الفصل 2

تمثيل الحركة
Representing Motion

ما الذي ستتعلمه في هذا الفصل؟

تمثيل الحركة باستخدام الكلمات والمخططات التوضيحية للحركة والرسوم البيانية.

وصف الحركة المنتظمة للأجسام باستخدام المصطلحات (الموقع، المسافة، الإزاحة، الفترة الزمنية) بطريقة علمية.

الأهمية

لو لم يكن هناك طُرق لوصف الحركة وتحليلها فسيتحوّل السفر بالطائرة أو القطار أو الحافلة إلى فوضى؛ فالأزمنة والسرعات هي التي تحدد جدول مواعيد انطلاق ووصول وسائل النقل على اختلاف أنواعها.

سباق السيارات عندما تتجاوز سيارةٌ سيارةً أخرى تكون سرعة السيارة الأولى أكبر من سرعة السيارة الأخرى.

فكِّر ◄

كيف يمكنك تمثيل حركتي سيارتين؟

تجربة استهلالية

أي السيارتين أسرع؟

سؤال التجربة في سباق سيارتين لعبة، هل يمكنك أن تبين أيهما أسرع؟

الخطوات

1. أحضر سيارتين لعبة تعملان بانضغاط النابض، وضعهما على طاولة المختبر، أو على أي سطح آخر يقترحه المعلم.
2. حدد خطًّا لبداية السباق.
3. عبّئ نابضي السيارتين، ثم أطلقهما من خط البداية في اللحظة نفسها.
4. **لاحظ** حركة السيارتين عن قرب لتحدد أيهما أسرع.
5. كرّر الخطوات 3–1 واجمع نوعًا واحدًا من البيانات لدعم استنتاجك في تحديد السيارة الأسرع.

التحليل

ما البيانات التي جمعتها لتثبت أي السيارتين أسرع؟ وما البيانات الأخرى التي يمكن أن تجمعها لإثبات الفكرة السابقة؟

التفكير الناقد اكتب تعريفًا إجرائيًّا (عمليًّا) للسرعة المتوسطة.

رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

2–1 تصوير الحركة Picturing Motion

تعرفت في الفصل السابق الطريقة العلمية التي تفيدك في دراسة الفيزياء. وسوف تبدأ في هذا الفصل استخدامها في تحليل الحركة، كما تقوم لاحقًا بتطبيقها على جميع أنماط الحركة باستخدام المخططات التوضيحية والرسوم البيانية والأنظمة الإحداثية، وكذلك المعادلات الرياضية. إن هذه المفاهيم تساعدك على تحديد سرعة الجسم، وإلى أي بُعد يتحرك، وما إذا كانت سرعة الجسم تتزايد أو تتناقص، وما إذا كان الجسم ساكنًا، أو متحركًا بسرعة منتظمة (ثابتة مقدارًا واتجاهًا). إن إدراك الحركة أمر غريزي؛ فعيناك تنتبهان غريزيًّا إلى الأجسام المتحركة أكثر من الانتباه إلى الأجسام الساكنة؛ فالحركة موجودة في كل مكان حولنا، بدءًا بالقطارات السريعة إلى النسمات الخفيفة والغيوم البطيئة.

الأهداف

- **تُمثِّل** حركة جسم بالمخطط التوضيحي للحركة.
- **ترسم** نموذج الجسيم النقطي لتمثيل حركة جسم.

المفردات

المخطط التوضيحي للحركة
نموذج الجسيم النقطي

أنواع الحركة Kinds of Motion

ما الذي يتبادر إلى ذهنك عندما تسمع كلمة حركة، أو سيارة مسرعة، أو ركوب الدراجة الهوائية، أو كرة القدم ترتفع فوق سياج المنزل، أو طفل يتأرجح إلى الأمام وإلى الخلف بشكل منتظم؟

عندما يتحرك جسم ما فإن موقعه يتغير، كما في **الشكل 1–2**، وقد يحدث هذا التغير وفق مسار في خط مستقيم، أو دائرة، أو منحنى، أو على شكل اهتزاز (تأرجح) إلى الأمام وإلى الخلف.

الشكل 1–2 يغير راكب الدراجة الهوائية موقعه في أثناء حركته. وفي هذه الصورة كانت آلة التصوير مركزة على الراكب، لذا نجد الخلفية غير واضحة، وهي تدل على أن موقع الراكب قد تغير.

بعض أنواع الحركة التي ذكرت سابقًا تبدو أكثر تعقيدًا من بعضها الآخر. وعند البدء في دراسة مجال جديد يحسُن أن نبدأ بالأمور التي تبدو أسهل. لذا نبدأ هذا الفصل بدراسة الحركة في خط مستقيم.

ولوصف حركة أي جسم يجب معرفة متى شغل الجسم مكانًا ما؟ فوصف الحركة يرتبط مع المكان والزمان.

المخططات التوضيحية للحركة Motion Diagrams

يمكن تمثيل حركة عدَّاء بالتقاط سلسلة من الصور المتتابعة التي تُظهر مواقع العدّاء في فترات زمنية متساوية. ويُظهر **الشكل 2–2** كيف تبدو الصور المتتابعة لعداء. لاحظ أن العداء يَظهر في موقع مختلف في كل صورة، بينما يبقى كل شيء في خلفية الصور في المكان نفسه. وهذا يدل (ضمن المنظور) على أن العداء هو المتحرك الوحيد بالنسبة إلى ما حوله.

افترض أنك رتبت الصور المتتابعة في **الشكل 2–2**، وجمعتها في صورة واحدة تُظهر مواقع جسم متحرك في فترات زمنية متساوية، كما في **الشكل 3–2** ، عندئذ يُطلق على هذا الترتيب مصطلح **المخطط التوضيحي للحركة** .

الشكل 2–2 إذا ربطت موقع العدّاء مع الخلفية في كل صورة في فترات زمنية متساوية فسوف تستنتج أنه في حالة حركة.

نموذج الجسيم النقطي

The Particle Model

يسهل تتبُّع مسار حركة العدّاء عند تجاهل حركة الأذرع والأرجل، كما يمكن تجاهل جسم العداء كله والاكتفاء بالتركيز على نقطة صغيرة مفردة في مركز جسمه (جسيم نقطي). وبتمثيل حركة العدّاء بسلسلة متتابعة من النقاط المفردة يمكنك الحصول على **نموذج الجسيم النقطي**، كما هو موضح في الجزء السفلي من **الشكل 3–2**. وحتى تَستَخدِم النموذج الجسيمي النقطي يجب أن يكون حجم الجسم صغيرًا جدًّا مقارنة بالمسافة التي يتحركها الجسم.

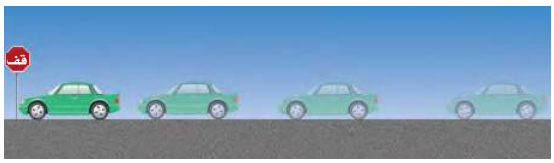
الشكل 3–2 إن ترتيب سلسلة من الصور المتلاحقة الملتقطة في فترات زمنية منتظمة وجمعها في صورة واحدة يُعطي مخططًا توضيحيًّا لحركة العدّاء. واختزال حركة العدّاء إلى نقاط مفردة متتابعة ينتج لنا نموذج الجسيم النقطي لحركته.

2–1 مراجعة

1. **نموذج الجسيم النقطي لحركة درّاج** ارسم نموذج الجسيم النقطي لتمثيل حركة راكب دراجة هوائية بسرعة ثابتة.
2. **نموذج الجسيم النقطي لحركة طائر** ارسم نموذج الجسيم النقطي لتمثيل يتناسب مع المخطط التوضيحي لحركة طائر في أثناء طيرانه، كما في **الشكل 4–2**. ما النقطة التي اخترتها على جسم الطائر لتمثله؟

الشكل 4–2

3. **نموذج الجسيم النقطي لحركة سيارة** ارسم نموذج الجسيم النقطي لتمثيل يتناسب مع المخطط التوضيحي لحركة سيارة ستتوقف عند إشارة مرورية، كما في **الشكل 5–2**. حدد النقطة التي اخترتها على جسم السيارة لتمثيلها.

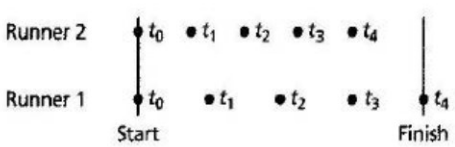


الشكل 5–2

4. **التفكير الناقد** ارسم نموذج الجسيم النقطي لتمثيل حركة عدّاءين في سباق، عندما يتجاوز الأول خط النهاية بكرن الآخر قد قطع ثلاثة أرباع المسافة

ا)

الأول قطع 4/3 المسافة كل (0.75 سم)



الثاني وصل لخط النهاية كل (1 سم)

2–2 الموقع والزمن Positon and Time

الأهداف

تحدّد أنظمة الإحداثيات المستخدمة في مسائل الحركة.

تدرك أن النظام الإحداثي الذي يُختار يؤثر في إشارة مواقع الأجسام.

تعرف الإزاحة.

تحسب الفترة الزمنية لحركة جسم.

تستخدم مخططًا توضيحيًّا للحركة للإجابة عن أسئلة حول موقع جسم أو إزاحته.

المفردات

النظام الإحداثي

نقطة الأصل

الموقع

الكميات المتجهة

الكميات القياسية (العددية)

المحصّلة

الفترة الزمنية

الإزاحة

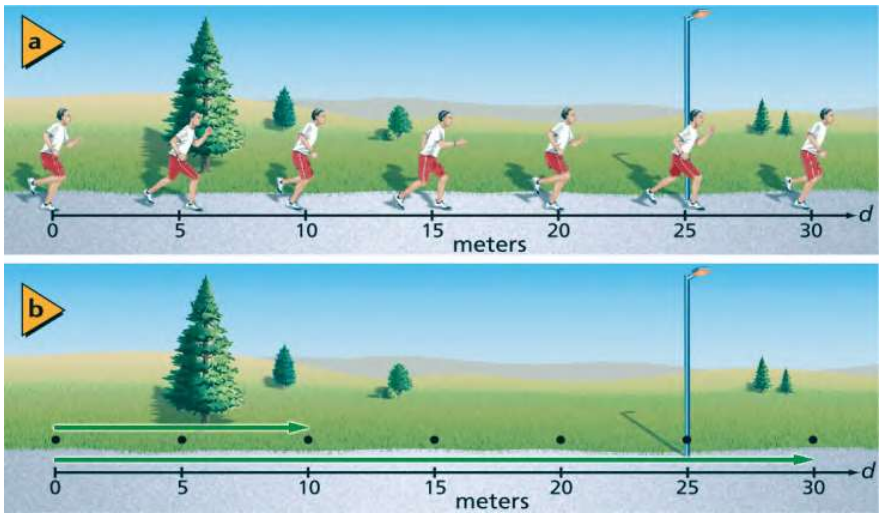
المسافة

هل من الممكن أخذ قياسات المسافة والزمن من المخططات التوضيحية للحركة، ومنها المخطط التوضيحي لحركة العدّاء؟ قبل التقاط الصور يمكنك وضع شريط قياس متري على الأرض على امتداد مسار العدّاء ليرشدك إلى مكان العدّاء في كل صورة، ووضع ساعة إيقاف ضمن المنظر الذي تصوره الكاميرا ليقيس لك الزمن. لكن أين يجب أن تضع بداية شريط القياس؟ ومتى يجب أن تبدأ تشغيل ساعة الإيقاف؟

أنظمة الإحداثيات Coordinate Systems

عندما تُقرِّر أين تضع شريط القياس، ومتى تشغل ساعة الإيقاف، ستكون قد حددت **النظام الإحداثي** الذي يعين موقع نقطة الأصل (نقطة الإسناد) بالنسبة إلى المتغير الذي تدرسه، والاتجاه الذي تتزايد فيه قيم هذا المتغير. إن **نقطة الأصل** هي النقطة التي تكون عندها قيمة كل من المتغيرين (الموقع ـ الزمن) صفرًا. ونقطة الأصل في مثال العدّاء تم تمثيلها بالنهاية الصفرية لشريط القياس، الذي يمكن وضعه على بُعد ستة أمتار عن يسار الشجرة. والحركة هنا تتم في خط مستقيم، لذا يوضع شريط القياس على امتداد هذا الخط المستقيم الذي يمثل أحد محوري النظام الإحداثي. من المحتمل أن تضع شريط القياس بحيث يزداد تدريج المقياس المتري عن يمين الصفر، كما أن وضعه في الاتجاه المعاكس صحيح أيضًا. في **الشكل 2–6a** نقطة الأصل للنظام الإحداثي تقع في جهة اليسار.

