مراجعة الهيكل : فيزياء– تاسع متقدم
الفصل الأول
2026-2025

الجزء الالكتروني
20 سؤال لكل سؤال 3 درجات

1	1. تعريف مصطلح المنهج العلمي. 2. ذكر الخطوات الشائعة للمنهج العلمي المستخدمة في الاستقصاءات. 3. تعريف مصطلح الفرضية والتعرف على الطرق التي يمكن من خلالها اختبار الفرضية.	كتاب الطالب	P.(5 - 7)
		Q.(1 - 3); Q.27	P.9; P.26
2	شرح سبب أهمية تجنب العلماء للتحيز.	كتاب الطالب	P.7
		Q.(3, 6, 7)	P.9

المنهج العلمي

لا يتبع العلماء دائمًا مجموعة ثابتة من الخطوات، لكن غالبًا ما تتبع التحقيقات التي يقومون بها أنماطًا متشابهة. وتسمى هذه الأنماط المتبعة في إجراءات التحقيق **المنهج العلمي**. ويوضح **الشكل 2** الخطوات العامة المستخدمة في المنهج العلمي. وحسب كل تحقيق على حدة، يمكن للعالم أن يضيف خطوات جديدة أو يكرر بعض الخطوات أو يستغني عن بعضها تمامًا.

تحديد المشكلة عندما تبدأ تحقيقًا، ينبغي أن تحدد ما ستحقق فيه. وتبدأ الكثير من التحقيقات عندما يلاحظ أحد الأشخاص حدثًا طبيعيًا ويتساءل لماذا يحدث أو كيف يحدث. إن السؤال "لماذا" أو "كيف" هو ما يحدد المشكلة.

وقديمًا طرح العلماء هذه الأسئلة: لماذا تسقط الأجسام إلى الأرض؟ وما السبب في حدوث الليل والنهار؟ وكيف نولّد الكهرباء لنستخدمها في أنشطتنا اليومية؟ وفي كثير من الأحيان يظهر تحديد المشكلة بعد أن ينتهي أحد التحقيقات وتثير نتائجه أسئلة جديدة. على سبيل المثال، بعد أن فهم العلماء السبب في حدوث الليل والنهار، أرادوا أن يعرفوا السبب في دوران الأرض حول محورها.

وفي بعض الأحيان يظهر سؤال جديد أثناء التحقيق. في أربعينيات القرن الماضي، كان الباحث بيرسي سبنسر يحاول الإجابة عن السؤال الذي يدور حول كيفية الإنتاج الضخم لأنابيب ماغنترون المستخدمة في أجهزة الرادار. وعندما وقف أمام أنابيب ماغنترون وهي قيد التشغيل، والتي تصدر موجات ميكروية، انصهرت قطعة حلوى كان يحتفظ بها في جيبه. وعندها ظهر سؤال جديد عن كيفية استخدام الميكروويف في طهو الطعام.

البحث وجمع المعلومات قبل البدء في إجراء تحقيق، من المفيد أن نبحث في ما تم التوصل إليه بالفعل بشأن المشكلة. فإجراء الملاحظات والتفسيرات ودراستها من قبل المصادر الموثوقة يساهم في ضبط السؤال وصياغته في شكل فرضية.

الشكل 2 تمثل سلسلة الإجراءات الموضحة في هذا الشكل أحد أساليب استخدام المنهج العلمي لحل مشكلة ما.

وضع فرضية واختبارها

الفرضية هي تفسير محتمل لمشكلة ما استنادًا إلى ما تعرفه وما لاحظته. ويمكن اختبار الفرضيات العلمية من خلال التجريب والملاحظة. وفي بعض الأحيان، ينتظر العلماء تطوير وسائل تكنولوجية جديدة حتى يتمكنوا من اختبار فرضية ما. على سبيل المثال، ظهرت أولى الفرضيات القائلة بوجود الذرات قبل أكثر من 2300 عام، لكن الوسائل التكنولوجية المطلوبة لاختبار هذه الفرضيات لم تكن متوفرة طوال هذه القرون.

بعض الفرضيات يمكن اختبارها بالملاحظات. وبعضها يمكن اختباره عن طريق بناء نماذج وربطها بمواقف من الحياة اليومية. ومن الطرق الشائعة لاختبار الفرضيات إجراء تجربة. فالتجربة تختبر تأثير شيء في آخر باستخدام ضابط. ولكن في بعض الأحيان يتعذر إجراء التجارب؛ وفي هذه الحالات، تصبح التحقيقات ذات طبيعة وصفية. على سبيل المثال، لا يستطيع علماء الفيزياء إجراء التجارب في الفضاء. لكنهم يستطيعون جمع بيانات قيّمة وتحليلها كي يساعدونا على معرفة المزيد عما يقع به من أحداث.

تحليل البيانات من الأجزاء المهمة في كل تحقيق تسجيل الملاحظات وتنظيم البيانات في جداول ورسومات بيانية تسهل قراءتها. وستدرس في أجزاء لاحقة من هذه الوحدة طرق عرض البيانات. وعند إجراء الملاحظات وتسجيلها، ينبغي تسجيل جميع النتائج، حتى النتائج غير المتوقعة. فقد أدت النتائج غير المتوقعة إلى الكثير من الاكتشافات المهمة.

تستند النتائج العلمية إلى الملاحظات العلمية. ولا بد من الأخذ في الاعتبار بجميع التفسيرات العلمية المحتملة. وإذا لم تُنظَّم البيانات بطريقة منطقية، فقد يتم استنتاج نتائج غير صحيحة. فعندما يشارك أحد العلماء بعض البيانات، يفحص غيره من العلماء تلك البيانات وطريقة تحليلها ويقارنون البيانات بالأعمال التي قام بها علماء آخرون. ويقوم العلماء، مثل عالم الفيزياء الذي يظهر في **الشكل 3**، بمشاركة البيانات والتحليلات التي توصلوا إليها من خلال التقارير والمؤتمرات.

الاستنتاج بناءً على تحليل البيانات، تكون الخطوة التالية تحديد ما إذا كانت البيانات تؤيد الفرضية أم لا تؤيدها. ولكي تُعد الفرضية صحيحة ومقبولة على نطاق واسع، يجب الحصول على النتائج نفسها في كل مرة يتكرر فيها إجراء التجربة. وإذا لم تكن نتائج التجربة مؤيدة للفرضية، فيجب إعادة النظر في الفرضية. فربما تكون الفرضية بحاجة إلى تنقيح، أو ربما تكون الإجراءات التي اتبعها القائم بالتجربة بحاجة إلى تحسين.

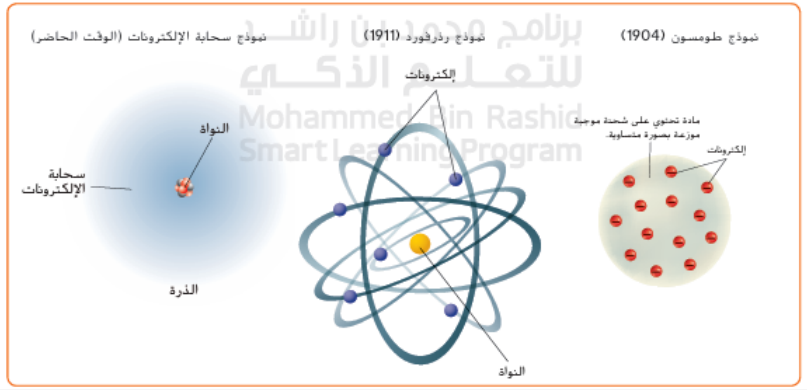
مراجعة النظراء قبل نشر المعلومات المستندة إلى المنهج العلمي، يراجعها مجموعة من نظراء العالِم؛ وهم علماء متخصصون في مجال الدراسة نفسه. ومراجعة النظراء عملية تقيّم الإجراءات والنتائج الخاصة بتجربة ما على يد مجموعة من نظراء العالِم الذي أجرى البحث. ومراجعة أعمال العلماء الآخرين هي مسؤولية يضطلع بها الكثير من العلماء.

الموضوعية ينبغي الحرص أيضًا على الحدّ من التحيز في التحقيقات العلمية. فقد يحدث التحيز عندما تؤثر توقعات العالِم في طريقة تحليل البيانات أو استنتاج النتائج. وقد يؤدي ذلك إلى أن يختار العالِم نتيجة تجربة معينة دون نتائج التجارب الأخرى. وقد يحدث التحيز أيضًا إذا كانت مزايا المنتج الخاضع للاختبار مستخدمة في الترويج للمنتج من دون ذكر عيوبه. لكن بإمكان العلماء تقليل التحيز عن طريق إجراء أكبر عدد ممكن من التجارب وتدوين ملحوظات دقيقة عن جميع الملاحظات التي يشاهدونها.

النماذج

يتعذر على العلماء أحيانًا مشاهدة كل شيء يقومون باختباره. فقد تكون أجسامًا كبيرة أو صغيرة للغاية، أو قد تكون عملية تستغرق زمنًا طويلًا يحول دون المشاهدة الكاملة، أو قد تكون مادة خطرة. في هذه الحالات، يلجأ العلماء إلى استخدام النماذج. **النموذج** تمثيل لفكرة أو حدث أو بنية أو جسم لمساعدتنا على فهمه بشكل أفضل.

تاريخ النماذج لقد استُخدمت النماذج على مدار التاريخ. ففي أوائل القرن العشرين، وضع الفيزيائي البريطاني جوزيف جون طومسون نموذجًا للذرة يتكون من إلكترونات داخل كرة من الشحنات الموجبة. وبعد عدة سنوات، وضع الفيزيائي إرنست رذرفورد نموذجًا للذرة على أساس الأبحاث الجديدة. في وقت لاحق من القرن العشرين، اكتشف العلماء أن النواة ليست كرة صلبة، وإنما تتكون من البروتونات والنيوترونات. أما النموذج الحالي للذرة فهو نواة من البروتونات والنيوترونات تحيط بها سحابة من الإلكترونات. وتظهر هذه النماذج الثلاثة في **الشكل 4**. كما أن العلماء يستخدمون نماذج الذرة لتمثيل ما يفهمونه عنها في الوقت الحالي بسبب صغر حجمها.



الشكل 4 على مر التاريخ، قام العلماء بعمل نماذج للذرة.

استدلّ لماذا تغيرت نماذج الذرة بمرور السنين؟

برنامج محمد بن راشد للتعلم الذكي
Mohammed bin Rashid Smart Learning Program

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

ما المقصود بالمنهج العلمي؟

a- طريقة لحفظ المعلومات وتذكرها بسرعة.

b - أسلوب منظم يعتمد على الملاحظة والتجربة للوصول إلى تفسير منطقي للظواهر.

c- مجموعة من القوانين الثابتة التي لا تتغير مع الزمن.

d- رأي العالم الذي يفسر الظواهر اعتمادًا على خبرته الشخصية.

ما الخطوة التي تسبق وضع الفرضيات واختبارها في المنهج العلمي؟

a-استخلاص النتائج

b- الملاحظة وجمع المعلومات

c- تحليل النتائج

d- اختبار الفرضية

أي من الآتي هو التسلسل الصحيح لبعض الإجراءات المتبعة في المنهج العلمي؟

a- جمع المعلومات – وضع فرضية – تحليل البيانات – طرح سؤال – اختبار الفرضية.

b- طرح سؤال – اختبار الفرضية – تحليل البيانات – جمع المعلومات – وضع فرضية.

c- وضع فرضية– جمع المعلومات – تحليل البيانات – طرح سؤال – اختبار الفرضية.

d- طرح سؤال – جمع المعلومات – وضع فرضية – اختبار الفرضية – تحليل البيانات.

أي الفرضيات الآتية يمكن اخضاعها للاختبار؟

a-الذ وجبة هي البيتزا

b- اجمل الالوان هو الاخضر

c- الذرة تحوي الكترونات

d- اطيب روائح الورود هو النرجس

أي الاتي هو تفسير الاشياء بناء على المعرفة المكتسبة من عدة ملاحظات وتحقيقات علمية؟

a- الفرضية العلمية.

b النظرية العلمية.

c- القانون العلمي.

d- النموذج العلمي.

أي من الآتي يحد من التحيز في الاستقصاءات العلمية؟

a-النماذج

b- تحليل البيانات

c- مراجعة النظراء

d- الموضوعية

كيف يمكن اختبار الفرضية؟

a-بوضع النظريات
b- بالقيام بالتجربة
c- بصياغة القوانين
d- بالبحث في نتائج العلماء الاخرين

. **الفرضية في البحث العلمي تعني:**

A) تخمين غير مدعوم بالأدلة
B) تفسير مبدئي قابل للاختبار
C) قانون علمي مثبت
D) نتيجة نهائية للتجربة

. **إذا أثبتت تجارب متعددة فرضية معينة وأصبحت مقبولة بشكل واسع، فإنها قد تصبح:**

A) نظرية علمية
B) قانون علمي
C) حقيقة مطلقة
D) تخمين دائم

أي العبارات الآتية ليس صحيحا بما يخص النظريات والقوانين والفرضيات العلمية؟

a-الفرضية يمكن أن تتحول إلى نظرية
b- النظرية يمكن أن تتحول إلى قانون
c- القانون العلمي وصف لحدث صحيح دائماً
d- النظرية العلمية تفسير لأشياء أو أحداث

. **النظرية العلمية تختلف عن القانون لأنها:**

A) لا يمكن اختبارها
B) تفسر سبب حدوث الظاهرة
C) وصف رياضي بسيط
D) أكثر ثباتًا من القانون

اي مما يلي لايعتبر من طرق اختبار الفرضية؟

a- الرأي الشخصي
b- القيام بالتجربة
c- بناء نموذج
d- الملاحظة وجمع البيانات

3	تحديد مصادر الخطأ الشائعة عند إجراء القياس، وذكر تقنيات القياس الجيد.	كتاب الطالب	P.16
		Q.17	P.17
5	تحديد مصادر الخطأ والتمييز بين الدقة والضبط.	كتاب الطالب	P. (15 - 16)
		Q.(15 - 20); Q.(44 – 45); Q.(49 - 52)	P.16; P.26; P.27

تشير الدقة إلى مدى اتفاق نتائج القياس مع القيمة "الحقيقية". أي القيمة المقبولة حسب القياسات التي أخذها خبراء مؤهلون. كما يظهر في **الشكل 11**. إذا كان طول الزنبرك الذي قاسه الطلاب الثلاثة يساوي 14.8 cm، فإن قياس الطالب الثاني هو الأكثر دقة وقياس الطالب الثالث هو الأقل دقة. ما الذي قد يتسبب في أن يأخذ الشخص قياسات غير دقيقة؟ كيف يمكنك أن تتأكد من دقة القياسات؟

من الطرق الشائعة للتحقق من دقة الأدوات طريقة تسمى معايرة الجهاز. أولًا، هل تكون قراءة الأداة صفرًا عندما ينبغي أن تكون كذلك، كما هو موضح في **الشكل 12**؟ ثانيًا، ان تخلو الاداة من عيوب التصنيع. ومن الضروري إجراء فحوص دورية للدقة على أدوات القياس الحساسة. مثل الخرج الإشعاعي للأجهزة التي تُستخدم في علاج السرطان.

التأكد من فهم النص قارن وقابل بين الضبط والدقة.

تقنيات القياس الجيد

لضمان تحقيق الضبط والدقة، يجب أن تُستخدم الأدوات بطريقة صحيحة. كما يجب إجراء القياسات بعناية كي تصل إلى أعلى درجة من الضبط تسمح بها الأداة. من مصادر الخطأ الشائعة الزاوية التي تؤخذ منها قراءة أداة القياس. إذ يجب أن تُقرأ القياسات بالنظر عموديًا وبعين واحدة، كما هو موضح في **الشكل 13**. أما إذا قُرئ القياس بشكل مائل، كما هو موضح في **الشكل 13**، فستحصل على قيمة مختلفة أقل دقة. ويرجع اختلاف القراءات إلى **اختلاف زاوية النظر**. وهو التغير الظاهري في موقع الجسم عند النظر إليه من زوايا مختلفة. ولكي تلاحظ أثر اختلاف زاوية النظر في القياس، قم بقياس طول قلم بالنظر إليه بشكل عمودي على تدريج المسطرة، ثم اقرأ التدريج بعد أن تحرك رأسك إلى جهة اليمين أو جهة اليسار.

McGraw-Hill Education © محفوظ لصالح مؤسسة محمد بن راشد للتعليم الذكي وناشروه

برنامج محمد بن راشد للتعليم الذكي
Mohammed Bin Rashid Smart Learning Program

افترض أن ثلاثة طلاب نفذوا التجربة المصغرة الواردة في القسم 1 عدة مرات، مستخدمين زنبركات لها الطول نفسه، مع تعليق حلقتين على الزنبرك. أخذ الطالب الأول عدة قياسات تراوحت بين 14.4 cm و14.8 cm، وكان متوسط قياساته 14.6 cm. كما يظهر في **الشكل 10**. سُجلت هذه النتيجة على أنها (14.6 ± 0.2) cm. وسجّل الطالب الثاني طول الزنبرك على أنه (14.8 ± 0.3) cm. وسجّل الطالب الثالث طول الزنبرك على أنه (14.0 ± 0.1) cm.

هل يمكن أن تستنتج أن هناك توافقًا بين القياسات الثلاثة؟

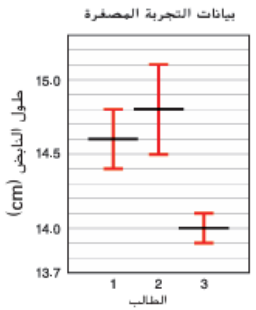
هل تتكرر نتيجة الطالب الأول؟ تتقاطع نطاقات نتائج الطالبين الأول والثاني بين 14.5 cm و14.8 cm. ولكن لا تتقاطع نتائجهما مع نتيجة الطالب الثالث. ومن ثَم لا تتوافق معها.

الضبط والدقة

يمثل كل من الضبط والدقة خاصية من خصائص القيم المقيسة. كما يظهر في **الشكل 11**. ما مدى الضبط والدقة في قياسات الطلاب الثلاثة الواردة أعلاه؟ **الضبط** هو درجة توافق القياسات المختلفة لكمية مقيسة. في المثال الوارد أعلاه، قياسات الطالب الثالث هي الأكثر ضبطًا ويهامش خطأ مقداره 0.1 cm ±. في حين كانت قياسات الطالبين الآخرين أقل ضبطًا لأن لها هامش خطأ أكبر (الطالب الأول 0.2 cm ± . الطالب الثاني 0.3 cm ±).

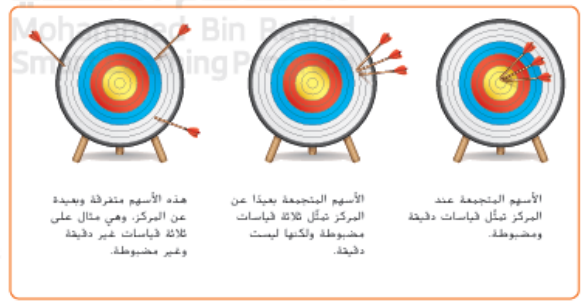
يعتمد الضبط على كل من الأداة والطريقة المستخدمة في القياس. وبوجه عام، كلما كانت الأداة ذات تدريج بقيم أصغر كانت القياسات أكثر ضبطًا. ودقة القياس يساوي نصف قيمة أصغر تدريج في الأداة. فعلى سبيل المثال، إذا كان للمخبار المدرج تدريجات كل منها يساوي 1 mL ؛ فإنك تستطيع من خلال هذه الأداة أن تقيس بضبط يصل إلى 0.5 mL. أما إذا كان أصغر تدريج في الكأس يساوي 50 mL. فما ضبط قياساتك مقارنة بالقياسات المأخوذة بالمخبار المدرج؟

تشير الأرقام المعنوية في الإجابة إلى درجة ضبطها. فالقياس 67.100 g مضبوط إلى أقرب جزء من الألف في الجرام. وقد ذكرنا في القسم 2 قواعد إجراء العمليات الخاصة بالقياسات ذات مستويات الضبط المختلفة. فعند إضافة 1.2 mL من حمض إلى كأس يحتوي على 2.4×10^2 mL من الماء. لا يمكن القول بأن لديك 2.412×10^2 mL من السائل لأن حجم الماء لم يتم قياسه إلى أقرب جزء من عشرة من المليلتر. بل إلى أقرب 10 mL.



الشكل 10 أخذ ثلاثة طلاب قياسات متعددة. توضح الخطوط الحمراء هامش الخطأ في كل قياس.

اشرح هل تتطابق القياسات؟ هل تتكرر نتيجة الطالب الثالث؟ لم أو لم لا؟



الشكل 11 تمثل المنطقة الصفراء في مركز كل هدف القيمة المقبولة لقياس معين. تمثل الأسهم قياسات أخذها أحد العلماء أثناء إحدى التجارب.

McGraw-Hill Education © محفوظ لصالح مؤسسة محمد بن راشد للتعليم الذكي وناشروه

برنامج محمد بن راشد للتعليم الذكي
Mohammed Bin Rashid Smart Learning Program

- اعتمادا على الجدول المجاور لقياس ارتفاع سبورة عن الأرض والذي قام به أربعة طلبة لكل منهم ثلاث محاولات قياس، إذا علمت أن الارتفاع الحقيقي للسبورة عن الأرض (80.1 cm)

الطالب	المحاولة 1	المحاولة 2	المحاولة 3
محمد	82.1 cm	81.9 cm	82.0 cm
سالم	81.1 cm	79.6 cm	83.1 cm
عبدالله	82.8 cm	84.1 cm	81.3 cm
حمدان	79.8 cm	80.3 cm	79.9 cm

أي الطلبة قياساته أكثر دقة؟

A- حمدان
B- عبدالله
C- سالم
D- محمد

أي الطلبة قياساته أكثر ضبطا ؟

A- حمدان
B- عبدالله
C- سالم
D- محمد

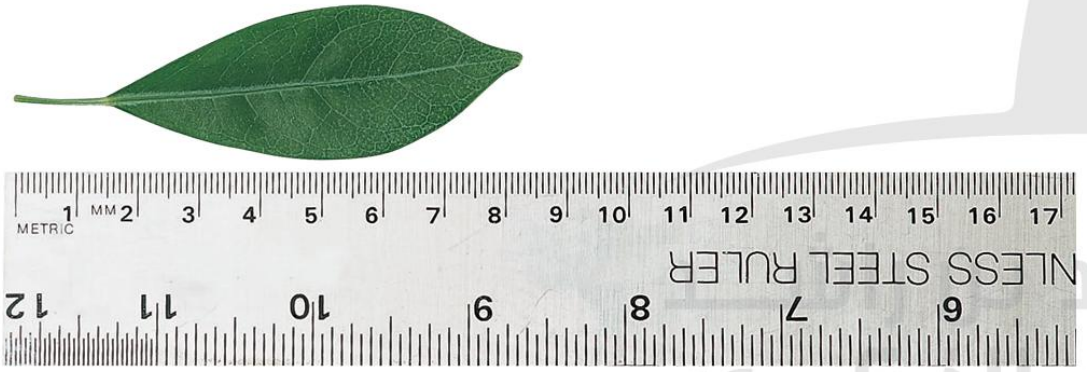
ما طول الورقة مع استخدام هامش الخطأ:

A- $8.3 \pm 0.5\ cm$

B- $83 \pm 0.5\ mm$

C- $83 \pm 0.1\ mm$

D- $83 \pm 0.05\ mm$



كيف يختلف الرقم الأخير عن الأرقام الأخرى في القياس؟

a- رقم دقيق
b- رقم تقديري
c- لايعتبر رقم معنوي
d- لايختلف عن الأرقام الأخرى

ماذا يُقصد بالضبط في القياس؟

A - مدى تقارب القيم المقاسة من بعضها البعض.
B - مدى تقارب القيمة المقاسة من القيمة الحقيقية.
C- عدد الأرقام المعنوية في القياس.
D- قدرة الجهاز على القياس بوحدات مختلفة.

من المصادر الشائعة للخطأ أثناء القياس؟

A- النظر بزاوية مائلة على التدريج
B- زيادة عدد مرات القياس
C- اجراء القياسات بنفس درجة الحرارة
D- النظر بزاوية عمودية على التدريج

ما شدة التيار الكهربائي مع استخدام هامش الخطأ:

A- $4.1 \pm 0.05\ A$
B- $4.4 \pm 0.1\ A$
C- $4.4 \pm 0.05\ A$
(D $4.6 \pm 0.1\ A$

ماذا يُقصد بالدقة في القياس؟

A- مدى تقارب القيم المقاسة من القيمة الحقيقية.
B- مدى تقارب القيم المقاسة من بعضها البعض.
C- مدى حساسية الجهاز المستخدم.
D- مدى صعوبة التجربة.

عند مقارنة أداة مدرجة بـ 0.5 ml وأخرى بـ 0.1 mL فإن الأداة ذات 0.1 mL تعطي:

A- دقة أعلى فقط
B- ضبط أعلى فقط
C- ضبط أعلى ودقة أعلى
D- لا فرق بينهما

ما دقة القياس (هامش الخطأ) في الميزان الموضح بالشكل :

A- $\pm 0.1\ g$
B- $\pm 0.05\ g$
C- $\pm 1\ g$
D- $\pm 0.5\ g$

ما تأثير اختلاف زاوية النظر على القياس ؟

A- لا يؤثر بدقة القياسات
B- يسبب خطأ في قراءة القياس يعرف بالخطأ الناتج عن اختلاف زاوية النظر
C- يزيد دقة القياس
D- يجعل القياس اكثر سهولة

طالب قاسَ طول قلم ثلاث مرات، وكانت النتائج متقاربة جدًا، لكنها بعيدة عن الطول الحقيقي. هذا المثال يوضح:

A- قياسات دقيقة ومضبوطة
B- قياسات مضبوطة فقط
C- قياسات دقيقة فقط
D- قياسات غير دقيقة وغير مضبوطة

قاس محمد وزملاؤه طول طاولة فحصلوا على القياسات التالية:

0.56 m ، 0.57 m ، 0.58 m ، 0.57 m

اذا كان الطول الحقيقي 0.64 m فما الوصف الصحيح لهذه القياسات ؟

A- مضبوطة وغير دقيقة
B- دقيقة وغير مضبوطة
C- دقيقة ومضبوطة
D- غير مضبوطة وغير دقيقة

4	1. تحديد الأرقام المعنوية في عدد معين. 2. استخدام الأرقام المعنوية المناسبة لتسجيل الإجابات الناتجة عن عملية حسابية مُستخدماً العديد الصحيح من الأرقام.	كتاب الطالب	P.(12 – 13)
		Q.12; Q.(35 - 41)	P.13; P.26
6	قياس الكميات الأساسية وبعض الكميات المشتقة باستخدام الأداة المناسبة، وتسجيل القياسات بمُراعاة دقة الأداة والأرقام المعنوية والترميز العلمي.	كتاب الطالب	P.(12 - 13)
		Q.(49 - 50); Q.74	P.27; P.29

على سبيل المثال، نظرًا لأن $1\ kg = 1000\ g$ يمكنك إنشاء معاملات التحويل التالية:

$$1 = \frac{1\ kg}{1000\ g} \qquad 1 = \frac{1000\ g}{1\ kg}$$

اختر معامل التحويل الذي يؤدي إلى شطب الوحدات الأولية، بحيث تحصل على الإجابة بالوحدات المطلوبة. على سبيل المثال، لتحويل 1.34 kg من الحديد الخام إلى الجرام، قم بما يلي.

$$1.34\ \text{kg} \left(\frac{1000\ g}{1\ \text{kg}}\right) = 1340\ g$$

وقد تحتاج أيضًا إلى عمل سلسلة من التحويلات. لتحويل 43 km/h إلى m/s، قم بما يلي:

$$\left(\frac{43\ \text{km}}{1\ \text{h}}\right)\left(\frac{1000\ m}{1\ \text{km}}\right)\left(\frac{1\ \text{h}}{60\ \text{min}}\right)\left(\frac{1\ \text{min}}{60\ s}\right) = 12\ m/s$$

الأرقام المعنوية

افترض أنك تستخدم مسطرة مترية لقياس قلم ووجدت أن طرف القلم يتخطى قليلًا علامة 138 على المسطرة، كما هو موضح في **الشكل 8**. ومن ثم تقدّر أن القلم يتخطى آخر علامة على المسطرة بمقدار جزء عشري من المليمتر. وتسجل طول القلم على أنه 138.1 mm. يتضمن هذا القياس أربعة أرقام صحيحة؛ الثلاثة الأولى منها أرقام مؤكدة والرقم الأخير غير مؤكد. يُطلق على الأرقام الصحيحة في القياس اسم **الأرقام المعنوية**. والرقم الأخير في القياس هو الرقم غير المؤكد. وجميع الأرقام غير الصفرية في القياس هي أرقام معنوية.

هل جميع الأصفار أرقام معنوية؟ لا. ففي القياس 0.0860 m مثلًا، يُستخدم أول صفرين لتحديد مكان الفاصلة العشرية فقط وهما ليسا رقمين معنويين. أما الصفر الأخير فهو الرقم المقدّر وهو رقم معنوي. وقد يحتوي القياس 172,000 m على 3 أو 4 أو 5 أو 6 أرقام معنوية. ومنعًا لهذا اللبس، يُستخدم الترميز العلمي. من الواضح أن القياس 1.7200×10^5 m يحتوي على خمسة أرقام معنوية.

العمليات الحسابية بالأرقام المعنوية عند إجراء أي عملية حسابية، من المهم أن تتذكر أن النتيجة لا يمكن أن تكون أكثر ضبطًا من القياس الأقل ضبطًا.

لجمع القياسات أو طرحها، نفّذ العملية الحسابية أولًا ثم قرّب النتيجة بحيث تتوافق مع القيمة الأقل ضبطًا. فمثلًا، $6.3\ m + 2.4\ m = 3.86\ m$ لأن القياس الأقل ضبطًا مقرّب إلى جزء عشري من المتر.

لضرب القياسات أو قسمتها، نفّذ العملية الحسابية ثم قرّب الناتج بحيث يكون عدد الأرقام المعنوية فيه مساويًا لتلك الموجودة في القياس الأقل ضبطًا. فمثلًا،

$$\frac{409.2\ km}{11.4\ L} = 35.9\ km/L$$

لأن القياس الأقل ضبطًا يتضمن ثلاثة أرقام معنوية. تعرض بعض الآلات الحاسبة العديد من الأرقام الإضافية، في حين يقوم البعض الآخر بالتقريب إلى نقاط معينة. تأكد من تسجيل إجاباتك بالعدد الصحيح من الأرقام.

حل المسائل

مع مواصلة الدراسة في هذا الكتاب، ستكمل بعض المسائل التدريبية. وستجد أن معظمها مسائل معقدة وتحتاج إلى استراتيجية لحلها. يتضمن هذا الكتاب العديد من أمثلة المسائل التي يحتاج حلها إلى عملية من ثلاث خطوات. اقرأ المثال 1 واتبع الخطوات لحساب متوسط سرعة سيارة مستخدمًا المسافة والزمن.

على سبيل المثال، نظرًا لأن $1\ kg = 1000\ g$ يمكنك إنشاء معاملات التحويل التالية:

$$1 = \frac{1\ kg}{1000\ g} \qquad 1 = \frac{1000\ g}{1\ kg}$$

اختر معامل التحويل الذي يؤدي إلى شطب الوحدات الأولية، بحيث تحصل على الإجابة بالوحدات المطلوبة. على سبيل المثال، لتحويل 1.34 kg من الحديد الخام إلى الجرام، قم بما يلي.

$$1.34\ \text{kg} \left(\frac{1000\ g}{1\ \text{kg}}\right) = 1340\ g$$

وقد تحتاج أيضًا إلى عمل سلسلة من التحويلات. لتحويل 43 km/h إلى m/s، قم بما يلي:

$$\left(\frac{43\ \text{km}}{1\ \text{h}}\right)\left(\frac{1000\ m}{1\ \text{km}}\right)\left(\frac{1\ \text{h}}{60\ \text{min}}\right)\left(\frac{1\ \text{min}}{60\ s}\right) = 12\ m/s$$

الأرقام المعنوية

افترض أنك تستخدم مسطرة مترية لقياس قلم ووجدت أن طرف القلم يتخطى قليلًا علامة 138 على المسطرة، كما هو موضح في **الشكل 8**. ومن ثم تقدّر أن القلم يتخطى آخر علامة على المسطرة بمقدار جزء عشري من المليمتر. وتسجل طول القلم على أنه 138.1 mm. يتضمن هذا القياس أربعة أرقام صحيحة؛ الثلاثة الأولى منها أرقام مؤكدة والرقم الأخير غير مؤكد. يُطلق على الأرقام الصحيحة في القياس اسم **الأرقام المعنوية**. والرقم الأخير في القياس هو الرقم غير المؤكد. وجميع الأرقام غير الصفرية في القياس هي أرقام معنوية.

هل جميع الأصفار أرقام معنوية؟ لا. ففي القياس 0.0860 m مثلًا، يُستخدم أول صفرين لتحديد مكان الفاصلة العشرية فقط وهما ليسا رقمين معنويين. أما الصفر الأخير فهو الرقم المقدّر وهو رقم معنوي. وقد يحتوي القياس 172,000 m على 3 أو 4 أو 5 أو 6 أرقام معنوية. ومنعًا لهذا اللبس، يُستخدم الترميز العلمي. من الواضح أن القياس 1.7200×10^5 m يحتوي على خمسة أرقام معنوية.

العمليات الحسابية بالأرقام المعنوية عند إجراء أي عملية حسابية، من المهم أن تتذكر أن النتيجة لا يمكن أن تكون أكثر ضبطًا من القياس الأقل ضبطًا.

لجمع القياسات أو طرحها، نفّذ العملية الحسابية أولًا ثم قرّب النتيجة بحيث تتوافق مع القيمة الأقل ضبطًا. فمثلًا، $6.3\ m + 2.4\ m = 3.86\ m$ لأن القياس الأقل ضبطًا مقرّب إلى جزء عشري من المتر.

لضرب القياسات أو قسمتها، نفّذ العملية الحسابية ثم قرّب الناتج بحيث يكون عدد الأرقام المعنوية فيه مساويًا لتلك الموجودة في القياس الأقل ضبطًا. فمثلًا،

$$\frac{409.2\ km}{11.4\ L} = 35.9\ km/L$$

لأن القياس الأقل ضبطًا يتضمن ثلاثة أرقام معنوية. تعرض بعض الآلات الحاسبة العديد من الأرقام الإضافية، في حين يقوم البعض الآخر بالتقريب إلى نقاط معينة. تأكد من تسجيل إجاباتك بالعدد الصحيح من الأرقام.

حل المسائل

مع مواصلة الدراسة في هذا الكتاب، ستكمل بعض المسائل التدريبية. وستجد أن معظمها مسائل معقدة وتحتاج إلى استراتيجية لحلها. يتضمن هذا الكتاب العديد من أمثلة المسائل التي يحتاج حلها إلى عملية من ثلاث خطوات. اقرأ المثال 1 واتبع الخطوات لحساب متوسط سرعة سيارة مستخدمًا المسافة والزمن.

الشكل 8 سجّل الطالب الذي قاس طول هذا القلم أن طوله 138.1 mm.

استدلّ لماذا يُعد الرقم الأخير في هذا القياس غير مؤكد؟

مثال 1

استخدم المسافة والزمن لإيجاد السرعة إذا كانت السيارة تقطع 434 km في 4.5 h. فما متوسط سرعة السيارة؟

1 تحليل المسألة ورسمها سرعة السيارة مجهولة. القيم المعلومة هي المسافة التي قطعتها السيارة والزمن الذي قطعتها فيه. استخدم العلاقة بين السرعة والمسافة والزمن لإيجاد سرعة السيارة.

المعطيات	المجهول
المسافة = 434 km	السرعة = ؟ km/h
الزمن = 4.5 h	

2 إيجاد المجهول

السرعة = المسافة × الزمن ◄ اذكر العلاقة في شكل معادلة.

$\text{السرعة} = \frac{\text{المسافة}}{\text{الزمن}}$ ◄ أوجد معادلة السرعة.

$\text{السرعة} = \frac{434\ km}{4.5\ h} = 96.4\ km/h$ ◄ عوّض عن المسافة 434 km والزمن 4.5 h

السرعة = 96 km/h ◄ اقسم الوحدات واحسبها.

3 تقييم الإجابة

تحقق من صحة إجابتك باستخدامها في حساب المسافة التي قطعتها السيارة.

المسافة = السرعة × الزمن $= 96.4\ km/\cancel{h} \times 4.5\ \cancel{h} = 434\ km$

المسافة المحسوبة تطابق المسافة المذكورة في المسألة.

وهذا يعني أن متوسط السرعة صحيح.

المسألة

1. اقرأ المسألة بعناية.
2. تأكد من أنك تفهم المطلوب في المسألة.

تحليل المسألة ورسمها

1. اقرأ المسألة مرة ثانية.
2. حدد المعطيات ودوّن البيانات المعلومة. اجمع المعلومات من الرسومات البيانية أو الجداول أو الصور، عند الحاجة.
3. حدد القيم المجهولة ودوّنها.
4. حدد ما إذا كنت تحتاج إلى رسم مسألة للمساعدة في حلها.
5. خطط الخطوات التي ستتبعها لإيجاد الحل.

إيجاد المجهول

1. إذا كان الحل بصيغة رياضية، فاكتب المعادلة مع عزل العامل المجهول.
2. عوّض عن الكميات المعلومة في المعادلة.
3. حل المعادلة.
4. تابع عملية الحل حتى تحل المسألة.

تقييم الإجابة

1. أعد قراءة المسألة. هل الإجابة مقبولة؟
2. تحقق من صحة العمليات الرياضية. هل الوحدات والأرقام المعنوية صحيحة؟

برنامج محمد بن راشد للتعليم الذكي
Mohammed Bin Rashid Smart Learning Program

طبع وتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

ما عدد الأرقام المعنوية في القياسات التالية:

0.0003

A) رقم معنوي واحد
C) ثلاث أرقام معنوية
B) رقمين معنويين
D) أربع أرقام معنوية

ما عدد الأرقام المعنوية في القياسات التالية:

4.00×10^{-12}

A) رقم معنوي واحد
C) ثلاث أرقام معنوية
B) رقمين معنويين
D) أربع أرقام معنوية

ما الناتج باستخدام عدد الارقام المعنوية الصحيح:

$15.2 \times 10^7\ N - 9.30 \times 10^7\ N =$

A) $5.90 \times 10^7\ N$
C) $6.0 \times 10^{14}\ N$
B) $5.9 \times 10^7\ N$
D) $6.0 \times 10^7\ N$

ما عدد الأرقام المعنوية في القياسات التالية:

0.0104

A) رقم معنوي واحد
C) ثلاث أرقام معنوية
B) رقمين معنويين
D) أربع أرقام معنوية

ما الناتج باستخدام عدد الارقام المعنوية الصحيح:

$9.8 \times 10^3\ m + 8.53 \times 10^3\ m =$

A) $18.33 \times 10^3\ m$
C) $18.0 \times 10^3\ m$
B) $18.3 \times 10^3\ m$
D) $18.3 \times 10^6\ m$

ما الناتج باستخدام عدد الارقام المعنوية الصحيح:

$8.12 \times 10^7\ g - 6.20 \times 10^6\ g =$

A) $8.0 \times 10^7\ g$
C) $7.50 \times 10^7\ g$
B) $8 \times 10^7\ g$
D) $7.5 \times 10^7\ g$

ما عدد الأرقام المعنوية في القياسات التالية:

15800

A) رقم معنوي واحد
C) ثلاث أرقام معنوية
B) رقمين معنويين
D) أربع أرقام معنوية

ما الناتج باستخدام عدد الارقام المعنوية الصحيح:

$5.80 \times 10^8\ s + 3.20 \times 10^9\ s =$

A) $3.78 \times 10^9\ s$
C) $3.8 \times 10^9\ s$
B) $4.0 \times 10^9\ s$
D) $3.78 \times 10^{17}\ s$

ما الناتج باستخدام عدد الارقام المعنوية الصحيح:

$124.6\ mm - 9.2\ cm$

A) $32.6\ mm$
C) $33\ mm$
B) $32\ mm$
D) $33.0\ mm$

ما الناتج باستخدام عدد الارقام المعنوية الصحيح:

$$(2.46 \times 10^{-3}\ m) \times (7.2 \times 10^{-3} m)$$

A) $17.712 \times 10^{-6} m^2$ C) $18 \times 10^{-6} m^2$

B) $17.7 \times 10^{-6} m^2$ D) $17.712 \times 10^{+9} m^2$

ما الناتج باستخدام عدد الارقام المعنوية الصحيح:

$$160.8\ N \div 1.40\ m^2$$

A) $115\ N/m^2$ C) $120\ N/m^2$

B) $115\ m^2$ D) $120\ N$

ما الناتج باستخدام عدد الارقام المعنوية الصحيح:

$$30.10\ s \times 20.2\ s =$$

A) $608.02\ s^2$ C) $608\ s^2$

B) $608.0\ s^2$ D) $610\ s^2$

ما الناتج باستخدام عدد الارقام المعنوية الصحيح:

$$2.3\ m \times 245\ N$$

A) $563.5\ m.N$ C) $5.6 \times 10^2\ m.N$

B) $564\ m.N$ D) $5.0 \times 10^2\ m.N$

ما الناتج باستخدام عدد الارقام المعنوية الصحيح:

$$52.9\ g + 4.874\ kg =$$

A) $57.774\ kg$ C) $4927\ g$

B) $4926.9\ g$ D) $57.7\ g$

ما الناتج باستخدام عدد الارقام المعنوية الصحيح:

$$97.3\ km + 5.85\ km =$$

A) $103.15\ km$ C) $103.1\ km$

B) $103.2\ km$ D) $1.00 \times 10^2\ km$

ما الناتج باستخدام عدد الارقام المعنوية الصحيح:

$$52.3\ g + 4.894\ g =$$

A) $57.194\ g$ C) $57\ g$

B) $57.2\ g$ D) $60\ g$

ما الناتج باستخدام عدد الارقام المعنوية الصحيح:

$$\frac{6.5 \times 10^5\ kg}{3.4 \times 10^3\ m^3}$$

A) $1.91 \times 10^2\ kg/m^3$ C) $1.911 \times 10^2\ kg/m^3$

B) $2.0 \times 10^2\ kg/m^3$ D) $1.9 \times 10^2\ kg/m^3$

ما الناتج باستخدام عدد الارقام المعنوية الصحيح:

$$\frac{5.6 \times 10^{-7}\ m}{2.8 \times 10^{-12}\ s}$$

A) $2.0 \times 10^{+5}\ m/s$ C) $2 \times 10^{+5}\ m/s$

B) $2.00 \times 10^{-5}\ m/s$ D) $2.0 \times 10^{-5}\ m/s$

اذا علمت ان : $w = m\ g\ h$
كيف تكتب h بدلالة m و g و w .

