



www.jed.edu.sa

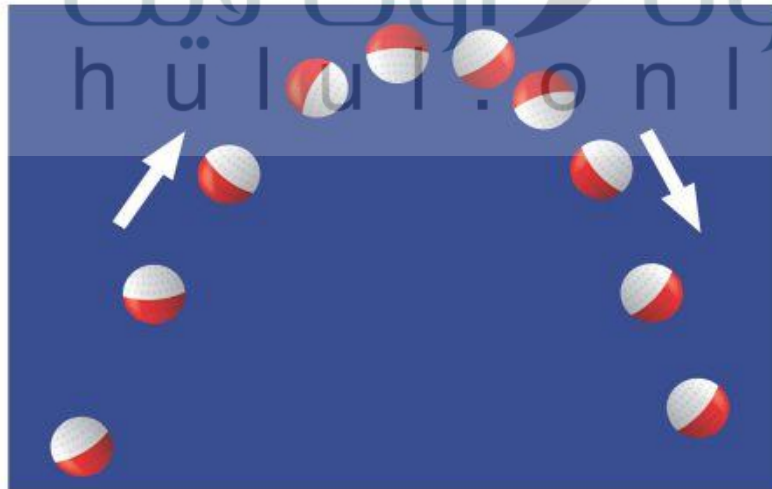
قوانين نيوتن للحركة

القوة

ما الذي يحرك الأجسام؟ إذا أردت الجلوس على المائدة فإنك تسحب الكرسي بعيداً عن الطاولة قبل أن تجلس، ثم تدفعه تحت الطاولة عندما تغادر. إنك تؤثر بقوة في الكرسي لتحركه. ف **القوة** إما دفع أو سحب وتقاس القوة بوحدة النيوتن في النظام الدولي للوحدات.

القوة والتسارع لتغيير حركة جسم ما يجب أن تؤثر فيه بقوة، وتعمل على تسارعه. فعندما تقذف كرة مثلاً، فإن يدك تؤثر بقوة في الكرة، وتؤدي إلى زيادة سرعتها، ويقال عندئذ إن الكرة تسارعت. تعمل القوة كذلك على تغيير اتجاه حركة الكرة. فبعد أن تغادر الكرة يدك يتغير مسارها كما في الشكل ٦. في أثناء تحليق الكرة تكون تحت تأثير قوة الجاذبية الأرضية لذلك يكون تسارع الكرة إلى أسفل فتتناقص سرعتها حتى تصبح صفراً عند قمة مسارها، ثم تغير اتجاه حركتها فتصبح السرعة باتجاه التسارع نفسه، فتزيد سرعة الكرة هابطة إلى أسفل. تذكر أن تغيير اتجاه حركة جسم يعني أنه في حالة تسارع. إن قوة الجاذبية سببت تسارع الكرة. وفي كل مرة تتغير سرعة جسم ما، أو يتغير اتجاه حركته، أو يتغيران معاً فإن قوة ما تكون قد أثرت في هذا الجسم.

القوى المتزنة وغير المتزنة قد تؤثر مجموعة من القوى في جسم ما دون أن تحدث تغيراً في حركته. إذا ضغطت أنت وصديقك بقوتين متساويتين على الباب، وكانت القوتان متعاكستين فإن الباب لا يتحرك. تكون القوى متزنة إذا ألغى بعضها أثر بعض، ولم تسبب تغيراً في حركة الجسم. فإذا لم تلغ بعض القوى أثر بعض، فإنها تكون غير متزنة.



فيم هذا الدرس

الأهداف

- تصف كيف تؤثر القوى في الحركة.
- تحسب التسارع مستخدماً القانون الثاني لنيوتن في الحركة.
- توضح القانون الثالث لنيوتن في الحركة.

الأهمية

تصف قوانين نيوتن أنماط الحركة سواء البسيطة منها كما في المشي، أو المعقدة كما في إطلاق الصواريخ.

مراجعة المفردات

الجاذبية (الثقالة) قوة جذب بين جسمين، تعتمد على كتلة كل منهما والمسافة بينهما.

المفردات الجديدة

- القوة
- الاحتكاك
- قوانين الحركة لنيوتن
- الفصور الذاتي

الشكل ٦ بعد قذف الكرة تتبع مساراً منحنياً نحو الأرض.

فسر كيف يبين هذا المسار المنحني تسارع الكرة؟

يدل التغير في الاتجاه على تسارع الكرة

الشكل ٧ عندما تؤثر مجموعة من القوى في جسم ما فإن القوى تكون قوة محصلة.