يمكنك أن تعيّن بُعد العدّاء عن نقطة الأصل عند لحظة معينة على المخطط التوضيحي للحركة، وذلك برسم سهم من نقطة الأصل إلى النقطة التي تمثل موقع العدّاء؛ في هذه اللحظة، كما هو مبين في **الشكل 2–6b**. وهذا السهم يمثل **موقع** العدّاء؛ حيث يدل طول السهم على بُعد الجسم عن نقطة الأصل؛ ويتجه هذا السهم دومًا من نقطة الأصل إلى موقع الجسم المتحرك.

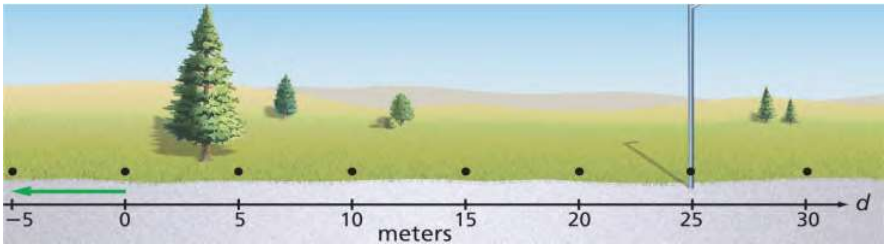


الشكل 2–6 في هذه الأشكال التوضيحية للحركة، تقع نقطة الأصل عن اليسار

a. القيم الموجبة للموقع تمتد أفقياً إلى اليمين.

b. السهمان المرسومان من نقطة الأصل إلى نقطتين يحددان موقع العدّاء في زمنين مختلفين.

لكن هل هناك موقع سالب؟ افترض أنك اخترت نظامًا إحداثيًّا كالذي وضعته، واخترت نقطة الأصل على بُعد 4 m عن يسار الشجرة على محور الموقع الذي يمتد في الاتجاه الموجب نحو اليمين، فإن الموقع الذي يبعد 9 m عن يسار الشجرة يبعد 5 m عن يسار نقطة الأصل ويكون موقعه سالب، كما يظهر في **الشكل 7–2**.



■ **الشكل 7–2** السهم المرسوم على المخطط التوضيحي للحركة يشير إلى موقع سالب.

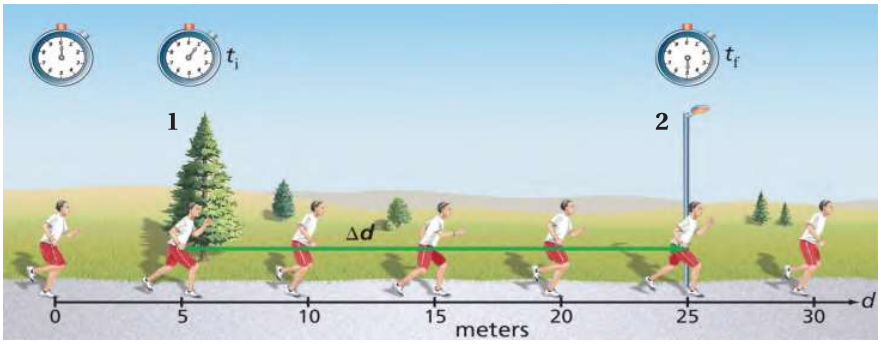
الكميات الفيزيائية المتجهة والكميات الفيزيائية القياسية (العددية) الكميات الفيزيائية التي يتطلب تعيينها تحديد مقدارها واتجاهها وفقًا لنقطة الإسناد– ومنها الإزاحة والقوة– تسمى **كميات متجهة**، ويمكن تمثيلها بالأسهم، وغالبًا ما يعبر عن هذه الكميات بوضع سهم فوق رمز الكمية الفيزيائية المتجهة للدلالة على أنها متجهة، مثل ($\vec{F}$ و$\vec{a}$). وسنعتمد في هذا الكتاب استخدام حروف البنط العريض (**Bold**) لتمثيل الكميات المتجهة. أما الكميات الفيزيائية التي يكفي لتعيينها تحديد مقدارها فقط – ومنها المسافة والزمن ودرجة الحرارة– فتسمى **كميات قياسية (عددية)**.

تعرفت سابقًا طريقة جمع الكميات العددية. فعلى سبيل المثال $0.2 + 0.6 = 0.8$. ولكن كيف يمكنك جمع الكميات المتجهة؟ فكّر في حل المسألة الآتية: طلبت إليك والدتك شراء بعض الأشياء وأخذها إلى منزل جدك، فمشيت مسافة 0.5 km في اتجاه الشرق من بيتك إلى البقالة، وقمت بالشراء، ثم مشيت مسافة 0.2 km في اتجاه الشرق إلى منزل جدك. ما بُعدك عن نقطة الأصل (بيتك)؟ الجواب هو:

$$0.5\ \text{km}_{\text{شرقًا}} + 0.2\ \text{km}_{\text{شرقًا}} = 0.7\ \text{km}_{\text{شرقًا}}$$

ويمكنك حل هذه المسألة بيانيًّا باستخدام مسطرة لقياس ورسم كل متجه، على أن يكون طول المتجه متناسبًا مع مقدار الكمية التي يمثلها، وذلك باختيار مقياس رسم مناسب. فعلى سبيل المثال ربما تجعل كل 1 cm على الورقة يمثل 0.1 km. ويوضح كلا المتجهين في **الشكل 8–2** رحلتك إلى منزل جدك، وهما مرسومان بمقياس 1cm لكل 0.1 km، والمتجه الذي يمثل مجموع المتجهين مبين بخط متقطع طوله 7 cm. ووفق مقياس الرسم فإنك على بُعد 0.7 km من نقطة الأصل. ويسمى المتجه الذي يمثل مجموع المتجهين الآخرين متجه **المحصلة**، وهو يتجه دائماً من ذيل المتجه الأول إلى رأس المتجه الثاني، والعكس صحيح عند إيصال ذيل المتجه الأول برأس المتجه الثاني.

■ **الشكل 8–2** يُجمع متجهان بوضع رأس الأول ملامسًا لذيل الثاني. تبدأ المحصلة من ذيل المتجه الأول وتنتهي عند رأس المتجه الثاني.



■ **الشكل 9–2** تلاحظ أن العدّاء استغرق أربع ثوانٍ ليركض من الشجرة إلى عمود الإنارة. استخدم الموقع الابتدائي للعدّاء نقطة مرجعية. يشير المتجه من الموقع 1 إلى الموقع 2 إلى اتجاه الإزاحة ومقدارها خلال هذه الفترة الزمنية.

الفترة الزمنية والإزاحة Time Interval and Displacement

عند تحليل حركة العدّاء تحتاج إلى معرفة الزمن الذي استغرقه العداء للانتقال من الشجرة إلى عمود الإنارة. يمكن إيجاد هذه الفترة الزمنية بحساب الفرق بين قراءتي ساعة الإيقاف في كل موقع. اختر الرمز t_i للزمن عندما كان العدّاء عند الشجرة، والرمز t_f للزمن عندما صار عند عمود الإنارة. يسمى الفرق بين زمنين **فترة زمنية**، ويرمز لها بالرمز Δt، حيث:

دلالة اللون
تظهر متجهات الإزاحة باللون الأخضر.

الفترة الزمنية $\Delta t = t_f - t_i$

الفترة الزمنية تساوي الزمن النهائي مطروحًا منه الزمن الابتدائي.

وفي مثال العدّاء، يكون الزمن الذي يستغرقه للذهاب من الشجرة إلى عمود الإنارة هو:

$$t_f - t_i = 5.0\ \text{s} - 1.0\ \text{s} = 4.0\ \text{s}$$

ولكن كيف تَغير موقع العدّاء عندما ركض من الشجرة حتى عمود الإنارة، كما هو موضح في **الشكل 9–2**؟ يمكن استخدام الرمز d لتمثيل موقع العداء. غالبًا ما نستخدم كلمة (موقع) للإشارة إلى مكان ما. أما في الفيزياء فالموقع متَّجه ذيله عند نقطة الأصل لنظام الإحداثيات المستخدم، ورأسه عند المكان المراد تحديد موقعه.

أما **الإزاحة** فهي كمية فيزيائية متجهة، وتمثل مقدار التغير الذي يحدث لموقع الجسم في اتجاه معين. ويرمز للإزاحة بالرمز Δd، وتمثَّل بسهم يشير ذيله إلى موقع بداية الحركة، بينما يشير رأسه إلى موقع نهايتها، كما أن طول السهم يمثل المسافة التي قطعها الجسم في اتجاه معين، وهو الاتجاه الذي يشير إليه السهم. كما تحسب الإزاحة رياضيًّا بالعلاقة:

الإزاحة $\Delta d = d_f - d_i$

الإزاحة Δd تساوي متجه الموقع النهائي d_f مطروحًا منه متجه الموقع الابتدائي d_i

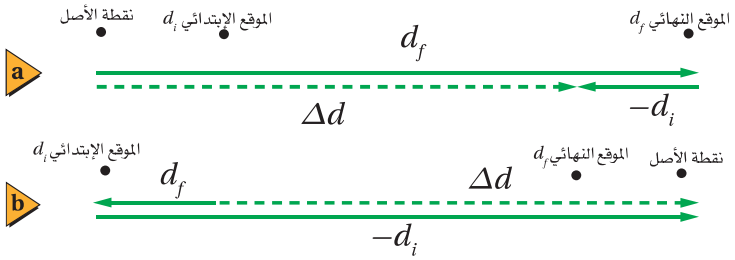
فإزاحة العداء Δd في أثناء حركته من الشجرة إلى عمود الإنارة تساوي $25.0\ \text{m} - 5.0\ \text{m} = 20.0\ \text{m}$. والإزاحة بوصفها كمية متجهة تختلف عن المسافة بوصفها كمية قياسية؛ فالإزاحة تعبّر عن كل من المسافة والاتجاه، بينما تعبر **المسافة** عن كل ما يقطعه الجسم دون تحديد الاتجاه.

كيف تطرح الكميـات المتجهة؟ لطرح متجه من آخر اعكس اتجاه المتجه المراد طرحه، ثم اجمعهما؛ وذلك لأن: $\mathbf{A-B=A+(-B)}$

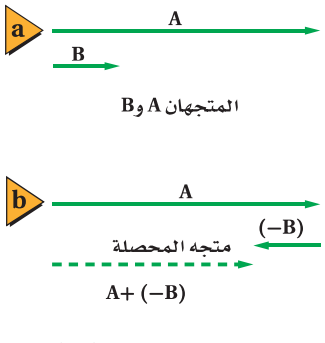
يبين **الشكل 2-10a** متجهين، الأول **A** طوله 4 cm ويتجـــه إلى الشرق، والثاني **B** طوله 1 cm ويتجه إلى الشرق أيضًا. أما **الشكل 2–10b** فيبين المتجه **−B** وطوله 1 cm، والذي يتجـه إلى الغرب، وتظهر محصلة المتجهين **A** و **−B**، ويمثلها متجه طوله 3 cm يتجه إلى الشرق.

