



القانونان الأول والثاني لنيوتن في الحركة

فيم هذا الدرس

الأهداف

- تمييز بين القوى المتزنة والقوى المحصلة.
- تذكر نص القانون الأول لنيوتن.
- تفسر كيفية تأثير الاحتكاك في الحركة.
- تشرح نص القانون الثاني لنيوتن.
- تفسر 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
- القوة المحصلة
- القوى المتزنة
- القوى غير المتزنة
- نيوتن في الحركة
- نيوتن في الحركة
- الوزن
- القانون الأول

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.

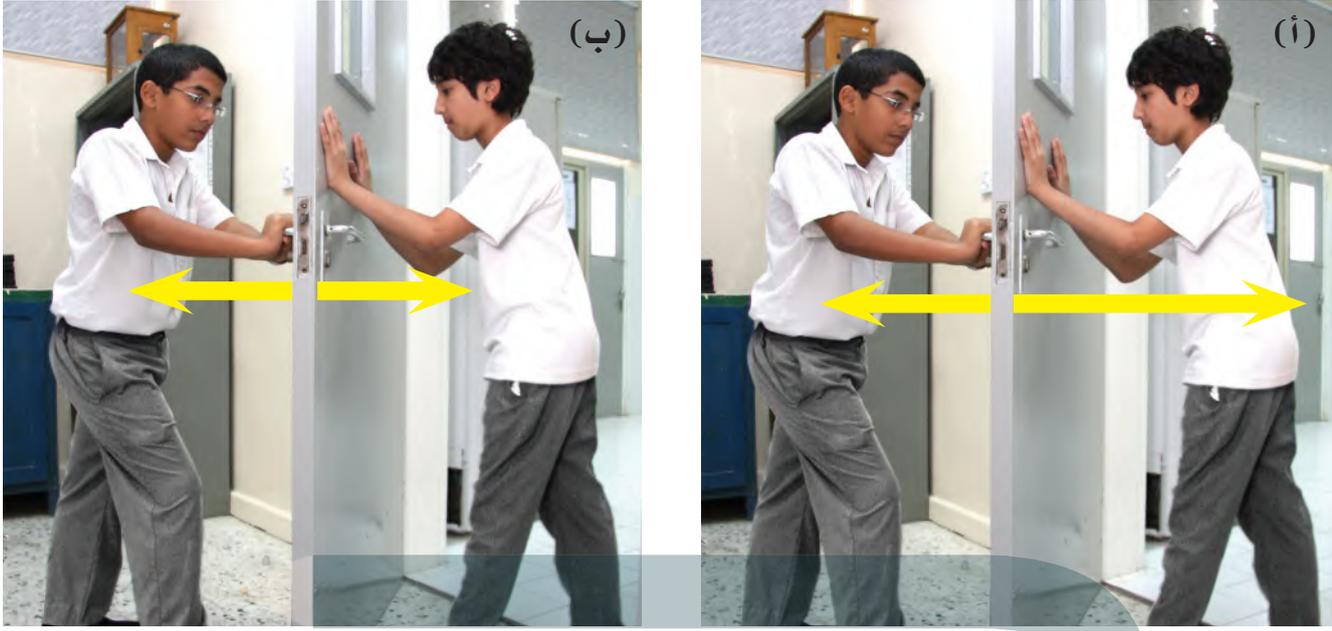
إن هذا المؤثر الذي يعمل على تغيير حركة الأجسام يُطلق عليه اسم **القوة Force**. والقوة إما دفع أو سحب. ويبين الشكل ١ أنه عندما تقذف كرة جولف فإنك تؤثر فيها بقوة، فتتسارع الكرة مبتعدة عن المضرب. وتعمل القوة كذلك على تغيير اتجاه حركة الكرة؛ فبعد أن تغادر الكرة المضرب ينحني مسارها إلى أسفل لتعود ثانية إلى 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؛ فمثلًا يُمكن 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 أيضًا؛ وهذا يعني أن الجسم يتسارع.