عندما تؤثر قوتان في الاتجاه نفسه في جسم ما فإن القوة المحصلة تساوي مجموعهما.



إذا أثرت قوتان متساويتان في جسم ما في اتجاهين متعاكسين فإن القوة المحصلة تساوي صفرًا.



إذا أثرت قوتان غير متساويتين في جسم في اتجاهين متعاكسين فإن القوة المحصلة تساوي الفرق بينهما، وتكون في اتجاه القوة الكبرى.

الربط مع علم الأحياء

القوة وإنبات البذور

لكي تنمو النبتة الصغيرة الضعيفة فإنَّ عليها أن تؤثر بقوة كافية لدفع التربة التي فوقها. حيث تتمدد هذه الخلايا مولودة ضغطًا، وهذه القوة تنتج عن ضغط الماء الذي تمتصه خلايا النبتة التي تتمدد بدورها مولودة ضغطًا، قد يصل إلى ٢٠ ضعف الضغط الجوي. ابحث في بعض العوامل التي تؤثر في الإنبات، واكتب فقرة في دفتر العلوم تبين ما تعلمته عن ذلك.

جمع القوى إذا أثرت في الجسم أكثر من قوة فكيف تكون حركة هذا الجسم؟ للإجابة عن ذلك نؤخذ هذه القوى في قوة واحدة تسمى القوة المحصلة، وهي التي تحدد حركة هذا الجسم. فكيف تتحد هذه القوى لتكون القوة المحصلة؟ إذا كانت القوى في الاتجاه نفسه فإنها تجمع، لتعطي القوة المحصلة، وإذا كانت قوتان متعاكستان في الاتجاه فإن القوة المحصلة تساوي الفرق بينهما، وتكون في اتجاه القوة الكبرى أو تساوي صفرًا إذا كانت القوتان المتعاكستان متساويتين الشكل ٧.

قوانين الحركة لنيوتن

كان إسحق نيوتن عام ١٦٦٥م قد حصل على شهادة البكالوريوس في كلية ترينتي بجامعة كامبردج. لكن الكلية أغلقت مؤقتًا خوفًا من وباء الطاعون الذي أخذ ينتشر في كل أنحاء أوروبا، مما اضطر نيوتن إلى العودة إلى الريف، حيث تفرغ لمراقبة الطبيعة، والتفكير في أمورها ووقائعها، وإجراء التجارب البسيطة. وقد أثمر ذلك كثيرًا من الاكتشافات العلمية، من بينها اكتشاف قانون الجاذبية. ومن أعظم اكتشافاته توضيح أثر القوى في تغيير حالة حركة الأجسام؛ حيث أدرك أن بإمكانه تفسير الحركة من خلال مجموعة من المبادئ تعرف حاليًا بقوانين الحركة لنيوتن.

القانون الأول لنيوتن

لو أنك دفعت كتابًا على سطح الطاولة أو على أرض الغرفة فإنه ينزلق ثم لا يلبث أن يتوقف. وكذلك لو ضربت كرة الجولف فإنها تصطدم بالأرض وتندرج ثم لا تلبث أن تتوقف. ويبدو أن أي جسم تحركه يتوقف بعد فترة. ربما تستنتج من ذلك أن الجسم لكي يستمر في حركته لابد من التأثير فيه بقوة وبصورة مستمرة. إن هذا الاستنتاج غير صحيح.

أدرك نيوتن، وقبله مجموعة من العلماء، أنه يمكن لجسم ما أن يكون متحركًا دون أن تؤثر فيه قوة محصلة. ينص القانون الأول لنيوتن على أن الجسم المتحرك لا يغير حركته ما لم تؤثر فيه قوة محصلة (قوة غير متزنة). ولذلك فإن جسمًا ساكنًا، ككتاب فوق الطاولة، سوف يستمر كذلك ما لم تؤثر فيه قوة تدفعه أو تسحبه.

إذا دفعت كتابًا على الطاولة فإنه ينزلق ثم يتوقف. لكن ماذا يحدث لو أن هناك جسمًا في حالة حركة، مثل كرة قذفتها نحو شخص آخر؟ حسب قانون نيوتن فإنها تستمر في حركتها إلا إذا أثرت فيها قوة محصلة. وهذا يعني أن هناك قوة يجب أن تعمل لتزيد سرعة الكرة أو تبطئها أو تغير اتجاه حركتها. أي أن الكرة المتحركة في الشكل ٨ سوف تستمر في حركتها في خط مستقيم وبسرعة ثابتة ما لم تؤثر فيها قوة أو قوى غير متزنة.