يحدد طول واتجاه متجه الإزاحة $\Delta d = d_f - d_i$ برسم المتجه d_f والمتجه $-d_i$ الذي يكون اتجاهه عكس اتجاه d_i، ثـم نقله، بحيث يكون ذيله عند رأس المتجه d_f، ويتم جمعهما معًا.

يوضح **الشـكل 2–11** مقارنة بين موقـع وإزاحة العداء في حالـة اختيار نظام إحداثي مختلـف، حيث اعتبر الطرف الأيمـن لمحور الموقع نقطة للأصل في **الشـكل 2–11b**. تلاحظ أن متجهات الموقع قد تغيرت، في حين لا يتغير مقدار واتجاه متجه الإزاحة.



الشكل 2–11 يمكن حساب إزاحة العدّاء خلال الثواني الأربع بطرح d_i من d_f. في الشكل (a) تقع نقطة الأصل عن اليسار، أما في الشكل (b) فتقع عن اليمين. وبغض النظر عن اختيارك للنظام الإحداثي فإن قيمة متجه الإزاحة Δd واتجاهه لا يتغير.



الشكل 2–10

a. المتجهان A و B.

b. محصلة (A–B).

2–2 مراجعة

5. **الإزاحة** يمثل الشـكل الآتي النموذج الجسـيمي النقطي لحركة سـيارة عـلى طريق سريـع، وقد حددت نقطة الانطلاق كالآتي:

من هنا . . . . . إلى هناك

أعد رسم هذا النموذج الجسيمي النقطي، وارسم متجهًا يمثل إزاحة السـيارة من نقطة البداية حتى نهاية الفترة الزمنية الثالثة.

6. **الإزاحـة** يمثـل النموذج الجسـيمي النقطي أدناه حركة طالب يسير من بيته إلى المدرسة:

البيت . . . . . المدرسة

أعد رسـم الشـكل، وارسـم متجهات لتمثيل الإزاحة بين كل نقطتين.

7. **الموقع** قارن طالبان متجهي الموقع اللذان رسـماهما على المخطـط التوضيحي للحركـة لتحديد موقع جسم متحرك في اللحظة نفسها، فوجدا أن المتجهين المرسومين لا يشيران إلى الاتجاه نفسه. فسر ذلك.

8. **التفكير الناقد** تتحرك سـيارة في خط مسـتقيم من البقالـة إلى مكتب البريـد، ولتمثيل حركتها استخدمتَ نظامًا إحداثيًّا، نقطة الأصل فيه البقالة، واتجـاه حركة السـيارة هو الاتجـاه الموجب. أما زميلك فاستخدم نظامًا إحداثيًّا، نقطة الأصل فيه مكتب البريد، والاتجاه المعاكس لحركة السيارة هو الموجب. هل سـتتفقان على كل من موقع السيارة والإزاحة والمسافة والفترة الزمنية التي استغرقتها الرحلة؟ وضح ذلك.

رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

2–3 منحنى (الموقع - الزمن) Position - Time Graph

الأهداف

تحلل منحنيات (الموقع – الزمن) لأجسام متحركة.

تستخدم منحنى (الموقع – الزمن) لتحديد موقع جسم أو إزاحته.

تصف حركة جسم باستخدام التمثيلات المتكافئة ومنها مخططات الحركة، والصور ومنحنيات الموقع–الزمن.

المفردات

منحنى (الموقع–الزمن)

الموقع اللحظي.

عند تحليل الحركة لنوع أكثر تعقيدًا من الأمثلة التي تم تناولها ودراستها، من المفيد تمثيل حركة الجسم بطرائق متنوعة. وكما لاحظت، فإن المخطط التوضيحي للحركة يحتوي على معلومات مفيدة حول موقع الجسم في أزمنة مختلفة، ويمكن استخدامه في تحديد إزاحة الجسم خلال فترات زمنية محددة، كما أن الرسوم البيانية لموقع الجسم–الزمن تتضمن هذه المعلومات أيضًا.

استخدام الرسم البياني لتحديد الموقع والزمن

Using a Graph to Find Out Position and Time

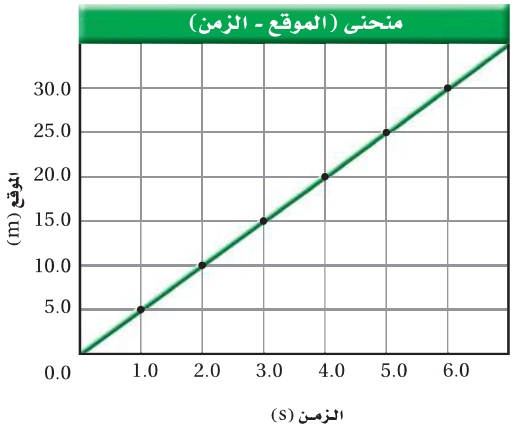
يمكن استخدام المخطط التوضيحي لحركة العداء في **الشكل 9–2** لتحديد موقع العدّاء في كل لحظة من حركته، وتجسيدها، كما في **الجدول 1–2**.

كما يمكن عرض البيانات الواردة في **الجدول 1–2** في رسم بياني بتحديد إحداثيات الزمن على المحور الأفقي (x)، وإحداثيات الموقع على المحور الرأسي (y)، وهو ما يُسمى **منحنى (الموقع–الزمن)**. ويُظهر الرسم البياني في **الشكل 12–2** حركة العدّاء. ولرسم هذا الخط البياني نحدد أولًا مواقع العدّاء بدلالة الزمن، ثم نرسم أفضل خط مستقيم يمر بأغلب النقاط، وهو ما يطلق عليه خط المواءمة الأفضل. لاحظ أن هذا المنحنى ليس تصويرًا لمسار حركة العداء؛ حيث إن الخط البياني مائل ولكن مسار حركة العدّاء على مستوى أفقي.

يبين الخط البياني مواقع العدَّاء في الأزمنة المبينة في الجدول، وحتى لو لم تتوافر بيانات تبين مباشرةً متى كان العدّاء على بُعد 30.0 m من نقطة البداية، أو أين كان عند الزمن $t = 4.5\ s$، يمكنك استخدام الرسم البياني لتحديد ذلك. ويستخدم الرمز $\boldsymbol{d}$ لتمثيل **الموقع اللحظي** للعدّاء في لحظة زمنية تؤول إلى الصفر.

الجدول 1–2

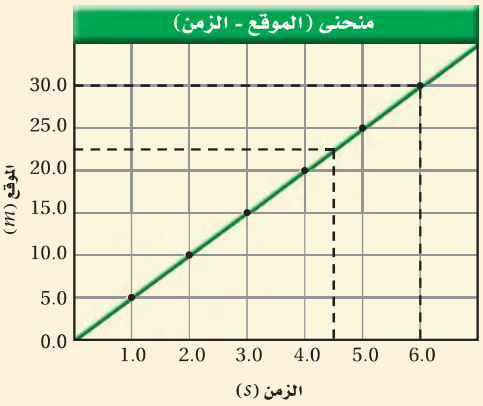
الموقع-الزمن	
الزمن t (s)	الموقع d (m)
0.0	0.0
1.0	5.0
2.0	10.0
3.0	15.0
4.0	20.0
5.0	25.0
6.0	30.0



الشكل 12-2 يمكننا رسم منحنى الموقع-الزمن للعدّاء بتحديد موقعه في فترات زمنية مختلفة، وبعد تعيين هذه النقاط نرسم خط المواءمة الأفضل.

مثـــــال 1

يوضح الرسم البياني المجاور حركة عدّاء. متى يصل العدّاء إلى بُعد 30.0 m عن نقطة البداية؟ وأين يكون بعد مضي 4.5 s؟



1 تحليل المسألة ورسمها

- أعد صياغة السؤالين.

السؤال 1: متى كان العدّاء على بُعد 30.0 m عن نقطة البداية؟

السؤال 2: ما موقع العدّاء بَعد مضي 4.5 s؟

دليل الرياضيات

الاستيفاء والاستقراء 225

2 إيجاد الكمية المجهولة

السؤال 1

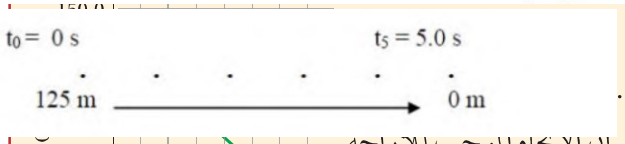
تفحص الرسم البياني، وحدد نقطة تقاطع الخط البياني مع خط أفقي يمر بالنقطة 30.0 m، ثم حدد نقطة تقاطع الخط العمودي المرسوم من تلك النقطة مع محور الزمن، تجد أن مقدار t هو 6.0 s.

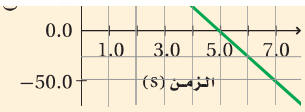
السؤال 2

حدد نقطة تقاطع الخط البياني مع خط عمودي عند 4.5 s (تقع بين 4.0 s و 5.0 s في الرسم البياني)، ثم حدد نقطة تقاطع الخط الأفقي المرسوم من تلك النقطة مع محور الموقع، تجد أن قيمة d تساوي 22.5 m تقريبًا.

9)

انطلقت سيارة من موقع على بعد 125m وتناقصت المسافة التي قطعتها حتي وصلت للصفر بعد مرور (5 s) ثم أكملت مسيرها في الاتجاه السالب حتى قطعت (75 m) بعد نقطة الصفر وكان الزمن (8 s) .





الشكل 2–13

9. صف حركة السيارة المبينة في الرسم البياني.

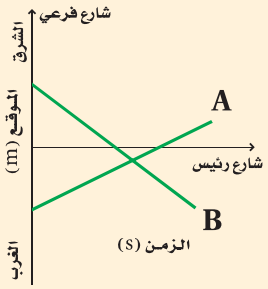
10. أرسم نموذجا للجسيم النقطي يتوافق مع الرسم البياني.

11. أجب عن الأسئلة الآتية حول حركة السيارة. (افترض ان الاتجاه الموجب للإزاحة في اتجاه الشرق والاتجاه السالب في اتجاه الغرب).

a. متى كانت السيارة على بُعد 25.0 m شرق نقطة الأصل؟ ٤.٠ s

b. أين كانت السيارة عند 1.0 s ؟ ١٠٠.٠ m

12. صف بالكلمات حركة اثنين من المشاة A و B كما يوضحهما الخطان البيانيان في الشكل 2–14، مفترضًا أن الاتجاه الموجب في اتجاه الشرق على الشارع الفرعي، ونقطة الأصل هي نقطة تقاطع الشارعين الرئيس والفرعي.



الشكل 2–14

13. تحركت سعاد في خط مستقيم من أمام المقصف إلى مختبر الفيزياء، فقطعت مسافة 100.0 m. في هذه الأثناء قامت زميلاتها بتسجيل وتحديد موقعها كل 2.0 s، فلاحظن أنها تحركت مسافة 2.5 m كل 2.0 s.

a. مثِّل بالرسم البياني حركة سعاد.

b. متى كانت سعاد في المواقع الآتية:

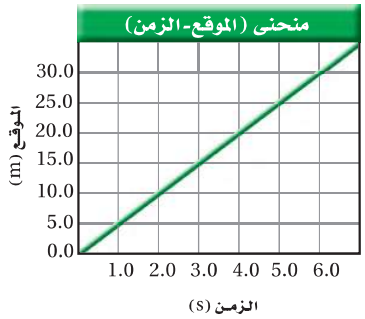
. على بُعد 25.0 m من المقصف؟ . على بُعد 25.0 m من مختبر الفيزياء؟

a

الجدول 2–1

الموقع-الزمن	
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
6.0	30.0

b



c

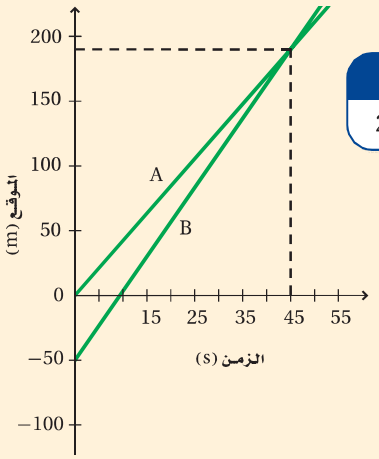
■ **الشكل 2–15**
a. جدول البيانات.
b. منحنى (الموقع - الزمن).
c. النموذج الجسيمي النقطي.
جميعها استخدمت لوصف حركة الجسم نفسه وتمثيلها.