A) $h = \frac{wg}{g}$
B) $h = \frac{m}{wg}$
C) $h = \frac{g}{mw}$
D) $h = \frac{w}{mg}$

كم يساوي (نانومتر 4500 nm) عند تحويلها إلى(ميكرومتر μm)

A) $4\ 5\ \mu m$
B) $4.5\ \mu m$
C) $4.5 \times 10^{-9}\ \mu m$
D) $4.5 \times 10^{+9}\ \mu m$

كم يساوي (بيكومتر 6.2 pm) عند تحويلها إلى(متر)

A) $6.2 \times 10^{12}\ m$
B) $6.2 \times 10^{-12}\ m$
C) $6.2 \times 10^{-3}\ m$
D) $6.2 \times 10^{+3}\ m$

ما قيمة المجهول في المعادلة :
$2x + 10 = -4$.

A) 8
B) -7
C) -4
D) 2

كم يساوي (ميلي متر 0.024 mm) عند تحويلها إلى(متر)

A) $2.4 \times 10^{5}\ m$
B) $2.4 \times 10^{-3}\ m$
C) $2.4 \times 10^{-5}\ m$
D) $2.4 \times 10^{+3}\ m$

كم يساوي (ميكرو أمبير $214\ \mu A$) عند تحويلها إلى (أمبير)

A) $2.14 \times 10^{-6}\ A$
B) $2.14 \times 10^{-8}\ A$
C) $2.14 \times 10^{-4}\ A$
D) $2.14 \times 10^{-3}\ A$

ما الصيغة المساوية للصيغة: $D = \frac{m}{V}$

A) $V = D\ m$
B) $m = \frac{D}{V}$
C) $V = \frac{D}{m}$
D) $V = \frac{m}{D}$

تحويل 43 km/h إلى m/s يساوي:

A) $10\ m/s$
B) $12\ m/s$
C) $3.4\ m/s$
D) $340\ m/s$

ماذا يعادل القياس $1.0 \times 10^{-6}\ m$ ؟

A) واحد ميجا متر
B) واحد ميكرو متر
C) واحد ميلي متر
D) واحد بيكو متر

أي مما يلي يُعتبر من الوحدات الأساسية في النظام الدولي SI؟

A) المتر
B) النيوتن
C) الجول
D) الواط

إذا كانت الكتلة الحجمية = الكتلة ÷ الحجم
أي مما يلي يمثل وحدة قياس الكتلة الحجمية؟

A) $kg.m$
B) kg/m
C) $kg.m^3$
D) kg/m^3

أي الصفوف في الجدول يبين وحدات القياس الصحيحة للكميات في الصف الأول؟

	طول ملعب كرة سلة	زمن مباراة كرة قدم	كتلة كرة الطائرة	شدة التيار الكهربائي
(A	الأمبير	الكيلوجرام	الثانية	المتر
(B	المتر	الثانية	الكيلوجرام	الأمبير
(C	الثانية	المتر	الكيلوجرام	الأمبير
(D	المتر	الثانية	الأمبير	الكيلوجرام

ما وحدة قياس الكتلة في النظام الدولي؟

A) النيوتن N
B) الشمعة cd
C) الجول J
D) الكيلوجرام kg

ما الكمية الفيزيائية التي تقاس بالأمبير A ؟

A) شدة التيار
B) شدة الإضاءة
C) الطول
D) السرعة

ما الكمية الفيزيائية التي تقاس بالشمعة cd ؟

A) شدة التيار
B) شدة الإضاءة
C) الطول
D) السرعة

أي من الوحدات التالية تُعد وحدة مشتقة؟

A) الثانية s
B) المتر m
C) الجول J
D) الكيلوجرام kg

ما الكمية الفيزيائية التي تختلف عن باقي الكميات من حيث وحدة قياسها؟

A) الكتلة
B) شدة التيار الكهربائي
C) الطاقة
D) درجة الحرارة

سرعة الضوء في الفراغ 300000 km/s ما مقدار هذه السرعة في نظام SI؟

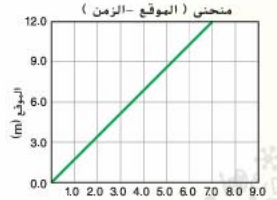
A) 3×10^5 Km/s
B) 3×10^8 m/h
C) 3×10^5 m/s
D) 3×10^8 m/s

7	تفسير الخطوط البيانية لمنحنيات الموقع مع الزمن، والسرعة مع الزمن، لحركة جسم على خط مُستقيم بحركةٍ مُنتظمةٍ أو غير مُنتظمة بتسارعٍ ثابت أو مُتغيّر، ويُوظّف مُعادلات الحركة لحل مسائل ذات صلة.	كتاب الطالب	P. (46 - 48)
		Q.(20 – 22), الشكل 12; مثال 3 ;Q.(1 - 4); الشكل 6	P.63; P.66; P.69; P.70

مثال 3

السرعة المتوسطة المتجهة يوضح الرسم البياني المجاور الحركة على خط مستقيم لطفلة تركب لوح التزلج الخاص بها على طول رصيف ممتد خال من المشاة. كم ما السرعة المتوسطة المتجهة لحركة الطفلة؟ وكم تبلغ سرعتها المتوسطة القياسية؟

منحنى (الموقع –الزمن)



1 تحليل المسألة ورسمها

حدد النظام الإحداثي للرسم.

المجهول

v_{avg} = المتجهة ؟ = v_{avg} القياسية ؟

2 إيجاد المجهول

أوجد السرعة المتوسطة المتجهة باستخدام نقطتين على الخط.

$$v_{avg} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

$$= \frac{x_f - x_i}{t_f - t_i}$$

بالتعويض عن $x_2 = 12.0\ m,\ x_1 = 0.0\ m,\ t_2 = 7.0\ s,\ t_1 = 0.0\ s$ ◄

$$= \frac{12.0\ m - 0.0\ m}{7.0\ s - 0.0\ s}$$

$v_{avg} = 1.7\ m/s$ في الاتجاه الموجب

السرعة المتوسطة القياسية v_{avg} هي القيمة المطلقة للسرعة المتوسطة المتجهة أو 1.7 m/s.

3 تقييم الإجابة

- **هل الوحدات صحيحة؟** الوحدات لكل من السرعة المتجهة والسرعة القياسية بالمتر في الثانية. الجسم يتحرك في خط مستقيم وبالاتجاه نفسه ذلك مقدار إزاحة الجسم يساوي مقدار المسافة المقطوعة في الزمن نفسه.
- **هل للأشارات دلالة؟** تتوافق الإشارة الموجبة للسرعة المتجهة مع النظام الإحداثي. لا يوجد اتجاه مرتبط بالسرعة القياسية.

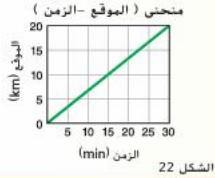
تطبيقات

27. يوضح الرسم البياني الوارد في **الشكل 21** حركة سفينة سياحية تبحر ببطء عبر المياه الهادئة إلى الجنوب.
   a. كم تبلغ السرعة المتوسطة القياسية للسفينة؟
   b. كم تبلغ السرعة المتوسطة المتجهة للسفينة؟
28. صف بالكلمات حركة السفينة السياحية في المسألة السابقة.
29. كم تبلغ السرعة المتوسطة المتجهة لجسم يتحرك من الموقع 6.5 cm إلى 3.7 cm بالنسبة إلى نقطة الأصل خلال 2.3 s؟
30. يمثل الرسم البياني الوارد في **الشكل 22** حركة دراجة.
   a. كم تبلغ السرعة القياسية لحركة الدراجة؟
   b. كم تبلغ السرعة المتوسطة المتجهة لحركة الدراجة؟
31. صف بالكلمات حركة الدراجة في المسألة السابقة.
32. **التحدي** أطلقت دراجة بسرعة ثابتة مقدارها 0.55 m/s. أرسم مخططًا توضيحيًا للحركة ورسمًا بيانيًا لمنحنى (الموقع –الزمن) تبين فيهما حركة الدراجة لمسافة 19.8m.

منحنى (الموقع –الزمن)

الشكل 21

منحنى (الموقع –الزمن)



الشكل 22

مختبر الفيزياء

السرعة الثابتة

كيف يمكنك تحديد السرعة المتوسطة بقياس المسافة والزمن؟

قياس السرعة المتجهة

تجربة جهاز المسار كيف يمكنك قياس السرعة المتجهة باستخدام جهاز كشف الحركة؟

السرعة المتوسطة المتجهة لاحظ أن ميل خط العدّاء الأسرع في **الشكل 19** هو عدد أكبر. يشير الميل الأكبر إلى وجود سرعة أكبر. لاحظ أيضًا أن وحدة قياس الميل هي المتر في الثانية. بالنظر إلى كيفية حساب الميل، يمكنك أن تعرف أن الميل هو التغيير في مقدار الموقع مقسومًا على الفترة الزمنية التي حدث فيها هذا التغيير. $\frac{\Delta x}{\Delta t}$ أو $\frac{x_f - x_i}{t_f - t_i}$ عندما تزداد Δx، يزداد الميل ؛ وعندما تزداد Δt، يقل الميل. يتوافق ذلك مع التفسير الوارد في الصفحة السابقة الخاص بسرعة العدّاء الأخضر والعدّاء الأزرق. **السرعة المتوسطةالمتجهة** نسبة التغيير في موقع الجسم بالنسبة إلى الفترة الزمنية التي حدث فيها هذا التغيير. إذا كان الجسم يتحرك بحركة منتظمة، فإن سرعته لا تتغير، ومن ثَمّ تصبح سرعته المتوسطة المتجهة هي الخط المستقيم لمنحنى (الموقع – الزمن).

السرعة المتوسطة المتجهة يُعرف السرعة المتوسطة المتجهة بتغيير الموقع مقسومًا على الزمن الذي حدث خلاله التغيير.

$$v_{avg} \equiv \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_f - x_i}{t_f - t_i}$$

تفسير الميل ميل الخط البياني للعلاقة بين الموقع والزمن في **الشكل 20** هو 5.0- m/s. لاحظ أن ميل الرسم البياني يشير إلى كل من المقدار والاتجاه. بحساب الميل، تجد أن السرعة المتوسطة المتجهة للجسم الذي يمثله الرسم البياني حركته يساوي 5.0- m/s. بدأ الجسم بموقع موجب وتحرك نحو نقطة الأصل. بعد مرور 4s، يمر بنقطة الأصل ويواصل التحرك في الاتجاه المعاكس بمعدل 5.0 m/s.

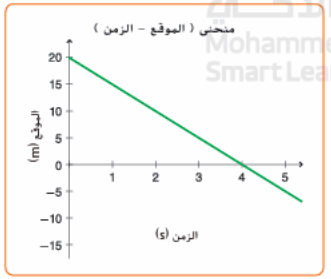
تأكد من فهمك **اشرح** مدلول ميل الرسم البياني للعلاقة بين الموقع والزمن أعلى أو أسفل وفوق أو تحت المحور الأفقي x.

السرعة المتوسطة يساوي القيمة المطلقة للميل الجسم الذي سرعته 5.0 m/s تساوي إزاحة الجسم مقسومة على الزمن المستغرق لقطع هذه الازاحة. في ما يتعلق بالحركة المنتظمة، فإن السرعة المتوسطة تساوي القيمة المطلقة لميل الخط البياني للعلاقة بين الموقع والزمن الخاص بالجسم. مقدار السرعة المتوسطة والاتجاه الذي يتحرك فيه الجسم يمثل السرعة المتوسطة المتجهة. تذكّر أنه إذا تحرك الجسم في الاتجاه المعاكس، فسيصبح التغير الذي يحدث في موقعه سالبًا. يعني هذا أن إزاحة الجسم وسرعته المتجهة يكونان في الاتجاه نفسه دائمًا.

الشكل 20 يوضح الميل للخط المستقيم في الرسم البياني للعلاقة بين الموقع والزمن هذا أن الحركة في الاتجاه المعاكس.

التحليل كيف سيبدو الرسم البياني إذا كانت الحركة بالسرعة نفسها، ولكن في الاتجاه الموجب؟

منحنى (الموقع – الزمن)



الفكرة الرئيسة

السرعة المتجهة لجسم ما تساوي معدل التغير في موقعه.

الأسئلة الرئيسة

- ما المقصود بالسرعة المتجهة؟
- ما الفرق بين السرعة القياسية والسرعة المتجهة؟
- كيف يمكنك تحديد السرعة المتوسطة المتجهة لحركة جسم من رسم بياني للعلاقة بين الموقع والزمن؟
- كيف يمكنك تمثيل الحركة بالنماذج التصويرية والمادية والرياضية؟

مراجعة المفردات

القيمة المطلقة absolute value
مقدار العدد بغض النظر عن الإشارة

المفردات الجديدة

السرعة المتوسطة المتجهة
average velocity
السرعة المتوسطة average speed
السرعة اللحظية المتجهة
instantaneous velocity

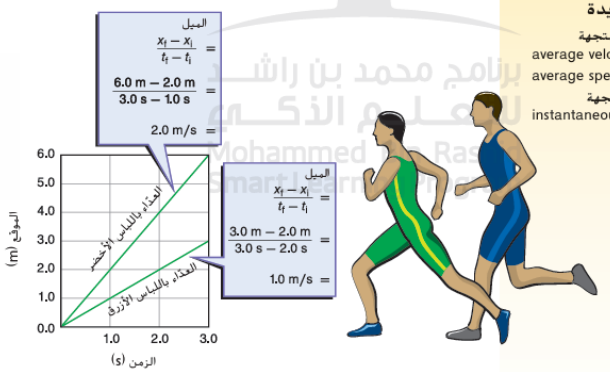
السرعة المتجهة والسرعة القياسية

لنفترض أنك سجلت حركة عدّاءين على رسم، كما هو موضح في **الشكل 19**. يتغير موقع العدّاء الأخضر أكثر من موقع العدّاء الأزرق. خلال فترة زمنية محددة، يصبح مقدار الإزاحة (Δx) أكبر للعدّاء الأخضر لأنه يتحرك بسرعة أكبر. لنفترض الآن أن كل عدّاء قطع مسافة 100 m. ستكون الفترة الزمنية (Δt) لمسافة 100 m أقل للعدّاء الأخضر منها للعدّاء الأزرق.

ميل الرسم البياني لمنحنى (الموقع – الزمن) قارن بين الخطين اللذين يمثلان العدّاءين في الرسم البياني الموضح في **الشكل 19**. ميل خط البياني العدّاء الأخضر أكبر، مما يشير إلى حدوث تغيير أكبر في الموقع خلال الفترة الزمنية نفسها. تذكّر أنك تجد ميل الخط باختيار نقطتين أولاً على الخط. ثم تطرح الإحداثي الرأسي للموقع النهائي من الإحداثي الرأسي للموقع الابتدائي لتحصل على التغير في الموقع. تطرح بعد ذلك الإحداثي الأفقي (t في هذه الحالة) للزمن النهائي من الإحداثي الأفقي للزمن الابتدائي لتحصل على التغير في الزمن. تحصل على الميل من قسمة التغير في الموقع على التغير في الزمن.

الشكل 19 يوضح الميل الأكبر أن العدّاء الأخضر قطع المسافة بسرعة أكبر.

التحليل كم تبعد المسافة التي قطعها العدّاء الأخضر عن العدّاء الأزرق خلال فترة 3 s الموضحة في الرسم البياني؟



McGraw-Hill Education © حقوق الطبع والتأليف محفوظة لصالح مؤسسة

8	حساب متوسط السرعة (المقدار والاتجاه) من ميل الرسم البياني لمنحنى (الموقع – الزمن) خلال فترة زمنية معينة، والسرعة اللحظية من ميل الرسم البياني لمنحنى (الموقع – الزمن) عند لحظة معينة.	كتاب الطالب	P. 49
		Q.40; Q.71; Q.(3 , 5)	P. 51; P.56; P.57
9	تحليل الرسم البياني لمنحنى (الموقع – الزمن) لوصف وتفسير حركة الجسم.	كتاب الطالب	P.(41 - 42)
		Q.(11 - 14); Q.(23 - 32); Q.(59 - 63)	P.42; P.(45 - 48); P.(54 - 55)

السرعة اللحظية المتجهة لماذا نسمي الكمية $\frac{\Delta x}{\Delta t}$ السرعة المتوسطة المتجهة؟ لماذا لا نسميها السرعة المتجهة فقط؟ يوضح مخطط الحركة وضع الجسم المتحرك في بداية الفترة الزمنية ونهايتها. ومع ذلك، لا يشير إلى ما حدث خلال هذه الفترة الزمنية. خلال الفترة الزمنية، يمكن أن تظل سرعة الجسم على حالها أو تزيد أو تقل. يمكن أن يتوقف الجسم أو حتى يُغير اتجاهه. يمكنك إيجاد السرعة المتوسطة المتجهة لكل فترة زمنية في مخطط الحركة، ولكن لا يمكنك إيجاد سرعة الجسم واتجاهه في أي لحظة معينة. تُسمى سرعة الجسم واتجاهه في لحظة معينة **السرعة اللحظية المتجهة**، في هذا الكتاب المدرسي، يشير مصطلح السرعة المتجهة إلى السرعة اللحظية المتجهة التي تُمثّل بالرمز v.

☑ **تأكد من فهمك** **اشرح** إلى أي مدى تختلف السرعة المتوسطة المتجهة عن السرعة المتجهة.

السرعة المتوسطة المتجهة في مخططات الحركة عندما يتحرك جسم بين نقطتين، تصبح سرعته المتوسطة المتجهة في نفس اتجاه إزاحته. تتناسب الكميتان تناسبًا طرديًا أيضًا. عندما تزيد الإزاحة خلال فترة زمنية معينة، تزداد سرعته المتوسطة المتجهة كذلك. يشير مخطط الحركة إلى اتجاه السرعة المتوسطة المتجهة ومقدارها.

تخيل نزول سيارتين من طريق بسرعات مختلفة. تسجل كاميرا فيديو حركة السيارات بمعدل محيط إطار واحد في كل ثانية. تخيل أن كل سيارة توجد بها فرشاة رسم تنزل معها تلقائيًا وترسم خطًا على الأرض خلال نصف ثانية كل ثانية. سترسم السيارة الأسرع خطًا أطول على الأرض. تشبه المتجهات التي ترسمها على مخطط الحركة لتمثيل السرعة المتجهة الخطوط التي ترسمها فرش الرسم على الأرض أسفل السيارات. في هذا الكتاب، تستخدم اللون الأحمر للإشارة إلى المتجهات المرسومة على مخططات الحركة. يوضح **الشكل 23** مخططات الحركة المرسوم عليها متجهات السرعة المتجهة لسيارتين. تتحرك واحدة إلى اليمين، والأخرى إلى اليسار.

☑ **تأكد من فهمك** حدد المقصود بأطول متجهات السرعة المتجهة.

معادلة الحركة

من الأفضل غالبًا استخدام معادلة، بدلاً من رسم بياني، لحل المسائل. في أي وقت ترسم خطًا مستقيمًا، يمكنك أن تجد معادلة لوصفه. ألقِ نظرة أخرى على الرسم البياني الموضح في **الشكل 20** للجسم الذي يتحرك بسرعة منتظمة ثابتة 5.0 m/s-. تذكّر أنه يمكنك تمثيل أي خط مستقيم بالمعادلة $y = mx + b$، بحيث تكون y هي الكمية الممثلة على المحور الرأسي وm هي ميل الخط وx هي الكمية الممثلة على المحور الأفقي وb هي تقاطع الخط مع y.

في ما يتعلق بالرسم البياني الموضح في **الشكل 20**، الكمية الممثلة على المحور الرأسي هي الموقع وبمثلها المتغير x. ميل الخط هو 5.0 m/s-، وهو السرعة المتوسطة المتجهة للجسم v_{avg}. الكمية الممثلة على المحور الأفقي هي الزمن (t). التقاطع مع y يساوي 20.0m. ما الذي تمثله هذه القيمة 20.0m؟ يوضح هذا ان الجسم كان عند الموقع 20.0m عندما تكون $t = 0.0$ s. يُسمى ذلك الموقع الابتدائي للجسم ويُشار إليه بالرمز x_i.

الفيزياء في حياتك

سجلات السرعة الرقم القياسي العالمي لسباق 100 متر للرجال هو 9.58 s. وقد حققه يوسين بولت في عام 2009. الرقم القياسي العالمي لسباق 100 متر للسيدات هو 10.49 s. وقد حققته جريفيث جوينر في عام 1988.

تجربة مصغرة

متجهات السرعة المتجهة

كيف تمثل متجهات السرعة حركة جسم؟

الشكل 23 يتناسب طول كل متجه من متجهات السرعة المتجهة مع مقدار السرعة المتجهة التي يمثلها.

القسم 3

التمثيل البياني للحركة

الفيزياء في حياتك

يوضح العديد من الرسومات البيانية الاتجاهات بمرور الزمن. على سبيل المثال، يمكن أن يوضح رسم بياني سعر البنزين على مدار عدة شهور أو سنوات. وبالمثل، يمكن أن يوضح رسم بياني للعلاقة بين الموقع والزمن مدى تغير موقع مُجدِّف في قارب تجديف خلال فترة زمنية. لذا يمكن أن يستخدم المُجدِّفون الرسومات البيانية لتحليل أدائهم.

تحديد المواقع

عند تحليل حركة معقدة، غالبًا ما يكون من المفيد تمثيل الحركة بعدة طرق. يحتوي مخطط الحركة على معلومات عن موقع الجسم في توقيتات زمنية مختلفة. يمكن أيضًا أن توضح هذه الجداول والرسومات البيانية هذه المعلومات نفسها. راجع مخططي الحركة في **الشكل 8** و**الشكل 9**. يمكنك استخدام هذين المخططين لتنظيم التوقيتات الزمنية ومواقع العداء المطابقة. كما هو موضح في **الجدول 1**.

تحديد البيانات يمكن تمثيل البيانات الواردة في **الجدول 1** في **رسم بياني للعلاقة بين الموقع والزمن**، بحيث تُحدد فيه بيانات الزمن على محور أفقي وبيانات الموقع على محور رأسي. يظهر الرسم البياني لحركة العداء في **الشكل 11**. لرسم هذا الرسم البياني، حدّد مواقع العداء أولاً، ثم ارسم الخط الأكثر ملاءمة للنقاط.

تقدير الزمن والموقع لاحظ أن الرسم البياني ليس مماثلاً لمسار حركة العداء – فخط الرسم البياني مائل. ومسار حركة العداء كان أفقيًا. بل يمثل الخطُ أكثر مواقع العداء احتمالاً في الفترات الزمنية بين نقاط البيانات المسجلة. على الرغم من أنه لا توجد بيانات توضح بدقة الزمن عندما كان العداء على بُعد 12.0 m من نقطة البداية أو توضح موقع العداء عند $t = 4.5$ s، إلا أنه يمكنك استخدام الرسم البياني لتقدير الزمن أو الموقع. يوضح مثال المسألة الوارد في الصفحة التالية كيف يتم ذلك.

الفكرة الرئيسة

يمكنك استخدام الرسومات البيانية للعلاقة بين الموقع والزمن لتحديد موقع الجسم في زمن معين.

الأسئلة الرئيسة

- ما المعلومات التي توضحها الرسومات البيانية للعلاقة بين الموقع والزمن؟
- كيف يمكنك استخدام رسم بياني للعلاقة بين الموقع والزمن لتفسير موقع الجسم أو إزاحته؟
- ما الأغراض من التمثيلات المتكافئة لحركة الجسم؟

مراجعة المفردات

نقطة تقاطع (intersection) نقطة يلتقي عندها خطان ويتقاطعان

المفردات الجديدة

الرسم البياني للعلاقة بين الموقع والزمن position-time graph

موقع لحظي instantaneous position

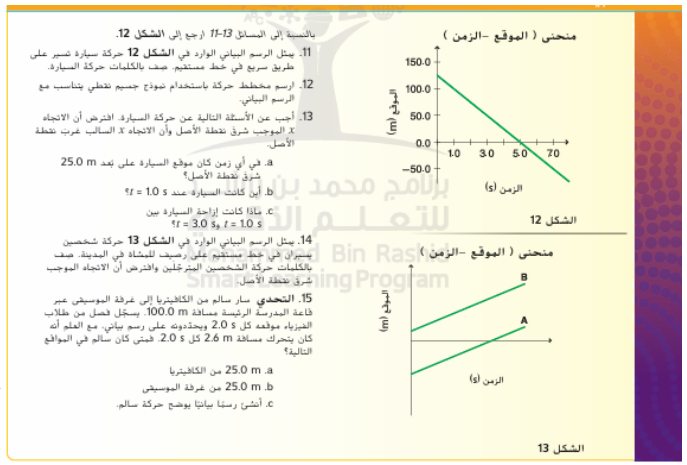
منحنى (الموقع – الزمن)

الجدول 1 تغيرات الموقع والزمن

الزمن (s)	الموقع (m)
0.0	0.0
1.0	5.0
2.0	10.0
3.0	15.0
4.0	20.0
5.0	25.0

الشكل 11 يمكنك إنشاء رسم بياني للعلاقة بين الموقع والزمن من خلال تحديد المواقع والفترات الزمنية من الجدول. ومن طريق رسم أفضل خط بياني لجميع النقاط. يمكنك تقدير الفترات الزمنية والمواقع غير الواردة في الجدول.

اشرح لماذا يظهر الخط البياني على الرسم البياني مائلاً رغم أنه يصف حركة جسم في خط مستقيم؟



منحنى (الموقع –الزمن)

الشكل 12

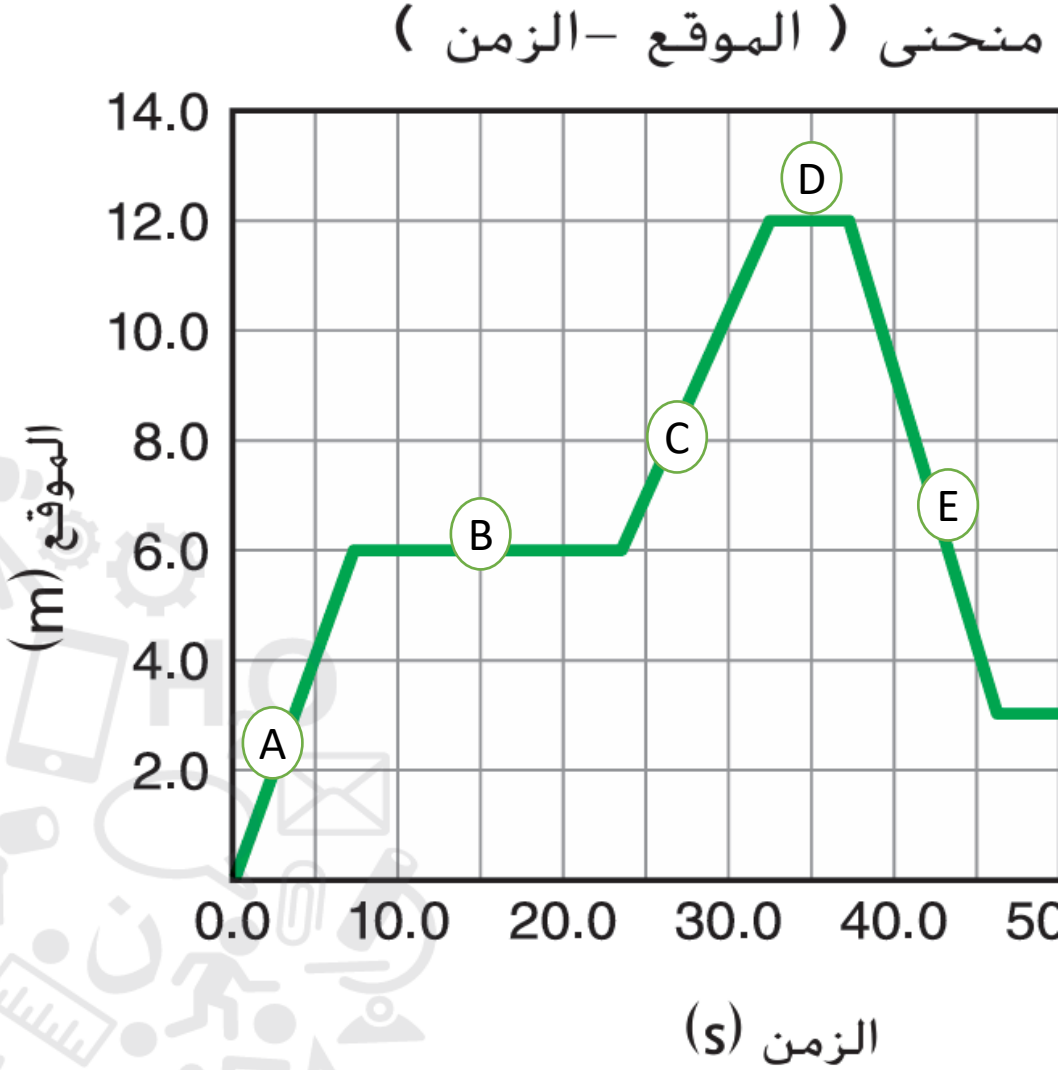
منحنى (الموقع –الزمن)

الشكل 13

بالنسبة إلى المسائل *11-13* راجع إلى **الشكل 12**.

11. يمثل الرسم البياني الوارد في **الشكل 12** حركة سيارة تسير على طريق سريع في خط مستقيم. صف بالكلمات حركة السيارة.
12. ارسم مخطط حركة باستخدام نموذج جسيم نقطي يتناسب مع الرسم البياني.
13. أجب عن الأسئلة التالية عن حركة السيارة. افترض أن الاتجاه x الموجب شرق نقطة الأصل وأن الاتجاه x السالب غرب نقطة الأصل.
    a. في أي زمن كان موقع السيارة على بُعد 25.0 m شرق نقطة الأصل؟
    b. أين كانت السيارة عند $t = 1.0$ s؟
    c. متى كانت إزاحة السيارة بين $t = 1.0$ s و $t = 3.0$ s؟

14. يمثل الرسم البياني الوارد في **الشكل 13** حركة شخصين يسيران في خط مستقيم على رصيف للمشاة في الحديقة. صف بالكلمات حركة الشخصين المتخيلين وافترض أن الاتجاه الموجب شرق نقطة الأصل.
15. **التحدي** سار سالم من الكافيتريا إلى غرفة الموسيقى عبر قاعة المدرسة الرئيسة مسافة 100.0 m. يسجّل فصل من طلاب الفيزياء موقعه كل 2.0 s ويحددونه على رسم بياني. مع العلم أنه كان يتحرك مسافة 2.6 m كل 2.0 s. فمتى كان سالم في المواقع التالية؟
    a. 25.0 m من الكافيتريا
    b. 25.0 m من غرفة الموسيقى
    c. أنشئ رسمًا بيانيًا يوضح حركة سالم.



في أي المراحل تكون سرعة الجسم سالبة؟

A -a D -b C -c E -d

في أي المراحل يكون الجسم ساكن؟

A -a B -b C -c E -d

ما الازاحة بين اللحظتين 0.0 و 20.0 s ؟

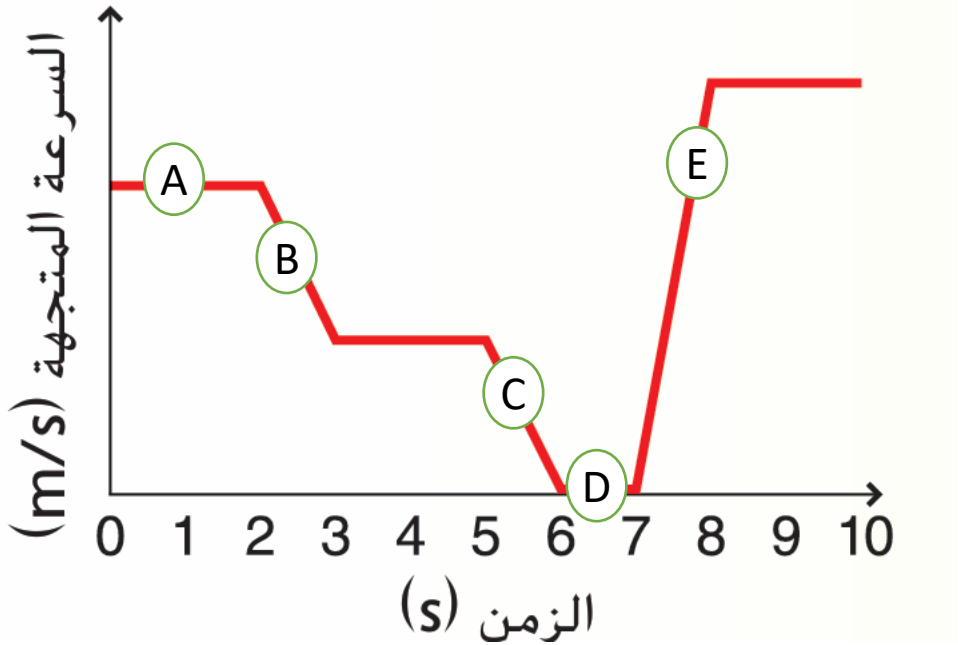
0 -a 6.0 m -b 8.0 m -c 12.0 m -d

ما الازاحة بين اللحظتين 5.0 s و 35.0 s ؟

0 -a 6.0 m -b 8.0 m -c 12.0 m -d

ما سرعة الجسم في اللحظة 10.0 s؟

0 -a 6 m/s -b 10.0 m/s -c 50 m/s-d



في أي المراحل تكون سرعة الجسم متزايدة؟

A -a B -b D -c E -d

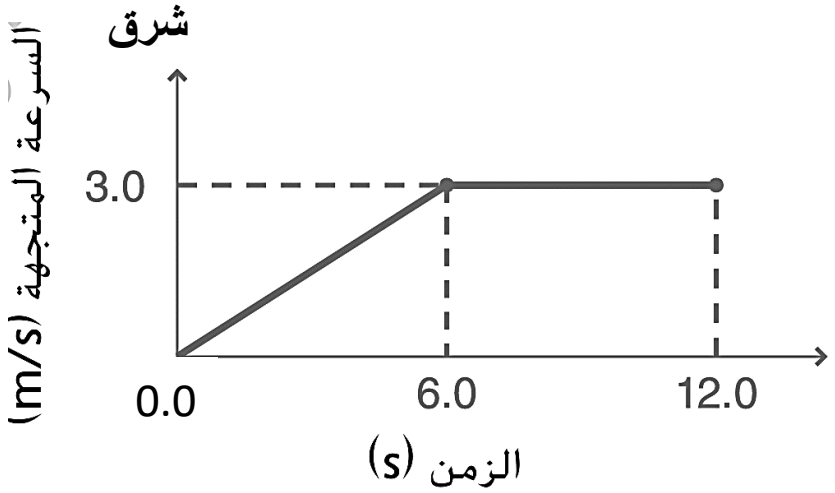
في أي المراحل تكون سرعة الجسم ثابته؟

A -a B -b C -c E -d

في أي المراحل يكون الجسم ساكن؟

C -a B -b D -c E -d

يوضح الشكل منحى السرعة المتجهة – الزمن لحركة جسم خلال زمن قدره 12 s .



