:

كلمات المقارنة والتشبيه	
للمشابهة	للاختلاف
مثل	لكن
أيضاً	أو
مشابهة	بخلاف ذلك
في الوقت نفسه	بينما
بمطابقة مماثلة	أما
	ومن جهة أخرى / في المقابل

٢ **أدرب** اقرأ النص الآتي، ثم لاحظ كيف اسعمل المؤلف مفردات المقارنة لتوضيح الاختلاف بين الوزن والكتلة.

عندما تقف على الميزان المنزلي فإنك تقيس مقدار قوة جذب الأرض لجسمك؛ أما الكتلة فهي مقدار ما في الجسم من مادة، وتقاس بالكيلوجرام. وكتلة جسم ما ثابتة لا تتغير بتغير المكان، ولكن الوزن يتغير بتغير المكان. صفحة ١١٢.

٣ **أطبق** بين الاختلاف والشبه والاختلاف بين الاحتكاك الانزلاقي صفحة ١١٢ ومقاومة الهواء صفحة ١٢٠ من خلال قراءة هذا الفصل.

## إرشاد

في أثناء القراءة، استخدم مهارات أخرى، مثل التلخيص والتواصل، لتساعدك على فهم المقارنة.

### توجيه القراءة وتركيزها

ركز على الأفكار الرئيسة عند قراءة الفصل باتباعك ما يأتي:

#### ١ قبل قراءة الفصل

أجب عن العبارات في ورقة العمل أدناه:

- اكتب (م) إذا كنت موافقاً على العبارة.
- اكتب (غ) إذا كنت غير موافق على العبارة.

#### ٢ بعد قراءة الفصل

ارجع إلى هذه الصفحة لترى إذا كنت قد غيرت رأيك حول أي من هذه العبارات.

- إذا غيرت إحدى الإجابات فبين السبب.
- صحّح العبارات غير الصحيحة.
- استرشد بالعبارات الصحيحة والمصححة أثناء دراستك.

بعد القراءة م أو غ	العبارة	قبل القراءة م أو غ
	١. عندما يتحرك الجسم فهو يقع تحت تأثير قوى غير متزنة.	
	٢. عندما تقفز إلى أعلى في الهواء تؤثر الأرض بقوة في جسمك.	
	٣. القوة إما سحب أو دفع.	
	٤. لا تسحب الجاذبية الأرضية رائد الفضاء في أثناء وجوده في مدار حول الأرض.	
	٥. لا بد أن تتلامس الأجسام معاً؛ حتى يؤثر بعضها في بعض بقوى.	
	٦. الجسم الذي يتحرك في مسار دائري بسرعة ثابتة مقداراً لا يتسارع.	
	٧. قوة الفعل وقوة رد الفعل قوتان تلغي كل منهما الأخرى، لأنهما متساويتان مقداراً ومتعاكستان اتجاهًا.	
	٨. تسحب الجاذبية كافة الأجسام التي لها كتلة.	
	٩. قد يكون الجسم الساكن واقعًا تحت تأثير قوى عديدة.	



# القانونان الأول والثاني لنيوتن في الحركة

## فيم هذا الدرس

### الأهداف

- تميّز بين القوى المتزنة والقوى المحصّلة.
- تذكر نص القانون الأول لنيوتن.
- تفسّر كيفية تأثير الاحتكاك في الحركة.
- تشرح نص القانون الثاني لنيوتن.
- تفسّر أهمية اتجاه القوة.

### الأهمية

- القوى تغير من الحالة الحركية للأجسام.

### مراجعة المفردات

- السرعة المتجهة: مقدار واتجاه سرعة حركة جسم.
- الكيلوجرام: وحدة الكتلة في النظام الدولي للوحدات ويرمز لها بالرمز كجم.
- التسارع: التغير في السرعة المتجهة مقسومًا على زمن هذا التغير.

### المفردات الجديدة

- القوة
- نيوتن في الحركة
- القوة المحصّلة
- قوة الاحتكاك
- القوى المتزنة
- القانون الثاني
- القوى غير المتزنة
- نيوتن في الحركة
- الوزن
- القانون الأول
- مركز الكتلة

### القوة

إذا وضعت كرة على سطح الأرض فإنها تبقى ساكنة في مكانها ولا تتحرك، إلا إذا ضربتها بقدمك. وكذلك الكتاب الموجود على مكتبك، يبقى ساكنًا ما لم ترفعه بيدك. وإذا تركت الكتاب بعد رفعه فإن قوة الجاذبية الأرضية تسحبه في اتجاه الأسفل. تلاحظ في كل حالة من الحالات السابقة أن حركة الكرة أو الكتاب تغيرت بفعل مؤثر سحب أو دفع. أي أن الأجسام تتسارع أو تتباطأ أو تغير اتجاه حركتها فقط عندما يؤثر فيها مؤثر سحب أو دفع.

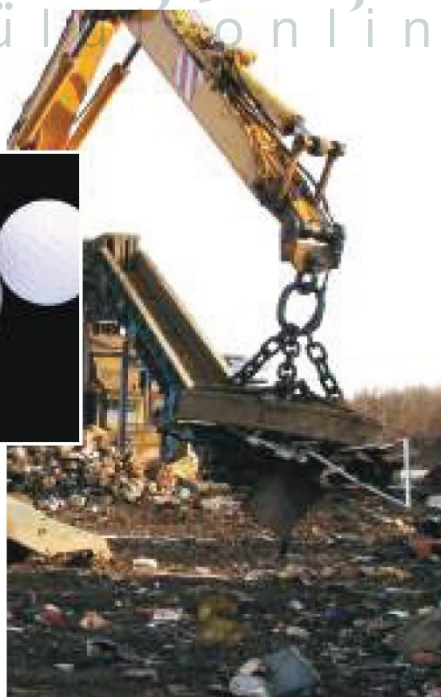
إن هذا المؤثر الذي يعمل على تغيير حركة الأجسام يُطلق عليه اسم **القوة** Force. والقوة إما دفع أو سحب. ويبين الشكل ١ أنه عندما تقذف كرة جولف فإنك تؤثر فيها بقوة، فتتسارع الكرة مبتعدة عن المضرب. وتعمل القوة كذلك على تغيير اتجاه حركة الكرة؛ فبعد أن تغادر الكرة المضرب ينحني مسارها إلى أسفل لتعود ثانية إلى الأرض بتأثير قوة الجاذبية الأرضية التي تسحب الكرة إلى أسفل وتغير اتجاه حركتها. وعندما تصطدم الكرة بالأرض تؤثر فيها الأرض بقوة فتوقفها.

الشكل ١ القوة سحب أو دفع.

يسحب المغناطيس في الرافعة قطعًا فلزية محطمة (خردة) إلى أعلى.



بعد دفع كرة الجولف بالمضرب تتبع مسارًا منحنيًا في اتجاه الأرض.





يُغلق هذا الباب لأن القوة التي تعمل على إغلاقه أكبر من القوة التي تعمل على فتحه. وهذا الباب لن يتحرك لأن القوتين متساويتان مقدارًا، وتؤثر كل منهما في اتجاه معاكس لاتجاه الأخرى.

عندما تكون القوى المؤثرة في الجسم متوازنة لا يحدث تغيير في الحركة، يحدث تغير فقط عندما تؤثر قوى غير متزنة على الجسم.

#### الشكل ٢

وتؤثر القوى بطرائق مختلفة؛ فمثلاً يمكن تحريك مشبك ورق بواسطة قوة مغناطيسية، أو سحبه بواسطة قوة الجاذبية الأرضية، أو بواسطة قوة من تأثيرك عندما تلتقطه. كل هذه أمثلة على القوى التي قد تؤثر في مشبك الورق.

**جمع القوى** من الممكن أن تؤثر أكثر من قوة في جسم ما. فعلى سبيل المثال، إذا أمسكت مشبك ورق بيدك بالقرب من مغناطيس فإن المشبك يتأثر بقوتك وقوة جذب المغناطيس وقوة الجاذبية الأرضية. يسمى مجموع القوى المؤثرة في جسم ما **القوة المحصلة** Net Force. إن القوة المحصلة هي التي تحدد كيفية تغير حركة جسم عندما تؤثر فيه أكثر من قوة. وعندما تتغير حركة الجسم فإن سرعته المتجهة تتغير أيضاً؛ وهذا يعني أن الجسم يتسارع.

والآن كيف تجمع القوى لتعطي القوة المحصلة؟ إذا كانت القوى في اتجاه واحد فإنها تجمع معاً لتكون القوة المحصلة. أما إذا أثرت قوتان في اتجاهين متعاكسين فإن القوة المحصلة تساوي الفرق بينهما، ويكون اتجاهها في اتجاه القوة الكبرى.

**القوى المتزنة وغير المتزنة** من الممكن أن تؤثر قوة في جسم ما، ولا تسبب تسارعه إذا ألغيت قوى أخرى دفع أو سحب القوة الأولى. انظر الشكل ٢. إذا كنت تدفع باباً بقوة، وكان زميلك يدفع الباب نفسه بقوة مماثلة في الاتجاه المعاكس فلن يتحرك الباب؛ لأن القوتين متعاكستان، وتُلغى إحداها أثر الأخرى.

فإذا أثرت قوتان أو أكثر في جسم وألغى بعضها أثر بعض، ولم تحدث تغييراً في السرعة المتجهة للجسم فإن هذه القوى تسمى **قوى متزنة** Balanced Forces. وفي هذه الحالة تكون القوة المحصلة صفراً. أما إذا لم تكن القوة المحصلة صفراً تكون القوى **قوى غير متزنة** Unbalanced Forces. وفي هذه الحالة لا تلغي القوى بعضها أثر بعض، وتتغير السرعة المتجهة للجسم.

## القوة والقانون الأول لنيوتن في الحركة

لو أنك دفعت كتاباً على سطح طاولة أو على أرض الغرفة فإنه ينزلق، ثم لا يلبث أن يتوقف. وكذلك لو ضربت كرة جولف فإنها تصطدم بالأرض وتتدحرج، ثم لا تلبث أن تتوقف. ويبدو من هذين المثالين أن أي جسم تحركه يتوقف بعد فترة. وربما تستنتج من ذلك أنه يلزم أن نؤثر بقوة وبصورة مستمرة في أي جسم نريد أن يستمر في حركته. وهذا الاستنتاج في الواقع غير صحيح.

أعطت أفكار جاليليو العالم الإنجليزي نيوتن (١٦٤٢-١٧٢٧م) فهمًا أفضل لطبيعة الحركة؛ فقد فسّر نيوتن حركة الأجسام في ثلاثة قوانين، سميت باسمه. يصف القانون الأول لنيوتن حركة جسم عندما تكون القوة المحصلة المؤثرة فيه صفراً. وينص **القانون الأول لنيوتن في الحركة** Newton's First Law of Motion على أنه إذا كانت القوة المحصلة المؤثرة في جسم ما تساوي صفراً فإنه يبقى ساكناً. وإذا كان الجسم متحركاً فإنه يبقى متحركاً في خط مستقيم بسرعة ثابتة.

## الاحتكاك

أدرك جاليليو أيضاً أن حركة جسم ما لا تتغير حتى تؤثر فيه قوة غير متزنة. وأنت ترى يومياً أجساماً متحركة تتوقف. فما القوة التي أدت إلى إيقافها؟ إن القوة المسؤولة عن ذلك - والتي تجعل جميع الأجسام تقريباً تتوقف عن الحركة - هي **قوة الاحتكاك** Friction. وهي قوة ممانعة تنشأ بين سطوح الأجسام المتلامسة، وتقاوم حركة بعضها



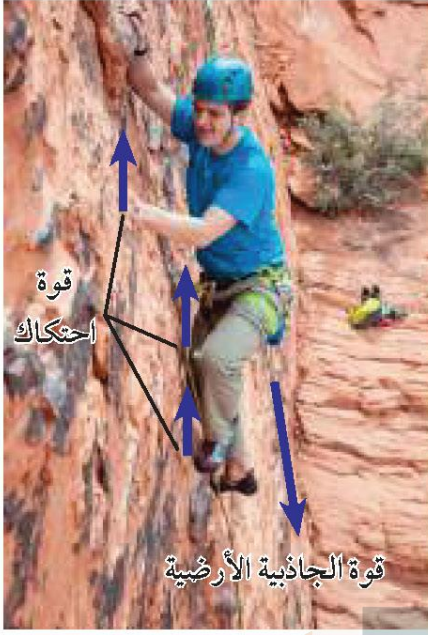
**الميكانيكا الحيوية** تؤثر قوى في أجزاء جسمك المختلفة سواء كنت تركض أو تقفز أو كنت جالساً. والميكانيكا الحيوية هي دراسة كيف يؤثر الجسم بقوى، وكيف يتأثر بالقوى المؤثرة فيه. ابحث في كيفية الاستفادة من الميكانيكا الحيوية للتقليل من إصابات العمل.

اكتب في دفتر العلوم فقرة حول ما تعلمته.



