



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، لكل قوة فعل قوة رد فعل مساوية لها في المقدار ومعاكسة لها في الاتجاه، 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.

ففيه 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 التصادم تؤثر السيارة الأولى بقوة في السيارة الثانية، وتؤثر السيارة الثانية بالقوة نفسها في السيارة الأولى، ولكن في اتجاه معاكس. وضح هل اكتسبت السيارتان التسارع نفسه؟



السيارتان التسارع نفسه لأن التسارع يتوقف على كتلة الجسم والقوة المؤثرة

قوة الفعل ورد الفعل لا تلغي إحداهما الأخرى القوى التي يؤثر بها جسمان كل منهما في الآخر، كثيرًا 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 صفرًا. إلا أنه في الواقع لا تلغي إحداهما الأخرى؛ لأن كلا منهما تؤثر في جسم مختلف عن الآخر. وقد تلغي القوى بعضها بعضًا إذا كانت تؤثر في جسم واحد.

كيف تطير الطيور؟

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

نشاط ارسم مخططًا يُبين القوى المؤثرة في طير أثناء تحليقه.

فعلى 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. ووفقًا للقانون الثالث لنيوتن، يدفع الهواء الطائر في عكس الاتجاه أي إلى الأمام وإلى أعلى. وتُبقى هذه القوة الطائر محلًا في الهواء.

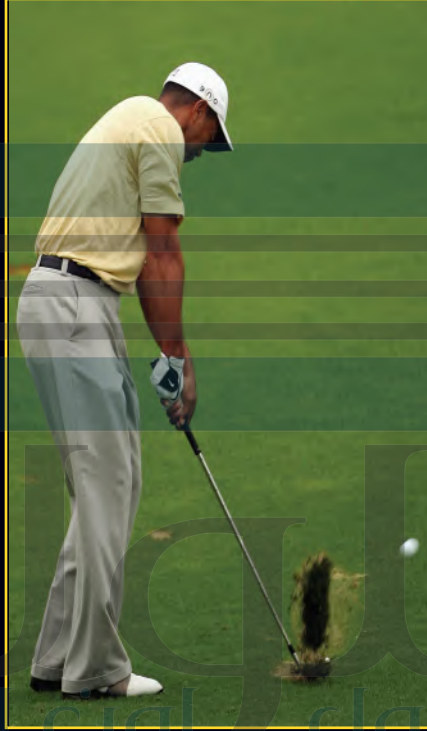
قوانين نيوتن في عالم الرياضة

الشكل ١٥

على الرغم من أن قوانين نيوتن في الحركة غير جلية، إلا أنها تظهر بوضوح دائماً في عالم الرياضة. فوفقاً للقانون الأول لنيوتن فإن كل جسم متحرك يبقى متحركاً في خط مستقيم وسرعة 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 مساوياً له في المقدار، ومعاكساً له في الاتجاه.

► القانون الثاني لنيوتن

بمجرد أن يضرب المضرب كرة الجولف يؤثر فيها بقوة، فيتحركها 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.



قوة دفع طاولة القفز
على لاعب الجمباز

قوة دفع لاعب الجمباز
على طاولة القفز

◀ القانون الثالث لنيوتن

يُطبق القانون الثالث لنيوتن على الأجسام حتى وإن لم تتحرك. هنا لاعب جمباز 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 التي تدفعك بها الأرض في حال وقوفك عليها وقوفاً تاماً.

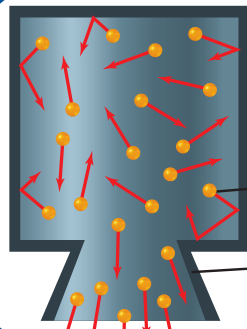
إلى الأعلى



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 كبيراً جداً، أي أن ميله كبير للبقاء ساكناً؛ لذا فإنها تتسارع قليلاً. 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 جداً بالمقارنة بكتلتك؛ لذا عندما تدفع الأرض بقدمك فإن تسارعها يكون صغيراً جداً، وهذا التسارع من الصغر، بحيث لا يمكن ملاحظة التغير في حركة الأرض في أثناء السير.