ما مقدار الإزاحة خلال الفترة الزمنية السابقة ؟

a- 3.0 m شرقا b- 27 m غربا c- 27 m غربا d- 0

ما مقدار التسارع أثناء الحركة بين اللحظتين من 0.0 s إلى 6.0 s ؟

a- $0.0\ m/s^2$ b- $0.5\ m/s^2$ شرقا c- $1.0\ m/s^2$ شرقا d- $2.0\ m/s^2$ غربا

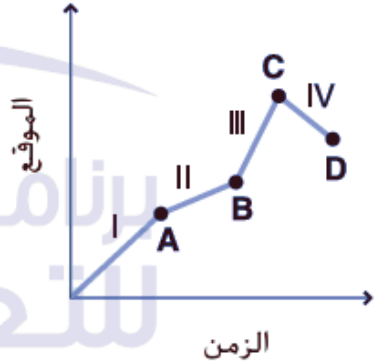
ما مقدار التسارع أثناء الحركة بين اللحظتين من 6.0 s إلى 12.0 s ؟

a- $0.0\ m/s^2$ b- $0.5\ m/s^2$ شرقا c- $1.0\ m/s^2$ شرقا d- $2.0\ m/s^2$ غربا

في أي المراحل تكون سرعة الدراجة الأكبر؟

I -a
II -b
III -c
IV -d

في أي المراحل تكون سرعة الدراجة سالبة؟

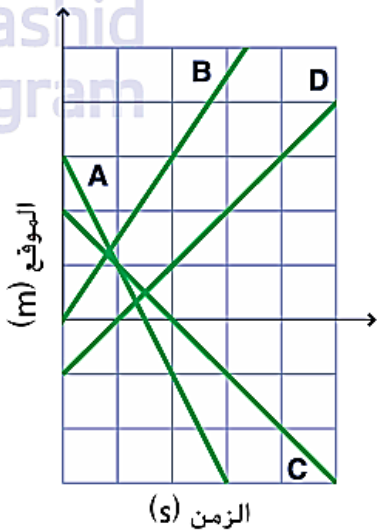


I -a
II -b
III -c
IV -d

كم تبلغ السرعة المتوسطة المتجهة لقطار يتحرك على مسار مستقيم اذا كانت ازاحته 192 m شرقاً خلال فترة زمنية 8.0 s ؟

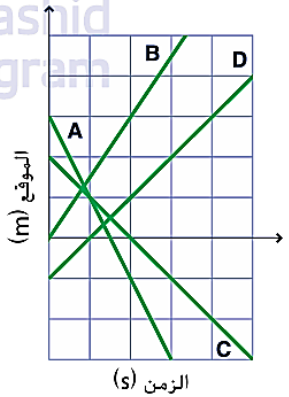
a- 12 m/s شرقاً
b- 24 m/s شرقاً
c- 48 m/s شرقاً
d- 96 m/s شرقاً

أي جسم موقعه الابتدائي هو الأسرع؟



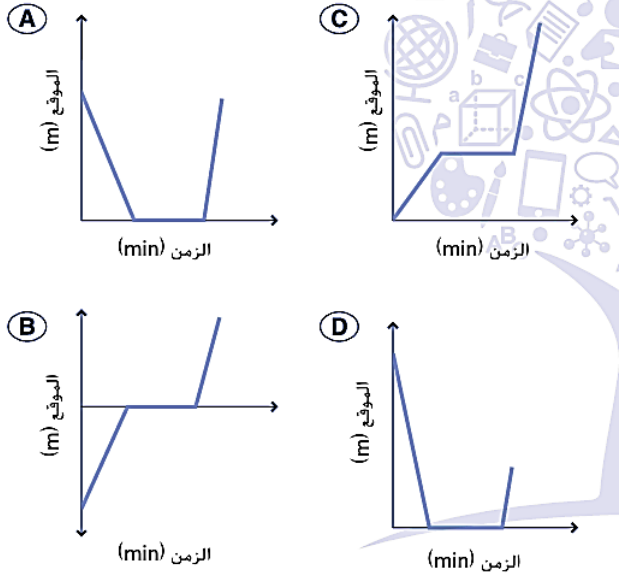
A -a
B -b
C -c
D -d

أي جسم موقعه الابتدائي هو الأبعد عن نقطة الأصل؟



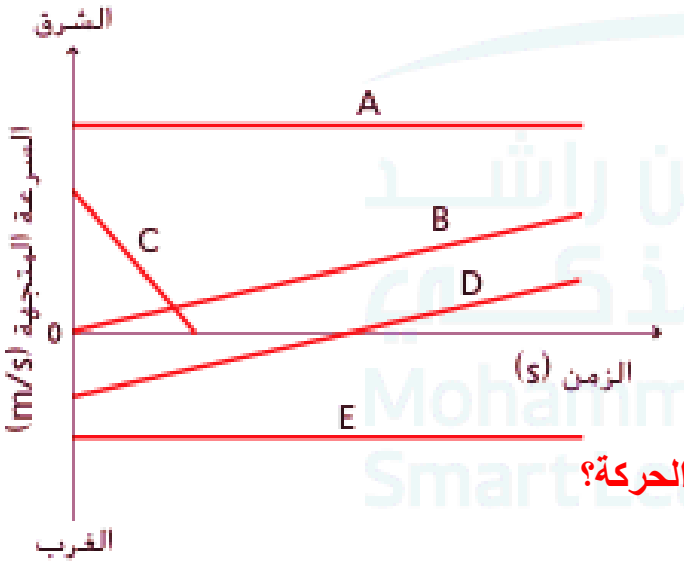
A -a
B -b
C -c
D -d

ينزل سنجاب على شجرة ارتفاعها 8 m بسرعة ثابتة في غضون 15 min . لا يزال في قاعدة الشجرة منذ 2.3 min . صدر ضجيج جعل السنجاب يصعد مرة أخرى الى مكانه بسرعة ثابتة. أي رسم بياني يمثل منحنى (الموقع – الزمن) لحركة السنجاب؟



أي العدائين يتحرك بسرعة متجهة متناقصة ؟

منحنى (السرعة المتجهة – الزمن) لخمسة عدائين



A -a B -b C -c E -d

أي العدائين يتحرك بسرعة العداء D؟

A -a B -b C -c E -d

أي العدائين يتحرك بسرعة ثابتة نحو الغرب؟

D -a B -b C -c E -d

أي العدائين يغير اتجاه سرعته من الغرب إلى الشرق أثناء الحركة؟

D -a B -b C -c A -d

في أي فترة زمنية يكون التسارع موجب؟

a- من 0.0 إلى 5.0 s b- من 0.0 إلى 10.0 s

c - من 5.0 s إلى 15.0 s d- من 15.0 s إلى 20.0 s

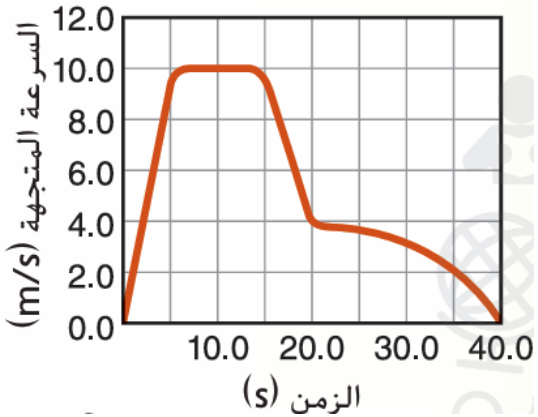
في أي فترة زمنية تكون السرعة ثابته؟

a- من 0.0 إلى 5.0 s

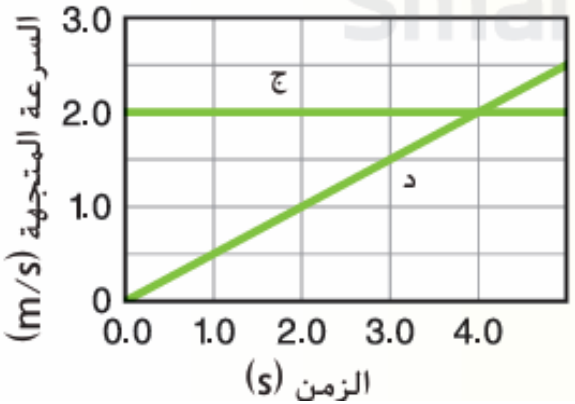
b- من 0.0 إلى 10.0 s

c - من 5.0 s إلى 15.0 s

d- من 15.0 s إلى 20.0 s



ما إزاحة ج بعد مضي 3.0 s ؟



12.0 m -d 9.0 m -c 6.0 m -b 3.0 m -a

ما إزاحة د بعد مضي 4.0 s ؟

16.0 m E -d 8.0 m -c 4.0 m -b 2.0 m -

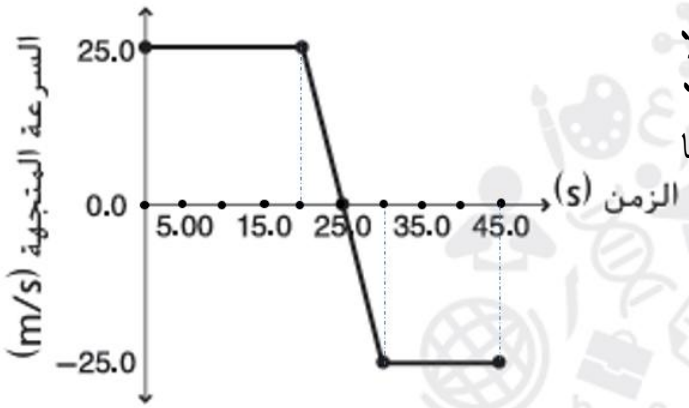
يوضح الرسم حركة شاحنة ، كم تبلغ الازاحة الكلية للشاحنة بافتراض اتجاه الشمال هو الاتجاه الموجب ؟

a- 150 m جنوبا

b- 300 m شمالا

c- 125 m شمالا

d- 600 m جنوبا



10	إجراء استقصاء / نشاط لتوضيح أنواع الحركة المُختلفة باستخدام مخططات الحركة ونماذج الجسيمات.	كتاب الطالب	P.(34 - 36)
		Q.(1 - 5); Q.(21 - 26); Q.65	P.36; P.45; P.55

القسم 1 تصوير الحركة

الفيزياء في حياتك

انظر إلى شكل العرض المتعدد هذه التي توضح حركة طائر. يمكن أن يستخدم علماء الفيزياء هذه الصور لتقييم تغييرات الموقع والسرعة المتجهة.

جميع أنواع الحركة

لقد تعرفت على العمليات العلمية التي ستكون مفيدة في دراستك لعلم الفيزياء. ستبدأ الآن في استخدام هذه الأدوات لتحليل الحركة. في الوحدات التالية، ستطبق هذه العمليات على العديد من أنواع الحركة. ستستخدم مفردات ومخططات ورسومات تخطيطية ورسومات بيانية ومعادلات. ستساعدك هذه المفاهيم على تحديد مقدار سرعة حركة الجسم ومدى بعده واتجاه حركة الجسم وهل تزداد سرعة هذا الجسم أم تنقص وما إذا كان هذا الجسم ساكن أم يتحرك بسرعة ثابتة.

تغير الموقع ما الذي يخطر ببالك عندما تسمع كلمة الحركة؟ ركوب الطبق الدوار في الملاهي؟ ارتفاع كرة البيسبول التي يضربها المهاجم أعلى السياج؟ توجد الحركة في كل شيء حولك. بدءًا من القطارات السريعة والمتزلجين الذين يتسببون بالسرعة إلى النسائم البطيئة والسحاب المتثاقل. تتحرك الأجسام بطرق عديدة ومختلفة، مثل مسار الخط المستقيم لكرة البولينج في مسار مضمار البولينج والمسار المنحني لسيارة تنعطف وهبوط الطائرة الورقية بشكل حلزوني ودوامات الماء حول المصارف. عندما يكون الجسم في حالة حركة، مثل قطار المترو الموضح في **الشكل 1**، فإن موقعه يتغير.

بعض أنواع الحركة تعتبر أكثر تعقيدًا من غيرها. عند البدء في مجال دراسة جديد. يُنصح بأن تبدأ بالحالة الأقل تعقيدًا وتعلمها قدر الإمكان ثم تضيف تدريجيًا المزيد من التعقيد إلى هذا النموذج البسيط. في حالة الحركة، ستبدأ دراستك بالحركة على طول خط مستقيم.

الشكل 1 يظهر المترو باهتًا في الشكل لأن موقعه يتغير خلال الزمن الذي كان فيه غالق الكاميرا مفتوحًا.

صف إلى كيف سيبدو الشكل مختلفًا إذا كان المترو ثابتًا.

الفكرة الرئيسة

يمكنك استخدام مخططات الحركة لبيان كيف يتغير موقع جسم ما بمرور الزمن.

الأسئلة الرئيسة

- كيف تستخدم مخططات الحركة في تمثيل الحركة؟
- كيف يمكنك استخدام نموذج جسيم لتمثيل جسم متحرك؟

مراجعة المفردات

نموذج (model) تمثيل فكرة أو حدث أو شكل أو جسم لكي يتسنى للمرء فهمه جيدًا

المفردات الجديدة

مخطط الحركة motion diagram

نموذج جسيم particle model

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الحركة على طول خط مستقيم بصفة عامة، يمكن أن يتحرك الجسم على طول العديد من أنواع المسارات المختلفة. إلا أن الحركة في خط مستقيم تتبع مسارًا مباشرًا بين نقطتين من دون الاتجاه يمينًا أو يسارًا، على سبيل المثال. يمكنك أن تصف حركة الجسم بأنه يتحرك للأمام والخلف أو لأعلى وأسفل أو باتجاه الشمال والجنوب. في كل حالة من هذه الحالات، يتحرك الجسم على طول خط مستقيم.

لنفترض أنك تقرأ هذا الكتاب المدرسي في المنزل. عندما بدأت القراءة، وقعت عيناك على الأرنب الموجود لديك ورأيته جالسًا في ركن من القفص. ثم وقعت عيناك عليه في وقت لاحق ورأيته جالسًا بجانب طبق الطعام في الركن المقابل من القفص. يمكنك استنتاج أن الأرنب تحرك من مكان لآخر في الفترة ما بين ملاحظتيك. ما العوامل التي ساعدتك على تكوين هذا الاستنتاج عن حركة الأرنب؟

يتعلق وصف الحركة بوصف المكان والزمن. يجب أن تجيب عن الأسئلة المتعلقة بمكان الجسم والزمن الذي كان فيه على هذا الوضع لكي تتمكن من وصف حركته بوضوح. بعد ذلك، ستبحث عن بعض الأدوات التي تساعدك على تحديد زمن وجود الجسم في مكان ما.

تأكد من فهمك حدد عاملين يجب معرفتهما لوصف حركة جسم على طول خط مستقيم.

مخططات الحركة

فكّر في مثال الحركة في خط مستقيم التالي: يركض عدّاء على طول طريق مستقيم. ثمة طريقة لتمثيل حركة العدّاء وهي التقاط مجموعة من الصور توضح موقع العدّاء على فترات زمنية متساوية. يمكنك القيام بذلك عن طريق تصوير العدّاء أثناء الحركة للحصول على مجموعة متتالية من الصور. ستوضح كل شكل العدّاء وهو في نقطة أبعد على طول الطريق المستقيم.

الصور المتتالية لنفترض أنك وضعت كاميرا في اتجاه معين وقطع العدّاء مجال الرؤية الخاص بالكاميرا، ثم التقطت مجموعة من الصور للعدّاء على فترات زمنية متساوية من دون تحريك الكاميرا. توضح **الشكل 2** ما تبدو عليه مجموعة الصور المتتالية التي التُقطت للعدّاء. لاحظ أن العدّاء في موقع مختلف في كل شكل، ولكن يظل كل شيء في الخلفية موجودًا في الموقع نفسه. يثبت ذلك أن العدّاء هو من يتحرك فقط بالنسبة إلى الكاميرا والأرض.

تأكد من فهمك حدد هل يجب أن تكون المسافات بين موقع الجسم المتحرك متساوية إذا التُقطت صور للجسم على فترات زمنية متساوية. اشرح.

الشكل 2 يمكنك أن تقول إن العدّاء في حالة حركة لأن موقعه يتغير بالنسبة إلى الشجرة والأرض.

الشكل 3 ينتج عن جمع الصور من **الشكل 2** مخطط الحركة هذا الخاص بحركة العدّاء. مجموعة النقاط التي توجد في الجزء السفلي من الشكل هي نموذج الجسيم الذي يوافق مخطط الحركة.

اشرح كيف يوضح نموذج الجسيم أن سرعة العدّاء لا تتغير.

اعرض رسومات متحركة لمخططات الحركة وحركة الجسيم.

جمع الصور لنفترض أنك وضعت صور العدّاء الأربع بداية من **الشكل 2** فوق بعضها. يوضح **الشكل 3** ما تبدو عليه هذه الأشكال المجمعة. ترى أكثر من شكل لحركة العدّاء، ولكنك ترى شكل واحدة فقط للشجرة والأجسام الأخرى الثابتة في الخلفية. تُسمى مجموعة الصور التي توضح أوضاع الجسم المتحرك على فترات زمنية متساوية **مخطط الحركة**.

نماذج الجسيمات

يصبح تتبع حركة العدّاء أسهل إذا تجاهلت حركة ذراعيه وساقيه وركزت بدلًا من ذلك على نقطة واحدة في منتصف جسمه. في الواقع، يمكنك تجاهل حقيقة أن العدّاء له حجم وتخيل أنه عبارة عن جسم صغير جدًا يوجد بالضبط في هذه النقطة المركزية. في **نموذج الجسيم**، تستبدل الجسم أو الأجسام المهمة بنقاط فردية. يُعد استخدام نموذج الجسيم شائعًا عند دراسة علم الفيزياء.

لاستخدام نموذج الجسيم، يجب أن يكون حجم الجسم أقل بكثير من المسافة التي يقطعها. تصبح حركات الجسم الداخلية، مثل حركة ذراعي العدّاء أو حركة ساقيه، مهملة في نموذج الجسيم. في مخطط الحركة المبصر، يمكنك تحديد نقطة مركزية واحدة على العدّاء، مثل النقطة التي توجد في منتصف محيط خصره، ورسم نقطة على موقعها في فترات مختلفة. يوضح الجزء السفلي من **الشكل 3** نموذج الجسيم لحركة العدّاء. في القسم التالي، ستتعلم كيفية إنشاء واستخدام مخطط الحركة الذي يوضح مقدار المسافة التي يقطعها الجسم ومقدار الزمن الذي يستغرقه لقطع هذه المسافة.

مختبر الفيزياء

مخططات الحركة

ما أوجه الاختلاف بين مخططات الحركة الخاصة بسيارة لعبة سريعة وسيارة لعبة بطيئة؟

القسم 1 مراجعة

1. **الفكرة الرئيسة** كيف يمثل مخطط الحركة حركة جسم؟
2. **مخطط حركة راكب دراجة** ارسم مخطط حركة نموذج الجسيم لراكب دراجة يتحرك بسرعة ثابتة على طول طريق مستقيم.
3. **مخطط حركة سيارة** ارسم مخطط حركة نموذج جسيم يوافق مخطط الحركة الموضح في **الشكل 4** لسيارة نوشك على الوصول إلى لوحة التوقف. أي نقطة على السيارة استخدمتها لتمثيل السيارة؟

الشكل 4

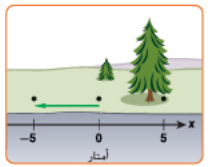
4. **مخطط حركة طائر** ارسم مخطط حركة نموذج جسيم يوافق مخطط الحركة الموضح في **الشكل 5** لطائر أثناء طيرانه. فالنقطة التي اخترتها على جسم الطائر لتمثله؟

الشكل 5

5. **التفكير الناقد** ارسم مخططات حركة نموذج جسيم لعدّاءين أثناء سباق يعبر فيه أحدهما خط النهاية ويقطع الآخر ثلاثة أرباع المسافة حتى خط النهاية.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

11	1. تعريف النظام الإحداثي، وتحديد نقطة الأصل والموقع والمسافة فيه. 2. التمييز بين الكميات القياسية والمتجهة مع إعطاء الأمثلة على كل منها.	كتاب الطالب: P.(38 - 39) Q.(6 - 10); Q.2: P.40; P.57



الشكل 7 يوضح السهم الأخضر إزاحة سالبة مقدارها 5.0- m إذا تم اختيار الاتجاه الموجود على يمين نقطة الأصل كاتجاه موجب.

الاستدلال ما الموقع الذي يمكن أن يوضحه السهم إذا اعتبرت الاتجاه الموجود على يسار نقطة الأصل كاتجاه موجب؟

الموقع السالب هل يوجد ما يُسمى بالموقع السالب؟ افترض أنك اخترت النظام الإحداثي الذي تم توضيحه للتو. لكنك وضعت نقطة الأصل هذه المرة على بُعد 4 m يسار الشجرة مع امتداد المحور الأفقي x في الاتجاه الموجب ناحية اليمين. سيكون الموقع على بُعد 9 m يسار الشجرة. أو 5 m يسار نقطة الأصل موقفًا سالبًا. كما هو موضح في **الشكل 7**.

الكميات المتجهة وغير المتجهة

توجد كميات كثيرة في الفيزياء لها حجم. يُسمى أيضًا **المقدار**. واتجاه. تُسمى الكمية التي لها مقدار واتجاه **متجهًا**. يمكن تمثيل المتجه بالأسهم. حيث يمثل طولُ السهم مقدار المتجه. ويمثل اتجاه السهم اتجاه المتجه. يُطلق على الكمية التي تمثل عددًا من دون أي اتجاه. كالمسافة أو الزمن أو درجة الحرارة. اسم **كمية عددية**. في هذا الكتاب المدرسي. نستخدم أحرفًا مكتوبة بخط عريض لتمثيل الكميات المتجهة وأحرفًا مكتوبة بالخط العادي لتمثيل الكميات العددية.

تُعتبر الفترات الزمنية كميات عددية. عند تحليل حركة العدّاء. ربما تحتاج إلى معرفة الزمن الذي استغرقه للركض من نقطة الشجرة إلى نقطة عمود الإنارة. يمكنك الحصول على هذه القيمة عن طريق إيجاد الفرق بين قراءة ساعة الإيقاف عند الشجرة وقراءتها عند عمود الإنارة. يوضح **الشكل 8** هاتين القراءتين. يُسمى الفرق بين زمنين **فترة زمنية**.

والرمز الشائع للفترة الزمنية هو Δt. حيث يُستخدم الحرف اليوناني (Δ) لتمثيل التغير في الكمية. افترض أن t_i يمثل الزمن الابتدائي (البداية). عندما كان العدّاء عند الشجرة. وافترض أن t_f يمثل الزمن النهائي (النهاية) للفترة الزمنية. عندما كان العدّاء عند عمود الإنارة. حينها نُعرّف الفترة الزمنية رياضيًا على النحو التالي.

الفترة الزمنية

تساوي الفترة الزمنية الزمن النهائي مطروحًا منه الزمن الابتدائي.

$$\Delta t = t_f - t_i$$

يمثل الحرفان السفليان i و f الزمنين الابتدائي والنهائي. لكن يمكن أن يكونا الزمنين الابتدائي والنهائي لأي فترة زمنية تختارها. في مثال العدّاء. يكون الزمن الذي يستغرقه للركض من نقطة الشجرة إلى نقطة عمود الإنارة هو $t_f - t_i = 5.0\text{ s} - 1.0\text{ s} = 4.0\text{ s}$. أو يمكنك وصف الفترة الزمنية لركض العدّاء من نقطة الأصل إلى نقطة عمود الإنارة.

في هذه الحالة. ستكون الفترة الزمنية $t_f - t_i = 5.0\text{ s} - 0.0\text{ s} = 5.0\text{ s}$.

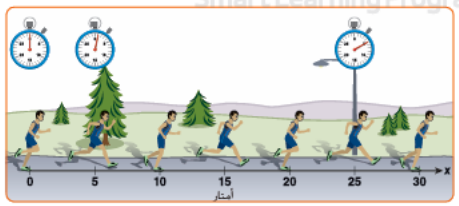
الفترة الزمنية كمية عددية لأنها لا اتجاه لها. لكن ماذا عن موقع العدّاء؟ هل هو كمية عددية أيضًا؟

المفردات

الاستخدام العلمي مقابل الاستخدام العام

المقدار (Magnitude)

- **الاستخدام العلمي**
  قياس الطول
  عند رسم متجه. يكون مقدار المتجه يتناسب مع طول هذا المتجه.
- **الاستخدام العام**
  طول كبير أو ممتد
  يصعب اظهار مقدار الأخدود الأعظم الأخدود الأعظم في صور فوتوغرافية.



الشكل 8 يمكنك استخدام الساعات الموجودة في الشكل لحساب الفترة الزمنية (Δt) لحركة العدّاء من موقع إلى آخر.

McGraw-Hill Education © مجموعة لسكلو وشركاه

الازاحات تعتبر متجهات. لقد رأيت سابقًا كيف يمكن وصف الموقع باعتباره موجبًا أو سالبًا بهدف توضيح هل الموقع على يمين نقطة الأصل أم على يسارها في المستوى الإحداثي. يشير ذلك إلى أن الموقع متجه لأن له اتجاه – إما إلى اليمين أو اليسار في هذه الحالة.

يوضح الشكل 9 موقع العدّاء عند كل من نقطة الشجرة ونقطة عمود الإنارة. لاحظ أنه يمكنك رسم سهم من نقطة الأصل إلى موقع العدّاء في كل حالة. وسيكون لهذه الأسهم مقدار واتجاه غالبًا ما تستخدم كلمة (موقع) للإشارة إلى مكان ما. أما في الفيزياء. فالموقع متجه ذيله عند نقطة الأصل لنظام الإحداثيات المستخدم. ورأسه عند المكان المراد تحديد موقعه..

يمكنك استخدام الرمز x لتمثيل الموقع رياضيًا في **الشكل 9**. يمثل الرمز x_i الموقع عند الشجرة. بينما يمثل الرمز x_f الموقع عند عمود الإنارة. يمثل الرمز Δx التغير في الموقع من نقطة الشجرة إلى نقطة عمود الإنارة. نظرًا لكثرة وصف التغير في الموقع وتحليله في مجال الفيزياء. فإن له اسمًا خاصًا. في الفيزياء. يُسمى التغير في الموقع **الإزاحة**. ولأن الإزاحة لها اتجاه. فهي متجه.

☑ **تأكد من فهمك** قارن بين المسافة التي يتحركها الجسم وإزاحة الجسم لحركة في خط مستقيم.

ماذا كانت إزاحة العدّاء عندما ركض من الشجرة إلى عمود الإنارة؟ عند النظر إلى **الشكل 9**. ترى أن هذه الإزاحة كانت 20 m إلى اليمين. لاحظ أيضًا أن الإزاحة من الشجرة إلى عمود الإنارة (Δx) تساوي قيمة الموقع عند عمود الإنارة (x_f) مطروحًا منها قيمة الموقع عند الشجرة (x_i). هذه حقيقة عامة: فالإزاحة تساوي الموقع النهائي مطروحًا منه الموقع الابتدائي.

الإزاحة

الإزاحة هي التغير في الموقع و تساوي الموقع النهائي مطروحًا من الموقع الابتدائي.

$$\Delta x = x_f - x_i$$

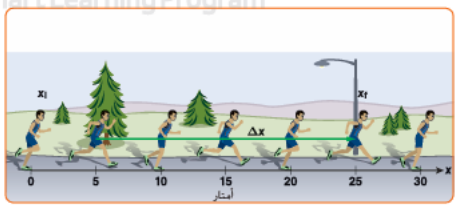
تذكّر أن الموقعين الابتدائي والنهائي هما بداية أي فترة زمنية تختارها ونهايتها. ورغم أن الموقع متجه. إلا أن مقدار الموقع قد يوصف أحيانًا من دون استخدام خط عريض. في هذه الحالة. قد تُستخدم علامة الموجب أو السالب لتوضيح الاتجاه.

☑ **تأكد من فهمك** صف ما يشير إليه اتجاه سهم الإزاحة وطوله.

تجربة مصغرة

نماذج متجهات

كيف يمكنك نمذجة جمع المتجهات باستخدام ألعاب التركيب؟



الشكل 9 يمثل x_i وx_f موقفين. يمثل المتجه Δx الإزاحة من x_i إلى x_f.

صف الإزاحة من عمود الإنارة إلى الشجرة.

McGraw-Hill Education © مجموعة لسكلو وشركاه

ذهب سلمان من بيته إلى المسجد ثم عاد إلى بيته ، إذا كانت المسافة بين البيت والمسجد 300 m فكم تساوي الإزاحة؟

A) $300\ m$ C) $0\ m$

B) $600\ m$ D) $-300\ m$

ذهب سلمان من بيته إلى المسجد ثم عاد إلى بيته ، إذا كانت المسافة بين البيت والمسجد 300 m فكم تساوي المسافة التي قطعها ؟

A) $300\ m$ C) $0\ m$

B) $600\ m$ D) $-300\ m$

ما العبارة الصحيحة عن رسم المتجهات؟

a- ينبغي أن يتناسب طول المتجه تناسبا طرديا مع مقداره
b- المتجه له مقدار وليس له اتجاه
c- جميع الكميات في الفيزياء متجهات
d- تحتاج لمخطط المتجهات لحل جميع مسائل الفيزياء

أي الآتية تكون عنده قيمة كل المتغيرات في النظام الإحداثي صفراً؟

A) طول المتجه C) نقطة الموقع

B) مقدار المحصلة D) نقطة الأصل

يتحرك جسم على خط مستقيم 20 m شرقاً ثم 5 m غرباً ما مقدار الازاحة؟

A) 25 m غرباً C) 15 m شرقاً

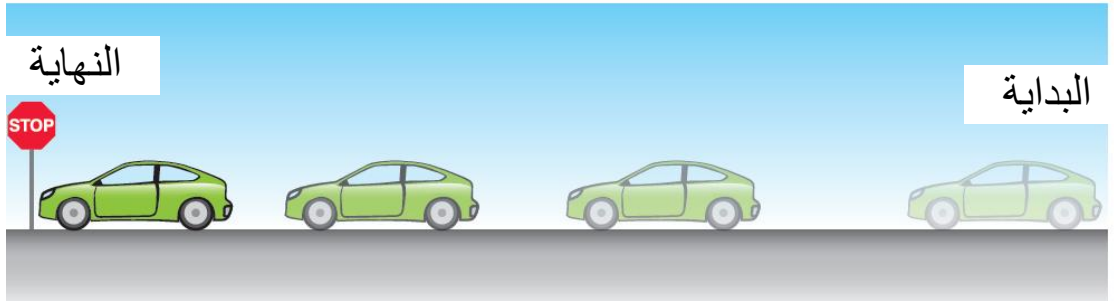
B) 15 m غرباً D) 25 m شرقاً

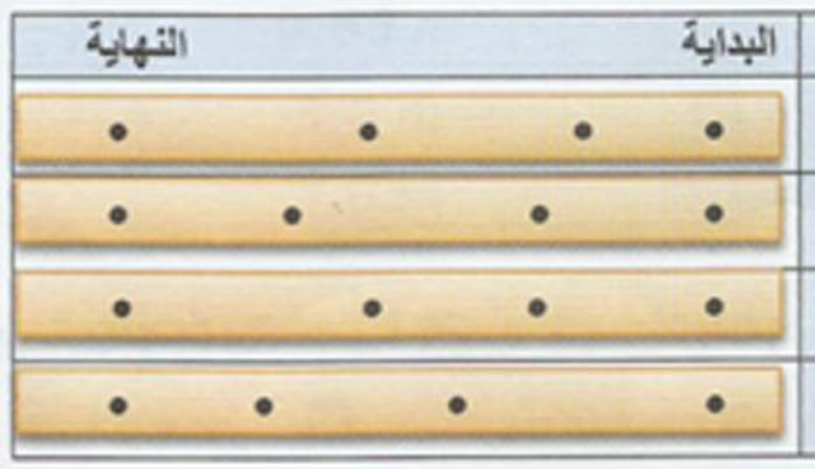
أي الكميات الآتية عددية (غير متجهة)؟

A) السرعة C) المسافة

B) القوة D) الازاحة

اعتماداً على حركة السيارة اللعبة في الشكل المجاور ، أي الآتية صحيح لمخطط حركة نموذج الجسيم للسيارة؟





A)

B)

C)

D)

12	تطبيق معادلة الحركة، ($x_f = v_{avg}\ t + x_i$) أو ($x_f - x_i = v_{avg}\ t$)، في المسائل العددية لحساب الموقع أو الكميات الفيزيائية الأخرى.	كتاب الطالب	P.(49 - 50)
		Q.(33 – 35, 42 - 44); Q.(67 - 69)	P.51, P.55
13	تعريف وحساب السرعة المتوسطة المتجهة / السرعة المتوسطة (القياسية) باستخدام التمثيل الرياضي المناسب.	كتاب الطالب	P.(47 – 48)
		Q.(27 - 32); تأكد من فهمك Q.(50 - 53)	P.48; P.49; P.54

السرعة اللحظية المتجهة لماذا نسمي الكمية $\frac{\Delta x}{\Delta t}$ السرعة المتوسطة المتجهة؟

لماذا لا نسميها السرعة المتجهة فقط؟ يوضح مخطط الحركة وضع الجسم المتحرك في بداية الفترة الزمنية ونهايتها. ومع ذلك، لا يشير إلى ما حدث خلال هذه الفترة الزمنية. خلال الفترة الزمنية، يمكن أن تظل سرعة الجسم على حالها أو تزيد أو تقل. يمكن أن يتوقف الجسم أو حتى يُغير اتجاهه. يمكنك إيجاد السرعة المتوسطة المتجهة لكل فترة زمنية في مخطط الحركة، ولكن لا يمكنك إيجاد سرعة الجسم واتجاهه في أي لحظة معينة. تُسمى سرعة الجسم واتجاهه في لحظة معينة **السرعة اللحظية المتجهة**، في هذا الكتاب المدرسي، يشير مصطلح السرعة المتجهة إلى السرعة اللحظية المتجهة التي تُمثل بالرمز v.

تأكد من فهمك **اشرح** إلى أي مدى تختلف السرعة المتوسطة المتجهة عن السرعة المتجهة.

السرعة المتوسطة المتجهة في مخططات الحركة عندما يتحرك جسم بين نقطتين، تصبح سرعته المتوسطة المتجهة في نفس اتجاه إزاحته. تتناسب الكميتان تناسبًا طرديًا أيضًا. عندما تزيد الإزاحة خلال فترة زمنية معينة، تزداد سرعته المتوسطة المتجهة كذلك. يشير مخطط الحركة إلى اتجاه السرعة المتوسطة المتجهة ومقدارها.

تخيل نزول سيارتين من طريق بسرعات مختلفة. تسجل كاميرا فيديو حركة السيارات بمعدل محيط إطار واحد في كل ثانية. تخيل أن كل سيارة توجد بها فرشاة رسم تنزل معها تلقائيًا وترسم خطًا على الأرض خلال نصف ثانية كل ثانية. سترسم السيارة الأسرع خطًا أطول على الأرض. تشبه المتجهات التي ترسمها على مخطط الحركة لتمثيل السرعة المتجهة الخطوط التي ترسمها فرش الرسم على الأرض أسفل السيارات. في هذا الكتاب، نستخدم اللون الأحمر للإشارة إلى المتجهات المرسومة على مخططات الحركة. يوضح **الشكل 23** مخططات الحركة المرسوم عليها متجهات السرعة المتجهة لسيارتين. تتحرك واحدة إلى اليمين، والأخرى إلى اليسار.

تأكد من فهمك حدد المقصود بأطوال متجهات السرعة المتجهة.

معادلة الحركة

من الأفضل غالبًا استخدام معادلة، بدلًا من رسم بياني، لحل المسائل. في أي وقت ترسم خطًا مستقيمًا، يمكنك أن تجد معادلة لوصفه. ألقِ نظرة أخرى على الرسم البياني الموضح في **الشكل 20** للجسم الذي يتحرك بسرعة متجهة ثابتة 5.0- m/s. تذكر أنه يمكنك تمثيل أي خط مستقيم بالمعادلة $y = mx + b$، بحيث تكون y هي الكمية الممثلة على المحور الرأسي وm هي ميل الخط وx هي الكمية الممثلة على المحور الأفقي وb هي تقاطع الخط مع y.

في ما يتعلق بالرسم البياني الموضح في **الشكل 20**، الكمية الممثلة على المحور الرأسي هي الموقع ويمثلها المتغير x. ميل الخط هو 5.0- m/s. وهو السرعة المتوسطة المتجهة للجسم v_{avg}. الكمية الممثلة على المحور الأفقي هي الزمن (t). التقاطع مع y يساوي 20.0m. ما الذي تمثله هذه القيمة 20.0m؟ يوضح هذا ان الجسم كان عند الموقع 20.0m عندما تكون $t = 0.0$ s. يُسمى ذلك الموقع الابتدائي للجسم ويُشار إليه بالرمز x_i.

الفيزياء في حياتك

سجلات السرعة الرقم القياسي العالمي لسباق 100 متر للرجال هو 9.58 s. وقد حققه يوسين بولت في عام 2009. الرقم القياسي العالمي لسباق 100 متر للسيدات هو 10.49 s. وقد حققته جريفيث جوينر في عام 1988.

تجربة مصغرة

متجهات السرعة المتجهة

كيف تمثل متجهات السرعة حركة جسم؟

الشكل 23 يتناسب طول كل متجه من متجهات السرعة المتجهة مع مقدار السرعة المتجهة التي يمثلها.

السرعة المتوسطة المتجهة لاحظ أن ميل خط العدّاء الأسرع في **الشكل 19** هو عدد أكبر. يشير الميل الأكبر إلى وجود سرعة أكبر. لاحظ أيضًا أن وحدة قياس الميل هي المتر في الثانية. بالنظر إلى كيفية حساب الميل، يمكنك أن تعرف أن الميل هو التغيير في مقدار الموقع مقسومًا على الفترة الزمنية التي حدث فيها هذا التغيير، $\frac{x_f - x_i}{t_f - t_i}$ أو $\frac{\Delta x}{\Delta t}$. عندما تزداد Δx، يزداد الميل ؛ وعندما تزداد Δt، يقل الميل. يتوافق ذلك مع التفسير الوارد في الصفحة السابقة الخاص بسرعة العدّاء الأخضر والعدّاء الأزرق. **السرعة المتوسطةالمتجهة** نسبة التغيير في موقع الجسم بالنسبة إلى الفترة الزمنية التي حدث فيها هذا التغيير. إذا كان الجسم يتحرك بحركة منتظمة، فإن سرعته لا تتغير. ومن ثَمّ تصبح سرعته المتوسطة المتجهة هي الخط المستقيم لمنحنى (الموقع – الزمن).

السرعة المتوسطة المتجهة يُعرف السرعة المتوسطة المتجهة بتغيير الموقع مقسومًا على الزمن الذي حدث خلاله التغيير.

$$v_{avg} \equiv \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_f - x_i}{t_f - t_i}$$

تفسير الميل ميل الخط البياني للعلاقة بين الموقع والزمن في **الشكل 20** هو 5.0- m/s. لاحظ أن ميل الرسم البياني يشير إلى كل من المقدار والاتجاه. بحساب الميل، نجد أن السرعة المتوسطة المتجهة للجسم الذي يمثله الرسم البياني حركته يساوي 5.0- m/s. بدأ الجسم بموقع موجب وتحرك نحو نقطة الأصل. بعد مرور 4s، يمر بنقطة الأصل ويواصل التحرك في الاتجاه المعاكس بمعدل 5.0 m/s.

تأكد من فهمك **اشرح** مدلول ميل الرسم البياني للعلاقة بين الموقع والزمن أعلى أو أسفل وفوق أو تحت المحور الأفقي x.

السرعة المتوسطة يساوي القيمة المطلقة لميل الجسم الذي سرعته 5.0 m/s تساوي إزاحة الجسم مقسومة على الزمن المستغرق لقطع هذه الازاحة. في ما يتعلق بالحركة المنتظمة، فإن السرعة المتوسطة تساوي القيمة المطلقة لميل الخط البياني للعلاقة بين الموقع والزمن الخاص بالجسم. مقدار السرعة المتوسطة والاتجاه الذي يتحرك فيه الجسم يمثل السرعة المتوسطة المتجهة. تذكّر أنه إذا تحرك الجسم في الاتجاه المعاكس، فسيصبح التغير الذي يحدث في موقعه سالبًا. يعني هذا أن إزاحة الجسم وسرعته المتجهة يكونان في الاتجاه نفسه دائمًا.

مختبر الفيزياء

السرعة الثابتة

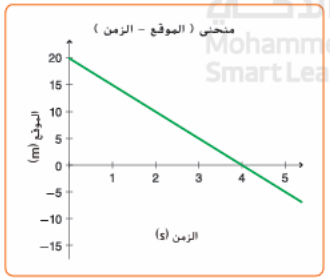
كيف يمكنك تحديد السرعة المتوسطة بقياس المسافة والزمن؟

قياس السرعة المتجهة

تجربة جهاز المسار كيف يمكنك قياس السرعة المتجهة باستخدام جهاز كشف الحركة؟

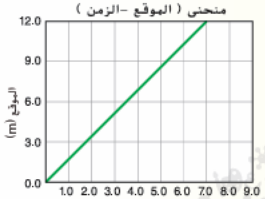
الشكل 20 يوضح الميل للخط المستقيم في الرسم البياني للعلاقة بين الموقع والزمن هذا أن الحركة في الاتجاه المعاكس.

التحليل كيف سيبدو الرسم البياني إذا كانت الحركة بالسرعة نفسها، ولكن في الاتجاه الموجب؟



مثال 3

السرعة المتوسطة المتجهة يوضح الرسم البياني المجاور الحركة على خط مستقيم لطفلة تركب لوح التزلج الخاص بها على طول رصيف ممتد خال من المشاة. كم ما السرعة المتوسطة المتجهة لحركة الطفلة؟ وكم تبلغ سرعتها المتوسطة القياسية؟



1 تحليل المسألة ورسمها

حدد النظام الإحداثي للرسم.

المجهول

المتجهة = ? v_{avg} القياسية = ? v_{avg}

2 إيجاد المجهول

أوجد السرعة المتوسطة المتجهة باستخدام نقطتين على الخط.

$$v_{avg} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

$$= \frac{x_f - x_i}{t_f - t_i}$$

$$= \frac{12.0\ \text{m} - 0.0\ \text{m}}{7.0\ \text{s} - 0.0\ \text{s}}$$

بالتعويض عن $x_2 = 12.0$ m, $x_1 = 0.0$ m, $t_2 = 7.0$ s, $t_1 = 0.0$ s ◄

$v_{avg} = 1.7$ m/s في الاتجاه الموجب

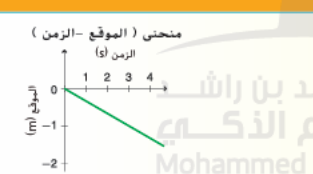
السرعة المتوسطة القياسية v_{avg} هو القيمة المطلقة للسرعة المتوسطة المتجهة أو 1.7 m/s.

