



وزارة التربية والتعليم
إدارة المناهج

العلوم للجميع

الفيزياء

كتاب المعلم - الصف العاشر
الجزء الأول



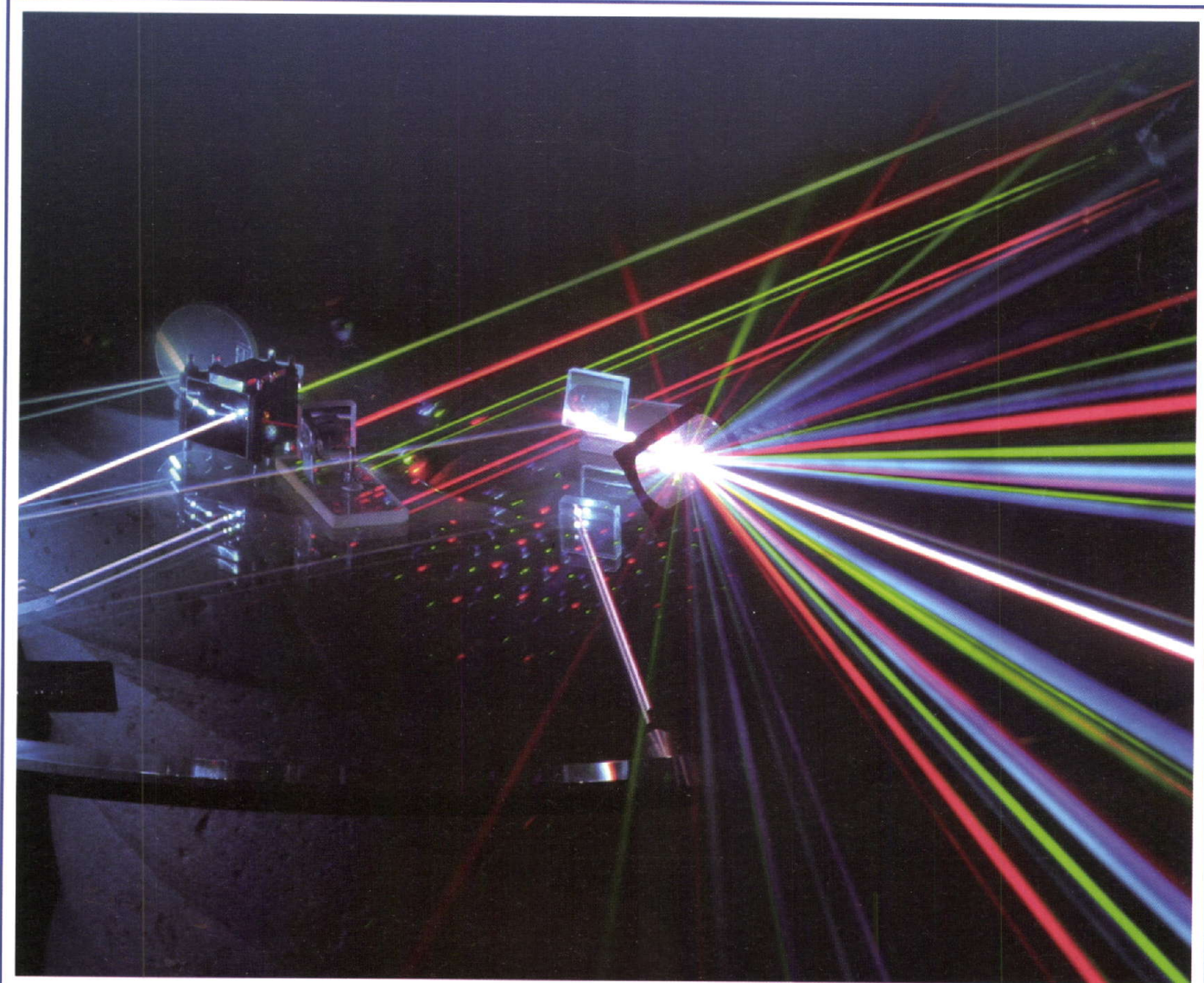


وزارة التربية والتعليم
إدارة المناهج

العلوم للجميع

الفيزياء

كتابُ المعلم - الصفُّ العاشر
الجزءُ الأول



الطبعة الخامسة 2009 - 2010 م

لجنة الموازنة في دولة الإمارات العربية المتحدة

محمّد يوسف الأقرع رئيساً
جمال جودة أحمد عضواً
عادل علي يوسف عبدالله عضواً
رياض إبراهيم خالد عضواً

لجنة منسقي مادة الفيزياء للمرحلة الثانوية في شركة جيوبروجكتس

علي حيدر
عفيف حجازي



© جميع الحقوق باللغة العربية محفوظة للناشر
لا يجوز نشر أي جزء من هذا الكتاب أو تخزينه أو تسجيله
بأي وسيلة أو تصويره دون موافقة خطية من الناشر.



المحتويات

مقدمة كتاب المعلم

ب	التجارب المختبرية
د	الدروس
و	حل المسائل
ح	التقويم
ي	كتاب المعلم

الجزء الأول

2

الفصل 1 علم الفيزياء

2 (i)

مخطط الفصل

4	1-1 ما هو علم الفيزياء؟
8	2-1 القياسات في التجارب
10	نشاط عملي سريع: البادئات في القياس
18	3-1 لغة الفيزياء
22	ملخص الفصل 1
23	مراجعة الفصل 1
26	تقويم الفصل 1

28

الفصل 2 الحركة في بُعد واحد

28 (i)

مخطط الفصل

30	1-2 الإزاحة والسرعة
38	2-2 العجلة
50	3-2 السقوط الحر للأجسام
52	نشاط عملي سريع: زمن رد الفعل
55	قراءة علمية
57	ملخص الفصل 2
58	مراجعة الفصل 2
64	تقويم الفصل 2

67

قسم الملاحق

68	الملحق (أ): مراجعة في الرياضيات
77	الملحق (ب): الرموز
79	الملحق (ج): الوحدات في النظام الدولي SI
79	بعض بادئات النظام الدولي SI
79	قيم تقريبية لمعامل الاحتكاك
80	أجوبة عن مسائل مختارة
81	المفردات

التجارب المختبرية

كتاب «التمارين والأنشطة والتجارب العملية» للطالب

مقاربة مبتكرة

استراتيجيات حديثة تساعد المتعلمين على تحمّل مسؤولية تعلّمهم

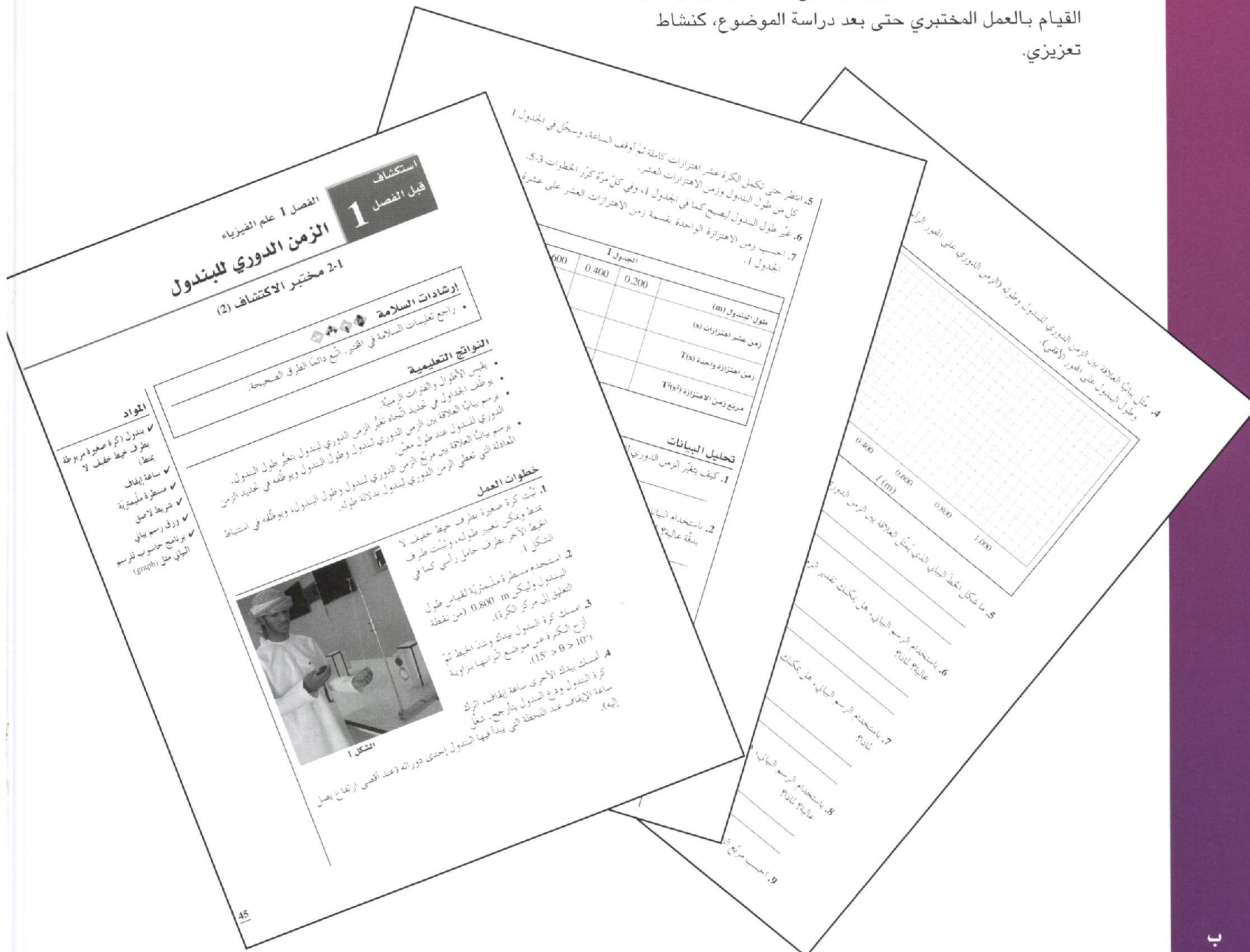
تنمّي تجارب مختبر الاكتشاف لدى المتعلمين مهارة استيعاب المفاهيم الفيزيائية. وتسمح لهم باستكشاف واختبار الظواهر الفيزيائية قبل دراستها في الفصل، إذ لا تتطلب الإجراءات التعليمية أي معرفة مسبقة بالموضوع. باستطاعة المتعلمين وخلال سياق الفصل تلمّس أمثلة حسيّة للمفاهيم العلمية التي لاحظوها، مما يعمق فهمهم لها.

• المرونة

تمت تجزئة الإجراء المختبري إلى أجزاء مستقلة لتفعيل المرونة في العمل. باستطاعة المتعلمين، إن سمح الوقت، إجراء العمل المختبري كاملاً. بالمقابل ننصح المعلم بإجراء كل جزء مباشرة قبل دراسة المتعلمين لموضوع هذا الجزء. وبالإمكان القيام بالعمل المختبري حتى بعد دراسة الموضوع، كنشاط تعزيزي.

• إجراء متكامل وأسئلة

يلي كل جزء من الإجراء المختبري مجموعة مختصرة من البنود التي صمّمت لتعزيز ملاحظات المتعلمين، مما يؤدي إلى تطوير فهمهم لتطبيق مفاهيم الفيزياء.



الاتحاد الإماراتي لسباق السيارات دبي: دولة الإمارات العربية المتحدة

27 سبتمبر، 2008

السيد أحمد البكري
مختبرات الإلهام
8 شارع الميدان، الشارقة
عزيزي السيد أحمد،

نرؤج لسباق سيارات يجري هذا الفصل من خلال منافسة لتطوير سيارة سباق ثمينة. وسترصد جوائز مالية وعطايات لسباق كأس اتحاد السباق الإماراتي الذي سيُمنح لأمرح سيارة تطابق مواصفات كل صف. سيتضمن السباق التحكيم في صنفين: السيارات المزودة بمحركات والسيارات التي من دون محركات (التي تسير بفعل قوة الحاذية). السيارات المزودة بمحركات هي التي تعمل بالطائرات (دون وقود) والتي ينبغي لها أن تتحرك لمسافة 5.0 m. ويتعين على السيارات المزودة بمحركات أن تتسارع للسرعة القصوى باستخدام لوح الزلاق أو أي تركيب فيزيائي مشابه، وعليها أن تسير مسافة 3.0 m دون دفع أو سحب أو إطلاق. والمشاركة بهذا الصنف بتوجب إعطاء توصيف كامل للجهاز أو الوسيلة المستخدمة في تعجيل السيارة. على جميع السيارات أن تصنع من مواد خردة تتواجد في البيت، وسوف لا يخضع شكل السيارة للتحكيم، ولكن على المتسابقين مراعاة عناصر التصميم الفيزيائية التي تؤثر في قدرة السيارة على الحركة بسرعة عالية وعلى خط مستقيم. يتعين على كل مساهمة أن تتضمن تحليلاً لسرعة السيارة، باستخدام وحدات SI الدولية، مضبوطة لثلاثة أرقام معنوية. ونوجب أن يجري التحليل معثل ثلاث سرعات قيس في ثلاث محاولات للحركة في مسافة أفقية على سطح أملس، كالبلاط أو الرخام. وعلى كل متسابق أن يستخدم استمارة طلب شهادة ابتكار مضمّنة اسم السيارة. أتمنى لكم حظاً سعيداً في التصميم الذي ستدخلون به هذه المسابقة.

اخلفص
خالد الزياتي

مختبرات الإلهام

1%

مذكّرة

التاريخ: 28 سبتمبر، 2008
إلى: فريق التطوير
من: أحمد البكري

غالباً ما تنتهي مسابقة تصميم السيارات التي يجريها اتحاد السباقات الإماراتي بجوائز قيمة، وهو ما يدفعنا لاعتماد تخطيط مصمّم بعناية. قبل الذهاب إلى المختبر، حشّر خطة لتصميم السيارة. وعلى خطتك أن تتضمن قائمة بالمواد اللازمة مع مخطط السيارة. تذكر أن تشمل الخطة كل إخباراتك وطرق التطوير التي نهجتها. وقد أرفقت قصاصات مقطوعة من الجرائد مع هذه المذكرة ما يساعد في تصميمك. وعلى خطتك أن تتضمن أيضاً تصميماً للسيارة التي ستسير بحظ مستقيم. الطريقة الأسهل لتحقيق ذلك هي أن تأكد أن السيارة مستقرة وأنها لا تحرف جانبياً. وعلى تصميمك أن يأخذ في الحسبان شكل السيارة وحجمها. بالنسبة إلى السيارة التي من دون محرك، ضع بحسابك أنها ستباطأ بعد نقطة ما على امتداد المسار الأفقي. جدد متوسط سرعة سيارتك من ثلاث محاولات، واعرض نتائج حساباتك. من جانبي ساقبل خطتك قبل أن تبدأ العمل في مشروعتك، وعليه أرجو إعادتها لي حالاً. وعندما تصح سيارتك جاهزة، حشّر تقريرك باستخدام استمارة التقديم لبراءة الاختراع. وتأكد من أن تقريرك يتضمن جميع جوانب التقديم، وانته إلى عدد الأرقام المعنوية خلال العمل المخبري.

حظاً سعيداً

انظر في الصفحة التالية
تعليمات العلامة وأمانة
أفراد وملاحظات إضافية.

تسمح تجارب مختبر الاختراع للمتعلّمين بتطبيق المفاهيم التي تعلّموها عند مواجهة مواقف محدّدة.

يزوّد مختبر الاختراع المتعلّمين بالفرصة اللازمة لتجارب استكشافية مفتوحة.

صمّمت هذه التجارب لتناسب متطلبات العالم العملية، فيصبح المتعلّمون موظفين في مختبر للأبحاث والتطوير.

تعرض المتعلّمين تحديات مثل اختراع جهاز أو اختبار مواد من أجل حل مشكلة معيّنة. بدل إعطائهم التعليمات الإجرائية يزوّدون فقط بلائحة ببعض المعدات التي قد تكون مفيدة بالإضافة إلى بعض الإرشادات. يصبح باستطاعتهم بهذه الطريقة ابتكار حلهم الفريد مستخدمين معرفتهم الفيزيائية. يترك للمعلّم اختيار المناسب من هذه التجارب.

الخطة الأولى

يطلب إلى كل متعلّم تصميم الخطة الأولى قبل دخوله المختبر، يساعده ذلك على تركيز جهوده كي يتمكن من إنهاء عمله في حصة مختبرية واحدة. كما يساعدك ذلك على تحديد أي متعلّمين هم بحاجة للتوجيه قبل المتابعة.

طلب براءة اختراع نهائية

يطلب إلى المتعلّمين تقديم هذا الطلب بدلاً من التقرير المختبري التقليدي. يضمن المتعلّمون طلبهم مسوّدة لاختراعهم يصف كل الأجزاء وكيفية حركتها، ويشتمل على مناقشة للمفاهيم الفيزيائية المعلّلة لطريقة عمل اختراعهم.

الدروس

الترتيب والسهولة والتنسيق

لقد نُظِّمت الفصول بوضوح لتيسر الفهم للمتعلمين.

معادلات أساسية

أعطيت أهمية خاصة بوضعها في صندوق ذهبي لِيَسْهُلَ إيجادها، ولتعزيز المفاهيم المتجسدة في هذه المعادلة، أعطيت كل معادلة أساسية عنواناً وعبر عنه بالكلمات والرموز.

السرعة Velocity

إن معرفة نقطة الانطلاق والتوقف لجسم متحرك لا تكفي لوصف حركته، قد تتحرك الأرض من تحتك مسافة 8.0 km إلى اليسار مستقيمة عاماً كاملاً نتيجة تحرك ألواح قشرة الأرض التكتونية البطيئة. ولو هُزَّ لهذه الحركة أن تتم خلال ثانية واحدة لشعرت برززال أو الزلازل أرضي. لذلك تشكل السرعة معلومة مهمة لوصف الحركة. غالباً لا تتحرك الأجسام بسرعة ثابتة على طول مسار حركتها، لذلك نلجأ إلى مفهوم السرعة المتوسطة.

السرعة المتوسطة

تسير السيارة في الشكل 4-2 في خط مستقيم على طريق عام (محور x). لنفترض أن x_i و x_f يدلان على موقع السيارة في اللحظتين t_i و t_f على التوالي. عندئذ تكون الإزاحة السيارة $\Delta x = x_f - x_i$ خلال الفترة الزمنية $\Delta t = t_f - t_i$. تُعرف السرعة المتوسطة (Average velocity) v_{avg} على أنها ناتج قسمة إزاحة الجسم على الفترة الزمنية التي حدثت خلالها الإزاحة، وتكون وحدة قياسها في النظام الدولي للوحدات (SI) متر لكل ثانية، ويرمز لها بـ m/s.

السرعة المتوسطة

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

السرعة المتوسطة = التغير في الموقع / الإزاحة الكلية / الفترة الزمنية

لاحظ أن السرعة المتوسطة قد تكون سالبة وقد تكون موجبة، تبعاً لإشارة الإزاحة (الفترة الزمنية دائماً موجبة). فمثلاً إذا قاد أحمد سيارته من دبي إلى أبو ظبي التي تقع غرب دبي وعلى بعد 180 كمها. حيث غادر دبي الساعة الثانية عشرة ظهرًا ووصل أبو ظبي الساعة الثانية والنصف بعد الظهر، فإن السرعة المتوسطة لسيارة أحمد في رحلته من دبي إلى أبو ظبي تكون:

$$v_{avg} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{-180 \text{ km}}{2.5 \text{ h}} = -72 \text{ km/h}$$

قد لا تكون سرعة سيارة أحمد 72 km/h في كل لحظة خلال رحلته من دبي إلى أبو ظبي، فربما توقفت للصلاة وتناول طعام الغداء، وربما تباطأ بسبب ازدحام الطريق، أو تجاوزت سرعة سيارته 72 km/h أحياناً لتعويض التأخير. السرعة المتوسطة تساوي السرعة الثابتة التي يجب أن يتحرك بها الجسم ليقطع بها الإزاحة نفسها خلال الفترة الزمنية نفسها. في المثال السابق لو انطلق أحمد من دبي بسرعة ثابتة تساوي 72 km/h متوجهاً غرباً نحو أبو ظبي التي تبعد 180 km لوصلها بعد ساعتين ونصف الساعة من انطلاقه.