## العالم جاليليو

كان العالم الإيطالي جاليليو جاليلي (١٥٦٤-١٦٤٢م) من أوائل العلماء الذين أدركوا أنه ليس من الضروري أن تؤثر قوة باستمرار في جسم حتى يستمر في حركته.



من دون قوة الاحتكاك ستزلق قدما متسلق الصخور ولا يستطيع التسلق.



تبطئ قوة الاحتكاك اللاعب المتزلق على الأرض

**الشكل ٣** عندما يتحرك جسمان أحدهما تماس للآخر، فإن قوة الاحتكاك تمنع حركتهما أو تبطئ منها.

بالنسبة إلى بعض، كما هو مبين في الشكل ٣. وبسبب قوة الاحتكاك، لا ترى جسمًا يتحرك بسرعة متجهة ثابتة، إلا مع وجود قوة محصلة تؤثر فيه باستمرار. كما تؤثر قوة الاحتكاك أيضًا في الأجسام التي تنزلق أو تتحرك خلال مواد، منها الهواء أو الماء.

وعلى الرغم من وجود عدة أشكال لقوة الاحتكاك إلا أنها تشترك جميعًا في أنها تعمل على مقاومة انزلاق جسم يتحرك على سطح جسم آخر. حرك يدك فوق سطح الطاولة، ستشعر بقوة الاحتكاك. غير اتجاه حركة يدك، ستلاحظ تغير اتجاه قوة الاحتكاك. إن قوة الاحتكاك تعمل دائمًا على إنقاص سرعة الأجسام المتحركة.

إن فهم الحركة استغرق وقتًا طويلاً؛ وذلك لعدة أسباب، منها: عدم إدراك الناس لسلوك الاحتكاك، وأن الاحتكاك قوة. وقد اعتقدوا أن الحالة الطبيعية للأجسام هي السكون؛ لأن الأجسام المتحركة تتوقف في النهاية، وأنه لاستمرار حركة جسم فإنه يلزم التأثير فيه بقوة سحب أو دفع بشكل مستمر، وعند توقف القوة عن التأثير فإن الجسم يتوقف.

أدرك جاليليو أن الحركة المستمرة حالة طبيعية للأجسام، مثل الحالة السكونية لها، وأن الاحتكاك هو المسؤول عن نقصان سرعة جسم متحرك مسببًا توقفه في النهاية، وأنه للمحافظة على استمرار حركة جسم لا بد من التأثير بقوة للتغلب على تأثيرات قوة الاحتكاك. وإذا أمكن إزالة قوة الاحتكاك فإن الجسم المتحرك يبقى متحركًا بسرعة ثابتة، وفي خط مستقيم



### جاليليو ونيوتن

ارجع إلى المواقع الإلكترونية عبر شبكة الإنترنت لتتعرف روابط تزودك بمعلومات عن حياة كل من العالمين جاليليو ونيوتن

**نشاط** ارسم خط زمن تضع عليه الأحداث المهمة في حياة العالمين جاليليو ونيوتن.

ويوضح الشكل ٤ الحركة في حالة عدم وجود الاحتكاك.



**الشكل ٤** ينزلق قرص الهوكي على طبقة من الهواء في لعبة الهوكي الهوائية؛ لذا يكون الاحتكاك معدوماً. ويتحرك قرص الهوكي بسرعة ثابتة وبخط مستقيم بعد ضربه. **استنتج.** كيف تكون حركة قرص الهوكي في غياب طبقة الهواء؟

بسبب الاحتكاك وتحرك القرص في خط مستقيم يؤدي إلى تباطؤ حركة القرص

ما الذي المشترك بين جميع أشكال قوة الاحتكاك؟

أن جميعها تعمل على مقاومة انزلاق جسم يتحرك على سطح جسم آخر فتتسبب في إبطاء حركة الجسم

تتحرك الأجسام عندما تدفعها قوة خارجية في البداية، تتركز قوة الدفع والاحتكاك بين الثلاجة والأرض متعاكستين، وكانت القوة المحصلة لهما تساوي صفراً. ويُسمى نوع الاحتكاك الذي يمنع الأجسام من الحركة إذا أثرت فيها قوة الاحتكاك السكوني. ينشأ الاحتكاك السكوني عن تجاذب الذرات على السطوح المتلامسة، وهذا يسبب التصاق هذه السطوح عند تلامسها. وتزداد قوة الاحتكاك هذه مع ازدياد خشونة السطحين المتلامسين، وازدياد وزن الجسم المراد تحريكه. ولكي تحرك الجسم عليك أن تبذل قوة كافية لكسر الروابط التي تعمل على تلاصق السطحين المتلامسين معاً.

**تجربة عملية** الاحتكاك السكوني والاحتكاك الانزلاقي  
أرجع إلى كراسة التجارب العملية على منصة عبر



**الاحتكاك الانزلاقي (الديناميكي)** في الوقت الذي تعمل فيه قوة الاحتكاك السكوني على منع الجسم الساكن من الحركة، تعمل قوة الاحتكاك الانزلاقي على تقليل سرعة الجسم المنزلق. فإذا دفعت جسمًا على أرضية غرقة فسوف يؤثر الاحتكاك الانزلاقي فيه في عكس اتجاه حركته. وإذا توقفت عن دفعه فسيؤدي الاحتكاك الانزلاقي إلى توقف الجسم عن الحركة، ولكي يستمر الجسم في حركته عليك الاستمرار في دفعه. ويعود سبب الاحتكاك الانزلاقي إلى خشونة السطوح المتلامسة، كما هو موضح في الشكل ٥. وتميل السطوح إلى الالتصاق ببعضها البعض في مواقع تلامسها. وعندما ينزلق سطح فوق آخر تتكسر الروابط بين السطحين، وتتشكل روابط أخرى جديدة، وهذا ما يسبب الاحتكاك الانزلاقي. ويجب بذل قوة لتحريك سطح خشن على سطح خشن آخر.

ويوضح الشكل ٤ الحركة في حالة عدم وجود الاحتكاك.



**الشكل ٤** ينزلق قرص الهوكي على طبقة من الهواء في لعبة الهوكي الهوائية؛ لذا يكون الاحتكاك معدوماً. ويتحرك قرص الهوكي بسرعة ثابتة وبخط مستقيم بعد ضربه. **استنتج.** كيف تكون حركة قرص الهوكي في غياب طبقة الهواء؟

ماذا قرأت؟ ما الشيء المشترك بين جميع أشكال قوة الاحتكاك؟

**الاحتكاك السكوني** إذا حاولت تحريك جسم ثقيل، كثلاجة مثلاً، فستلاحظ أنها لا تتحرك في البداية، ولكن إذا زدت من قوة دفعك أكثر فأكثر فستجدها قد بدأت تتحرك فجأة. عندما بدأت تدفع الثلاجة في البداية كانت قوة دفعك وقوة الاحتكاك بين الثلاجة والأرض متعاكستين، وكانت القوة المحصلة لهما تساوي صفراً. ويُسمى نوع الاحتكاك الذي يمنع الأجسام من الحركة إذا أثرت فيها قوة الاحتكاك السكوني. ينشأ الاحتكاك السكوني عن تجاذب الذرات على السطوح المتلامسة، وهذا يسبب التصاق هذه السطوح عند تلامسها. وتزداد قوة الاحتكاك هذه مع ازدياد خشونة السطحين المتلامسين، وازدياد وزن الجسم المراد تحريكه. ولكي تحرك الجسم عليك أن تبذل قوة كافية لكسر الروابط التي تعمل على تلاصق السطحين المتلامسين معاً.

**الاحتكاك الانزلاقي (الديناميكي)** في الوقت الذي تعمل فيه قوة الاحتكاك السكوني على منع الجسم الساكن من الحركة، تعمل قوة الاحتكاك الانزلاقي على تقليل سرعة الجسم المنزلق. فإذا دفعت جسمًا على أرضية غرفة فسوف يؤثر الاحتكاك الانزلاقي فيه في عكس اتجاه حركته. وإذا توقفت عن دفعه فسيؤدي الاحتكاك الانزلاقي إلى توقف الجسم عن الحركة، ولكي يستمر الجسم في حركته عليك الاستمرار في دفعه. ويعود سبب الاحتكاك الانزلاقي إلى خشونة السطوح المتلامسة، كما هو موضح في الشكل ٥. وتميل السطوح إلى الالتصاق ببعضها ببعض في مواقع تلامسها. وعندما ينزلق سطح فوق آخر تتكسر الروابط بين السطحين، وتتشكل روابط أخرى جديدة، وهذا ما يسبب الاحتكاك الانزلاقي. ويجب بذل قوة لتحريك سطح خشن على سطح خشن آخر.

**تجربة عملية** الاحتكاك السكوني والاحتكاك الانزلاقي  
اربع إلى كراسة التجارب العملية على منصة غير



## تجربة

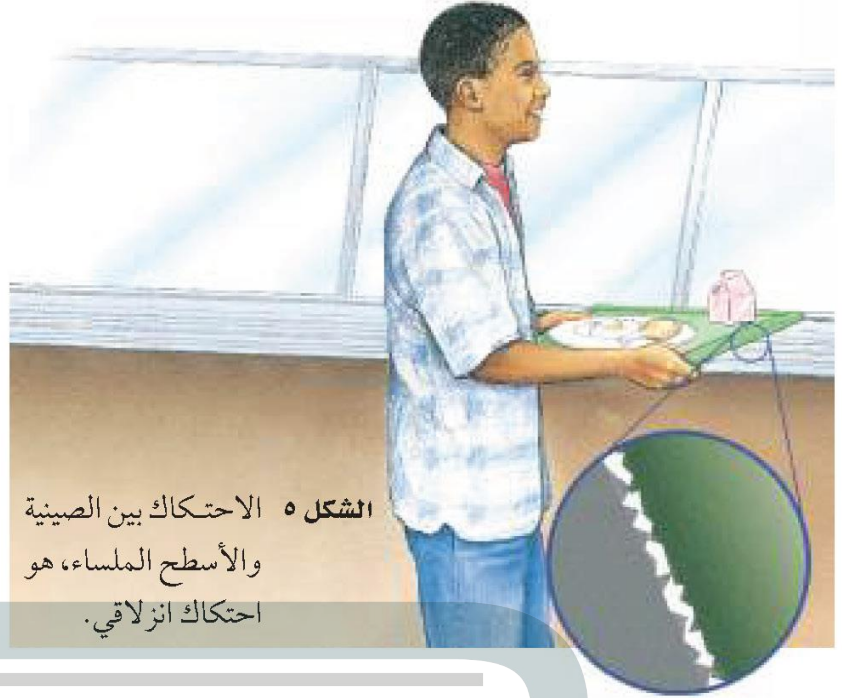
### ملاحظة الاحتكاك

#### الخطوات

1. ضع قطعة من الصابون وممحاة ومفتاحًا بعضها جانب بعض على سطح دفترتك.
2. ارفع ببطء وبثبات طرف دفترتك، ولاحظ ترتيب حركة الأجسام على الدفتر.

#### التحليل

1. أي الأجسام أعلاه كانت قوة الاحتكاك السكونية له أكبر، وأيها كانت له أقل؟ فسّر إجابتك.
2. أي الأجسام تكون سرعة انزلاقه أكبر، وأيها أقل؟ فسّر إجابتك.
3. كيف يُمكنك زيادة أو إنقاص قوة الاحتكاك بين سطحين؟



الشكل ٥ الاحتكاك بين الصينية والأسطح الملساء، هو احتكاك انزلاقي.

ويُبين الشكل ٦ كيف ينشأ الاحتكاك الانزلاقي عند احتكاك الكوابح بعجلة الدراجة.

ما الفرق بين الاحتكاك السكوني والاحتكاك الانزلاقي؟



### الاحتكاك السكوني تجعل الجسم في حالة سكون الاحتكاك الانزلاقي: تقوم بتخفيف السرعة الجسم المنزلق

عندما يدور جسم فوق سطح. وفي مثال الدراجة يكون الاحتكاك التدرجي بين إطارات الدراجة والأرض، كما يوضح الشكل ٦، مما يؤدي إلى إبطاء حركة الدراجة.

الشكل ٦ يؤثر الاحتكاك الانزلاقي والاحتكاك التدرجي في الدراجة الهوائية.

الاحتكاك الانزلاقي بين المكابح والعجلة هو الذي يؤدي إلى توقّف العجلة.

يؤثر الاحتكاك التدرجي بين الأرض وإطار العجلة عند دورانها.