3 تقييم الإجابة

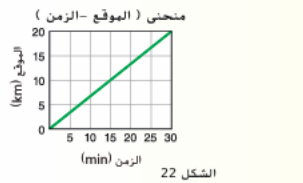
- **هل الوحدات صحيحة؟** الوحدات لكل من السرعة المتجهة والسرعة القياسية بالمتر في الثانية. الجسم يتحرك في خط مستقيم وبالاتجاه نفسه ذلك مقدار إزاحة الجسم يساوي مقدار المسافة المقطوعة في الزمن نفسه.
- **هل للأشارات دلالة؟** تتوافق الإشارة الموجبة للسرعة المتجهة مع النظام الإحداثي. لا يوجد اتجاه مرتبط بالسرعة القياسية.

تطبيقات

27. يوضح الرسم البياني الوارد في **الشكل 21** حركة سفينة سياحية تبحر ببطء عبر المياه الهادئة إلى الجنوب.
    a. كم تبلغ السرعة المتوسطة القياسية للسفينة؟
    b. كم تبلغ السرعة المتوسطة المتجهة للسفينة؟
28. صف بالكلمات حركة السفينة السياحية في المسألة السابقة.
29. كم تبلغ السرعة المتوسطة المتجهة لجسم يتحرك من الموقع 6.5 cm إلى 3.7 cm بالنسبة إلى نقطة الأصل خلال 2.3 s؟
30. يمثل الرسم البياني الوارد في **الشكل 22** حركة دراجة.
    a. كم تبلغ السرعة المتوسطة القياسية لحركة الدراجة؟
    b. كم تبلغ السرعة المتوسطة المتجهة لحركة الدراجة؟
31. صف بالكلمات حركة الدراجة في المسألة السابقة.
32. **التحدي** أطلقت دراجة بسرعة ثابتة مقدارها 0.55 m/s أرسم مخططًا توضيحيًا للحركة ورسمًا بيانيًا لمنحنى (الموقع –الزمن) تبين فيهما حركة الدراجة لمسافة 19.8m.



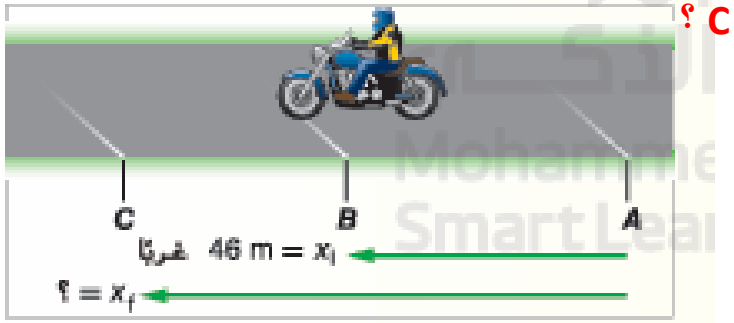
الشكل 21



الشكل 22

McGraw-Hill Education © حقوق الطبع والتأليف محفوظة لصالح مؤسسة

دراجة تسير غربا على طريق مستقيم بعد اجتياز النقطة B يستمر سائق الدراجة بسرعة متوسطة متجهة 12 m/s غربا ويصل إلى النقطة C بعد مرور 3.0 s ما موقع النقطة C ؟



a- 0 m .
b- 82 m غرباً.
c- 82 m شرقاً.
d- 36 m غرباً.

يتحرك جسم على طريق مستقيم بسرعة متجهة ثابتة ، أي معادلة تصف ارتباط السرعة المتوسطة المتجهة لجسم متحرك بإزاحته؟

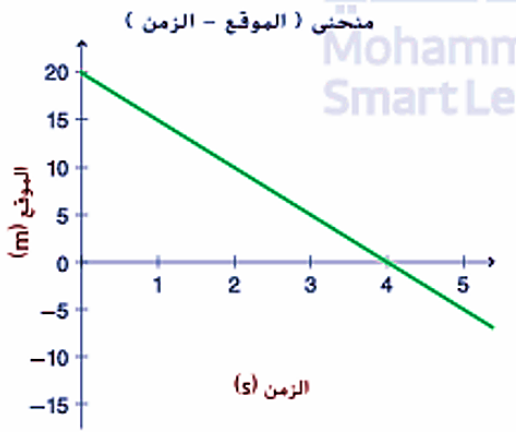
a- $x_f = x_i + vt$

b- $v_f = v_i + at$

c- $x_f = x_i + v_i t_f + \frac{1}{2} a t_f^2$

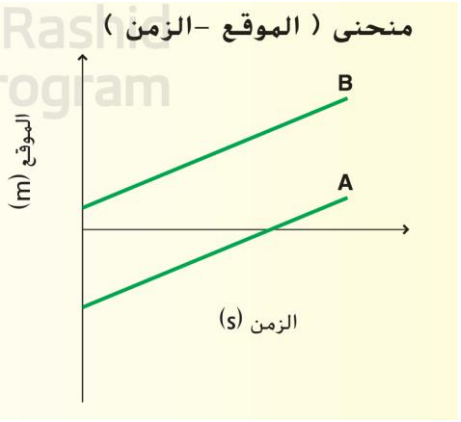
d- $v_f^2 = v_i^2 + 2a(x_f - x_i)$

ما قيمة السرعة المتوسطة المتجهة ؟



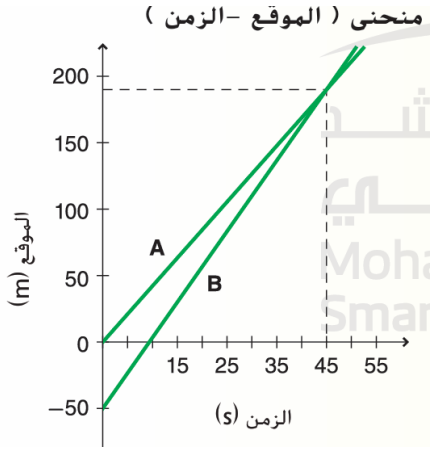
a- 20 m/s
b- -5 m/s
c- 5 m/s
d- -4 m/s

يوضح الشكل منحنى الموقع – الزمن لحركة شخصين ؟
أي مما يلي صحيح؟



a- A و B يتحركان بنفس السرعة المتوسطة المتجهة
b- A أسرع من B
c- B أسرع
d- A و B لهما نفس السرعة ولكن يتحركان باتجاهين مختلفين

يوضح الشكل منحنى الموقع – الزمن لحركة شخصين ؟
أي مما يلي صحيح؟



a- A و B يتحركان بنفس السرعة المتوسطة المتجهة
b- A أسرع من B
c- B أسرع
d- A و B لهما نفس السرعة ولكن يتحركان باتجاهين مختلفين

14	1. ربط ميل الرسم البياني لمنحنى (السرعة-الزمن) بالتسارع المتوسط للجسم المتحرك. 2. حساب التسارع اللحظي من الرسم البياني لمنحنى (السرعة المتجهة-الزمن).	Q.(1 - 10); Q.(55, 56, 59 – 60); Q.8 ;الشكل 7, تأكد من فهمك	P.(46 - 65) P.64; P.(66 - 67); P.82; P.87
15	وصف حركة جسم ما إذا كانت سرعته وتسارعه في نفس الاتجاه أو في اتجاهين مُتعاكسين، ومن ثم تحديد ما إذا كان الجسم يتباطأ أو يتسارع.	كتاب الطالب Q.(53 - 54) ;الشكل 6 , تأكد من فهمك; الشكل 4	P.62 P.62; P.63; P.82

تجربة مصغرة

سباق الكرة الفولاذية مل
يؤثر ارتفاع المنحدر في حركة كرة تتدحرج أسفل المنحدر؟

مختبر الفيزياء

التسارع كيف يمكنك استخدام قياسات الحركة لحساب تسارع كرة متدحرجة؟

حركة الكرة المقذوفة غربة برمجيات المحسات كيف يبدو الرسم البياني لكرة مقذوفة لأعلى؟

التسارع المتوسط والتسارع اللحظي

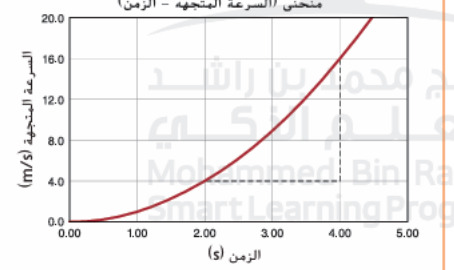
كيف تشعر باختلاف إذا كانت السيارة التي تقودها تتسارع قليلًا أو تتسارع كثيرًا. كما هو الحال مع السرعة المتجهة، يتغيّر تسارع معظم الأجسام المتحركة باستمرار. إذا كنت تريد أن تصف تسارع جسم ما، فغالبًا ما يكون أكثر ملاءمة أن تصف التغير الكلي في السرعة المتجهة خلال فترة زمنية معينة بدلًا من وصف التغيير المستمر.

يشير **التسارع المتوسط** لجسم ما إلى تغير سرعته المتجهة خلال فترة زمنية قابلة للقياس مقسومًا على تلك الفترة الزمنية. ويُقاس التسارع المتوسط بالأمتار لكل ثانية في كل ثانية ($m/s/s$) أو ببساطة بقاس بالأمتار لكل ثانية مربعة (m/s^2). قد تزيد السيارة من سرعتها سريعًا في بعض الأوقات وتصبح أكثر بطئًا في بعض الأوقات. كما أن السرعة المتوسطة تعتمد على الإزاحة عند بداية الحركة ونهايتها. يعتمد التسارع المتوسط فقط على السرعة المتجهة عند بداية الحركة ونهايتها خلال فترة زمنية معينة. يوضح **الشكل 7** رسمًا بيانيًا لحركة يتغير فيها التسارع. يُحدد التسارع المتوسط خلال فترة زمنية معينة مثلما هو موضح تمامًا في **الشكل 5** بالنسبة إلى التسارع الثابت. ومع ذلك، لاحظ أنه نظرًا لانحناء الخط، يختلف التسارع المتوسط في هذا الرسم البياني اعتمادًا على الفترة الزمنية التي تختارها.

يسمى التغير في السرعة المتجهة للجسم في لحظة من الزمن **التسارع اللحظي**. يمكنك تحديد التسارع اللحظي لجسم ما عن طريق رسم خط مماس على الرسم البياني لمنحنى (السرعة المتجهة – الزمن) عند النقطة الزمنية التي تريد تحديد السرعة عندها. يساوي ميل هذا الخط التسارع اللحظي. معظم الحالات المدروسة في هذا الكتاب المدرسي تفترض حالة مثالية للتسارع الثابت. عندما يكون التسارع واحدًا في جميع النقاط خلال فترة زمنية معينة، يتساوى التسارع المتوسط والتسارع اللحظي.

تأكد من فهمك ما أوجه الاختلاف بين التسارع اللحظي والتسارع المتوسط؟

منحنى (السرعة المتجهة – الزمن)



الشكل 7 يبين الخط المنحني على منحنى (السرعة المتجهة – الزمن) أن التسارع يتغير. يشير الميل إلى التسارع المتوسط خلال الفترة الزمنية التي تختارها.
احسب كم يبلغ مقدار التسارع المتوسط بين 0.00 s و2.00 s؟

حقوق الطبع والتأليف © مجموعة لمعان مؤسسة McGraw-Hill Education

حساب التسارع

كيف يمكنك وصف تسارع جسم ما رياضيًا؟ تذكر أن تسارع جسم ما يساوي منحنى (السرعة المتجهه – الزمن) لهذا الجسم. الميل يساوي $\Delta v/\Delta t$.

التسارع المتوسط يُعرف التسارع المتوسط بأنه التغير في السرعة المتجهة مقسومًا على الزمن المطلوب لإجراء ذلك التغير.

$$a \equiv \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_f - v_i}{t_f - t_i}$$

التسارع اللحظي يساوي التسارع المتوسط عندما يكون التغير في السرعة متناهيًا صغرًا عندما يطلق على التسارع (التسارع المنتظم)

افترض أنك جربت بأقصى سرعة ذهابًا وإيابًا عبر صالة رياضية. حيث بدأت الجري بسرعة 4.0 m/s في اتجاه الجدار. وبعد مرور 10.0 s بلغت سرعتك 4.0 m/s وأنت تبتعد عن الجدار، ما تسارعك المتوسط إذا كان الاتجاه الموجب نحو الجدار؟

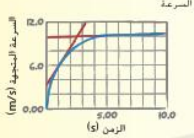
$$\bar{a} \equiv \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_f - v_i}{t_f - t_i}$$
$$= \frac{-4.0\ m/s - 4.0\ m/s}{10.0\ s} = -0.80\ m/s^2$$

مثال 1

السرعة المتجهة والتسارع كيف تصف السرعة المتجهة للمعداء وتسارعه كيما هو موضح في الرسم البياني؟

1 تحليل المسألة ورسم مخطط لها من الرسم البياني، لاحظ أن مقدار السرعة المتجهة للمعداء يبدأ من الصفر ويزيد بسرعة في الثواني الطبلة الأولى ثم يظل ثابتًا تقريبًا بعد أن تبلغ السرعة نحو 10.0 m/s.

المعلوم	المجهول
v = متغير	a = ?



2 إيجاد المجهول
ارسم خطوط مماس للمنحنى عند نقطتين. اختر $t = 1.00\ s$ و $t = 5.00\ s$. حل لإيجاد مقدار التسارع عند: 1.00 s

$$a = \frac{\text{التغير في السرعة المتجهة}}{\text{التغير في الزمن}}$$
$$= \frac{10.0\ m/s - 6.0\ m/s}{2.4\ s - 1.00\ s}$$
$$= 2.9\ m/s/s = 2.9\ m/s^2$$

► ميل المماس عند 1.00 s يساوي التسارع عند ذلك الزمن.

► ميل المماس عند 5.0 s يساوي التسارع عند ذلك الزمن.

حل لإيجاد مقدار التسارع اللحظي عند: 5.0 s

$$a = \text{ميل المماس} = \frac{\text{التغير في السرعة المتجهة}}{\text{التغير في الزمن}}$$
$$= \frac{10.3\ m/s - 10.0\ m/s}{10.0\ s - 0.00\ s}$$
$$= 0.030\ m/s/s = 0.030\ m/s^2$$

التسارع غير ثابت لأن مقداره يتغير من $2.9\ m/s^2$ عند 1.0 s إلى $0.030\ m/s^2$ عند 5.0 s. التسارع في الاتجاه الذي وقع عليه الاختيار ليكون هو الاتجاه الموجب نظرًا لأن كلتا القيمتين موجبة.

3 تقييم الإجابة
هل الوحدات صحيحة؟ يُقاس التسارع بوحدة m/s^2.

حقوق الطبع والتأليف © مجموعة لمعان مؤسسة McGraw-Hill Education

اتجاه التسارع

تأمل الحالات الأربع الموضحة في **الشكل 4** حيث يستطيع الجسم أن يتحرك بسرعة متغيرة. ويوضح مخطط الحركة الأول تحرك السيارة في الاتجاه الموجب وازدياد سرعتها. ويوضح مخطط الحركة الثاني تحرك السيارة في الاتجاه الموجب وتناقص سرعتها. كما يوضح مخطط الحركة الثالث ازدياد سرعة السيارة في الاتجاه السالب. ويوضح المخطط الرابع تناقص سرعة السيارة أثناء تحركها في الاتجاه السالب. ويبين الشكل أيضًا منحنيات السرعة المتجهة خلال الفترة الزمنية الثاني لكل مخطط. مع منحنيات التسارع المطابقة. لاحظ أن Δt تساوي 1s.

في الحالتين الأولى والثالثة، عندما تزداد سرعة السيارة، تشير منحنيات السرعة المتجهة والتسارع إلى الاتجاه نفسه. أما في الحالتين الأخريين، عندما يكون منحنى التسارع في الاتجاه المعاكس لمنحنيات السرعة المتجهة، فإن السيارة تظل سرعتها بمعنى آخر. عندما يكون تسارع السيارة وسرعتها المتجهه في نفس الاتجاه فإن سرعة السيارة تزداد بينما تتناقص سرعة السيارة عندما يكونان في اتجاهين متضادين.

تحتاج إلى معرفة كل من اتجاه السرعة المتجهة للجسم واتجاه تسارعه لتحديد ما إذا كانت سرعة الجسم تزيد أم تظل. ويكون تسارع الجسم موجبًا عندما يكون منحنى التسارع في الاتجاه الموجب ويكون سالبًا عندما يكون منحنى التسارع في الاتجاه السالب. لذلك من المهم ملاحظة أن إشارة التسارع وحدها لا تحدد ما إذا كانت سرعة الجسم تزيد أم تظل.

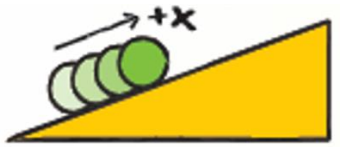
تأكد من فهمك **صف** حركة الجسم إذا كانت منحنيات سرعته المتجهة وتسارعه لها إشارات متضادة.

الشكل 4 تحتاج إلى معرفة اتجاه كل من السرعة المتجهة ومنحنيات التسارع لكي تحدد ما إذا كانت سرعة الجسم تزيد أم تظل.

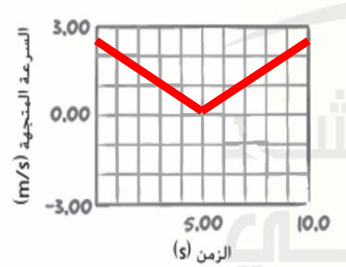
السرعة المتجهة ومخطط الحركة

السرعة المتجهة	Δv	a
تزداد	في الاتجاه الموجب	في الاتجاه الموجب
تتناقص	في الاتجاه السالب	في الاتجاه السالب
تزداد	في الاتجاه السالب	في الاتجاه السالب
تتناقص	في الاتجاه الموجب	في الاتجاه الموجب

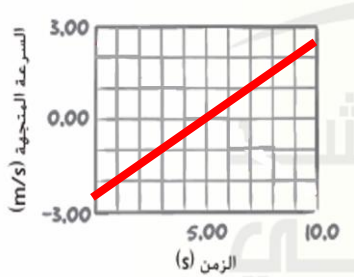
تتدحرج كرة صعودا على طريق مائل حيث تبدأ بسرعة 2.5 m/s لمدة 5 s وتقف لحظة ثم تتدحرج لأسفل أي مما يلي هو التمثيل المناسب لمنحنى السرعة المتجهة - الزمن؟



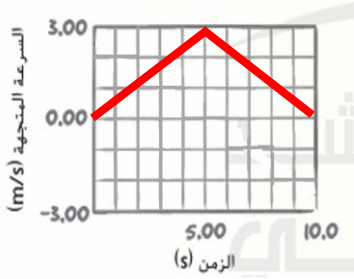
A



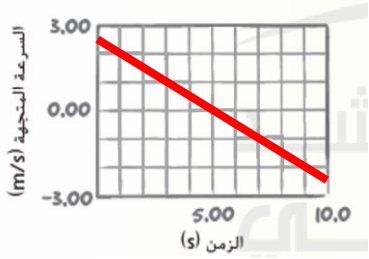
B



C

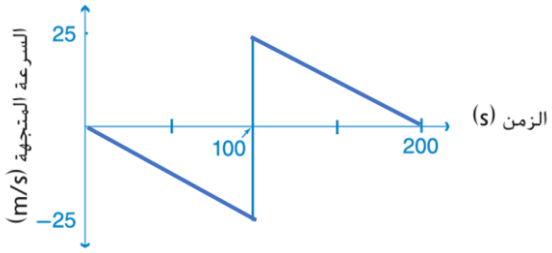


D

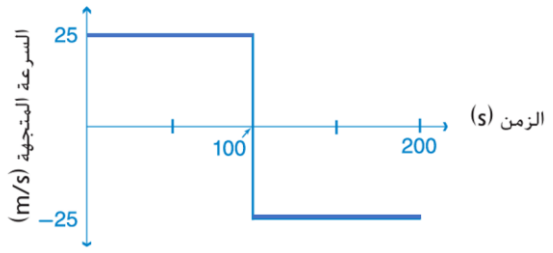


تتحرك سيارة شرقا بسرعة ثابتة 25 m/s لمدة 100 S ثم تتحرك غربا بسرعة ثابته 25 m/s لمدة 100 S
أي مما يلي هو التمثيل المناسب لمنحنى السرعة المتجهة - الزمن؟

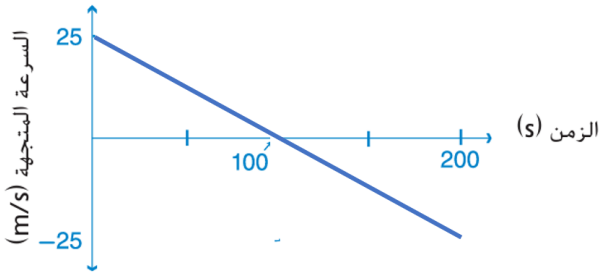
A



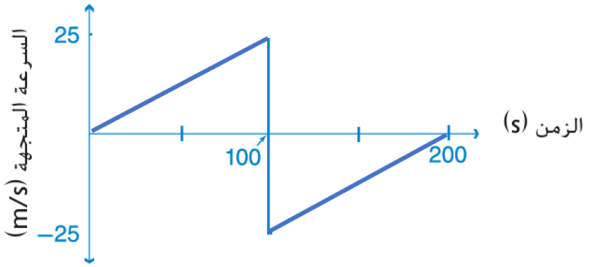
B



C



D



باستخدام معلومات الجدول – خلال اي زمن ينعكس اتجاه حركة الجسم؟

a- 0.00 s
b- 4.00 s
c- 9.00 s
d- 10.0 s

كيف تصف التسارع المتوسط خلال الفترة (من 0.0 s إلى 12.0 s) ؟

a- معدوم
b- ثابت موجب
c- ثابت سالب
d- متغير

كيف تصف التسارع المتوسط خلال الفترة (من 7.0 s إلى 12.0 s) ؟

a- معدوم
b- ثابت موجب
c- ثابت سالب
d- متغير

كيف تصف التسارع المتوسط خلال الفترة (من 4.00 s إلى 5.00 s) ؟

a- معدوم
b- ثابت موجب
c- ثابت سالب
d- متغير

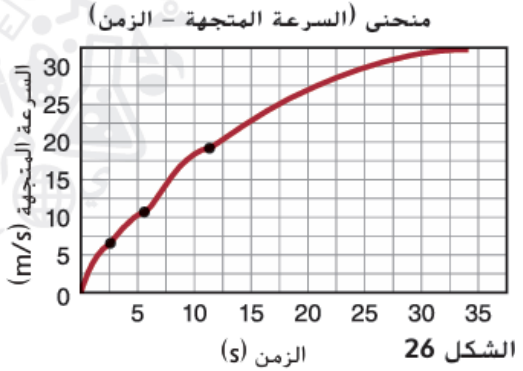
الجدول 1 السرعة المتجهة مع الزمن

الزمن (s)	السرعة المتجهة (m/s)
0.00	4.00
1.00	8.00
2.00	12.0
3.00	14.0
4.00	16.0
5.00	16.0
6.00	14.0
7.00	12.0
8.00	8.00
9.00	4.00
10.0	0.00
11.0	-4.00
12.0	-8.00

ما قيمة التسارع الوسطي المتجه خلال الفترة (من 5.00 s إلى 7.00 s) ؟

a- 0
b- $+2\ m/s^2$
c- $-2\ m/s^2$
d- $+6\ m/s^2$

يوضح الشكل منحنى السرعة المتجهة – الزمن أي مما يلي هو الوصف الصحيح للتسارع؟



الشكل 26

a- التسارع معدوم
b- التسارع ثابت موجب
c- التسارع متغير
d- التسارع ثابت سالب

يمثل الشكل سيارة تتحرك على طول خط مستقيم وبالاتجاه السالب للحركة أي مما يلي هو التمثيل الصحيح للسرعة المتجهة والتسارع المتجه؟

16	تحليل وتفسير الخطوط البيانية لمنحنيات (الموقع – الزمن)، و(السرعة – الزمن) لحركة جسم على خط مُستقيم ِبحركة مُنتظمة أو غير مُنتظمة بتسارعٍ ثابتٍ أو مُتغيّر، وتوظيف مُعادلات الحركة لحل مسائل ذات صلة.	كتاب الطالب	P.(63 - 64)
		Q.(1 - 4), 2 مثال; Q.13; Q.90	P.66; P.67; P.85
17	تطبيق معادلة الحركة التي تربط الموقع النهائي لجسم ما بموضعه الابتدائي، وسرعته الابتدائية، وتسارعه المنتظم، وزمنه $x_f=x_i+v_i t_f+(1/2)at_f^2$.	كتاب الطالب	P.(71 - 73)
		Q.(23 - 27)	P.72

الرسوم البيانية للسرعة المتجهة – الزمن

كما كان من المفيد رسم منحنى (الموقع – الزمن)، فمن المفيد أيضًا رسم منحنى (السرعة المتجهة – الزمن). على **منحنى (السرعة المتجهة – الزمن)** أو الرسم البياني v-t، تُعيّن السرعة المتجهة على المحور الرأسي ويُعيّن الزمن على المحور الأفقي.

الميل يوضح **الشكل 5** منحنى (السرعة المتجهة – الزمن) لسيارة بدأت الحركة من وضع السكون وازدادت سرعتها على طول طريق مستقيم. حيث وقع الاختيار على الاتجاه الموجب ليكون اتجاه حركة السيارة نفسه. لاحظ أن الرسم البياني عبارة عن خط مستقيم. ويعني هذا أن السيارة تزداد سرعتها بمعدل ثابت. ويمكن إيجاد المعدل الذي تغيرت به السرعة المتجهة للسيارة عن طريق حساب ميل منحنى (السرعة المتجهة – الزمن).

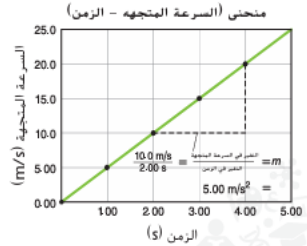
يوضح الرسم البياني أن الميل يساوي 5.00 (m/s)/s، التي تكتب عادة $5\ m/s^2$ للفترة الزمنية الواقعة بين 4.00 s و 5.00 s. نجد عند 4.00 s أن السرعة المتجهة للسيارة كانت 20.0 m/s في الاتجاه الموجب. وعند 5.00 s، كانت السيارة تتحرك بسرعة 25.0 m/s في الاتجاه نفسه. ولذلك، عند 1.00 s، زادت السرعة المتجهة للسيارة بمقدار 5.0 m/s في الاتجاه الموجب. عندما تتغير السرعة المتجهة للجسم بمعدل ثابت يكون تسارعه ثابتًا.

قراءة منحنى (السرعة المتجهة– الزمن) يعرض **الشكل 6** حركات خمسة عدائين. افترض أن الاتجاه الموجب في اتجاه الشرق.إنّ ميل الرسمين البيانيّين (A) و(E) صفرًا. ومن ثمّ، فإن تسارع كل منهما يساوي صفرًا. يوضح كلا الرسمين البيانيين الحركة بسرعة منتجهة ثابتة — العداء (A) يتجه شرقًا والعداء (E) يتجه غربًا. كما يوضح الرسم البياني (B) وجود حركة بسرعة متجهة موجبة شرقًا. ويشير ميله إلى وجود تسارع موجب وثابت. يمكنك استنتاج أن السرعة تزداد لأن السرعة المتجهة والتسارع موجبان. الرسم البياني (C) له ميل سالب. وبوضح الحركة التي تبدأ بسرعة متجهة موجبة وتقل ثم تتوقف. وبعني هذا أن التسارع والسرعة المتجهة في اتجاهين متعاكسين. وتوضح النقطة التي يتقاطع عندها الرسمان البيانيان (C) و(B) أن سرعتي العدائين متساوية عند ذلك الزمن. ولكن هذه النقطة لا تحدد مواقعهم.

يشير الرسم البياني (D) إلى الحركة التي تبدأ باتجاه الغرب وتتباطأ وللحظة معينة تصبح سرعته المتجهة صفرًا ثم يتحرك شرقًا بسرعة متزايدة. ويتميز الرسم البياني (D) بميل موجب. نظرًا لأن السرعة المتجهة والتسارع في اتجاهين متعاكسين منذ البداية. تتناقص السرعة إلى صفر عند الزمن الذي يتقاطع فيه الرسم البياني مع المحور x. بعد ذلك الزمن، تصبح السرعة المتجهة والتسارع في الاتجاه نفسه وتزداد السرعة.

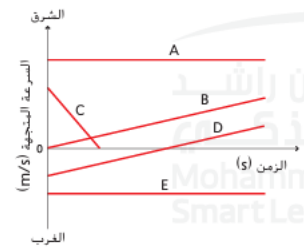
تأكد من فهمك صف معنى تقاطع خط مع المحور x في منحنى (السرعة المتجهة – الزمن).

منحنى (السرعة المتجهة – الزمن)



الشكل 5 يمكنك تحديد التسارع من منحنى (السرعة المتجهة – الزمن) بحساب ميل البيانات. يمثل الميل نسبة الارتفاع مقسومة على التغير في الإحداثي x (التغير في الزمن) باستخدام نقطتين على المنحنى الخط المستقيم.

منحنى (السرعة المتجهة – الزمن) لخمسة عدائين



الشكل 6 نظرًا لاختيار الشرق كاتجاه موجب على الرسم البياني. فإن السرعة المتجهة تكون موجبة إذا كان الخط فوق المحور الأفقي وسالبة إذا كان الخط أسفل المحور. يكون التسارع موجبًا إذا كان الخط مائلًا لأعلى على الرسم البياني. يكون التسارع سالبًا إذا كان الخط مائلًا لأسفل على الرسم البياني. يشير الخط الأفقي إلى سرعة منتجة ثابتة وتسارعًا يساوي صفرًا.

تجربة مصغرة

سباق الكرة الفولاذية هل يؤثر ارتفاع المنحدر في حركة كرة تتدحرج أسفل المنحدر؟

مختبر الفيزياء

التسارع كيف يمكنك استخدام قياسات الحركة لحساب تسارع كرة متدحرجة؟

حركة الكرة المقذوفة تجربة برمجيات افتراضية كيف يبدو الرسم البياني لكرة مقذوفة لأعلى؟

التسارع المتوسط والتسارع اللحظي

كيف تشعر باختلاف إذا كانت السيارة التي تقودها تتسارع قليلًا أو تتسارع كثيرًا. كما هو الحال مع السرعة المتجهة، يتغيّر تسارع معظم الأجسام المتحركة باستمرار. إذا كنت تريد أن تصف تسارع جسم ما، فغالبًا ما يكون أكثر ملاءمة أن تصف التغير الكلي في السرعة المتجهة خلال فترة زمنية معينة بدلًا من وصف التغيير المستمر.

يشير **التسارع المتوسط** لجسم ما إلى تغير سرعته المتجهة خلال فترة زمنية قابلة للقياس مقسومًا على تلك الفترة الزمنية. ويُقاس التسارع المتوسط بالأمتار لكل ثانية في كل ثانية (m/s/s) أو ببساطة يقاس بالأمتار لكل ثانية مربعة (m/s^2). قد تزيد السيارة من سرعتها سريعًا في بعض الأوقات وتصبح أكثر بطئًا في بعض الأوقات. كما أن السرعة المتوسطة تعتمد على الإزاحة عند بداية الحركة ونهايتها. يعتمد التسارع المتوسط فقط على السرعة المتجهة عند بداية الحركة ونهايتها خلال فترة زمنية معينة. يوضح **الشكل 7** رسمًا بيانيًا لحركة يتغير فيها التسارع. يُحدد التسارع المتوسط خلال فترة زمنية معينة مثلما هو موضح تمامًا في **الشكل 5** بالنسبة إلى التسارع الثابت. ومع ذلك، لاحظ أنه نظرًا لانحناء الخط، يختلف التسارع المتوسط في هذا الرسم البياني اعتمادًا على الفترة الزمنية التي تختارها.

يسمى التغير في السرعة المتجهة للجسم في لحظة من الزمن **التسارع اللحظي**. يمكنك تحديد التسارع اللحظي لجسم ما عن طريق رسم خط مماس على الرسم البياني لمنحنى (السرعة المتجهة – الزمن) عند النقطة الزمنية التي تريد تحديد السرعة عندها. يساوي ميل هذا الخط التسارع اللحظي. معظم الحالات المدروسة في هذا الكتاب المدرسي تفترض حالة مثالية للتسارع الثابت. عندما يكون التسارع واحدًا في جميع النقاط خلال فترة زمنية معينة، يتساوى التسارع المتوسط والتسارع اللحظي.

تأكد من فهمك ما أوجه الاختلاف بين التسارع اللحظي والتسارع المتوسط؟

منحنى (السرعة المتجهة – الزمن)

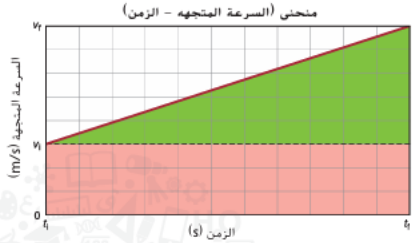
الشكل 7 يبين الخط المنحني على منحنى (السرعة المتجهة – الزمن) أن التسارع يتغير. يشير الميل إلى التسارع المتوسط خلال الفترة الزمنية التي تختارها.

احسب كم يبلغ مقدار التسارع المتوسط بين 0.00 s و 2.00 s؟

Mohammed Bin Rashid Smart Learning Program

حقوق الطبع والنشر © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

منحنى (السرعة المتجهة – الزمن)



الشكل 15 بالنسبة إلى الحركة بتسارع ثابت. إذا كانت السرعة المتجهة الابتدائية في منحنى (السرعة المتجهة – الزمن) لا تساوي صفرًا، تكون المساحة أسفل منحنى (السرعة المتجهة – الزمن) هي مجموع مساحة المستطيل ومساحة المثلث.

الحركة بسرعة متجهة ابتدائية لا تساوي صفر يصف الرسم البياني في **الشكل 15** تسارعًا ثابتًا بدأ بسرعة متجهة ابتدائية مقدارها v_i. لتحديد الإزاحة، يمكنك تقسيم المساحة أسفل الرسم البياني إلى مستطيل ومثلث. ومن ثمّ تكون المساحة الكلية كالتالي:

$$\Delta x = \Delta x_{\text{مستطيل}} + \Delta x_{\text{مثلث}} = v_i(\Delta t) + \left(\frac{1}{2}\right)\Delta v \Delta t$$

بالتعويض بـ $a\Delta t$ عن تغير السرعة المتجهة في المعادلة نكون النتيجة:

$$\Delta x = \Delta x_{\text{مستطيل}} + \Delta x_{\text{مثلث}} = v_i(\Delta t) + \left(\frac{1}{2}\right)a(\Delta t)^2$$

عندما يكون الموقع الابتدائي أو النهائي للجسم معروفًا، يمكن كتابة المعادلة كالتالي:

$$x_f - x_i = v_i(\Delta t) + \left(\frac{1}{2}\right)a(\Delta t)^2 \text{ أو } x_f = x_i + v_i(\Delta t) + \left(\frac{1}{2}\right)a(\Delta t)^2$$

إذا كان الزمن الابتدائي t_i=0، فعندئذ تصبح المعادلة كالتالي.

الموقع مع التسارع المتوسط

الموقع النهائي لجسم ما يساوي مجموع موقعه الابتدائي وناتج ضرب السرعة المتجهة الابتدائية في الزمن النهائي ونصف ناتج ضرب التسارع في مربع الزمن النهائي.

$$x_f = x_i + v_i t_f + \left(\frac{1}{2}\right)a\, t_f^2$$

الفيزياء في حياتك

سباق السحب يحاول المتسابق في سباق السحب الوصول إلى أعلى تسارع له على مضمار السباق. أسرع زمن مُسجل لدى الرابطة الوطنية الأمريكية للسيارات المعدلة لسباق 402 m هو 3.771 s. بينما تبلغ أعلى سرعة نهائية مسجلة 145.3 m/s (ما يساوي 324.98 m/ph).

معادلة بديلة

من المفيد دائمًا الربط بين الموقع والسرعة المتجهة والتسارع الثابت دون تضمين الزمن. أعد ترتيب المعادلة $t_f = \frac{v_f - v_i}{a}$ لإيجاد قيمة الزمن، $v_f = v_i + at_f$ و t_f للحصول على ما يلي:

$$x_f = x_i + v_i\left(\frac{v_f - v_i}{a}\right) + \left(\frac{1}{2}\right)a\left(\frac{v_f - v_i}{a}\right)^2$$

يمكن حل هذه المعادلة لإيجاد السرعة المتجهة (v_f) عند أي موقع (x_f).

السرعة المتجهة بتسارع ثابت

مربع السرعة المتجهة النهائية يساوي مجموع مربع السرعة المتجهة الابتدائية ومثلي ناتج ضرب التسارع في الإزاحة خلال الفترة الزمنية.

$$v_f^2 = v_i^2 + 2a\,(x_f - x_i)$$

19	اجراء تجربة لاستقصاء حركة جسم وتحديد كيفية تغير الموقع والسرعة والتسارع بمرور الزمن.	كتاب الطالب	P.(68 - 69)
		الشكل 12; Q.8 ; Q.(63 – 68); Q.(20 - 21)	P.69; P.70; P.83; P.87

القسم 2

الحركة بتسارع ثابت

الفيزياء في حياتك

لنفترض أن سيارة تتحرك على طريق وفجأة رأى سائقها شجرة ساقطة تقطع الطريق أمامه. هل سيتمكن السائق من إيقاف السيارة في الوقت المناسب؟ يعتمد الأمر بالكامل على قدرة فرامل السيارة على اكساب السيارة تسارعا في الاتجاه المعاكس لحركتها.

الفكرة الرئيسة

بالنسبة إلى جسم ذي تسارع ثابت. يمكن وصف العلاقات بين الموقع والسرعة المتجهة والتسارع والزمن من خلال الرسومات البيانية والمعادلات.

الأسئلة الرئيسة

- ما شكل الرسم البياني للموقع – الزمن والسرعة المتجهة – الزمن الخاص بالحركة بتسارع ثابت؟
- كيف يمكنك تحديد إزاحة جسم متحرك من خلال الرسم البياني لسرعته المتجهة – الزمن؟
- ما العلاقات التي تربط بين الموقع والسرعة المتجهة والتسارع والزمن؟

مراجعة المفردات

الإزاحة تغيّر في الموقع بمقدار وفي اتجاه معين، تساوي الموقع النهائي مطروحًا منه الموقع الابتدائي.

الموقع مع التسارع الثابت

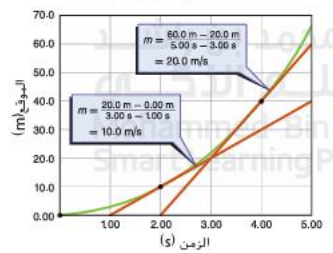
إذا تحرك جسم ما بتسارع ثابت، تتغير سرعته المتجهة بمعدل ثابت. كيف يتغير موقعه؟ يعرض **الشكل 11** رسومات بيانية لمواقع سيارة ذات تسارع ثابت في أزمنة مختلفة. يوضح الرسم البياني أن حركة السيارة غير منتظمة، حيث تزداد شيئا فشيئاً الإزاحة خلال الفترات الزمنية المتساوية على الرسم البياني باستمرار. نتيجة لذلك، يزداد انحدار ميل الخط في **الشكل 11** مع مرور الزمن. بالنسبة إلى جسم يتحرك بتسارع ثابت، يأخذ الرسم البياني للموقع – الزمن شكل القطع المتكافئ.

استخدمت ميول الرسم البياني للموقع – الزمن في **الشكل 11** لإنشاء الرسم البياني للسرعة المتجهة – الزمن. التوضح جهة اليسار في **الشكل 12**. بالنسبة إلى جسم يتحرك بتسارع ثابت، يأخذ الرسم البياني للسرعة المتجهة – الزمن شكل خط مستقيم.