مؤشرات الأداء

توضح للمتعلمين ما يتوخونه في التعلم.

العجلة

Acceleration

القسم 2-2

التغير في السرعة

تصل سرعة القطار السريع إلى حوالي 300 km/h. وبما أنه يتوقف مراراً ليجعل أو يريح من حمولته، مثلاً، فإن سرعته في حركتها الأمامية لا تستمر إلا وقتاً قصيراً، فسرعة معظم الأحيان في تغير دائم، تزداد حين الانطلاق وتتناقص حين التوقف. يضبط السائق مكابح القطار حين يقترب من المحطة. يتباطأ إلى أن يتوقف خلال 5.0 s. تتناقص سرعته، مثلاً، من 9.0 m/s إلى 0.0 m/s. نكتة قد يتوقف أحد خلال مدة زمنية أقل تبعاً للطريق، إذ قد يتباطأ لكي يتجنب صدم أحد المشاة، فتتناقص سرعته من 9.0 m/s إلى 0.0 m/s خلال 1.5 s من الواضح، بالرغم من تشابه حركة التباطؤ في الحالتين، أن التوقف قد اختلف، والاختلاف يكمن في الفترة الزمنية للتباطؤ أي زمن تغير السرعة. نلاحظ بالتالي أهمية عامل الزمن في وصف حركة الحافلة وسلا الركاب وراحتهم، فإحساس بالتغير المفاجئ في السرعة يختلف عنه نتيجة التغير التدريجي. تُعرف العجلة Acceleration بأنها معدل التغير في السرعة بالنسبة الزمن.

العجلة

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

العجلة = التغير في السرعة / الفترة الزمنية

وحدة العجلة في النظام الدولي للوحدات (SI) هي متر مقسوماً على مربع الثانية، كما يظهر في المعادلة التالية:

$$\frac{(m/s)}{s} = \frac{m}{s} \times \frac{1}{s} = \frac{m}{s^2}$$

العجلة مقداراً واتجاهاً

يُظهر الشكل 12-2 قطاراً ينطلق من محطة -لنتوضن أن القطار تحرك باتجاه اليمين، أي إن الإزاحة والسرعة موجبتان. عندما تزداد سرعة القطار بعد الانطلاق يصبح الفرق في السرعة Δv كمية موجبة وكذلك العجلة. خلال رحلات طويلة ومن دون توقف، يسير القطار بسرعة ثابتة لمدة طويلة. في هذه الحالة، لا تتغير السرعة ($\Delta v = 0 \text{ m/s}$)، وتكون العجلة صفراً. نصور أن القطار خلال تحركه في الاتجاه الموجب، قد تباطأ عند اقترابه من المحطة التالية. عندها تبقى السرعة موجبة لكن العجلة تسير سالبة، لأن السرعة النهائية أقل مقداراً من السرعة الابتدائية. وهذا يعني أن Δv سالبة.

الشكل 12-2

قطارات سريعة كبد قد تصل سرعتها إلى 300 km/h

38 الفصل 2

هل تعلم؟

السرعة الفاصلة Speed

السرعة في حياتنا اليومية مفهوم شائع حيث يستخدم بون ذكر الاتجاه فنقول مثلاً إن السيارة تسير بسرعة 60 km/h. وهذا لا يتفق مع مفهوم السرعة velocity الذي يتضمن الاتجاه أيضاً. تدل القيمة 60 km/h على مقدار السرعة فقط، وهو ناتج قسمة المسافة الكلية التي قطعها السيارة على الزمن المستغرق في قطع تلك المسافة.

هل تعلم؟

إن مجال علم الفيزياء الذي يدرس الحركة والقوى يعرف بالميكانيكا. ويشمل فرع الميكانيكا الذي يدرس حركة الأجسام دون التفرع لسيارتها بالكميات.

الحركة في بعد واحد

هل تعلم

تستعري انتباه المتعلم من خلال تضمينها معلومات إثرائية مشوقة حول الموضوع قيد الدرس.

تنظيم العنوان

يتضمن عنوان الموضوع الرئيس ويجزئ محتويات القسم إلى أجزاء يسهل التعامل معها. كما تسهل العناوين الفرعية تحديد موقع محتوى معين وتيسر المراجعة قبل الامتحان.

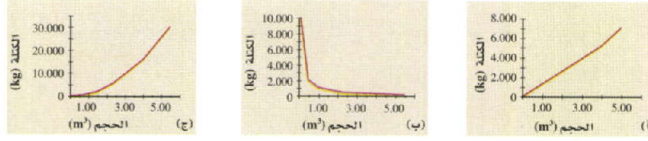
المفردات

وضعت على هامش الصفحة وفي مكان يسهل استعمالها، ولا تتعارض مع سياق الدرس.

مراجعة القسم 3-1

1. أي من الرسوم البيانية التالية يمثل البيانات المدرجة أدناه؟

كتلة الهواء (kg)	حجم الهواء (m ³)
0.644	0.50
1.936	1.50
2.899	2.25
5.159	4.00
7.096	5.50



2. أي من المعادلات التالية يتوافق مع بيانات السؤال رقم 1؟

- $1.29 = (\text{الحجم})^2 = (\text{الكتلة})^2$
- $1.29 = \text{الكتلة} \times \text{الحجم}$
- $1.29 \times \text{الحجم} = \text{الكتلة}$
- $1.29 \times (\text{الحجم})^2 = \text{الكتلة}$

3. استخدم التحليل البعدي للتحقق من صيغة كل من المعادلات الآتية: (استعن بالجدول 3-1)

- $(\text{السرعة}) = (\text{المسافة}) \times (\text{الزمن})$
- $(\text{القوة}) = (\text{الكتلة}) \times (\text{السرعة})^2$

مراجعة القسم

تحتوي على أسئلة متعلقة بأهداف القسم وهي تسمح لك بالتقويم المباشر والدقيق لإنجاز المتعلم للأهداف. تتطلب البنود المعنونة بـ «الفيزياء في الحياة اليومية» من المتعلمين أن يطبقوا معرفتهم المستحدثة لبعض أوجه الأنشطة التطبيقية التي عُرِضت في القصة التمهيدية للفصل.

الفيزياء والحياة

1. مكوك الفضاء

ينطلق مكوك الفضاء من ولاية فلوريدا الأمريكية في شرق الولايات المتحدة، ويدور حول الأرض عدة مرات، ويحط أحياناً في ولاية كاليفورنيا في غرب الولايات المتحدة. خلال رحلة المكوك، يذهب المصور الفوتوجرافي من فلوريدا إلى كاليفورنيا لتصوير رواد الفضاء عند مغادرتهم المكوك أي إزاحة أكبر، إزاحة المصور أم إزاحة رواد الفضاء؟

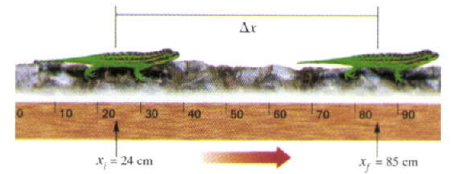
2. رحلة الذهاب والعودة

ما الفرق بين إزاحة رواد الفضاء في ذهابهم من فلوريدا إلى كاليفورنيا وإزاحتهم في عودتهم من كاليفورنيا إلى فلوريدا؟

الإزاحة

عندما يتحرك جسم من موقع إلى آخر نطلق مصطلح الإزاحة على جزء من الخط المستقيم الذي يصل نقطة بداية الحركة بنقطة النهاية.

تتحرك الأرض حول الشمس التي تتحرك بدورها مع المجموعة الشمسية في مجرة درب التبانة. وهذه المجرة تتحرك في الفضاء أيضاً. عندما يدرس الفيزيائيون حركات معقدة كهذه يجزئونها إلى أجزاء بسيطة يسهل درستها، ويختارون، في خطوة أولى، مناهج إسناد Frame of reference مناسبة. ففي حالة القطار تشكل المحطات مناهج إسناد مناسبة. لا يتغير، بالنسبة إلى مناهج إسناد معين، موقع جسم ساكن. مثلاً، إذا أخذنا رصيف المحطة كمناهل إسناد فإن المناهج المعقّدة على الرصيف تُعتبر سالكة. في الفيزياء يمكنك اختيار مناهج الإسناد الذي يناسبك، ما دمت متسجماً في اختيارك مع معطيات الحالة، وتتوصل إلى النتيجة نفسها مهما كان اختيارك لمناهل الإسناد. هناك مناهج إسناد تساهم في تسهيل الأمور أكثر من غيرها، فلنأخذ مثلاً حركة أبي بريس في الظاهرة في الشكل 2-2. يستحسن هنا اختيار مسطرة مرقمة بـ (cm) وموضوعة تحت أرجل الحيوان لتشكل مناهج إسناد مناسباً ومحور (x) للحركة. نستخدم المسطرة عندئذ لتحديد موقع أبي بريس الابتدائي ثم موقعه النهائي.



الشكل 2-2 تكون إزاحة أبي بريس الذي يتحرك على محور x من x_i إلى x_f إلى $\Delta x = x_f - x_i$

الإزاحة والمسافة

عندما يتغير موقع جسم متحرك على خط مستقيم نطلق مصطلح الإزاحة Displacement على جزء من الخط المستقيم الذي يصل نقطة بداية الحركة بنقطة النهاية.

يتحرك أبو بريس في الشكل 2-2 على المحور x من اليسار إلى اليمين بدءاً من موقع ابتدائي x_i إلى موقع نهائي x_f . وتكون إزاحته Δx .

الإزاحة

$$\Delta x = x_f - x_i$$

الإزاحة = التغير في الموقع = الموقع النهائي - الموقع الابتدائي

ويرمز الحرف اليوناني دلتا (Δ) قبل x إلى التغير في موقع الجسم. في الشكل 2-2 تكون إزاحة أبو بريس: $\Delta x = 85 - 24 = 61 \text{ cm}$. في هذه الحالة تتساوى إزاحة أبي بريس مع المسافة Distance التي قطعها.

الحركة في بعد واحد

الفيزياء والحياة

تزود المتعلمين بتحقيق عملي من أنهم استوعبوا المفاهيم التي يدرسونها.

الأرقام المعنوية

كمعلم للتأكد من القوانين التي تعتقد أنها مناسبة للصف. قد يتوصل متعلمان يحلان المسألة نفسها، مستخدمين قواعد الأرقام المعنوية نفسها، إلى نتائج مختلفة بعض الشيء تبعاً لترتيب العمليات المتبعة لحل المسألة. في النتيجة يجب أن تكون جاهزاً لتقبل الفروقات الصغيرة بين أجوبة المتعلمين والأجوبة الواردة في كتاب المعلم.

تعطي مادة الفيزياء مقارنة واضحة ودقيقة للأرقام المعنوية في الفصل 1. وقد أتبع هذه المقاربة بشكل منظم على مدى باقي البرنامج.

هناك مقاربات صحيحة ومتعددة للأرقام المعنوية وقد استخدمت بواسطة معلم فيزياء مختلفين. يوضح عرض الأرقام المعنوية في فيزياء «العلوم للجميع» أن على المتعلمين استشارتك

حل المسائل

نموذج حل ناجح للمسائل

يتضمن هذا البرنامج مسائل تطبيقية تفوق أي برنامج تعليمي آخر.

في حقبة فيزياء «العلوم للجميع»، وعلى امتداد المرحلة الثانوية، تجد حلولاً لـ 291 مسألة نموذجية، توضح ثلاثة ترتيبات مختلفة لكل واحدة من 97 معادلة أو نمط من المسائل وأكثر من 2800 مسألة تطبيقية. رتبت المسائل التطبيقية تبعاً لدرجة الصعوبة بالتدرج من الأسهل إلى الأصعب.

جواب الآلة الحاسبة

يحتوي معلومات حول وظيفة حسابية خاصة وتفاصيل التدوير الضرورية للمحافظة على مقاربة نسبية للأرقام المعنوية.

مثال

يزودنا بشروحات معمقة يحتاج إليها المتعلمون ونماذج لعمليات استدلال يمكن استخدامها لحل مسائل مشابهة.

مثال 2 (ج)

الإزاحة في حالة العجلة الثابتة

المسألة

تناقصت سرعة سيارة سباق باستخدام المظلة ونظام المكابح من 42 m/s إلى أن توقفت بعد 5.5 s. ما المسافة التي قطعتها السيارة؟

الحل

المعطى: $v_i = 0.0 \text{ m/s}$ $v_f = 42 \text{ m/s}$
 $t = 5.5 \text{ s}$
المجهول: $\Delta x = ?$

لحساب الإزاحة استخدم المعادلة:

$$\Delta x = \frac{1}{2} (v_i + v_f) t$$

$$\Delta x = \frac{1}{2} (42 \text{ m/s} + 0.0 \text{ m/s}) (5.5 \text{ s})$$

$$\Delta x = \frac{1}{2} (42 \text{ m/s}) (5.5 \text{ s})$$

$$\Delta x = 115.5 \text{ m} = 120 \text{ m}$$

$$\Delta x = (21 \text{ m/s}) (5.5 \text{ s})$$

$$= 1.2 \times 10^2 \text{ m}$$

جواب الآلة الحاسبة

جواب الآلة الحاسبة هو 115.5 m. بما أن لكل من السرعة والزمن رقمين معنويين، فيقرب الجواب ليصبح 120 m.

تطبيق 2 (د)

الإزاحة في حالة العجلة الثابتة

1. تتسارع سيارة بعتل ثابت من حالة السكون حتى تصل إلى سرعة 6.50 m/s خلال 6.0 s. ما المسافة التي قطعتها السيارة؟
2. تحط طائرة نفاثة على مدرج المطار بسرعة 100 m/s ثم تتابع السير بعجلة تساوي -5.0 m/s^2 إلى أن تقف. هل تستطيع الهبوط بأمان في مطار يبلغ طول مدرجه 50.80 km؟
3. رأى رجل يقود سيارة بسرعة 78 km/h حملاً يجتاز الطريق على مسافة 101 m من السيارة. كم يلزم السيارة من الوقت لتتباطأ بانتظام وتتوقف بعد قطع مسافة 99 m كي تتفادى الاصطدام بالحملة؟
4. تتحرك سيارة بسرعة 15.0 m/s. تتسارع السيارة بعتل ثابت 2.5 m/s^2 لمدة 4.0 s. جذ سرعة السيارة النهائية.

الحركة في بعد واحد

مثال 2 (ز)

الجسم المقذوف رأسياً إلى الأعلى

المسألة

يقذف سامي كرة إلى أعلى بسرعة ابتدائية قدرها 6.0 m/s. كم تبقى الكرة في الهواء قبل أن تعود إلى الأرض (د) كان ارتفاع نقطة انطلاقها عن الأرض 2.0 m؟

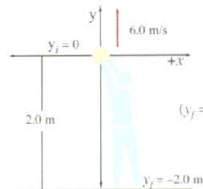
الحل

1. أعرف

2. أخطط

3. أحسب

4. أقيم



$$a = -g = -9.81 \text{ m/s}^2$$

$$v_i = +6.0 \text{ m/s}$$

$$t = ?$$

المجهول: $t = ?$

المخطط: أختار نظام إحداثيات بحيث تكون نقطة الأصل متطابقة مع نقطة انطلاق الكرة. $y_i = 0$ $y_f = -2.0 \text{ m}$

أختار معادلة الإزاحة بدلالة السرعة الابتدائية والفترة الزمنية.

$$\Delta y = v_i \Delta t + \frac{1}{2} a \Delta t^2$$

$$(-2.0 - 0.0) = (6.0) \Delta t + \frac{1}{2} (-9.81) \Delta t^2$$

$$-2.0 = (6.0) \Delta t - 4.90 \Delta t^2$$

أرتب المعادلة لأحصل على معادلة: $4.90 \Delta t^2 - 6.0 \Delta t - 2.0 = 0$

$$t = \frac{-(-6.0) \pm \sqrt{(-6.0)^2 - 4 \times 4.91 \times (-2.0)}}{2 \times 4.91}$$

$$t = \frac{-(-6.0) \pm \sqrt{75.28}}{9.82}$$

$$t = 1.5 \text{ s} \quad \text{أو} \quad t = -0.27 \text{ s}$$

وحيث أن الزمن لا يمكن أن يكون سالباً فإن $t = 1.5 \text{ s}$

بما أن السرعة تنخفض بنسبة 9.81 m/s كل 1 s. وبما أن v_i تساوي 6.0 m/s، فإنه يلزم الكرة أقل من 1 s كي تصل إلى ارتفاعها الأقصى. بعد وصولها إلى القمة، يلزمها أقل من 1 s لتسقط إلى موقعها الأصلي. مضافاً إليه الوقت اللازم لتقطع 2.0 m وتصل إلى الأرض. إذن، إن وقتاً إجمالياً بين 1.0 s و 2.0 s يبدو معقولاً.

المزيد من المسائل التطبيقية
 في آخر كل فصل هناك مراجعة وتقييم مرتبطان بنموذج مسألة محدّدة في الفصل، يلجأ إليها المتعلمون للمساعدة. وتوجد الأجوبة على مسائل مختارة في آخر كتاب الطالب.

تمارين إضافية
 يقدم المزيد من الأمثلة والتطبيقات.

14. كم رقمًا معنويًا يوجد في كلٍّ من القياسات التالية؟
 أ. $78.9 \pm 0.2 \text{ m}$
 ب. $3.788 \times 10^3 \text{ s}$
 ج. $2.46 \times 10^4 \text{ kg}$
 د. 0.0032 mm

15. اصطاد صيّا سمكتين طول الصغرى 93.46 cm ، وطول الكبرى 135.3 cm . ما الطول الكلي للسمكتين؟
 16. يرغّب مزارع في معرفة محيط حقل مستطيل الشكل. بقيس طوله وعرضه. ويعدّ أنّ طول الحقل 38.44 m وعرضه 19.5 m . ما محيط هذا الحقل؟

التحليل البُعدي

أسئلة مراجعة

17. نفترض أنّ للكميتين A، B أبعادًا مختلفة. أيّ من العمليات الحسابية التالية يمكن أن تكون ذات معنى فيزيائي؟
 أ. $A + B$
 ب. A / B
 ج. $A \times B$
 د. $A - B$

18. نفترض أنّ لطرفي المعادلة الأبعاد نفسها. فهل يعني ذلك أنّ المعادلة صحيحة؟

19. تعطي المعادلة التالية نصف قطر الدائرة r المحوطة بمثلث طول أضلاعه a و b و c:

$$r = \frac{\sqrt{(s-a)(s-b)(s-c)}}{s}$$

- حيث: $s = (a + b + c) / 2$. تحقق من التجانس البُعدي لهذه المعادلة.

20. يعرف الزمن الدوري لبيندول بسيط بأنه المدة اللازمة لاهتزاز كاملة. تعطي المعادلة الآتية الزمن الدوري T لبيندول بسيط:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

- حيث l طول البندول و g عجلة الجاذبية التي تقاس بوحدة الطول مقسومة على مربع وحدة الزمن. تحقق من صحة هذه المعادلة باستخدام التحليل البُعدي.