والآن كيف تجمع القوى لتعطي القوة المحصلة؟ إذا كانت القوى في اتجاه واحد فإنها تجمع معًا 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 تُسبب تسارعه إذا ألغيت قوى أخرى دفع أو سحب القوة الأولى. انظر الشكل ٢. إذا كنت تدفع بابًا بقوة، وكان زميلك يدفع الباب نفسه بقوة مماثلة في الاتجاه المعاكس فلن يتحرك الباب؛ لأن القوتين متعاكستان، وتُلغِي إحداها أثر الأخرى.



الميكانيكا الحيوية تؤثر قوى في أجزاء جسمك المختلفة سواء كنت تركز أو تقفز أو كنت جالسًا. 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.

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 (١٦٤٢-١٧٢٧ م) فهماً 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 يبقى الجسم على حالته من سكون أو حركة ما لم تؤثر عليه قوة خارجية

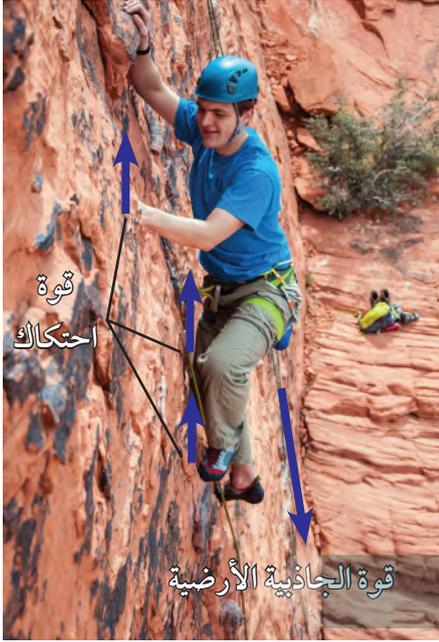
الاحتكاك

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



العالم جاليليو

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



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

تبطئ قوة الاحتكاك اللاعب المنزلق على الأرض

الشكل ٣ عندما يتحرك جسمان أحدهما مماس 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. حرّك يدك فوق سطح الطاولة، ستحس 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 طويلًا؛ 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 ويوضح الشكل ٤ الحركة في حالة عدم وجود الاحتكاك.

العلوم
عبر المواقع الإلكترونية

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.



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؟

يتحرك القرص في خط مستقيم ولكنه سيتباطأ ثم يتوقف بسبب الاحتكاك

ما الذي مشترك بين جميع أشكال قوة الاحتكاك؟ **ماذا قرأت؟**

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

بين التلاجة 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 يتحرك الجسم عليك أن تبذل قوة كافية لكسر الروابط التي تعمل على تلاصق السطحين المتلامسين معاً.

الاحتكاك السكوني والاحتكاك الانزلاقي
ارجع إلى دراسة التجارب العملية على منصة عين الإنترنت

تجربة عملية



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 بعضها ببعض في مواقع تلامسها. وعندما ينزلق سطح فوق آخر تتكسر الروابط بين السطحين، وتتشكل روابط أخرى جديدة، وهذا ما يُسبب الاحتكاك الانزلاقي. ويجب بذل قوة لتحريك سطح خشن على سطح خشن آخر.