الاحتكاك ينزلق الكتاب على سطح الطاولة، ببساطة، ثم يتوقف. ووفقًا لقانون نيوتن الأول، وحيث إن حركة الكتاب تغيرت فلا بد من وجود قوة أدت إلى توقفه. تسمى هذه القوة الاحتكاك. الاحتكاك قوة ممانعة تنشأ بين سطوح الأجسام المتلامسة، وتقاوم حركة هذه السطوح بعضها بالنسبة لبعض. تؤثر قوة الاحتكاك دائمًا في عكس اتجاه الحركة، كما هو مبين في الشكل ٩. ولتحافظ على حركة جسم في وجود الاحتكاك عليك أن تؤثر فيه دائمًا بقوة تتغلب على قوة الاحتكاك.

ماذا قرأت؟ في أي اتجاه تؤثر قوة الاحتكاك؟

معاكسًا لاتجاه الحركة



تجربة

تحديد الأوزان بوحدة النيوتن

الخطوات

١. قف على ميزان، وقس كتلتك بالكيلوجرام.
٢. خذ كتابًا كبيرًا، وقف على الميزان ثانية، وقس الكتلة الكلية لك أنت والكتاب معًا.
٣. كرر الخطوة ٢ مستعملًا كرسيًا، ومعلقًا ثقيلاً، وجسمًا رابعًا تختاره أنت.

التحليل

١. اطرح كتلتك من كل من الكتل السابقة لحساب كتلة كل جسم بالكيلوجرام.
٢. اضرب كتلة كل جسم بالكيلوجرام في ٩,٨ لحساب الوزن بالنيوتن.
٣. احسب وزنك بالنيوتن.



الشكل ٨ بعد ضرب الكرة تتحرك على الأرض في خط مستقيم ما لم تؤثر فيها قوة خارجية.



الشكل ٩ ينتج الاحتكاك عن خشونة السطوح المتلامسة، تكبير الشكل يبين ما يبدو عليه سطح الكتاب و سطح الطاولة لو كان باستطاعتك رؤية جزئياتها.

يعتمد مقدار قوة الاحتكاك على طبيعة السطحين المشتركين في الحركة. وكلما كانت الخشونة أكبر كان الاحتكاك أكبر. فلو دفعت صندوقاً على سطح من الجليد مثلاً فإنه يتحرك مسافة كبيرة قبل أن يتوقف، ولو دفعت الصندوق نفسه بقوة مساوية على سطح أملس لكنه أقل نعومة من الجليد فإنه يتحرك إلى مسافة أقل من الأولى. ولو كررت فعل ذلك على سطح سجادة خشنة فستجد أن الصندوق يكاد لا يتحرك.

القصور الذاتي والكتلة لابد أنك لاحظت الصعوبة التي تواجهك عند

الشكل ١٠ العربية لها قصور ذاتي يُقاوم تحريكها عندما تدفعها. قارن بين القصور الذاتي للعربية وهي فارغة، وقصورها الذاتي وهي تحمل جهاز العرض وباقي أغراضه.

القصور الذاتي للعربة وهي فارغة يكون أقل مما يسهل عملية تحريك العربة ويزداد القصور الذاتي للعربة وهي تحمل جهاز العرض وباقي أغراضه لأنه كلما ازدادت كتلة الجسم زاد قصوره الذاتي

تحريك جسم ثقيل عندما تحاول أن تتحركه. بينما يسهل عليك تحريك جسم خفيف. هذه الحالات، ومن أمثلتها: إحداث تغيير في حالة حركته. هذا الميل إلى مقاومة إحداث تغيير في حركة الجسم يسمى **القصور الذاتي**. بناءً على الخبرة العملية فإن تحريك أو إيقاف جسم ثقيل أصعب من إيقاف جسم خفيف؛ فكلما احتوى الجسم على مادة أكثر صار إحداث تغيير في حركته أصعب. وكتلة الجسم مقدار المادة الموجودة فيه. ولذلك كلما زادت كتلة الجسم زاد قصوره الذاتي. أي أن القصور الذاتي يتناسب مع الكتلة.



تجربة عملية قانون نيوتن الأول في الحركة
اربع إلى كراسة التجارب العملية على منصة عين



القانون الثاني لنيوتن

حسب القانون الأول لنيوتن فإن التغير في حركة جسم لا يحدث إلا إذا أثرت في الجسم قوة محصلة. لكن القانون الثاني لنيوتن يخبرنا كيف تعمل القوة المحصلة هذه على تغير حركة الجسم؛ إن القوة المحصلة تغير السرعة المتجهة للجسم وتؤدي إلى تسارعه. ينص القانون الثاني لنيوتن على أنه إذا أثرت قوة محصلة في جسم ما فإن تسارع هذا الجسم يكون في اتجاه تلك القوة، وهذا التسارع يساوي ناتج قسمة القوة المحصلة على كتلة الجسم.