لا يمكن إنشاء رسم بياني فريد للموقع – الزمن باستخدام رسم بياني للسرعة المتجهة – الزمن نظرًا لعدم احتواء الأخير على معلومات عن الموقع. لكنه يحتوي على معلومات عن الإزاحة. تذكّر أن السرعة المتجهة تساوي الإزاحة على الفترة الزمنية بالنسبة لجسم يتحرك بسرعة متجهة ثابتة. ومن ثمّ فإن الإزاحة تساوي دائمًا ضرب السرعة المتجهة في الفترة الزمنية. في الرسم البياني على اليمين في **الشكل 12** في الصفحة التالية، مساحة المثلث تساوي $\frac{1}{2}(\Delta t)\Delta v$ أو Δx، ومن ثم، فإن المساحة الموجودة أسفل الخط البياني لمنحنى (السرعة المتجهة – الزمن) تساوي الإزاحة.

تأكد من فهمك حدّد ما شكل الرسم البياني للموقع – الزمن لجسم يتحرك بتسارع ثابت؟

منحنى (الموقع – الزمن)



الشكل 11 يتغير ميل منحنى (الموقع – الزمن) بمرور الزمن بالنسبة إلى جسم ذي تسارع ثابت.

حقوق الطبع والتأليف © مجموعة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الشكل 12 ميول منحنى (الموقع – الزمن) في **الشكل 11** موضحة في هذه المنحنيات (السرعة المتجهة – الزمن). يمكن الحصول على التسارع الموضح جهة اليسار بقسمة نسبة الارتفاع على المسافة الأفقية. يمكن الحصول على الإزاحة الموضحة جهة اليسار من خلال المساحة أسفل المنحنى.

احسب ما الميل في الرسم البياني للسرعة المتجهة – الزمن جهة اليمين بين $t = 2.00\text{s}$ و $t = 5.00\text{s}$؟

السرعة المتجهة مع التسارع المتوسط

لقد قرأت أنه يمكن إعادة ترتيب معادلة حساب متوسط السرعة المتجهة جبريًا لمعرفة الموقع الجديد بعد فترة من الزمن. في حالة معرفة الموقع الابتدائي ومتوسط السرعة المتجهة. وبالمثل، يمكن تعديل تعريف التسارع المتوسط لمعرفة السرعة المتجهة الجديدة بعد فترة من الزمن في حالة معرفة السرعة المتجهة الابتدائية والتسارع المتوسط.

إذا كنت تعرف التسارع المتوسط لجسم ما خلال فترة زمنية معينة، فيمكنك استخدامه لتحديد مقدار تغيُّر السرعة المتجهة خلال تلك الفترة الزمنية. يمكنك إعادة كتابة تعريف التسارع المتوسط، $\left(\overline{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t}\right)$ كالآتي:

$$\Delta v = \overline{a}\Delta t$$

$$v_f - v_i = \overline{a}\Delta t$$

يمكن كتابة معادلة حساب السرعة المتجهة النهائية مع التسارع المتوسط كالتالي:

السرعة المتجهة النهائية مع التسارع المتوسط
السرعة المتجهة النهائية تساوي السرعة المتجهة الابتدائية مضافًا إليها ناتج ضرب التسارع المتوسط في الفترة الزمنية.

$$v_f = v_i + \overline{a}\Delta t$$

في الحالات التي يكون فيها التسارع ثابتًا، تكون قيمة التسارع المتوسط $(\overline{a})$ هي قيمة التسارع اللحظي نفسها (a). يمكن إعادة ترتيب هذه المعادلة لإيجاد الزمن لجسم سرعته المتجهة معلومة ويتحرك بتسارع ثابت. كما يمكنك استخدامها لحساب السرعة المتجهة الابتدائية لجسم إذا كانت سرعته المتجهة والزمن الذي حدثت فيه معلومتان.

مختبر الفيزياء

قياس التسارع

تجربة برمجيات الحمات ما الذي يوضحه الرسم البياني عن حركة عربة ما؟

تطبيقات

16. تتحرك كرة جولف صعودًا أعلى تل نحو حفرة جولف صغيرة. افترض أن الاتجاه نحو الحفرة هو الاتجاه الموجب.

a. إذا بدأت كرة الجولف حركتها بسرعة 2.0 m/s ثم انخفضت بمعدل ثابت يبلغ 0.50 m/s^2. فكم تبلغ سرعتها المتجهة بعد 2.0 s؟

b. ما السرعة المتجهة لكرة الجولف إذا استمر التسارع الثابت لفترة 6.0 s؟

c. صف حركة كرة الجولف من خلال كلماتك ومخطط للحركة.

17. تتحرك حافلة بسرعة 30.0 km/h بتسارع 1.5 m/s^2. فكم تبلغ سرعتها المتجهة بعد 6.8 s؟

18. إذا تسارعت سيارة من وضع السكون بمعدل ثابت 5.5 m/s^2 شمالًا. فكم ستستغرق من الزمن لتصل سرعتها المتجهة إلى 28 m/s شمالًا؟

19. مسألة تحفيزية سيارة تنخفض سرعتها من 22 m/s إلى 3.0 m/s بمعدل ثابت 2.1 m/s^2. فكم ثانية ستستغرقها السيارة قبل أن تتحرك بسرعة متجهة للأمام مقدارها 3.0 m/s؟

أي مما يلي هو مثال على جسم يتحرك بسرعة متناقصة وتسارعه موجب ، باعتبار اتجاه الشرق هو الموجب؟

a- دراجة تسير بسرعة متناقصة نحو الغرب
b- شاحنة تسير بسرعة متناقصة نحو الشرق
c- طائرة تنطلق بسرعة متزايدة نحو الغرب
d- قمر صنعي يدور حول الارض بسرعة ثابته

أي مما يلي هو مثال على جسم يتحرك بسرعة ثابتة ولكنه يتسارع ، باعتبار اتجاه الشرق هو الموجب؟

a- دراجة تسير بسرعة متناقصة نحو الغرب
b- شاحنة تسير بسرعة متناقصة نحو الشرق
c- طائرة تنطلق بسرعة متزايدة نحو الغرب
d- قمر صنعي يدور حول الارض بسرعة ثابته

أي مما يلي هو مثال على جسم يتحرك بسرعة متزايدة وتسارعه سالب ، باعتبار اتجاه الشرق هو الموجب؟

a- دراجة تسير بسرعة متناقصة نحو الغرب
b- شاحنة تسير بسرعة متناقصة نحو الشرق
c- طائرة تنطلق بسرعة متزايدة نحو الغرب
d- قمر صنعي يدور حول الارض بسرعة ثابته

تتحرك سيارة إلى الأمام أثناء صعود مرتفع بسرعة 12 m/s بتسارع ثابت إلى الخلف يبلغ $1.6\ m/s^2$ ما إزاحة السيارة بعد 20.0 s ؟

a- $80\ m$
b- $-80\ m$
c- $-240\ m$
d- $+560\ m$

أي مما يلي هو مثال على جسم يتحرك بسرعة متناقصة وتسارعه سالب ، باعتبار اتجاه الشرق هو الموجب؟

a- دراجة تسير بسرعة متناقصة نحو الغرب
b- شاحنة تسير بسرعة متناقصة نحو الشرق
c- طائرة تنطلق بسرعة متزايدة نحو الغرب
d- قمر صنعي يدور حول الارض بسرعة ثابته

تتحرك دراجة بمعدل ثابت يبدأ من 15 m/s ويصل الى 25 m/s خلال سيرها 125 m فكم تستغرق من الزمن للوصول للسرعة النهائية؟

a- $6.3\ s$
b- $11\ s$
c- $17.2\ s$
d- $24.5\ s$

18	تحليل الرسوم البيانية لمنحنيات (الموقع – الزمن)، و(السرعة المتجهة – الزمن)، و(التسارع – الزمن) لحركة جسم في حالة سقوط حر.	كتاب الطالب Q.(44 - 45); Q.(50 - 52) (20 - 22); الشكل	P.(76 - 77) P.(76 - 77); P.78; P.79

20	إجراء استقصاء لدراسة التسارع الناتج عن الجاذبية لنظام في حالة السقوط الحر.	كتاب الطالب Q.(83 - 84) ;حلل, الشكل 24	P.79 P.79; P.84

تسارع السقوط الحر

يشرح اكتشاف جاليليو سبب قدرة هواء الفجر بالمظلات على تشكيل حلقة في الجو، حيث إنهم يهبطون بالتسارع نفسه، بصرف النظر عن كتل أجسامهم. لفهم التسارع الذي يحدث أثناء السقوط الحر، انظر إلى الصور متعددة الفلاشات للكرة الساقطة في **الشكل 20**. تبلغ الفترة الزمنية بين الصور 0.06 s، وتتسع المسافة بين كل زوج منهم. ومن ثَم تزداد السرعة. إذا كان الاتجاه لأعلى موجبًا، فإن السرعة المتجهة تصبح سالبة بدرجة أكبر.

كرة مقذوفة لأعلى هل يمكن أن تعرض هذا الشكل أيضًا كرة مقذوفة لأعلى بدلًا من كرة ساقطة؟ لنفترض أنك رميت كرة لأعلى بسرعة 20.0 m/s. فإذا اخترت أن يكون الاتجاه لأعلى موجبًا، فإن الكرة تبدأ حركتها عند الجزء السفلي من الشكل بسرعة متجهة موجبة. التسارع يساوي $a = -9.8\ m/s^2$ نظرًا لأن السرعة المتجهة والتسارع في اتجاهين متضادين. تقل سرعة الكرة، إذا كنت تعتقد أن الجزء السفلي من الشكل هو موضع بداية حركة الكرة، فهذا يتوافق مع الشكل متعددة الفلاشات.

حركة الصعود والهبوط بعد مرور 1 s، تقل السرعة المتجهة للكرة بمعدل 9.8 m/s. ولهذا فهي تتحرك الآن بسرعة 10.2 m/s+. وبعد مرور 2 s، تصبح السرعة المتجهة للكرة 0.4 m/s+. وتستمر الكرة في التحرك لأعلى، ما الذي يحدث خلال الثانية التالية؟ تقل السرعة المتجهة للكرة بمعدل 9.8 m/s أخرى لتساوي 9.4 m/s-. تتحرك الكرة في هذه اللحظة لأسفل، وبعد مرور 4 s، تصبح السرعة المتجهة 19.2 m/s-. وهذا يعني أن الكرة تسقط بسرعة أكبر.

الرسم البياني للسرعة – الزمن يظهر الرسم البياني v-t للكرة أثناء حركتها لأعلى وأسفل **الشكل 21**. ميل الخط المستقيم إلى أسفل لا يعني أن السرعة تنخفض دائمًا. تنخفض السرعة عندما ترتفع الكرة لأعلى وتزداد عندما تسقط لأسفل. عند 2 s تقريبًا، تتغير السرعة المتجهة بسلاسة من موجبة إلى سالبة. وعندما تسقط الكرة، تزداد سرعتها في الاتجاه السالب. كما توضح الشكل منظرًا مقربًا للرسم البياني v-t، في لحظة معينة، بالقرب من 2.04 s. تصبح السرعة المتجهة صفرًا.

الشكل 20 تزداد سرعة هذه الكرة الساقطة بمعدل 9.8 m/s كل ثانية بفعل تسارع السقوط الحر.

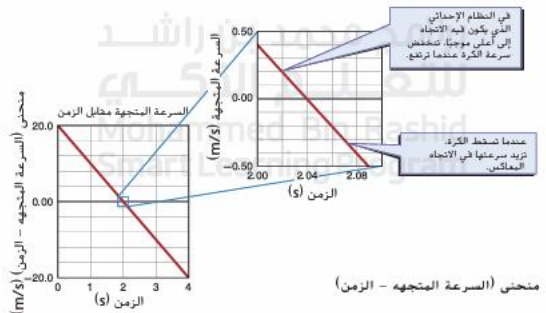
تجربة مصغرة

السقوط الحر

كيف يمكنك استخدام حركة جسم ساقط لتقدير تسارع السقوط الحر؟

الشكل 21 يصف منحنى (السرعة المتجهة – الزمن) التغير في سرعة حركة الكرة عند ارتفاعها وسقوطها. يوضح الرسم البياني على اليمين صورة مقربة للتغير في السرعة المتجهة عند أعلى نقطة في مسار الكرة.

حلل كيف سيكون شكل المنحنى في حالة اختيار الاتجاه لأسفل ليكون هو الاتجاه الموجب؟



محفوظ الحق والتأليف © مخصوصة لصالح مؤسسة محمد بن راشد للتعلم الذكي Mohammed Bin Rashid Smart Learning Program
McGraw-Hill Education

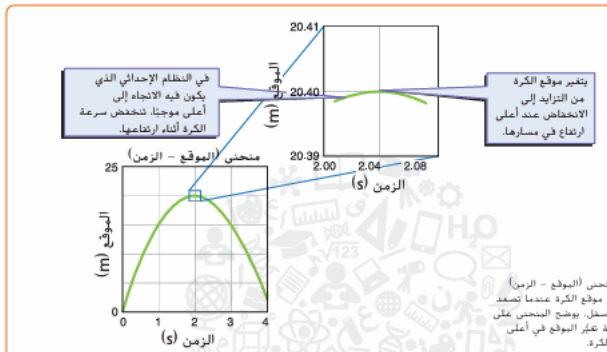
منحنى (الموقع – الزمن) انظر إلى منحنى (الموقع – الزمن) في **الشكل 22** والذي يوضح كيف يتغير ارتفاع الكرة أثناء صعودها لأعلى وسقوطها لأسفل. إذا كان الجسم يتحرك بتسارع ثابت، فإن الرسم البياني للموقع – الزمن يأخذ شكل قطع مكافئ. ونظرًا لأن الكرة تتحرك صعودًا وهبوطًا، يأخذ المنحنى لحركتها شكل قطع مكافئ مقلوب. يتضح من خلال شكل المنحنى معدل تغاقب الزمن. وهذا لا يعني أن مسار الكرة كان على شكل قطع متكافئ. يوضح المنحنى المَقرب على اليمين أن الكرة تصل إلى أقصى ارتفاع لها عند 2.04 s تقريبًا.

أقصى ارتفاع قارن بين المنحنيات في **الشكل 21** و**الشكل 22**. تبدأ السرعة المتجهة للكرة بالتقصان في الاتجاه الموجب قبل وصولها إلى أقصى ارتفاع لها مباشرة. في اللحظة التي تبلغ فيها أقصى ارتفاع لها، تكون سرعتها المتجهة صفرًا. تبدأ السرعة المتجهة للكرة بالازدياد في الاتجاه السالب بعد وصولها إلى أقصى ارتفاع لها مباشرة.

التسارع يكون ميل الخط على منحنى (السرعة المتجهة – الزمن) البَوضح في **الشكل 21** ثابتًا عند $-9.8\ m/s^2$. وهذا يدل على أن تسارع السقوط الحر للكرة يبلغ $9.8\ m/s^2$ في اتجاه الهبوط طوال فترة الصعود والهبوط.

قد يبدو أن التسارع يجب أن يساوي صفرًا عند قمة مسار حركة الكرة، ولكن الأمر ليس كذلك. عند وصولها إلى أقصى ارتفاع لها، فإن السرعة المتجهة للكرة تساوي 0 m/s. وإذا كان تسارعها يساوي صفرًا أيضًا، فلن تتغير السرعة المتجهة للكرة وستظل 0 m/s. لذا فإن الكرة متجهة لن تكتسب سرعة لأسفل وستبقى تتأرجح في الهواء. هل رأيت ذلك يحدث من قبل؟ تسقط الأجسام المَقذوفة في الهواء على سطح الأرض دائمًا. ومن ثَم لا بد أنك تعلم أن تسارع جسم ما لا يجب أن يساوي صفرًا عند وصوله لأعلى ارتفاع أثناء حركته. فضلًا عن ذلك، يجب أن يكون اتجاه التسارع لأسفل نظرًا لأن الجسم يسقط لأسفل.

تأكد من فهمك حلل إذا رميت بكرة لأعلى في الهواء مستقيم. فكم تساوي سرعتها المتجهة وتسارعها عند وصولها إلى أعلى نقطة في مسارها؟



الشكل 22 منحنى (الموقع – الزمن) يوضح كيف يتغير موقع الكرة عندما تصعد لأعلى وتسقط لأسفل. يوضح المنحنى على يمين الشكل كيفية تغير الموقع في أعلى نقطة من مسار الكرة.

المفردات

الاستخدام العلمي مقابل الاستخدام العام

السقوط الحر

- **الاستخدام العلمي** حركة جسم ما عندما يمكن تجاهل مقاومة الهواء، وعندما يمكن اعتبار التسارع ناتجًا عن تأثير الجاذبية وحدها
  التسارع أثناء السقوط الحر يساوي $9.8\ m/s^2$ لأسفل.
- **الاستخدام العام** سقوط أو هبوط سريع ومتواصل
  السقوط الحر للبورصة عام 1929 كان بداية للكساد الكبير.

مختبر الفيزياء

تسارع السقوط الحر

تجربة الإنترنت كيف يمكنك استخدام بيانات الحركة لحساب تسارع السقوط الحر؟

محفوظ الحق والتأليف © مخصوصة لصالح مؤسسة محمد بن راشد للتعلم الذكي Mohammed Bin Rashid Smart Learning Program
McGraw-Hill Education

تغير التسارع في السقوط الحر

عندما أجرى رائد الفضاء ديفيد سكوت تجربته للسقوط الحر على سطح القمر، لم تسقط المطرقة والريشة بمقدار تسارع يساوي $9.8\ m/s^2$. القيمة $9.8\ m/s^2$ هي تسارع السقوط الحر بالقرب من سطح الأرض فقط. يبلغ مقدار تسارع السقوط الحر على سطح القمر $1.6\ m/s^2$، وهو ما يعادل نحو سدس قيمته على الأرض.

عندما تدرس القوة والحركة، ستتعرف على العوامل التي تؤثر في قيمة تسارع السقوط الحر. ومنها كتلة الجسم المسؤول عن التسارع، مثل الأرض أو القمر. لا يكون تسارع السقوط الحر بالمقدار نفسه بالقرب من سطح القمر نظرًا لأن كتلة القمر أقل بكثير.

كما يعتمد تسارع السقوط الحر على المسافة الفاصلة عن الجسم المسؤول عن هذا التسارع. توضح الارتفاعات المرسومة حول الأرض في **الشكل 24** كيف أن تسارع السقوط الحر يقل بالبُعد عن سطح الأرض. رغم ذلك، من المهم أن نفهم أن تغير التسارع في السقوط الحر من مواقع مختلفة على سطح الأرض محدودة للغاية، حتى مع وجود تنوعات كبيرة في الارتفاع. في دولة الإمارات العربية المتحدة على سبيل المثال، يبلغ مقدار تسارع السقوط الحر $9.792\ m/s^2$ تقريبًا. سنستخدم القيمة $9.8\ m/s^2$ لتسارع السقوط الحر.

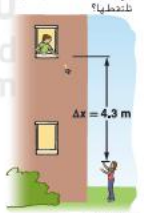
الشكل 24 كلما زاد الارتفاع عن الأرض، قل مقدار تسارع السقوط الحر.

حلل وفكّ للتخطيط. ما مقدار تسارع السقوط الحر على مسافة فوق سطح الأرض تساوي نصف قطر الأرض؟

القسم 3 مراجعة

47. **الفكرة الرئيسة** لنفترض أنك تمسك بكتاب بيدك وورقة مستوية بيدك الأخرى وأسقطتهما معًا على الأرض. اشرح لماذا يمثل الكتاب الساقط مثالًا جيدًا للسقوط الحر ولكن الورقة ليست كذلك.

48. **السرعة المتجهة النهائية** تلقي لك شقيقتك بمفاتيح المنزل الخاصة بك من نافذة الطابق الثاني، كما هو مبيّن في **الشكل 25**. كم تبلغ السرعة المتجهة للمفاتيح عندما تلتقطها؟



الشكل 25

49. **لعبة السقوط الحر** لنفترض أن إحدى ألعاب السقوط الحر في مدينة الألعاب تتحرك بدءًا من وضع السكون وتسقط سقوطًا حرًا. كم تبلغ السرعة المتجهة للعبة بعد 2.3 s؟ كم تبلغ مسافة سقوط راكبي اللعبة خلال الفترة الزمنية 2.3 s؟

50. **أقصى ارتفاع للرحلة وزمنها** تسارع السقوط الحر على كوكب المريخ يساوي ثلث قيمته تقريبًا على كوكب الأرض. لنفترض أنك رميت كرة لأعلى على كوكب المريخ بالسرعة المتجهة نفسها المستخدمة على سطح الأرض.
   a. قارن أقصى ارتفاع للكرة على كوكب المريخ بنظيره على كوكب الأرض.
   b. قارن بين زمن حركتها على الكوكبين؟

51. **السرعة المتجهة والتسارع** لنفترض أنك قذفت بكرة لأعلى في اتجاه مستقيم في الهواء. صف التغيّرات في السرعة المتجهة للكرة. صف التغيّرات في تسارع الكرة.

52. **التفكير الناقد** يستمر صعود الكرة المَقذوفة رأسيًا لأعلى حتى تصل إلى نقطة معينة ثم تهبط لأسفل. تصبح السرعة المتجهة صفرًا لحظيًا عند أعلى نقطة ارتفاع تلك. هل تتسارع الكرة عند تلك النقطة؟ اذكر تجربة لإثبات صحة إجابتك أو إثبات عدم صحتها.

محفوظ الحق والتأليف © مخصوصة لصالح مؤسسة محمد بن راشد للتعلم الذكي Mohammed Bin Rashid Smart Learning Program
McGraw-Hill Education

بفرض انك قذفت كرة لأعلى ، ما قيمة السرعة عند أعلى ارتفاع. باعتبار الاتجاه الموجب لأعلى؟.

0 -a
$9.8\ m/s^2$ -b
$-9.8\ m/s^2$-c
d- متغير

بفرض انك قذفت كرة لأعلى ، ما قيمة التسارع عند أعلى ارتفاع. باعتبار الاتجاه الموجب لأعلى؟.

0 -a
$9.8\ m/s^2$ -b
$-9.8\ m/s^2$-c
d- متغير

لماذا قيمة تسارع الجاذبية الناتج عن القمر أصغر من تسارع الجاذبية الناتج عن الارض؟

a- لان القمر أقرب للشمس
b- لأن كتلة القمر أصغر من كتلة الأرض
c- لأن القمر لايحوي هواء
d- لأن القمر يدور حول نفسه ببطء

تقذف كرة لأعلى في اتجاه مستقيم بسرعة ابتدائية **22.5 m/s** ويتم التقاطها بعد عودتها الى الموقع نفسه التي قذفت منه فوق سطح الأرض، كم يبلغ أقصى ارتفاع تصل اليه الكرة في الهواء؟

$26\ m$ -a
$36\ m$ -b
$108\ m$-c
$225\ m$ -d

كم يبلغ زمن بقاء الكرة في الهواء؟

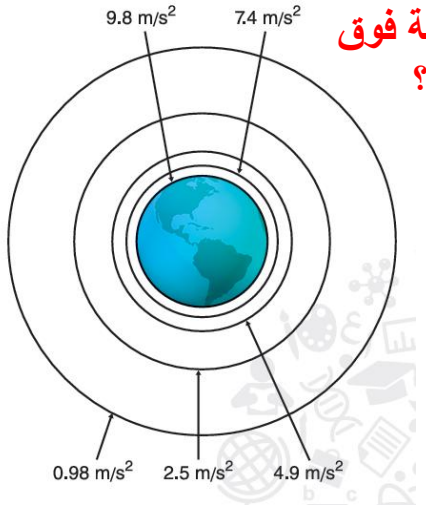
$3.8\ s$-a
$4.6\ s$ -b
$11.4\ s$-c
$12\ s$ -d

يسقط طالب كرة من ارتفاع **3.5 m** ، ما سرعة الكرة لحظة ارتطامها بالرصيف؟

$9.8\ m/s$-a
$8.3\ m/s$ -b
$6.2\ m/s$-c
$1.2\ m/s$ -d

ما مقدار تسارع السقوط الحر على مسافة فوق سطح الارض تساوي نصف قطر الأرض؟

$9.8\ m/s^2$ -a
$7.4\ m/s^2$ -b
$4.9\ m/s^2$-c
$2.5\ m/s^2$ -d



أي مما يلي صحيح بخصوص تسارع الجاذبية الأرضية؟

a- يزداد تسارع الجاذبية كلما ارتفعنا عن سطح الأرض
b- يقل تسارع الجاذبية الأرضية كلما ارتفعنا عن سطح الأرض
c- كلما كانت كتلة الكوكب أصغر ازداد تسارع الجاذبية على سطحه
d- تسارع الجاذبية لايتعلق بكتلة الكوكب المسبب للتسارع

الجزء المقالي
5 أسئلة لكل سؤال 8 درجات

Q1	1-يُعدِّد الكميات الفيزيائية المألوفة كالزمن، الكتلة، درجة الحرارة، الحجم، الكثافة، ويصنفها إلى كميات أساسية وكميات مشتقة ويحدد وحدة قياس كل من هذه الكميات في النظام الدولي 2-يكتشف اتجاهات التغير في البيانات المجدولة، ويمثلها برسم بياني مناسب ليكتشف العلاقة بين المتغيرات، ومن ثم يطور نموذجا رياضيا ،معادلة رياضية ،ليتنبأ بقيمة المتغير التابع عند القيم المختلفة للمتغير المستقل وبالعكس	كتاب الطالب	P.(10 - 11), P.(18 - 23)
		مسألة تحفيزية; Q.(53 - 56); Q.(22 - 26); Q.21; Q.(61 - 58)	P.21; P.22; P.23; P.27; P.28

القسم 2

الرياضيات والفيزياء

الفكرة الرئيسة

تُستخدم الرياضيات للتعبير عن مفاهيم الفيزياء.

الأسئلة الرئيسة

- لماذا يستخدم العلماء النظام المتري؟
- كيف يمكن للتحليل البُعدي أن يساعد على تقييم الإجابات؟
- ما الأرقام المعنوية؟

مفردات للمراجعة

النظام الدولي للوحدات (SI) هو النسخة المُحسّنة والمقبولة عالميًا من النظام المتري وتستند إلى مضاعفات العدد عشرة.

مفردات جديدة

التحليل البعدي
dimensional analysis

الأرقام المعنوية
significant figures

الفيزياء في حياتك

إذا أُلقيت كرة تنس إلى أعلى في الهواء، فكيف يمكنك تحديد المسافة التي ستبلغها الكرة والمدة التي ستبقى فيها في الهواء؟ كيف يمكنك تحديد السرعة المنجهة للاعب القفز الحر في هذا الشكل؟ يستخدم علماء الفيزياء الرياضيات لمساعدتهم على التوصل إلى إجابات عن هذه الأسئلة وغيرها بشأن الحركة والقوى والطاقة والمادة.

الرياضيات في الفيزياء

غالبًا ما يستخدم علماء الفيزياء لغة الرياضيات. فالمعادلات من الأدوات المهمة التي تُستخدم في تدوين الملاحظات وعمل التوقعات في الفيزياء، وهي إحدى الطرق التي تُستخدم في تمثيل العلاقات بين القياسات. كما يعتمد علماء الفيزياء على النظريات والتجارب ذات النتائج العددية لدعم النتائج التي يتوصلون إليها. فعلى سبيل المثال، يمكنك أن تتوقع أنك إذا أوقفت قطعة نقدية فإنها ستسقط. لكن هل يمكنك أن تتوقع سرعتها عندما تصل إلى الأرض؟ هناك نماذج مختلفة لسقوط الأجسام تعطينا إجابات مختلفة بشأن التغير في سرعة الأجسام عند سقوطها أو العوامل التي تتوقف عليها السرعة. وعن طريق قياس سرعة سقوط جسم ما، يمكنك مقارنة البيانات التجريبية بالنتائج المتوقعة حسب النماذج المختلفة. وبعد هذا بمثابة اختبار للنماذج، مما يتيح اختيار النموذج الأنسب أو وضع نموذج جديد.

وحدات النظام الدولي

لمشاركة النتائج، من البعيد أن نستخدم وحدات يفهمها الجميع. وفي الوقت الحالي، يستخدم المجتمع العلمي في جميع أنحاء العالم نسخة مأخوذة من النظام المتري للقياسات. ويوضح **الجدول 1** أن النظام الدولي للوحدات (SI) يتضمن سبع كميات أساسية. أما الوحدات الأخرى، التي يُطلق عليها الوحدات المشتقة، فتنتكون عن طريق الجمع بين وحدات أساسية بطرق متعددة. فمثلًا تُقاس السرعة المنجهة بالمتر في الثانية (m/s). وفي المقابل، تسمى الوحدات المشتقة بأسماء مميزة. على سبيل المثال، تُقاس الشحنة الكهربائية بوحدة (أمبير .ثانية) (A·s). وتسمى أيضا كولومًا (C).

وقد جرى تعريف الكميات الأساسية في البداية بالقياسات المباشرة. وأنشئت مؤسسات علمية منذ ذلك الحين لتعريف القياسات وتنظيمها. فمثلًا، ينظّم المكتب الدولي للأوزان والمقاييس في مدينة سيفر بفرنسا النظام الدولي للوحدات.

الجدول 1 الكميات الأساسية ووحداتها في النظام الدولي للوحدات

الكمية الأساسية	الوحدة الأساسية	الرمز
الطول	المتر	m
الكتلة	كيلوجرام	kg
الزمن	ثانية	s
درجة الحرارة	كلفن	K
كمية المادة	مول	mol
التيار الكهربائي	أمبير	A
شدة الإضاءة	شمعة	cd

حقوق الطبع والتأليف © مجموعة ماكجرو هيل التعليمية

يشترك هذا المكتب مع المعهد الوطني للعلوم والتكنولوجيا (NIST) في غايثرسبيرج بماريلاند، في وضع معايير الطول والزمن والكتلة التي تُعاير على أساسها العصي المترية والساعات والموازين. ويظهر الكيلوجرام القياسي في **الشكل 7**.

لعلك تعلمت في حصة الرياضيات أن تحويل الأمتار إلى كيلومترات أسهل بكثير من تحويل الأقدام إلى أميال. إن سهولة التحويل بين الوحدات هي ميزة من ميزات النظام الدولي للوحدات. وللتحويل بين الوحدات، تضرب في قوة العدد 10 المناسبة أو تقسم عليها. وتُستخدم البادئات لتغيير الوحدات الأساسية في النظام الدولي للوحدات باستخدام قوى العدد عشرة، كما هو موضح في **الجدول 2**. وسترى هذه البادئات كثيرًا في الحياة اليومية، مثل المليجرام والنانوثانية والسنتيمتر.

الجدول 2 البادئات المستخدمة في النظام الدولي

البادئة	الرمز	المضروب فيه	الترميز العلمي	مثال
femto -	f	0.000000000000001	10^{-15}	فيمتو ثانية (fs)
pico -	p	0.000000000001	10^{-12}	بيكو متر (pm)
nano -	n	0.000000001	10^{-9}	نانومتر (nm)
micro -	μ	0.000001	10^{-6}	ميكرو جرام (μg)
milli -	m	0.001	10^{-3}	مليلي أمبير (mA)
centi -	c	0.01	10^{-2}	سنتيمتر (cm)
deci -	d	0.1	10^{-1}	ديسيلتر (dL)
kilo -	k	1000	10^{3}	كيلو متر (km)
mega -	M	1,000,000	10^{6}	ميجا جرام (Mg)
giga -	G	1,000,000,000	10^{9}	جيجا متر (Gm)
tera -	T	1,000,000,000,000	10^{12}	تيرا هرتز (THz)

تأكد من فهمك حدّد البادئة التي ستستخدم في التعبير عن 2,000,000,000 بايت من ذاكرة الكمبيوتر.

التحليل البُعدي

يمكنك استخدام الوحدات للتحقق من صحة إجابتك. وستحتاج عادة إلى استخدام صيغة أو سلسلة من الصيغ لحل مسألة فيزيائية. وللتحقق من حل المسألة بشكل صحيح، اكتب المعادلة أو مجموعة المعادلات التي تخطط لاستخدامها في الحل. وقبل إجراء الحسابات، تحقق من أن الإجابة بالوحدات المتوقعة. فمثلًا، إذا كنت تحسب سرعة سيارة ووجدت أن إجابتك ستكون بوحدة m/s أو m/s^2، فاعلم أن هناك خطأ في حل المسألة. وتُسمى هذه الطريقة في التعامل مع الوحدات باعتبارها كميات جبرية يمكن شطبها **التحليل البُعدي**. ومع ذلك، فكونك تعرف أنّ إجابتك ستكون بالوحدة الصحيحة لا يضمن أنّ الإجابة نفسها ستكون صحيحة. لكن إذا عرفت أن إجابتك ستكون بالوحدات الخاطئة، فبن المؤكد أنك وقعت في خطأ ما. كما يُستخدم التحليل البعدي في اختيار معاملات التحويل. ومعامل التحويل هو معامل ضرب يساوي واحدًا صحيحًا (1).

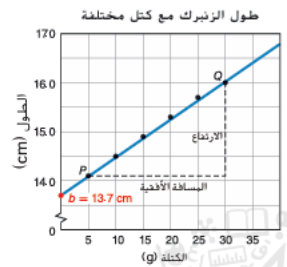
الشكل 7 النموذج الأول الدولي للكيلوجرام. هو المعيار لكتلة الكيلو جرام ويتكون من خليط من البلاتينيوم والأريديوم. محفوظ في فراغ كي لا يفقد كتلته. ويعمل العلماء على إعادة تعريف الكيلوجرام المعياري باستخدام كرة تامة الاستدارة مصنوعة من السيليكون.

صف ما وجه الأهمية في وجود معايير للقياسات؟

برنامج محمد بن راشد للتعلم الذكي
Mohammed Bin Rashid Smart Learning Program

الشكل 16 في العلاقة الخطية، يتغير المتغير التابع – وهو الطول هنا – خطيًا حسب المتغير المستقل. أما المتغير المستقل في هذه التجربة فهو الكتلة.

صف ماذا يحدث لطول الزنبرك عندما تزيد الكتلة؟



العلاقات الخطية

تأخذ النقاط المبعثرة للبيانات عدة أشكال مختلفة للدلالة على علاقات مختلفة. ومن العلاقات الأكثر شيوعًا العلاقات الخطية والعلاقات التربيعية والعلاقات العكسية. ومن المحتمل أن تكون قد تعرفت عليها في حصة الرياضيات.

عندما يكون الخط الأفضل مطابقة خطًا مستقيمًا، كما في **الشكل 15**، تكون هناك علاقة خطية بين المتغيرات. في **العلاقة الخطية**، يتغير المتغير التابع خطيًا بحسب المتغير المستقل. ويمكن كتابة العلاقة في شكل المعادلة التالية.

العلاقة الخطية بين متغيرين $y = mx + b$

أوجد مقطع y والميل (m) كما هو موضح في **الشكل 16**. استخدم النقاط الموجودة على الخط. قد تكون نقاط البيانات أو لا تكون كذلك. والميل هو نسبة التغير الرأسي إلى التغير الأفقي. ولإيجاد الميل، حدد نقطتين، P وQ، بعيدتين عن بعضهما على الخط. والتغير الرأسي (الارتفاع) (Δy)، هو الفرق بين القيم الرأسية للنقطتين P وQ. أما التغير الأفقي (المسافة الأفقية) (Δx)، فهو الفرق بين القيم الأفقية للنقطتين P وQ.

الميل

ميل الخط يساوي الارتفاع مقسومًا على المسافة الأفقية. ويمكن التعبير عنه أيضًا بالتغير الرأسي مقسومًا على التغير الأفقي.

$$m = \frac{\Delta y}{\Delta x}$$

في الشكل 16، $m = \frac{(16.0\text{ cm} - 14.1\text{ cm})}{(30\text{ g} - 5\text{ g})} = 0.08\text{ cm/g}$

إذا قلّت قيمة y عند زيادة قيمة x. فستكون $\frac{\Delta y}{\Delta x}$ سالبة ويميل الخط إلى أسفل من اليسار إلى اليمين. ويكون مقطع (b) y هو النقطة التي يتقاطع عندها الخط مع المحور الرأسي، أو قيمة y عندما تكون قيمة x تساوي صفرًا. وفي هذا المثال، $b = 13.7\text{ cm}$. ويعني ذلك أنه عندما لا توجد كتلة معلّقة بالزنبرك، يكون طوله 13.7 cm. وعندما تكون $b = 0$ أو $y = mx$، يقال إن الكمية y تتغير مباشرة مع x. لكن في الفيزياء، يحتوي دائمًا ميل الخط ومقطع y على معلومات حول النظام الفيزيائي الذي يصفه الرسم البياني.

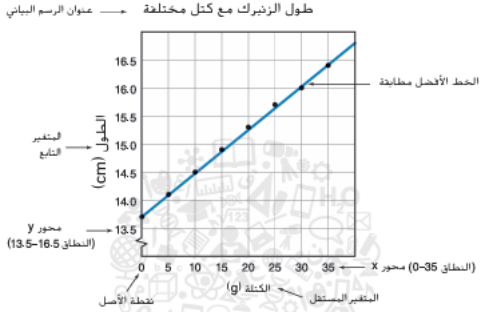
تجربة مصغرة

إلى أي مدى تقريبًا؟

ما العلاقة بين المحيط والقطر؟

McGraw-Hill Education تصميم وتأليف © محفوظ لصالح مؤسسة محمد بن راشد للتعليم الذكي

■ إعداد الرسومات البيانية الخطية



1. حدد المتغير المستقل والمتغير التابع في بياناتك. في هذا المثال، المتغير المستقل هو الكتلة (g) والمتغير التابع هو الطول (cm). ارسم المتغير المستقل على المحور الأفقي، أي المحور السيني (x). وارسم المتغير التابع على المحور الرأسي، أي المحور الصادي (y).
2. حدد نطاق المتغير المستقل الذي ستتم رسمه. في هذه الحالة النطاق هو 0–35.
3. حدد ما إذا كانت نقطة الأصل (0,0) نقطة بيانات صحيحة.
4. وسّع بين البيانات بقدر الإمكان. اجعل كل قسم على ورقة الرسم البياني يمثل وحدة ملائمة. ويعني هذا عادة الوحدات التي تكون مضاعفات للأعداد 2 أو 5 أو 10.
5. حدد اسمًا للمحور الأفقي. يجب أن يحتوي الاسم على الوحدات. مثل الكتلة (g).
6. كرر الخطوات 2–5 للمتغير التابع.
7. مثّل نقاط البيانات على الرسم البياني.
8. ارسم الخط الأفضل مطابقة أو المنحنى الذي يمر بأكبر عدد ممكن من نقاط البيانات. ويسمى ذلك في بعض الأحيان التمرير بالنظر. لا تستخدم سلسلة من القطع المستقيمة التي ترتبط بين النقاط. فالخط الذي يبدو أنه الأفضل مطابقة بالنسبة إليك قد لا يكون الأفضل في نظر شخص آخر. ومن ثم هناك إجراء رسمي تستخدمه معظم الآلات الحاسبة الرسومية، تُسمى طريقة المربعات الصغرى التي تنشئ مستقيمًا متحزًا أفضل مطابقة. لكن ذلك خارج نطاق هذا الكتاب المدرسي.
9. ضع عنوانًا للرسم البياني يظهر ما يمثله بوضوح.

الشكل 15 استخدم الخطوات الموضحة أعلاه لرسم رسومات بيانية خطية من جداول البيانات.

القسم 4 تمثيل البيانات بيانيًّا

الفيزياء في حياتك

غالبًا ما تُستخدم الرسومات البيانية في المقالات الإخبارية عقب الانتخابات. حيث تُستخدم الرسومات البيانية بالأعمدة والقطاعات الدائرية لعرض عدد الأصوات أو النسبة المئوية التي حصل عليها المرشحون. أما الرسومات البيانية الأخرى فتُستخدم لعرض الزيادات والانخفاضات في عدد السكان أو الموارد على مر السنين.

الفكرة الرئيسة

تسهّل الرسومات البيانية من تفسير البيانات، كما أنها تحدّد الاتجاهات وتظهر العلاقات بين مجموعة من المتغيرات.

الأسئلة الرئيسة

- ماذا نتعلم من الرسومات البيانية؟
- اذكر بعض العلاقات المشتركة في الرسومات البيانية.
- كيف يجري العلماء التوقعات؟

مفردات للمراجعة

الميل نسبة التغير الرأسي إلى التغير الأفقي على رسم بياني.

