



## 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 يُغيّر التصادم سرعة كل كرة، أو اتجاه حركة كل كرة، أو الاثنين معاً (مقدار السرعة واتجاه الحركة). ويعتمد التغيّر 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 شخصاً يندفع بسرعة نحوك، لكي توقف هذا الشخص عليك أن تدفعه، وعليك أن تدفع بقوة أكبر إذا كان هذا الشخص بالغاً، مقارنة بما لو كان هذا الشخص طفلاً. 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. وتسمى 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 يقصد بالقصور الذاتي؟

### في هذا الدرس

#### الأهداف

- تعرف الزخم (كمية الحركة).
- توضّح لماذا قد يكون الزخم بعد التصادم غير محفوظ.
- تتوقع حركة الأجسام، استناداً 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

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.

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

الربط مع

العلوم الاجتماعية



### البحث الجنائي والزخم

إن تحريات رجال البحث الجنائي وتقصيات رجال شرطة المرور حول الحوادث والجرائم كثيراً ما تتضمن تحديد زخم الأجسام. فعلى سبيل المثال، يُستخدم مبدأ حفظ الزخم أحياناً لتعرف سرعات المركبات المتصادمة. ابحث حول مجالات أخرى يُستخدم فيها الزخم في تحريات البحث الجنائي.

فإنه كلما  
صعوبة  
على كل  
جسم في

تُقاس الكتلة بوحدة الكيلوجرام، أما السرعة المتجهة فتُقاس بوحدة (متر لكل ثانية)؛ لذا تكون وحدة قياس الزخم هي (كجم.م/ث). ولأن السرعة المتجهة تتضمن اتجاهًا فإن الزخم أيضًا يتضمن اتجاهًا؛ حيث يكون اتجاهه في اتجاه السرعة المتجهة نفسها.

وضّح كيف يتغير زخم جسم ما بتغير سرعته المتجهة؟

ماذا قرأت؟

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

الزخم (كجم. م / ث) = كتلة الجسم (كجم) × السرعة (م/ث)

طبقاً للمعادلة السابقة يتغير زخم الجسم بتغير سرعته المتجهة

حساب الزخم: خ = ؟ كجم.م/ث.

المطلوب ٢

عوّض بالمعطيات في معادلة الزخم: خ = ك ع

طريقة الحل ٣

خ = (١٤ كجم) × (٢ م/ث شمالاً) = ٢٨ كجم.م/ث شمالاً

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

التحقّق من الحل: ٤

### 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؟

## 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 محفوظًا.

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

يبقى الزخم الكلي لمجموعة من الأجسام ثابتًا 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 تغير من مجموع الزخم الكلي لمجموعة الأجسام؛ حيث يؤدي الاحتكاك إلى تباطؤ حركة الكرات عندما تندرج على الطاولة، وبالتالي نقصان الزخم الكلي.

**أنواع التصادمات** يمكن أن تتصادم الأجسام معًا بطرائق مختلفة. ويُبين الشكل ١٤ نوعين من التصادم هما (التصادم المرن و التصادم غير المرن)؛ إذ ترتد الأجسام المتصادمة أحيانًا بعضها عن بعض، كما يحدث مع كرة البولنج والأقفاغ، وفي تصادمات أخرى يتصادم جسمان فيلتحمان معًا بعد التصادم، كما يحدث مع لاعبي كرة القدم.



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



**الشكل ١٣** تتباطأ كرة البلياردو البيضاء عندما تضرب كرات البلياردو الأخرى؛ لأنها نقلت جزءًا من زخمها إلى الكرات الأخرى.

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

**ستتوقف الكرة لأنه سيصبح زخمها مساويًا صفرًا**

**الشكل ١٤** عندما تتصادم 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 الكرة بسرعة أقل من سرعة الكرة قبل التصادم.



قبل أن يلتقط الطالب كرتة كانت سرعته صفرًا.