مسائل تطبيقية

9. حول كلّ من القياسات التالية:

- أ. 2 dm إلى وحدة mm
 ب. $2 \text{ h } 10 \text{ min}$ إلى وحدة s
 ج. 16 g إلى وحدة μg
 د. 0.75 km إلى وحدة cm
 هـ. 0.675 mg إلى وحدة g
 و. $462 \mu\text{m}$ إلى وحدة cm
 ز. 35 km/h إلى وحدة m/s

10. كم شخصًا يستطيع المصعد أن يحمل بأمان إذا كانت حمولته القصوى طنًا واحدًا، وكتلة كل شخص 585 kg (الطن يساوي $1 \times 10^3 \text{ kg}$)

الدقة والضبط والأرقام المعنوية

أسئلة مراجعة

11. هل يمكن لمجموعة من القياسات أن تكون مضبوطة لكن غير دقيقة؟ اشرح.

12. يُظهر الشكل 12-1 صورًا لتحويلات الوحدات معلنة على بعض السلع. تحقق من دقة هذه التحويلات. هل استخدم منتج هذه السلع الأرقام المعنوية بشكل صحيح؟



الشكل 12-1

13. من المعروف أنّ سرعة الضوء في الفراغ هي $2.99792458 \times 10^8 \text{ m/s}$. اكتب سرعة الضوء في صيغة تتضمن:

- أ. ثلاثة أرقام معنوية
 ب. خمسة أرقام معنوية
 ج. سبعة أرقام معنوية

24 الفصل 1

المسألة 2 (د)

السرعة والإزاحة بعجلة ثابتة

المسألة

تستكّن بعض المغارب من الجري بسرعة تصل إلى 1.5 m/s . افترض أن عشرين تفصل بينهما مسافة 60.0 cm ابتداءً الجري أحدهما باتجاه الآخر في اللحظة نفسها وكان لكل منهما عجلة ثابتة حتى نقطة التقائهما. إذا كانت عجلة المغارب الأول في اتجاه معين 0.20 m/s^2 وعجلة الثاني 0.12 m/s^2 في الاتجاه العاكس، فكم من الوقت يمر قبل أن يتصادم العُقربان؟

الحل

1. أعرف

- الغرض: (عجلة المغارب الأول) $a_1 = 0.20 \text{ m/s}^2$
 (السرعة الابتدائية للمغارب الأول) $v_{1i} = 0 \text{ m/s}$
 (عجلة المغارب الثاني) $a_2 = 0.12 \text{ m/s}^2$
 (السرعة الابتدائية للمغارب الثاني) $v_{2i} = 0 \text{ m/s}$
 (المسافة الابتدائية بين العُقربين) $d = 60.0 \text{ cm} = 0.6 \text{ m}$
 المجهول: $\Delta x_1 = ?$ $\Delta x_2 = ?$ $t = ?$

أختار معادلة أو معادلات أو حلولاً: استعمل معادلة الإزاحة بعجلة ثابتة لكل عُقرب.

$$\Delta x_1 = v_{1i} t + \frac{1}{2} a_1 t^2$$

$$\Delta x_2 = v_{2i} t + \frac{1}{2} a_2 t^2$$

أعبر عن المسافة التي قطعها المغارب الثاني بالفرق بين المسافة الكلية التي كانت تفصل بينهما في البداية والمسافة التي قطعها المغارب الأول.

$$\Delta x_2 = d - \Delta x_1$$

أعيد ترتيب المعادلة أو المعادلات لعزل المجهول (الخامس): أعوض إزاحة المغارب الأول في معادلة إزاحة المغارب الثاني، استخدم المعادلة التي تربط بين الإزاحتين والمسافة الأصلية بين العُقربين.

$$\Delta x_2 = d - \Delta x_1 = d - (v_{1i} t + \frac{1}{2} a_1 t^2)$$

$$= v_{2i} t + \frac{1}{2} a_2 t^2$$

يمكن إعادة كتابة المعادلة لتعريف Δt امتداداً إلى القيم المعروفة. ولتبسيط عملية الحساب، أحذف من المعادلة السرعتين الابتدائيتين لأن مقدار كل منهما صفر.

$$d = \frac{1}{2} a_1 t^2 = \frac{1}{2} a_2 t^2$$

$$t = \sqrt{\frac{2d}{a_1 + a_2}}$$

أعوض القيم في المعادلة أو المعادلات:

$$t = \sqrt{\frac{(2)(0.60 \text{ m})}{0.20 \text{ m/s}^2 + 0.12 \text{ m/s}^2}} = \sqrt{\frac{1.2 \text{ m}}{0.32 \text{ m/s}^2}} = 1.9 \text{ s}$$


تبلغ السرعتان النهائيةتان للمغارب الأول والثاني 0.38 m/s و 0.23 m/s على التوالي. وقيمة كل من هاتين السرعتين أقل بكثير من السرعة القصوى للمغارب عموماً.

4. أؤم

تمارين إضافية

1. أجرت في العام 1986 أول رحلة جوية حول العالم دون إعادة التزوّد بالوقود. كانت السرعة المتوسطة للطائرة 186 km/h . فلو أن الطائرة حطّت بهذه السرعة، بعجلة تبلغ 1.5 m/s^2 ، فكم تستغرق لكي تتوقف تمامًا؟
 2. بلغت السرعة المتوسطة لقطار 24.0 km/h . فلو تباطأً عمداً 0.20 m/s^2 ، ووصولاً إلى سرعة 8.0 km/h ، فكم يستغرق من الزمن ليصل إلى هذه السرعة؟
 3. تصل سرعة الفراشة الاستوائية إلى 11 m/s . طارت هذه الفراشة بسرعة 6.0 m/s في حين طارت في الاتجاه نفسه حشرات أخرى تبعد عنها مسافة غير محدّدة وبسرعة ثابتة. وزادت الفراشة من سرعتها بعددًا معدّل مقدار 1.4 m/s^2 ملحقّت ببقية الحشرات بعد 3.0 s . فما المسافة التي قطعتها الفراشة حتى لحقت بالحشرات؟

تقويم شامل يستهدف مستويات فهم متعددة



مراجعة الفصل 1

راجع وقم

وحدات SI

أسئلة مراجعة

1. اذكر الوحدة الأساسية المناسبة من وحدات النظام الدولي (مع البائدة عند الحاجة) اللازمة لكميات التالية:
 - أ. الزمن t لتشغيل قرص مدمج في جهاز الستريو
 - ب. كتلة سيارة سباق
 - ج. طول ملعب كرة القدم
 - د. قطر قطعة بيتزا كبيرة
 - هـ. كتلة شريحة من اللحم
 - و. الفترة الزمنية لفصل دراسي
 - ز. المسافة بين مفترق والمدرسة
 - ح. كتلتك
 - ط. طول قاعة مختبر الفيزياء في مدرستك
 - ي. طولك
2. حدد قياس القوة $(1 \text{ newton} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2)$ ووحدة قياس السرعة في m/s من الوحدة في الجواب لدراسة عن قسمة القوة على السرعة؟

أسئلة حول المظاهر

1. ارجع الجدول 1-1 في الصفحة 5 لتحدّد مجالين، على الأقل، من مجالات علم الفيزياء التي تشمل كلًا من الحالات التالية:
 - أ. بناء نظام لتضخيم الصوت في سيارتك
 - ب. القمر بأحليل المناطقي
 - ج. تقدير سخونة لهب الموقد بالنظر إليه
 - د. الغطس في حوض سباحة لتبريد الجسم في يوم حار
2. أيّ السيناريوهات التالية يتوافق مع المفهوم العلمي؟
 - أ. يستمتع ميكانيكي سياراتك إلى الصوت الصادر عن محرك السيارة وهو يدور، ليتوصّل إلى رأي حول العطل، يكون رأيًا حول العطل ثم يتحقّق من صحة رأيه بصيقل سرعة دوران المحرك والسيارة وأصقّة.
 - ب. بناءً على ذلك يقرّر أن رأي السائق كان خطأ، أخيرًا يقرّر أن المشكلة في مضخة الوقود، ويستشير ميكانيكيين آخرين حول صحة استنتاجه هذا.
 - ج. يلاحظ اختلاف الآراء حول مكان الرحة التي قرّر الصفّ أن يقوم بها، أجرى المسؤول عن الصفّ اقتراحًا، صوّت أغلبية المتعلّمين مع الذهاب إلى حديقة عامة بدلاً من شاطئ البحر.
 - د. وصل فريق مدرستك إلى المباراة النهائية في بطولة المدارس لكرة السلة، يتوصّل صديقك لك من المدرسة المنافسة (إن فريق مدرستك سيفوز لأن لاعبيه يلعبون إلى الفوز أكثر من لاعبي فريق مدرستك، لا يندفع الماء من نافورة الشرب إلى الارتضاع المطلوب، يبدو أن هيضة النافورة رخوة، لذلك تحاول دفعها إلى الداخل عند دوراتها، وعندها يندفع الماء عاليًا فينتشّ لل الشرب، احرص على أن تحبّز زملائك بما فعلت.
 - هـ. قرّرت اختيار سيارة جديدة باستخدام النهج العلمي، ماذا تفعل؟

23 علم الفيزياء

راجع وقيم

■ أسئلة مراجعة

أسئلة مراجعة

1. راجع الجدول 1-1 في الصفحة 5 لتحديد مجالين، على الأقل، من مجالات علم الفيزياء التي تشمل كلاً من الحالات التالية:

- أ. بناء نظام لتضخيم الصوت في سيارةتك
- ب. القفز بأحبل المطاطي
- ج. تقدير سخونة لهب الموقد بالنظر إليه
- د. الفطن في حوض سباحة لتبريد الجسم في يوم حار

2. أ. السيناريوهات التالية يتوافق مع المنهج العلمي؟

- أ. يستمع مكيانكي سيارتك إلى الصوت الصادر عن محرك السيارة وهو يدور. يتوصل إلى رأي حول المظلم. يكون رأيه حول الفطن أنه يتحقق من صحة رأيه بضبط سرعة دوران المحرك والموتورة وأفقاً.
- ب. بناء على ذلك يقرر أن رأيه السابق كان خطأ. أخيراً يقرر أن المشكلة في مضخة الوقود. ويستشير مكيانكيين آخرين حول صحة استنتاجه هذا.
- ب. نظراً لاختلاف الآراء حول مكان الرقة التي قرر الصم أن يقوم بها، أجرى المسؤول عن الصم افتراضاً. صوّت أغلبية المتعلمين مع الذهاب إلى حديقة عامة بدلاً من شاطئ البحر.

3. وصل فريق مدرستك إلى المباراة النهائية في بطولة المدارس لكرة السلة. يفوز صديقك لك من المدرسة المنافسة إن فريق مدرستك سيفوز لأن لاعبيه يطعمون إلى الفوز أكثر من لاعبي فريق مدرستك.

4. لا يندفع الماء من نافورة الشرب إلى ارتفاع المطلوب. يبدو أن قبضة النافورة رخوة. لذلك تحاول دفعها إلى الداخل عند دورانها، وعندما يندفع الماء عالياً فيمتشي لك الشراب. أحرص على أن تخبر زملائك بما فعلت.

فرّزت اختيار سيارة جديدة باستخدام المنهج العلمي. ماذا تتعلّم؟

5. اذكر الوحدة الأساسية المناسبة من وحدات النظام الدولي (مع البساطة عند الحاجة) للأزمنة الكمّيات التالية:

- أ. الزمن اللازم لتفتيح قرص مدمج في جهاز الاستريو
- ب. كتلة سيارة سباق
- ج. طول ملعب كرة القدم
- د. قطر قطعة بيتزا كبيرة
- هـ. كتلة شريحة من اللحم
- و. الفترة الزمنية لفصل دراسي
- ز. المسافة بين مفرك والمدرسة
- ح. كتلة
- ط. طول قاعة مختبر الفيزياء في مدرستك
- ي. طولك

6. وحدة قياس القوة ($1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2 = 1 \text{ newton}$). ووحدة قياس السرعة هي m/s . ما الوحدة في الجواب الحاصل عن قسمة القوة على السرعة؟

أسئلة حول المفاهيم

7. يقاس ارتفاع الحصان أحياناً بوحدة «الشبر». لماذا اعتبرت هذه الوحدة معياراً غير دقيق إلى أن تم تعريبها على النحو التالي: الشبر = 20 cm.

8. أوضح إجابات تعريف المتر الرسمي على أنه المسافة التي يقطعها الضوء خلال مدة معينة. بدلاً من أنه طول مسطرة من معدن خاص.

9. وضع أينشتاين المعادلة الشهيرة التالية: $E = mc^2$. حيث E هي كتلة الجسم و c هي سرعة الضوء. ما وحدة الكمّي E في النظام الدولي للوحدات؟

تتحدى المتعلمين في تطبيق استيعابهم للمفاهيم الفيزيائية على موقف مختلف.

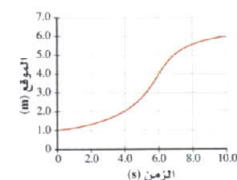
تزود المتعلم بتطبيق إضافي مع التقنيات الواردة في نماذج مسائل. تتعلق كل مسألة تطبيقية في الفصل بالمسألة النموذج.

تركز على الفهم الأساسي لحقائق الفيزياء والعلاقات.

راجع وقيم

■ أسئلة مراجعة

1. احسب، مستخدماً الشكل 2-22، المسافة المقطوعة والإزاحة خلال الفترة الزمنية المبينة.



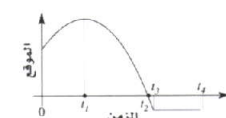
الشكل 22-2

2. **ب** تمثل السرعة الخطية على معنى (الموقع - الزمن) في الشكل 2-32

3. **أ** رسم معنى (الموقع - الزمن) لكل من الحالات التالية:

- جسم ساكن.
- جسم يتحرك بسرعة موجبة ثابتة.
- جسم يتحرك بسرعة سالبة ثابتة.

4. **أ** يمثل معنى (الموقع - الزمن) في الشكل 23-2 حركة حرة. على السرعة موجبة أم سالبة أم صفراً. في كل فترة زمنية معينة في المنحنى:



شكل 2-23

58 الفصل 2

مراجعة عامة

- احسب محيطاً ومساحة دائرة نصف قطرها 4.65 cm.
- استخدم المعادلتين التاليتين:

$$\text{المحيط} = 2\pi r$$

$$\text{المساحة} = \pi r^2$$
- يُصنّف أحد أنواع المتلحات على شكل مكعبات، حجم كل أربعة منها 3.786×10^{-3} ما طول كل جهة من جهات البواء الذي يوضع فيه المكعب؟
- كتلة السنونو المتكسر الواحد (1.0 cm^3) من ماء على حرارة 25°C تساوي $1.0 \times 10^{-3} \text{ kg}$ احسب كتلة 1.0 m^3 من هذا الماء.

المشاريع والتقارير

- هل تستطيع أن تقسم كتلة قطعة نقدية من فئة الدرهم بواسطة ميزان الحثام؟ سجل قياس كتلة عدد من القطع النقدية. اكتب بعد ذلك هذا القياس على عدد القطع النقدية. التحصيل على قيمة تقريبية لكتلة القطعة الواحدة. اشرح قواعد الأرقام المعنوية في هذه الحسابات. كرر هذه الخطوات مستخدماً أعداداً مختلفة من القطع النقدية. أي تقدير برأيك هو الأدق؟ أي تقدير هو الأكثر ضيقاً؟
- ابحث عن اسم العالم الذي نال جائزة نوبل للفيزياء في العام الماضي، وعن أعماله. واكتب بحثاً حول تاريخ الجائزة ذاكرة مؤسستها. وسبب تأسيسها ومن يمنحها وأين تُمنح. وفق بحثك في ملف أو ملصق، وأعرضه مستخدماً الحاسوب.

- لتفترض أن الماء يشكل تسعين في المئة من المواد الحية. وأن كثافة الماء هي $1.0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$. إذا علمت أن الكتلة = الحجم \times الكثافة، فما مقدار الكتلة لـ:
 - خلية كروية الشكل قطرها $1.0 \mu\text{m}$ (الحجم = $\frac{4}{3}\pi r^3$)
 - ذرية ذات شكل أسطواني طوله 4.0 mm وقطرها 2.0 mm (الحجم = $\pi r^2 h$)
- يبلغ كتلة الكوكب زحل $5.68 \times 10^{26} \text{ kg}$ ونصف قطره $5.85 \times 10^7 \text{ m}$.
 - كثافة هذا الكوكب (جاءت قيمة كتلته على حجمه) بوحدة g/cm^3 . (حجم الكرة = $\frac{4}{3}\pi r^3$)
 - مساحة سطح هذا الكوكب بوحدة m^2 .
 - مساحة سطح الكرة = $4\pi r^2$

- لديك ساعة مزودة بمقرب للشواري، ومسطرة مدرجة بالمليمتر (mm). وأسطوانة مرفقة بالمليتر (mL) وميزان حساس حتى 1 mg. كيف يمكنك أن تقيس ما يلي: كتلة قطرة من الماء، الزمن الدوري لحركة أرجوحة، حجم مشبك ورق؟ كيف تزيء من دقة قياساتك؟ اكتب الإجراءات اللازمة بوضوح كي تستخدمها زميل لك في الحصول على نتائج معقولة.
- حسّن ملصقاً أو شكلاً آخر للعرض نصف فيه المقياس أحد الأبعاد، كالساعة أو الزمن أو درجة السرعة أو الكتلة. أعط أمثلة يجري فيها القياسات الكبيرة جداً حتى القياسات الصغيرة أن يكون من بين هذه الأمثلة ما اختبرته بنفسك.

مراجعة عامة

تعرض سلسلة من المسائل الإضافية لمستويات مختلفة من الصعوبة، وغالباً ما تتطلب من المتعلمين استخدام معرفتهم المستقاة من فصول أخرى، دون أن تشير إلى أي مثل يُنمذج المسألة.

تقويم الفصل

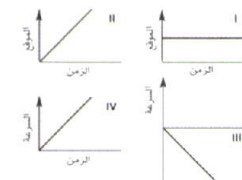
تستخدم هذه الأسئلة لتقييم فهم المتعلم للمادة بعد الانتهاء من مراجعة الفصل.

تقويم الفصل 2



اختيار من متعدد

استخدم الرسوم البيانية أدناه للإجابة عن الأسئلة 1-3.



- أي من النصوص التالية يصح للمجلة؟
 - إشارة العجلة هي دائماً إشارة الإزاحة نفسها.
 - إشارة العجلة هي دائماً إشارة السرعة نفسها.
 - تتغير الإشارة العجلة على كل من اتجاه الحركة وكمية تغير السرعة.
 - إشارة العجلة موجبة دائماً.
- تبدأ كرة بالتدحرج من السكون من على تلة بعجلة مقدارها 3.3 m/s^2 . إذا تسارعت الكرة لمدة 7.5 s، ما المسافة التي تقطعها خلال هذه الفترة؟
 - 12 m
 - 93 m
 - 120 m
 - 190 m
- أي من النصوص التالية يصح في كرة تُلقى رأسياً إلى أعلى؟
 - تكون إشارة عجلة الكرة سالبة في أثناء الصعود وموجبة في أثناء السقوط.
 - تكون إشارة عجلة الكرة موجبة في أثناء الصعود وسالبة في أثناء السقوط.
 - تكون إشارة عجلة الكرة صفراً في أثناء الصعود وموجبة في أثناء السقوط.
 - تكون عجلة الكرة ثابتة في فترتي الصعود والسقوط.

أسئلة ذات إجابة قصيرة

- اشرح الفرق بين الإزاحة والمسافة المقطوعة، في مجلة أو جملتين.
- ارسم ما يلي لجسم يتحرك بعجلة ثابتة وسالبة:
 - الخط البياني لمنحنى (الموقع - الزمن).
 - الخط البياني لمنحنى (السرعة - الزمن).
 اشرح، في جملتين أو ثلاث، أن الجسم بدأ الحركة بسرعة موجبة وإزاحة موجبة بالنسبة إلى نقطة الأصل.