المعطيات:

الكتلة: ك = ٨٠ كجم

القوة: ق_م = ٨٠ نيوتن

المطلوب: التسارع ت = ؟ م / ث^٢

طريقة الحل:

بالتعويض بقيم القوة والكتلة في معادلة التسارع

$$ت = ق_{م} / ك = ٨٠ / ٨٠ = ١ نيوتن / كجم = ١ م / ث^2$$

المعطيات:

الكتلة: ك = ٢٠ كجم

القوة: ق_م = ٤٠ نيوتن

المطلوب: التسارع ت = ؟ م / ث^٢

طريقة الحل:

بالتعويض بقيم القوة والكتلة في معادلة التسارع

$$ت = ق_{م} / ك = ٤٠ / ٢٠ = ٢ م / ث^2$$

تطبيق الرياضيات

تسارع كرة سلة إذا أثرت قوة مقدارها ١٠ نيوتن في كرة سلة كتلتها ٥, ٠ كجم فما تسارع الكرة؟

الحل

١ المعطيات

الكتلة: ك = ٥, ٠ كجم

القوة المحصلة: ق_م = ١٠ نيوتن

التسارع: ت = ؟ م / ث^٢

٢ المطلوب

عوض بقيم الكميات المعلومة في معادلة التسارع:

٣ طريقة الحل

$$ت = ق_{م} / ك = ١٠ نيوتن / ٥, ٠ كجم = ٢ م / ث^2$$

اضرب الجواب في كتلة الكرة. يجب أن تحصل على القوة المعطاة.

٤ التحقق من الحل

مسائل تدريبية

١. إذا دفعت صندوقاً كتلته ٢٠ كجم بقوة ٤٠ نيوتن فما تسارع الصندوق؟

٢. احسب تسارع عداء كتلته ٨٠ كجم إذا انطلق تحت تأثير قوة دفع مقدارها ٨٠ نيوتن.



الكتلة والتسارع عندما تؤثر قوة محصلة في جسم ما فإن تسارع هذا الجسم يعتمد على كتلته. وكلما كانت كتلة الجسم أكبر زاد قصوره الذاتي وزادت بذلك صعوبة إحداث تسارع في حركته. فإذا أثرت بقوة دفع في عربة تسوق فارغة وأثرت بالقوة نفسها في ثلاجة، فإن تسارع الثلاجة سيكون أقل كثيراً من تسارع العربة انظر الشكل ١١. وهكذا كلما كانت الكتلة أكبر كان التسارع أقل إذا كانت القوة نفسها تؤثر في الأجسام المختلفة.

القانون الثالث لنيوتن

من السهل أن تدرك أنك عندما تستند إلى جدار فإنك تضغط عليه، ولكن قد تتفاجأ لو عرفت أن الجدار أيضاً يضغط عليك. بناءً على القانون الثالث لنيوتن فإنه عندما يؤثر جسم ما بقوة في جسم آخر فإن الجسم الآخر يؤثر في الجسم الأول بقوة مساوية لها في المقدار ومعاكسة لها في الاتجاه. فمثلاً عندما تسير على الرصيف فإنك تدفع الرصيف بقوة نحو الخلف، لكن الرصيف أيضاً يدفعك بقوة مساوية ولكن نحو الأمام. القوة التي يؤثر بها الجسم الأول هي قوة

عند ثبوت القوة المؤثرة على جسمين فإن التسارع يعتمد

على الكتلة فكلما زادت الجسم زاد قصوره الذاتي وقل

التسارع ولذلك فإن تسارع السيارة التي كتلتها ٩٠٠ كجم أقل

من تسارع الدراجة الهوائية التي كتلتها ١٢ كجم

الشكل ١١ يعتمد تسارع أي جسم على كل من: القوة المحصلة المؤثرة فيه، وكتلته.

قارن بين تسارع سيارة كتلتها ٩٠٠ كجم ودراجة هوائية كتلتها ١٢ كجم، إذا أثرت في كل منهما قوة مقدارها ٢٠٠٠ نيوتن.

الشكل ١٢ عندما يضغط السباح بقوة على جدار حوض السباحة فإن الجدار يدفعه بقوة معاكسة له في الاتجاه ومساوية لقوته في المقدار.