التمثيلات المتكافئة كما هو مبين في **الشكل 2–15**، هناك طُرق مختلفة لوصف الحركة؛ حيث يمكن وصفها بالكلمات، وبالصور (التمثيل التصويري)، ومخططات الحركة التوضيحية، وجداول البيانات، ومنحنيات (الموقع–الزمن)، وهذه جميعها طُرق متكافئة؛ أي أنها تحتوي على المعلومات نفسها حول حركة العدّاء. ومع ذلك فقد يكون بعض هذه الطُرق أكثر فائدة من الأخرى، وفقًا لما تريد معرفته عن الحركة. سوف تتدرب في الصفحات الآتية على استخدام هذه التمثيلات المتكافئة، وتتعلم أيها أنسب لحل أنواع المسائل المختلفة.

دراسة حركة عدة أجسام يظهر في **مثال 2** منحنى (الموقع–الزمن) لعدّاءين في سباق. متى وأين يتجاوز أحد العدّاءين الآخر؟ استخدم المصطلحات الفيزيائية أولًا لإعادة صياغة السؤال: متى يكون العدّاءان في الموقع نفسه؟ يمكنك الإجابة عن هذا السؤال بتحديد النقطة التي يتقاطع عندها الخطان الممثلان لحركة العدّاءين على منحنى (الموقع–الزمن).

مثـــال 2

يمثل الرسم البياني المجاور منحنى (الموقع– الزمن) لحركة عدّاءين A و B.
متى وأين يتجاوز العدّاء B العدّاء A؟



دليل الرياضيات
الاستيفاء والاستقراء 225

1 تحليل المسألة ورسمها

- أعد صياغة السؤالين.

عند أي زمن يكون العدّاءان A و B في الموقع نفسه؟

2 إيجاد الكمية المجهولة

تفحص الرسم البياني لإيجاد نقطة تقاطع الخط البياني الممثل لحركة A مع الخط البياني الممثل لحركة B، يتقاطع هذان الخطان عند اللحظة 45 s، وعلى بُعد 190 m تقريبًا، وهذا يعني أن العدّاء B يتجاوز العدّاء A على بُعد 190 m من نقطة الأصل؛ أي بَعد 45 s من مرور العدّاء A بها.

مسائل تدريبية

للإجابة عن المسائل ***17–14*** *ارجع إلى الشكل في مثال 2.*

14. ما الحدث الذي وقع عند اللحظة $t = 0.0\ s$؟ **الحدث : مرّ العداء A بنقطة الأصل**

15. أي العدّاءين كان متقدمًا في اللحظة $t = 48\ s$؟ **العداء B**

16. أين كان العدّاء B عندما كان العدّاء A عند النقطة 0.0 m؟ **٥٠٠ m**

17. ما المسافة ا

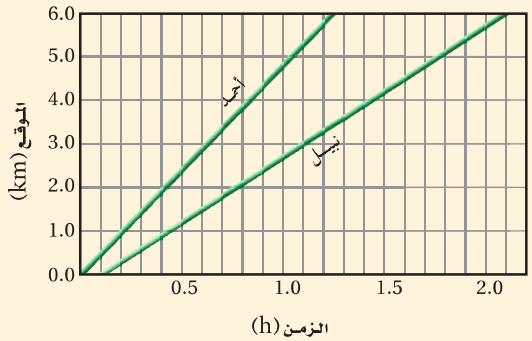
عند 20 s كان العداء B قطع مسافة 50 m وقطع العداء A مسافة 80 m وعليه تكمون المسافة الفاصلة بينهما هي
80 – 50 = 30 m

18. خرج أحمد

وقد تم تمثيل حركتيهما بمنحنى (الموقع–الزمن) المبين في **الشكل 16–2**.

a. ما الزمن الذي سار خلاله أحمد قبل أن يبدأ نبيل المشي؟

b. هل سيلحق نبيل بأحمد؟ فسر ذلك.



الشكل 16–2

مسألة تحفيز

يستمتع كل من ماجد ويوسف وناصر بممارسة الرياضة على طريق يمتد بمحاذاة الشاطئ. حيث بدأ يوسف الركض بسرعة منتظمة مقدارها 16.0 km/h من المرسى A في اتجاه الجنوب في تمام الساعة 11:30 صباحًا، وفي اللحظة نفسها ومن المكان نفسه بدأ ناصر المشي بسرعة منتظمة مقدارها 6.5 km/h في اتجاه الجنوب. أما ماجد فانطلق بدراجته عند الساعة 12 ظهرًا من مرسى آخر B يبعد 20 km جنوب المرسى A بسرعة منتظمة مقدارها 40.25 km/h في اتجاه الشمال.

1. ارسم منحنيات (الموقع–الزمن) للأشخاص الثلاثة.

2. متى يصبح الأشخاص الثلاثة أقرب ما يمكن بعضهم إلى بعض؟

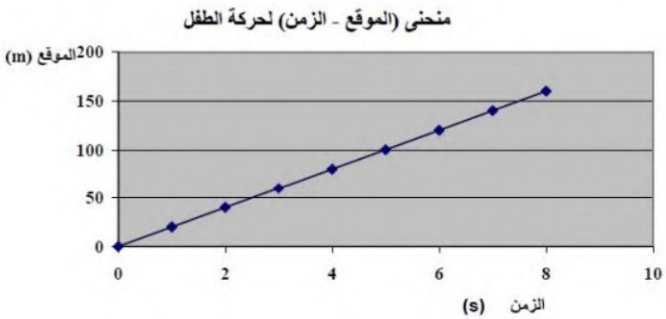
3. ما المسافة التي تفصل بينهم حينذاك؟

لاحـظ أنه يمكن تمثيل حركة أكثر من جسـم في منحنى واحـد للموقع–الزمن. ونقطة تقاطع الخطين البيانيين تخبرك متى يكون الجسـمان في الموقع نفسه. لكن هل هذا يعني أنهما سيتصادمان؟ ليس بالضرورة. فعلى سـبيل المثال، إذا كان هذان الجسمان عداءين، ولكل منهما ممر خاص به، فإنهما لن يتصادما.

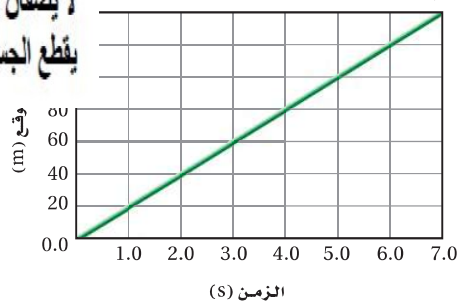
هل هناك شيء آخر يمكنك تعلمه من منحنيات الموقع–الزمن؟ وهل تعرف ما يعنيه ميل الخط البياني في المنحنى؟ سـتتعلم في البند الآتي كيف تسـتخدم ميل الخط البياني لمنحنى (الموقع–الزمن) لتعيين السرعة المتجهة لجسم.

2–3 مراجعة

19. **منحنى (الموقع-الزمن)** يمثل النموذج الجسـيمي



20. **المخطط التوضيحي للحركة** يبين الشـكل 2–18 منحنـى (الموقع–الزمن) لحركة قـرص مطاطي ينزلق على الجليد في لعبة الهوكي. اسـتخدم الرسم البياني في هذا الشـكل لرسـم النموذج الجسيمي النقطي لحركة القرص.



■ الشكل 2–18

ارجع إلى الشكل 2–18 عند حل المسائل 21–23.

21. **الزمن** متى كان القرص على بُعد 10.0 m عن نقطة الأصل؟ بعد ٠.٥ s

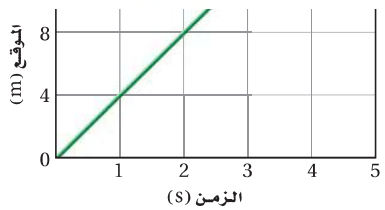
22. **المسافة** حدد المسافة التي قطعها قرص الهوكي بين اللحظتين 0.0 s و 5.0 s. ١٠٠ m

23. **الفترة الزمنية** حدد الزمن الذي اسـتغرقه قرص

الزمن عند 40 m هو 2s وعند 80 m هو 4s الزمن الذي أستغرقه القرص هو $\Delta t = t_f - t_i$
$4.0 - 2.0 = 2.0s$

24. **التفكير الناقد** تفحص النموذج الجسيمي النقطي ومنحنى (الموقع–الزمن) الموضحين في الشكل 2–19. هل يصفان الحركة نفسها؟ كيف تعرف ذلك؟ علمًا بأن الفترات الزمنية في النموذج الجسـيمي النقطي تساوي 2 s. ج ٢٤

لا يصفان الحركة نفسها , كلاهما يسير في الإتجاه الموجب لكن أحدهما أسرع من الآخر في منحنى (الموقع – الزمن) يقطع الجسم في كل (4m) s بينما يقطع في نموذج الجسيم النقطي في كل (1 m) (s) .



■ الشكل 2–19

20)

نموذج الجسيم النقطي لحركة قرص

رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

2–4 السرعة المتجهة Velocity

تعلمت كيف تستعمل المخطط التوضيحي للحركة لتبين حركة جسم. كيف يمكنك قياس سرعة حركته؟ يمكنك تحديد تغير الموقع والزمن اللازم باستخدام أدوات، منها شريط القياس المتري وساعة الإيقاف، ثم استخدام هذه البيانات لوصف معدل تغير الحركة.

الأهداف

تُعرف السرعة المتجهة.

تقارن بين مفهومي السرعة والسرعة المتجهة.

تصمم تمثيلات تصويرية وفيزيائية ورياضية لمسائل الحركة.

المفردات

السرعة المتجهة المتوسطة

السرعة المتوسطة

السرعة المتجهة اللحظية

السرعة المتجهة Velocity

افترض أنك مثّلت حركتي عدّاءين على مخطط توضيحي واحد، كما هو مبين في **الشكل 2–20a**. بالانتقال من صورة إلى الصورة التي تليها، يمكنك أن ترى أن موقع العدّاء ذي الرداء الرمادي يتغير بمقدار أكبر من تغير موقع العدّاء ذي الرداء الأحمر. أي أن مقدار الإزاحة للعداء ذي الرداء الرمادي Δd أكبر؛ لأنه يتحرك أسرع، أي يقطع مسافة أكبر من تلك التي يقطعها اللاعب ذو الرداء الأحمر خلال المدة الزمنية نفسها. وإذا افترضنا أن كليهما قد قطع مسافة 100.0 m فإن الفترة الزمنية Δt التي استغرقها العدّاء ذو الرداء الرمادي ستكون أقل من تلك التي استغرقها زميله.

السرعة المتجهة المتوسطة من مثال العدّاءين، يمكنك أن تلاحظ أننا نحتاج إلى معرفة كلٍّ من الإزاحة Δd والفترة الزمنية Δt لحساب السرعة المتجهة لجسم متحرك. ولكن كيف يمكن الربط بينهما؟ تفحص الخطين البيانيين اللذين يمثلان حركتي العدّاءين في منحنى (الموقع–الزمن)، انظر **الشكل 2–20b**، ستلاحظ أن ميل الخط البياني للعدّاء ذي الرداء الرمادي أكثر انحدارًا من ميل الخط البياني للعدّاء ذي الرداء الأحمر، ويدل الميل أو الانحدار الأكبر على أن مقدار التغير في الإزاحة أكبر خلال الفترة الزمنية نفسها.