**الشكل ١٥** انتقل الزخم من الكرة 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 المتصادمة لا يتغير. فعلى سبيل المثال تخيل نفسك تلبس مزلاجين في قدميك، كما في الشكل ١٥، ثم طلبت إلى زميل لك أن يقذف إليك كرتة. عندما تلتقطها ستتحرك أنت والكرة في الاتجاه نفسه الذي كانت تتحرك فيه. ويمكن استخدام قانون حفظ الزخم لحساب سرعتك المتجهة بعد أن تلتقط كرتة. افترض أن كتلة الكرة 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 الكرة + زخمك

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

$$= ١٠ \text{ كجم} \cdot \text{م/ث شرقًا}$$

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

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

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

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

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

هذه هي سرعتك المتجهة أنت والكرة بعد أن التقطتها مباشرة. ولاحظ أن سرعتك المتجهة أنت والكرة معًا أقل كثيرًا من السرعة الابتدائية المتجهة للكرة. 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.

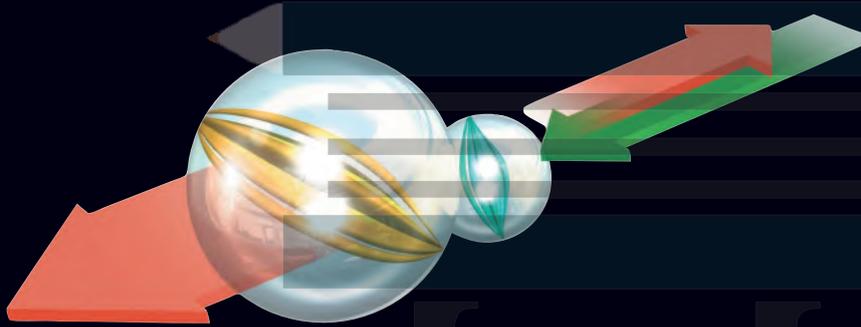
**نشاط** ارسم أشكالاً توضح التصادم بين كرة تنس الطاولة، وكرة البولنج، وإذا كانتا تتحركان في الاتجاه نفسه، وإذا كانتا تتحركان في اتجاهين متعاكسين.