- أي من الرسوم يمثل حركة جسم يتحرك بسرعة ثابتة وموجبة؟
 - I
 - II
 - III
 - IV
- أي من الرسوم يمثل حركة جسم ساكن؟
 - I
 - II
 - III
 - IV
- أي من الرسوم يمثل حركة جسم يتحرك بعجلة ثابتة وموجبة؟
 - I
 - II
 - III
 - IV
- تتلقح حافلة من مدينة إلى أخرى في رحلة تستغرق 5.2 h وبسرعة متوسطة مقدارها 73 km/h باتجاه الجنوب. ما الإزاحة الحافلة؟
 - 73 km باتجاه الجنوب.
 - 370 km باتجاه الجنوب.
 - 380 km باتجاه الجنوب.
 - 14 km/h باتجاه الجنوب.

- ب. لتفترض أن سائق سيارة الشربة بدأ استعمال اللحظة نفسها التي بدأ فيها الأول استعمال الشربة لكي لا تصطدم بالسيارة الفائرة؟
 - كم من الزمن يلزم سيارة الشربة لتتوقف؟
 - ب. بتقدير سباح في سباحة سباحة على أول منافسيه الحوض بـ 50.0 m وبزمن مقدار 0.50 s. في الثانية 4.00 m/s. كم يجب أن تكون السرعة للمنافس الثاني كي يتمكن من اللحاق بالأول في الحوض؟

- أطلق نموذج صاروخ إلى أعلى بسرعة ابتدائية 50.0 m/s وبعجلة ثابتة مقدارها 2.00 m/s^2 . إلى أن توقفت محركه على ارتفاع 150 m.
 - ما أقصى ارتفاع يصل إليه الصاروخ؟
 - متى يصل إلى أقصى ارتفاع له؟
 - كم يبقى الصاروخ في الهواء؟
- تتأرجح سيارة الشربة سيارة فائرة سرعة السيارة الفائرة 25 m/s وسرعة سيارة الشربة 35 m/s . عندما تكون المسافة بين السيارتين 45 m يستعمل سائق السيارة الفائرة الكبح فتنحصر سرعة السيارة بعجلة -2.0 m/s^2 .
 - كم من الزمن يلزم السيارة الفائرة لتتوقف؟

المشاريع والتقارير

- هل يمكن لمركب يسير في اتجاه الغرب أن يتسارع في اتجاه الشرق؟ ماذا يحصل لسرعة المركب؟ أعط أمثلة على أجسام أخرى تتسارع في اتجاه معاكس لاتجاه سيرها. ولكن لأحد هذه الأمثلة قيم رقمية. اشرح منحنيات ومخططات توضيحية.
- في مرة قادمة تسافر فيها بسيارة، سجل عدّة مرات، ولعدّة عشر دقائق، الأرقام الظاهرة على اللوحة أمام السائق، كالساعة وعدّاد السرعة وعدّاد المسافة وغيرها. اكتب تقريراً عن حركة السيارة يتضمن خرائط وجدولاً ورسوماً بيانية. تبادل هذا التقرير مع صديق لك كان في رحلة أخرى. حاول أن تعرف تفاصيل رحلته من خلال تقريره.
- رُمي حجران من أعلى تلة في الوقت نفسه وبالسرع نفسها، أحدهما إلى أعلى والآخر إلى أسفل. أي الحجرين (إن سبق الآخر) يصل إلى الأرض أولاً؟ أيهما يصل إلى الأرض بسرعة أكبر (إن وصل قبل)؟ في نقاش ضمن مجموعة، ادعم توقعاتك بأفضل البراهين. أعط قيماً رقمية للمسألة وحلّها لتتحقق مدى صحة توقعاتك.

- فهم بحث حول القيم المختلفة لسرعات وعجلات أجسام مختلفة. أعط أمثلة لبعض الحيوانات وبعض وسائل النقل والسيارات الرياضية والرحلات الجوية والفضاء والجسيمات الأولية والكواكب. رتب القيم التي حصلت عليها وأعرضها على لوحة كبيرة.
- نقد البحث الذي قام به جاليليو على الأجسام الساقطة. ماذا أراد جاليليو أن يثبت؟ أي أراء أو نظريات أراد أن يرفضها؟ ما الأدلة التي استعملها الآخرين بضميمة آرائه؟ هل اعتمد على التجربة والملاحظة أم اعتمد المنطق وطرقاً أخرى؟
- تطلب دراسة الأنواع المختلفة من الحركة في الطبيعة أجهزة لقياس الفترات الزمنية. حضّر عرضاً لنوع معين من أنواع الساعات، كالساعات المائية أو الرملية أو البندولية أو ساعات الرياح أو الساعات الذرية أو البيولوجية. من الذي اخترع أو اكتشف الساعة؟ أي مقدار من الزمن تقيس؟ ما البادئ أو الطواهر التي تشكل الأساس لكل نوع من الساعات؟ هل يمكن ضبطها؟

المشاريع والتقارير

تحتوي أفكاراً قد تستخدم لتوسيع أفق فهم المتعلم لدلالات موضوعات الفيزياء مع تقييم قدراته الأخرى.

كتاب المعلم

الملاءمة والمرونة

يساعد مخطط الفصل المعلم على تنظيم جميع موارد كتاب الفيزياء

تعرض لك الصفحات الداخلية في الفصل، في كل من أقسام الكتاب، لمحة من خيارات الفروض داخل الصف وخارجه مع أي وسائل تكنولوجية يناسب استخدامها في التعليم.

الجدول الزمني

يدل على الوقت المطلوب والعدد المقترح للحصص التعليمية لكل قسم.

موارد الصف التعليمية

- تساعد على تحقيق النواتج التعليمية.
- توضيحات من المعلم تسترعي الانتباه.
- شفافات تعليمية.
- كل النشاطات المختبرية وثيقة الصلة ومن ضمنها تلك الواردة في كتاب التمارين والأنشطة والتجارب العملية.

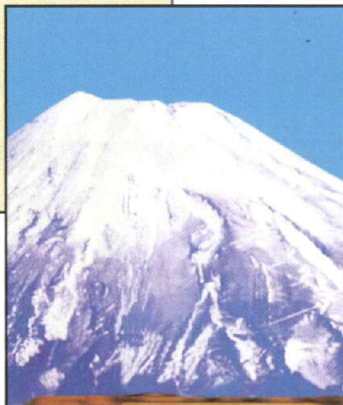
موارد الواجبات المنزلية

- بنود إتقان المحتوى لقياس معرفة المتعلمين لمحتوى القسم.
- بنود تطوير التفكير الناقد لتقييم مدى فهم المتعلمين لمبادئ الفيزياء الأساسية.

مخطط الفصل 1

علم الفيزياء

الوقت المطلوب	موارد الصف التعليمية	موارد الواجبات المنزلية
وسائل التعلم الأيضائية	تجارب مختبرية	إتقان محتوى
وسائل التعلم الأيضائية	تجارب مختبرية	إتقان محتوى
نظرة شاملة: حصة واحدة	ش 1	ش 1
1-1 ما هو علم الفيزياء؟ حصة واحدة (45 د)	ش 2, 3, 4	ش 2, 3, 4
2-1 القياسات في التجارب: 3 حصص (135 د)	ش 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13	ش 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13
3-1 لغة الفيزياء: حصة واحدة (45 د)	ش 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100	ش 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100



الفصل 2

نظرة شاملة: نواتج التعلم

الوقت المطلوب: حصة واحدة

الجزء 1

نواتج التعلم: 5 دقائق

القسم 1-2 يصف الحركة بدلالة مناسبات الإحداثيات والزمن وحسب الإزاحة والسرعة المتوسطة والسرعة اللحظية لجسم متحرك متجهات (الموقع-الزمن) لحركة الجسم.

القسم 2-2 يقارن بين الحركة المعجلة والحركة المنتظمة موضعاً متجهات (السرعة-الزمن)، ويحسب إزاحة وسرعة وزمن الحركة لجسم يتحرك بحركة ثابتة في خط مستقيم.

القسم 3-2 يصف حركة السقوط الحر للأجسام ويربطها بالحركة الخطية المعجلة بانتظام، بحسب إزاحة وسرعة جسم ساقط عند أي لحظة. يقارن حركة السقوط الحر لأجسام مختلفة موضعاً متجهات التجريب العملي.

حفظ: 10 دقائق

حول الصورة

إعروض الشفافة (14) «صورة القطار»

اطلب إلى كل متعلم أن يكتب سطرين حول ما يراه في الصورة.

قسم المتعلمين إلى مجموعات ثنائية أو رباعية، واطلب إليهم أن يناقشوا ما كتب كل منهم.

اطلب إلى كل مجموعة أن تعرض ملاحظاتها أفراداً على أن تقلل جميع الملاحظات المعقولة، وأعرض على أن يعبر المتعلمون بلمحة مفهومة وواضحة.

دليل الموارد

الفيزياء

- ش 1 كتاب الطالب
- ش 2 كتاب المعلم
- ش 3 كتاب التمارين والأنشطة والتجارب العملية للطالب
- ش 4 الشفافات

نظرة شاملة للفصل

تلخص سريعاً محتوى أقسام الفصل وأهدافه.

علم الفيزياء

الوقت المطلوب	موارد الصف التعليمية	تجارب مختبرية
نظرة شاملة حصة واحدة	وسائل المعلم الإيضاحية	الشفافات
1-1 ما هو علم الفيزياء؟ حصة واحدة (45 د)	—	ش 1
2-1 القياسات في التجارب 3 حصص (135 د)	ك م ك م ك م	ش 9, 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1, 12, 11, 10, 13
3-1 لغة الفيزياء حصة واحدة (90 د)	ك م	ك ط ك ت ط ك ت ط
تقويم حصة واحدة (45 د)	دليل الموارد	ك ط ك م ك ت ط ش

دليل الموارد

لجميع
الفيزياء

ك ط كتاب الطالب

ك م كتاب المعلم

ك ت ط كتاب التمارين والأنشطة والتجارب العملية للطالب

ش الشفافات

موارد الواجبات المنزلية			
إتقان محتوى	تفكير ناقد	تمرين على حل المسائل	
—	—	—	
ك ط 3-1، ص 7 ك ط 3-1، ص 23			
ك ط 5-4، ص 23 ك ت ط 2-1 مهارات في الرياضيات، ص 8 ك ت ط 7-6، ص 9 ك ط 2-1، 11-16، ص 17، 24	ك ط 8-10، ص 28-29	ك ط 1، ص 12 ك ط 9-10، ص 24 ك ط 2، ص 16 ك ط 25، ص 25	
ك ط 2-1، ص 21 ك ط 5، ص 23 ك ت ط مراجعة، 4، 6، ص 12-13 ك ط 17، 20، ص 24	ك ط 8، ص 20	ك ط 21، ص 25	

القسم 1-1 يصف ماهية الفيزياء وما يتعلّق بها من مجالات وأنشطة، ويتعرّف الطريقة العلمية في الاستكشاف.

القسم 2-1 يتعرّف الوحدات الأساسية في النظام الدولي للوحدات SI، والترميز العلمي والدقة والضبط والأرقام المعنوية والتقريب في القياسات.

القسم 3-1 يوظّف طرقاً متعدّدة لتلخيص البيانات بما فيها الجداول والمنحنيات البيانية والمعادلات الرياضية، ويستخدم التحليل البُعدي للتأكد من صحّة المعادلات الفيزيائية.

حَفَر: 10 دقائق

حول الصورة

اعرض الشفافة (1) «القارب المبحر».

– اطلب إلى كل متعلّم أن يكتب سطرين حول ما يراه في الصورة.

– قسّم المتعلّمين إلى مجموعات ثنائية أو رباعية، واطلب إليهم أن يناقشوا ما كتبه بعضهم حول الصورة.

– اطلب إلى كل مجموعة أن تعرض ملاحظات أفرادها على أن تقبل جميع الملاحظات المعقولة، واحرص على أن يعبر المتعلّمون بلغة مفهومة وواضحة. عزّز المشاركات وسجّل على السبّورة العبارات المرتبطة بمجالات علم الفيزياء في جدول من عمودين (الأول: للمشاهدة، الثاني: مجال الفيزياء المرتبط بالمشاهدة).

علم الفيزياء

الفيزياء في الحياة اليومية

يهبُّ الهواءُ ويصطدمُ بأشعة المركب، فيتغيَّر شكلها وتتغيَّر. وحين يتحرَّكُ المركبُ إلى الأمام بسرعةٍ تتزايدُ شيئاً فشيئاً، تتحرَّكُ كرةٌ موجودةٌ في مقدِّمته نحو مؤخِّرته وتغوصُ مقدِّمة المركب ثم تعلقو بهدوءٍ وهو يمخَّرُ عباب الموج. وأحياناً يصفعُ الماءُ المركبَ فيتطايرُ الرذاذُ على الملاحين، فيخفُّ شعورهم بالحرِّ تحت أشعة الشمس الحارقة.

يبدو هذا المشهدُ، للوهلة الأولى، ضعيفَ العلاقة بالفيزياء. فعند سماع الناس لكلمة «فيزياء» تتراءى لأذهان الكثيرين منهم صُورُ موضوعاتٍ معقَّدة، يدرِّسها علماء يعملون في مختبراتٍ مستخدمين أجهزةً دقيقة. لكن يمكن، في الواقع استخدام الفيزياء لتفسير أي ظاهرة طبيعية، بدءاً من حركة الكرة في اتجاه مؤخِّرة المركب حتى السبب في تعدُّ الألوان في أجزاء الأشعة.

- كيف طبَّقت مبادئ الفيزياء في تصميم المركب الشراعي؟
- كيف يمكننا استخدام مبادئ الفيزياء لتتوقَّع كيف يتحرَّك المركب الشراعي في ظروفٍ مختلفة؟

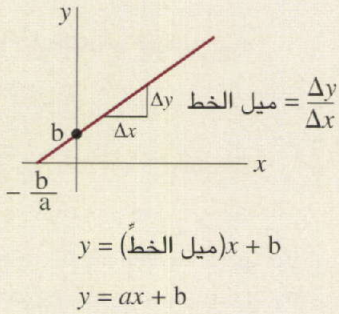


✓ تأكد من قدرة المتعلِّمين على التعامل مع الأعداد العشرية وقوى الرقم عشرة (الأسس)، وكذلك رسم وقراءة وتفسير المنحنيات البيانية.

✓ اطلب إلى المتعلِّمين أن يحسبوا $(3 \times 10^2) (5 \times 10^{-3})$.

✓ اعرض على المتعلِّمين رسماً بيانياً واطلب إليهم أن يعرضوا البيانات في جدول مناسب. ثم اعرض عليهم بيانات في جدول، واطلب إليهم تمثيلها بيانياً.

✓ تأكد من قدرة المتعلِّمين على حساب ميل الخط المستقيم $\frac{\Delta y}{\Delta x}$ وكتابة معادلته $y = ax + b$ وحساب إحداثيات نقطتي تقاطعه مع المحورين x $(-\frac{b}{a}, 0)$ و y $(0, b)$.



ما هو علم الفيزياء؟

What is physics?

الفيزياء في كل مكان

مبادئ الفيزياء موجودة حولنا وفي حياتنا اليومية. في الواقع يعرف معظم الناس من علم الفيزياء أكثر مما يعتقدون. إن معظم الأبنية والاختراعات والأدوات والأجهزة التي نستخدمها، لم توجد لولا تطبيق مبادئ الفيزياء. فأنت حين تشتري الثلاجات تعود بها إلى البيت وتضعها في الثلاجة لأنك تعرف من الفيزياء أن الثلاجات ستلتف إذا وضعتها على الطاولة وانصهر عنها الجليد. وأنت حين تخطو أو تلتقط الكرة أو تفتح الباب أو تنظر إلى صورتك في المرآة فإنك تستخدم من دون قصد ما تعرفه من علم الفيزياء.

موضوعات الفيزياء

لقد سهل علينا علماء الفيزياء استخدام مبادئ الفيزياء حين صنفوا الموضوعات في مجالات. يتضمن الجدول 1-1 بعض المجالات الرئيسية في علم الفيزياء وأمثلة على كل منها.

المجال	الموضوع	أمثلة
الميكانيكا	الحركة وأسبابها	السقوط الحر للأجسام، قوة الاحتكاك، الوزن، الأجسام التي تدور حول نفسها
الديناميكا الحرارية	الحرارة ودرجة الحرارة	الانصهار والتجمد، المحركات، الثلاجات
الاهتزازات والظواهر الموجية	أنماط خاصة من الحركات المتكررة	الناي، البندول، الصوت
البصريّات	الضوء	المرآيا، العدسات، اللون، علم الفلك
الكهرومغناطيسية	الكهرباء، المغناطيسية، الضوء	الشحنة الكهربائية، الدوائر الكهربائية، المغناطيس الدائم، المغناطيس الكهربائي
النسبية	الجسيمات المتحركة بأي سرعة، ومنها السرعات العالية جداً	تصادم الجسيمات، مسرعات الجسيمات، الطاقة النووية
ميكانيكا الكم	سلوك الجسيمات الدقيقة	الذرة وأجزاءها (بنية الذرة)

القسم 1-1

1-1 مؤشرات الأداء

- يتعرف على الأنشطة والمجالات الرئيسية التي يتناولها علم الفيزياء.
- يوضح خطوات المنهج العلمي.

القسم 1-1

مخطط القسم 1-1:

ما هو علم الفيزياء؟

الوقت المطلوب: حصة واحدة (45 د)

الحصة 2

حز: 5 دقائق

استراتيجية القراءة

اطلب إلى المتعلمين أن يقرأوا فقرة «الفيزياء في كل مكان» ويستخلصوا الفكرة الرئيسية فيها، ثم قسمهم إلى مجموعات واطلب إليهم أن يناقشوا ما توصلوا إليه. دع كل مجموعة تعرض نتائجها بطريقتها الخاصة.

درس:

استراتيجية بصرية

12 دقيقة

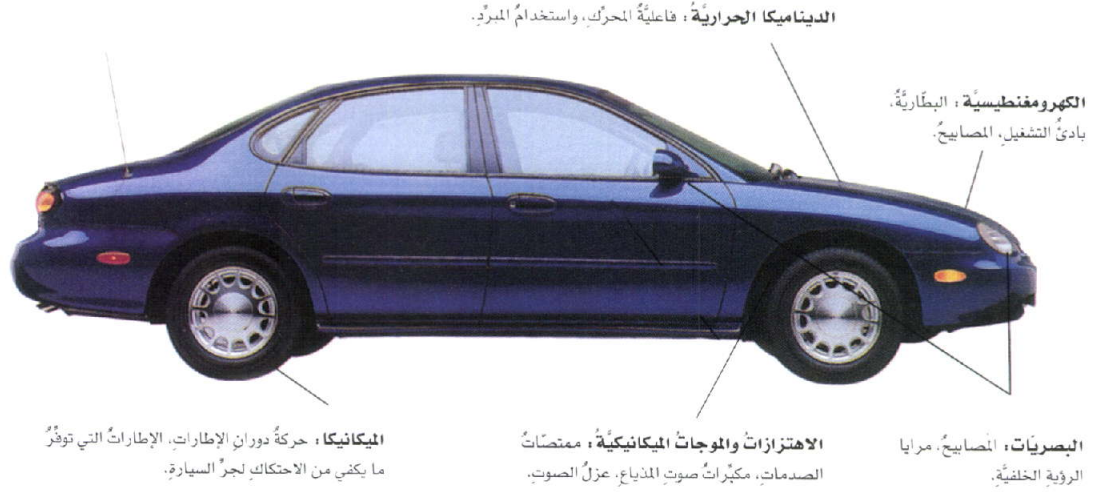
اعرض الشفافة 2 «الفيزياء والسيارات»، واطلب إلى المتعلمين أن يكتبوا مجالات علم الفيزياء التي تمّ توظيفها في صناعة السيارات في جدول مشابه للجدول 1-1.