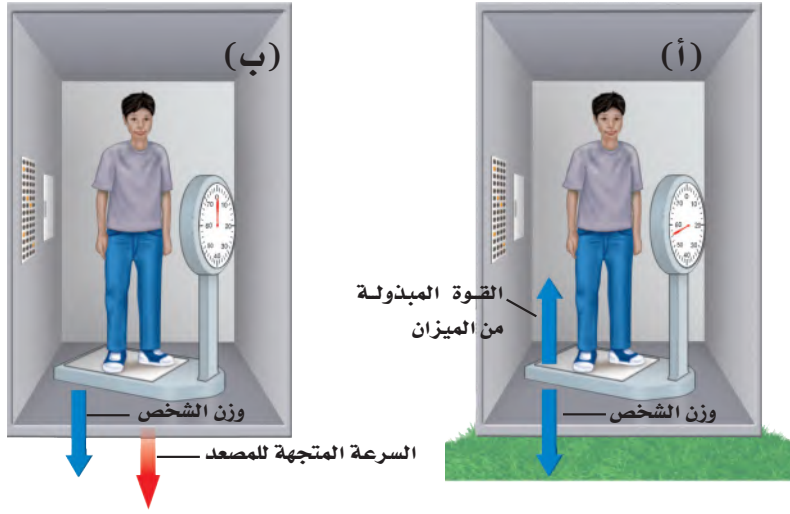
الشكل ١٧ يُفسّر القانون الثالث لنيوتن حركة الصاروخ. يدفع الصاروخ جزيئات الغاز إلى أسفل، فتدفع جزيئات الغاز الصاروخ إلى أعلى.

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.



جزيئات الغاز

حجرة المحرك



الشكل ١٨ سواء 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 طفو 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 خطاف 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؟

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 مسببا حركتك للأمام

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

ج4: سيكون للطفل تسارع يساوي ضعفي تسارعك

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

ج6: ت = ق / ك = $700 \text{ نيوتن} \div 100 \text{ كجم} = 7 \text{ م/ث}^2$

- 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 إحداهما 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 حراً، عبر مسار منحني يحيط بالأرض.

بالنسبة
لرعتك
ه القوة
في وفي

مسار منحني بدلاً من
أجسام داخله وكأنها
دفعاً خفيفة
خل المصعد الساقط

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.

الدرس

اختبر نفسك

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

تطبيق الرياضيات

- حساب التسارع أثر شخص يقف على متن زورق بقوة مقدارها ٧٠٠ نيوتن لقذف المرساة جانباً. احسب تسارع الزورق إذا كانت كتلته مع الشخص تساوي ١٠٠ كجم.

نمذجة الحركة في بُعْدَيْن

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 بُعْدَيْن 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 بزاوية تحت تأثير الجاذبية الأرضية. ومن الأمثلة الشائعة على ذلك إطلاق القذائف من فوهة دبابة مائلة بزاوية معينة، وحركة كرة السلة في أثناء مسارها لتسقط في السلة.

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

على الأرض باستخدام الشريط اللاصق، ثم صمّم خطة لنقل كرة الجولف عبر هذا المسار باستخدام المزلاج البلاستيكي، شريطة ألا تسقط الكرة من فوقها.

اختبار فرضية

تصميم خطة

١. حدّد المسار على أرضية الغرفة بحيث يتضمن اتجاهين على الأقل، كأن يكون مرة إلى الأمام، ثم إلى اليمين.

٢. صل الميزانين النابضيين بالمزلاج، بحيث يُسحب أحدهما إلى الأمام باستمرار، كأن يكون موجّهًا نحو باب الغرفة بشكل دائم، والثاني يؤثّر بشكل جانبي، وقد يلزم أن تكون قوة سحب النابض الثاني صفرًا في بعض الأحيان، إلا أنه لا يؤثر بقوة دفع على المزلاج.