مفردات جديدة

المتغير المستقل
independent variable

المتغير التابع
dependent variable

الخط الأفضل مطابقة
line of best fit

العلاقة الخطية
linear relationship

العلاقة التربيعية
quadratic relationship

العلاقة العكسية
inverse relationship

تحديد المتغيرات

عندما تجري تجربة ما، من المهم أن تغير عاملًا واحدًا فقط في كل مرة. على سبيل المثال، يعرض **الجدول 3** طول زنبرك عند تعليق كتل مختلفة به. ستتغير الكتلة وحدها؛ فإذا عُلقت كتل مختلفة في أنواع مختلفة من النوابض، فلن تعرف مقدار الفرق بين زوجي البيانات الذي كان بسبب الكتل المختلفة ومقدار الفرق الذي كان بسبب النوابض المختلفة.

المتغيرات المستقلة والمتغيرات التابعة المتغير هو عامل قد يؤثر في نمط إعداد التجربة. والعامل المستخدم أثناء التحقيق هو **المتغير المستقل**. لذلك فإن الكتلة هي المتغير المستقل في هذا التحقيق. أما العامل الذي يعتمد على المتغير المستقل فهو **المتغير التابع**. وفي هذا التحقيق، اعتمد مقدار تمدد الزنبرك على الكتلة، ومن ثَم كان مقدار التمدد هو المتغير التابع. إلى جانب ذلك، قد يدرس أحد العلماء كيفية تغيّر الإشعاع مع مرور الزمن أو كيفية اعتماد شدة المجال المغناطيسي على المسافة من مغناطيس.

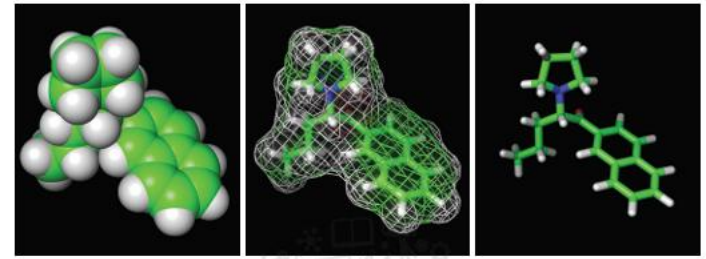
الخط الأفضل مطابقة يوضح الرسم البياني الخطي كيف يختلف المتغير التابع بحسب المتغير المستقل. ويوضح **الشكل 15** تمثيلًا بيانيًا للبيانات الواردة في **الجدول 3**. فالخط ذو اللون الأزرق المرسوم بالقرب من جميع نقاط البيانات بقدر الإمكان هو **الخط الأفضل مطابقة**، وهو نموذج للتوقعات أفضل من أي نقطة واحدة على طول الخط. كما تُقدم **الشكل 15** تعليمات مفصلة حول كيفية تصميم رسم بياني وتمثيل البيانات ورسم خط أفضل مطابقة.

إن الرسم البياني جيد التصميم يوفر الأنماط التي لا يمكن رؤيتها بسرعة وسهولة في قائمة من الأرقام. يوضح الرسم البياني في **الشكل 15** أن طول الزنبرك يزيد كلما زادت الكتلة المعلّقة في الزنبرك.

الجدول 3 العلاقة بين طول الزنبرك والكتلة المعلقة

الكتلة المعلّقة في الزنبرك (g)	طول الزنبرك (cm)
0	13.7
5	14.1
10	14.5
15	14.9
20	15.3
25	15.7
30	16.0
35	16.4

McGraw-Hill Education تصميم وتأليف © محفوظ لصالح مؤسسة محمد بن راشد للتعليم الذكي



الشكل 19 لإنشاء رسم متحرك واقعي، يستخدم صانعو الرسومات المتحركة بواسطة الكمبيوتر نماذج رياضية من الحياة اليومية لإنشاء عالم خيالي مقنع. وهذا النموذج الحاسوبي لجزيء الناشيرون قيد التطوير على كمبيوتر صانع الرسوم المتحركة.

توقُّع القيم

عندما يكتشف العلماء علاقات كتلك الموضحة في الرسومات البيانية في هذا القسم، يستخدمونها لإجراء التوقعات. على سبيل المثال، تكون معادلة الرسم البياني الخطي الموضح في **الشكل 16** كما يلي $y = (0.08\ cm/g)x + 13.7\ cm$.

ويمكن استخدام العلاقات، سواء أكانت في شكل صيغ أو مأخوذة من الرسومات البيانية، لتوقُّع القيم التي لم يتم قياسها بصورة مباشرة. إلى أي مدى يتمدد الزنبرك في **الجدول 3** في حالة وجود كتلة تساوي 49 g؟

$$y = (0.08\ cm/g)(49\ g) + 13.7\ cm = 18\ cm$$

من المهم أن تحدد إلى أي مدى يمكنك الاستنتاج من البيانات المتوفرة لديك. على سبيل المثال، القيمة 90 g هي قيمة بعيدة عن القيم المقيسة، وقد ينكسر الزنبرك بدلًا من التمدد إلى هذا الحد.

يستخدم علماء الفيزياء النماذج لتوقع سلوك الأنظمة بصورة دقيقة. فمثلًا، ما الحالات التي قد تؤدي إلى حدوث انفجار شمسي (انفجار هائل لبادة من سطح الشمس في الفضاء)؟ أو كيف يؤدي إجراء التغيرات على جدول ساعة قديمة إلى تغير قدرتها على عرض الوقت الدقيق؟ أو كيف تؤثر المجالات المغناطيسية في أحد الأجهزة الطبية؟ يستخدم البشر النماذج في جميع مناحي الحياة بطرق متعددة. وتعرض **الشكل 19** مثالًا على ذلك. ومن خلال الأدوات التي تعلمتها في هذه الوحدة، ستتطبع الإجابة عن الأسئلة وتصميم نماذج للمسائل الفيزيائية التي ستواجهك في بقية هذا الكتاب.

مختبر الفيزياء

استكشاف الأجسام المتحركة

كيف تُحدد سرعة مركبة؟

القسم 4 مراجعة

22. الفكرة الرئيسية ارسم البيانات التالية بيانيًّا. الزمن هو المتغير المستقل.

الزمن (s)	0	5	10	15	20	25	30	35
السرعة (m/s)	12	10	8	6	4	2	2	2

23. فسِّر رسمًا بيانيًّا ماذا يعني وجود مقطع y غير صفري في رسم بياني لكتلة كلية مقابل الحجم؟

24. توقَّع استخدم الرسم البياني الموضح في **الشكل 16** لتحديد الكتلة اللازمة لتمدد الزنبرك بمقدار 15 cm.

25. توقَّع استخدم الرسم البياني في **الشكل 18** لتوقُّع زمن الوصول عندما تكون السرعة 110 km/h.

26. التفكير الناقد انظر مرة أخرى إلى الرسم البياني الموجود في **الشكل 16**. واشرح بأسلوبك الخاص كيف سيختلف الزنبرك إذا كان الخط الموجود في الرسم البياني أقل عمقًا أو له ميل صغير.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الشكل 18 يُظهر هذا الرسم البياني العلاقة العكسية بين السرعة وزمن الوصول.

صف كيف يتغير زمن الوصول كلما زادت السرعة؟

مختبر الفيزياء

الدليل في الدم

الفيزياء والطب **كيف يمكن الحصول على أدلة من بقع الدم؟**

العلاقة العكسية يظهر الرسم البياني في **الشكل 18** كيف يختلف الزمن المستغرق لقطع 300 km مع زيادة سرعة السيارة. وهذا مثال على العلاقة العكسية، وتمثله المعادلة التالية. **العلاقة العكسية** هي علاقة عكسية يعتمد فيها متغير على معكوس المتغير الآخر.

العلاقة العكسية بين متغيرين $y = \frac{a}{x}$

العلاقات الثلاثة التي تعلمتها مثال على العلاقات التي ستدرسها غالبًا في هذا الكتاب. كما أن هناك عدة نماذج رياضية أخرى مستخدمة. ومن الأمثلة المهمة على تلك النماذج منحنيات الجيب وتستخدم لنمذجة الظواهر الدورية، والنمو والتحلل الأسي ويستخدمان لدراسة النشاط الإشعاعي. وتمثل التراكيب المؤلفة من نماذج رياضية مختلفة الظواهر الأكثر تعقيدًا.

☑ **التأكد من فهم النص** اشرح كيف يرتبط متغيران ببعضهما في علاقة عكسية.

تطبيقات

21. يوضح **الجدول 4** قيم الكتل لأحجام معينة من سبائك الذهب الخالص.

الجدول 4 كتلة سبائك الذهب الخالص

الحجم (cm^3)	الكتلة (g)
1.0	19.4
2.0	38.6
3.0	58.1
4.0	77.4
5.0	96.5

a. مثِّل الكتلة مقابل الحجم من واقع القيم الموضحة في الجدول وارسم المنحنى الأفضل مطابقة لجميع النقاط.

b. صف المنحنى الناتج.

c. وفقًا للرسم البياني، ما نوع العلاقة بين كتلة سبيكة الذهب الخالص وحجمها؟

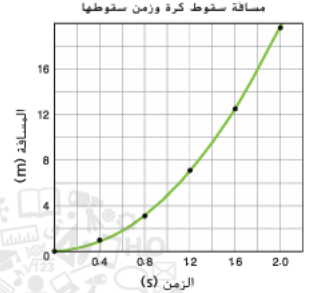
d. ما قيمة الميل لهذا الرسم البياني؟ أدخِل الوحدات المناسبة.

e. اكتب معادلة توضح الكتلة كدالة لحجم الذهب.

f. اكتب تفسيرًا مختصرًا لميل الخط.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الشكل 17 العلاقة التربيعية، أو علاقة القطع المكافئ: الموضحة هنا مثال على العلاقة غير الخطية.



العلاقات غير الخطية

تعرض الشكل 17 مسافة سقوط كرة نحاس مقابل الزمن. لاحظ أن الرسم البياني ليس خطًا مستقيمًا، مما يعني أن العلاقة ليست خطية. وهناك أنواع عديدة للعلاقات غير الخطية في العلوم. نذكر اثنين من الأنواع الأكثر شيوعًا وهما العلاقة التربيعية والعلاقة العكسية.

العلاقة التربيعية يوضح الرسم البياني في **الشكل 17** علاقة تربيعية ممثَّلة بالمعادلة التالية. وتوجد **العلاقة التربيعية** عندما يعتمد متغير على مربع متغير آخر.

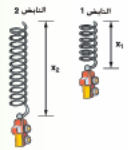
العلاقة التربيعية بين متغيرين

$$y = ax^2 + bx + c$$

يستطيع برنامج كمبيوتر أو آلة حاسبة رسومية إيجاد قيم الثوابت a وb وc في هذه المعادلة بسهولة. في **الشكل 17**، المعادلة هي $d = 5t^2$. راجع كتيب الرياضيات الموجود في كتيّب الأنشطة أو عبر الإنترنت للاطلاع على المزيد حول إنشاء الرسومات البيانية الخطية واستخدامها.

☑ **تأكد من فهمك** اشرح كيف يرتبط متغيران ببعضهما في علاقة تربيعية.

مسألة تحفيزية



يوجد جسم معلَّق في الزنبرك 1. واستطالة الزنبرك (مسافة تمدده) تساوي x_1. ثم تُزع هذا الجسم من الزنبرك الأول ويعلَّق في زنبرك ثانٍ. فكانت استطالة الزنبرك 2 تساوي x_2. وكانت x_2 أكبر من x_1.

1. ارسم الرسومات البيانية للكتلة مقابل الاستطالة لكلا الزنبركين، على المحاور نفسها.
2. هل ينبغي تضمين نقطة الأصل في الرسم البياني؟ لم أو لم لا؟
3. ما الميل الأشد انحدارًا؟
4. عند كتلة معينة، كان $x_1 = 1.6x_2$. فإذا كان $x_2 = 5.3\ cm$، فما قيمة x_1؟

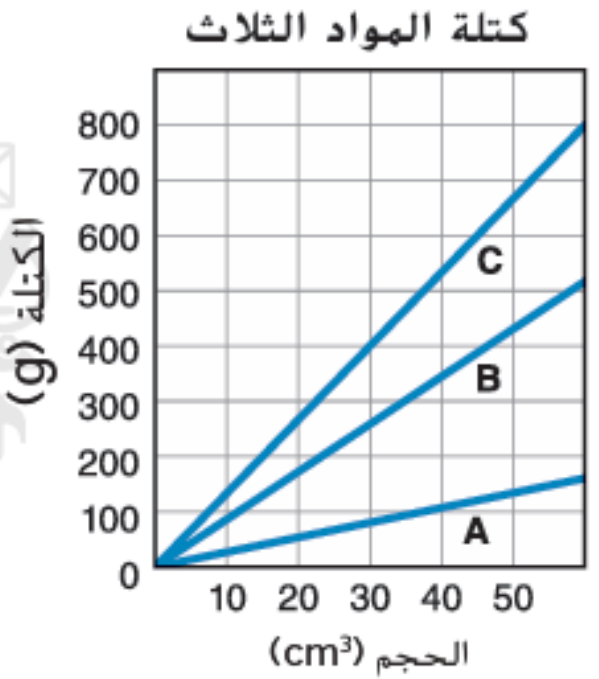
58. يعرض الشكل 23 كتل ثلاث مواد لأحجام تتراوح بين 0 و $60\ cm^3$.

a. ما كتلة $30\ cm^3$ من كل مادة؟

b. إذا كان لديك 100 g من كل مادة، فماذا سيكون حجم كل منها؟

c. صف في جملة أو جملتين معنى ميول الخطوط في هذا الرسم البياني.

d. اشرح معنى مقطع *y* لكل خط.



الشكل 23

a

b

c

d

61. في إحدى التجارب، قاس أحد الطلاب كتلة حجمها $10.0\ cm^3$ من مادة سائلة. ثم قاس الطالب كتلة حجمها $20.0\ cm^3$ من المادة. وكرر القياسات لحجوم أخرى من المادة وفق الجدول 7.

الجدول 7 قيم الكتلة لأحجام معينة من الكحول

الحجم (cm^3)	الكتلة (g)
10.0	7.9
20.0	15.8
30.0	23.7
40.0	31.6
50.0	39.6

a. مثّل بيانيًا القيم الموجودة في الجدول وارسم أفضل خط بياني مستقيم يمثل جميع النقاط.

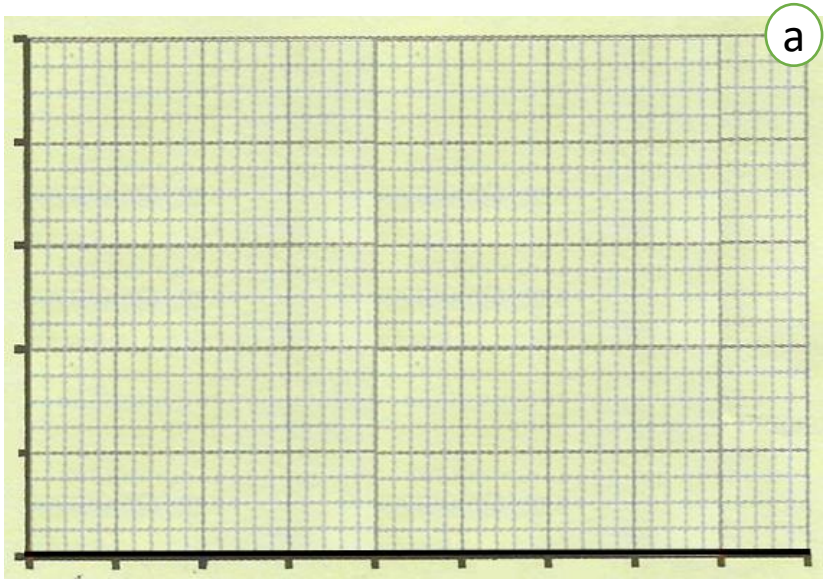
b. صف المنحنى الناتج.

c. استخدم الرسم البياني لكتابة معادلة تربط الحجم بكتلة المادة.

d. أوجد وحدات ميل الخط البياني. ما اسم الكمية الذي يطلق على ميل الخط البياني؟

e. ما كتلة $32.5\ cm^3$ من المادة؟

a



b

c

d

e

Mohammed Bin Rashid
Smart Learning Program

يوضح **الجدول 4** قيم الكتل لأحجام معينة من سبائك الذهب الخالص.

a. مثِّل الكتلة مقابل الحجم من واقع القيم الموضحة في الجدول وارسم المنحنى الأفضل مطابقة لجميع النقاط.

b. صف المنحنى الناتج.

c. وفقًا للرسم البياني، ما نوع العلاقة بين كتلة سبيكة الذهب الخالص وحجمها؟

d. ما قيمة الميل لهذا الرسم البياني؟ أدخِل الوحدات المناسبة.

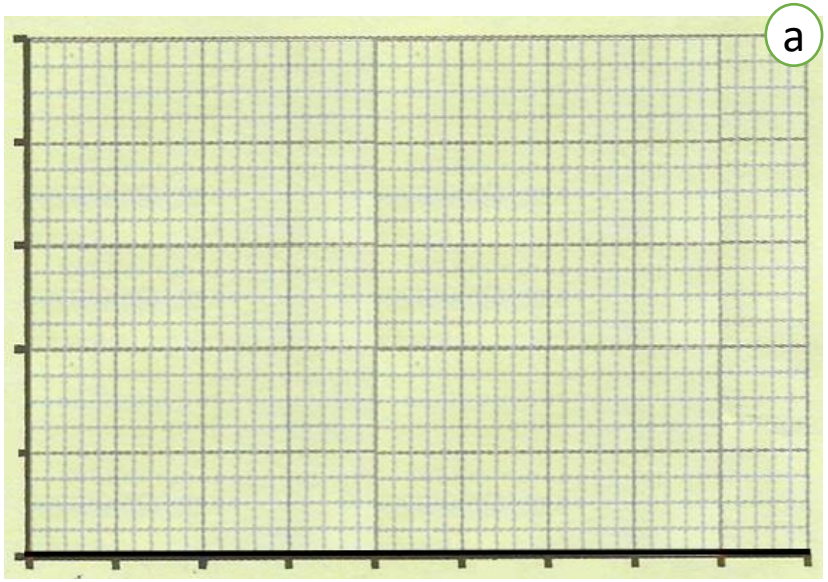
e. اكتب معادلة توضح الكتلة كدالة لحجم الذهب.

f. اكتب تفسيرًا مختصرًا لميل الخط.

الجدول 4 كتلة سبائك الذهب الخالص

الحجم (cm^3)	الكتلة (g)
1.0	19.4
2.0	38.6
3.0	58.1
4.0	77.4
5.0	96.5

a



b

c

d

e

f

1- يظهر الشكل المجاور زنبركا معلقا فيه كتلة، العلاقة بين طول الزنبرك (y) بوحدة (cm) ومقدار الكتلة المعلقة فيه (x) بوحدة (g) يعطى بالمعادلة الآتية :

$$[\, y = 0.40\, x + 12 \,]$$

- ما اسم الكمية الفيزيائية التي تمثل كل من ؟

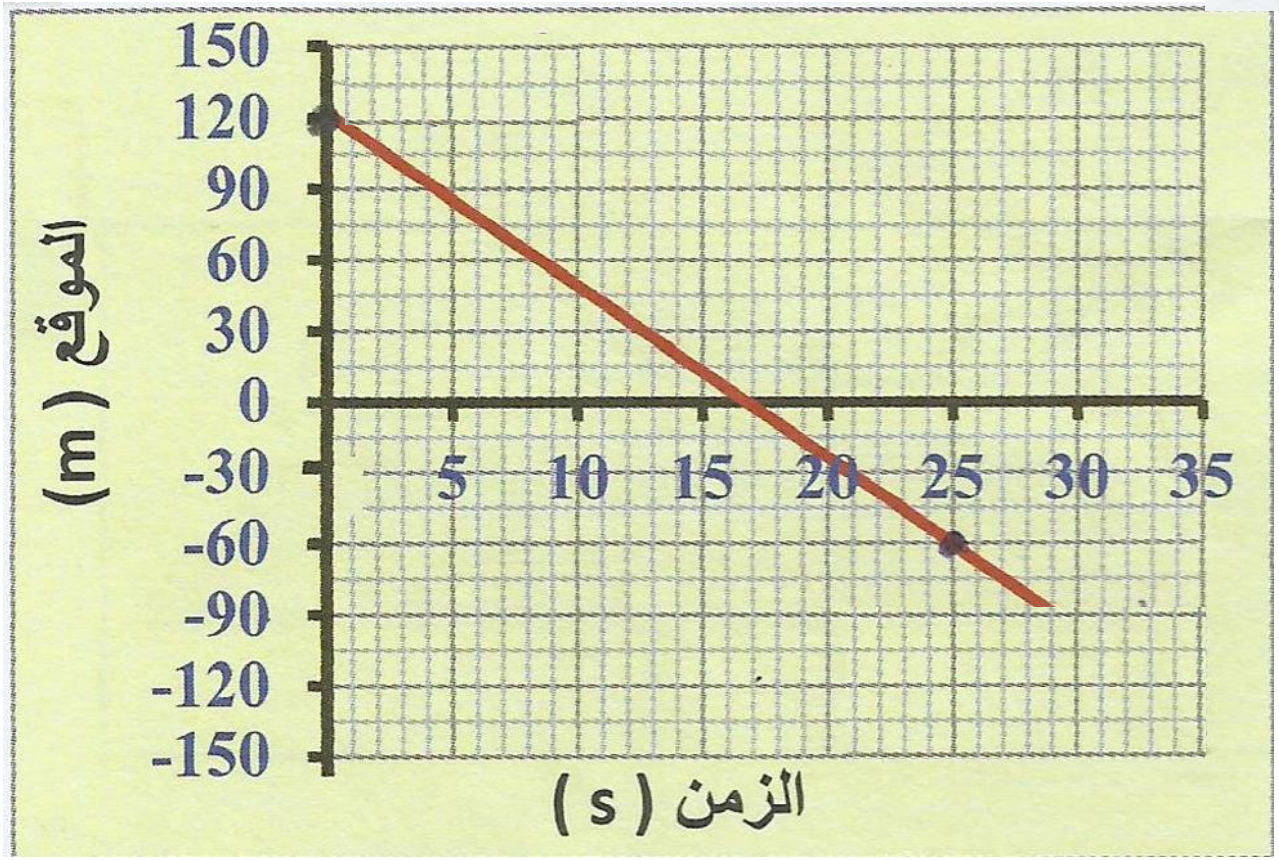
المتغير المستقل : ..... المتغير التابع : .....

- ما مقدار الطول الاصلي للزنبرك ؟

.....

تصف الكميات التالية الموقع أو التغيير الطارئ عليه: الموقع والمسافة والإزاحة. صف بإيجاز أوجه الاختلاف بينها.

الرسم البياني المجاور (الموقع – الزمن) لحركة سيارة بدأت حركتها باتجاه الغرب .



احسب السرعة المتوسطة المتجهة لحركة السيارة بعد (25 s) من بدء حركتها.

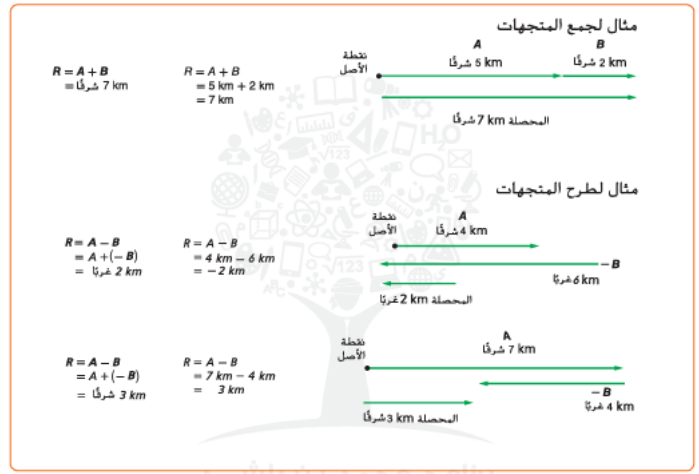
أوجد موقع السيارة بعد(35 s) من بدء حركتها اذا استمرت في حركتها بالسرعة المتوسطة المتجهة نفسها .

Q2	**الفرع A:** **تفسير الخطوط البيانية لمنحنيات (الموقع – الزمن)، و(السرعة – الزمن) لحركة جسم على خط مستقيم بحركة منتظمة أو غير منتظمة بتسارع ثابت أو متغير، وتوظيف مُعادلات الحركة لحل مسائل ذات صلة.** **الفرع B:** **التمييز بين الكميات القياسية (المسافة، السرعة ... الخ) والكميات المتجهة (الإزاحة، السرعة ... الخ) مع الأمثلة.**	كتاب الطالب مثال 2; Q.(16 - 20); Q.(32 - 35); Q.(38 - 40); Q.(59 - 60);(63, 66 - 69) Q.47	P.44 P.(38 – 40) P.44; P.45; P.(49 - 50); P.54; P.55 P.54

جمع المتجهات وطرحها ستتعرف على أنواع كثيرة ومختلفة من المتجهات في علم الفيزياء، بما في ذلك السرعة المتجهة والتسارع والزخم. ستحتاج غالبًا إلى إيجاد مجموع متجهين أو الفرق بين متجهين. يُسمى المتجه الذي يمثل مجموع متجهين آخرين **المحصّلة**. يوضح **الشكل 10** كيفية جمع المتجهات في بُعد واحد وطرحها. وفي وحدة مقبلة، ستتعلم كيفية جمع المتجهات في بُعدين وطرحها.

الشكل 10 ترى رسمًا أو معادلة لجمع المتجهات.

حلّل ما مجموع متجه طوله 12 m شمالاً ومتجه طوله 8 m شمالاً؟



القسم 2 مراجعة

6. **الفكرة الرئيسة** حدد نظامًا إحداثيًا يمكنك استخدامه لوصف حركة طفلة تسبح في حمّام سباحة مستطيل الشكل.

7. **الإزاحة** الرسم أدناه يوضح الحركة لسيارة على طريق دولي سريع. نقطتا البداية والنهاية موضحتان.

البداية • • • • • • • • • • النهاية

انسخ الرسم. ثم ارسم متجهًا يمثل إزاحة السيارة من زمن البداية إلى نهاية الفترة الزمنية الثالثة.

8. **الموقع** مثلت طالبتان رسم حركة لموقع جسم متحرك بعد $t = 2s$. وعندما قارنتا بين الرسمين. وجدتا أن الموقعين ليسا في الاتجاه نفسه. اشرح.

9. **الإزاحة** الرسم أدناه يوضح الحركة لطالب يذهب إلى المدرسة سيرًا على الأقدام.

المنزل • • • • • • • • • • المدرسة

انقل مخطط الحركة هذا، ثم ارسم متجهات لتمثيل الإزاحة بين كل نقطتين.

10. **التفكير الناقد** تتحرك سيارة في شارع من محل بقالة إلى مكتب بريد في خط مستقيم. ولتمثيل حركتها. استخدمت نظامًا إحداثيًا نقطة الأصل فيه عند محل البقالة واتجاه حركة السيارة فيه هو الاتجاه الموجب. بينما استخدم صديقك نظامًا إحداثيًا نقطة الأصل فيه عند مكتب البريد والاتجاه العكسي فيه هو الاتجاه الموجب. هل ستتفقان على موقع السيارة؟ والإزاحة؟ والمسافة؟ والفترة الزمنية التي استغرقتها الرحلة؟ اشرح.

حقوق الطبع والتأليف © لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الازاحات تعتبر متجهات. لقد رأيت سابقًا كيف يمكن وصف الموقع باعتباره موجبًا أو سالبًا بهدف توضيح هل الموقع على يمين نقطة الأصل أم على يسارها في المستوى الإحداثي. يشير ذلك إلى أن الموقع متجه لأن له اتجاه – إما إلى اليمين أو اليسار في هذه الحالة.

يوضح الشكل 9 موقع العدّاء عند كل من نقطة الشجرة ونقطة عمود الإنارة. لاحظ أنه يمكنك رسم سهم من نقطة الأصل إلى موقع العدّاء في كل حالة. وسيكون لهذه الأسهم مقدار واتجاه غالبًا ما نستخدم كلمة (موقع) للإشارة إلى مكان ما. أما في الفيزياء، فالموقع متجه ذيله عند نقطة الأصل لنظام الإحداثيات المستخدم. ورأسه عند المكان المراد تحديد موقعه..

يمكنك استخدام الرمز x لتمثيل الموقع رياضيًا في **الشكل 9**. يمثل الرمز x_i الموقع عند الشجرة، بينما يمثل الرمز x_f الموقع عند عمود الإنارة. يمثل الرمز Δx التغير في الموقع من نقطة الشجرة إلى نقطة عمود الإنارة. نظرًا لكثرة وصف التغير في الموقع وتحليله في مجال الفيزياء، فإن له اسمًا خاصًا. في الفيزياء، يُسمى التغير في الموقع **الإزاحة**، ولأن الإزاحة لها اتجاه، فهي متجه.

تأكد من فهمك قارن بين المسافة التي يتحركها الجسم وإزاحة الجسم لحركة في خط مستقيم.

ماذا كانت إزاحة العدّاء عندما ركض من الشجرة إلى عمود الإنارة؟ عند النظر إلى **الشكل 9**، ترى أن هذه الإزاحة كانت 20 m إلى اليمين. لاحظ أيضًا أن الإزاحة من الشجرة إلى عمود الإنارة (Δx) تساوي قيمة الموقع عند عمود الإنارة (x_f) مطروحًا منها قيمة الموقع عند الشجرة (x_i). هذه حقيقة عامة: فالإزاحة تساوي الموقع النهائي مطروحًا منه الموقع الابتدائي.

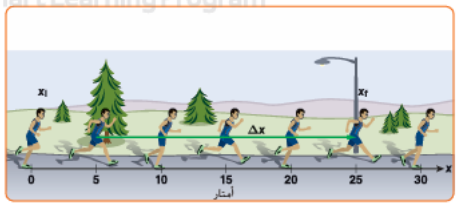
الإزاحة

الإزاحة هي التغير في الموقع و تساوي الموقع النهائي مطروحًا من الموقع الابتدائي.

$$\Delta x = x_f - x_i$$

تذكّر أن الموقعين الابتدائي والنهائي هما بداية أي فترة زمنية تختارها ونهايتها. ورغم أن الموقع متجه، إلا أن مقدار الموقع قد يوصف أحيانًا من دون استخدام خط عريض. في هذه الحالة، قد تُستخدم علامة الموجب أو السالب لتوضيح الاتجاه.

تأكد من فهمك صف ما يشير إليه اتجاه سهم الإزاحة وطوله.



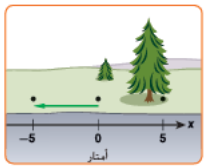
الشكل 9 يمثل x_i وx_f موقعين. يمثل المتجه Δx الإزاحة من x_i إلى x_f.

صف الإزاحة من عمود الإنارة إلى الشجرة.

تجربة مصغرة

نماذج متجهات

كيف يمكنك نمذجة جمع المتجهات باستخدام ألعاب التركيب؟



الشكل 7 يوضح السهم الأخضر إزاحة سالبة مقدارها -5.0 m إذا تم اعتبار الاتجاه الموجود على يمين نقطة الأصل كاتجاه موجب.

الاستدلال ما الموقع الذي يمكن أن يوضحه السهم إذا اخترت الاتجاه الموجود على يسار نقطة الأصل كاتجاه موجب؟

الموقع السالب هل يوجد ما يُسمى بالموقع السالب؟ افترض أنك اخترت النظام الإحداثي الذي تم توضيحه للتو. لكنك وضعت نقطة الأصل هذه المرة على بُعد 4 m يسار الشجرة مع امتداد المحور الأفقي x في الاتجاه الموجب ناحية اليمين. سيكون الموقع على بُعد 9 m يسار الشجرة، أو 5 m يسار نقطة الأصل موقفًا سالبًا. كما هو موضح في **الشكل 7**.

الكميات المتجهة وغير المتجهة

توجد كميات كثيرة في الفيزياء لها حجم، يُسمى أيضًا **المقدار**، واتجاه. تُسمى الكمية التي لها مقدار واتجاه **متجهًا**. يمكن تمثيل المتجه بالأسهم. حيث يمثل طولُ السهم مقدارَ المتجه، ويمثل اتجاهُ السهم اتجاهَ المتجه. يُطلق على الكمية التي تمثل عددًا من دون أي اتجاه، كالمسافة أو الزمن أو درجة الحرارة، اسم **كمية عددية**. في هذا الكتاب المدرسي، نستخدم أحرفًا مكتوبة بخط عريض لتمثيل الكميات المتجهة وأحرفًا مكتوبة بالخط العادي لتمثيل الكميات العددية.

تُعتبر الفترات الزمنية كميات عددية. عند تحليل حركة العدّاء، ربما تحتاج إلى معرفة الزمن الذي استغرقه للركض من نقطة الشجرة إلى نقطة عمود الإنارة. يمكنك الحصول على هذه القيمة عن طريق إيجاد الفرق بين قراءة ساعة الإيقاف عند الشجرة وقراءتها عند عمود الإنارة. يوضح **الشكل 8** هاتين القراءتين. يُسمى الفرق بين زمنين **فترة زمنية**.

والرمز الشائع للفترة الزمنية هو Δt، حيث يُستخدم الحرف اليوناني (Δ) لتمثيل التغير في الكمية. افترض أن t_i يمثل الزمن الابتدائي (البداية)، عندما كان العدّاء عند الشجرة. وافترض أن t_f يمثل الزمن النهائي (النهاية) للفترة الزمنية، عندما كان العدّاء عند عمود الإنارة؛ حينها نُعرّف الفترة الزمنية رياضيًا على النحو التالي.

الفترة الزمنية

تساوي الفترة الزمنية الزمن النهائي مطروحًا منه الزمن الابتدائي.

$$\Delta t = t_f - t_i$$

يمثل الحرفان السفليان i و f الزمنين الابتدائي والنهائي. لكن يمكن أن يكونا الزمنين الابتدائي والنهائي لأي فترة زمنية تختارها. في مثال العدّاء، يكون الزمن الذي يستغرقه للركض من نقطة الشجرة إلى نقطة عمود الإنارة هو $t_f - t_i = 5.0\ s - 1.0\ s = 4.0\ s$. أو يمكنك وصف الفترة الزمنية لركض العدّاء من نقطة الأصل إلى نقطة عمود الإنارة.

في هذه الحالة، ستكون الفترة الزمنية $t_f - t_i = 5.0\ s - 0.0\ s = 5.0\ s$.

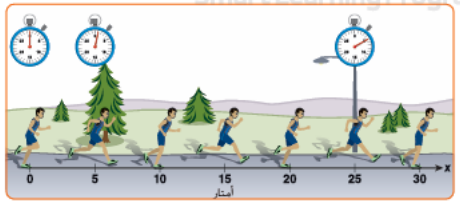
الفترة الزمنية كمية عددية لأنها لا اتجاه لها. لكن ماذا عن موقع العدّاء؟ هل هو كمية عددية أيضًا؟

المفردات

الاستخدام العلمي مقابل الاستخدام العام

المقدار (Magnitude)

- **الاستخدام العلمي**
  قياس الطول
  عند رسم متجه، يكون مقدار المتجه يتناسب مع طول هذا المتجه.
- **الاستخدام العام**
  طول كبير أو ممتد
  يصف اظهار مقدار الأعداد الأعظم
  الأعداد الأعظم في صور توتوغرافية.



الشكل 8 يمكنك استخدام الساعات الموجودة في الشكل لحساب الفترة الزمنية (Δt) لحركة العدّاء من موقع إلى آخر.

السرعة اللحظية المتجهة لماذا نسمي الكمية $\frac{\Delta x}{\Delta t}$ السرعة المتوسطة المتجهة؟ لماذا لا نسميها السرعة المتجهة فقط؟ يوضح مخطط الحركة وضع الجسم المتحرك في بداية الفترة الزمنية ونهايتها. ومع ذلك، لا يشير إلى ما حدث خلال هذه الفترة الزمنية. خلال الفترة الزمنية، يمكن أن تظل سرعة الجسم على حالها أو تزيد أو تقل. يمكن أن يتوقف الجسم أو حتى يُغير اتجاهه. يمكنك إيجاد السرعة المتوسطة المتجهة لكل فترة زمنية في مخطط الحركة، ولكن لا يمكنك إيجاد سرعة الجسم واتجاهه في أي لحظة معينة. تُسمى سرعة الجسم واتجاهه في لحظة معينة **السرعة اللحظية المتجهة**، في هذا الكتاب المدرسي، يشير مصطلح السرعة المتجهة إلى السرعة اللحظية المتجهة التي تُمثل بالرمز v.

☑ **تأكد من فهمك** **اشرح** إلى أي مدى تختلف السرعة المتوسطة المتجهة عن السرعة المتجهة.

السرعة المتوسطة المتجهة في مخططات الحركة عندما يتحرك جسم بين نقطتين، تصبح سرعته المتوسطة المتجهة في نفس اتجاه إزاحته. تتناسب الكميتان تناسبًا طرديًا أيضًا. عندما تزيد الإزاحة خلال فترة زمنية معينة، تزداد سرعته المتوسطة المتجهة كذلك. يشير مخطط الحركة إلى اتجاه السرعة المتوسطة المتجهة ومقدارها.

تخيل نزول سيارتين من طريق بسرعات مختلفة. تسجل كاميرا فيديو حركة السيارات بمعدل محيط إطار واحد في كل ثانية. تخيل أن كل سيارة توجد بها فرشاة رسم تنزل معها تلقائيًا وترسم خطًا على الأرض خلال نصف ثانية كل ثانية. سترسم السيارة الأسرع خطًا أطول على الأرض. تشبه المتجهات التي ترسمها على مخطط الحركة لتمثيل السرعة المتجهة الخطوط التي ترسمها فرش الرسم على الأرض أسفل السيارات. في هذا الكتاب، نستخدم اللون الأحمر للإشارة إلى المتجهات المرسومة على مخططات الحركة. يوضح **الشكل 23** مخططات الحركة المرسوم عليها متجهات السرعة المتجهة لسيارتين. تتحرك واحدة إلى اليمين، والأخرى إلى اليسار.

☑ **تأكد من فهمك** حدد المقصود بأطوال متجهات السرعة المتجهة.

معادلة الحركة

من الأفضل غالبًا استخدام معادلة، بدلًا من رسم بياني، لحل المسائل. في أي وقت ترسم خطًا مستقيمًا، يمكنك أن تجد معادلة لوصفه. ألقِ نظرة أخرى على الرسم البياني الموضح في **الشكل 20** للجسم الذي يتحرك بسرعة متجهة ثابتة 5.0 m/s-. تذكر أنه يمكنك تمثيل أي خط مستقيم بالمعادلة $y = mx + b$، بحيث تكون y هي الكمية الممثلة على المحور الرأسي، m هي ميل الخط، وx هي الكمية الممثلة على المحور الأفقي، وb هي تقاطع الخط مع y.

في ما يتعلق بالرسم البياني الموضح في **الشكل 20**، الكمية الممثلة على المحور الرأسي هي الموقع ويمثلها المتغير x. ميل الخط هو 5.0 m/s-، وهو السرعة المتوسطة المتجهة للجسم v_{avg}. الكمية الممثلة على المحور الأفقي هي الزمن t. التقاطع مع y يساوي 20.0 m. ما الذي تمثله هذه القيمة 20.0 m؟ يوضح هذا ان الجسم كان عند الموقع 20.0 m عندما تكون $t = 0.0$ s. يُسمى ذلك الموقع الابتدائي للجسم ويُشار إليه بالرمز x_i.

الفيزياء في حياتك

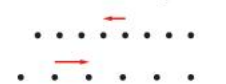
سجلات السرعة الرقم القياسي العالمي لسباق 100 متر للرجال هو 9.58 s. وقد حققه يوسين بولت في عام 2009. الرقم القياسي العالمي لسباق 100 متر للسيدات هو 10.49 s. وقد حققته جريفيث جوينر في عام 1988.

تجربة مصغرة

متجهات السرعة المتجهة

كيف تمثل متجهات السرعة حركة جسم؟

الشكل 23 يتناسب طول كل متجه من متجهات السرعة المتجهة مع مقدار السرعة المتجهة التي يمثلها.



