

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 مقسوماً 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 معاً. ويحدث التسارع لجسم ما عندما تتغير سرعته المتجهة. ولأن زيادة مقدار سرعة الدراجة يغير من سرعتها المتجهة؛ فإنها ستسارع. وعلى سبيل المثال تتسارع السيارة المعبأة 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.

في هذا الدرس

الأهداف

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

الأهمية

- يتسارع الجسم عندما تتغير حركته.

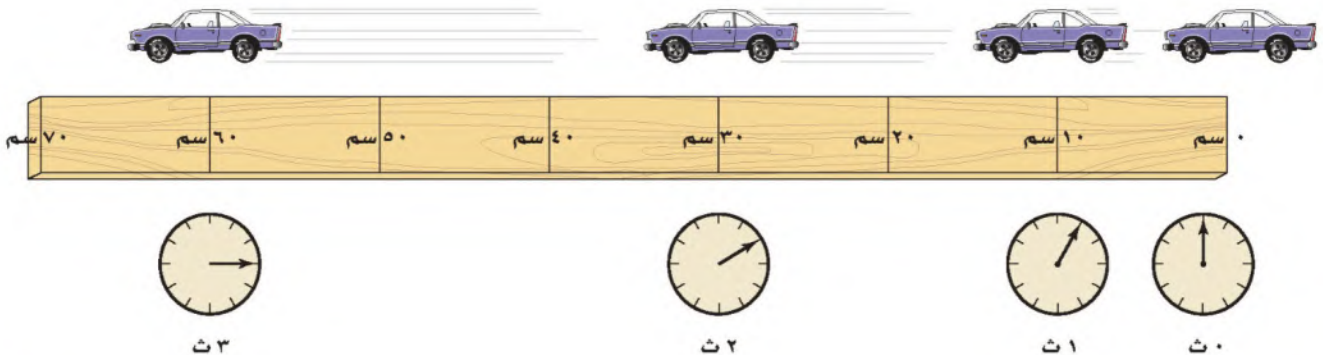
مراجعة المفردات

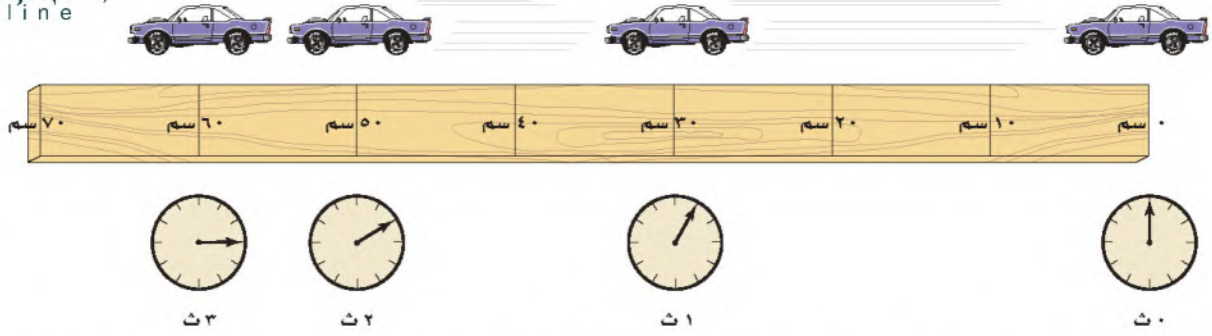
كيلوجرام: وحدة الكتلة في النظام الدولي للوحدات، ويرمز لها بالرمز كجم

المفردات الجديدة

• التسارع

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





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

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، فتتعطف 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: وذلك بزيادة مقدار السرعة للجسم فتتغير السرعة المتجهة له فيتسارع الجسم

تباطؤ الجسم: تتناقص سرعة الجسم لتتغير السرعة المتجهة له فيتسارع الجسم
تغير 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 التغير في السرعة، ويقاس التسارع في النظام الدولي للوحدات بوحدته (م/ث²).

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 $\text{ز} = 3 \text{ ث.}$

حساب التسارع $\text{ت} = ? \text{ م/ث}^2$

٢ المطلوب

٣ طريقة الحل

عوض في معادلة التسارع بقيم الكميات المعروفة
 $\text{ت} = \frac{\text{ع}_2 - \text{ع}_1}{\text{ز}} = \frac{12 - 6}{3}$

$\text{ت} = \frac{12 \text{ م/ث} - 6 \text{ م/ث}}{3 \text{ ث}} = 2 \text{ م/ث}^2$

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

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

٤ التحقق من الحل

مسائل تدريبية

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

مسائل تدريبية:

ج1: السرعة الابتدائية ع1 = 7 م/ث

السرعة النهائية ع2 = 17 م/ث

الزمن ز = 120 ث

التسارع ت = (ع2 - ع1) / ز = (17 م/ث - 7 م/ث) / 120 ث = 0.083 م/ث²

ج2: السرعة الابتدائية ع1 = 0 م/ث

السرعة النهائية ع2 = 6 م/ث

الزمن ز = 2 ث

التسارع ت = (ع2 - ع1) / ز = (6 م/ث - 0 م/ث) / 2 ث = 3 م/ث²

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: ١٠ سم، ٤٠ سم، ٩٠ سم، ١٦٠ سم، ٢٥٠ سم، 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 (١٠ سم)، والتي تليها عند العلامة الثانية (٤٠ سم)، وهكذا حتى تصل إلى العلامة الأخيرة (٢٥٠ سم).