الأهداف

- تحرك المزلاج على الأرض باستخدام قوتين.
- تقيس السرعة التي يتحرك بها المزلاج.
- تحدّد سهولة التغير في الاتجاه.

المواد والأدوات

شريط لاصق، ساعة إيقاف، أو تطبيق بأحد الجوالات أو (ساعة رقمية)*، شريط متري، ميزانان نابضيان بتدريج نيوتن، طبق بلاستيكي، كرة جولف، تنس طاولة*.

* مواد بديلة.

إجراءات السلامة



استخدام الطرائق العلمية

٣. كيف تكون حركة يدك على طول المسار القطري وعند المنحنيات؟

٤. كيف تقيس السرعة؟

٥. جرّب باستخدام المزلاج كم يكون صعباً عليك أن تسحب جسمًا بسرعة محدّدة مع وجود احتكاك؟ وكيف تُحقّق تسارعاً؟ وهل يمكنك التوقّف بصورة مفاجئة دون سقوط الكرة عن المزلاج؟ أم أن عليك تقليل السرعة تدريجيّاً؟

٦. اكتب خطة لتحريك كرة الجولف، بسحبها إلى الأمام فقط، أو في اتجاه جانبي، وتأكد من فهمك للخطة بصورة جيدة، واهتم بالتفاصيل جميعها.



تنفيذ الخطة

١. تأكد أن معلمك أطلع 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 دفتر.

٥. اختبر نتائجك باستخدام مسار جديد.

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

تحليل البيانات

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.

الاستنتاج والتطبيق

١. ماذا حدث عندما جُمعت قوتان متعامدتان؟

٢. لو قمت بسحب المزلاج في الاتجاهات الأربعة، هل يتحرّك المزلاج على سطح الأرض؟ ضع فرضية جديدة لتفسير إجابتك.

ج1: عند جمع قوتان متعامدتان يتحرك الجسم قطريا 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 أمانًا

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

بينما تقود سيارتك، قد تقف سيارة أمامك فجأة، فتسمع أصوات تصادم السيارات، وتجد حزام الأمان يثبتك بقوة في مقعدك، ووالدتك إلى جوارك مغطاة، ليس بالدم ولله الحمد، وإنما بوسادة بيضاء! وبحول الله تعالى، ساعد حزام الأمان ووسادة الأمان الهوائية على التقليل كثيرًا من حجم الأذى والضرر الذي كان سيصيبكما.

تدافع الفشار

لقد أنقذت الوسائد الهوائية - بإذن الله - آلاف الناس منذ عام ١٩٩٢ م. وهي تشبه - في عملها - عددًا كبيرًا من جوب الذرة الصفراء التي يُصنع منها الفشار، حيث تتفرق وتتمدد إلى حجم يساوي أضعاف حجمها الأصلي. ولكن الوسائد الهوائية تختلف عن حبات الفشار؛ حيث لا تتمدد المادة داخلها بتأثير الحرارة، بل يحدث تفاعل كيميائي مع الاصطدام، فيتولد غاز يتمدد في جزء من الثانية، فينفخ الوسادة لتُصبح مثل البالون، فتحمي السائق، وربما الشخص الجالس إلى جواره. كما أن الوسادة تُفرغ هواءها بسرعة فلا تحتجز الركاب في السيارة.

نيوتن والوسادة الهوائية

عندما تسافر في سيارة فإنك تتحرك بالسرعة ذاتها التي تتحرك

يُجرى اختبار للسرعة التي تنفتح عندها الوسادة الهوائية



قياس أمسك ورقة كرتون على بعد ٢٦ سم أمامك. استخدم مسطرة لقياس المسافة. هذه هي المسافة 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