تجربة:

ج1: قوة الاحتكاك السكونية للممحة أقل حيث أن حركة الممحة كانت أسرع من الصابونة والمفتاح وتكون قوة الاحتكاك السكونية للصابون أكبر حيث أن قطعة الصابون كانت أبطأهم في الحركة

التحليل:

ج1: قوة الاحتكاك السكونية للممحة كانت الأكبر لأنها انزلقت متأخراً أما الصابونة فلها أقل قوة احتكاك سكونية لأنها كانت الأسرع عند الانزلاق

ج2: تكون سرعة انزلاق الممحة هي الأكبر لأن قوة الاحتكاك بينها وبين السطح أقل أما سرعة انزلاق الصابونة هي الأقل لأن قوة الاحتكاك بينها وبين السطح أكبر

ج3: يمكن زيادة قوة الاحتكاك بضغط السطحين معا ويمكن تقليل قوة الاحتكاك بوضع مواد التشحيم بين السطحين



وعادة تكون قوة الاحتكاك التدرجي أقل كثيرًا من قوة الاحتكاك الانزلاقي للسطحين نفسيهما. وهذا يُفسّر سهولة تحريك صندوق فوق عجلات، بالنسبة لسحبه فوق سطح الأرض مباشرةً. يكون الاحتكاك التدرجي بين الإطارات والأرض أقل من قوة الاحتكاك الانزلاقي بين الصندوق والأرض.

## القانون الثاني لنيوتن في الحركة

**القوة والتسارع** في أثناء جولتك للتسوق في المراكز التجارية تحتاج إلى بذل قوة حتى تدفع العربة، أو توقفها، أو تغير اتجاهها. أيهما أسهل: إيقاف عربة ممتلئة أم فارغة، كما هو موضح في الشكل ٧؟ يحدث التسارع للجسم في كل لحظة تزداد فيها سرعته أو تقل أو يتغير اتجاه حركته. يربط القانون الثاني لنيوتن في الحركة بين محصلة القوة المؤثرة في جسم وتسارعه وكتلته. وينص القانون الثاني لنيوتن في الحركة Newton's Second Law of Motion على أن تسارع جسم ما يساوي ناتج قسمة محصلة القوة المؤثرة فيه على كتلته، ويكون اتجاه التسارع في اتجاه القوة المحصلة. وبحسب تسارع الجسم باستخدام العلاقة الآتية:

معادلة القانون الثاني لنيوتن

$$\frac{\text{القوة المحصلة (نيوتن)}}{\text{الكتلة (كجم)}} = \text{التسارع (م/ث}^2\text{)}$$

$$F = m \cdot a$$

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



الشكل ٧ القوة اللازمة لتغيير حركة جسم تعتمد على كتلته. توقع أيّ العربتين يسهل إيقافها؟

العربة التي تحمل مواد غذائية أقل وقتلتها أقل إيقافها أسهل

### نيوتن والجاذبية

العالم إسحاق نيوتن هو أول من بيّن أن الجاذبية قوة تجعل الأجسام تسقط في اتجاه الأرض وتجعل القمر يدور حول الأرض، وتجعل الكواكب تدور حول الشمس. وفي عام ١٦٨٧م نشر نيوتن كتابًا يتضمن قانون الجذب العام. يبين هذا القانون كيف نحسب قوة الجذب بين أي جسمين. وباستخدام قانون الجذب العام استطاع الفلكيون توضيح حركات الكواكب في النظام الشمسي، إضافة إلى حركات النجوم البعيدة والمجرات.

حيث:  $t$  هي التسارع،  $k$  هي الكتلة، و  $Q$  محصلة هي القوة المحصلة. ومن الممكن كتابة المعادلة السابقة على النحو الآتي:

$$\text{القوة المحصلة (نيوتن)} = \text{الكتلة (كجم)} \times \text{التسارع (م/ث}^2\text{)}$$

$$Q = k \times t$$

ما هو القانون الثاني لنيوتن؟

تسارع جسم ما يساوي ناتج قسمة محصلة القوة المؤثرة فيه

على كتلته ويكون اتجاه التسارع في اتجاه القوة المؤثرة

يساوي ١ كجم.م/ث<sup>٢</sup>. ويُعرّف ١ نيوتن بأنه مقدار القوة المحصلة التي إذا أثرت في جسم كتلته ١ كجم أكسبته تسارعًا مقداره ١ م/ث<sup>٢</sup>.

### الجاذبية

تعتبر قوة الجاذبية من أكثر القوى المألوفة لديك. فعندما تنزل تلاً بدرجتك أو بزلاجة، أو تقفز داخل بركة فإن قوة الجاذبية الأرضية تسحبك باستمرار إلى أسفل. وقوة الجاذبية تجعل الأرض تدور حول الشمس، كما تجعل القمر يدور حول الأرض.

**ما الجاذبية؟** هناك قوة جاذبية بين أي جسمين تسحب الأجسام بعضها في اتجاه بعض. وتعتمد قوة الجاذبية على كتلة كل من الجسمين، فتزداد بازدياد كتليهما وتنقص بنقصانهما. كما تعتمد قوة الجاذبية على البعد بين الجسمين، فكلما زاد البعد تضعف هذه القوة ولكنها لا تنعدم. فمثلاً هناك تجاذب بين جسمك والأرض، وكذلك بين جسمك والشمس. ورغم أن كتلة الشمس أكبر كثيراً من كتلة الأرض إلا أنه بسبب بعدها الكبير تكون قوة جذبها لجسمك ضعيفة جداً، في حين أن قوة جذب الأرض لجسمك تفوق قوة جذب الشمس له بمقدار ١٦٥٠ ضعفاً.

**الوزن** ما الذي يقيسه الميزان المنزلي عندما تقف عليه؟ إنه يقيس وزنك ويظهره لك مرتبطاً بالكتلة. ووزن Weight جسم ما هو مقدار قوة الجذب المؤثرة فيه. إن وزنك على سطح الأرض يساوي قوة الجذب بينك وبين الأرض، وبحسب الوزن على سطح الأرض باستخدام المعادلة التالية:

$$\text{الوزن (نيوتن)} = \text{الكتلة (كجم)} \times \text{تسارع الجاذبية الأرضية (م/ث}^2\text{)}$$

$$w = k \times 9,8 \text{ م/ث}^2$$

حيث (و) الوزن بوحدة نيوتن، و(ك) الكتلة بوحدة كجم.

أما إذا وقفت على كوكب آخر غير الأرض فإن وزنك سيتغير، كما يبين الجدول ١. إن قوة الجذب بين جسمك والكوكب هي مقدار وزنك على سطحه.

**الوزن والكتلة** الوزن والكتلة كميتان مختلفتان؛ فالوزن قوة تقاس بوحدة نيوتن. فعندما تقف على الميزان المنزلي فإنك تقيس مقدار قوة جذب الأرض لجسمك؛ أما الكتلة فهي مقدار ما في الجسم من مادة، وتقاس بالكيلوجرام. وكتلة جسم ما ثابتة لا تتغير بتغير المكان، ولكن الوزن يتغير بتغير المكان. فمثلاً كتاب كتلته ١ كجم على سطح الأرض له الكتلة نفسها على سطح المريخ أو في أي مكان آخر. أما وزن الكتاب على الأرض فيختلف عن وزنه على المريخ؛ حيث يؤثر الكوكبان بقوتي جذب مختلفتين في الكتاب نفسه.

جدول ١ : وزن شخص كتلته ٦٠ كجم على كواكب مختلفة		
المكان	الوزن بوحدة نيوتن (كتلة ٦٠ كجم)	الوزن على الكوكب بالنسبة إلى الأرض
المريخ	٢٢١	٣٧,٧
الأرض	٥٨٨	١٠٠,٠
المشتري	١٣٩٠	٢٣٦,٤
بلوتو	٣٥	٥,٩

## استخدام القانون الثاني لنيوتن

يستخدم هذا القانون في حساب تسارع الجسم، عندما تكون كتلته والقوة المؤثرة فيه معلومتين. تذكر أن التسارع يساوي ناتج قسمة التغير في السرعة المتجهة على التغير في الزمن، وبمعرفة تسارع الجسم يمكن تحديد التغير في سرعته المتجهة.

**زيادة السرعة** متى يُسبب تأثير قوة غير متزنة في جسم زيادة سرعته؟ عندما تؤثر قوة محصلة في جسم متحرك في اتجاه حركته فإن سرعته تزايد. فمثلاً يبين الشكل ٨ أن القوة تؤثر في اتجاه السرعة المتجهة للزلاجة، وهذا ما يجعل الزلاجة تتسارع، ومن ثم تزداد سرعتها المتجهة.

القانون الثاني لنيوتن  
أربع إلى دراسة التجارب العملية على منصة عين

تجربة عملية



**الشكل ٨** تتسارع الزلاجة عندما يكون اتجاه محصلة القوة المؤثرة فيها في اتجاه سرعتها المتجهة.



اتجاه القوة المحصلة المؤثرة في كرة ساقطة إلى أسفل نحو الأرض، يكون في نفس اتجاه سرعتها المتجهة، لذلك تزداد سرعة الكرة أثناء سقوطها.

**نقصان السرعة** إذا أثرت قوة محصلة في جسم في عكس اتجاه حركته فإن سرعته تنقص. في الشكل ٩ يزداد الاحتكاك بين التزلج والتلج عندما يضع الوند قدمه في الثلج، وتكون القوة المحصلة المؤثرة في التزلج ناتجة عن قوتي الوزن والاحتكاك. وعندما تصبح قوة الاحتكاك كبيرة بما يكفي، تصبح القوة المحصلة معاكسة لاتجاه السرعة المتجهة، مما يسبب نقصان سرعة التزلج.

**الشكل ٩** تتباطأ التزلج عندما يكون اتجاه محصلة القوة المؤثرة فيها معاكساً لاتجاه سرعتها المتجهة.

**حساب التسارع** يستخدم القانون الثاني لنيوتن لحساب التسارع. افترض مثلاً أنك تسحب صندوقاً كتلته ١٠ كجم بقوة محصلة مقدارها ٥ نيوتن، فيكون التسارع هو:

$$a = \frac{F}{m} = \frac{5 \text{ نيوتن}}{10 \text{ كجم}} = 0.5 \text{ م / ث}^2$$

**الشكل ١٠** تؤثر الجاذبية في الكرة بقوة تصنع زاوية مع سرعتها المتجهة، مما يجعل مسارها منحنيًا. فوضع كيف تكون حركة الكرة إذا أخذت في اتجاه أفقي؟

سيبقى الصندوق متسارعًا بالمقدار نفسه ما دامت القوة المحصلة مؤثرة فيه. ولا يعتمد التسارع على السرعة التي يتحرك بها الصندوق، بل يعتمد على كتلته والقوة المحصلة المؤثرة فيه فقط.

**الانمطاف** عندما لا يكون اتجاه القوة المحصلة المؤثرة في جسم متحرك في اتجاه السرعة ولا معاكسًا لها يتحرك الجسم عبر مسار منحني، بدلاً من الحركة في خط مستقيم.

فعدداً تقذف كرة السلة نحو السلة فإنها لا تتحرك حركة مستقيمة، بل يتحني اتجاه حركتها نحو الأرض، كما في الشكل ١٠؛ فالجاذبية سحبت الكرة إلى أسفل؛ لذا لا يتطابق اتجاه القوة المحصلة على الكرة مع اتجاه سرعتها. ولهذا تتحرك الكرة في مسار منحني.

بسبب وجود الجاذبية فان الكرة تتحرك على مسار منحني لأسفل فتسقط الكرة

القوة بسبب الجاذبية الاولية

اتجاه

## الحركة الدائرية

يتحرك الراكب في لعبة الدولاب الدوار في مدينة الألعاب، في مسار دائري. ويُسمى هذا النوع من الحركة الحركة الدائرية. والجسم المتحرك في مسار دائري يتغير اتجاه حركته باستمرار، مما يعني أن الجسم يتسارع باستمرار. ووفق القانون الثاني لنيوتن فإن أي جسم يتحرك بتسارع مستمر لا بد أن تؤثر فيه قوة محصلة باستمرار.

ولكي يتحرك الجسم حركة دائرية بسرعة ثابتة يجب أن تصنع القوة المحصلة المؤثرة في الجسم زاوية قائمة مع سرعته المتجهة. وعندما يتحرك الجسم حركة دائرية فإن القوة المحصلة المؤثرة في الجسم تُسمى عندئذ القوة المركزية، ويكون اتجاه القوة المركزية في اتجاه مركز المسار الدائري.

### حلّ معادلة بسيطة

#### تطبيق الرياضيات

**تسارع سيارة:** أثرت قوة محصلة مقدارها ٤٥٠٠ نيوتن في سيارة كتلتها ١٥٠٠ كجم. احسب تسارع السيارة.

**الحل:**

١ المعطيات:

القوة المحصلة = ٤٥٠٠ نيوتن.

٢ المطلوب:

الكتلة (ك) = ١٥٠٠ كجم

حساب التسارع (ت) = ؟ م/ث<sup>٢</sup>

٣ طريقة الحل:

عروض المعطيات في المعادلة:

$$ت = \frac{ق\ محصلة}{ك} = \frac{٤٥٠٠ نيوتن}{١٥٠٠ كجم} = ٣ م/ث^٢$$

٤ التحقق من الحل:

أوجد حاصل ضرب الجواب الذي حصلت عليه في الكتلة ١٥٠٠ كجم. يجب أن يكون حاصل الضرب مساويًا مقدار القوة المعطى في السؤال: ٤٥٠٠ نيوتن.