الشكل 2–20

a. إزاحة العدّاء ذي الرداء الرمادي أكبر من إزاحة العدّاء ذي الرداء الأحمر خلال الفترات الزمنية الثلاث؛ لأن الأول يتحرك أسرع من الثاني.

b. يمثل منحنى (الموقع–الزمن) حركة كل من العدّاءين، والنقاط المستخدمة لحساب ميل كل خط.

يمكن إيجاد كل من مَيلي الخطين البيانيين الممثلين لحركتي العدّاءين في الشكل **2–20b** كما يأتي:

دلالة اللون

- متجهات السرعة باللون الأحمر.
- متجهات الإزاحة باللون الأخضر.

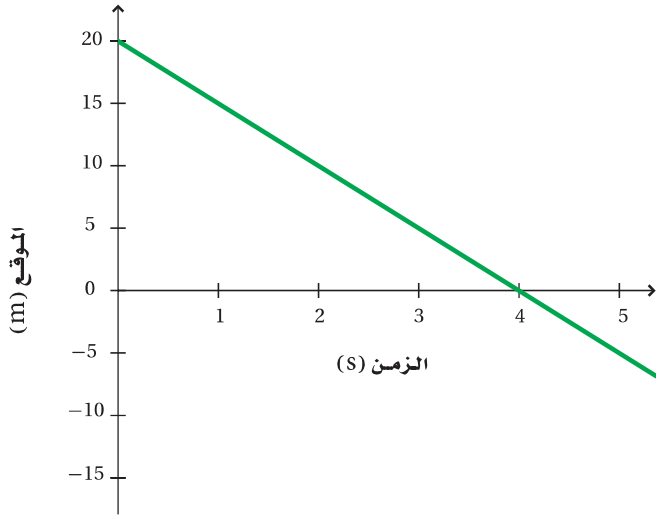
العداء ذو الرداء الرمادي	العداء ذو الرداء الأحمر
ميل الخط البياني $= \frac{d_f - d_i}{t_f - t_i}$	ميل الخط البياني $= \frac{d_f - d_i}{t_f - t_i}$
$= \frac{(6.0 - 2.0)\text{m}}{(3.0 - 1.0)\text{s}}$	$= \frac{(3.0 - 2.0)\text{m}}{(3.0 - 2.0)\text{s}}$
$= 2.0\ \text{m/s}$	$= 1.0\ \text{m/s}$

هناك أشياء مهمة تجدر ملاحظتها في هذه المقارنة. أولاً: ميل الخط البياني للعدّاء الأسرع يكون أكبر عدديًّا، لذا من المعقول أن يعبر هذا العدد عن السرعة المتجهة المتوسطة، وكذلك السرعة المتوسطة. ثانيًا: وحدات الميل هي (m/s)؛ أي أن الميل يخبرنا كم مترًا تحرك العدّاء خلال ثانية واحدة. وعند التفكير في طريقة حساب الميل ستلاحظ أن الميل هو التغير في الموقع مقسومًا على الفترة الزمنية التي حدث فيها هذا التغير، أي $\frac{d_f - d_i}{t_f - t_i}$ أو $\frac{\Delta d}{\Delta t}$. وعندما تزداد قيمة المتجه Δd فإن الميل يزداد، ويقل عندما تزداد Δt. إن هذا يتفق مع التفسير السابق لحركتي العدّاءين.

يمثل ميل الخط البياني في منحنى (الموقع–الزمن) لأي جسم متحرك **السرعة المتجهة المتوسطة** لهذا الجسم، ويُكتب على شكل نسبة بين التغير في الموقع والفترة الزمنية التي حدث فيها هذا التغير.

السرعة المتجهة المتوسطة $\overline{v} = \frac{\Delta d}{\Delta t} = \frac{d_f - d_i}{t_f - t_i}$

تُعرف السرعة المتجهة المتوسطة بأنها التغير في الموقع (الإزاحة) مقسوماً على مقدار الفترة الزمنية التي حدث خلالها هذا التغير.



■ **الشكل 21–2** يتحرك الجسم الممثلة حركته هنا في الاتجاه السالب بمعدل 5.0 m/s.

من الأخطاء الشائعة القول إن ميل الخط البياني للموقع – الزمن يمثل سرعة الجسم فحسب. تأمل ميل الخط البياني للموقع–الزمن في **الشكل 21–2**. إن ميل هذا الخط يساوي (5.0 m/s−)، وهو كمية تشير إلى المقدار والاتجاه (تذكر أن السرعة المتجهة المتوسطة كمية لها مقدار واتجاه). وفي الحقيقة إن ميل الخط البياني (للموقع–الزمن) يدل على السرعة المتجهة المتوسطة للجسم، لا على مقدار سرعته. عند تأمل **الشكل 21–2** مرة أخرى تجد أن ميل الخط البياني هو (5.0 m/s−)، وبذلك فإن سرعة الجسم المتجهة هي (5.0 m/s−)، وهذا يعني أن الجسم انطلق من موقع موجب متجهًا نحو نقطة الأصل، وأنه يتحرك في الاتجاه السالب بمعدل 5.0 m/s.

السرعة المتوسطة تعبّر القيمة المطلقة لميل الخط البياني لمنحنى (الموقع–الزمن) عن السرعة المتوسطة للجسم؛ أي مقدار سرعة حركة الجسم، و يرمز لها بالرمز $\overline{v}$. أما السرعة المتجهة المتوسطة $\overline{v}$ فتعبر عن كل من قيمة السرعة المتوسطة للجسم والاتجاه الذي يتحرك فيه، وهي في المثال الموضح في **الشكل 21–2** 5.0 m/s (في الاتجاه السالب)، أو 5.0 m/s−، وتكون سرعته المتوسطة 5.0 m/s. تذكّر أنه إذا تحرك جسم في الاتجاه السالب فإن إزاحته تكون سالبة، وهذا يعني أن سرعة الجسم المتجهة دائمًا لها إشارة إزاحة الجسم نفسها.

عندما تحلِّل – في الفصول القادمة – أنواعًا أخرى من الحركة، سوف تجد أحيانا أن السرعة المتجهة المتوسطة هي أهم كمية، وفي أحيان أخرى تكون السرعة المتوسطة هي الكمية الأهم. لذا من الضروري أن تميز بين السرعة المتجهة المتوسطة والسرعة المتوسطة، وأن تكون متأكدًا من الاستخدام الصحيح لكل منهما لاحقًا.

الربط مع رؤية 2030

٢.٣.٤ تعزيز السلامة المرورية

تجربة عملية

ما موقع العربة؟

ارجع إلى دليل التجارب في منصة عين

تطبيق الفيزياء

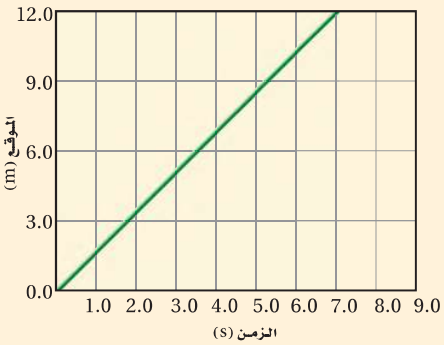
نظام ساهر يقيس السرعة المتجهة اللحظية لأنه يحسب سرعة السيارة خلال فترة قصيرة جدا وهي لحظة إطلاق الفلاش مع تحديد الاتجاه.

حساس السرعة يشير الاختصار AVG في حساس سرعة السيارة إلى السرعة المتوسطة لأنه يقيس المسافة الكلية خلال الزمن الكلي دون اعتبار الاتجاه.

نظام الرصد الآلي يقيس السرعة المتجهة المتوسطة لأنه يحسب سرعة السيارة خلال إزاحة محددة بين موقعين مع إمكانية تحديد الاتجاه.

مثـــــال 3

يبين الرسم البياني المجاور حركة طالب يركب لوح تزلج عبر ممر للمشاة مهمل الاحتكاك. ما سرعته المتجهة المتوسطة؟ وما سرعته المتوسطة؟



1 تحليل المسألة ورسمها

- تفحص النظام الإحداثي للرسم البياني.

المجهول

$\overline{v} = ?$ $\overline{v} = ?$

2 إيجاد الكمية المجهولة

أوجد السرعة المتجهة المتوسطة باستخدام نقطتين على الخط البياني.

بالتعويض $d_2 = 12.0\ \text{m}$ ،$d_1 = 6.0\ \text{m}$ ،$t_2 = 7.0\ \text{s}$ ،$t_1 = 3.5\ \text{s}$

$$\overline{v} = \frac{\Delta d}{\Delta t} = \frac{d_2 - d_1}{t_2 - t_1}$$

$$= \frac{12.0\ \text{m} - 6.0\ \text{m}}{7.0\ \text{s} - 3.5\ \text{s}}$$

$$= 1.7\ \text{m/s} \quad \text{في الاتجاه الموجب}$$

أما السرعة المتوسطة فتساوي القيمة المطلقة للسرعة المتجهة المتوسطة؛ أي $\overline{v} = 1.7\ \text{m/s}$

3 تقويم الجواب

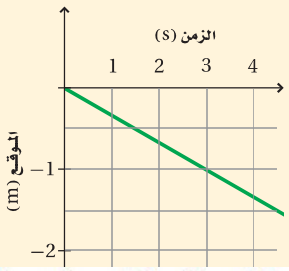
- **هل الوحدات صحيحة؟** نعم؛ فالوحدة m/s هي وحدة قياس كل من السرعة المتجهة والسرعة.
- **هل للإشارات معنى؟** نعم. الإشارة الموجبة للسرعة المتجهة المتوسطة تتفق مع النظام الإحداثي. ولا يحدد اتجاه للسرعة المتوسطة.

مسائل تدريبية

25. يصف الرسم البياني في **الشكل 22–2** حركة سفينة في البحر. ويعد الاتجاه الموجب للحركة هو اتجاه الجنوب.

a. ما السرعة المتوسطة للسفينة؟

b. ما السرعة المتجهة المتوسطة للسفينة؟



■ **الشكل 22–2**

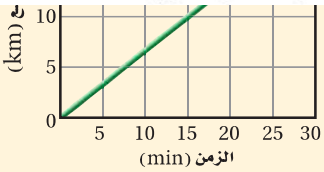
26. صف بالكلمات حركة السفينة في المسألة السابقة.

27.

27) $$\overline{v} = \frac{d_f - d_i}{t_f - t_i} = \frac{10 - 0}{15 - 0} = \frac{10}{15} = 0.67\ \text{km/min}$$

الدراجة تتحرك في الإتجاه الموجب وسرعتها المتوسطة = السرعة المتجهة المتوسطة وتساوي 0.67 km/min .

28. انطلقت دراجة بسرعة ثابتة مقدارها 0.55 m/s. ارسم نموذجًا للجسيم النقطي للحركة ومنحنى بيانيًّا للموقع –الزمن، تبين فيهما حركة الدراجة لمسافة 19.8 m.



■ **الشكل 23–2**

السرعة المتجهة اللحظية Instantaneous Velocity

لماذا أطلقنا على الكمية $\frac{\Delta d}{\Delta t}$ السرعة المتجهة المتوسطة، ولم نسمِّها ببساطة السرعة المتجهة؟ فكّر في طريقة إنشاء المخطط التوضيحي للحركة تدرك أن هذا المخطط يبين موقع الجسم المتحرك عند بداية فترة زمنية وعند نهايتها، لكنه لا يعبر عما حدث خلال تلك الفترة. فربما بقيت السرعة ثابتة أو زادت أو نقصت، أو ربما يكون الجسم قد توقف أو غيَّر اتجاهه. إن كل ما يمكن تحديده من خلال المخطط التوضيحي للحركة هو السرعة المتجهة المتوسطة، التي يمكن حسابها بقسمة الإزاحة الكلية على الفترة الزمنية التي حدثت الإزاحة خلالها. أما السرعة المتجهة عند لحظة زمنية تؤول إلى الصفر فتسمى **السرعة المتجهة اللحظية**. وسنستخدم في هذا الكتاب مصطلح السرعة المتجهة للتعبير عن السرعة المتجهة اللحظية، وسنرمز لها بالرمز $\boldsymbol{v}$.