– اطلب إليهم التفكير في مجال آخر غير مذكور في الصورة وتم توظيفه في صناعة السيارة.

اعرض الشفافة 3، (الجدول 1-1) وأدر نقاشاً حول مجالات علم الفيزياء.

الشكل 1-1

من المستحيل صنع السيارة من دون معرفة مجالات متعددة من الفيزياء.



هل تعلم؟

كلمة «فيزياء» اشتقت من الكلمة اليونانية القديمة التي تعني الطبيعة. والفيزياء تبعاً لأرسطو، دراسة الأحداث الطبيعية. يعتقد أرسطو أن دراسة الحركة تشكل أساساً لعلم الفيزياء، إلا أنه استبعد أي دور للرياضيات. أما جاليليو فلم يوافق الرأي، بل ساهم لاحقاً، مستخدماً الرياضيات، في تطوير أسس علم الحركة الحديث، ونشر دراسته الأولى عن الحركة في العام 1632.

يمكن أيضاً توظيف المجالات المختلفة لعلم الفيزياء والمبادئ التي تتركز عليها في تطبيقات أخرى متنوعة. فعند تصميم المراكب الشراعية مثلاً يخطط المصممون الشكل الأفضل كي يطفو المركب ويبقى متوازناً على سطح الماء ويتحرك بسرعة ومرونة. كما يحتاج هذا التخطيط إلى معرفة في مجال فيزياء الموائع، كما يحتاج تحديد أشكال الأشعة ذات كفاءة التشغيل العالية وكيفية نصبها إلى معرفة في مجال علم الحركة وأسبابها. أما بناء مركب متوازن فيحتاج إلى معرفة في مجال الميكانيكا.

فكرة مفيدة في التعليم

18 دقيقة

اعرض الشفافة 4، «مخطط المنهج العلمي».

- أدر نقاشاً بين المتعلمين حول خطوات المنهج العلمي.
- قسّم المتعلمين إلى مجموعات وزود كل مجموعة بقصة اكتشاف علمي، (أو اعرض القصة مصورة). اطلب إلى كل مجموعة تتبع خطوات المنهج العلمي التي مارسها المكتشف.
- أدر نقاشاً حول المتغيرات التي تمت دراستها في التجربة عند اكتشاف الفرضيات، وتأكد أن المتعلمين توصّلوا إلى مفهوم التجربة الضابطة.

نماذج رئيسة ومقارنات

يشكل التحقيق البوليسي مقارنة تساعد المتعلمين على تحسّس الطريقة العلمية في العمل. دع المتعلمين يربطوا بين إجراءات التحقيق البوليسي حول حادث سيارة وبين خطوات المنهج العلمي.

أ. الملاحظة وطرح السؤال: يفحص المحقق مشهد الحادث ويكتب تقريراً.

ب. وضع الفرضيات: يتخيل المحقق سيناريوهات مختلفة يُحتمل أن تكون سبباً للحادث: قد يكون السائق متعباً أو قد نام أو تجاوز السرعة، وقد يكون ذلك نتيجة لعطل ميكانيكي طرأ على السيارة، أو ربما تكون الظروف المناخية قد أثرت في سير السيارة أو قدرة السائق على الرؤية الواضحة.

ج. اختبار الفرضيات: قد يطلب المحقق فحص السائق للتأكد من سلامته الصحية وفحص أجزاء السيارة واختبار قيادة السيارة في ظروف مناخية مختلفة، أو قد يحاول الحصول مرة ثانية على آثار انزلاق الإطارات على الأرض.

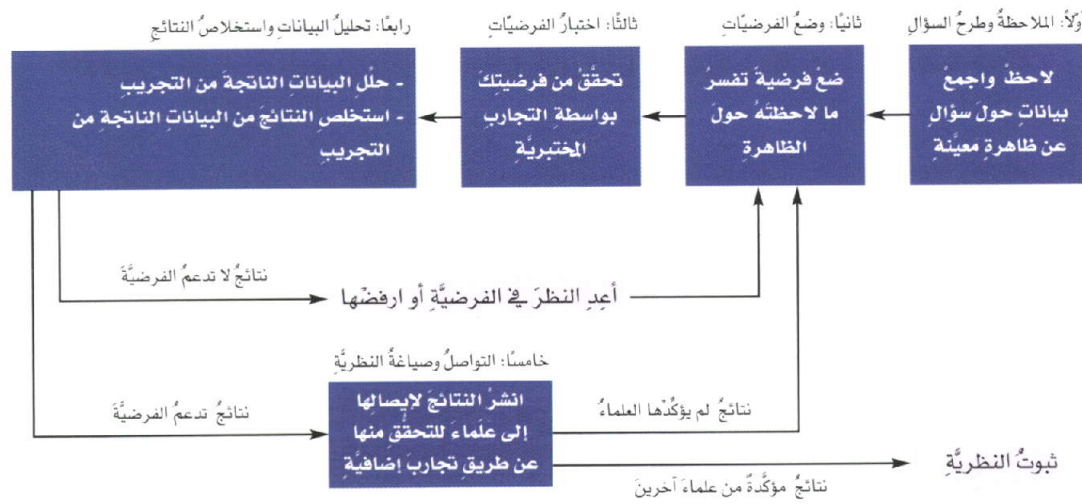
د. تحليل البيانات: على المحقق إعادة فحص الدليل ومراجعة فرضيته. إذ قد يكون الدليل غير كاف.

هـ. استخلاص النتائج: يذهب المحقق إلى المحكمة ويعيد فحص الدليل ويدافع عن نظريته حول وقوع الحادث.

المنهج العلمي

يتميّز علم الفيزياء بالموضوعات التي يدرّسها الجدول 1-1 السابق، وبالمنهج العلمي Scientific method في تفسير الظواهر الطبيعية. قد يحصل التطوّر العلمي، أحياناً، عن طريق اكتشافات تأتي بالمصادفة، غير أن التطوّر العلمي بمجمله أحرز تقدماً نتيجة القيام بأبحاث خُطّط لها بعناية، واستخدم فيها الباحثون الطريقة المسماة المنهج العلمي.

هذه الطريقة تتمّ باتّباع خطوات منهجية محدّدة تبدأ بالملاحظة وجمع البيانات ثم صياغة الفرضيات واختبارها ووضع النظريات المدعومة بالبيانات، كما يظهر في الشكل 2-1.



الشكل 2-1
مخطط المنهج العلمي.

التجربة الضابطة

التجربة التي تتضمن دراسة متغير أو عامل واحد مع ثبات باقي العوامل.

وفقاً للمنهج العلمي ينبغي اختبار أي فرضية عبر تجربة ضابطة Controlled experiment، أي يجب أن تُغيّر في التجربة متغيراً واحداً وفي آن واحد، لتحديد مدى تأثير هذا المتغير وحده في الظاهرة التي تدرّسها.

1. حدّد مجال الفيزياء الأكثر ملاءمة لكلٍّ من الحالات التالية، وفسّر جوابك:

- مباراة في كرة القدم.
- طهي الطعام للعشاء.
- سماع أذان المغرب.
- البرق.

هـ. وضع النظارة الشمسية على العينين في مكان مُشمس.

2. ما خطوات أيّ منهج علمي؟

3. الفيزياء في الحياة اليومية حدّد مجالات علم الفيزياء التي تتضمنها الاختبارات التالية

التي تعالج السبائك المعدنية الخفيفة المقترح استعمالها في صنع المراكب الشراعية:

- اختبار تأثيرات الاصطدام على السبيكة.
- اختبار تأثيرات درجات الحرارة المرتفعة والمنخفضة على السبيكة.
- اختبار تأثير السبيكة على إبرة البوصلة.

أختم وأقوم: 5 دقائق

– مراجعة القسم، ك ط، الأسئلة 1-3، ص 7.

واجب منزلي

– مراجعة الفصل، ك ط، الأسئلة 1-3، ص 23.

مراجعة القسم أجوبة

1. أ. الميكانيكا، لأن الكرة تتحرّك واللاعبين يتحرّكون.
ب. الديناميكا الحرارية، لأن الطهي يتطلب رفعاً لدرجة الحرارة.
ج. الاهتزازات والظواهر الموجية، لأن الأذن أداة تسمع الأصوات.
د. الكهرومغناطيسية، لأن البرق شكل من أشكال الكهرباء.
هـ. البصريّات، لأن للنظارات الشمسية عدسات تخفف من الضوء الذي يصل إلى عينيك.
2. الملاحظة وتجميع المعلومات وصياغة الفرضيات وفحصها وتفسير النتائج ومراجعة الفرضية وإعطاء الاستنتاجات.
3. أ. الميكانيكا.
ب. الديناميكا الحرارية.
ج. الكهرومغناطيسية.

القياسات في التجارب Measurements in experiments

الأعداد كقياسات لكميات فيزيائية

يقوم علماء الفيزياء بتجارب لاختبار الفرضيات العلمية. يحصل العلماء خلال هذه التجارب على أعداد بواسطة القياس.

تختلف هذه الأعداد عن تلك التي نتعامل معها في الرياضيات. فالرقم 7 مثلاً يمكن استخدامه بمفرده في معادلة رياضية ولا يعدو كونه رقماً. أما في القياسات العلمية فالرقم 7 قد يكون قياساً لطول أو كتلة أو زمن أو أي شيء آخر. وإذا كان الرقم قياساً للطول مثلاً فإن الوحدة التي استخدمت في القياس قد تكون المتر أو الميل أو حتى السنة الضوئية. لا بد إذن لكل رقم نحصل عليه بواسطة القياس من أن يمثل كمية معينة، وأن تكون له وحدة قياس محددة.

تُصَفُّ كل كمية فيزيائية بقياس معين يسمى البعد Dimension. بالإضافة إلى أبعاد الكميات الأساسية، كالطول والكتلة والزمن، ستعامل في الفصول اللاحقة مع كميات فيزيائية إضافية لها أبعاد مشتقة من هذه الأبعاد الأساسية. فبُعد السرعة مثلاً هو الطول على الزمن، وبُعد العجلة هو الطول على مربع الزمن، وبُعد القوة هو الكتلة ضرب الطول على مربع الزمن، وهكذا.

يعتمد القياس العددي لمقدار الكمية الفيزيائية على الوحدة التي قيسَت بها هذه الكمية. فمن الأفضل مثلاً قياس الأطوال الصغيرة بالمليمتر mm، وليس بالكيلومتر km أو السنة الضوئية.

النظام الدولي للوحدات SI

عُقدَ في العام 1960 مؤتمر علمي عام للأوزان والمقاييس توافق فيه العلماء على اعتماد نظام موحد للقياس سُمي النظام الدولي للوحدات، واختصاراً SI.

يشتمل هذا النظام على تعريف دقيق لسبع وحدات قياس تابعة لسبع كميات فيزيائية أساسية، هي الطول والكتلة والزمن ودرجة الحرارة وكمية المادة والتيار الكهربائي وشدة الإضاءة. وقد صُنعت العيارات لهذه الوحدات كالعيار الموضح في الشكل 3-1 للكيلوجرام وهو وحدة قياس الكتلة في النظام SI.

يوضح الجدول 2-1 الكميات الفيزيائية الأساسية ورموزها ووحدة قياس كل منها في نظام SI.

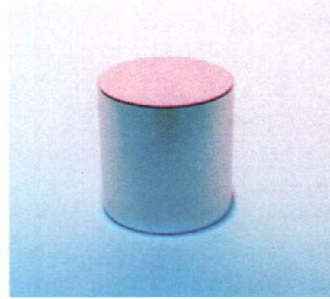
القسم 2-1

2-1 مؤشرات الأداء

- يعدد الوحدات الأساسية في النظام الدولي للوحدات. ويذكر الكميات التي تصفها.
- يحول القياسات من وحدة إلى أخرى مستخدماً الترميز العلمي وبادئات القياس.
- يميز بين الدقة والضبط في القياسات.
- يستخدم الأرقام المعنوية في القياس والعمليات الحسابية.

البعد

قياس يصف كمية فيزيائية معينة.



الشكل 3-1

العيار الرسمي لكتلة كيلوجرام هو أسطوانة من سبيكة البلاتين والإيريديوم محفوظة في وعاء محكم الإغلاق في المكتب العالمي للأوزان والمقاييس في مدينة سيفر Sèvres الفرنسية.

القسم 2-1

مخطّط القسم 2-1: القياسات في التجارب

الوقت المطلوب: 3 حصص (135 د)

الوحدة 3

حضر: 5 دقائق

استراتيجية القراءة

– اطلب إلى المتعلمين قراءة الفقرتين الأولى والثانية تحت عنوان «الأعداد كقياسات لكميات فيزيائية»، وأن يستخلصوا الفكرة الرئيسة فيها.

– اكتب على السبورة المعادلة $y = 5x + 5$ والقياسات التالية «كتلة خاتم = 5 g، طول مكعب = 5 cm، عرض غرفة الصف = 5 m».

– اطرح على المتعلمين السؤال التالي: هل الرقم (5) له الدلالة نفسها في المعادلة والقياسات؟

– ناقش المتعلمين لتأكد من أنهم توصّلوا إلى أن الأرقام كقياسات لها معنى يختلف عن الأرقام كأعداد.

إيضاح 1 30 دقيقة

القياسات

الهدف: يقيس المتعلمون كميات مختلفة باستخدام أدوات القياس المتوفرة.

المواد: مجموعة من أدوات قياس مختلفة تشتمل على ميزان حرارة سيليزي وآخر فهرنهايت، ساعة إيقاف، مسطرة، مخبر مدرج، ميزان إلكتروني، منقلة... بالإضافة إلى أجسام مختلفة مثل: شبه مكعب خشبي، كمية من الماء، عمود جاف، بندول...

الطريقة:

- زود كل مجموعة من المتعلمين بأجسام لها خصائص يمكن قياسها (كل مجموعة تختلف عن الأخرى).
- زود المجموعات بأدوات قياس محددة (كل مجموعة تختلف عن الأخرى)، واطلب إلى كل مجموعة قياس الخصائص الممكنة للأجسام المتوفرة لديها (كتلة، حجم، كثافة...).
- اطلب إليهم أن ينظموا قياساتهم في جدول يبين كل من الخاصية المقاسة ومقدارها.
- التواصل: دع كل مجموعة تعرض قياساتها. اطلب إلى المجموعات الأخرى تدوين جميع القياسات.
- وجه المتعلمين ليلاحظوا أن بعض الكميات (الطول، العرض، الارتفاع) لها وحدة القياس نفسها وبالتالي البعد نفسه. اطلب إليهم أن يكتبوا تعريف «البعد».
- أدر نقاشاً حول طريقة قياس كل من الخصائص (الكميات المقاسة) بحيث يستطيع المتعلمون أن يصنفوا الكميات الفيزيائية إلى مجموعتين: مجموعة لها وحدات قياس أساسية كالطول والزمن والكتلة، وأخرى لها وحدات مشتقة كالـحجم والكثافة والسرعة.
- اسأل المتعلمين: كيف تم التعبير عن القياسات؟ أدر النقاش وتأكد أن المتعلمين أدركوا أن لكل كمية مقيسة وحدة قياس أو أكثر.
- أخبر المتعلمين أن العلماء توافقوا على نظام موحد للوحدات منعاً للاختلاف سمي بالنظام الدولي للوحدات (SI).

الجدول 2-1 الكميات الأساسية ووحداتها في النظام الدولي (SI)

الكمية	رمز الكمية	اسم وحدة القياس	رمز وحدة القياس	تعريف الوحدة
الطول	l	متر	m	طول المسار الذي يجتازه الضوء في الفراغ خلال مدة هي 1/299 792 458 من الثانية.
الكتلة	m	كيلوجرام	kg	وحدة الكتلة قياساً على كتلة كيلوجرام نموذجي.
الزمن	t	ثانية	s	زمن 9 192 631 770 اهتزازة للإشعاع الناتج من انتقال إلكترون بين مستويين ضمن حالة استقرار ذرة السيزيوم Cs-133.
درجة الحرارة	T	كلفن	K	الجزء الذي يعادل 1/273.16 من درجة حرارة النقطة الثلاثية للماء.
كمية المادة	n	مول	mol	كمية المادة في نظام يحتوي على عدد الوحدات نفسه الذي يحتوي عليه 0.012 kg من الكربون C-12.
التيار الكهربائي	I	أمبير	A	شدة التيار المستمر الذي لو مر في موصلين متوازيين لهما طولان لا نهائيان ومقطع عرضي دائري مهمل وتم وضعهما في الفراغ متباعدتين على مسافة متر، لتكوّن قوة تساوي 2×10^{-7} N في متر من طول الموصل.
شدة الإضاءة	I_v	كاندلا	cd	شدة الإضاءة في اتجاه معين لمصدر يعطي أشعة أحادية اللون بتردد 540×10^{12} Hz تساوي $\frac{1}{683}$ W لكل Steradian (وحدة قياس الزاوية المسطحة).

أما باقي الكميات الفيزيائية فيمكن اشتقاق وحداتها، في نظام SI، من الوحدات الأساسية السبع الواردة في الجدول 2-1 وفقاً للتعريف الفيزيائي لكل من هذه الكميات، فمثلاً السرعة هي حاصل قسمة مسافة على زمن، لذلك تكون وحدة قياسها m/s. وكذلك فإن وحدة قياس العجلة هي m/s^2 ووحدة قياس القوة هي $kg \cdot m/s^2$. هذه الكميات تسمى الكميات المشتقة. والجدول 3-1 يبين بعض هذه الكميات.

الجدول 3-1 بعض الكميات المشتقة ووحداتها في النظام الدولي (SI)

الكمية	رمز الكمية	اسم وحدة القياس	رمز وحدة القياس	الاشتقاق
المساحة	A	متر مربع	m^2	طول x عرض
الحجم	V	متر مكعب	m^3	طول x عرض x ارتفاع
الكثافة	ρ	كيلوجرام لكل متر مكعب	$\frac{kg}{m^3}$	كتلة / حجم
السرعة	v	متر لكل ثانية	$\frac{m}{s}$	طول / زمن
العجلة	a	متر لكل متر مربع ثانية	$\frac{m}{s^2}$	سرعة / زمن
القوة	F	نيوتن	$(kg \cdot m/s^2) = N$	كتلة x عجلة
الطاقة	E	جول	J	القوة x الطول

اعرض الشفافة 5 (الجدول 2-1) للكميات الأساسية ووحداتها، واطرح على المتعلمين أسئلة تتعلق

بوحدات الكميات الأساسية في النظام الدولي. أكد للمتعلمين حفظ الكميات الأساسية الثلاث الأولى ووحداتها.

اعرض الشفافة 6 (الجدول 3-1) لبعض الكميات

المشتقة ووحداتها، واطرح على المتعلمين أسئلة تتعلق بوحدات الكميات المشتقة في النظام الدولي.

فكرة مفيدة في التعليم

5 دقائق

- أخبر المتعلمين أنه لتحويل كمية من وحدة قياس إلى وحدة قياس أخرى نستخدم ما يسمى «معامل التحويل» ومقداره واحد.
- وزّع على المتعلمين ورقة عمل تشتمل على جدول كالمبين أدناه.
- اطلب إلى المتعلمين في مجموعات أن يكملوا الجدول، وتأكد من أن جميع المجموعات أكملت الجدول بشكل صحيح.