تجربة:

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

التحليل:

ج1: قوة الاحتكاك السكونية للمحاة كانت الأكبر لأنها انزلت متأخرا أما الصابونة فلها أقل قوة احتكاك سكونية لأنها كانت الأسرع عند الانزلاق
ج2: تكون سرعة انزلاق المحاة 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

تجربة

ملاحظة الاحتكاك

الخطوات

1. ضع قطعة من الصابون ومحاة ومفتاحا بعضها جانب بعض على سطح دفترك.
2. ارفع ببطء وبشبات طرف دفترك، 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؟

في المنزل

ما الفرق بين الاحتكاك السكوني والاحتكاك الانزلاقي؟

ماذا قرأت؟

تعمل قوة الاحتكاك السكوني على منع الجسم من الحركة بينما تعمل

قوة الاحتكاك الانزلاقي على تقليل سرعة الجسم المنزلق

عندما يدور جسم فوق سطح، وفي مثال الدراجة يكون الاحتكاك التدرجي بين إطارات الدراجة والأرض، كما يوضح الشكل 6، مما يؤدي إلى إبطاء حركة الدراجة.

الشكل 6 يؤثر الاحتكاك الانزلاقي والاحتكاك التدرجي في الدراجة الهوائية.

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

يؤثر الاحتكاك التدرجي بين الأرض وإطار العجلة عند دورانها.



وعادة تكون قوة الاحتكاك التدرجي أقل كثيراً 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. ويحسب تسارع الجسم باستخدام العلاقة الآتية:

معادلة القانون الثاني لنيوتن

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

$$F = m \cdot a$$



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

العربة التي تحتوي على مواد غذائية أقل إيقافها أسهل لأن كتلتها أقل



نيوتن والجاذبية

العالم إسحاق نيوتن هو أول من يبين أن الجاذبية قوة تجعل الأجسام تسقط في اتجاه الأرض وتجعل القمر يدور حول الأرض، وتجعل الكواكب تدور حول الشمس. وفي عام ١٦٨٧م نشر نيوتن كتاباً 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:
القوة المحصلة (نيوتن) = الكتلة (كجم) \times التسارع (م/ث^٢)

$$q = k \times t$$

ماذا قرأت؟ ما هو القانون الثاني لنيوتن؟

تسارع جسم ما يساوي ناتج قسمة محصلة القوة المؤثرة فيه على كتلته ويكون اتجاه التسارع في اتجاه القوة المؤثرة

في جسم كتلته ١ كجم أكسبته تسارعاً مقداره ١ م/ث^٢.

الجاذبية

تعتبر قوة الجاذبية من أكثر القوى المألوفة لديك. فعندما تنزل تلاً بدراجتك 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 كتليتهما 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:

الوزن (نيوتن) = الكتلة (كجم) \times تسارع الجاذبية الأرضية (م/ث^٢)

$$w = k \times 9,8 \text{ م/ث}^2$$

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

أما إذا وقفت على كوكب آخر غير الأرض فإن وزنك سيغير، 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.

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 زيادةً 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.



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

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

تجربة عملية
ارجع إلى كراسة التجارب العملية على منصة عين الإنشائية



الجلول اون لاين
h ü t u l o n l i n e



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 تتناقص. في الشكل ٩ يزداد الاحتكاك بين الزلاجة والثلج عندما يضع الولد قدمه في الثلج، وتكون القوة المحصلة المؤثرة في الزلاجة ناتجة عن قوتي الوزن والاحتكاك. وعندما تصبح قوة الاحتكاك كبيرة بما يكفي، تصبح القوة المحصلة معاكسة لاتجاه السرعة المتجهة، مما يسبب نقصان سرعة الزلاجة.

الشكل ٩ تتباطأ الزلاجة عندما يكون اتجاه محصلة القوة المؤثرة فيها معاكسًا 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:

$$ت = \frac{ق\ محصلة}{ك} = \frac{٥ \text{ نيوتن}}{١٠ \text{ كجم}} = ٠,٥ \text{ م / ث}^٢$$

الشكل ١٠ تؤثر الجاذبية في الكرة بقوة تصنع زاوية مع سرعتها المتجهة، ممّا يجعل مسارها منحنياً. **توقع** كيف تكون حركة الكرة إذا قُذفت في اتجاه أفقي؟

سيبقى الصندوق متسارعاً 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.