إذا كانت السرعة المتجهة اللحظية لجسم ما ثابتة فإنها عندئذٍ تكون مساوية لسرعته المتجهة المتوسطة. وإذا تحرك الجسم بسرعة متجهةٍ ثابتة فإننا نقول إن سرعته منتظمة، لذا تكون حركته منتظمة.

تمثيل السرعة المتجهة المتوسطة على المخططات التوضيحية للحركة Average Velocity on Motion Diagrams

كيف يمكنك تعيين السرعة المتجهة المتوسطة على المخطط التوضيحي للحركة؟ إن المخطط التوضيحي للحركة ليس رسمًا بيانيًّا دقيقًا للسرعة المتجهة المتوسطة، وإنما يمكن استخدامه في تعيين مقدار واتجاه السرعة المتجهة المتوسطة. تخيل سيارتين تسيران على طريق بسرعتين مختلفتين، وتسجّل كاميرا فيديو حركتيهما بمعدل صورة كل ثانية، وتخيل أنه في مؤخرة كل سيارة فرشاة دهان تهبط آليًّا كل ثانية؛ لترسم خطًّا على الأرض مدة نصف ثانية. من المنطقي أن ترسم السيارة الأسرع خطًّا أطول. وتشبه الخطوط التي رسمتها فرشاتا الدهان على الأرض المتجهاتِ التي نرسمها على المخطط التوضيحي للحركة لتمثيل السرعة المتجهة.

استخدام المعادلات عندما ترسم خطًّا بيانيًّا مستقيمًا تستطيع التعبير عنه بمعادلة. ومن الأفضل أحيانًا استخدام مثل هذه المعادلة بدلاً من الرسم البياني لحل المسائل. تفحص مرة أخرى الرسم البياني في **الشكل 21–2** الذي يمثل جسمًا يتحرك بسرعة متجهة $(-5.0\ \text{m/s})$. ولعلك درست سابقًا أن أي خط مستقيم يمكن تمثيله بالصيغة الرياضية $y = mx + b$؛ حيث y هي الكمية التي نُعيّنها على المحور الرأسي، و m هي ميل الخط المستقيم، و x هي الكمية التي نُعيّنها على المحور الأفقي، و b هي نقطة تقاطع الخط المستقيم مع المحور الرأسي.

تجربة

متجهات السرعة اللحظية

1. اربط أحد طرفي خيط طوله 1 m بكتلة ذات خطاف.
2. أمسك بيدك الطرف الآخر للخيط بحيث تتدلى الكتلة في الهواء.
3. استخدم يدك الأخرى لتسحب الكتلة بحذر إلى أحد الجانبين، ثم اتركها.
4. **لاحظ** الحركة والسرعة واتجاه حركة الكتلة لعدة اهتزازات.
5. أوقف الكتلة عن الاهتزاز.
6. ارسم شكلًا توضيحيًّا تبين فيه متجهات السرعة اللحظية عند النقاط الآتية: قمة الاهتزازة، ونقطة المنتصف بين القمة والقاع، وقاع الاهتزازة، ونقطة المنتصف بين القاع والقمة، والقمة مرة أخرى.

التحليل والاستنتاج

7. أين كانت السرعة المتجهة أكبر ما يمكن؟
8. أين كانت السرعة المتجهة أقل ما يمكن؟
9. **وضح** كيف يمكن قياس السرعة المتوسطة باستخدام المتجهات؟

في الرسم البياني الموضح في **الشكل 21–2** تكون الكمية المُعيّنة على المحور الرأسي هي الموقع، وتُمثَّل بالمتغير d. والكمية المُعينة على المحور الأفقي هي الزمن، وتُمثَّل بالمتغير t.

أما ميل الخط المستقيم (-5.0 m/s) فيمثل السرعة المتجهة المتوسطة للجسم $\bar{v}$، ونقطة تقاطع الخط البياني مع المحور الرأسي هي 20.0 m. ترى ما الذي يمثله المقدار 20.0 m؟ مِن تفحص الرسم البياني والتفكير في كيفية تحرك الجسم تستنتج أن الجسم كان في موقع يبعُد 20.0 m عن نقطة الأصل عندما $t = 0.0$، ويُعرف هذا بالموقع الابتدائي للجسم، ويرمز له بالرمز d_i.

ويبين **الجدول 2–2** مقارنة بين المتغيرات العامة لمعادلة الخط المستقيم والمتغيرات الخاصة بالحركة، كما يبيّن القيم العددية لكل من الثابتين في هذه المعادلة. وبالاعتماد على المعلومات المبينة في الجدول، فإن المعادلة $y = mx + b$ أصبحت $\boldsymbol{d = \bar{v}t + d_i}$، وبتعويض قيم الثوابت تصبح:

$$d = (-5.0\ \text{m/s})\, t + 20.0\ \text{m}$$

تصف هذه المعادلة الحركة المنتظمة الممثلة بالشكل **بالشكل 21–2**. ويمكنك أن تختبر هذه المعادلة بإعطاء قيمة لـ t في المعادلة وحساب d. ويجب أن تحصل على القيمة نفسها لـ d عندما تعوض القيمة السابقة لـ t في الرسم البياني. ولإجراء اختبار إضافي للتأكد من أن المعادلة ذات معنى تفحّص الوحدات في كل من طرفيها للتأكد من تطابقهما. يمثل الجانب الأيسر في هذه المعادلة الموقع، ووحدته هي m، أما وحدة الجزء الأول من المعادلة في الجانب الأيمن فهي حاصل ضرب $\frac{\text{m}}{\text{s}} \times \text{s}$ أو meters، ووحدة الجزء الثاني من المعادلة في الطرف الأيمن هي m، وبهذا تكون الوحدات في طرفي المعادلة متطابقة.

الجدول 2–2

مقارنة الخطوط المستقيمة مع منحنيات الموقع-الزمن

المتغير العام	المتغير المعين للحركة	القيمة في الشكل 2-21
y	d	
m	$\bar{v}$	-5.0 m/s
x	t	
b	d_i	20.0 m

معادلة الحركة المنتظمة بدلالة السرعة المتجهة المتوسطة $\text{d} = \bar{\text{v}}\text{t} + \text{d}_\text{i}$

موقع الجسم المتحرك بسرعة منتظمة يساوي حاصل ضرب السرعة المتجهة المتوسطة في الزمن مضافًا إليه قيمة الموقع الابتدائي للجسم.

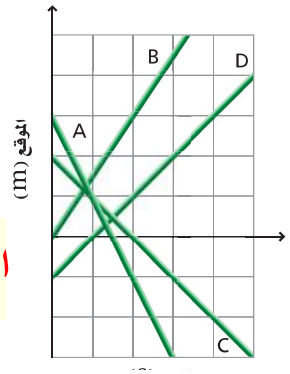
تستطيع الآن تمثيل الحركة باستخدام الكلمات والمخططات التوضيحية للحركة والصور وجداول البيانات ومنحنيات الموقع–الزمن، وكذلك باستخدام معادلة الحركة المنتظمة.

30)
السرعة المتجهة المتوسطة هي نفسها السرعة المتوسطة وبنفس الترتيب لو كانت القيم موجبة أما في حالة القيم السالبة فإن الترتيب سيصبح كالتالي :- B ثم D ثم C ثم A

2–4 مراجعة

استخدم الشكل 24–2 في حل المسائل 31–29.

29. **السرعة المتوسطة** رتب منحنيات (الموقع–الزمن) وفق السرعة المتوسطة للجسم، من الأكبر إلى الأصغر، وأشر إلى الروابط إن وجدت.



المنحنى	الموقع(y)	الزمن (x)	الميل $\bar{v}=\frac{y}{x}$
A	-6	3	-2
B	5	3.3	1.5
C	-5	5	-1
D	-5	5	1

ترتيب المنحنيات :- A ثم B ثم C=D

30. **السرعة المتجهة المتوسطة** رتِّب المنحنيات وفق السرعة المتجهة المتوسطة من السرعة الأكبر إلى السرعة الأقل.

31. **الموقع الابتدائي** رتِّب الخطوط البيانية بحسب الموقع الابتدائي للجسم (بدءًا بأكبر قيمة موجبة وانتهاءً بأكبر قيمة سالبة) هل يمكن ترتيبها

الترتيب وفق الموضع الابتدائي :- A ثم C ثم B ثم D
الترتيب من نقطة الأصل :- A ثم C ثم D ثم B

32. **السرعة المتوسطة والسرعة المتجهة المتوسطة**

السرعة المتوسطة هي القيمة المطلقة للسرعة المتجهة المتوسطة

33. **التفكير الناقد** ما أهمية عمل نماذج مصورة ونماذج فيزيائية للحركة قبل بدء حل معادلة ما؟

مختبر الفيزياء

عمل رسوم توضيحية للحركة

ستعمل في هذا النشاط مخططات توضيحية لحركة سيارتين لعبة. يتكون المخطط التوضيحي للحركة من مجموعة من الصور المتعاقبة التي تظهر مواقع جسم متحرك في فترات زمنية متساوية. وتساعدنا المخططات التوضيحية على وصف حركة الجسم؛ فمن خلال تفحص هذه المخططات يمكنك أن تقرر ما إذا كانت سرعة الجسم تتزايد أو تتناقص أو تظل ثابتة.

سؤال التجربة

كيف يختلف المخطط التوضيحي لحركة سيارة سريعة عن المخطط التوضيحي لحركة سيارة بطيئة؟

الأهداف

- **تقيس** مواقع الجسم المتحرك باستخدام النظام الدولي للوحدات (SI).
- **تدرك** العلاقات المكانية بين الأجسام المتحركة.
- **تصف** حركة جسم سريع وآخر بطيء.

احتياطات السلامة

الموادّ والأدوات

كاميرا فيديو

سيارتان لعبة تعملان بانضغاط النابض

مسطرة مترية

لوح كرتوني

الخطوات

1. ارسم خطًّا للبداية على طاولة المختبر أو على أي سطح يقترحه المعلم.
2. ضع كلتا السيارتين عند خط البداية، وأطلقهما في الوقت نفسه (تأكد من انضغاط نابضيهما قبل الانطلاق).
3. راقب حركة السيارتين، وحدد أيهما أسرع.
4. ضع السيارة الأبطأ عند خط البداية.
5. ثبّت مسطرة مترية بموازاة المسار الذي ستسير فيه السيارة.
6. اختر واحدًا من أعضاء مجموعتك لتشغيل كاميرا الفيديو.
7. أطلق السيارة البطيئة من خط البداية (تأكد من ضغط نابض السيارة قبل إطلاقها).
8. استعمل كاميرا الفيديو لتسجيل حركة السيارة البطيئة بموازاة المسطرة المترية.
9. هَيئ مسجل الفيديو لعرض المشهد لقطةً بعد أخرى، ثم أعد تشغيل شريط الفيديو كل 0.5 s مع ضغط زر الإيقاف كل 0.1 s (ثلاث لقطات).
10. حدد موقع السيارة في كل فترة زمنية بقراءة قياس المسطرة المترية على شريط الفيديو، ودوِّن ذلك في جدول البيانات.
11. كرّر الخطوات 10–5 باستخدام السيارة الأسرع.
12. ضع اللوح الكرتوني، بحيث يشكل مستوًى مائلاً بزاوية 30° تقريبًا على الأفقي.

جدول البيانات 1	
الزمن (s)	موقع السيارة الأبطأ (cm)
0.0	
0.1	
0.2	
0.3	
0.4	
0.5	

جدول البيانات 2	
الزمن (s)	موقع السيارة الأسرع (cm)
0.0	
0.1	
0.2	
0.3	
0.4	
0.5	

جدول البيانات 3	
الزمن (s)	موقع السيارة الأبطأ على المستوى المائل (cm)
0.0	
0.1	
0.2	
0.3	
0.4	
0.5	

13. ضع المسطرة المترية على المستوى المائل بحيث تكون موازية للمسار الذي ستتحرك عليه السيارة.
14. ضع السيارة البطيئة عند قمة المستوى المائل، وكرّر الخطوات 10–6.