#### مسائل تدريبية

١. دُفع كتاب كتلته ٢,٠ كجم على سطح طاولة. فإذا كانت القوة المحصلة المؤثرة في الكتاب تساوي ١,٠ نيوتن، فما تسارعه؟
٢. احسب القوة المحصلة المؤثرة في كرة بيسبول كتلتها ١,٥ كجم، إذا كانت تتحرك بتسارع ٤٠,٠ م/ث<sup>٢</sup>

مسائل تدريبية:

ج1: ت = ق محصلة / ك = 1 نيوتن / 2 كجم = 0.5 م / ث<sup>2</sup>

ج2: القوة المحصلة (ق) = ك × ت = 6 نيوتن



**الشكل ١١** كلما زادت سرعة انطلاق الكرة زاد بُعد مكان سقوطها، وإذا كانت سرعة انطلاقها كبيرة جداً؛ عندئذٍ لن تصطدم الكرة بالأرض، وستواصل عملية دورانها حول الأرض.



### حركة القمر الاصطناعي

الأقمار الاصطناعية أجسام تدور حول الأرض. وبعضها يتخذ مدارات دائرية تقريباً. والقوة المركزية المؤثرة فيها هي قوة التجاذب بين الأرض والقمر الاصطناعي؛ حيث تؤثر في القمر باستمرار نحو الأرض، وتُعد الأرض مركز مدار القمر الاصطناعي. والسؤال هو لماذا لا يسقط القمر الاصطناعي على الأرض كما تسقط كرة البيسبول؟ في الواقع يكون القمر الاصطناعي في حالة سقوط نحو الأرض، مثل كرة البيسبول تماماً. افترض الآن أن الأرض مستوية تماماً، وتخيل أنك تقذف كرة بيسبول بصورة أفقية. إن الجاذبية الأرضية سوف تؤثر في الكرة وتجذبها نحوها، لذلك ستتحرك في مسار منحني فتسقط على الأرض. والآن افترض أنك قذفت الكرة بسرعة أكبر. ستنتقل الكرة وتتحرك في مسار منحني وتسقط ثانية على الأرض، إلا أن مكان سقوط الكرة في هذه المرة سيكون أبعد من مكان سقوطها في الحالة الأولى. وكلما زادت سرعة انطلاق الكرة زاد بُعد مكان سقوطها. ولنفترض أن سرعة انطلاقها كانت كبيرة جداً بحيث لم تجد مكاناً على الأرض لتسقط فيه، بمعنى أن مكان سقوطها المفترض تعدى سطح الأرض، فماذا يحدث؟ عندئذٍ لن تصطدم الكرة بالأرض وبدلاً من ذلك ستواصل الكرة عملية سقوطها عن طريق الدوران حول الأرض، كما في الشكل ١١. إن الأرض تجذب الأقمار الاصطناعية نحوها مثلما تجذب كرة البيسبول تماماً، غير أن الفرق بينهما أن السرعة الأفقية للقمر الاصطناعي كبيرة جداً مما يجعل انحناء مساره إلى أسفل مساوياً لانحناء سطح

الأرض، فيستقر القمر الاصطناعي في مدار ثابت حول الأرض ولا يسقط إلى أسفل. وتبلغ السرعة التي يتطلبها انطلاق جسم من سطح الأرض لكي يتحرك في مسار حولها ٨ كم/ث، أو ٢٩٠٠٠ كم/س. وذلك لوضع قمر اصطناعي في مداره، كما نحتاج إلى صواريخ لرفعه إلى الارتفاع المطلوب، ثم إكسابه السرعة التي تمكنه من البقاء في مداره حول الأرض.

## مقاومة الهواء

لعلك شعرت بدفع الهواء لك عندما تركض أو تركب دراجة، إن هذا الدفع يسمى مقاومة الهواء؛ وهو شكل من أشكال الاحتكاك الذي يؤثر في الأجسام المتحركة في الهواء، وتزداد قوة احتكاك الهواء - التي يُطلق عليها أحياناً مقاومة الهواء - بازدياد سرعة الجسم، كما أنها تعتمد أيضاً على شكل الجسم؛ فقطعة الورق المطوية تسقط بسرعة أكبر من سقوط ورقة منبسطة.

وعندما يسقط جسم من ارتفاع معين عن سطح الأرض يتسارع بسبب الجاذبية، وتزداد سرعته باستمرار، وفي الوقت نفسه تزداد قوة مقاومة الهواء له. وفي النهاية تصبح قوة مقاومة الهواء نحو الأعلى كبيرة بما يكفي لكي تتساوى مع قوة الجاذبية نحو الأسفل.

وعندما تصبح مقاومة الهواء مساوية للوزن تصبح القوة المحصلة المؤثرة في الجسم صفراً. ووفق القانون الثاني لنيوتن، يصبح تسارع الجسم صفراً أيضاً. لذا لن يكون هناك تزايد في سرعة الجسم، وعندما تكون مقاومة الهواء نحو الأعلى مساوية لقوة الجاذبية نحو الأسفل يسقط الجسم بسرعة ثابتة، وتسمى هذه السرعة الثابتة السرعة الحدية.

الجلول أوت لاين  
hulul.online



## اختبر نفسك

١. **وضح** ما إذا كانت هناك قوة محصلة تؤثر في سيارة تتحرك بسرعة ٢٠ كم/س وتنعطف إلى اليسار.
٢. **ناقش** لماذا جعل الاحتكاك استكشاف القانون الأول لنيوتن صعباً؟
٣. **ناقش** هل يمكن لجسم أن يكون متحركاً إذا كانت القوة المحصلة المؤثرة فيه تساوي صفراً؟
٤. **ارسم شكلاً** يبين القوى المؤثرة في راكب دراجة تتحرك بسرعة ٢٥ كم/س على طريق أفقية.
٥. **حلل** كيف يتغير وزنك باستمرار إذا كنت في مركبة فضائية تتحرك من الأرض في اتجاه القمر؟
٦. **وضح** كيف تعتمد قوة مقاومة الهواء لجسم متحرك على سرعته؟
٧. **استنتج** اتجاه القوة المحصلة المؤثرة في سيارة تتناقص سرعتها وتنعطف إلى اليمين.
٨. **التفكير الناقد** - بين ما إذا كانت القوى المؤثرة متزنة أو غير متزنة لكل من الأفعال الآتية:
  - أ. تدفع صندوقاً حتى يتحرك.
  - ب. تدفع صندوقاً لكنه لم يتحرك.
  - ج. تتوقف عن دفع صندوق فتتباطأ حركته.
- يدفع ثلاثة طلبية صندوقاً. ما الشروط الواجب توافرها لكي تتغير حركة الصندوق؟

## تطبيق الرياضيات

٩. **حساب القوة المحصلة** ما القوة المحصلة المؤثرة في سيارة كتلتها ١٥٠٠ كجم تتحرك بتسارع  $٢,٠ \text{ م/ث}^٢$ ؟
١٠. **حساب الكتلة** تتحرك كرة بتسارع مقداره  $١٥٠٠ \text{ م/ث}^٢$ ، فإذا كانت القوة المحصلة المؤثرة فيها تساوي ٣٠٠ نيوتن، فما كتلتها؟

## الخلاصة

## القوة

- القوة دفع أو سحب.
- القوة المحصلة المؤثرة في جسم هي مجموع كل القوى المؤثرة فيه.
- من الممكن أن تكون القوى المؤثرة في جسم ما متزنة أو غير متزنة. وإذا كانت القوة متزنة فإن القوة المحصلة تساوي صفراً.

## القانون الأول لنيوتن في الحركة

- إذا كانت القوة المحصلة المؤثرة في جسم ساكن تساوي صفراً فإن الجسم يبقى ساكناً. وإذا كان الجسم متحركاً في خط مستقيم فإنه يبقى متحركاً في خط مستقيم بسرعة ثابتة.

## الاحتكاك

- الاحتكاك قوة تقاوم انزلاق سطح بالنسبة إلى سطح آخر ملامس له.
- يوجد ثلاثة أنواع للاحتكاك هي: السكوني، والانزلاقي، والتدحرجي.

## القانون الثاني لنيوتن في الحركة

- وفقاً للقانون الثاني لنيوتن، تُعطى العلاقة بين القوة المحصلة المؤثرة في جسم وكتلته وتسارعه بالعلاقة:  
ق المحصلة = ك × ت

## الجاذبية

- قوة الجاذبية بين أي جسمين هي قوة تجاذب، وتعتمد على كتلة كل من الجسمين، وعلى المسافة بينهما.

## استخدام القانون الثاني لنيوتن

- تزداد سرعة جسم متحرك إذا أثرت فيه قوة محصلة في اتجاه حركته.
- تتناقص سرعة جسم متحرك إذا أثرت فيه قوة محصلة في اتجاه معاكس لاتجاه حركته.
- يتغير مسار الجسم إذا كانت القوة المحصلة فيه تميل بزاوية على اتجاه حركته.

## الحركة الدائرية

- في الحركة الدائرية بسرعة ثابتة، تسمى القوة المحصلة المؤثرة بالقوة المركزية، ويكون اتجاهها نحو مركز المسار الدائري.

- ج1: نعم؛ هناك قوة محصلة تلزم للحفاظ على السيارة متحركة ولتغيير الاتجاه
- ج2: لأن الاحتكاك يسبب توقف الأجسام المتحركة فيبدو السكون وكأنه الحالة الطبيعية للمادة
- ج3: نعم؛ إذا كان الجسم متحركاً فسوف يظل متحركاً بسرعة ثابتة حتى تؤثر فيه قوة خارجية
- ج5: ستقل قوة جذب الأرض وبالتالي يقل وزني
- ج6: بزيادة سرعة الجسم تزداد مقاومة الهواء
- ج7: تؤثر المحصلة قطرياً في السيارة بزاوية نحو اليمين
- ج8: أ - غير متزنة لأن الصندوق يبدأ في الحركة



ب - القوى المؤثرة متزنة لأن الصندوق لم يتحرك

ج - القوى المؤثرة غير متزنة لأن الصندوق يتباطأ

د - أن تكون القوة غير متزنة

ج9: الكتلة (ك) = 1500 كجم

التسارع (ت) = 2 م/ث<sup>2</sup>

القوة المحصلة (ق) = ؟

ج10: التسارع = 1500 م/ث<sup>2</sup>

القوة المحصلة = 300 نيوتن

الكتلة = ؟

$$ك = ق \div ت = 300 \div 1500 = 0.2 \text{ كجم}$$



# القانون الثالث لنيوتن

## قوة الفعل وقوة رد الفعل

يفسّر القانونان الأول والثاني لنيوتن الكيفية التي تتغيّر بها حركة جسم ما. فإذا كانت القوى المؤثرة في الجسم متزنة، أي أن القوة المحصلة المؤثرة فيه تساوي صفرًا، فإنه إن كان ساكنًا يبقى ساكنًا، وإن كان متحرّكًا استمر في حركته بسرعة متجهة ثابتة. أمّا إذا كانت القوى غير متزنة فسوف يتسارع الجسم في اتجاه القوة المحصلة. ويُستفاد من القانون الثاني لنيوتن في حساب تسارع الجسم، أو التغيّر في حركته، عندما تكون القوة المحصلة المؤثرة فيه معروفة.

أمّا القانون الثالث لنيوتن فيصف لنا شيئًا آخر يحدث عندما يؤثر جسم بقوة في جسم آخر. افترض أنك تدفع حائطًا بيدك، فقد تندهش إذا علمت أن الحائط يدفعك أيضًا. فوفقًا للقانون الثالث لنيوتن في الحركة Newton's Third Law of Motion، تؤثر القوى دائمًا في صورة أزواج متساوية مقدارًا ومتعاكسة اتجاهًا، فعندما تدفع الحائط بقوة ما فإن الحائط يدفعك بقوة مساوية لقوتك. وعمومًا إذا أثر جسم بقوة في جسم آخر فإن الجسم الثاني يؤثر في الجسم الأول بقوة مساوية لها في المقدار ومعاكسة لها في الاتجاه، كما يُبيّن الشكل ١٢.

## ففي هذا الدرس

### الأهداف

- تُحدّد العلاقة بين القوى التي تؤثر بها بعض الأجسام في بعض.

### الأهمية

- يمكن أن يوضّح القانون الثالث لنيوتن كيف تطير الطيور، وكيف تتحرّك الصواريخ.

### مراجعة المفردات

- القوة: الدفع أو السحب.
- القوة المحصلة: هي مجموع القوى المؤثرة في جسم ما.

### المفردات الجديدة

- القانون الثالث لنيوتن في الحركة



الشكل ١٢ تدفع الرافعة السيارة إلى أعلى، بالقوة نفسها التي تدفع بها السيارة الرافعة إلى أسفل. حدّد القوة الأخرى التي تؤثر في السيارة.