فكرة مفيدة في التعليم

10 دقائق

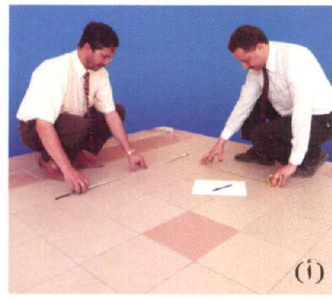
تحويل القياسات من وحدة قياس إلى أخرى

اعرض الشفافة 8 (المثال 1 (أ)).

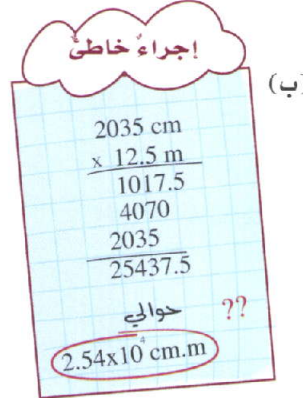
- دع المتعلمين يكتشفوا أنه للتحويل من وحدة قياس إلى أخرى يُستخدم معامل التحويل الذي تختزل وحداته في المقام مع وحدات الكمية المحولة.

- اطلب إلى المتعلمين استخدام معامل التحويل الآخر، ودعهم يكتشفوا أن وحدات المقام فيه لا تختزل مع وحدات الكمية المحولة. تأكد من أن المتعلمين أدركوا أن هذا الإجراء خاطئ.

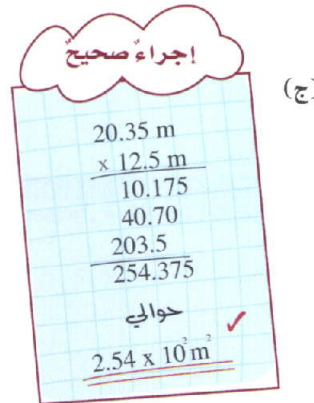
- اطلب إلى المتعلمين بشكل فردي الإجابة عن الأسئلة 1-3 وبعض فقرات السؤال 5 في ك. ت. ط. صفحة 8.



(أ)



(ب)



(ج)

الشكل 5-1

تُحسب المساحة بضرب قياس الطول في قياس العرض. تأكد من أن هذه القياسات قد وضعت بالوحدات نفسها.

من السهل تحويل بادئة الوحدة التي تظهر في الجدول 4-1 من شكل إلى آخر، بناءً على عوامل التحويل من وحدة إلى أخرى.

على سبيل المثال، يمكن كتابة التحويل: $1 \text{ mm} = 1 \times 10^{-3} \text{ m}$ على النحو التالي:

$$\frac{10^{-3} \text{ m}}{1 \text{ mm}} = 1 \quad \text{أو} \quad \frac{1 \text{ mm}}{10^{-3} \text{ m}} = 1$$

يمكنك الآن ضرب أي قياس بأحد هذين الكسرين (أي بالعدد 1)، فتتغير الوحدة بينما تبقى الكمية الفيزيائية التي تصفها نفسها، ولكي تحول القياسات استخدم عامل التحويل الذي يسمح باختزال الوحدة التي ترغب في تحويلها والإبقاء على الوحدة المطلوبة، كما هو موضح أدناه حيث يتم فيه تحويل القياس 37.2 mm إلى المتر (m).

إجراء صحيح

وحدات تختزل

$$37.2 \text{ mm} \times \frac{10^{-3} \text{ m}}{1 \text{ mm}} = 3.72 \times 10^{-2} \text{ m}$$

إجراء خاطئ

وحدات لا تختزل

$$37.2 \text{ mm} \times \frac{1 \text{ mm}}{10^{-3} \text{ m}} = 3.72 \times 10^4 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$$

توافق البعد مع الوحدات

يجب قياس الكميات الفيزيائية باستخدام وحدات تتوافق مع أبعاد هذه الكميات. فمثلاً لا يمكن التعبير عن الطول بوحدة الكيلوجرام، لأن هذه الوحدة تصف بُعد الكتلة. لذلك يجب التحقق من أن وحدة قياس أي كمية فيزيائية تتفق مع بُعد هذه الكمية. إذا قاس عدة أشخاص، وبشكل منفرد، الكمية الفيزيائية نفسها، فإنهم قد يستعملون وحدات قياس مختلفة، لكن ذات بُعد واحد. لنأخذ مثلاً الشكل 5-1 (أ) الذي يُظهر شخصين يقيسان أبعاد غرفة لتحديد مساحة السجادة التي تغطي أرضها. قد يقيس أحدهما طول الغرفة بالأمتار، ويقيس الآخر عرضها بالسنتيمترات. وحين يضربان الطول في العرض يحصلان على جواب بوحدة cm.m، وهو جواب غير صحيح كما هو مبين في الشكل 5-1 (ب). أما إذا تم استخدام الوحدة نفسها (المتر m) في القياسين فإننا نحصل على وحدة قياس المساحة وهي المتر المربع m^2 كما يظهر في الشكل 5-1 (ج). لذلك علينا تحويل الوحدات المختلفة ذات البعد الواحد إلى وحدة القياس نفسها قبل البدء بالعمليات الحسابية. فمثلاً نحول السنتيمترات في المثال أعلاه إلى أمتار للحصول على مساحة بالمتر المربع.

وحدات القياس	القيمة بالوحدة الدولية	معامل التحويل
1 km	10^3 m	$\frac{1 \text{ km}}{10^3 \text{ m}} = \frac{10^3 \text{ m}}{1 \text{ km}} = 1$
1 ms	10^{-3} s}	.....
1 Mw	.....	.....
1 $\mu \text{ J}$	.....	.....
1 h	.....	.....

المسألة

تبلغ كتلة البكتيريا حوالي 2.0 fg، كم تساوي كتلتها بالجرام (g)، وبالكيلوجرام (kg)؟

الحل

المُعطى: الكتلة = 2.0 fg

المجهول: الكتلة = 5g الكتلة = 5kg

أعتمد عوامل التحويل مستنداً إلى العلاقات المعطاة في الجدول 4-1. يوجد عاملان للتحويل هما:

$$\frac{1 \text{ fg}}{1 \times 10^{-15} \text{ g}} \quad \text{و} \quad \frac{1 \times 10^{-15} \text{ g}}{1 \text{ fg}}$$

وحدة العامل الأول (إلى اليمين) تسمح باختزال وحدة الفمتوجرام (fg) للحصول على وحدة الجرام (g).

$$(2.0 \text{ fg}) \left(\frac{1 \times 10^{-15} \text{ g}}{1 \text{ fg}} \right) = 2.0 \times 10^{-15} \text{ g}$$

أستخدم هذا الجواب وأستعين بعملية مشابهة لاختزال وحدة الجرام (g) وللحصول على وحدة الكيلوجرام (kg):

$$(2.0 \times 10^{-15} \text{ g}) \left(\frac{1 \text{ kg}}{1 \times 10^3 \text{ g}} \right) = 2.0 \times 10^{-18} \text{ kg}$$

تطبيق 1 (i)

1. يبلغ قطر ذرة الهيدروجين حوالي 10 nm.

أ. ما مقدار هذا القطر بالمتر (m)؟

ب. ما مقدار هذا القطر بالميكرومتر (μm)؟

2. تبلغ المسافة بين الشمس والأرض حوالي $1.5 \times 10^{11} \text{ m}$ ، ما مقدار هذه المسافة بالتيرامتر (Tm) وبالكيلومتر (km)؟

أجوبة

تطبيق 1 (i)

1. أ. $1 \times 10^{-8} \text{ m}$

ب. $1 \times 10^{-2} \mu\text{m}$

2. $1.5 \times 10^8 \text{ km}$ ، $1.5 \times 10^{-1} \text{ Tm}$

إيضاح 2 10 دقائق

القياس بوحدات مختلفة

– زود المتعلمين بشريطين لقياس الطول: أحدهما مدرج بالسنتيمتر والآخر مدرج بالإنش، كالذي يستعمله الخياط.

– اطلب إلى إحدى المجموعات قياس طول سطح الطاولة بالشريط الأول وعرض سطح الطاولة بالشريط الثاني. واطلب إلى باقي المجموعات قياس الطول والعرض بالشريط نفسه.

– اطلب إلى المتعلمين حساب مساحة سطح الطاولة كلّ وفق قياساته مع كتابة وحدة القياس.

– اعرض حسابات المجموعات ودع المتعلمين يكتشفوا أن حسابات المجموعة الأولى لا تتوافق فيها وحدات قياس الطول والعرض (البعد نفسه قيس بوحدتين مختلفتين) بينما تتوافق وحدات القياسات في المجموعات الأخرى (البعد نفسه له وحدة القياس نفسها).

– اطلب إلى المتعلمين في المجموعات أن يتغلبوا على المشكلة لدى المجموعة الأولى. (ساعد المتعلمين بإعطائهم الإنش بدلالة السنتيمتر).

– تأكد من أن المتعلمين أدركوا أن لكل بُعد وحدة قياس أو أكثر تختلف عن وحدة قياس الأبعاد الأخرى، وأنه عند إجراء الحسابات يجب استخدام وحدة القياس نفسها للبعد نفسه.

أختم وأقوم: 5 دقائق

– اطلب إلى المتعلمين الإجابة عن السؤال 1 في تطبيق 1 (أ)، ك ط، ص 12.

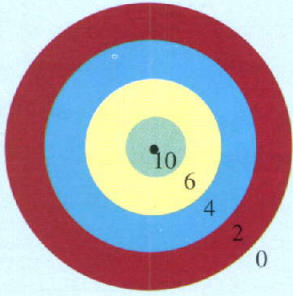
واجب منزلي

– مراجعة القسم، ك ط، السؤالان 2-1، ص 17.

– مراجعة الفصل، ك ط، السؤالان 9-10، ص 24.

العب وتعلم (حركي)

- ثبت رقعة تسديد السهام على الجدار.
- زود كل مجموعة بأربعة أسهم.
- اطلب إلى كل فرد في المجموعة أن يرمي سهمًا واحدًا باتجاه مركز الرقعة.
- سجل نتائج المجموعات واطلب إلى المتعلمين تحديد المجموعة الفائزة (الحاصلة على أعلى مجموع نقاط).
- أدر نقاشًا حول نتائج المجموعات واربطه بالدقة والضبط.



درس:

إيضاح 3 3 دقائق

دقة القياس والخطأ

- عاير ميزان يقيس حتى (1 g)، ثم ضع كأسًا سعة (50 mL) على الميزان.
- اسكب كمية قليلة من الماء في الكأس. دوّن قراءة الميزان.
- أضف كمية قليلة جدًا من الملح (عدد قليل من حبيبات الملح) إلى ماء الكأس. دع المتعلمين يلاحظوا عدم تغيير قراءة الميزان على الرغم من إضافة كمية الملح. اسأل المتعلمين لماذا لم تتغير قراءة الميزان؟ وجه النقاش ليتوصل المتعلمون إلى أن:
- الميزان (أداة القياس) له دقة محدّدة للقياس وقراءته تشتمل على نسبة خطأ محدّدة.
- الخانة الأخيرة في قراءة الميزان غير مؤكّدة (تقديرية).
- أكّد للمتعلمين أنه عند إجراء أي قياس، لا بدّ للقياس من أن يشتمل على خانة تقديرية.

دقة القياس والأرقام المعنوية

تعتمد التجارب المختبرية على قياسات تتطلب الدقة والتأني. لكن لا يوجد في الواقع قياس خالٍ كليًا من الخطأ. وكذلك إذا قمنا بقياس الكمية الفيزيائية نفسها مرّات عدّة، فلا يتحتم أن تكون النتائج متطابقة في كل مرّة.

الدقة والضبط

عندما نتكلّم عن الخطأ في القياس فإننا نقصد عاملين هما دقة القياس Accuracy وضبطه Precision. وعلى الرغم من أن لهذين التعبيرين المعنى نفسه عند عامّة الناس، فإن لكلّ منهما معنى خاصًا في اللغة العلمية.

تشير الدقة إلى تطابق أو اقتراب القيمة المقاسة من القيمة المقبولة (الصحيحة). فكلّما كانت مجموعة القياسات المختبرية لكمية معينة قريبة من قيمتها المقبولة، كان القياس «دقيقًا»، والعكس صحيح.

أما الضبط فيشير إلى درجة التقارب بين مجموعة من القياسات المختلفة لكمية واحدة، إذا استعملت في قياسها الطريقة نفسها. تكون القياسات مضبوطة إذا تقاربت فيما بينها من دون أن تكون بالضرورة قريبة من القيمة المقبولة.

إذا حصلنا مثلاً على قياسات عدّة لطول كتاب معين (طوله الصحيح 20.0 cm)، وكانت كما يلي 20.4 cm، 20.1 cm، 19.8 cm، 20.2 cm، 20.3 cm، 19.6 cm، فإننا نقول إن القياسات دقيقة (لقرّبها من القيمة الصحيحة)، ولكنّها ضعيفة الضبط (لعدم تقاربها من بعضها). أما إذا حصلنا على مجموعة قياسات مختلفة للكمية نفسها، وكانت 21.0 cm، 21.1 cm، 21.2 cm، فنقول إن القياسات غير دقيقة (لبعدّها عن القيمة الصحيحة)، إلا أنّها مضبوطة (لتطابقها فيما بينها).

الخطأ في القياسات يجب أن يكون أقل ما يمكن

لا يخلو العمل المختبري من الخطأ. والأخطاء المختبرية الملائمة لكل عملية قياس هي التي تجعل القياسات المختبرية قليلة الدقة أو قليلة الضبط أو الاثنين معًا. إذا كان تلافي الخطأ المختبري بشكل جذري عملية مستحيلة، فإن من المهم تقليله إلى حدّ الأدنى. للحصول على أفضل النتائج، تقسم الأخطاء الواردة في القياسات المختبرية إلى قسمين:

أولاً: الخطأ البشري

ينتج الخطأ البشري من خطأ في قراءة أداة القياس مثلاً، أو خطأ في طريقة القياس، أو في تسجيل النتائج. وإحدى الطرق لتلافي الخطأ البشري هي تكرار القياس للتأكد من أن النتائج منسجمة، ووضع قواعد وضوابط صارمة لطريقة القياس. فمثلاً حين نقيس الطول بواسطة مسطرة مترية، يجب أن يكون نظرنا مباشرة فوق إشارة القياس، وعمودياً على أداة القياس، كما هو مبين في الشكل 1-6 (أ). أما إذا نظرنا جانبياً إلى

استراتيجية بصرية (دقيقتان)

اعرض الشفافة 9 (الشكل 10-1).

- اطلب إلى المتعلمين تسجيل قياس طول القلم، اطلب إليهم أن يعرضوا قياساتهم على بطاقات. عزّز الإجابات الصحيحة وقدم تغذية راجعة فورية للإجابات غير الدقيقة.
- أكّد للمتعلمين أن القياسات في التجارب العلمية يُعبّر عنها بأرقام معنوية (مجموعة الأرقام المؤكدة التي يسجلها المقياس إضافة إلى الخانة التقديرية التي يقدّرها المتعلم).



مختبر: 20 دقيقة

مختبر الاكتشاف 1-1، «الدقة والضبط في القياسات والأرقام المعنوية»، ك ت ط، ص 43.

ملحوظة: تنفذ التجربة في مجموعات

– يختار المعلم أربع مساطر، ثلاث منها أصغر تدريج فيها (1 mm، 10 cm، 1 cm)، أما الرابعة فأصغر تدريج فيها (1 mm) ولكن تدريجها يبدأ من (1 cm).

– يطلب إلى المجموعات تنفيذ خطوات عمل التجربة. ذكر المتعلمين أن القياس يجب أن يشتمل على رقم تقديري واحد إضافة إلى القياس الذي تسجله المسطرة.

– اطلب إلى المجموعات الإجابة عن أسئلة الاستنتاجات وتحليل البيانات، أدر نقاشاً حول الإجابات وتأكد أن المتعلمين توصلوا إلى أن ضبط القياسات يعتمد على أداة القياس حيث يزداد ضبط القياس كلما كان تدريج الأداة أصغر. (كلما كان عدد الأرقام المعنوية في القياس أكبر كان ضبطه أكثر).

– اسأل المتعلمين عن سبب اختلاف قياسات أفراد المجموعة الواحدة (خصوصاً المجموعة الأولى). أدر النقاش بين المتعلمين وتأكد من أنهم أدركوا أن الاختلاف ناتج عن خطأ بشري مثل:

• اختلاف قوة الإبصار واختلاف

المقدرة على تقدير الأبعاد.

• اختلاف طريقة القياس:

اعرض الشفافة 10 (الشكل 6-1)

«اختلاف زاوية النظر»، واضرب لهم مثال مقياس سرعة السيارة والنظر إليه بزوايا مختلفة.

• خطأ في تسجيل القياسات.

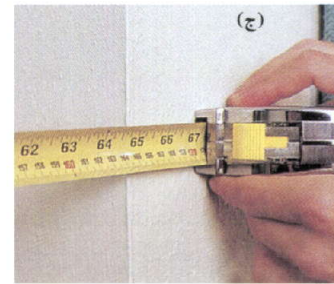
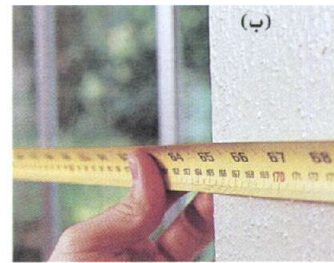
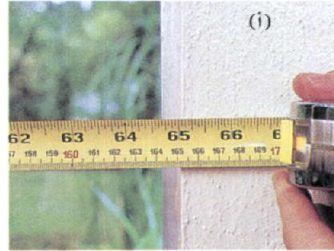
اختلاف القياس باختلاف زاوية النظر

اختلاف القراءات لقياس معين إذا تم النظر إليه من زوايا مختلفة.

الشكل 6-1

إذا نظرت مباشرة إلى إشارة القياس (أ) تجد أن طول الشباك 165.2 cm.

أما إذا نظرت جانبياً (ب) و (ج) فإنك تحصل على قياس يشوبه الخطأ.



الأرقام المعنوية

مجموعة الأرقام المؤكدة، إضافة إلى الرقم التقديري غير المؤكد التي يتضمنها قياس الكمية الفيزيائية.

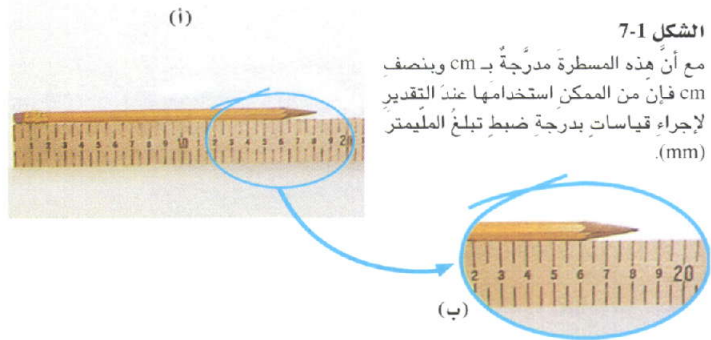
إشارة القياس فإننا قد نزيد من مقدار القياس أو نقلله، كما يبدو في الشكل 6-1 (ب) و (ج). تسمى هذه المشكلة اختلاف زاوية (اتجاه) النظر Parallax. نتيجة لذلك تكون قراءة السائق لعداد سرعة السيارة أدق من قراءة الراكب الذي يجلس إلى جانبه.

ثانياً: خطأ أداة القياس

إذا كان الميزان أو أداة قياس الطول لا يعملان بشكل صحيح فإنهما سيبيان أخطاء في القياس. لهذا ينبغي استعمال الأجهزة المخبرية بحذر وانتباه، وأن تكون الأجهزة بحالة جيدة. كما أن تدريج أداة القياس يؤثر في دقة القياس حيث أن أكبر خطأ تتسبب فيه الأداة يساوي مقدار نصف أصغر تدريج على الأداة.