التحليل

1. ارسم نموذج الجسيم النقطي لحركة السيارة البطيئة مستخدمًا البيانات التي جمعتها.
2. ارسم نموذج الجسيم النقطي لحركة السيارة السريعة مستخدمًا البيانات التي جمعتها.
3. استخدم البيانات التي حصلت عليها لرسم نموذج الجسيم النقطي لحركة السيارة البطيئة في أثناء نزولها المستوى المائل.

الاستنتاج والتطبيق

كيف يختلف نموذج الجسيم النقطي لحركة السيارة السريعة عنه لحركة السيارة البطيئة؟

التوسع في البحث

1. ارسم نموذج الجسيم النقطي لحركة سيارة تتحرك بسرعة ثابتة.
2. ما العلاقة بين المسافات الفاصلة بين النقاط في نموذج الجسيم النقطي لحركة سيارة تتحرك بسرعة ثابتة؟
3. ارسم نموذج الجسيم النقطي لحركة سيارة تبدأ متحركة بسرعة كبيرة ثم تتباطأ تدريجيًّا.
4. ماذا يحدث للمسافة بين النقاط في نموذج الجسيم النقطي في السؤال السابق عندما تتباطأ السيارة؟
5. ارسم نموذج الجسيم النقطي لحركة سيارة تسير في البداية ببطء، ثم تتسارع.
6. ماذا يحدث للمسافة بين النقاط في نموذج الجسيم النقطي للحركة في السؤال السابق عندما تتسارع السيارة؟

الفيزياء في الحياة

افترض أن سيارة تتوقف بشكل مفاجئ لتتجنب حادثًا. إذا كان للسيارة فرامل تضغط وتفصل بشكل آلي في كل جزء من الثانية، فكيف ستبدو آثار العجلات على الطريق؟ أرفق بإجابتك رسمًا توضيحيًّا يبين كيف تبدو آثار العجلات نتيجة الضغط على الفرامل.

الدقة في قياس الزمن
Accurate Time

افترض أن ساعة الحائط في صفك كانت تشير إلى 9:00، في الوقت الذي تشير فيه ساعتك إلى 8:55، بينما تشير ساعة زميلك إلى 9:05. ترى أي الساعات الثلاث أدق في تحديد الوقت؟ إن الدقة في تحديد الوقت أمر ضروري في حياتنا اليومية؛ فالجرس المدرسي الذي يقرع كل صباح وفي نهاية كل حصة دراسية يتم التحكم فيه اعتمادًا على الساعة. لذا إذا أردت أن تكون في الصف في الوقت المحدد فلا بد أن تضبط ساعتك مع الساعة المرتبطة بهذا الجرس. إن عمليات السفر عبر الفضاء والنقل والاتصالات والملاحة بأنظمة GPS تعتمد على ساعات ذات دقة متناهية، ومن هنا تأتي الحاجة إلى ساعات معيارية موثوقة مثل ساعة السيزيوم المعيارية.

ساعة السيزيوم المعيارية هي إحدى الساعات الذرية التي تلبي هذه الحاجة؛ فهي تعمل على قياس عدد الذبذبات؛ أي عدد المرات التي تغير فيها الذرة المستخدمة في الساعة مستوى طاقتها. وتحدث هذه الذبذبات لطاقة الذرة بسرعة كبيرة وبانتظام، لذا فهي تستخدم لتعيين الثانية المعيارية 1 s التي تساوي الزمن الذي تستغرقه 9192631770 ذبذبة.

إن مستوى الطاقة الخارجي لذرة السيزيوم يحتوي على إلكترون واحد يدور مغزليًّا، ويسلك سلوك مغناطيس متناهٍ في الصغر. وكذلك الحال لنواتها؛ حيث يدور كل من الإلكترون والنواة معًا، بحيث تصطف كل من الأقطاب المتشابهة لهما مرة، والأقطاب المختلفة مرة أخرى. فإذا اصطفت الأقطاب المتشابهة تكون ذرة السيزيوم في مستوى طاقة واحد، بينما إذا اصطفت الأقطاب المختلفة تكون الذرة في مستوى طاقة آخر.

تعدّ ساعة السيزيوم NIST-F1 الموجودة في مختبرات NIST في بولدر في كولورادو من أدق الساعات في العالم.

كيف تعمل ساعة السيزيوم؟ تتركب ساعة السيزيوم من ذرات السيزيوم، وجهاز للذبذبات مصنوع من كريستال الكوارتز، يولّد موجات ميكروية، وعندما يتساوى تردد الموجات الميكروية للجهاز مع التردد الطبيعي لذرات السيزيوم فإن عددًا كبيرًا من ذرات السيزيوم تغير من مستويات طاقتها. وبما أن التردد الطبيعي للسيزيوم 9192631770 ذبذبة فهذا يعني أن هناك 9192631770 تغيرًا بين مستويات طاقة ذرات السيزيوم في كل ثانية. ومن هنا تأتي دقة قياس الوقت بهذه الساعة.

التوسع

1. **ابحث** ما العمليات التي تحتاج إلى القياس الدقيق للوقت؟
2. **حلل** واستنتج لماذا يعدّ القياس البالغ الدقة للوقت أساسًا في الملاحة الفضائية؟

الفصل 2

دليل مراجعة الفصل

2–1 تصوير الحركة Picturing Motion

المفردات

المخطط التوضيحي للحركة

نموذج الجسيم النقطي

المفاهيم الرئيسة

يبين المخطط التوضيحي للحركة موقع جسم خلال أزمنة متعاقبة.

يستخدم في نموذج الجسيم النقطي مجموعة من النقاط المفردة المتتالية بدلًا من الجسم في المخطط التوضيحي للحركة.

2–2 الموقع والزمن Position and Time

المفردات

النظام الإحداثي

نقطة الأصل

الموقع

المسافة

الكميات المتجهة

الكميات العددية

المحصلة

الفترة الزمنية

الإزاحة

المفاهيم الرئيسة

النظام الإحداثي نظام يستخدم لوصف الحركة، بحيث يحدد لك موقع نقطة الأصل للمتغير الذي تدرسه، والاتجاه الذي تتزايد فيه قيم المتغير.

نقطة الأصل هي النقطة التي تكون عندها قيمة كل من المتغيرين صفرًا.

الموقع هو المسافة الفاصلة بين الجسم ونقطة الأصل، ويمكن أن تكون موجبة أو سالبة.

المسافة كمية عددية تصف بُعد الجسم عن نقطة الأصل.

الكميات المتجهة كميات فيزيائية لها مقدار واتجاه وفقًا لنقطة الإسناد.

الكميات العددية كميات فيزيائية لها مقدار فقط.

المحصلة متجه ناتج عن جمع متجهين أو أكثر، وهو يشير دائمًا من ذيل المتجه الأول إلى رأس المتجه الآخر.

الفترة الزمنية هي فرق بين زمنين. $\Delta t = t_f - t_i$

الإزاحة كمية فيزيائية متجهة تمثل مقدار تغير موقع الجسم في اتجاه معين. $\Delta d = d_f - d_i$

2–3 منحنى (الموقع–الزمن) Position–Time Graph

المفردات

منحنى (الموقع–الزمن)

الموقع اللحظي

المفاهيم الرئيسة

تستخدم منحنيات الموقع–الزمن لإيجاد السرعة المتجهة وموقع الجسم، و معرفة أين ومتى يتقابل جسمان.

الموقع اللحظي هو موقع الجسم عند لحظة زمنية تؤول إلى الصفر.

2–4 السرعة المتجهة Velocity

المفردات

السرعة المتجهة المتوسطة

السرعة المتوسطة

السرعة المتجهة اللحظية

المفاهيم الرئيسة

ميل الخط البياني لمنحنى (الموقع–الزمن) لجسم هو السرعة المتجهة المتوسطة لحركة الجسم. وهي تعبِّر عن مقدار السرعة التي يتحرك بها الجسم واتجاهها. $\overline{v} = \frac{\Delta d}{\Delta t} = \frac{d_f - d_i}{t_f - t_i}$

السرعة المتوسطة هي القيمة المطلقة للسرعة المتجهة المتوسطة.

رمز الموقع الابتدائي للجسم d_i، وسرعته المتجهة المتوسطة الثابتة $\overline{v}$، وإزاحته d، والزمن t، وترتبط معًا بالمعادلة: $d = \overline{v}t + d_i$

السرعة المتجهة اللحظية هي مقدار سرعة الجسم واتجاه حركته عند لحظة زمنية تؤول إلى الصفر.

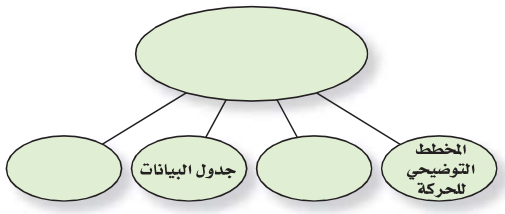
37)

الموقع :- موضع الجسم عند زمن محدد .
المسافة:- تغير موقع الجسم خلال فترة زمنية محددة وهي كمية عددية .
الإزاحة :- كمية متجهة تصف تغير الجسم خلال فترة زمنية معينة .

2 التقويم

خريطة المفاهيم

34. أكمل خريطة المفاهيم أدناه بما يناسبها من مصطلحات.



إتقان المفاهيم

35. ما الهدف من رسم المخطط التوضيحي للحركة؟

يعطي تصور عن كل من الإزاحة والموقع والزمن والسرعة المتجهة

36. متى يمكن معاملة الجسم كجسيم نقطي؟ (2-1)

37. وضّح الفرق بين: الموقع والمسافة والإزاحة. (2-2)

38. كيف يمكنك استخدام ساعة حائط لتعيين فترة

الفترة الزمنية = قراءة الساعة عند نهاية الفترة ـ قراءتها عند بداية الفترة

39. **خط التزلج** و ضح كيف يمكنك أن تستخدم منحنى

نرسم منحنيين على نفس المحاور وإذا تقاطع المنحنيان فهذا يعنى أن أحدهما سيتجاوز الآخر

40. **المشي والركض** إذا غادر منزلكم شخصان في الوقت

كلاهما خط مستقيم يبدأ من الموقع نفسه لكن الخط الممثل لحركة العداء سيكون أكثر انحدارا أي أكبر ميلاً

41. ماذا يمثل ميل الخط البياني لمنحنى (الموقع-الزمن)؟

(2-4) **السرعة المتجهة**

42. إذا علمت موقع جسم متحرك عند نقطتين في مسار حركته، وكذلك الزمن الذي استغرقه الجسم للوصول من النقطة الأولى إلى الأخرى، فهل يمكنك تعيين سرعته المتجهة اللحظية، وسرعته

من الممكن حساب السرعة المتجهة المتوسطة من المعلومات المعطاة لكن ليس بالإمكان إيجاد السرعة المتجهة اللحظية

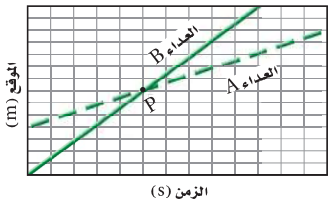
تطبيق المفاهيم

43. يمثل **الشكل 2-25** رسمًا بيانيًّا لحركة عدّاءين.

a. صف موقع العدّاء A بالنسبة للعدّاء B بحسب التقاطع مع المحور الرأسي.

b. أي العدّاءين أسرع؟

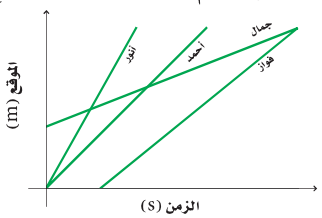
c. ماذا يحدث عند النقطة P وما بَعدها؟



الشكل 2-25

44. يبين منحنى (الموقع-الزمن) في **الشكل 2-26** حركة أربعة من الطلاب في طريق عودتهم من المدرسة. رتِّب الطلاب بحسب السرعة المتجهة المتوسطة لكل منهم من الأبطأ إلى الأسرع.