قوة الرفع التي تدفع بها الرافعة السيارة إلى أعلى

الشكل ١٣ في هذا التصميم تؤثر السيارة الأولى بقوة في السيارة الثانية، وتؤثر السيارة الثانية بالقوة نفسها في السيارة الأولى. ولكن في اتجاه معاكس. وضح هل اكتسبت السيارتان الحسار نفسه؟



بسبب كتلة الجسم والقوة المؤثرة فان السيارتان لديهما التسارع نفسه

### كيف تطير الطيور؟

ارجع إلى المواقع الإلكترونية عبر شبكة الإنترنت لتعرف معلومات حول طيران الطيور، والحوانات الأخرى.

نشأت ارسام مخططاً يُبين القوى المؤثرة في طير أثناء تحليقه.

**قوة الفعل ورد الفعل لا تلغى إحداهما الأخرى** القوى التي يؤثر بها جسمان كل منهما في الآخر، كثيراً ما يُطلق عليها اسم أزواج الفعل ورد الفعل. وقد يتبادر إلى ذهنك أنه بما أن قوة الفعل مساوية لقوة رد الفعل في المقدار، ومعاكسة لها في الاتجاه، فإن إحداهما تلغي الأخرى؛ أي أن محصلتهما تساوي صفراً. إلا أنه في الواقع لا تلغي إحداهما الأخرى؛ لأن كلا منهما تؤثر في جسم مختلف عن الآخر. وقد تلغي القوى بعضها بعضاً إذا كانت تؤثر في جسم واحد.

فعلی سبيل المثال، تخيل أنك تقود سيارة ألعاب كهربائية، وتصادمت مع زميلك الذي يقود سيارة أخرى، كما في الشكل ١٣. عندما تصطدم السيارتان تدفع سيارتك السيارة الأخرى بقوة، ووفق القانون الثالث لنيوتن فإن السيارة الأخرى ستدفع سيارتك بقوة مساوية في المقدار، ومعاكسة لها في الاتجاه. وكذلك الحال عندما تقفز، فإنك تدفع الأرض بقوة إلى أسفل، فتدفعك الأرض إلى أعلى بقوة مساوية لقوتك، وهذه القوة هي التي تُمكنك من القفز. ويُبين الشكل ١٤ مثالاً آخر على أزواج الفعل ورد الفعل. كما يوضح الشكل ١٥ أمثلة أخرى على قوانين نيوتن في الحركة لبعض الأحداث الرياضية.

الشكل ١٤ عندما يدفع الطفل الحائط برجليه فإن الحائط يدفع الطفل في الاتجاه المعاكس.



تمثل حركة الطيور في أثناء تحليقها القانون الثالث لنيوتن، فهي تدفع الهواء بجناحيها إلى الخلف وإلى أسفل. ووفقاً للقانون الثالث لنيوتن، يدفع الهواء الطائر في عكس الاتجاه أي إلى الأمام وإلى أعلى. وتُبقي هذه القوة الطائر محلّقاً في الهواء.



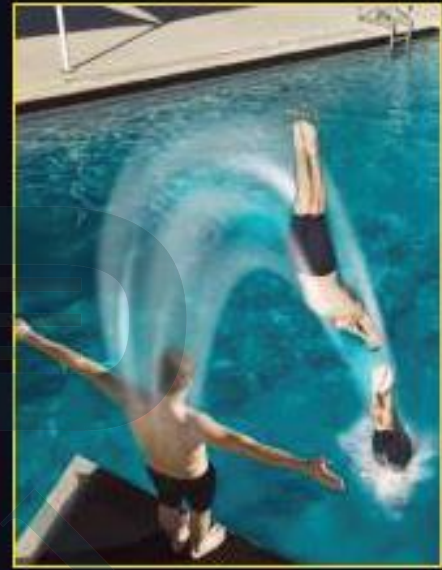
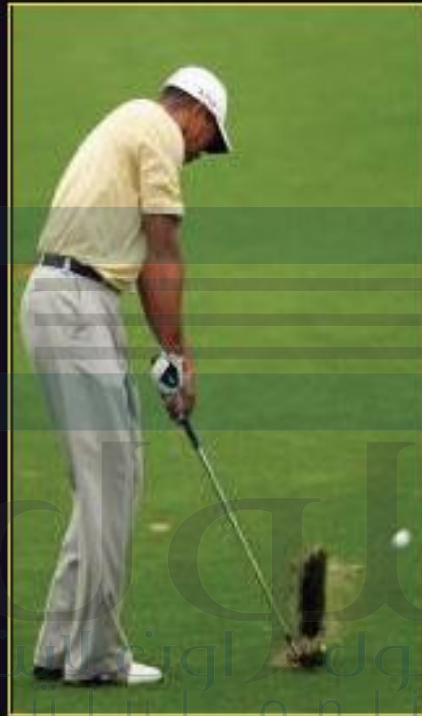
## قوانين نيوتن في عالم الرياضة

الشكل ١٥

على الرغم من أن قوانين نيوتن في الحركة خبر جليئة، إلا أنها تظهر بوضوح دائماً في عالم الرياضة. فوفقاً للقانون الأول لنيوتن فإن كل جسم متحرك يبقى متحركاً في خط مستقيم وبسرعة ثابتة ما لم تؤثر فيه قوة محصلة، وإذا كان الجسم ساكناً فإنه يبقى ساكناً ما لم تؤثر فيه قوة محصلة. وينص القانون الثاني لنيوتن على أنه إذا أثرت قوة محصلة في جسم ما فإنها تكسبه تسارعاً في اتجاهها. وينص القانون الثالث لنيوتن على أن لكل قوة فعل قوة رد فعل مساوية له في المقدار، ومعاكساً له في الاتجاه.

### القانون الثاني لنيوتن

بمجرد أن يضرب المضرب كرة الجولف يؤثر فيها بقوة، فيحركها في اتجاه تلك القوة. وهذا مثال على القانون الثاني لنيوتن.



### القانون الأول لنيوتن

وفقاً للقانون الأول لنيوتن، لا يتحرك الغطاس بسرعة ثابتة في خط مستقيم، وذلك بسبب قوة الجاذبية الأرضية.



### القانون الثالث لنيوتن

يطبق القانون الثالث لنيوتن على الأجسام حتى وإن لم تتحرك. هنا لاعب جهاز يدفع جهاز المتوازي بقوة إلى أسفل، فيؤثر الجهاز في اللاعب بقوة مساوية لها نحو الأعلى.

**الشكل ١٦** القوة التي تؤثر بها الأرض في قدميك تساوي القوة التي تؤثر بها قدميك في الأرض. وإذا دفعت الأرض إلى الخلف بقوة أكبر فإن الأرض تدفعك إلى الأمام بقوة أكبر. بين اتجاه القوة الذي تدفعك به الأرض في حال وكونك عليها وتوقفًا تامًا.

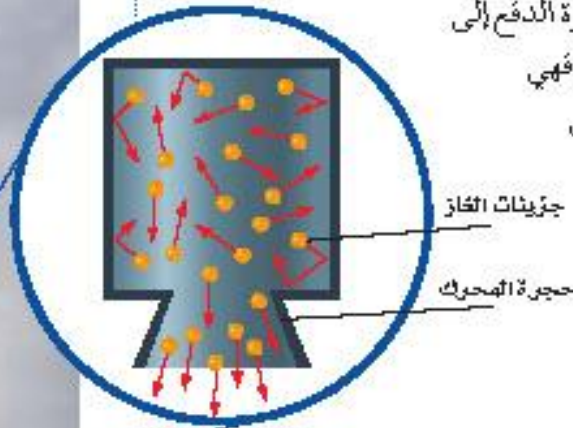


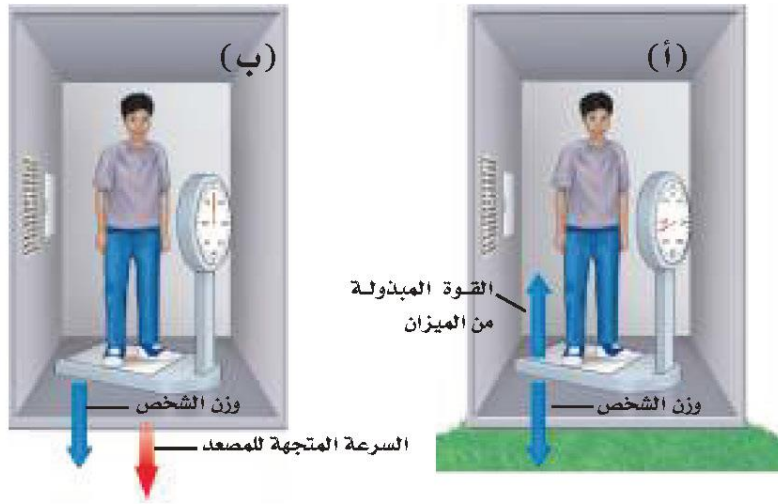
إلى الأعلى

**التغير في الحركة يعتمد على الكتلة** في بعض الأحيان، لا يكون من السهل ملاحظة آثار قوتي الفعل ورد الفعل؛ لأن أحد الجسمين ذو كتلة كبيرة، فيبدو أنه لا يتحرك عندما تؤثر فيه قوة، أي يكون قصوره كبيرًا جدًا، أي أن ميله كبير للبقاء ساكنًا؛ لذا فإنها تتسارع قليلًا. وخير مثال على ذلك عندما تمشي إلى الأمام على سطح الأرض، كما في الشكل ١٦، فإنك تدفعها إلى الخلف، فتدفعك الأرض نحو الأمام. فكتلة الأرض كبيرة جدًا بالمقارنة بكتلتك؛ لذا عندما تدفع الأرض بقدمك فإن تسارعها يكون صغيرًا جدًا، وهنا التسارع من الصغر، بحيث لا يمكن ملاحظة التغير في حركة الأرض في أثناء السير.

**الشكل ١٧** يُفسر القانون الثالث لنيوتن حركة الصاروخ. يدفع الصاروخ جزيئات الغاز إلى أسفل، فتدفع جزيئات الغاز الصاروخ إلى أعلى.

**إطلاق الصواريخ** إن عملية إطلاق مكوك الفضاء مثال واضح على القانون الثالث لنيوتن؛ حيث تولد محركات الصاروخ الثلاثة القوة التي يُطلق عليها اسم قوة الدفع، وهي التي تعمل على انطلاق الصاروخ ورفعه. فعندما يشتعل الوقود تتولد غازات ساخنة، فتصطدم جزيئات الغاز بجدران المحرك الداخلية، كما في الشكل ١٧، فتؤثر الجدران فيها بقوة تدفعها إلى أسفل المحرك. ووفق القانون الثالث لنيوتن في الحركة، فإن قوة الدفع إلى أسفل هي قوة الفعل، أما قوة رد الفعل فهي دفع جزيئات الغاز لمحرك الصاروخ إلى أعلى. وقوة الدفع هذه هي التي تعمل على انطلاق الصاروخ إلى أعلى.





**الشكل ١٨** سواءً أكنت واقفاً على الأرض، أو ساقطاً نحوها، لا تتغير قوة الجاذبية المؤثرة في جسمك، في حين يُمكن أن يتغير وزنك الذي تقيسه بالميزان.

## انعدام الوزن

لعلك شاهدت صوراً لحركة رواد فضاء يسبحون داخل المكوك الفضائي وهو يدور حول الأرض. نقول في هذه الحالة، إن رواد الفضاء يعانون من حالة انعدام الوزن، كما لو كانت جاذبية الأرض لا تؤثر فيهم. ومع ذلك فإن قوة جاذبية الأرض للمكوك وهو في مداره تساوي ٩٠٪ من قوة جاذبيتها له وهو على سطح الأرض. تُستخدم قوانين نيوتن في الحركة لتفسير حالة طفور رواد الفضاء، وكأنه لا توجد قوى تؤثر فيهم.

**قياس الوزن** فكّر في الطريقة التي تقيس بها وزنك. عندما تقف على الميزان تؤثر فيه بقوة، فيتحرّك مؤشر الميزان ليبيّن وزنك، وفي الوقت نفسه ومن خلال القانون الثالث لنيوتن يؤثر الميزان في جسمك بقوة نحو الأعلى مساوية لوزنك، كما في الشكل (١٨، أ). وهذه القوة توازن قوة الجاذبية المؤثرة فيك نحو الأسفل.

**السقوط الحر وانعدام الوزن** افترض الآن أنك تقف على ميزان داخل مصعد يسقط نحو الأسفل. كما يُبيّن الشكل (١٨، ب). الجسم الساقط سقوطاً حرّاً هو الجسم الذي يتأثر بقوة واحدة فقط، هي قوة الجاذبية الأرضية. وفي داخل المصعد الساقط سقوطاً حرّاً يكون جسمك والميزان أيضاً في حالة سقوط حر؛ لأن القوة الوحيدة المؤثرة في جسمك هي الجاذبية؛ لذا لا يؤثر الميزان بدفع إلى أعلى في جسمك، وفق القانون الثالث لنيوتن. وجسمك لا يؤثر في الميزان بقوة إلى أسفل، لذلك يُشير مؤشر الميزان إلى الصفر، وتبدو وكأنك عديم الوزن، فانعدام الوزن يحدث في حالة السقوط الحر، عندما يبدو وزن الجسم صفراً.