## قانون حفظ الزخم

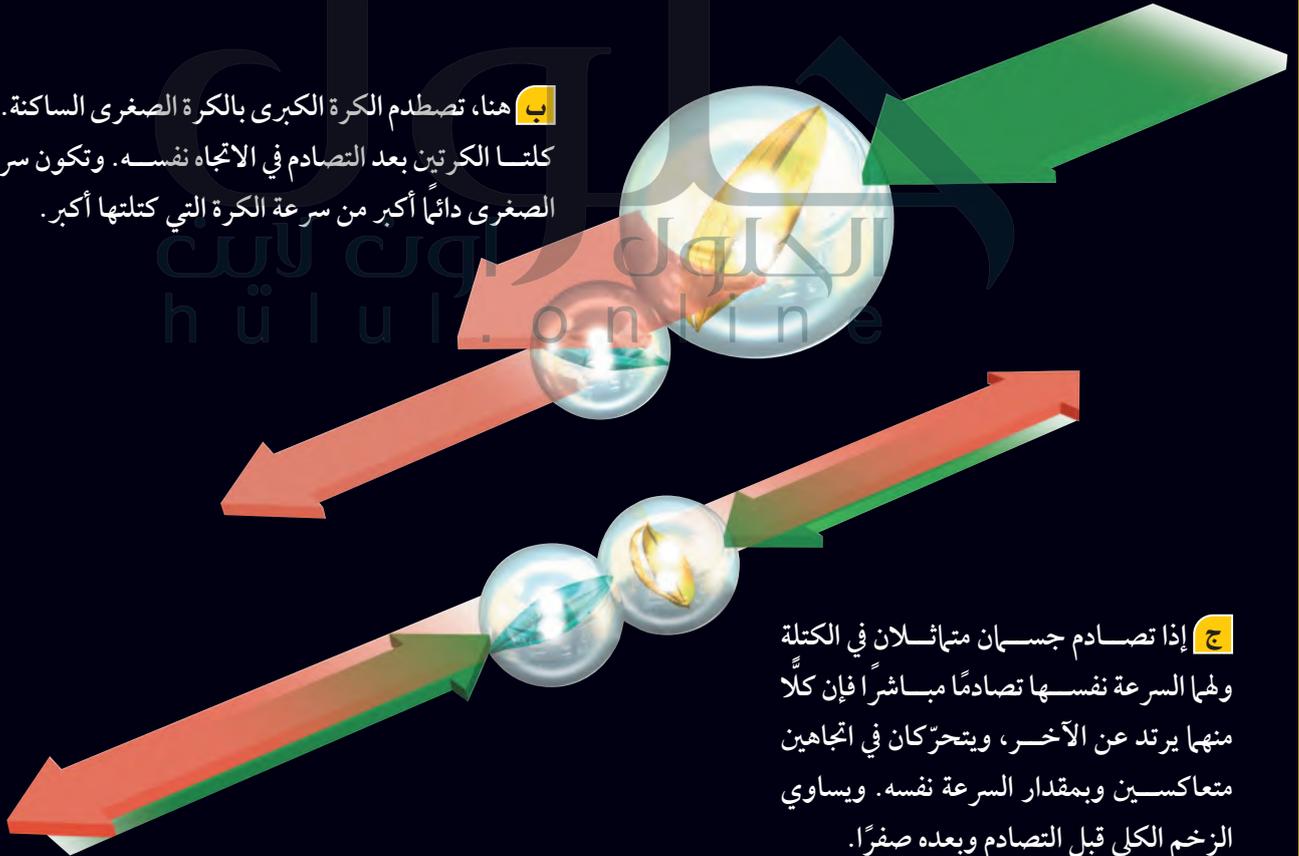
### الشكل ١٦

من الممكن استخدام قانون حفظ الزخم لتوقع نتائج التصادمات بين أجسام مختلفة، سواءً أكانت 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 الصغرى، وتتحرك الكرة الكبرى في اتجاه حركة الكرة الصغرى قبل التصادم.



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



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

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



بعضها عن بعض، كما يحدث بين السيارات الصغيرة في مدينة الألعاب

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

ج4: يكون الزخم قبل التصادم - الزخم بعد التصادم  
الزخم قبل التصادم - صفراً لأن  $1\text{ ك} = 1\text{ ع} - 2\text{ ك} = 2\text{ ع}$   
لذلك فإن الزخم قبل التصادم  $= 1\text{ ك} + 1\text{ ع} = 2\text{ ك} = 2\text{ ع} = \text{صفر}$   
إذا الزخم بعد التصادم  $= \text{صفر}$  لذا عند التحام الكرتين معا تتوقف الكرة

ج5:  $\text{خ} = \text{ك} = \text{ع} = 0.1 \text{ كجم} \times 5 \text{ م/ث غربا} = \text{كجم} \cdot \text{م/ث غربا}$

ج6: الزخم قبل التصادم  $= (1\text{ كجم} \times 3 \text{ م/ث شرقا}) + (2\text{ كجم} \times 0 \text{ م/ث})$

الزخم قبل التصادم  $= 3 \text{ كجم} \cdot \text{م/ث شرقا}$   
الزخم قبل التصادم  $= \text{الزخم بعد التصادم}$

$3 \text{ كجم} \cdot \text{م/ث شرقا} = (1\text{ كجم} \times 0 \text{ م/ث}) + (2 \times \text{ع})$   
 $\text{ع} = 1.5 \text{ م/ث شرقا}$

## الدرس

### اختبر نفسك

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

### تطبيق الرياضيات

5. **الزخم** ما زخم كتلة مقدارها 1 كجم، إذا تحركت بسرعة متجهة 5 م/ث غرباً؟
6. **حفظ الزخم** اصطدمت كرة كتلتها 1 كجم كانت تتحرك بسرعة متجهة 3 م/ث شرقاً بكرة أخرى كتلتها 2 كجم فتوقفت. إذا كانت الكرة الثانية ساكنة قبل التصادم فاحسب سرعتها المتجهة بعد التصادم.

- يكون اتجاه زخم جسم ما في اتجاه سرعته المتجهة نفسها.