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

فعندما تقذف كرة السلة نحو السلة فإنها لا تتحرك حركة مستقيمة، بل ينحني اتجاه حركتها نحو الأرض، كما في الشكل ١٠؛ فالجاذبية سحبت الكرة إلى أسفل؛ لذا لا ينطبق اتجاه القوة المحصلة على الكرة مع اتجاه سرعتها. ولهذا تتحرك الكرة في مسارٍ منحنٍ.

تتحرك الكرة في مسار منحنٍ لأن الجاذبية تجذب الكرة لأسفل فتسقط على الأرض



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 بتسارع مستمر لا بد أن تؤثر فيه قوة محصلة.

مسائل تدريبية:

بسرعة ثابتة يجب أن تصنع القوة المحصلة سرعته المتجهة. وعندما يتحرك الجسم حركة في الجسم تُسمى عندئذ القوة المركزية،

ج1: ت = ق محصلة / ك = 1 نيوتن / 2 كجم = 0.5 م / ث²

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

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.

الكتلة (ك) = ١٥٠٠ كجم

٢ المطلوب:

حساب التسارع (ت) = ؟ م / ث^٢

٣ طريقة الحل:

عوض المعطيات في المعادلة:

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

٤ التحقق من الحل:

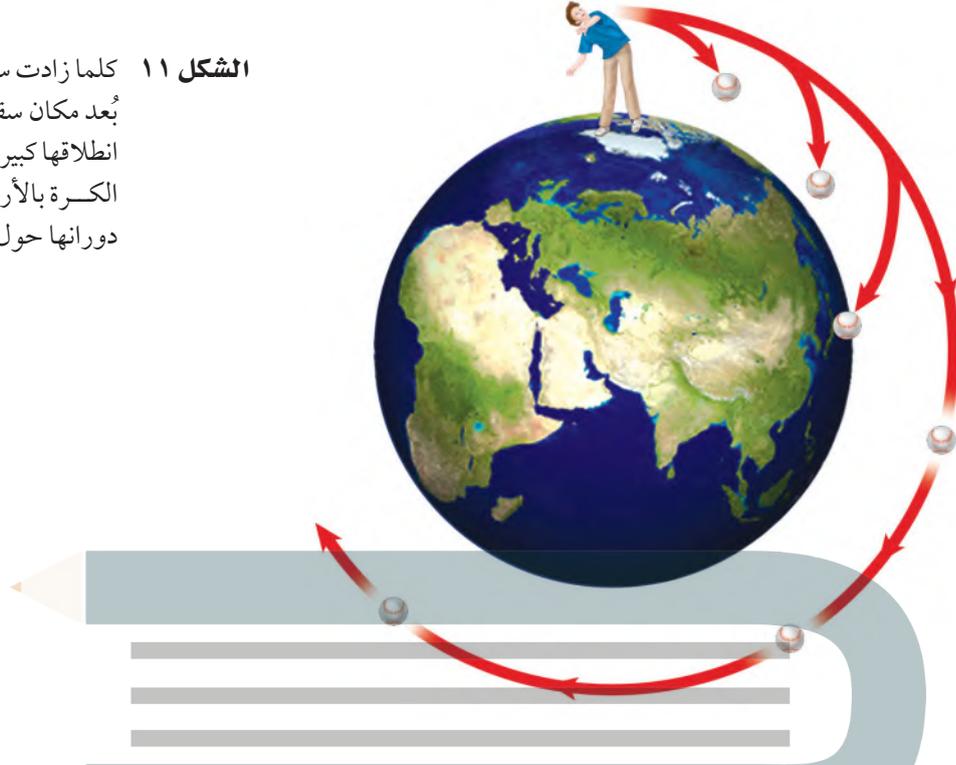
أوجد حاصل ضرب الجواب الذي حصلت عليه في الكتلة ١٥٠٠ كجم. يجب أن يكون حاصل الضرب مساوياً مقدار القوة المعطى في السؤال: ٤٥٠٠ نيوتن.