في الحقيقة لست عديم الوزن في أثناء السقوط الحر؛ لأن الأرض ما زالت تجذب جسمك نحو الأسفل، إلا أن عدم وجود جسم ما كالكرسي يؤثر في جسمك بقوة نحو الأعلى يجعلك تشعر أنك لا وزن لك.

**انعدام الوزن في المدار** لفهم كيفية حركة الأجسام داخل مكوك فضاء يتحرّك في مداره حول الأرض، تخيّل أنك تحمل بيدك كرة داخل مصعد يسقط سقوطاً حرّاً بتسارع

## تجربة

### قياس زوجي القوة

#### الخطوات

١. اعمل في مجموعات ثنائية، ويحتاج كل شخص إلى ميزان نابضي.

٢. ثبت خطافي الميزانين معاً، واطلب إلى زميلك أن يسحب أحدهما، على أن تسحب الميزان الآخر في الوقت نفسه، وسجّل قراءة كل من الميزانين. ليسحب كل منكما بقوة أكبر. ثم سجّل القراءتين الجديدتين.

٣. تابع السحب، وسجّل القراءتين في كل مرّة.

٤. حاول أن تسحب، بحيث تكون قراءة ميزانك أقل من قراءة ميزان زميلك.

#### التحليل

١. ماذا تستنتج من القراءات التي سجلتها عن كل زوج قوى؟

٢. اشرح كيف توضّح التجربة القانون الثالث لنيوتن؟



**الشكل ١٩** تبدو هذه الحبات من البرتقال وكأنها عائمة بسبب سقوطها حول الأرض بسرعة المكوك والرواد فيه، ونتيجة لذلك فهي لا تتحرك بالنسبة إلى الرواد في حجرة المكوك.

يساوي تسارع الجاذبية الأرضية، فإذا تركت الكرة فسوف تلاحظ أنها ستبقى بالنسبة إليك وإلى المصعد في موضعها حيث تركتها؛ لأنها تتحرك بسرعة تساوي سرعتك وسرعة المصعد. وإذا دفعت الكرة دفعة خفيفة إلى الأسفل، فستضاف هذه القوة إلى قوة الجاذبية على الكرة. ووفق القانون الثاني لنيوتن سوف يزداد تسارعها، وفي أثناء دفعك لها سيكون تسارع الكرة أكبر من تسارعك أنت والمصعد. وهذا يجعلها تزيد من سرعتها بالنسبة إلى سرعتك والمصعد. وتستمر في حركتها إلى أن تصطم بأرضية المصعد. يكون المكوك الفضائي في أثناء حركته في مداره حول الأرض في حالة سقوط حر، هو وكافة الأجسام داخله؛ حيث يسقط في مسار منحني بدلاً من السقوط في خط مستقيم نحو الأرض. ونتيجة لذلك تبدو الأجسام داخله وكأنها في حالة انعدام الوزن (انعدام ظاهري للوزن)، كما في الشكل ١٩. ودفعاً خفيفة تُحرك الجسم بعيداً داخل المكوك، تماماً مثل دفع الكرة داخل المصعد الساقط سقوطاً حرّاً.

## مراجعة ٢ الدرس

### اختبر نفسك

١. أوجد مقدار القوة التي يؤثر بها لوح التزلج فيك إذا كانت كتلتك ٦٠ كجم، وقوتك التي تؤثر بها ٦٠ نيوتن.
٢. فسّر لماذا يتحرك القارب إلى الخلف عندما تقفز منه في اتجاه الرصيف؟
٣. بين قوتي الفعل ورد الفعل عندما تطرق مسباراً بواسطة مطرقة.
٤. استنتج افترض أنك تقف على مزلاج، ويقف طفل كتلته نصف كتلتك على مزلاج آخر، ودفع كل منكما الآخر بقوة، فأيكما يكون تسارعه أكبر؟ وما نسبة تسارع الطفل إلى تسارعك؟
٥. التفكير الناقد افترض أنك تتحرك داخل طائرة في أثناء طيرانها. استخدم القانون الثالث لنيوتن لوصف تأثير حركتك في الطائرة.

### تطبيق الرياضيات

٦. حساب التسارع أتر شخص يقف على متن زورق بقوة مقدارها ٧٠٠ نيوتن لقفد المرسة جانبياً. احسب تسارع الزورق إذا كانت كتلته مع الشخص تساوي ١٠٠ كجم.

### الخلاصة

#### الفعل ورد الفعل

- ينص القانون الثالث لنيوتن على أنه إذا أثر جسم بقوة في جسم آخر فإن الجسم الثاني يؤثر في الجسم الأول بقوة مساوية لها في المقدار، ومعاكسة لها في الاتجاه.
- أي القوتين في زوج القوى يمكن أن تكون هي الفعل أو رد الفعل؟
- لا تلغي أزواج قوتا الفعل ورد الفعل أحدهما الأخرى؛ عندما تؤثران في جسمين مختلفين.
- عندما تؤثر قوتا الفعل ورد الفعل في جسمين فإن تسارع كل منهما يعتمد على كتلته.

#### انعدام الوزن

- يكون الجسم في حالة سقوط حر إذا كانت قوة الجاذبية الأرضية هي القوة الوحيدة المؤثرة فيه في أثناء سقوطه.
- تحدث حالة انعدام الوزن في السقوط الحر، فيبدو الجسم كما لو كان لا وزن له.
- الأجسام التي تدور حول الأرض يبدو أنها بلا وزن؛ لأنها تسقط سقوطاً حرّاً، عبر مسار منحني يُحيط بالأرض.

ج1: الوزن =  $9.8 \times 60 = 588$  نيوتن

رد الفعل المقابل للوزن هي 588 نيوتن ورد الفعل على القوة المؤثرة 60 نيوتن

ج2: عندما تقفز من القارب فإنك تدفع القارب وتسبب حركته إلى الخلف ويدفعك القارب إلى الأمام مسبباً حركتك للأمام

ج3: الفعل هو قوة المطرقة المؤثرة في المسمار وقوة رد الفعل يؤثر بها المسمار في المطرقة مسبباً توقفها عن الحركة

ج4: سيكون للطفل تسارع يساوي ضعفي تسارعك

ج5: أنا أدفع الطائرة إلى الخلف والطائرة تدفعني إلى الأمام ولأن كتلة الطائرة كبيرة جداً فستكون قوة دفعي لها صغيرة جداً فيتم إهمالها

ج6: ت = ق / ك = 700 نيوتن ÷ 100 كجم = 7 م / ث<sup>2</sup>

## نمذجة الحركة في بتدين

### سؤال من واقع الحياة

الحركة مظهر عام من مظاهر الحياة، ونحن نرى الأجسام من حولنا تتحرك بطرائق مختلفة.

ولا تقتصر حركة الأجسام على بُعد واحد في حركتها، فكثيراً ما تتحرك الأجسام في بتدين أو أكثر، ومن أمثلتها، حركة السيارة وهي تصعد منحدرًا أو تنزل منه، فهي في هذه الحالة تقطع مسافة أفقية وأخرى رأسية في الوقت نفسه، ومن ذلك أيضًا حركة الأجسام المقذوفة بزوايا تحت تأثير الجاذبية الأرضية. ومن الأمثلة الشائعة على ذلك إطلاق القذائف من فوهة دبابة مائلة بزوايا معينة، وحركة كرة السلة في أثناء مسارها لتسقط في السلة.

### تكوين فرضية

كيف يمكنك جمع القوى لكي تتحرك في مسار مستقيم أو في مسار قطري، أو حول الزوايا، ضع كرة الجولف فوق المزلاج (الطبق البلاستيكي)، ثم كون مسارًا على الأرض باستخدام الشريط اللاصق، ثم صمّم خطة لنقل كرة الجولف عبر هذا المسار باستخدام المزلاج البلاستيكي، شريطة ألا تسقط الكرة من فوقها.

يمكنني تحريك لوح التزلج في اتجاه معين ويقوم زميلين آخرين بالتأثير بقوتين سحب متعامدتين على لوح التزلج

### الأهداف

- تحريك المزلاج على الأرض باستخدام قوتين.
- تقسيم السرعة التي يتحرك بها المزلاج.
- تحدد سهولة التغيير في الاتجاه.

### المواد والأدوات

- شريط لاصق، ساحة إيقاف، أو تطبيق بأحد الجوالاات أو (ساحة رقمية)\*، شريط مئري، ميزانان نابضيان بتدرج نيوتن، طبق بلاستيكي، كرة جولف، تنس طاولة\*.
- \* مواد بديلة.

### إجراءات السلامة



1. حدد المسار على أرضية الغرفة بحيث يتضمن اتجاهين على الأقل، كأن يكون مرة إلى الأمام، ثم إلى اليمين.
2. صل الميزانين النابضيين بالمزلاج، بحيث يُسحب أحدهما إلى الأمام باستمرار، كأن يكون موجهًا نحو باب الغرفة بشكل دائم، والثاني يؤثر بشكل جانبي، وقد يلزم أن تكون قوة سحب النابض الثاني صفرًا في بعض الأحيان، إلا أنه لا يؤثر بقوة دفع على المزلاج.



## استخدام الطرائق العلمية

٣. كيف تكون حركة يدك على طول المسار القطري وعند المنحنيات؟
٤. كيف تقيس السرعة؟
٥. جرب باستخدام المزلاج كم يكون صعباً عليك أن تسحب جسمًا بسرعة محدّدة مع وجود احتكاك؟ وكيف تُحقّق تسارعًا؟ وهل يمكنك التوقف بصورة مفاجئة دون سقوط الكرة عن المزلاج؟ أم أن عليك تقليل السرعة تدريجيًا؟
٦. اكتب خطة لتحريك كرة الجولف، بسحبها إلى الأمام فقط، أو في اتجاه جانبي، وتأكد من فهمك للخطة بصورة جيّدة، واهتم بالتفاصيل جميعها.



### تنفيذ الخطة

١. تأكد أن معلمك اطلع على خطتك وأقرها.
٢. حرّك كرة الجولف على طول المسار الذي حدّدته.
٣. عدّل خطتك كلما لزم الأمر.
٤. نظّم بياناتك، فسوف تعود إليها عدة مرات خلال الفصل، ودونها في دفترك.
٥. اختبر نتائجك باستخدام مسار جديد.

### تحليل البيانات

يمكن الفصل بين المتغيرات بتغيير القوى في كل اتجاه مما يمكن الميزان النابض من قياس القوى بشكل منفصل

يمكن الفصل بين المتغيرات بتغيير القوى في كل اتجاه مما يمكن الميزان النابض من قياس القوى بشكل منفصل

١. كيف كان الفرق بين مساري الحركة؟ وكيف أثر ذلك في قوتي السحب؟
٢. كيف فصلت بين المتغيرات في التجربة؟ وكيف تحكّمت فيها؟
٣. هل كانت فرضياتك مدعومة بالبيانات؟ وضح ذلك.

ج1: عند جمع قوتان متعامدتان يتحرك الجسم قطرياً بين القوتين  
ج2: نعم يتحرك المزلاج على سطح الأرض فيمكن عند اجتماع القوى في الاتجاهات الأربعة تحريك الجسم في اتجاه واحد في خط مستقيم

ج1: عند جمع قوتان متعامدتان يتحرك الجسم قطرياً بين القوتين  
ج2: نعم يتحرك المزلاج على سطح الأرض فيمكن عند اجتماع القوى في الاتجاهات الأربعة تحريك الجسم في اتجاه واحد في خط مستقيم



## الوسائد الهوائية أكثر أماناً

بعد الشكاوى والإصابات بسبب حوادث السيارات، جاءت وسائد الأمان الهوائية لتساعد الركاب جميعهم.

بينما تقود سيارتك، قد تدقف سيارة أمامك فجأة، فتسمع أصوات تصادم السيارات، وتجد حزام الأمان يثبتك بقوة في مقعدك، وبالتالي إلى جوارك مظلة، ليمن بالدم، ولله الحمد، وإنما بوسادة بيضاء! وبحزن الله تعالى، ساعد حزام الأمان ووسادة الأمان الهوائية على التخليص كثيراً من حجم الأذى والضرر الذي كان سيصيبكما.