لماذا لا تلغي قوتا الفعل ورد الفعل إحداها الأخرى؟

ماذا قرأت؟

قوتا الفعل ورد الفعل متساويتين في المقدار ومتضادتين في الاتجاه لكن كل منهما تؤثر في جسم مختلف



العلاقة بين قوانين نيوتن ورحلات الفضاء

الشكل ١٣

وبحسب القانون الثالث لنيوتن فإن لكل قوة فعل قوة رد فعل مساوية في المقدار ومعاكس له في الاتجاه. إن إطلاق مكوك الفضاء يوضح القانون الثالث. احتراق الوقود في الصاروخ يولد الغازات. يعمل الصاروخ على دفع هذه الغازات للتخلص منها عند فتحة أسفل الصاروخ. قوة رد الفعل تولدها هذه الغازات، وتؤثر في الصاروخ نحو الأعلى.

يفسر القانون الثاني لنيوتن لماذا يبقى المكوك في مساره. ففوة جذب الأرض على المكوك تؤدي إلى تسارعه. وهذا يؤدي إلى تغيير اتجاه حركة المكوك بحيث يظل يدور حول الأرض.

قوانين نيوتن للحركة شاملة فهي تنطبق على الفضاء الخارجي كما تنطبق على الأرض. وتساعد هذه القوانين في تصميم مركبات الفضاء من خلال استنتاج مساراتها عندما تطلق في تلك المسارات حول الأرض والمناطق البعيدة. إليك بعض الأمثلة على تأثير قوانين نيوتن في رحلات المكوك الفضائي.



وتبعاً للقانون الأول لنيوتن فإن حركة الجسم تتغير فقط إذا أثرت فيه قوة محصلة خارجية. فرائد الفضاء يدور حول الأرض مع المكوك. فلو دفع الرائد المكوك بقوة فإن المكوك بدوره سوف يدفع رائد الفضاء بقوة أيضاً. وتبعاً للقانون الأول فإن هذا سوف يؤدي إلى ابتعاد رائد الفضاء عن المكوك.

لا، لأنه لو تحركت السيارة بسرعة ثابتة فسوف تنعطف في حركتها والانعطاف يعطي نوعاً من التسارع وهذا يعني أن هناك قوة محصلة تؤثر في السيارة

القوة المحصلة ٤ نيوتن في اتجاه اليمين

كلما كانت كتلة الجسم كبيرة كلما زاد قصوره الذاتي

١. اشرح العلاقة بين القصور الذاتي لجسم وكتلته.

٢. اطبق إذا أثرت قوة مقدارها ٥ نيوتن في جسم نحو اليسار وقوة أخرى مقدارها ٩ نيوتن نحو اليمين، فما القوة المحصلة؟

٣. استنتج إذا كانت سيارة تتحرك بسرعة ثابتة المقدار، فهل يلزم أن تكون واقعة تحت تأثير قوى متزنة؟

٤. التفكير الناقد ينزل كتاب على سطح طاولة، بحيث تقل سرعته تدريجياً حتى يتوقف. فسر ما إذا كان ذلك يشكل تناقضاً مع القانون الأول لنيوتن في الحركة أم لا؟

تطبيق الرياضيات

٥. احسب القوة المحصلة المؤثرة في كرة كتلتها ١٥ كجم وتسارعها ٢٠ م/ث^٢؟

المعطيات:

الكتلة: $k = ١٥$ كجم

التسارع: $t = ٢٠$ م / ث^٢

المطلوب:

القوة: $ق = ٢$ نيوتن

طريقة الحل: باستخدام معادلة التسارع يمكن حساب القوة المؤثرة

$$ت = ق / ك$$

$$ق = ت * ك$$

$$ق = ٢٠ * ١٥ = ٣ \text{ نيوتن}$$

مراجعة

الخلاصة

القوة

- القوة دفع أو سحب.
- القوة المحصلة هي اتحاد لجميع القوى المؤثرة

لا، لأن قوة الاحتكاك مع الطاولة تعمل على إبطاء الكتاب ثم إيقافه

الحالة الحركية للجسم لا تتغير ما لم تؤثر فيه قوة.

- ينص قانون نيوتن الثاني في الحركة على أن الجسم يتسارع في اتجاه القوة المحصلة المؤثرة فيه، ويمكن حساب تسارعه من المعادلة:

$$ت = ق / ك$$

- ينص قانون نيوتن الثالث في الحركة على أنه عندما يؤثر جسم بقوة في جسم آخر فإن الأخير يؤثر في الأول بقوة مساوية في المقدار ومعاكسة في الاتجاه.