الأرقام المعنوية

تقدم القياسات في التجارب العملية على شكل أرقام تدل على درجة ضبط القياس، وتتضمن أرقام (خانات) معلومة بالتأكيد. بالإضافة إلى رقم (خانة) أخير يتم تقديره (غير مؤكد). وتسمى مجموعة الأرقام هذه الأرقام المعنوية Significant figures.



الشكل 7-1

مع أن هذه المسطرة مدرجة بـ cm وينصف cm فإن من الممكن استخدامها عند التقدير لإجراء قياسات بدرجة ضبط تبلغ المليمتر (mm).

في الشكل (7-1 أ و ب) نستخدم مسطرة مدرجة بـ cm وينصف cm لقياس طول قلم. يتضمن قياس طول القلم (18.2 cm) ثلاثة أرقام معنوية: اثنان منها (1 و 8) يؤلفان الجزء المؤكد من القياس، والثالث (2) هو رقم تقديري فتكون القيمة الحقيقية للقياس بين 18.15 cm و 18.25 cm. أما إذا كانت المسطرة مدرجة بـ mm، فيتضمن طول القلم (18.27 cm) أربعة أرقام معنوية: ثلاثة منها (1، 8، 2) تؤلف الجزء المؤكد من القياس إلى الرقم والرابع (7) هو رقم تقديري؛ فتكون القيمة الحقيقية للقياس بين (18.265 cm) و (18.275 cm). نلاحظ أن درجة ضبط التدريج في أداة القياس تحدد عدد الأرقام المعنوية.

وحيث يكون الرقم الأخير في القياس صفراً، يكون من الصعب القول ما إذا كان الصفراً رقماً معنوياً أم حافظاً للمنزلة. فإذا كان قياس طول معين هو 230 mm، عندها يصعب القول ما إذا كان القياس يشتمل على رقمين معنويين أو ثلاثة.

يبين الجدول 5-1 قواعد تحديد عدد الأرقام المعنوية للقياس حين يتضمن أصفاراً.

الجدول 5-1 قواعد اعتبار الأرقام أرقاماً معنوية

القاعدة	أمثلة
1. تعتبر الأصفار، وهي بين أرقام أخرى، أرقاماً معنوية.	أ. 50.3 m يتضمن ثلاثة أرقام معنوية. ب. 3.0025 s يتضمن خمسة أرقام معنوية.
2. لا تعتبر الأصفار على الطرف الأيسر للعدد أرقاماً معنوية.	أ. 0.892 kg يتضمن ثلاثة أرقام معنوية. ب. 0.0008 ms يتضمن رقماً معنوياً واحداً.
3. تعتبر الأصفار على الطرف الأيمن للعدد وإلى يمين الفاصلة العشرية أرقاماً معنوية.	أ. 57.00 g يتضمن أربعة أرقام معنوية. ب. 2.000 000 kg يتضمن سبعة أرقام معنوية.
4. تعتبر الأصفار على الطرف الأيمن للعدد وإلى يسار الفاصلة العشرية أرقاماً معنوية إذا قيست فعلياً أو كانت الرقم التقديرى الأول، وإلا اعتبرت غير معنوية. في هذا الكتاب سنعتبر هذه الأصفار غير معنوية.	أ. 1000 m يمكن أن يتضمن من رقم معنوي واحد إلى أربعة أرقام، بحسب دقة القياس، لكن سنفترض، في هذا الكتاب، أن هذا القياس يتضمن رقماً معنوياً واحداً. ب. 20 m يمكن أن يتضمن رقماً معنوياً واحداً أو اثنين، لكن سنفترض في هذا الكتاب أنه يتضمن رقماً معنوياً واحداً.

الأرقام المعنوية والعمليات الحسابية

يبين الجدول 6-1 قواعد عمليات تحديد عدد الأرقام المعنوية عند إجراء العمليات الحسابية.

الجدول 6-1 قواعد عمليات الحساب مع أرقام معنوية

عملية الحساب	القاعدة	مثال
الجمع أو الطرح	يتضمن الجواب النهائي إلى يمين فاصلته العدد نفسه من الخانات الموجودة إلى يمين الفاصلة في القياس الذي يتضمن أقل عدد من هذه الخانات.	$\begin{array}{r} 97.3 \\ + 5.85 \\ \hline 103.15 \end{array}$ <p>يُقرَّب إلى 103.2</p>
الضرب أو القسمة	يتضمن الجواب النهائي العدد نفسه من الأرقام المعنوية الموجودة في القياس الذي يتضمن عدداً أقل من هذه الأرقام.	$\begin{array}{r} 123 \\ \times 5.35 \\ \hline 658.05 \end{array}$ <p>يُقرَّب إلى 658</p>

القسم 1-2

استراتيجية بصرية

10 دقائق

اعرض الشفافة 11 (الجدول 5-1) وناقش مع المتعلمين قواعد اعتبار الأصفار أرقاماً معنوية.

– اطلب إلى المتعلمين حل السؤال 14 من مراجعة الفصل، ك ط، ص 24.

اعرض الشفافة 12 (الجدول 6-1) وناقش مع المتعلمين قواعد العمليات الحسابية مع الأرقام المعنوية. ثم اعرض الشفافة 13 (الجدول 7-1) قواعد التقريب في القياسات. (أكد للمتعلمين أن قواعد العمليات الحسابية تراعي حقيقة أن دقة وضبط النتائج، في أية عملية حسابية تشتمل على عدة كميات، يجب ألا تزيد عن دقة وضبط أي من الكميات الداخلة في العملية.

– اطلب إلى المتعلمين حل الأسئلة التالية:

تطبيق 1 (ب)، ك ط، السؤال 2، ص 16.

مراجعة الفصل، ك ط، السؤال 13، ص 24.

استراتيجية بصرية

الجدول 5-1

يحتاج المتعلمون إلى التمرين على أمثلة تطبيق القواعد الواردة في الجدول 5-1.

س: اكتب كلاً من الأمثلة الواردة في الجدول بترميز علمي. تأكد من عدد الأرقام المعنوية.

ج: $3.0025 \times 10^0 \text{ s}$; $5.03 \times 10^1 \text{ m}$

$8 \times 10^{-4} \text{ ms}$; $8.92 \times 10^{-1} \text{ kg}$

$2.000\,000 \times 10^0 \text{ kg}$; $5.700 \times 10^1 \text{ g}$

$2 \times 10^1 \text{ m}$; $1 \times 10^3 \text{ m}$

حذف الخانات في قياس وفق قواعد معينة، بحيث يصبح للقياس العدد المطلوب من الخانات المعنوية.

فمثلاً لحساب مساحة أرضية غرفة قياس طولها (6.7 m) وقياس عرضها (4.6 m)، يكون ناتج ضرب الطول في العرض (30.82 m²). وهذا القياس يتضمن أربعة أرقام معنوية، أي أنه أكثر دقة من قياس الطول والعرض. ولما كان قياس مساحة الغرفة يجب أن يتضمن رقمين معنويين فقط، مثل قياس الطول والعرض، فينبغي تقريب Rounding قياس المساحة إلى رقمين معنويين، فتصبح (31 m²). يبين الجدول 7-1 قواعد التقريب في العمليات الحسابية.

الجدول 7-1	قواعد التقريب	أمثلة
متى تُقرب	كيف تُقرب	
حين يكون الرقم الذي يلي آخر رقم معنوي أحد الأرقام: 0، 1، 2، 3، 4	يقرب بإلغاء أرقام	30.24 يصبح 30.2
حين يكون الرقم الذي يلي آخر رقم معنوي أحد الأرقام: 5، 6، 7، 8، 9	يقرب برفع أرقام	22.49 يصبح 22.5

هل تعلم؟

الآلات الحاسبة لا تراعي قواعد تحديد عدد الأرقام المعنوية في الحسابات، وقواعد تقريب القياسات.

أختم وأقوم: 5 دقائق

اطلب إلى المتعلمين الإجابة عن الأسئلة التالية:

– مراجعة الفصل، ك ط، السؤالان 15-16، ص 24.

واجب منزلي

– مراجعة القسم، ك ت ط، السؤالان 6-7، ص 9.

– مراجعة الفصل، ك ط، السؤالان 11-12، ص 24.

– مراجعة الفصل، ك ط، السؤال 25، ص 25.

تطبيق 1 (ب)

طبق قواعد الأرقام المعنوية والتميز العلمي في إنجاز الحسابات الآتية:

1. $26 \times 0.02584 = ?$

2. $15.3 \div 1.1 = ?$

3. $782.45 - 3.5328 = ?$

4. $63.258 + 734.2 = ?$

أجوبة

تطبيق 1 (ب)

1. 0.67

2. 14

3. 778.92

4. 797.5

مراجعة القسم
أجوبة

1. أ. meters
ب. kilograms
ج. seconds
2. أ. $6.20 \times 10^{-6} \text{ kg}$
ب. $3 \times 10^{-6} \text{ ms}$
ج. $8.80 \times 10^4 \text{ m}$
3. أ. دقيقة ومضبوطة
ب. مضبوطة
ج. غير دقيقة وغير مضبوطة

1. ما وحدات النظام الدولي للوحدات التي تستخدمها في القياسات التالية؟

- أ. طول حوض سباحة
- ب. كتلة الماء في الحوض
- ج. الزمن الذي يقطع خلاله السباح الحوض

2. حول القياسات التالية وفقاً لما هو مبين:

- أ. 6.20 mg بوحدة kg
- ب. $3 \times 10^{-9} \text{ s}$ بوحدة ms
- ج. 88.0 km بوحدة m

3. قاس ثلاثة متعلمين كثافة قطعة من الرصاص ثلاث مرات. إذا علمت أن كثافة الرصاص هي 1.34 g/cm^3 ، وبعد الاطلاع على نتيجة كل من هؤلاء المتعلمين، فأأي النتائج كانت دقيقة؟ أيها كانت مضبوطة؟ أيها ليست مضبوطة وغير دقيقة؟

- أ. عدنان: 11.32 g/cm^3 ، 11.35 g/cm^3 ، 11.33 g/cm^3
- ب. أحمد: 11.42 g/cm^3 ، 11.44 g/cm^3 ، 11.43 g/cm^3
- ج. راشد: 11.04 g/cm^3 ، 11.34 g/cm^3 ، 11.55 g/cm^3

الرياضيات والفيزياء

حين يبتكر علماء الفيزياء نماذج مبسطة كي يفهموا العالم الواقعي على نحو أفضل، يستخدمون الرياضيات لتحليل وتلخيص ما يلاحظون. بعد ذلك يستطيعون استخدام العلاقات الرياضية بين الكميات الفيزيائية كي يتوقعوا ما سوف يحصل في حالات معينة.

الجدول والرسوم البيانية

توجد طرق مختلفة لتمثيل البيانات. يمثل الشكل 8-1 تجربة تتم فيها دراسة العلاقة بين الزمن الدوري لبندول بسيط وطوله. نقوم بإزاحة كرة البندول عن موقع اتزانها بزاوية صغيرة (أقل من 15°) ونقيس زمن عشر اهتزازات، ثم نحسب زمن الاهتزاز الواحدة الذي يمثل الزمن الدوري للبندول. يوضح الجدول 8-1 البيانات التي تم الحصول عليها.

الجدول 8-1	بيانات تجربة كرة البندول	
الطول (m)	الزمن الدوري (s)	مربع الزمن الدوري (s^2)
0.20	0.90	0.81
0.40	1.3	1.70
0.60	1.6	2.60
0.80	1.8	3.20
1.00	2.00	4.00

تبين هذه البيانات اتجاهًا واضحًا يفيد أن الزمن الدوري للبندول يزداد بزيادة طوله، ولكن لا يمكن تحديد العلاقة بينهما بدقة من خلال بيانات الجدول فقط. وعند تمثيل العلاقة بين الزمن الدوري للبندول وطوله بيانيًا نحصل على الرسم البياني الموضح في الشكل 9-1.

3-1 مؤشرات الأداء

- يفسر بيانات الجداول والرسوم البيانية.
- يستنتج المعادلات الفيزيائية من الرسوم البيانية.
- يستخدم التحليل البعدي للتأكد من صحة المعادلة الفيزيائية.

مخطط القسم 3-1: لغة الفيزياء

الوقت المطلوب: حصتان (90 د)

الحصة 6

حضر: 5 دقائق

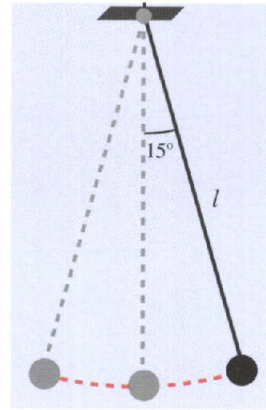
إيضاح 4

البندول البسيط

– اعرض بندولاً، وأزحه عن موضع اتزانه واتركه ليبدأ بالاهتزاز بحيث يلاحظ المتعلمون حركته. تأكد أن المتعلمين يدركون المعنى الفيزيائي لكل من «الاهتزاز الواحدة» و «الزمن الدوري».

– اطرح على المتعلمين الأسئلة التالية:

- ما العوامل التي يمكن أن تؤثر في الزمن الدوري للبندول؟ (اقبل الإجابات المعقولة وسجلها على السبورة، وتأكد أن طول البندول واحد من هذه العوامل.)
- كيف يتغير الزمن الدوري للبندول بتغير طوله؟ (اقبل كل الإجابات كفرضيات تحتاج إلى تحقق.)
- كيف يمكن التحقق من الفرضيات السابقة؟ (أدر نقاشاً بين المتعلمين لتتأكد من أنهم أدركوا أنه ينبغي لهم إجراء تجربة ضابطة وفق المنهج العلمي لاختبار صحة الفرضية.)



الشكل 8-1

تجربة لدراسة العلاقة بين الزمن الدوري لبندول وطوله.

القسم 3-1

درس:

مختبر: 30 دقيقة



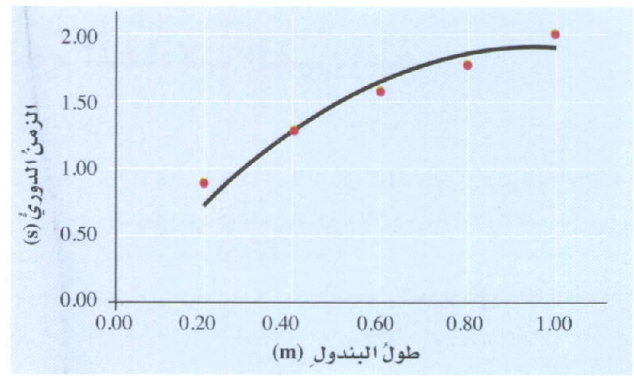
- اطلب إلى المتعلمين أن ينفذوا خطوات مختبر الاكتشاف 1-2، **ك ت ط**، ص 45.
- لإدارة وقت الحصة يُراعى ما يلي:
 - جهّز البندولات قبل بداية الحصة.
 - اطلب إلى كل مجموعة قياس الزمن الدوري لطول واحد فقط يختلف عنه للمجموعات الأخرى.
 - ارسـم على السبورة الجدول 1 من مختبر الاكتشاف، واطلب إلى كل مجموعة أن تسجل قياسها لـ زمن العشر اهتزازات في المكان المحدد في الجدول، ثم اطلب إلى جميع المتعلمين استكمال بيانات الجدول في كتبهم.
- اطلب إلى المتعلمين الإجابة عن أسئلة تحليل البيانات في ك.ت.ط، صفحة 46-47. ناقش إجابات المجموعات وتأكد من توصلهم إلى الإجابات الصحيحة، وظف برمجية لتمثيل العلاقة بين كل من الزمن الدوري وطول البندول والعلاقة بين مربع الزمن الدوري وطول البندول، واطلب من المتعلمين عرض الرسوم الناتجة على المتعلمين لمساعدتهم في استكمال تحليل البيانات. ذكرهم بمعادلة الخط المستقيم. كلفهم فردياً برسم العلاقات بيانياً كواجب منزلي.

أختم وأقوم: 10 دقائق

- اطلب إلى المتعلمين تدوين استنتاجاتهم في **ك ت ط**، ص 48، تأكد أنهم توصّلوا إلى ما يلي:
 - الجداول تفيدنا في تحديد اتجاه العلاقة بين أي متغيرين ولا يمكننا استخدامها في توقع قيمة أحد المتغيرين لقيم لم ترد في الجدول، بينما يمكننا ذلك عند استخدام الرسومات.
 - لاستنباط المعادلة التي تربط بين متغيرين يسعى العلماء إلى الحصول على تمثيل بياني خطي للعلاقة بينهما.
 - تفيدنا المعادلة في توقع قيمة أحد المتغيرين عند قيمة المعادلة للمتغير الآخر.
- اطلب إلى المتعلمين الإجابة عما يلي:
 - مراجعة القسم، **ك ت ط**، السؤالان 1-2، ص 21.

الشكل 9-1

يوفر الرسم البياني في الشكل طريقة لتقدير الزمن الدوري عند أطوال لم تذكر في الجدول، لكن لا يمكن من خلاله استنباط العلاقة بينهما.



يسمح الخط البياني في الشكل بتقدير الزمن الدوري للبندول عند أطوال لم تذكر في الجدول (مثلاً إذا كان طول البندول 0.30 m فإن الزمن الدوري يساوي 1.00 s)، ولكنه لا يوفر تقديرًا دقيقًا للزمن الدوري إذا كان طول البندول أكبر من 1.00 m، كما لا يمكن استنباط العلاقة بين الزمن الدوري وطول البندول، اعتمادًا عليه. أمّا إذا مُثلّت العلاقة بين طول البندول ومربع الزمن الدوري فإننا نحصل على الرسم البياني الموضح في الشكل 10-1.

الشكل 10-1

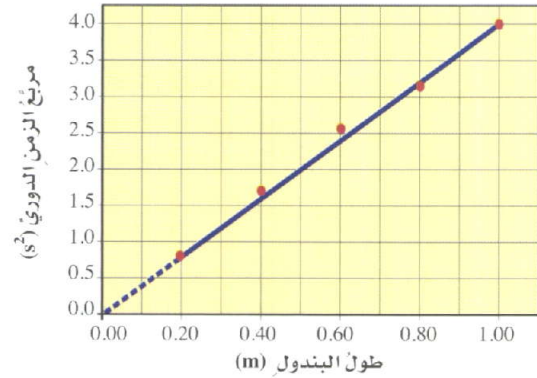
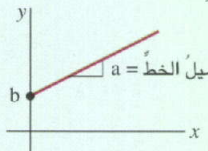
يظهر الرسم البياني أن العلاقة بين مربع الزمن الدوري للبندول وطوله علاقة طردية.

رابط رياضيات

لاستنباط المعادلة التي تربط بين متغيرين نسعى للحصول على تمثيل بياني خطي للعلاقة بينهما حيث تكتب المعادلة عندئذ على الصورة:

$$y = ax + b$$

حيث a ميل الخط المستقيم، و b الإحداثي y لنقطة تقاطع الخط مع محور y .



تلاحظ من الشكل أن الخط البياني للعلاقة بين مربع الزمن الدوري للبندول وطوله، خط مستقيم. يمكننا الخط المستقيم من استنباط المعادلة التي تربط بين مربع الزمن الدوري للبندول وطوله. وعليه فإننا نكتب العلاقة بينهما على الصورة:

مربع الزمن الدوري = ميل الخط المستقيم \times طول البندول + ثابت

$$T^2 = (l \times \text{ميل الخط}) + b$$

ومن البيانات على الرسم البياني تكون ($b = 0$ و ميل الخط = 4.05) أي أن:

$$T^2 = 4.05 l$$

المعادلة السابقة تمكننا من توقع الزمن الدوري للبندول بدقة لأي طول له، مثلاً إذا كان طول البندول 1.50 m فإن زمنه الدوري يساوي 2.46 s، ما دامت زاوية الاهتزاز أقل من 15° .