### تدافع الفشار

لقد انقلبت الوسائد الهوائية - بل ذن الله - آلاف الناس منذ

عام 1992م. وهي تشبه - في عملها - هيلكاً كبيراً من جيوب اللؤلؤة الصفراء التي يُصنَع منها الفشار، حيث تنفجر وتتمدد إلى حجم يساوي أضعاف حجمها الأصلي. ولكن الوسائد الهوائية تختلف من حيث الفشار؛ حيث لا تتمدد المادة داخلها بتأثير الحرارة، بل يحدث تفاعل كيميائي مع الاصطدام، فيتولد غاز يتمدد في جزء من الثانية، فيضخ الوسادة لتصبح مثل البالون، فتحمي السائق، وربما الشخص الناجس إلى جواره. كما أن الوسادة تُفرغ هوائها بسرعة فلا تحتجز الركاب في السيارة.

### نيوتن والوسادة الهوائية

بسرعة السيارة فيقبل ويخوع الحوادث. أمثالاً لما فتحت الوسائد الهوائية وانفجحت فإنها تستعمل على تخفيف سرعتك تدريجياً، مما يقلل من القوة المؤثرة فيك، فلا يُصيبك أذى - بل ذن الله تعالى.



يُجرى اختبار السرعة التي تفتتح عندها الوسادة الهوائية

عندما تسافر في سيارة فإنك تتحرك بالسرعة ذاتها التي تتحرك

قياس أمسك ورقة حرتون على بعد ٢٩ سم أمامك. استخدم مسطرة لقياس المسافة. هذه هي المعافة التي يجب أن تكون بين صدر السائق ومقود السيارة حتى تكون الوسادة الهوائية آمنة. أخبر الذين يقودون السيارات من أفراد عائلتك بمسافة الأمان هذه.

العلوم عبر المواقع الإلكترونية

ارجع إلى المواقع الإلكترونية عبر شبكة الإنترنت



# دليل مراجعة الفصل

## مراجعة الأفكار الرئيسية

### الدرس الأول

### القانونان الأول والثاني لنيوتن

#### فيم الحركة

٦. تعتمد قوة التجاذب بين جسمين على كتلتيهما، والبعد بينهما.
٧. يتأثر الجسم في الحركة الدائرية بقوة تتجه باستمرار نحو مركز الحركة.

١. القوة إما دفع أو سحب.

٢. ينص القانون الأول لنيوتن على أن الجسم المتحرك

يميل إلى البقاء متحركاً، والجسم الساكن يميل إلى البقاء ساكناً ما لم تؤثر فيه قوة محصلة لا تساوي صفراً.

٣. الاحتكاك قوة معيقة للحركة تؤثر بين الجسمين المتلامسين.

### الدرس الثاني

### القانون الثالث لنيوتن

١. تكون القوى التي يؤثر بها جسمان كل منهما في الآخر متساوية مقداراً، ومتعاكسة اتجاهًا.
٢. الفعل وردّ الفعل قوتان لا تلغي إحداهما الأخرى؛ عندما تؤثران في جسمين مختلفين.
٣. تبدو الأجسام في مدارها حول الأرض في حالة انعدام الوزن؛ لأنها في حالة سقوط حر مستمر حول الأرض.

٤. ينص القانون الثاني على أن الجسم المتأثر بقوة محصلة يتسارع في اتجاه هذه القوة.

٥. يعطى التسارع الناتج عن محصلة قوى (ق) بالعلاقة التالية:  $t = ق$  محصلة / ك.

## تصور الأفكار الرئيسية



قوانين نيوتن في الحركة

الأول

الجسم الساكن يبقى ساكناً حتى تؤثر فيه قوة

الثالث

لكل فعل رد فعل مساوٍ له في المقدار ومضاد له في الاتجاه

الثاني

الجسم المتأثر بقوة محصلة يتسارع في اتجاه هذه القوة





استخدم الشكل أدناه للإجابة عن السؤال ١٤ .



## استخدام المفردات

ما الفروق بين المفردات في كل مجموعة من المجموعات الآتية؟

١. القوة - القصور الذاتي - الوزن
٢. القانون الأول لنيوتن في الحركة - القانون الثالث لنيوتن في الحركة.
٣. الاحتكاك - القوة.
٤. القوة المحصلة - القوى المتزنة.
٥. الوزن - انعدام الوزن.
٦. القوى المتزنة - القوى غير المتزنة.
٧. الاحتكاك - الوزن.
٨. القانون الأول لنيوتن في الحركة - القانون الثاني لنيوتن في الحركة.
٩. الاحتكاك - القوى غير المتزنة.
١٠. القوة المحصلة - القانون الثالث لنيوتن.

١٤. إذا قام طالبان بدفع الصندوق من اليسار إلى اليمين، في حين دفع طالب واحد من اليمين إلى اليسار، فبأي اتجاه يتحرك الصندوق؟

- أ. إلى أعلى
- ب. إلى اليسار
- ج. إلى أسفل
- د. إلى اليمين

١٥. أي مما يلي يمثل وحدة النيوتن؟

- أ. م/ث<sup>٢</sup>
- ب. كجم/م/ث<sup>٢</sup>
- ج. كجم/م/ث
- د. كجم/م

١٦. أي مما يأتي دفع أو سحب؟

- أ. القوة
- ب. الزخم
- ج. التسارع
- د. القصور الذاتي

١٧. في أي اتجاه يتسارع جسم تؤثر فيه قوة محصلة؟

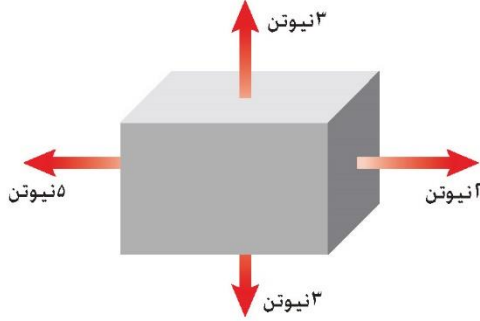
- أ. في اتجاه يميل بزاوية على اتجاه القوة.
- ب. في اتجاه القوة.
- ج. في اتجاه يعاكس اتجاه القوة.
- د. في اتجاه قوة عمودية.

## تثبيت المفاهيم

اختر الكلمة أو الجملة المناسبة لكل سؤال:

١١. ما الذي يتغير عندما تؤثر قوى غير متزنة في جسم؟
  - أ. الكتلة
  - ب. الحركة
  - ج. القصور الذاتي
  - د. الوزن
١٢. أي مما يأتي يبطئ انزلاق كتاب على سطح طاولة؟
  - أ. الجاذبية
  - ب. الاحتكاك الانزلاقي
  - ج. الاحتكاك السكوني
  - د. القصور الذاتي
١٣. إذا كنت راكباً دراجة، ففي أي الحالات الآتية تكون القوى المؤثرة في الدراجة متزنة؟
  - أ. عندما تتسارع الدراجة.
  - ب. عندما تتعطف بسرعة مقدارها ثابت.
  - ج. عندما تتباطأ الدراجة.
  - د. عندما تتحرك بسرعة ثابتة.

استخدم الشكل الآتي في حل سؤال ٢٦.



٢٦. في الشكل أعلاه، هل القوى المؤثرة في الصندوق متزنة؟ وضح ذلك.

## أنشطة تقويم الأداء

٢٧. عرض شفهيًا ابحث حول أحد قوانين نيوتن في الحركة، وحضر عرضًا شفهيًا. وقدم أمثلة على القانون. قد تحتاج إلى استخدام وسائل بصرية معينة.

٢٨. الكتابة بلغة علمية صمم تجربة حول قوانين نيوتن في الحركة. ووثق تصميمك باستخدام العناوين الآتية: اسم التجربة؛ أسماء شركائك في التجربة؛ الفرضيات؛ المواد والأدوات؛ إجراءات التجربة؛ البيانات؛ النتائج؛ الاستنتاج.

## تطبيق الرياضيات

٢٩. التسارع إذا أثرت بقوة محصلة مقدارها ٨ نيوتن في جسم كتلته ٢ كجم فاحسب تسارع الكتلة.  
٣٠. القوة إذا دفعت الجدار بقوة تساوي ٥ نيوتن فما مقدار القوة التي يؤثر بها الحائط في يديك؟  
٣١. القوة المحصلة إذا تحرك جسم كتلته ٤، ٠ كجم بتسارع مقداره ٢ م/ث<sup>٢</sup> فاحسب القوة المحصلة المؤثرة فيه.

٣٢. الاحتكاك إذا دفع كتاب كتلته ٢ كجم على سطح طاولة بقوة مقدارها ٤ نيوتن فاحسب قوة الاحتكاك المؤثرة في الكتاب إذا كان تسارعه ٥، ١ م/ث<sup>٢</sup>.

## التفكير الناقد

١٨. وضح لماذا تزداد سرعة عربة التزلج مع نزولها تلاً مغطى بالثلج، على الرغم من عدم وجود من يدفعها؟  
١٩. وضح قُدفت كرة بسرعة ٤٠ كم/س في اتجاه الشرق، فارتدت عن حائط بسرعة ٤٠ كم/س في اتجاه الغرب. هل تتسارع الكرة؟

٢٠. كون فرضية عادة ما تكون قوة الفعل وقوة رد الفعل غير ملاحظتين؛ عندما تكون الأرض أحد الجسمين. فسّر لماذا لا تكون القوة المؤثرة في الأرض واضحة؟  
٢١. حدد وقت سيارة على تل، ثم بدأت الحركة بتسارع

إلى أن وصلت إلى سرعة معينة، ثم تحركت بسرعة ثابتة فترة من الزمن، ثم بطّأت حركتها. اشرح كيف أثر كل مما يأتي في السيارة: الاحتكاك السكوني، الاحتكاك الانزلاقي، الاحتكاك التدرجي، مقاومة الهواء.

٢٢. استنتج ضرب لاعب القرص في لعبة الهوكي، فانزلق على الجليد بسرعة ثابتة. هل القوة هي التي جعلته يستمر في حركته؟ وضح إجابتك.

٢٣. استنتج يصف القانون الثالث لنيوتن القوى بين جسمين متصادمين. استخدم هذا القانون لتوضيح القوى المؤثرة عندما تضرب بقدمك كرة قدم.

٢٤. تعرّف السبب والنتيجة استخدم القانون الثالث لنيوتن في تفسير تسارع الصاروخ عند انطلاقه.

٢٥. توقع كرتان متماثلتان في الحجم والشكل، كتلة إحداهما ضعف كتلة الأخرى. أي الكرتين تواجه قوة مقاومة هواء أكبر عندما تصل سرعة كل منهما إلى السرعة الحدية؟

ج1: القوة: دفع أو سحب

القصور: هو ممانعة التغيير في الحركة

الوزن: هو قوة الجاذبية

ج2: القانون الأول لنيوتن: الجسم الساكن يبقى ساكناً والجسم المتحرك يبقى متحركاً ما لم تؤثر عليه قوة محصلة لا تساوي صفراً

ج3: الاحتكاك شكل من أشكال القوة التي تؤثر على الأجسام

ج4: القوة المحصلة: هي مجموع كل القوى المؤثرة في جسم ما

القوى المتزنة: محصلة القوى تساوي صفراً

ج5: الوزن: هو قوة جذب الأرض للجسم أما انعدام الوزن فهو انعدام القوى المؤثرة فيه

ج6: القوى المتزنة: هي مجموعة من القوى التي محصلتها صفراً فلا يتسارع

القوى غير المتزنة: هي مجموعة من القوى التي يكون محصلتها لا تساوي صفراً فيتسارع الجسم

ج7: الوزن: هو قوة جذب الأرض للجسم

الاحتكاك: هي قوة معاكسة معيقة للحركة تؤثر بين سطحين متلامسين

ج8: القانون الأول: الجسم الساكن يبقى ساكناً والجسم المتحرك يبقى متحركاً ما لم تؤثر عليه قوة محصلة لا تساوي صفراً

القانون الثاني لنيوتن: الجسم الذي يتأثر بقوة محصلة يتسارع في اتجاه هذه القوة

ج9: الاحتكاك: هي قوة معاكسة معيقة للحركة وتؤثر بين سطحين متلامسين

القوى غير المتزنة: هي قوة محصلتها لا تساوي صفراً وتعمل على تسارع الجسم

ج10: القوة المحصلة: هي مجموع القوى المؤثرة على جسم ما

القانون الثالث لنيوتن: لكل فعل رد فعل مساو له في المقدار ومضاد له الاتجاه

ج18: لأن القوة المحصلة تؤثر في اتجاه السرعة المتجهة للزلاجة (لأسفل التل) وهذا ما يجعل الزلاجة تتسارع ومن ثم تزداد سرعتها المتجهة

ج19: نعم؛ تتسارع الكرة لأن تغير اتجاه الكرة بعد اصطدامها بالحائط

ج20: لأن كتلة الأرض كبيرة جداً لذا فإن تسارعها يكون صغيراً جداً بحيث لا يمكن ملاحظة التغير في حركة الأرض نتيجة القوة المؤثرة فيها

ج21: عند وقوف السيارة على التل وبداية تحركها يعمل الاحتكاك السكوني على منع الجسم من الحركة