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^٢

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



حركة القمر الاصطناعي الأقمار الاصطناعية أجسام تدور حول الأرض.

وبعضها يتخذ مدارات دائرية تقريبًا. 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 تمامًا.

افترض الآن أن الأرض مستوية تمامًا، وتخيل أنك تقذف كرة بيسبول بصورة أفقية. إن الجاذبية الأرضية سوف تؤثر في الكرة وتجذبها نحوها، لذلك ستتحرك في مسار منحن فتسقط على الأرض. والآن افترض أنك قذفت الكرة بسرعة أكبر. ستنتقل الكرة وتتحرك في مسار منحن 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 بعد مكان سقوطها. ولنفترض أن سرعة انطلاقها كانت كبيرة جدًا بحيث لم تجد مكانًا على الأرض لتسقط فيه، بمعنى أن مكان سقوطها المفترض تعدى سطح الأرض، فماذا يحدث؟ عندئذ 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 تمامًا، غير أن الفرق بينهما أن السرعة الأفقية للقمر الاصطناعي كبيرة جدًا مما يجعل انحناء مساره إلى أسفل مساويًا 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 - بزيادة 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 تُصبح 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، وتُسمى هذه السرعة الثابتة السرعة الحدية.

الجلول اون لاين
h ü l u l . o n l i n e

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

الدرس

اختبر نفسك

1. **وضح** ما إذا كانت هناك قوة محصلة تؤثر في سيارة تتحرك بسرعة 20 كم/س وتنعطف إلى اليسار.
2. **ناقش** لماذا جعل الاحتكاك استكشاف القانون الأول لنيوتن صعباً؟
3. **ناقش** هل يمكن لجسم أن يكون متحركاً إذا كانت القوة المحصلة المؤثرة فيه تساوي صفراً؟
4. **ارسم شكلاً** يبين القوى المؤثرة في راكب دراجة تتحرك بسرعة 20 كم/س على طريق أفقية.
5. **حلل** كيف يتغير وزنك باستمرار إذا كنت في مركبة فضائية تتحرك من الأرض في اتجاه القمر؟
6. **وضح** كيف تعتمد قوة مقاومة الهواء لجسم متحرك على سرعته؟
7. **استنتج** اتجاه القوة المحصلة المؤثرة في سيارة تناقص سرعتها وتنعطف إلى اليمين.
8. **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 فتبتاطاً حركته.
- يدفع ثلاثة طلبة صندوقاً. ما الشروط الواجب توافرها لكي تتغير حركة الصندوق؟

تطبيق الرياضيات

9. **حساب القوة المحصلة** ما القوة المحصلة المؤثرة في سيارة كتلتها 1500 كجم تتحرك بتسارع $2,0 \text{ م/ث}^2$ ؟
10. **حساب الكتلة** تتحرك كرة بتسارع مقداره 1500 م/ث^2 ، فإذا كانت القوة المحصلة المؤثرة فيها تساوي 300 نيوتن، فما كتلتها؟

ج3: نعم؛ إذا كان الجسم متحركاً فسوف يظل متحركاً بسرعة ثابتة حتى تؤثر فيه قوة خارجية

• القوة دفع أو سحب.

ج5: ستقل قوة جذب الأرض وبالتالي يقل وزني

ج6: بزيادة سرعة الجسم تزداد مقاومة الهواء

ج7: تؤثر المحصلة قطرياً في السيارة بزاوية نحو اليمين

• إذا كانت القوة المحصلة المؤثرة في جسم ساكن تساوي

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 كم

التسارع (ت) = 2 م/ث²

القوة المحصلة (ق) = ؟

ج10: التسارع = 1500 م/ث²

القوة المحصلة = 300 نيوتن

الكتلة = ؟

ك = ق ÷ ت = 300 ÷ 1500 = 0.2 كجم

الحركة الدائرية

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