تطبيقات

بالنسبة إلى المسائل 16-19. ارجع إلى الشكل الموضح في المثال 2 في الصفحة السابقة.

16. أين كان موقع العدّاء A عند $t = 0$ s ؟

17. أي العدّاءين كان في المقدمة عند $t = 48.0$ s؟

18. أين كان العدّاء B عندما كان العدّاء A عند النقطة 0.0 m؟

19. ما مقدار المسافة بين العدّاءين A وB عند $t = 20.0$ s؟

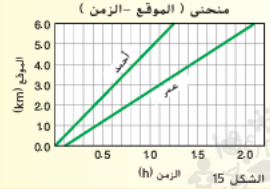
20. **التحدي** خرج أحمد في نزهة سيرًا على الأقدام. بعد فترة، خرج صديقه عمر في النزهة نفسها. وقد مثلت الحركة لكل منهما على الرسم البياني للموقع والزمن في **الشكل 15**.

a. ما مقدار المسافة التي كانت قد تحركها أحمد عندما بدأ عمر المشي؟

b. هل سيلحق عمر بأحمد؟ كيف يمكنك أن تشرح ذلك؟

c. ماذا كان موقع أحمد بعد $t = 0.2$ h ؟

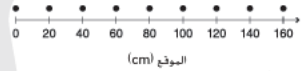
d. ما الزمن الذي استغرقه عمر ليكون على بُعد 50 km من نقطة البداية؟



الشكل 15

القسم 3 مراجعة

21. **الفكرة الرئيسة** باستخدام نموذج الجسيم النقطي لمخطط الحركة الموضح في **الشكل 16** لرضيع يحبو في المطبخ، ارسم الرسم البياني للعلاقة بين الموقع والزمن لتمثيل حركة الرضيع. مع العلم أن الفترة الزمنية بين النقاط المتتابعة على المخطط هي 1 s.

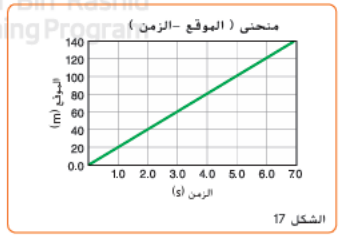


الشكل 16

بالنسبة إلى المسائل 22-25. ارجع إلى **الشكل 17**.

22. **نموذج الجسيم النقطي** أنشئ مخطط حركة باستخدام نموذج الجسيم النقطي من الرسم البياني للعلاقة بين الموقع والزمن في **الشكل 17** لانزلاق قرص الهوكي على سطح جليد.

23. **الزمن** استخدم الرسم البياني للعلاقة بين الموقع والزمن لقرص الهوكي لتحديد الزمن الذي كان فيه القرص على بُعد 10.0 m من نقطة الأصل.

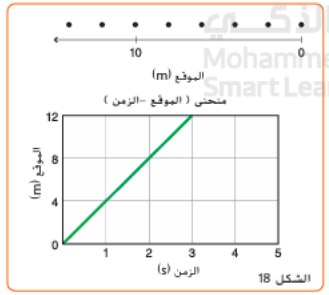


الشكل 17

24. **المسافة** استخدم الرسم البياني للعلاقة بين الموقع والزمن في **الشكل 17** لتحديد المسافة التي تحركها قرص الهوكي بين $t = 0.0$s و $t = 5.0$s

25. **الفترة الزمنية** استخدم الرسم البياني للعلاقة بين الموقع والزمن لقرص الهوكي لتحديد مقدار الزمن الذي استغرقه القرص للتحرك من نقطة تبعد 40 m عن نقطة الأصل إلى نقطة تبعد 80 m عن نقطة الأصل.

26. **التفكير الناقد** انظر إلى مخطط نموذج الجسيم النقطي والرسم البياني للعلاقة بين الموقع والزمن الموضحين في **الشكل 18**. هل يصفان الحركة نفسها؟ كيف عرفت ذلك؟ لا تخلط بين النظام الإحداثي للموقع في نموذج الجسيم النقطي والمحور الأفقي في الرسم البياني للعلاقة بين الموقع والزمن. مع العلم أن الفترات الزمنية في مخطط نموذج الجسيم النقطي هي 2 s.



الشكل 18

حقوق الطبع والتأليف © مجموعة لمسالك مؤسسة McGraw-Hill Education

رسم بياني لمنحنى (الموقع –الزمن) لعدة أجسام والزمن

يوضح المثال 2 أدناه الرسم البياني للعلاقة بين الموقع والزمن لعدّاءين مختلفين. لاحظ أن العدّاء A يسبق العدّاء B عند الزمن $t = 0$.

لكن تختلف حركة كل عدّاء. متى وأين يتجاوز أحد العدّاءين الآخر؟ أولًا، ينبغي أن تُعيد صياغة هذا السؤال بمصطلحات فيزيائية: في أي زمن يصل العدّاءان إلى الموقع نفسه؟ وما موقعهما عند هذا الزمن؟ يمكنك تقييم هذين السؤالين عن طريق تحديد النقطة التي يتقاطع عندها الخطان اللذان يُمثلان حركتي العدّاءين على الرسم البياني للعلاقة بين الموقع والزمن.

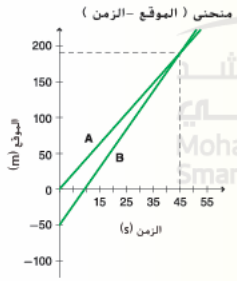
توضح لك نقطة تقاطع الخطين على الرسم البياني للعلاقة بين الموقع والزمن الذي يصل فيه الجسمان إلى الموقع نفسه. ولكن هل يعني ذلك أنهما سيصطدمان؟ ليس بالضرورة. على سبيل المثال، إذا كان الجسمان يمثلان عدّاءين وكانا في طريقين مختلفين. فلن يصطدما. رغم أنهما قد يكونان على بُعد مسافة واحدة من نقطة البداية.

☑ **تأكد من فهمك** اشرح المقصود بنقطة تقاطع خطين على الرسم البياني للعلاقة بين الموقع والزمن.

ما الذي يمكنك معرفته أيضًا من الرسم البياني للعلاقة بين الموقع والزمن؟ لاحظ في المثال 2 أن الخطين يختلفان في الميل على الرسم البياني. ما الذي يوضحه لك ميل الخط على الرسم البياني للعلاقة بين الموقع والزمن؟ في القسم التالي، سنستخدم ميل الخط على الرسم البياني للعلاقة بين الموقع والزمن لتحديد السرعة المتجهة للجسم. وعندما نَدرس الحركة المتسارعة، سنرسم رسومات بيانية أخرى للحركة وسنتعلم كيفية تفسير المناطق التي تقع أسفل الخطوط المرسومة. وفي دروس لاحقة، ستواصل تحسين مهاراتك في إنشاء أنواع مختلفة من الرسومات البيانية للحركة وتفسيرها.

مثال 2

تفسير رسم بياني يصف الرسم البياني الموجود على اليسار حركة عدّاءين يتحركان في مسار مستقيم. ويرمز للخطين اللذين يمثلان حركتيهما بالرمز A وB. متى وأين يتجاوز العدّاء A العدّاء B؟



1 تحليل المسألة

أعد صياغة السؤالين.

السؤال 1: في أي زمن يصل العدّاءان A وB إلى الموقع نفسه؟

السؤال 2: ما موقع العدّاء A والعدّاء B عند هذا الزمن؟

2 إيجاد المجهول

السؤال 1

أمعن النظر في الرسم البياني لتحديد نقطة تقاطع الخط الذي يمثل حركة العدّاء A مع الخط الذي يمثل حركة العدّاء B. يتقاطع هذان الخطان عند الفترة الزمنية 45 s.

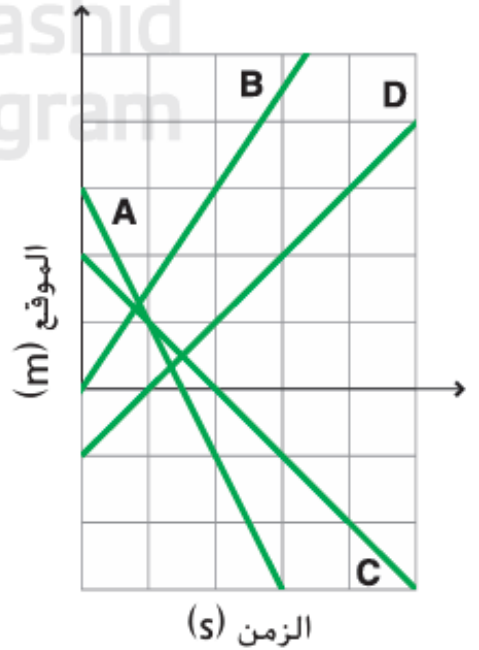
السؤال 2

أمعن النظر في الرسم البياني لتحديد الموقع عند الزمن الذي يتقاطع فيه الخطان اللذان يمثلان حركة العدّاءين. موقع العدّاءين على بُعد 190 m تقريبًا من نقطة الأصل.

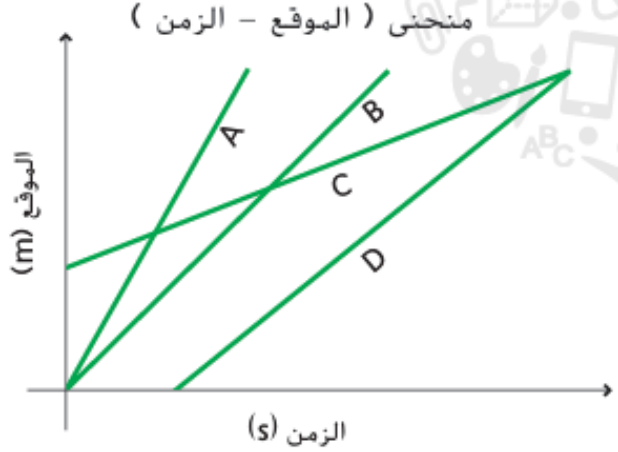
يتجاوز العدّاء B العدّاء A بعد مسافة 190 m تقريبًا من نقطة الأصل، أي بعد 45 s من تجاوز العدّاء A لنقطة الأصل.

حقوق الطبع والتأليف © مجموعة لمسالك مؤسسة McGraw-Hill Education

40. **مهمة الترتيب** رتب الرسومات البيانية الموضحة في **الشكل 25** حسب الموقع الابتدائي لكل جسم، من أكبر موقع موجب إلى أكبر موقع سالب. أشر إلى أي معادلة على وجه التحديد. هل سيختلف ترتيبك إذا رتّبت حسب المسافة الابتدائية من نقطة الأصل؟



59. **مهمة الترتيب** يوضح الرسم البياني للعلاقة بين الموقع والزمن في **الشكل 27** حركة أربع أبقار تعود من المراعي إلى الحظيرة. رتّب الأبقار بناء على سرعتها المتوسطة، من الأبطأ إلى الأسرع.



الشكل 27

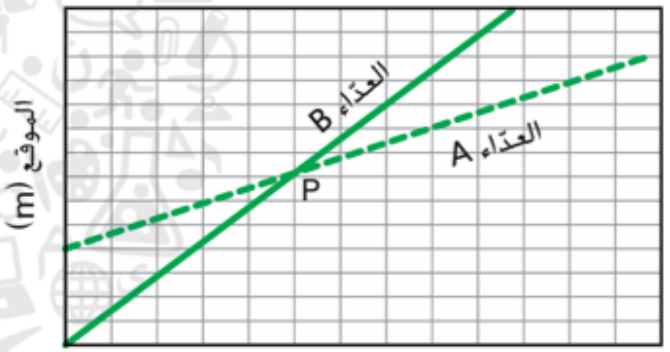
يمثل الرسم البياني حركة شخصين يمارسان رياضة الجري

1- صف موقع العداء A مقارنة بالعداء B عند نقطة التقاطع مع المحور Y .

a- من العداء الاسرع ؟ مع التفسير.

b- ماذا يحدث عند النقطة P ؟

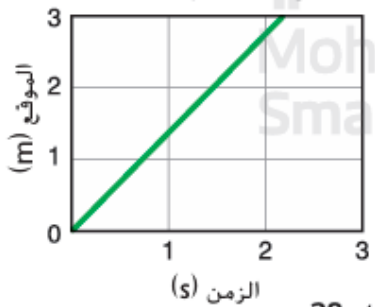
منحنى (الموقع – الزمن)



c- ماذا يحدث عند النقطة P ؟

60. يوضح **الشكل 28** رسمًا بيانيًا للعلاقة بين الموقع والزمن لأرنب يركض بعيدًا عن أحد الكلاب. ما وجه الاختلاف في الرسم البياني إذا كان الأرنب يركض بسرعة مضاعفة؟ وما وجه الاختلاف فيه إذا كان الأرنب يركض في الاتجاه المعاكس؟

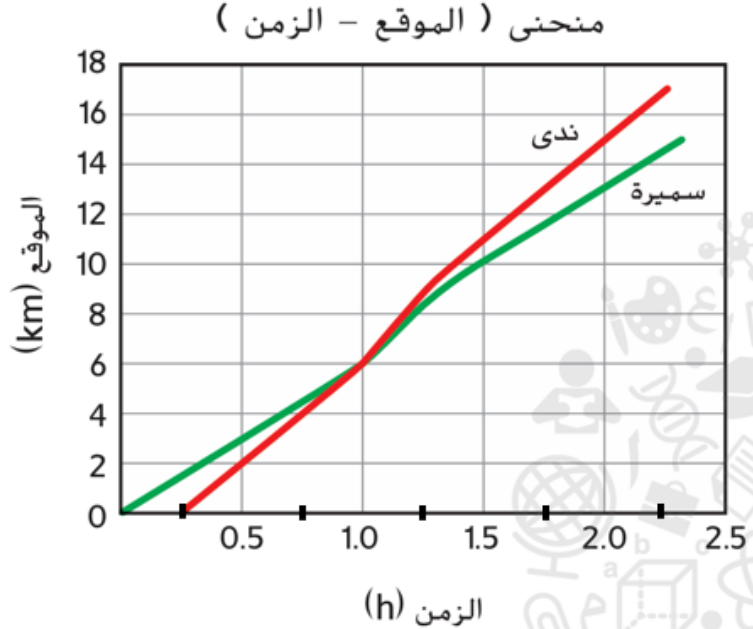
منحنى (الموقع – الزمن)



الشكل 28

Mohammed Smart Learn

. يوضح الشكل الرسومات البيانية للعلاقة بين الموقع والزمن الخاص بممارسة ندى وسميرة لرياضة قوارب التجديف في النهر، كل منهما في قارب منفصل.



a- حدد الزمن والموقع الذي تلتقي فيه ندى بسميرة.

b- كم من الزمن الذي تستغرقه ندى في التجذيف قبل المرور بسميرة.

c- في أي مكان في النهر يبدو أنه قد يكون هناك تيار سريع ؟ فسر ذلك .

d- ما البعد بين ندى وسميرة عند الزمن 2.0 h .

e- ما ازاحة سميرة بين اللحظتين 1.0 h و 1.5 h . .

Q3	حل المسائل باستخدام مجموعة معادلات الحركة للتسارع الثابت.	كتاب الطالب	P.(68 - 74)
		Q. (16 - 39)	P.(68 - 74)

مثال 3

إيجاد الإزاحة من رسم بياني للسرعة المتجهة – الزمن يوضح منحنى (السرعة المتجهة – الزمن) على اليسار حركة طائرة ما. أوجد إزاحة الطائرة خلال الفترتين $\Delta t = 1.0s$ و $\Delta t = 2.0s$ بافتراض أن الاتجاه للأمام هو الاتجاه الموجب.

1 تحليل المسألة ورسم مخطط لها

- الإزاحة هي المساحة أسفل الرسم البياني v-t.
- نبدأ الفترات الزمنية عندما t = 0.0 s.

المعلوم	المجهول
$v = +75\ m/s$	$\Delta x = ?$
$\Delta t = 1.0\ s$	
$\Delta t = 2.0\ s$	

2 إيجاد المجهول

استخدم العلاقة بين الإزاحة والسرعة المتجهة والفترة الزمنية لإيجاد Δx خلال $\Delta t = 1.0\ s$.

$$\Delta x = v\Delta t$$

$$= (+75\ m/s)(1.0\ s)$$ ◄ بالتعويض $v = +75\ m/s$ ، $\Delta t = 1.0s$

$$= +75\ m$$

استخدم العلاقة نفسها لإيجاد قيمة Δx خلال الفترة $\Delta t = 2.0s$.

$$\Delta x = v\Delta t$$

$$= (+75\ m/s)(2.0\ s)$$ ◄ بالتعويض $v = +75\ m/s$ ، $\Delta t = 2.0s$

$$= +150\ m$$

3 تقييم الإجابة

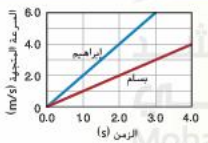
- **هل الوحدات صحيحة؟** تقاس الإزاحة بالأمتار.
- **هل الإشارات مفهومة؟** الإشارة الموجبة تتماشى مع الرسم البياني.
- **هل هذا المقدار واقعي؟** من المعقول بالنسبة إلى الطائرة أن تتحرك مسافة قريبة من طول ملعب كرة قدم في الثانية الواحدة.

تطبيقات

20. يصف منحنى (السرعة المتجهة – الزمن) في **الشكل 13** حركة سائقي دراجتين هوائيتين. هما إبراهيم وسام. اللذان بدآ الحركة من السكون وينجهان شمالاً مع زيادة سرعتهما بتسارع ثابت. فكم كانت قيمة الإزاحة الكلية لكل سائق دراجة خلال الفترة الموضحة لكل منهما؟

تلميح: استخدم مساحة المثلث: المساحة = $\left(\frac{1}{2}\right)$ (القاعدة) (الارتفاع).

21. يصف منحنى (السرعة المتجهة – الزمن) في **الشكل 14** حركة شخصين يتحركان جنوبًا على طول مسار مستقيم. ما الإزاحة الكلية لكل شخص خلال الفترة الزمنية 4.0 s الموضحة على الرسم البياني؟



الشكل 13

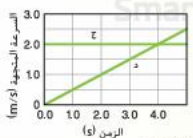
22. مسألة تحفيزية سيارة تدخل في امتداد طريق مستقيم سريع وتسير بتسارع ثابت في اتجاه الغرب تبدأ السرعة من 0 m/s وتصل إلى 25 m/s خلال 12 s.

a. ارسم رسمًا بيانيًا v-t لحركة السيارة.

b. استخدم الرسم البياني لتحديد إزاحة السيارة خلال الفترة الزمنية 12.0 s.

c. تسير سيارة أخرى على نفس امتداد الطريق السريع وتقطع المسافة نفسها خلال الزمن نفسه مثل السيارة الأولى ولكن بسرعة متجهة ثابتة. ارسم رسمًا بيانيًا v-t لحركة هذه السيارة.

d. اشرح كيف توصلت إلى السرعة المتجهة للسيارة.



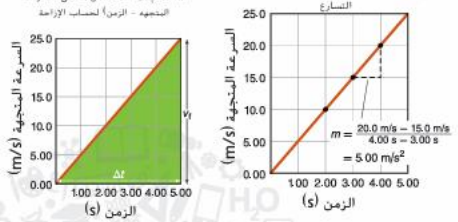
الشكل 14

McGraw-Hill Education © محفوظ لصالح مؤسسة محمد بن راشد آل مكتوم

الشكل 12 ميول منحنى (الموقع – الزمن) في **الشكل 11** موضحة في هذه المنحنيات (السرعة المتجهة – الزمن). يمكن الحصول على التسارع الموضح جهة اليسار بضبط نسبة الارتفاع على المسافة الأفقية. يمكن الحصول على الإزاحة الموضحة جهة اليسار من خلال المساحة أسفل المنحنى.

احسب ما الميل في الرسم البياني للسرعة المتجهة – الزمن جهة اليمين بين $t_i = 2.00s$ و $t_f = 5.00s$؟

يستخدم ميل منحنى (السرعة المتجهة – الزمن) لحساب التسارع



تستخدم المساحة أسفل منحنى (السرعة المتجهة – الزمن) لحساب الإزاحة

السرعة المتجهة مع التسارع المتوسط

لقد قرأت أنه يمكن إعادة ترتيب معادلة حساب متوسط السرعة المتجهة جبريًا لمعرفة الموقع الجديد بعد فترة من الزمن. في حالة معرفة الموقع الابتدائي ومتوسط السرعة المتجهة. وبالمثل، يمكن تعديل تعريف التسارع المتوسط لمعرفة السرعة المتجهة الجديدة بعد فترة من الزمن في حالة معرفة السرعة المتجهة الابتدائية والتسارع المتوسط.

إذا كنت تعرف التسارع المتوسط لجسم ما خلال فترة زمنية معينة، فيمكنك استخدامه لتحديد مقدار تغيُّر السرعة المتجهة خلال تلك الفترة الزمنية. يمكنك إعادة كتابة تعريف التسارع المتوسط، $\left(\overline{a} \equiv \frac{\Delta v}{\Delta t}\right)$ كالآتي:

$$\Delta v = \overline{a}\Delta t$$

$$v_f - v_i = \overline{a}\Delta t$$

يمكن كتابة معادلة حساب السرعة المتجهة النهائية مع التسارع المتوسط كالتالي:

السرعة المتجهة النهائية مع التسارع المتوسط

السرعة المتجهة النهائية تساوي السرعة المتجهة الابتدائية مضافًا إليها ناتج ضرب التسارع المتوسط في الفترة الزمنية.

$$v_f = v_i + \overline{a}\Delta t$$

في الحالات التي يكون فيها التسارع ثابتًا، تكون قيمة التسارع المتوسط (a) هي قيمة التسارع اللحظي نفسها (a). يمكن إعادة ترتيب هذه المعادلة لإيجاد الزمن لجسم سرعته المتجهة معلومة ويتحرك بتسارع ثابت. كما يمكنك استخدامها لحساب السرعة المتجهة الابتدائية لجسم إذا كانت سرعته المتجهة والزمن الذي حدثت فيه معلومتان.

مختبر الفيزياء

قياس التسارع

تجربة برمجيات المحسات ما الذي يوضحه الرسم البياني عن حركة عربة ما؟

تطبيقات

16. تتحرك كرة جولف صعودًا أعلى تل نحو حفرة جولف صغيرة. افترض أن الاتجاه نحو الحفرة هو الاتجاه الموجب.

a. إذا بدأت كرة الجولف حركتها بسرعة 2.0 m/s ثم انخفضت بمعدل ثابت يبلغ $0.50\ m/s^2$. فكم تبلغ سرعتها المتجهة بعد 2.0 s؟

b. ما السرعة المتجهة لكرة الجولف إذا استمر التسارع الثابت لفترة 6.0 s؟

c. صف حركة كرة الجولف من خلال كلماتك ومخطط للحركة.

17. تتحرك حافلة شرقًا بسرعة 30.0 km/h بتسارع $1.5\ m/s^2$. فكم تبلغ سرعتها المتجهة بعد 6.8 s؟

18. إذا تسارعت سيارة من وضع السكون بمعدل ثابت $5.5\ m/s^2$ شمالًا. فكم ستستغرق من الزمن لتصل سرعتها المتجهة إلى 28 m/s شمالًا؟

19. مسألة تحفيزية سيارة تنخفض سرعتها من 22 m/s إلى 3.0 m/s بمعدل ثابت $2.1\ m/s^2$. فكم ثانية تستغرقها السيارة قبل أن تتحرك بسرعة متجهة للأمام مقدارها 3.0 m/s؟

برنامج محمد بن راشد للتعلم الذكي
Mohammed Bin Rashid Smart Learning Program

القسم 2 الحركة بتسارع ثابت

الفيزياء في حياتك

لنفترض أن سيارة تتحرك على طريق وفجأة رأى سائقها شجرة ساقطة تقطع الطريق أمامه. هل سيتمكن السائق من إيقاف السيارة في الوقت المناسب؟ يعتمد الأمر بالكامل على قدرة فرامل السيارة على اكساب السيارة تسارعاً في الاتجاه المعاكس لحركتها.

الموقع مع التسارع الثابت

إذا تحرك جسم ما بتسارع ثابت، تتغير سرعته المتجهة بمعدل ثابت. كيف يتغير موقعه؟ يعرض **الشكل 11** رسومات بيانية لمواقع سيارة ذات تسارع ثابت في أزمنة مختلفة. يوضح الرسم البياني أن حركة السيارة غير منتظمة، حيث تزداد شيئًا فشيئًا الإزاحة خلال الفترات الزمنية المتساوية على الرسم البياني باستمرار. نتيجة لذلك، يزداد انحدار ميل الخط في **الشكل 11** مع مرور الزمن. بالنسبة إلى جسم يتحرك بتسارع ثابت، يأخذ الرسم البياني للموقع – الزمن شكل القطع المتكافئ.

استخدمت ميول الرسم البياني للموقع – الزمن في **الشكل 11** لإنشاء الرسم البياني للسرعة المتجهة – الزمن الموضح جهة اليسار في **الشكل 12**. بالنسبة إلى جسم يتحرك بتسارع ثابت، يأخذ الرسم البياني للسرعة المتجهة – الزمن شكل خط مستقيم. لا يمكن إنشاء رسم بياني فريد للموقع – الزمن باستخدام رسم بياني للسرعة المتجهة – الزمن نظرًا لعدم احتواء الأخير على معلومات عن الموقع. لكنه يحتوي على معلومات عن الإزاحة. تذكَّر أن السرعة المتجهة تساوي الإزاحة على الفترة الزمنية بالنسبة لجسم يتحرك بسرعة متجهة ثابتة. ومن ثَمَّ فإن الإزاحة تساوي ناتج ضرب السرعة المتجهة في الفترة الزمنية. في الرسم البياني على اليمين في **الشكل 12** في الصفحة التالية، مساحة المثلث تساوي $\frac{1}{2}v\Delta t$ أو Δx. ومن ثَمَّ، فإن المساحة الموجودة أسفل الخط البياني لمنحنى (السرعة المتجهة – الزمن) تساوي الإزاحة.

تأكد من فهمك حدِّد ما شكل الرسم البياني للموقع – الزمن لجسم يتحرك بتسارع ثابت؟

الفكرة الرئيسة

بالنسبة إلى جسم ذي تسارع ثابت، يمكن وصف العلاقات بين الموقع والسرعة المتجهة والتسارع والزمن من خلال الرسومات البيانية والمعادلات.

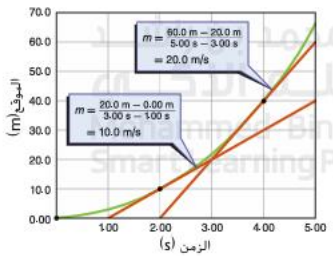
الأسئلة الرئيسة

- ما شكل الرسم البياني للموقع – الزمن والسرعة المتجهة – الزمن الخاص بالحركة بتسارع ثابت؟
- كيف يمكنك تحديد إزاحة جسم متحرك من خلال الرسم البياني لسرعته المتجهة – الزمن؟
- ما العلاقات التي تربط بين الموقع والسرعة المتجهة والتسارع والزمن؟

مراجعة المفردات

الإزاحة تغير في الموقع بمقدار وفي اتجاه معين، تساوي الموقع النهائي مطروحًا منه الموقع الابتدائي.

منحنى (الموقع – الزمن)



الشكل 11 يتغير ميل منحنى (الموقع – الزمن) بمرور الزمن بالنسبة إلى جسم ذي تسارع ثابت.

محفوظ للناشر © مؤسسة محمد بن راشد آل مكتوم McGraw-Hill Education

الشكل 15 بالنسبة إلى الحركة بتسارع ثابت، إذا كانت السرعة المتجهة الابتدائية في منحنى (السرعة المتجهة – الزمن) لا تساوي صفرًا، تكون المساحة أسفل منحنى (السرعة المتجهة – الزمن) هي مجموع مساحة المستطيل ومساحة المثلث.

الحركة بسرعة متجهة ابتدائية لا تساوي صفر يصف الرسم البياني في **الشكل 15** تسارعًا ثابتًا بدأ بسرعة متجهة ابتدائية مقدارُه v_i. لتحديد الإزاحة، يمكنك تقسيم المساحة أسفل الرسم البياني إلى مستطيل ومثلث. ومن ثَمَّ تكون المساحة الكلية كالتالي:

$$\Delta x = \Delta x_{\text{مستطيل}} + \Delta x_{\text{مثلث}} = v_i(\Delta t) + \left(\frac{1}{2}\right)\Delta v \Delta t$$

بالتعويض بـ $a\Delta t$ عن تغير السرعة المتجهة في المعادلة تكون النتيجة:

$$\Delta x = \Delta x_{\text{مستطيل}} + \Delta x_{\text{مثلث}} = v_i(\Delta t) + \left(\frac{1}{2}\right)a(\Delta t)^2$$

عندما يكون الموقع الابتدائي أو النهائي للجسم معروفًا، يمكن كتابة المعادلة كالتالي:

$$x_f - x_i = v_i(\Delta t) + \left(\frac{1}{2}\right)a(\Delta t)^2 \quad \text{أو} \quad x_f = x_i + v_i(\Delta t) + \left(\frac{1}{2}\right)a(\Delta t)^2$$

إذا كان الزمن الابتدائي $t_i = 0$، فعندئذٍ تصبح المعادلة كالتالي:

الموقع مع التسارع المتوسط

الموقع النهائي لجسم ما يساوي مجموع موقعه الابتدائي وناتج ضرب السرعة المتجهة الابتدائية في الزمن النهائي ونصف ناتج ضرب التسارع في مربع الزمن النهائي.

$$x_f = x_i + v_i t_f + \left(\frac{1}{2}\right)a\, t_f^2$$

الفيزياء في حياتك

سباق السحب يحاول المتسابق في سباق السحب الوصول إلى أعلى تسارع له على مضمار السباق. أسرع زمن مُسجل لدى الرابطة الوطنية الأمريكية للسيارات المعدلة لسباق 402 m هو 3.771 s. بينما تبلغ أعلى سرعة نهائية مسجلة 145.3 m/s (ما يساوي 324.98 m/ph).

معادلة بديلة

من المفيد دائمًا الربط بين الموقع والسرعة المتجهة والتسارع الثابت دون تضمين الزمن. أعد ترتيب المعادلة $v_f = v_i + at_f$ لإيجاد قيمة الزمن، $t_f = \frac{v_f - v_i}{a}$.

يمكنك بعد ذلك إعادة كتابة قيمة الموقع بمعادلة حساب التسارع المتوسط بالتعويض بـ t_f للحصول على ما يلي:

$$x_f = x_i + v_i\left(\frac{v_f - v_i}{a}\right) + \left(\frac{1}{2}\right)a\left(\frac{v_f - v_i}{a}\right)^2$$

يمكن حل هذه المعادلة لإيجاد السرعة المتجهة (v_f) عند أي موقع (x_f).

السرعة المتجهة بتسارع ثابت

مربع السرعة المتجهة النهائية يساوي مجموع مربع السرعة المتجهة الابتدائية ومثلي ناتج ضرب التسارع في الإزاحة خلال الفترة الزمنية.

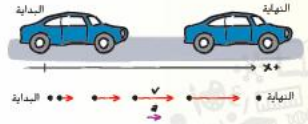
$$v_f^2 = v_i^2 + 2a\,(x_f - x_i)$$

حقوق الطبع والتأليف © مجموعة McGraw-Hill التعليمية، مؤسسة تابعة لشركة McGraw-Hill

مثال 4

الإزاحة سيارة تبدأ حركتها من وضع السكون وتزيد سرعتها بمعدل $3.5\ m/s^2$ بعد أن تضيء إشارة مرور بالضوء الأخضر. ما المسافة التي ستكون قد قطعتها عندما تصل سرعتها إلى $25\ m/s$؟

1 حلِّل المسألة وارسم مخططًا لها



- ارسم مخططًا للموقف.
- أنشئ محاور إحداثية وافترض أن اتجاه اليمين هو الاتجاه الموجب.
- ارسم مخططًا للحركة.

المعلوم	المجهول
$x_i = 0.00\ m$	$x_f = ?$
$v_i = 0.00\ m/s$	
$v_f = +25\ m/s$	
$\overline{a} = a = +3.5\ m/s^2$	

2 إيجاد المجهول

أستخدم العلاقة بين السرعة المتجهة والتسارع والإزاحة لإيجاد x_f.

$$v_f^2 = v_i^2 + 2a(x_f - x_i)$$

$$x_f = x_i + \frac{v_f^2 - v_i^2}{2a}$$

بالتعويض $x_i = 0.00\ m$ ، $v_i = 0.00\ m/s$ ، $v_f = +25\ m/s$ ، $a = +3.5\ m/s^2$.

$$= 0.00\ m + \frac{(+25\ m/s)^2 - (0.00\ m/s)^2}{2(+3.5\ m/s^2)}$$

$$= +89\ m$$

3 تقييم الإجابة

- **هل الوحدات صحيحة؟** يُقاس الموقع بالأمتار.
- **هل الإشارة مفهومة؟** الإشارة الموجبة تتفق مع الرسم التخطيطي.
- **هل هذا المقدار واقعي؟** الإزاحة تعادل طول ملعب كرة قدم تقريبًا. النتيجة معقولة لأن $25\ m/s$ (حوالي 55 mph) سرعة كبيرة.

تطبيقات

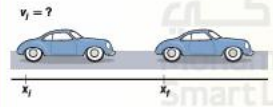
23. يتحرك متزلج على لوح تزلج بسرعة ثابتة $1.75\ m/s$ عندما يبدأ هي الصعود على مستوى مائل تتناقص حركته بمعدل ثابت. $-0.20\ m/s^2$. احسب الزمن اللازم لتصل سرعته صفرًا حيث عندها يبدأ بالانزلاق لأسفل؟

24. تتحرك سيارة سباق على مضمار سباق مستقيم بسرعة متجهة إلى الأمام تبلغ $44\ m/s$ وتنخفض بمعدل ثابت لتصل إلى سرعة متجهة $22\ m/s$ خلال 11 s. فما المسافة التي تتحركها خلال هذا الزمن؟

25. تتحرك سيارة بسرعة تزداد بمعدل ثابت بدأ من $15\ m/s$ ويصل إلى $25\ m/s$ خلال سيرها مسافة 125 m. فكم تستغرق من الزمن للوصول إلى السرعة النهائية؟

26. راكب دراجات يقود دراجته بتسارع ثابت لتصل سرعتها المتجهة شمالًا إلى $7.5\ m/s$ خلال فترة $4.5\ s$. وتبلغ إزاحة الدراجة 19 m شمالًا خلال فترة التسارع. فكم كانت السرعة المتجهة الابتدائية للدراجة؟

27. مسألة تحفيزية تتحرك السيارة الموضحة في **الشكل 16** غربًا بتسارع للأمام يبلغ $0.22\ m/s^2$. كم كانت السرعة المتجهة للسيارة (v_i) عند النقطة x_i إذا كانت تقطع مسافة 350m خلال 18.4 s؟

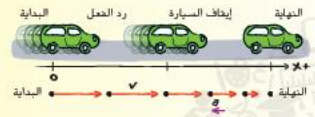


الشكل 16

مثال 5

حركة مؤلمة من مرحلتين تقود سيارة بسرعة متجهة ثابتة تبلغ $25\ m/s$ على طول طريق مستقيم عندما ترى طفلًا يعبر الطريق فجأة. يستغرق الأمر منك $0.45\ s$ لتتفاعل مع الموقف وتضغط على الفرامل. ونتيجة لذلك، تنخفض سرعة السيارة بتسارع ثابت مقداره $8.5\ m/s^2$ في الاتجاه المعاكس لحركة سيارتك، وتتوقف. ما الإزاحة الكلية للسيارة قبل أن تتوقف؟

1 تحليل المسألة ورسم مخطط لها



- ارسم مخططًا للموقف.
- اختر نظامًا إحداثيًا بحيث تكون حركة السيارة في الاتجاه الموجب.
- ارسم مخطط الحركة وارسم عليه الأحرف $\mathbf{v}$ و$\mathbf{a}$.

المعلوم	المجهول
$v_{\text{الابتدائية}} = +25\ m/s$	$x_{\text{رد الفعل}} = ?$
$t_{\text{رد الفعل}} = 0.45\ s$	$x_{\text{إيقاف السيارة}} = ?$
$a_{\text{إيقاف السيارة}} = -8.5\ m/s^2$	$x_{\text{الإجمالي}} = ?$
$v_{i,\text{إيقاف السيارة}} = +25\ m/s$	
$v_{f,\text{إيقاف السيارة}} = 0.00\ m/s$	

2 إيجاد المجهول

رد الفعل:

استخدم العلاقة بين الإزاحة والسرعة المتجهة والزمن لإيجاد إزاحة السيارة أثناء تحركها بسرعة ثابتة من لحظة رؤية الطفل وحتى البدء بتطبيق الفرامل (خلال فترة زمن رد الفعل).

$$x_{\text{رد الفعل}} = v_{\text{الابتدائية}}\ {}_{\text{رد الفعل}}t = (+25\ m/s)(0.45\ s)$$

بالتعويض $t_{\text{رد الفعل}} = 0.45\ s$، $v_{\text{رد الفعل}} = +25 m/s$

$$= +11\ m$$

إيقاف السيارة:

استخدم العلاقة بين السرعة المتجهة والتسارع والإزاحة لإيجاد إزاحة السيارة أثناء إيقافها.

$$v_{f,\text{إيقاف السيارة}}^2 = {}_{\text{رد الفعل}}v^2 + 2a\ {}_{\text{أثناء تطبيق الفرامل}}x$$

أوجد قيمة x أثناء تطبيق الفرامل.

$${}_{\text{أثناء تطبيق الفرامل}}x = \frac{{}_{\text{رد الفعل}}v^2 - v_{f,\text{أثناء تطبيق الفرامل}}^2}{2a_{\text{أثناء تطبيق الفرامل}}}$$

بالتعويض $a_{\text{أثناء تطبيق الفرامل}} = -8.5\ m/s^2$، $v_{\text{رد الفعل}} = +25\ m/s$، $v_{f,\text{بعد تطبيق الفرامل}} = 0.00\ m/s$

$$= \frac{(0.00\ m/s)^2 - (+25\ m/s)^2}{2(-8.5\ m/s^2)}$$

$$= +37\ m$$

الإزاحة الكلية تساوي مجموع إزاحة رد الفعل وإزاحة إيقاف السيارة.

أوجد قيمة الكلية x.

$$x_{\text{الكلية}} = {}_{\text{رد الفعل}}x + {}_{\text{أثناء تطبيق الفرامل}}x$$

بالتعويض ${}_{\text{رد الفعل}}x = +11\ m$، ${}_{\text{أثناء تطبيق الفرامل}}x = +37\ m$

$$= +11\ m + 37\ m$$

$$= +48\ m$$

3 تقييم الإجابة

- **هل الوحدات صحيحة؟** تُقاس الإزاحة بالأمتار.
- **هل الإشارات مفهومة؟** كل من ${}_{\text{رد الفعل}}x$ و${}_{\text{إيقاف السيارة}}x$ موجبين كما ينبغي أن يكونا.
- **هل هذا المقدار واقعي؟** تكون إزاحة إيقاف السيارة صغيرة نظرًا لكبر مقدار التسارع.

حقوق الطبع والتأليف © مجموعة McGraw-Hill التعليمية، مؤسسة تابعة لشركة McGraw-Hill

تطبيقات

16. تتحرك كرة جولف صعودًا أعلى تل نحو حفرة جولف صغيرة. افترض أن الاتجاه نحو الحفرة هو الاتجاه الموجب.

a. إذا بدأت كرة الجولف حركتها بسرعة 2.0 m/s ثم انخفضت بمعدل ثابت يبلغ $0.50\ m/s^2$. فكم تبلغ سرعتها المتجهة بعد 2.0 s؟

b. ما السرعة المتجهة لكرة الجولف إذا استمر التسارع الثابت لفترة 6.0 s؟

c. صِف حركة كرة الجولف من خلال كلماتك ومخطط للحركة.