عند حركة السيارة على التل يعمل الاحتكاك التدرجي بين إطارات السيارة عند دورانها والأرض على إبطاء حركة السيارة، أما قوة الاحتكاك الانزلاقي فهي بين عجل السيارة والمكابح وتعمل على بطيء حركتها، أما مقاومة الهواء فعند نزول السيارة من على التل تتسارع السيارة بسبب الجاذبية وتزداد سرعتها فتزداد مقاومة الهواء للسيارة لأعلى أن تتساوى قوة مقاومة الهواء لأعلى مع قوة الجاذبية وعندها يكون محصلة القوة المؤثرة على الجسم - صفر فتتحرك السيارة بسرعة ثابتة

ج24: تقوم جدران المحرك الداخلية للصاروخ بدفع الغازات الساخنة أسفل المحرك وهذه القوة تمثل قوة الفعل أما قوة رد الفعل فهي دفع جزيئات الغاز لمحرك الصاروخ إلى أعلى فتعمل قوة الدفع هذه على انطلاق الصاروخ إلى أعلى

ج25: عند السرعة الحدية تتساوى قوة مقاومة الهواء مع وزن الكرة ولذلك فإن الكرة الأثقل وزناً ستواجه قوة مقاومة هواء أكبر

ج26: لا، القوى المؤثرة على الصندوق غير متزنة حيث أن محصلة القوة المؤثرة على الصندوق لا تساوي صفراً فالقوتان 3 نيوتن و3 نيوتن يعملان في اتجاهين متضادين فيلغي كل واحدة منهما أثر الأخرى بينما القوتين 2 و 5 نيوتن لا تلغي أحدهما أثر الأخرى

ج29: الكتلة ك = 2 كجم

القوة ق = 8 نيوتن

التسارع ت = ق ÷ الكتلة = 4 م/ث<sup>2</sup>

ج30: يؤثر الجدار في يدي بقوة مقدارها 5 نيوتن في عكس اتجاه تأثير يدي على الحائط

ج31: القوة المحصلة (ق) = ك × ت = 0.8 نيوتن

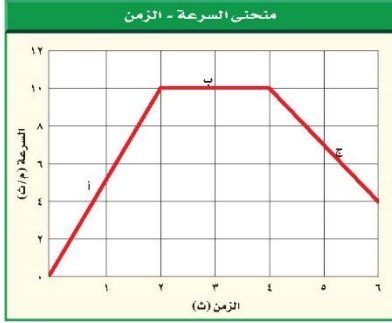
ج32: القوة المحصلة (ق) = ك × ت = 3 نيوتن

ق محصلة = قوة الدفع + قوة الاحتكاك

قوة الاحتكاك = قوة محصلة - قوة الدفع = 3 - 4 = 1- نيوتن أي أن مقدار الاحتكاك هو 1 نيوتن في عكس اتجاه حركة الجسم



استعمل المنحنى البياني أدناه للإجابة عن الأسئلة من ٦ - ٨.



٦. ما التسارع في الفترة الزمنية من ٠ إلى ٢ ثانية؟

- أ. ١٠ م/ث<sup>٢</sup>  
 ب. ٥ م/ث<sup>٢</sup>  
 ج. ٠ م/ث<sup>٢</sup>  
 د. -٥ م/ث<sup>٢</sup>

٧. في أي الفترات الزمنية الآتية كانت سرعة الجسم منتظمة؟

- أ. بين ١ و ٢ ثانية  
 ب. بين ٢ و ٤ ثوان  
 ج. بين ٤ و ٥ ثوان  
 د. بين ٥ و ٦ ثوان

٨. ما التسارع في الفترة الزمنية من ٤ إلى ٦ ثوان؟

- أ. ١٠ م/ث<sup>٢</sup>  
 ب. ٤ م/ث<sup>٢</sup>  
 ج. ٦ م/ث<sup>٢</sup>  
 د. -٣ م/ث<sup>٢</sup>

٩. سقطت ثمرة عن نخلة، وتسارعت بمقدار

٨,٩ م/ث<sup>٢</sup> فلانست الأرض بعد ٥,١ ثانية. ما

السرعة التي لامست بها الثمرة الأرض تقريباً؟

- أ. ٨,٩ م/ث  
 ب. ٢٠ م/ث  
 ج. ١٤,٧ م/ث  
 د. ٣٠ م/ث

١٠. أي الأوصاف الآتية لقوة الجاذبية غير صحيح؟

- أ. تعتمد على كتلة كل من الجسمين.  
 ب. قوة تنافر.  
 ج. تعتمد على المسافة بين الجسمين.  
 د. توجد بين جميع الأجسام.

### أُسئلة الاختيار من متعدد

### الجزء الأول

دوّن إجاباتك في ورقة الإجابة التي يزودك معلمك بها.  
 اختر الإجابة الصحيحة في كل مما يأتي:

١. ما الكمية التي تساوي حاصل قسمة المسافة

المقطوعة على الزمن المستغرق؟

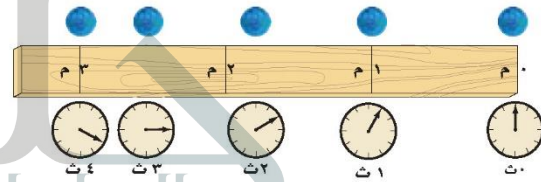
- أ. تسارع  
 ب. سرعة متجهة  
 ج. سرعة  
 د. قصور ذاتي

٢. ينتشر الصوت بسرعة ٣٣٠ م/ث. ما الزمن اللازم

لسماع صوت رعد إذا قطع مسافة ١٤٨٥ م؟

- أ. ٤٥ ثانية  
 ب. ٤,٥ ثانية  
 ج. ٤٩٠٠ ثانية  
 د. ٢٢,٠ ثانية

استعمل الشكل الآتي للإجابة عن السؤالين ٣,٤.



٣. في أي الفترات الزمنية كانت السرعة المتوسطة للكرة أكبر؟

- أ. بين صفر و ١ ثانية  
 ب. بين ١ و ٢ ثانية  
 ج. بين ٢ و ٣ ثانية  
 د. بين ٣ و ٤ ثانية

٤. ما السرعة المتوسطة للكرة؟

- أ. ٧٥,٠ م/ث  
 ب. ١ م/ث  
 ج. ١٠ م/ث  
 د. ١,٣ م/ث

٥. أي مما يأتي يحدث عندما يتسارع جسم؟

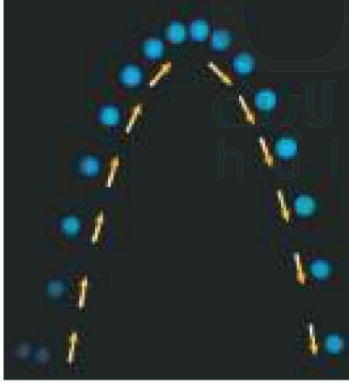
- أ. تتزايد سرعته  
 ب. تتناقص سرعته  
 ج. يتغير اتجاه حركته  
 د. جميع ما سبق

الجزء الثاني أسئلة الإجابات القصيرة

- دوّن إجاباتك في ورقة الإجابة التي يزودك معلمك بها.
١٤. ما سرعة حصان سباق يقطع مسافة ١٥٠٠ متر خلال ١٢٥ ثانية؟
١٥. تحركت سيارة مدة ٥,٥ ساعة بسرعة متوسطة مقدارها ٧٥ كم / س. ما المسافة التي قطعتها؟
١٦. تحركت رزان مسافة ٢ كم شمالاً، ثم مسافة ٢ كم شرقاً، ثم مسافة ٢ كم جنوباً، ثم مسافة ٢ كم غرباً. ما المسافة الكلية التي قطعتها؟ وما إزاحتها؟
١٧. هل يعتمد التسارع على سرعة الجسم؟ فسر إجابتك.

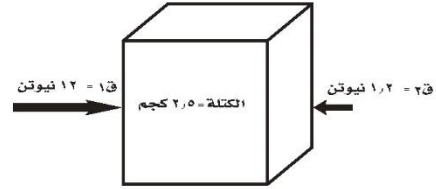
الجزء الثالث أسئلة الإجابات المفتوحة

استخدم الشكل أدناه للإجابة عن السؤالين ١٨، ١٩.



١٨. صف حركة الكرة من حيث سرعتها، وسرعتها المتجهة، وتسارعها.
١٩. في أي جزء من حركة الكرة كان تسارعها موجبا؟ في أي جزء من حركتها كان تسارعها سالبا؟ فسر ذلك.
٢٠. عندما يدور رواد الفضاء في سفينة الفضاء حول الأرض فإنهم يسبحون داخل السفينة بسبب انعدام الوزن. وضح هذا التأثير.

استخدم الشكل أدناه للإجابة عن السؤال ١١



١١. ما مقدار تسارع الصندوق؟
- أ. ٢٧ م/ث<sup>٢</sup>  
ب. ٤,٣ م/ث<sup>٢</sup>  
ج. ٤,٨ م/ث<sup>٢</sup>  
د. ٤٨,٠ م/ث<sup>٢</sup>
- استخدم الجدول الآتي للإجابة عن السؤالين ١٢ و ١٣

كتلة بعض الأجسام الشائعة	
الكتلة (جم)	الجسم
٣٨٠	كوب
١١٠٠	كتاب
٢٤٠	علبة
٢٥	مسطرة
٦٢٠	دباسة

١٢. أي الأجسام السابقة له تسارع = ٠,٨٩ م/ث<sup>٢</sup> إذا قمت بدفعه بقوة ٠,٥٥ نيوتن؟
- أ. الكتاب  
ب. العلبة  
ج. المسطرة  
د. المكبس
١٣. أي الأجسام السابقة له أكبر تسارع إذا قمت بدفعه بقوة ٨,٢ نيوتن؟
- أ. العلبة  
ب. المكبس  
ج. المسطرة  
د. الكتاب

## حل الاختبار المقنن:

ج14: السرعة = المسافة ÷ الزمن =  $1500 \div 125 = 12$  م/ث

ج15: المسافة = السرعة × الزمن =  $75 \text{ كم} / \text{س} \times 5.5 \text{ ساعة} = 412.5 \text{ كم}$

ج16: المسافة الكلية التي قطعتها = مجموع المسافات التي تحركتها =  $8 \text{ كم}$

الإزاحة = صفر لأنها رجعت إلى نقطة البدئية

ج17: لا، لا يعتمد التسارع على سرعة الجسم بل يعتمد على القوة المحصلة وعلى الكتلة

ج18: تبدأ الكرة حركتها بسرعة ابتدائية مُعَيَّنة؛ ثم تتناقص تدريجياً حتى تصل سرعتها إلى الصفر عند أعلى

نقطة في المسار المُنحني؛ ثم تزداد سرعتها تدريجياً في أثناء سُقوطها؛ وتصل إلى أعلى سرعة لها قبل أن

تصطدم بالأرض مباشرة

تتحرك الكرة في مسار منحن؛ وبسرعة متغيرة وبذلك فإن سرعتها المتجهة تتغير عند كل نقطة في

المُنحني؛ وتكون في حالة تسارع

تتحرك الكرة إلى الأمام وإلى الأعلى ولكن يكون اتجاه تسارعها إلى الأسفل، لذا يصبح مسار الكرة عند لحظة

معينة في اتجاه التسارع نفسه

يكون التسارع موجباً أثناء سقوط الكرة من أعلى نقطة في المُنحني إلى الأسفل؛ حيث يزداد مقدار السرعة في

هذا الاتجاه. ويكون سالباً (تباطؤ) أثناء حركة الكرة من نقطة البداية إلى أعلى نقطة في المُنحني؛ حيث

يتناقص مقدار السرعة في هذا الاتجاه

ج19: يكون التسارع موجباً أثناء سقوط الكرة من أعلى نقطة في المُنحني إلى الأسفل؛ حيث يزداد مقدار

السرعة في هذا الاتجاه. ويكون سالباً (تباطؤ) أثناء حركة الكرة من نقطة البداية إلى أعلى نقطة في المُنحني؛

حيث يتناقص مقدار السرعة في هذا الاتجاه

ج20: الجسم الساقط سقوطاً حُرّاً يتأثر بقوة واحدة فقط هي قوة الجاذبية الأرضية؛ مثل: شخص يقف على

الميزان في مصعد يسقط نحو الأسفل، فالمصعد والشخص والميزان جميعهم في حالة سقوط حر فلا يؤثر

الميزان بدفع إلى أعلى للجسم؛ والجسم لا يؤثر في الميزان بدفع إلى أسفل، لذلك يُشير مؤشر الميزان إلى

الصفر؛ ويبدو الجسم وكأنه عديم الوزن

كذلك يكون المكوك الفضائي في أثناء حركته في مداره حول الأرض في حالة سقوط حر؛ هو وكافة الأجسام

داخله؛ حيث يسقط في مسار منحني بدلاً من السقوط في خط مستقيم نحو الأرض، ونتيجة لذلك تبدو الأجسام داخله وكأنها في حالة انعدام الوزن؛ ودفعة خفيفة تُحرّك الجسم بعيداً داخل المكوك