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 تتناقص 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:

$$\begin{aligned} t &= (٤ - ٦) \div ٥ \\ &= (٦ م/ث - ٤ م/ث) \div ٥ ث \\ &= ٠.٤ م/ث^2 \end{aligned}$$

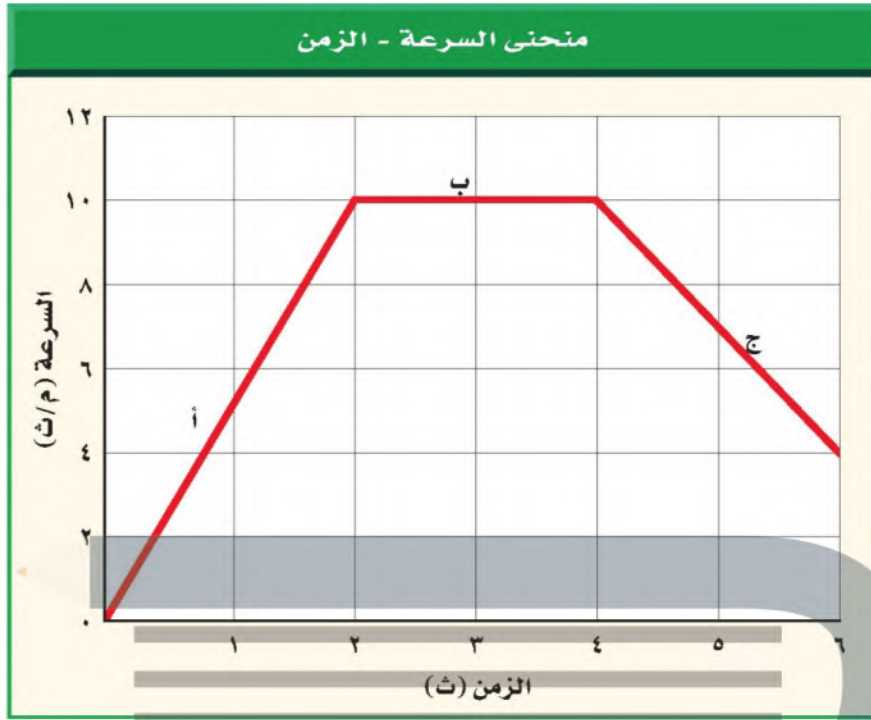
لاحظ أنه عندما تزايدت سرعة جسم فإن تسارعه يكون موجبًا؛ لأن سرعته النهائية تكون أكبر من سرعته الابتدائية، وعند طرح مقدار صغير من مقدار كبير تكون النتيجة

التحليل:

- ج1: يزداد مقدار سرعتي أثناء حركتي عبر المسار ولو كان المسار أطول لزادت سرعتي أكثر وتسارعت حركتي
- ج2: نعم ما زالت تتسارع حركتي لأنه تقل مقدار السرعة أثناء حركتي وبالتالي تتغير مقدار السرعة مما يؤدي إلى التسارع

التسارع

لأن س
سالبًا في



التمثيل البياني للتسارع

يمكن 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 ممثلاً للسرعة، بينما يمثل المحور الأفقي الزمن. انظر إلى الشكل ١١، نستنتج من الجزء أ من المنحنى أن سرعة الجسم تتزايد من صفر م/ث إلى ١٠ م/ث في زمن مقداره ٢ ثانية. لذا فإن التسارع خلال هذه المرحلة يساوي ٥ م/ث^٢ (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 -٣ م/ث^٢ (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 صفراً. من هنا فإن الخط الأفقي على المنحنى البياني السرعة - الزمن يمثل تسارعاً مقداره صفر، أو أن السرعة ثابتة.

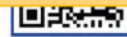
الشكل ١١ يُستخدم منحنى السرعة - الزمن

لإيجاد التسارع. عندما يكون الخط البياني صاعداً يكون الجسم متسارعاً، وعندما يكون الخط البياني نازلاً يكون الجسم متباطئاً.

توقع ماذا تستنتج عندما يكون الخط أفقياً؟

عندما يكون الخط أفقياً تكون السرعة ثابتة فيكون التسارع مقداره صفراً

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 ٨,٩ م/ث^٢، بعد ثائيتين من بدء حركته.
٦. **استخدم الرسم البياني** تتغير 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

$$\text{المعادلة: } t = \frac{(v - u)}{a}$$

- 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 (تباطؤ). أما الخط الأفقي فيمثل تسارعًا يساوي صفرًا أو سرعة ثابتة.

ج1: كلاً من السرعة المتجهة والسرعة: هي تغير في مواضع الجسم السرعة المتجهة تحدد المقدار 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 $t = (2ع - 1ع) / ز = 0.25 \text{ م/ث}^2$

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 ٠ - 8 ثواني ثم يكون التسارع سالباً في الفترة الزمنية من 8 - ١٠ ثواني وعند تغير التسارع من الموجب إلى السالب يؤول التسارع إلى الصفر لفترة صغيرة جداً كما بين 8 ثواني و ١٠ ثواني