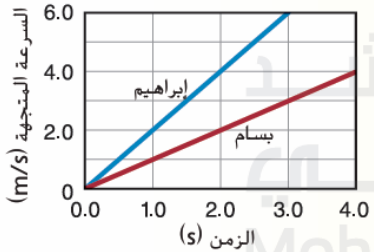
17. تتحرك حافلة شرقًا بسرعة 30.0 km/h بتسارع $1.5\ m/s^2$. فكم تبلغ سرعتها المتجهة بعد 6.8 s؟

18. إذا تسارعت سيارة من وضع السكون بمعدل ثابت $5.5\ m/s^2$ شمالًا. فكم ستستغرق من الزمن لتصل سرعتها المتجهة إلى 28 m/s شمالًا؟

19. **مسألة تحفيزية** سيارة تنخفض سرعها من 22 m/s إلى 3.0 m/s بمعدل ثابت $2.1\ m/s^2$. فكم ثانية تستغرقها السيارة قبل أن تتحرك بسرعة متجهة للأمام مقدارها 3.0 m/s؟

20. يصف منحنى (السرعة المتجهه – الزمن) في **الشكل 13** حركة سائقي دراجتين هوائيتين، هما إبراهيم وبسام، اللذان بدأا الحركة من السكون ويتجهان شمالًا مع زيادة سرعتهما بتسارع ثابت. فكم كانت قيمة الإزاحة الكلية لكل سائق دراجة خلال الفترة المُوضحة لكل منهما؟

تلميح: استخدم مساحة المثلث: المساحة = $\left(\frac{1}{2}\right)$ (القاعدة) (الارتفاع).



الشكل 13

21. يصف منحنى (السرعة المتجهه – الزمن) في **الشكل 14** حركة شخصَين، يتحركان جنوبًا على طول مسار مستقيم. ما الإزاحة الكلية لكل شخص خلال الفترة الزمنية 4.0 s المُوضح على الرسم البياني؟

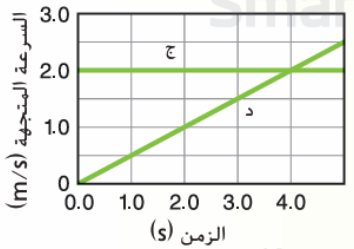
22. **مسألة تحفيزية** سيارة تدخل في امتداد طريق مستقيم سريع وتسير بتسارع ثابت في اتجاه الغرب تبدأ السرعة من 0 m/s وتصل إلى 25 m/s خلال 12 s.

a. ارسم رسمًا بيانيًا v-t لحركة السيارة.

b. استخدم الرسم البياني لتحديد إزاحة السيارة خلال الفترة الزمنية 12.0 s.

c. تسير سيارة أخرى على نفس امتداد الطريق السريع وتقطع المسافة نفسها خلال الزمن نفسه مثل السيارة الأولى ولكن بسرعة متجهة ثابتة. ارسم رسمًا بيانيًا v-t لحركة هذه السيارة.

d. اشرح كيف توصّلت إلى السرعة المتجهة للسيارة.



الشكل 14

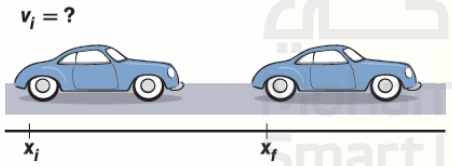
23. يتحرك متزلج على لوح تزلج بسرعة ثابتة 1.75 m/s عندما يبدأ في الصعود على مستوى مائل تتباطأ حركته بمعدل ثابت. $-0.20\ m/s^2$ إحسب الزمن اللازم لتصل سرعته صفراً حيث عندها يبدأ بالانزلاق لأسفل؟

24. تتحرك سيارة سباق على مضمار سباق مستقيم بسرعة متجهة إلى الأمام تبلغ 44m/s وتنخفض بمعدل ثابت لتصل إلى سرعة متجهة 22m/s خلال 11 s. فما المسافة التي تتحركها خلال هذا الزمن؟

25. تتحرك سيارة بسرعة تزداد بمعدل ثابت يبدأ من 15 m/s ويصل إلى 25m/s خلال سيرها مسافة 125 m. فكم تستغرق من الزمن للوصول إلى السرعة النهائية؟

26. راكب دراجات يقود دراجته بتسارع ثابت لتصل سرعتها المتجهة شمالًا إلى 7.5 m/s خلال فترة 4.5 s. وتبلغ إزاحة الدراجة 19 m شمالًا خلال فترة التسارع. فكم كانت السرعة المتجهة الابتدائية للدراجة؟

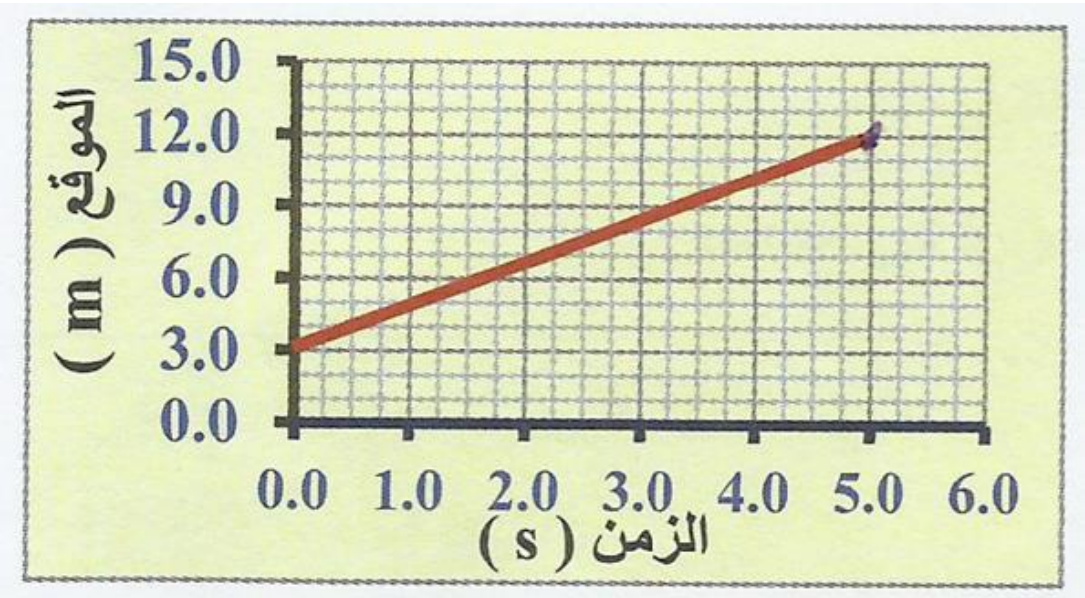
27. **مسألة تحفيزية** تتحرك السيارة المُوضحة في **الشكل 16** غربًا بتسارع للأمام يبلغ $0.22\ m/s^2$. كم كانت السرعة المتجهة للسيارة (v_i) عند النقطة x_i إذا كانت تقطع مسافة 350m خلال 18.4 s؟



الشكل 16

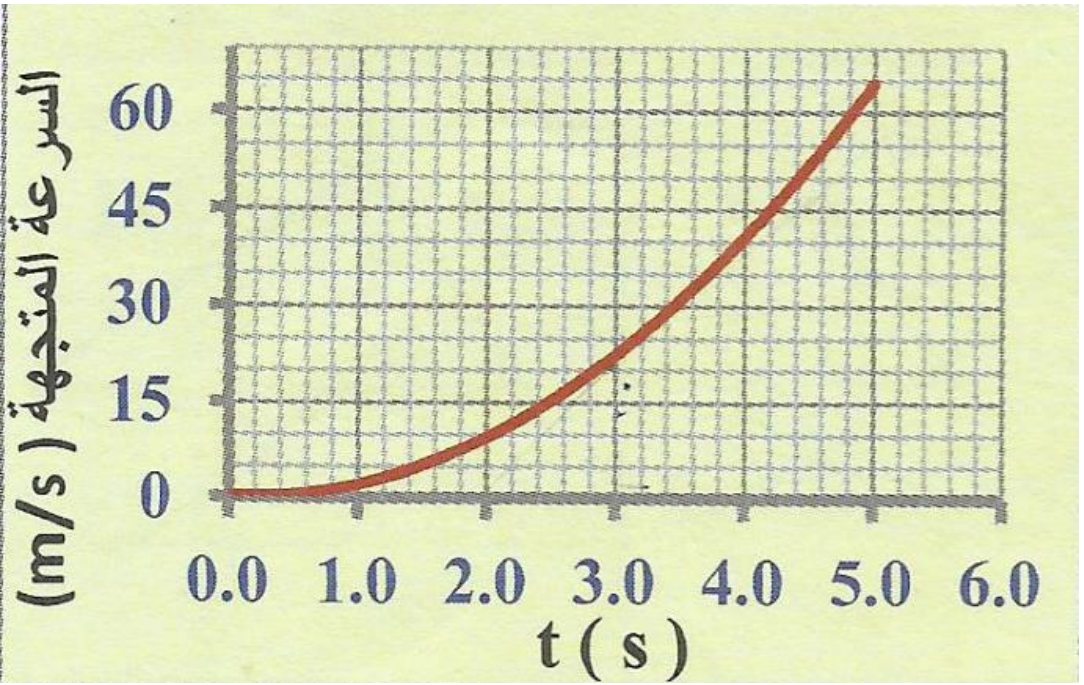
اعتمادا على الرسم البياني المجاور لحركة جسم ،

ما السرعة المتوسطة المتجهة لحركة الجسم ؟

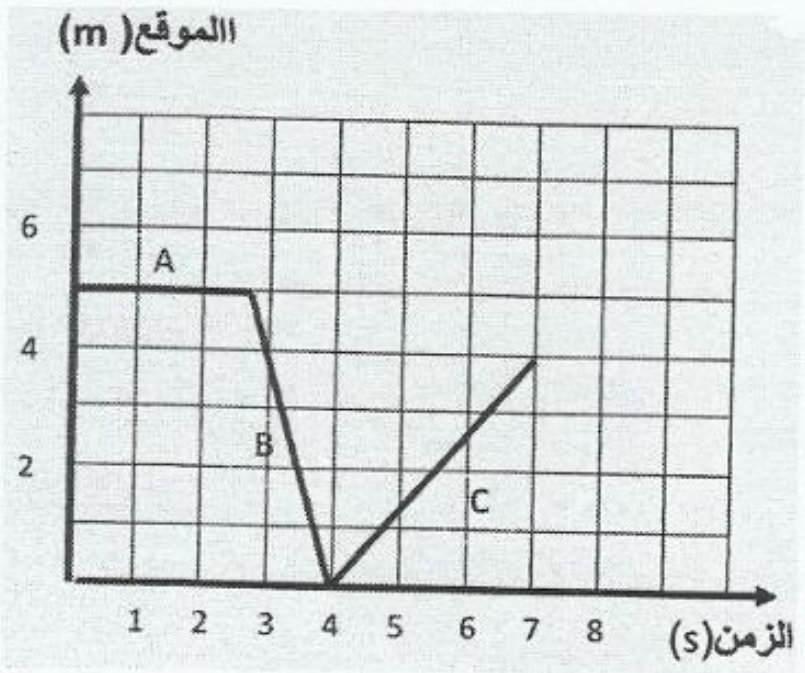


اعتمادا على الرسم البياني المجاور لحركة سيارة سباق ،

ما مقدار التسارع اللحظي للسيارة عندما ($t = 3.0\ s$)؟



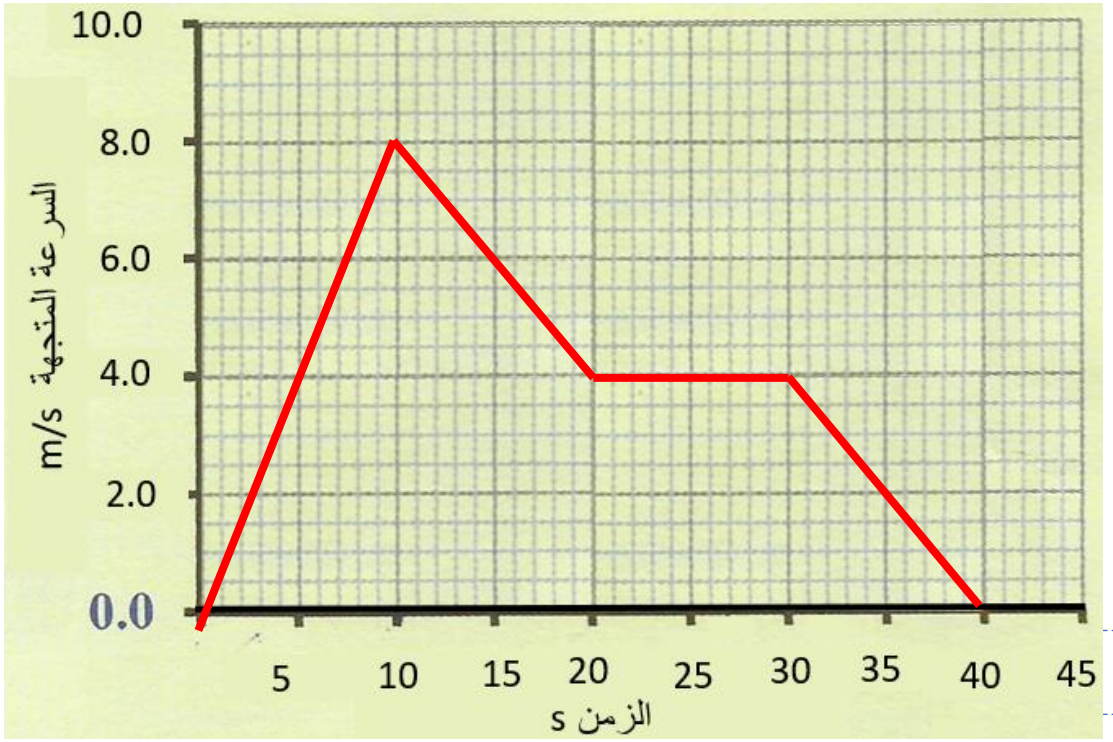
: يبين الرسم البياني المجاور الحركة الخطية لسيارة لعبة تبدأ حركتها متجهة شمالاً. مستعيناً بالرسم أجب عما يلي:



1) صف حركة السيارة وسرعتها بتعبئة الجدول التالي:

المرحلة	وصف السرعة (صفر – ثابتة – متغيرة)	اتجاه السرعة (شمالاً – جنوباً)
A		
B		
C		

2) أوجد الإزاحة الكلية للسيارة ؟



- يظهر الرسم البياني المجاور تغيرات السرعة المتجهة و الزمن لحركة راشد على دراجة هوائية حيث بدأ راشد حركته باتجاه الشرق.

a- ما الفترات الزمنية التي تحرك فيها راشد بسرعة متجهة ثابتة؟

b ما اتجاه حركة راشد خلال الفترة (30 s إلى 40 s) ؟

c احسب تسارع حركة راشد خلال الفترة (من 10 s إلى 20 s).

d أوجد إزاحة راشد بعد (10 s) من بدء حركته .

يظهر الرسم البياني المجاور تغيرات السرعة المتجهة و الزمن لحركة أحمد على دراجة هوائية حيث بدأ أحمد حركته باتجاه الشرق.

- ما الفترة الزمنية التي تحرك فيها أحمد بسرعة ثابتة ؟

- ما اتجاه حركة أحمد خلال الفترة $10.0\ s$ إلى $15\ s$

احسب تسارع حركة أحمد في الفترة $15\ s$ إلى $30\ s$

- أوجد إزاحة أحمد خلال الـ $30\ s$

Q4	الفرع A: تطبيق معادلات الحركة للأجسام تحت السقوط الحر، لحساب المتغيرات المجهولة. الفرع B: تعريف السقوط الحر وتسارع السقوط الحر.	كتاب الطالب	P.(76 – 78) P.(75 - 76)
		Q.(41 – 46); Q.(48 – 51) Q.47; Q.(69 – 71); الشكل 19	P.78; P.79 P.75; P.79; P.83

محفوظ الطبع والتأليف © McGraw-Hill Education

القسم 3 السقوط الحر

الفيزياء في حياتك

قبل أن يفتحوا مظلاتهم، يمسك هواة القفز بالمظلات أحيانًا بأيدي بعضهم البعض لتشكيل حلقة في الهواء أثناء هبوطهم إلى سطح الأرض. ماذا يحدث إذا كانت كتل أجسامهم مختلفة؟ هل سيهبطون بمعدل السرعة نفسه أم بمعدلات مختلفة؟

الفكرة الرئيسة

يحدث تسارع الجسم في السقوط الحر بفعل الجاذبية الأرضية فقط.

الأسئلة الرئيسة

- ما تسارع السقوط الحر؟
- كيف تتحرك الأجسام أثناء السقوط الحر؟

مراجعة المفردات

نقطة الأصل origin هي النقطة التي تكون عندها قيمة كلا المتغيرين في النظام الإحداثي صفرًا.

المفردات الجديدة

السقوط الحر free fall

تسارع السقوط الحر free-fall acceleration

اكتشاف جاليليو

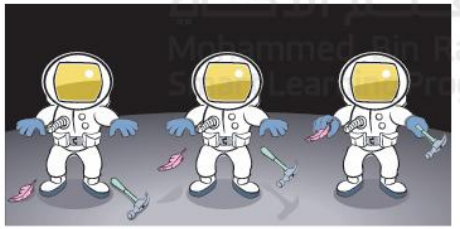
أيهما يسقط بتسارع أكبر، الورقة أم كتاب الفيزياء الخاص بك؟ إذا أمسكت بواحد منهما في كل يد ثم أفلتتهما، فسيصل الكتاب إلى الأرض أولًا. هل تسارع الأجسام الأثقل بمعدل أكبر أثناء سقوطها؟ جرّب إسقاطهما مرة أخرى ولكن ضع الورقة أولًا في وضع مستوٍ فوق الكتاب. بدون دفع الهواء لها، ستسقط الورقة بسرعة الكتاب نفسها. بالنسبة إلى جسم خفيف الوزن مثل الورقة، يكون للاصطدامات مع جسيمات الهواء تأثير أكبر مقارنة بكتاب ثقيل الوزن.

لفهم الأجسام الساقطة، فكّر أولًا في الحالة التي لا يكون فيها للهواء تأثير ملموس على الحركة. تذكّر أن الجاذبية هي تجاذب بين الأجسام. **السقوط الحر** هو حركة الجسم عندما تكون الجاذبية هي القوة الوحيدة التي تؤثر فيه.

منذ حوالي 400 عام مضت، اكتشف جاليليو جاليلي أنه بإهمال تأثير الهواء فإن جميع الأجسام في حالة السقوط الحر تتساوى في التسارع. بصرف النظر عن المواد المصنوعة منها أو وزنها، يُعرف تسارع الجسم الناتج عن تأثير الجاذبية فقط **بتسارع السقوط الحر**. يعرض **الشكل 19** نتائج تجربة سقوط حر أُجريت عام 1971 على سطح القمر وتحقق بها رواد الفضاء من صحة النتائج التي توصّل إليها جاليليو.

تسارع السقوط الحر بالقرب من سطح الأرض يساوي تقريبًا 22 mph/s أسفل). فكّر في هواة القفز بالمظلات أثناء هبوطهم. تزداد السرعة المتجهة لهبوطهم بمعدل 9.8 m/s مع كل ثانية تمر أثناء هبوطهم. عند تحليل السقوط الحر، يعتمد تعاملك مع التسارع على أنه موجب أو سالب على النظام الإحداثي الذي تستخدمه. إذا حددت الاتجاه لأعلى ليكون هو الاتجاه الموجب، فعندئذٍ يكون تسارع السقوط الحر سالبًا. وإذا قررت أن يكون الاتجاه لأسفل هو الاتجاه الموجب، فعندئذٍ يكون تسارع السقوط الحر موجبًا.

الشكل 19 عام 1971، أسقط رائد الفضاء دافيد سكوت مطرقة وريشة في الوقت نفسه ومن الارتفاع نفسه على سطح القمر. كانت كتلة المطرقة أكبر ولكن كلا الجسمين ارتطم بسطح القمر في الوقت نفسه لأن القمر به جاذبية ولكن لا يوجد هواء على سطحه.



تسارع السقوط الحر

يشرح اكتشاف جاليليو سبب قدرة هواة القفز بالمظلات على تشكيل حلقة في الجو، حيث إنهم يهبطون بالتسارع نفسه، بصرف النظر عن كتل أجسامهم. لفهم التسارع الذي يحدث أثناء السقوط الحر، انظر إلى الصور متعددة الفلاشات للكرة الساقطة في **الشكل 20**. تبلغ الفترة الزمنية بين الصور 0.06 s، وتتسع المسافة بين كل زوج منهم. ومن ثَمّ تزداد السرعة. إذا كان الاتجاه لأعلى موجبًا، فإن السرعة المتجهة تصبح سالبة بدرجة أكبر.

كرة متذوقة لأعلى هل يمكن أن تعرض هذا الشكل أيضًا كرة مقذوفة لأعلى بدلًا من كرة ساقطة؟ لنفترض أنك رميت كرة لأعلى بسرعة 20.0 m/s. فإذا اخترت أن يكون الاتجاه لأعلى موجبًا، فإن الكرة تبدأ حركتها عند الجزء السفلي من الشكل بسرعة متجهة موجبة. التسارع يساوي $a = -9.8\ m/s^2$ نظرًا لأن السرعة المتجهة والتسارع في اتجاهين متضادين. تقل سرعة الكرة. إذا كنت تعتقد أن الجزء السفلي من الشكل هو موضع بداية حركة الكرة، فهذا يتوافق مع الشكل متعددة الفلاشات.

حركة الصعود والهبوط بعد مرور 1 s، تقل السرعة المتجهة للكرة بمعدل 9.8 m/s. ولهذا فهي تتحرك الآن بسرعة $+10.2\ m/s^2$. وبعد مرور 2 s، تصبح السرعة المتجهة للكرة 0.4 m/s+، وتستمر الكرة في التحرك لأعلى. ما الذي سيحدث خلال الثانية التالية؟ تقل السرعة المتجهة للكرة بمعدل 9.8 m/s أخرى لتساوي 9.4 m/s-. تتحرك الكرة في هذه اللحظة لأسفل. وبعد مرور 4 s، تصبح السرعة المتجهة 19.2 m/s-. وهذا يعني أن الكرة تسقط بسرعة أكبر.

الرسم البياني للسرعة – الزمن يظهر الرسم البياني v-t للكرة أثناء حركتها لأعلى وأسفل **الشكل 21**. ميل الخط المستقيم إلى أسفل لا يعني أن السرعة تنخفض دائمًا. تنخفض السرعة عندما ترتفع الكرة لأعلى وتزداد عندما تسقط لأسفل. عند 2 s تقريبًا، تنغير السرعة المتجهة بسلاسة من موجبة إلى سالبة. وعندما تسقط الكرة، تزداد سرعتها في الاتجاه السالب. كما توضح الشكل منظرًا مقربًا للرسم البياني v-t في لحظة معينة، بالقرب من 2.04 s. تصبح السرعة المتجهة صفرًا.

الشكل 20 تزداد سرعة هذه الكرة الساقطة بمعدل 9.8 m/s كل ثانية بفعل تسارع السقوط الحر.

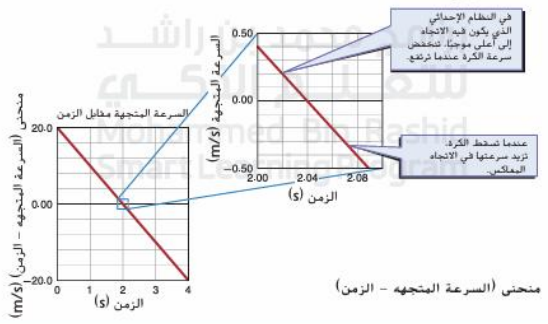
تجربة مصغرة

السقوط الحر

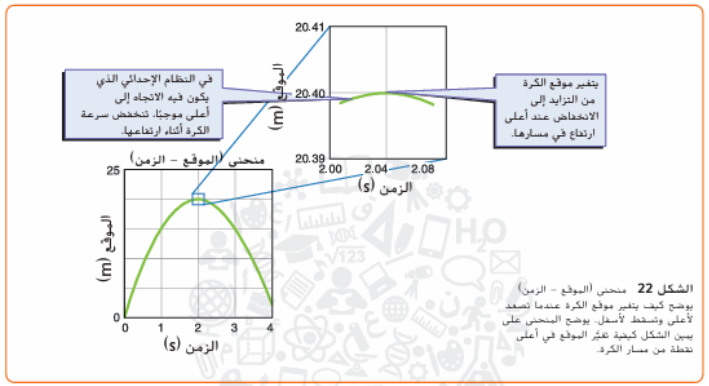
كيف يمكنك استخدام حركة جسم ساقط لتقدير تسارع السقوط الحر؟

الشكل 21 يصف منحنى (السرعة المتجهة – الزمن) التغيّر في سرعة حركة الكرة عند ارتفاعها وسقوطها. يوضح الرسم البياني على اليمين صورة مقربة للتغيّر في السرعة المتجهة عند أعلى نقطة في مسار الكرة.

حلل كيف سيكون شكل المنحنى في حالة اختيار الاتجاه لأسفل ليكون هو الاتجاه الموجب؟



منحنى (السرعة المتجهة – الزمن)



الشكل 22 منحنى (الموقع – الزمن) يوضح كيف يتغير موقع الكرة عندما تصعد لأعلى وتسقط لأسفل. يوضح المنحنى على يمين الشكل كيفية تغيّر الموقع في أعلى نقطة من مسار الكرة.

منحنى (الموقع – الزمن) انظر إلى منحنى (الموقع – الزمن) في **الشكل 22** والذي يوضح كيف يتغير ارتفاع الكرة أثناء صعودها لأعلى وسقوطها لأسفل. إذا كان الجسم يتحرك بتسارع ثابت، فإن الرسم البياني للموقع – الزمن يأخذ شكل قطع مكافئ. ونظرًا لأن الكرة تتحرك صعودًا وهبوطًا، يأخذ المنحنى لحركتها شكل قطع مكافئ مقلوب. يتضح من خلال شكل المنحنى معدل تعاقب الزمن. وهذا لا يعني أن مسار الكرة كان على شكل قطع مكافئ. يوضح المنحنى المقعر على اليمين أن الكرة تصل إلى أقصى ارتفاع لها عند 2.04 s تقريبًا.

أقصى ارتفاع قارن بين المنحنيات في **الشكل 21** و**الشكل 22**. تبدأ السرعة المتجهة للكرة بالنقصان في الاتجاه الموجب قبل وصولها إلى أقصى ارتفاع لها مباشرة. في اللحظة التي تبلغ فيها أقصى ارتفاع لها، تكون سرعتها المتجهة صفرًا. تبدأ السرعة المتجهة للكرة بالازدياد في الاتجاه السالب بعد وصولها إلى أقصى ارتفاع لها مباشرة.

التسارع يكون ميل الخط على منحنى (السرعة المتجهة – الزمن) الموضح في **الشكل 21** ثابتًا عند $-9.8\ m/s^2$. وهذا يدل على أن تسارع السقوط الحر للكرة يبلغ $9.8\ m/s^2$ في اتجاه الهبوط طوال فترة الصعود والهبوط.

قد يبدو أن التسارع يجب أن يساوي صفرًا عند قمة مسار حركة الكرة. ولكن الأمر ليس كذلك. عند وصولها إلى أقصى ارتفاع لها، فإن السرعة المتجهة للكرة تساوي 0 m/s. وإذا كان تسارعها يساوي صفرًا أيضًا، فلن تتغير السرعة المتجهة للكرة وستظل 0 m/s. لذا فإن الكرة متجهة لن تكتسب سرعة لأسفل وستبقى تتأرجح في الهواء. هل رأيت ذلك يحدث من قبل؟ تسقط الأجسام المقذوفة في الهواء على سطح الأرض دائمًا. ومن ثَمّ لا بد أنك تعلم أن تسارع جسم ما لا يجب أن يساوي صفرًا عند وصوله لأعلى ارتفاع أثناء حركته. فضلًا عن ذلك، يجب أن يكون اتجاه التسارع لأسفل نظرًا لأن الجسم يسقط لأسفل.

تأكد من فهمك حلل إذا رميت بكرة لأعلى في اتجاه مستقيم، فكم تساوي سرعتها المتجهة وتسارعها عند وصولها إلى أعلى نقطة في مسارها؟

المفردات

الاستخدام العلمي مقابل الاستخدام العام

السقوط الحر

•الاستخدام العلمي
حركة جسم ما عندما يمكن تجاهل مقاومة الهواء. وعندما يمكن اعتبار التسارع ناتجًا عن تأثير الجاذبية وحدها

التسارع أثناء السقوط الحر يساوي $9.8\ m/s^2$ لأسفل.

•الاستخدام العام
سقوط أو هبوط سريع ومتواصل

السقوط الحر للبورصة عام 1929 كان بداية للكساد الكبير.

مختبر الفيزياء

تسارع السقوط الحر

تجربة الإنترنت كيف يمكنك استخدام بيانات الحركة لحساب تسارع السقوط الحر؟

السقوط الحر: حركة الجسم عندما تكون الجاذبية هي القوة الوحيدة التي تؤثر فيه

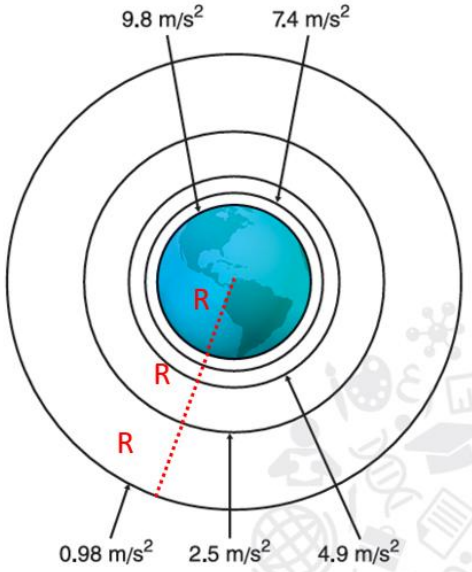
تسارع السقوط الحر : تسارع الجسم الناتج عن تأثير الجاذبية

في حال اسقطنا اجسام مختلفة الكتلة (مطرقة – ريشة مثلا) من نفس الارتفاع سوف ترتطم بالسطح بنفس اللحظة

تغير التسارع في السقوط الحر

(تسارع الجاذبية على سطح القمر $1.6\ m/s^2$)

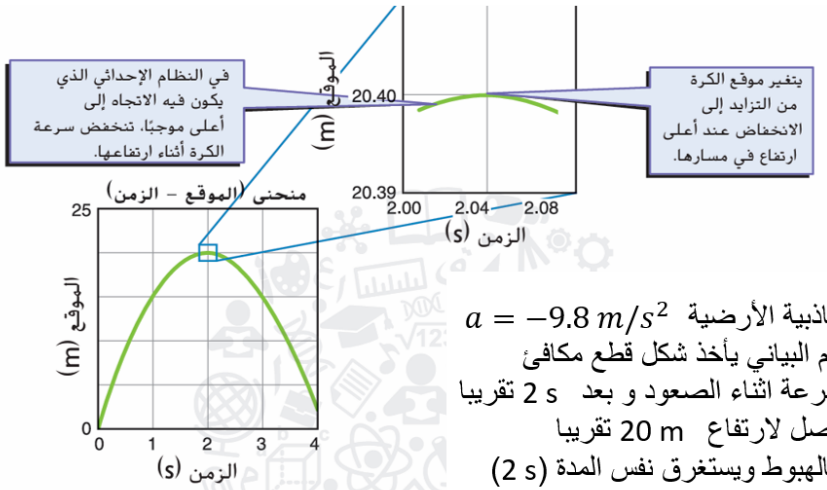
العوامل الؤثرة في قيمة تسارع السقوط الحر:
كتلة الجسم المسؤول عن التسارع
(تسارع الجاذبية بالقرب من سطح الارض اكبر من تسارع الجاذبية بالقرب من سطح القمر لان كتلة الارض اكبر من كتلة القمر)
المسافة الفاصلة عن الجسم السؤول عن التسارع.
(تسارع السقوط الحر يقل بالابتعاد عن سطح القمر)



الشكل 24 كلما زاد الارتفاع عن الأرض، قل مقدار تسارع السقوط الحر.

حلل وفقًا للمخطط، ما مقدار تسارع السقوط الحر على مسافة فوق سطح الأرض تساوي نصف قُطر الأرض؟

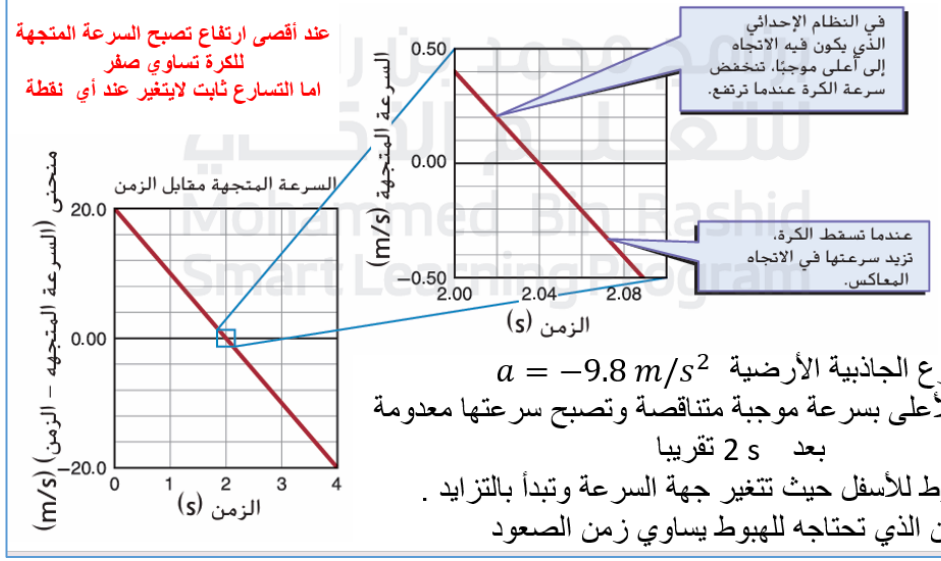
يرمي شخص كرة للأعلى بسرعة 20 m/s ، بفرض الاتجاه لأعلى موجباً.
صف منحنى (الموقع – الزمن) الذي يعبر عن حركة الكرة عند ارتفاعها وسقوطها.



تسارع الجاذبية الأرضية $a = -9.8\ m/s^2$
الرسم البياني يأخذ شكل قطع مكافئ
تتناقص السرعة اثناء الصعود و بعد 2 s تقريبا
يصل لارتفاع 20 m تقريبا
ثم يبدأ بالهبوط ويستغرق نفس المدة (2 s)

يرمي شخص كرة للأعلى بسرعة 20 m/s ، بفرض الاتجاه لأعلى موجباً.
صف منحنى (السرعة المتجهة – الزمن) الذي يعبر عن حركة الكرة عند ارتفاعها وسقوطها.

عند أقصى ارتفاع تصبح السرعة المتجهة للكرة تساوي صفر
اما التسارع ثابت لايتغير عند أي نقطة



تسارع الجاذبية الأرضية $a = -9.8\ m/s^2$
أي انها ترتفع للأعلى بسرعة موجبة متناقصة وتصبح سرعتها معدومة بعد 2 s تقريبا
وتبدأ بالسقوط للأسفل حيث تتغير جهة السرعة وتبدأ بالتزايد .
الزمن الذي تحتاجه للهبوط يساوي زمن الصعود

$$v_f = v_i + at$$

$$x_f = x_i + v_i t_f + \frac{1}{2} a t_f^2$$

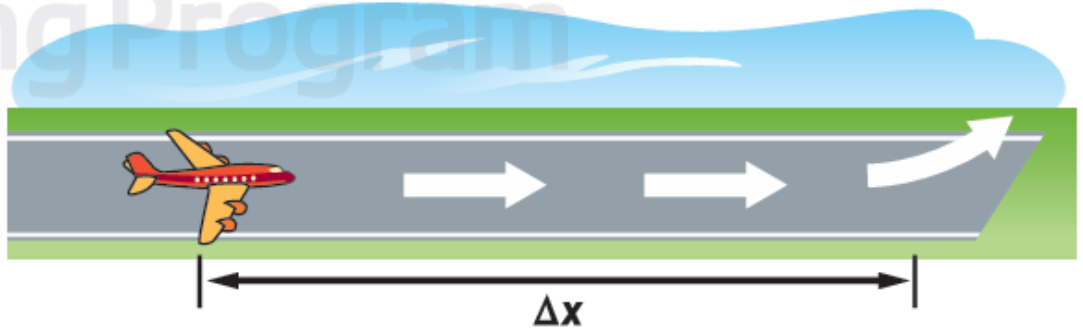
$$\boldsymbol{v_f^2 = v_i^2 + 2a(x_f - x_i)}$$

$$\Delta x = x_f - x_i = \frac{1}{2}(v_f + v_i)\, t$$

35. **المسافة** تبدأ الطائرة في **الشكل 18** حركتها من السكون وتتسارع شرقًا بمعدل ثابت $3.00\ m/s^2$ لمدة $30.0\ s$ قبل أن تقلع.

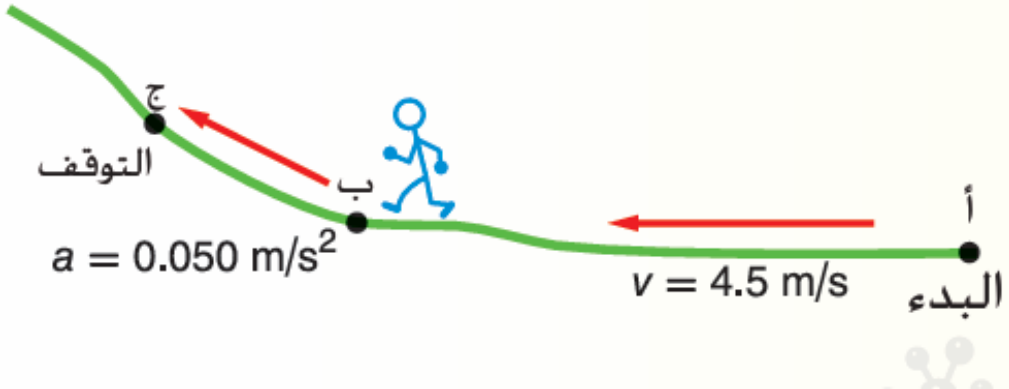
a. ما إزاحة الطائرة (Δx)؟

b. ما سرعة الطائرة لحظة إقلاعها؟



الشكل 18

29. يركض رجل على طول المسار المُوضح في **الشكل 17**. من النقطة (أ) إلى النقطة (ب)، يركض الرجل بسرعة متجهة للأمام تبلغ 4.5 m/s لمدة 15.0 min. ويركض من النقطة (ب) إلى النقطة (ج) صاعدًا إلى أعلى تل. يخفض الرجل من سرعته بمعدل ثابت $0.050\ m/s^2$ لمدة 90.0 s ويتوقف عند النقطة (ج). فكم المسافة التي ركضها الرجل؟



أولاً: تتحرك حافلة شرقاً بسرعة 30 m/s بتسارع $1.5\ m/s^2$ فكم تبلغ سرعتها المتجهة بعد 6.8 s ؟

ثانياً: سقطت سلسلة مفاتيح من الحافة السفلية لنافذة بناية في مدينة دبي سقوطاً حراً فوصلت سطح الأرض بعد 2.0 s

1- احسب ارتفاع حافة النافذة عن سطح الأرض.

2- احسب سرعة السلسلة عندما كانت على ارتفاع (13.6 m) من سطح الأرض.

ثالثاً: تقذف كرة لأعلى في اتجاه مستقيم بسرعة ابتدائية 17.5 m/s كم يبلغ أقصى ارتفاع تصل إليه الكرة ؟

c. لنفترض أنك قررت الاقتراع بالدرهم لتحديد هل ستقوم بأداء واجبك المنزلي لمادة الفيزياء أم مادة اللغة الإنجليزية. وقذفت بقطعة الدرهم لأعلى في اتجاه مستقيم.

a. كم تبلغ السرعة المتجهة وتسارع الدرهم عند أقصى ارتفاع؟

b. إذا وصل الدرهم إلى نقطة ارتفاعها 0.25 m فوق المكان الذي قذف منه، فكم كانت سرعته الابتدائية؟

c. إذا التقطت الدرهم من الارتفاع نفسه الذي قذفته منه، فكم الزمن الذي بقيه في الهواء؟