جمال، فواز، أحمد، أنور

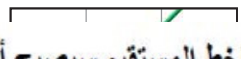


الشكل 2-26

45. يمثل **الشكل 2-27** منحنى (الموقع-الزمن) لأرنب يهرب من كلب. صف كيف يختلف هذا الرسم البياني إذا:

a. ركض الأرنب بضعف سرعته.

b. ركض الأرنب في الاتجاه المعاكس.



a- الفرق :- ميل الخط المستقيم سيصبح أكبر بمقدار الضعف .

b- سيبقى مقدار الميل كما هو لكن سيكون سالباً .

الشكل 2-27

تقويم الفصل 2

إتقان حل المسائل

46. تحركت دراجة هوائية بسرعة ثابتة مقدارها 4.0 m/s

$$d = v\,t = 4.0 \times 5 = 20\ m$$

47. **علم الفلك** يصل الضوء من الشمس إلى الأرض في

$$8.3\ min = 8.3 \times 60 = 498\ s\ .$$
$$d = v\,t = 3 \times 10^8 \times 498 = 1.5 \times 10^{11}\ m = 1494 \times 10^8\ m\ .$$

48. تتحرك سيارة في شارع بسرعة 55 km/h، وفجأة

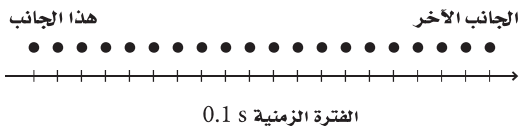
$$55\ km/h = \frac{55}{3.6} = 15.27\ s\ .$$

$$d = v\,t = 15.27 \times 0.75 = 11.45\ m\ .$$

90.0 km/h، بينما قادت صديقتها سيارتها بسرعة 95 km/h، فسبقت والدتك في الوصول إلى نهاية الرحلة. فما الزمن الذي ستنتظره صديقة والدتك في نهاية الرحلة التي يبلغ طولها 50 km؟

مراجعة عامة

50. يبين **الشكل 28–2** نموذج الجسيم النقطي لحركة ولد يعبر طريقًا بشكل عرضي. ارسم منحنى (الموقع–الزمن) المكافئ للنموذج، واكتب المعادلة التي تصف حركة الولد، علمًا بأن الفترة الزمنية هي 0.1 s.

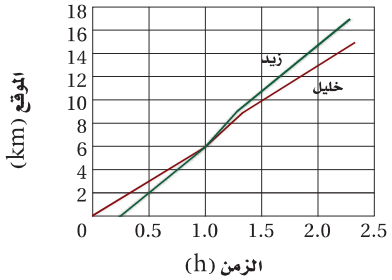


الشكل 28–2

51. يبين **الشكل 29–2** منحنى (الموقع–الزمن) لحركة كل من زيد وخليل وهما يجدفان في قاربين عبر نهر.

a. عند أي زمن كان زيد وخليل في المكان نفسه؟

c. في أي موقع من النهر يوجد تيار سريع؟



الشكل 29–2

52. غادرت السيارتان A و B المدرسة عندما كانت قراءة ساعة الإيقاف صفرًا، وكانت السيارة A تتحرك بسرعة منتظمة 75 km/h، والسيارة B تتحرك بسرعة منتظمة 100 km/h.

a. ارسم منحنى (الموقع–الزمن) لحركة كل من السيارتين، ووضح بُعد كل منهما عن المدرسة عندما تشير ساعة الإيقاف إلى 2.0 h. حدد ذلك على رسمك البياني.

b. إذا مرت كلتا السيارتين بمحطة وقود تبعد 150 km عن المدرسة، فمتى مرَّت كل منهما بالمحطة؟ حدد ذلك على الرسم.

53. ارسم منحنى (الموقع–الزمن) لسيارتين A و B تسيران نحو شاطئ يبعد 50 km عن المدرسة. تحركت السيارة A عند الساعة 12:00 pm بسرعة 40 km/h من متجر يبعد 40 km عن الشاطئ، بينما تحركت السيارة B من المدرسة عند الساعة 12:30 pm بسرعة 100 km/h. متى تصل كل من السيارتين A و B إلى الشاطئ؟

54. يبين **الشكل 30–2** منحنى (الموقع–الزمن) لحركة علي ذهابًا وإيابًا في ممر. افترض أن نقطة الأصل عند

a-
تحرك علي بسرعة ثابتة وقطع 6m لمدة 8s – توقف حتى الثانية 24 – تحرك بسرعة ثابتة وقطع 6m لمدة 6s – توقف لمدة 6s – تحرك بسرعة ثابتة في الاتجاه المعاكس وقطع 9m لمدة 8s – توقف لمدة 5s – تحرك بسرعة ثابتة وقطع 3m لمدة 1s – توقف لمدة 4s – تحرك بسرعة ثابتة في الاتجاه المعاكس وقطع 6m لمدة 4s

b- بعد 7s

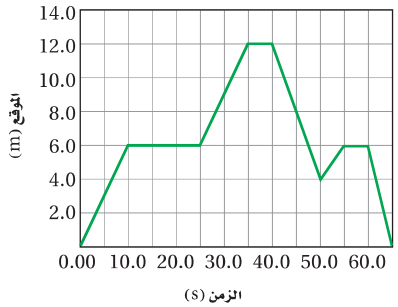
$$v = \Delta d / \Delta t = [\,3.00 - 12.0\,] / [46.0 - 37.0] = -1.00\ m/s$$

c- 32s

تقويم الفصل 2

b. متى كان موقع علي على بُعد 6.0 m؟

c. ما الزمن بين لحظة دخول علي في الممر ووصوله إلى موقع يبعد 12.0 m عن نقطة الأصل؟ وما السرعة المتجهة المتوسطة لعلي خلال الفترة الزمنية (37 s – 46 s)؟



الشكل 30–2

التفكير الناقد

55. **تصميم تجربة** تنطلق دراجة نارية أمام منزل يعتقد أصحابه أنها تتجاوز حدود السرعة المسموح بها وهي 40 km/h. صف تجربة بسيطة يمكنك إجراؤها لتقرر ما إذا كانت هذه الدراجة تتجاوز السرعة المحددة فعلًا عندما تمر أمام المنزل.

56. **تفسير الرسوم البيانية** هل يمكن أن يكون المنحنى

نعم، الخط الرأسي يعنى أن الجسم يقع فى أكثر من مكان فى الوقت نفسه والخط الأفقي يعنى أن الجسم ساكن لا يتحرك

57. وقف طلاب شعبة الفيزياء في صف واحد، وكانت المسافة بين كل طالبين 25 m، واستخدموا ساعات إيقاف لقياس الزمن الذي تمر عنده سيارة تتحرك على طريق رئيس أمام كل منهم. وتم تدوين البيانات في **الجدول 3–2**.

ارسم منحنى (الموقع–الزمن) مستخدمًا البيانات الواردة في الجدول، ثم أوجد ميل الخط البياني في المنحنى، واستنتج سرعة السيارة.

الجدول 3–2

الموقع-الزمن	
الزمن (s)	الموقع (m)
0.0	0.0
1.3	25.0
2.7	50.0
3.6	75.0
5.1	100.0
5.9	125.0
7.0	150.0
8.6	175.0
10.3	200.0

الكتابة في الفيزياء

58. حدد علماء الفيزياء سرعة الضوء $3.00\times10^{8}\ m/s$. كيف توصلوا إلى هذا؟ اقرأ حول سلسلة التجارب التي أجريت لتعيين سرعة الضوء، ثم صف كيف تطورت التقنيات التجريبية لتجعل نتائج التجارب أكثر دقة.

مراجعة تراكمية

59. حوِّل كلًّا من قياسات الزمن الآتية إلى ما يعادلها بالثواني:

a. 58 ns **c.** 9270 ms

b. 0.046 Gs **d.** 12.3 ks

a- $58 \times 10^{-9}\ s = 5.8 \times 10^{-8}\ s.$

b- $0.046 \times 10^{9}\ s = 4.6 \times 10^{-7}\ s.$

c- $9270 \times 10^{-3}\ s = 9.27\ s.$

d- $12.3 \times 10^{3}\ s = 1.23 \times 10^{4}\ s.$

اختبار مقنن

أسئلة الاختيار من متعدد

اختر رمز الإجابة الصحيحة فيما يأتي:

1. أي العبارات الآتية تعبر بشكل صحيح عن النموذج الجسيمي النقطي لحركة طائرة تقلع من مطار؟

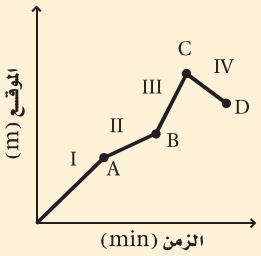
(A) تكوِّنُ النقاط نمطًا وتفصل بينها مسافات متساوية.

(B) تكُون النقاط متباعدة في البداية، ثم تتقارب مع تسارع الطائرة.

(C) تكُون النقاط متقاربة في البداية، ثم تتباعد مع تسارع الطائرة.

(D) تكُون النقاط متقاربة في البداية، ثم تتباعد ثم تتقارب مرة أخرى عندما تستوي الطائرة وتتحرك بالسرعة العادية للطيران.

يبين الرسم البياني حركة شخص يركب دراجة هوائية. استخدم هذا الرسم للإجابة عن الأسئلة 4–2.



2. متى بلغت السرعة المتجهة للدراجة أقصى قيمة لها؟

(A) في الفترة I (C) عند النقطة C

(B) في الفترة III (D) عند النقطة B

3. ما الموقع الذي تكون عنده الدراجة أبعد ما يمكن عن نقطة البداية؟

(A) النقطة A (C) النقطة C

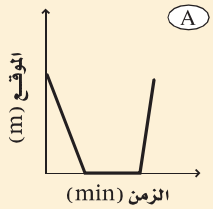
(B) النقطة B (D) النقطة D

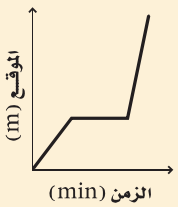
4. في أي فترة زمنية قطع راكب الدراجة أكبر مسافة؟

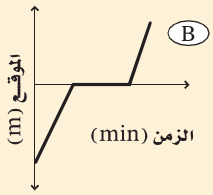
(A) الفترة I (C) الفترة III

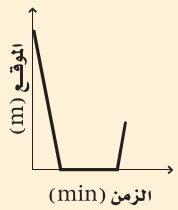
(B) الفترة II (D) الفترة IV

5. نزل سنجاب من فوق شجرة ارتفاعها 8 m بسرعة منتظمة خلال 1.5 min، وانتظر عند أسفل الشجرة مدة 2.3 min، ثم تحرك مرة أخرى في اتجاه حبة بندق على الأرض مدة 0.7 min. فجأة صدر صوت مرتفع سبَّب فرار السنجاب بسرعة إلى أعلى الشجرة، فبلغ الموقع نفسه الذي انطلق منه خلال 0.1 min. أي الرسوم البيانية الآتية يمثل بدقة الإزاحة الرأسية للسنجاب مقيسة من قاعدة الشجرة؟ (نقطة الأصل تقع عند قاعدة الشجرة).

(A)


(C)


(B)


(D)


الأسئلة الممتدة

6. احسب الإزاحة الكلية لمتسابق في متاهة، إذا سلك داخلها المسار الآتي:

البداية، 1.0 m شمالاً، 0.3 m شرقًا، 0.8 m جنوبًا، 0.4 m شرقًا، النهاية.

✓ إرشاد

الأدوات اللازمة

أحضر جميع الأدوات اللازمة للامتحان: أقلام رصاص، أقلام حبر زرقاء وسوداء، ممحاة، طامس للتصحيح، مبراة، مسطرة، آلة حاسبة، منقلة.