### حفظ الزخم

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

## 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 يبقيهم متحركين، كيف تحمي ركاب سيارتك من أثر هذا التصادم؟

### الأهداف

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

### المواد والأدوات

صينية خفيفة من البولسترين، كأس من البولسترين، ماصتين عصير مختلفتين في الحجم، دبابيس مختلفة، لاصق، بيضة بلاستيكية.

### إجراءات السلامة



تحذير: وفر لعينيك الحماية من الأجسام المتطايرة.

### تكوين فرضية

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

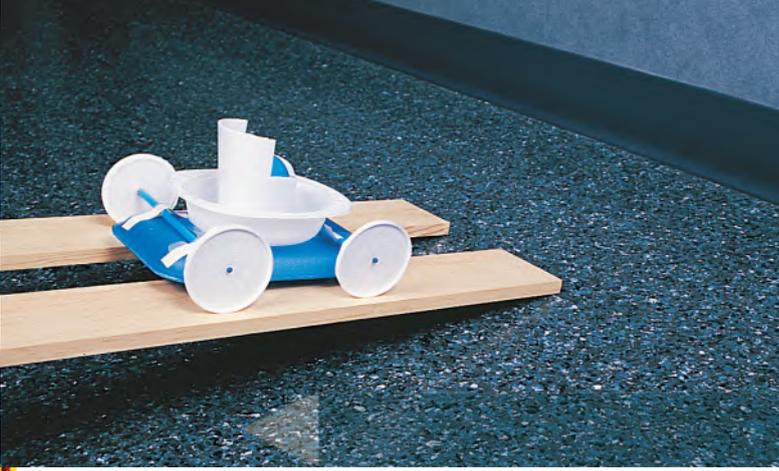
### اختبار فرضية

#### تصميم خطة

1. تأكد من اتفاق طلاب مجموعتك معك على صياغة الفرضية.
2. ارسم مخططًا لتصميمك، وجهاز قائمة بالأدوات والمواد اللازمة، تأكد أنه لجعل السيارة تتحرك بسهولة يجب أن تدخل الماصة الصغيرة في الماصة الكبيرة



## 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. ابدأ تنفيذ التجربة كما خططت لها.
٣. **سجل** أي ملاحظات تشاهدها في أثناء قيامك بالتجربة، بما في ذلك التحسينات التي تنوي إدخالها على تصميمك.

### تحليل البيانات

١. **قارن** تصميمك للسيارة، مع تصميم طلاب المجموعات الأخرى. ما الذي جعل إحدى السيارات أسرع، والأخرى أبطأ؟
٢. **قارن** عوامل الأمان التي اتبعتها في سيارتك مع عوامل الأمان في السيارات الأخرى. ما الذي وفر أكبر حماية للبيضة؟ وكيف تُحسن جوانب النقص في تصميمك؟
٣. **توقع** ما أثر تخفيض السرعة في سيارتك على سلامة البيضة؟

### الاستنتاج والتطبيق

١. **لخص** كيف يمكنك عمل أفضل تصميم للسيارة يساعد على توفير الحماية للبيضة؟
٢. **طبق** لو كنت مصمم سيارات حقاً، فما الذي تقدمه لتوفير حماية أكبر للركاب من حوادث الوقوف المفاجئ؟

## تواصل

### بياناتك

**اكتب** فقرة تصف فيها الطرائق التي تصمم بها سيارة لتحمي ركابها بكفاءة، وضمّن ذلك الرسوم التوضيحية الضرورية.

# اكتشافات مفاجئة

بعض الاكتشافات العظيمة  
لم تكن مقصودة

## ما ييلوم حولك يعدو البرنج

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

وللبوميرنج أشكال متعددة، غير أنها تشترك معاً في صفات عدّة. منها أن البوميرنج يُشكل ليحاكي جناح الطائرة، فأحد أطرافه مستو والآخر محدّب. ومنها أيضاً أن البوميرنج مقووس، 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.

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 طُوّر عن هراوة صغيرة كانت تُستخدم لتدوين الحيوانات ثم قتلها لأجل الطعام. وكانت الهراوات ذات الأشكال المختلفة تحلّق بطرائق مختلفة، ومع الزمن تطور شكلها حتى أصبحت على الصورة الموجودة اليوم.



**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