واجب منزلي

- مراجعة القسم 3-1، **ك ت ط**، السؤالان 4، 6، ص 13-12.

– اطلب إلى المتعلمين حل السؤال 5 من مراجعة الفصل، ك. ط، صفحة 23. تأكد من توصّل المتعلمين إلى الإجابة الصحيحة.

درّس:

فكرة مفيدة في التعليم

10 دقائق

– اكتب معادلة حساب حجم مكعب (حجم المكعب = (طول ضلع المكعب)³). أدر نقاشًا بين المتعلمين حول معرفتهم السابقة عن وحدة قياس الحجم ووحدة قياس الطرف الأيسر من المعادلة.

– اكتب معادلة حساب محيط غرفة مستطيلة الشكل (محيط المستطيل = $2 \times (\text{الطول} + 2 \times \text{العرض})$). أدر نقاشًا بين المتعلمين حول معرفتهم السابقة عن وحدة قياس المحيط ووحدة حدّي الطرف الأيسر من المعادلة.

– تأكد أن المتعلمين أدركوا أنه في أي معادلة يجب أن تتحقق الشروط التالية:

- وحدة قياس (بعد) الطرف الأيمن من المعادلة تماثل وحدة قياس (بعد) الطرف الأيسر من المعادلة.
- عند جمع (أو طرح) حدّين أو أكثر يجب أن تتماثل الحدود في وحدات قياسها (بعدها).

– ا طرح على المتعلمين مسألة السيارة صفحة 20 من كتاب الطالب. اطلب إليهم أن يستخدموا التحليل البُعدي لاختيار إحدى المعادلتين لحلّ المسألة.

أختم وأقوم: 10 دقائق

– اطلب إلى المتعلمين حلّ الأسئلة التالية: مراجعة الفصل، ك ط، السؤالان 8، 20، ص 23-24.

تقويم المعادلات الفيزيائية

التحليل البُعدي

لنفترض أن سيارة، كذلك الظاهرة في الشكل 11-1، تتحرّك بسرعة 88 km/h وأنك تريد أن تعرف المسافة التي تقطعها السيارة خلال زمن 0.5 h. فكيف تتحقّق من صحّة المعادلة الفيزيائية لحلّ هذه المسألة؟

يستخدم الباحثون طريقة فعّالة تسمى التحليل البُعدي Dimensional analysis. يركّز هذا التحليل على قاعدة واضحة وهي وجوب أن تكون لطرفي المعادلة الأبعاد نفسها، أي أن هذا التحليل يعالج الأبعاد على أنها كمّيات جبريّة يمكن ضربها أو قسمتها بينما لا يمكن جمعها أو طرحها إلا إذا كان لها البعد نفسه.

سنطبّق هذه الطريقة على مسألة السيارة التي تتحرّك بسرعة 88 km/h. وبفرض أن متعلّمًا استخدم المعادلة (المسافة = السرعة × الفترة الزمنية) وهو غير متأكّد من صحّتها.

يمكن للمتعلّم التحقّق من صحّة المعادلة باستخدام التحليل البُعدي للكمّيات كما يلي:

$$\text{المسافة} = \text{السرعة} \times \text{الفترة الزمنية}$$

نعلم أن بُعد السرعة هو $\frac{\text{الطول}}{\text{الزمن}}$ ، وبُعد المسافة المقطوعة هو الطول، وبُعد الفترة الزمنية هو الزمن. وعليه فإن:

$$\frac{\text{الطول}}{\text{الزمن}} = \frac{\text{الطول}}{\text{الزمن}} \times \text{الزمن}$$

وباختصار بُعد الزمن في البسط مع بُعد الزمن في المقام يكون:

$$\text{الطول} = \text{الطول}$$

ممّا يدلّ على أن المعادلة التي اختارها المتعلّم صحيحة.

أمّا إذا اختار المتعلّم المعادلة:

$$\text{المسافة} = \frac{\text{السرعة}}{\text{الزمن}} = \frac{\frac{\text{الطول}}{\text{الزمن}}}{\frac{\text{الزمن}}{\text{الزمن}}} = \frac{\text{الطول}}{\text{الزمن}^2}$$

أي أن طرفي المعادلة ليس لهما الأبعاد نفسها، ممّا يدلّ على أن معادلة

$$\left[\frac{\text{المسافة}}{\text{الزمن}} = \frac{\text{السرعة}}{\text{الزمن}} \right] \text{ غير صحيحة.}$$



الشكل 11-1

يشكّل التحليل البُعدي وسيلة تدقيق مفيدة لأنواع كثيرة من المسائل مثل مسألة الزمن اللازم كي تقطع سيارة مسافة 725 km بسرعة 88 km/h.

التحليل البُعدي

استخدام الأبعاد لبناء بعض المعادلات الفيزيائية البسيطة أو للتأكد من صحّتها.

تقويم الفصل: 20 دقيقة

– اختر ما تراه مناسبًا من أسئلة تقويم أو أي أسئلة أخرى ونفذ اختبارًا تحريريًا قصيرًا.

واجب منزلي

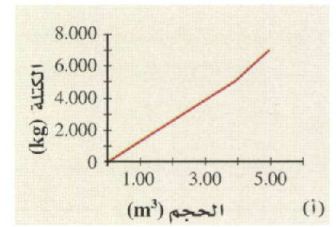
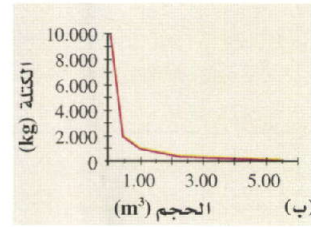
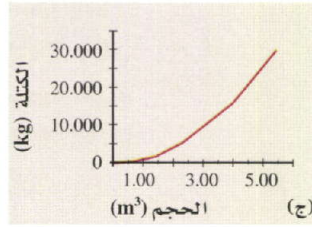
– مراجعة الفصل، ك ط، السؤالان 17، 21، ص 24-25.

مراجعة القسم
أجوبة

1. أ
2. ج
3. أ. المعادلة صحيحة
ب. المعادلة غير صحيحة

1. أيٌّ من الرسوم البيانيّة التالية يمثّل البيانات المدرجة أدناه؟

حجم الهواء (m ³)	كتلة الهواء (kg)
0.50	0.644
1.50	1.936
2.25	2.899
4.00	5.159
5.50	7.096



2. أيٌّ من المعادلات التالية يتوافق مع بيانات السؤال رقم 1؟

أ. $1.29 (\text{الحجم}) = (\text{الكتلة})^2$

ب. $1.29 = \text{الكتلة} \times \text{الحجم}$

ج. $1.29 \times \text{الحجم} = \text{الكتلة}$

د. $1.29 \times (\text{الحجم})^2 = \text{الكتلة}$

3. استخدم التحليل البُعدي للتحقق من صحّة كلّ من المعادلات الآتية: (استعن بالجدول 3-1)

أ. $(\text{السرعة}) = (\text{العجلة}) \times (\text{الزمن})$

ب. $(\text{القوّة}) = (\text{الكتلة}) \times (\text{السرعة})^2$

مصطلحات أساسية

المنهج العلمي

Scientific method (ص 6)

التجربة المضابطة

Controlled experiment (ص 6)

البعد (ص 8) Dimension

الدقة (ص 13) Accuracy

الضبط (ص 13) Precision

اختلاف القياس باختلاف زاوية النظر

Parallax (ص 14)

الأرقام المعنوية

Significant figures (ص 14)

التقريب (ص 16) Rounding

التحليل البُعدي

Dimensional analysis (ص 20)

أفكار أساسية

القسم 1-1 ما هو علم الفيزياء؟

- علم الفيزياء هو دراسة العالم الطبيعي، من الحركة والطاقة إلى الضوء والكهرباء.
- يستخدم علم الفيزياء المنهج العلمي لاكتشاف قوانين عامة يمكن استخدامها لوضع توقعات تتناول حالات متنوعة.

القسم 2-1 القياسات في التجارب

- للدلالة على القياسات في علم الفيزياء نستخدم وحدات النظام الدولي للوحدات (SI)، وهو نظام يستعمل مجموعة من الوحدات الأساسية والبادئات لوصف قياسات الكميات الفيزيائية.
- الدقة تدل على مدى قرب القياس من القيمة الصحيحة. والضبط يدل على مدى تقارب القيم المقاسة بعضها من بعض.
- الأرقام المعنوية هي مجموعة الأرقام المؤكدة، بالإضافة إلى رقم تقديري واحد غير مؤكد في القياس.
- تشكل قواعد الأرقام المعنوية وسيلة للتأكد من أن نتيجة الحساب ليست أكثر ضبطاً من البيانات المستخدمة للحصول على هذه النتيجة.

القسم 3-1 لغة الفيزياء

- يجعل الفيزيائيون عملهم أكثر سهولة بتلخيص البيانات في جداول ورسوم بيانية، والتعبير عن العلاقات بين الكميات في صورة معادلات.
- يمكن أن يساعد التحليل البُعدي في التحقق من صحة المعادلة الفيزيائية.

إجابات

الفصل 1

1. أ. الاهتزازات والظواهر الموجية،
الكهرومغناطيسية.
ب. الميكانيكا، الاهتزازات والظواهر
الموجية.
ج. البصريّات، الديناميكا الحرارية.
د. الديناميكا الحرارية، الميكانيكا.
2. أ، د.
3. اجمع معلومات عن سيارات مختلفة،
ضع فرضيات حول السيارة التي
توافق متطلباتك، تفحص هذه
الفرضيات من خلال قيادتها، فسّر
نتائج فحص القيادة، أعد ترتيب
احتياجاتك، واشترِ السيارة الأفضل.
4. تتنوع الإجابات:
أ. s
ب. kg
ج. m
د. cm
هـ. g أو kg
و. Ms
ز. km
ح. kg
ط. m
ي. cm أو m
5. kg/s
6. تغيّر مقدار الوحدة تبعاً لمن قام
بعملية القياس.
7. مقدار الوحدة معيّر بدقة عالية ويمكن
الحصول عليه بسهولة في أي مكان.
8. $\text{kg}\cdot\text{m}^2/\text{s}^2$ ، (جول J)

وحدات SI

أسئلة مراجعة

4. اذكر الوحدة الأساسية المناسبة من وحدات النظام الدوليّ
(مع البادئة عند الحاجة) اللازمة للكمّيات التالية:
أ. الزمن اللازم لتشغيل قرص مدمج في جهاز الستيريو
ب. كتلة سيارة سباق
ج. طول ملعب كرة القدم
د. قطر قطعة بيتزا كبيرة
هـ. كتلة شريحة من اللحم
و. الفترة الزمنية لفصل دراسي
ز. المسافة بين منزلك والمدرسة
ح. كتلتك
ط. طول قاعة مختبر الفيزياء في مدرستك
ي. طولك
5. وحدة قياس القوة ($1 \text{ newton} = 1 \text{ kg}\cdot\text{m}/\text{s}^2$)، ووحدة
قياس السرعة هي m/s. ما الوحدة في الجواب الحاصل
عن قسمة القوة على السرعة؟
6. يقاس ارتفاع الحصان أحياناً بوحدة «الشبر». لماذا اعتبرت
هذه الوحدة معياراً غير دقيق إلى أن تم تعريفها على النحو
التالي: الشبر = 20 cm.
7. أوضح إيجابيات تعريف المتر الرسمي على أنه المسافة التي
يجتازها الضوء خلال مدة معينة، بدلاً من أنه طول مسطرة
من معدن خاص.
8. وضع أينشتاين المعادلة الشهيرة التالية: $E = mc^2$ ، حيث m
هي كتلة الجسم و c هي سرعة الضوء. ما وحدة الكمّيّة E
في النظام الدولي للوحدات؟

علم الفيزياء

أسئلة مراجعة

1. راجع الجدول 1-1 في الصفحة 5 لتحديد مجالين، على
الأقل، من مجالات علم الفيزياء التي تشمل كلاً من الحالات
التالية:
أ. بناء نظام لتضخيم الصوت في سيارتك
ب. القفز بالحبل المطاطي
ج. تقدير سخونة لهب الموقد بالنظر إليه
د. الغطس في حوض سباحة لتبريد الجسم في يوم حار
2. أي السيناريوهات التالية يتوافق مع المنهج العلمي؟
أ. يستمع ميكانيكي سيارات إلى الصوت الصادر عن
محرك السيارة وهو يدور، ليتوصل إلى رأي حول العطل.
يكون رأياً حول العطل ثم يتحقق من صحة رأيه بضبط
سرعة دوران المحرك والسيارة واقفة.
بناءً على ذلك يقرّر أن رأيه السابق كان خطأً. أخيراً
يقرّر أن المشكلة في مضخة الوقود، ويستشير ميكانيكيين
آخرين حول صحة استنتاجه هذا.
- ب. نظراً لاختلاف الآراء حول مكان الرحلة التي قرّر الصف
أن يقوم بها، أجرى المسؤول عن الصف اقتراحاً. صوّت
أغلبية المتعلمين مع الذهاب إلى حديقة عامة بدلاً من
شاطئ البحر.
- ج. وصل فريق مدرستك إلى المباراة النهائية في بطولة
المدارس لكرة السلة. يقول صديق لك من المدرسة
المنافسة إن فريق مدرستك سيفوز لأن لاعبيه يطمحون
إلى الفوز أكثر من لاعبي فريق مدرستك.
- د. لا يندفع الماء من نافورة الشرب إلى الارتفاع المطلوب.
يبدو أن قبضة النافورة رخوة، لذلك تحاول دفعها إلى
الداخل عند دورانها، وعندها يندفع الماء عالياً فيتسنى
لك الشرب. احرص على أن تخبر زملاءك بما فعلت.
3. قرّرت اختيار سيارة جديدة باستخدام المنهج العلمي. ماذا
تفعل؟

مراجعة الفصل 1

9. أ. $2 \times 10^2 \text{ mm}$

ب. $7.8 \times 10^3 \text{ s}$

ج. $1.6 \times 10^7 \mu\text{g}$

د. $7.5 \times 10^4 \text{ cm}$

هـ. $6.75 \times 10^{-4} \text{ g}$

و. 46.2×10^{-2}

ز. 9.7 m/s

10. 11 شخصًا.

11. نعم، يمكن لكل القياسات أن تكون قريبة من قيمة معينة، ولكنها ليست كلها قريبة من القيمة الحقيقية.

12. أ. نعم

ب. لا

ج. نعم

د. نعم

13. أ. $3.00 \times 10^8 \text{ m/s}$

ب. $2.9979 \times 10^8 \text{ m/s}$

ج. $2.997\ 925 \times 10^8 \text{ m/s}$

14. أ. 3

ب. 4

ج. 3

د. 2

15. 228.8 cm

16. 115.9 m

17. ب، ج

18. لا، ليس بالضرورة أن يعني ذلك أن المعادلة صحيحة، فمثلاً المعادلة (محيط الدائرة = $2r$) صحيحة من حيث الأبعاد لكنها ليست صحيحة من حيث القيمة.

19. الأبعاد منسجمة.

20. الأبعاد منسجمة.

مسائل تطبيقية

9. حوّل كلاً من القياسات التالية:

أ. 2 dm إلى وحدة mm

ب. $2 \text{ h } 10 \text{ min}$ إلى وحدة s

ج. 16 g إلى وحدة μg

د. 0.75 km إلى وحدة cm

هـ. 0.675 mg إلى وحدة g

و. $462 \mu\text{m}$ إلى وحدة cm

ز. 35 km/h إلى وحدة m/s

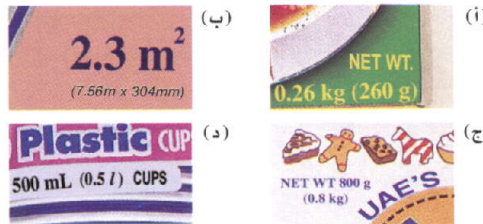
10. كم شخصًا يستطيع المصعد أن يحمل بأمان إذا كانت حمولته القصوى طنًا واحدًا، وكتلة كل شخص 85 kg (الطن يساوي $1 \times 10^3 \text{ kg}$)

الدقة والضبط والأرقام المعنوية

أسئلة مراجعة

11. هل يمكن لمجموعة من القياسات أن تكون مضبوطة لكن غير دقيقة؟ اشرح.

12. يُظهر الشكل 12-1 صورًا لتحويلات الوحدات مملئة على بعض السلع. تحقق من دقة هذه التحويلات. هل استخدم منتج هذه السلع الأرقام المعنوية بشكل صحيح؟



الشكل 12-1

13. من المعروف الآن أن سرعة الضوء في الفراغ هي $2.99792\ 458 \times 10^8 \text{ m/s}$. اكتب سرعة الضوء في صيغة تتضمن:

أ. ثلاثة أرقام معنوية

ب. خمسة أرقام معنوية

ج. سبعة أرقام معنوية

14. كم رقمًا معنويًا يوجد في كل من القياسات التالية؟

أ. $78.9 \pm 0.2 \text{ m}$

ب. $3.788 \times 10^9 \text{ s}$

ج. $2.46 \times 10^6 \text{ kg}$

د. 0.0032 mm

15. اصطاد صياد سمكتين طول الصغرى 93.46 cm وطول الكبرى 135.3 cm . ما الطول الكلي للسمكتين؟

16. يرغب مزارع في معرفة محيط حقل مستطيل الشكل. يقيس طوله وعرضه، ويجد أن طول الحقل 38.44 m وعرضه 19.5 m . ما محيط هذا الحقل؟

التحليل البُعدي

أسئلة مراجعة

17. نفترض أن للكميتين A، B أبعادًا مختلفة. أي من العمليات الحسابية التالية يمكن أن تكون ذات معنى فيزيائي؟

أ. $A + B$

ب. A / B

ج. $A \times B$

د. $A - B$

18. نفترض أن لطرفي المعادلة الأبعاد نفسها، فهل يعني ذلك أن المعادلة صحيحة؟

19. تُعطي المعادلة التالية نصف قطر الدائرة r المحوطة بمثلث طول أضلاعه a و b و c :

$$r = \sqrt{\frac{(s-a)(s-b)(s-c)}{s}}$$

حيث: $s = (a + b + c) / 2$. تحقق من التجانس البُعدي لهذه المعادلة.

20. يعرف الزمن الدوري لبندول بسيط بأنه المدة اللازمة لاهتزازة كاملة. تعطي المعادلة الآتية الزمن الدوري τ لبندول بسيط:

$$\tau = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

حيث l طول البندول و g عجلة الجاذبية التي تقاس بوحدة الطول مقسومة على مربع وحدة الزمن. تحقق من صحة هذه المعادلة باستخدام التحليل البُعدي.

مراجعة عامة

21. احسب محيط ومساحة دائرة نصف قطرها 4.65 cm. (استخدم المعادلتين التاليتين: المحيط = $2\pi r$ والمساحة = πr^2).
22. يصنع أحد أنواع الثلجات على شكل مكعبات، حجم كل أربعة منها $3.786 \times 10^{-3} \text{ m}^3$. ما طول كل جهة من جهات الوعاء الذي يوضع فيه المكعب؟
23. كتلة السنتمتر المكعب الواحد (1.0 cm^3) من ماء على حرارة 25°C تساوي $1.0 \times 10^{-3} \text{ kg}$. احسب كتلة 1.0 m^3 من هذا الماء.

المشاريع والتقارير

1. هل تستطيع أن تقيس كتلة قطعة نقدية من فئة الدرهم بواسطة ميزان الحمام؟ سجل قياس كتلة عدد من القطع النقدية. اقسم بعد ذلك هذا القياس على عدد القطع النقدية لتحصل على قيمة تقريبية لكتلة القطعة الواحدة. اتبع قواعد الأرقام المعنوية في هذه الحسابات. كرر هذه الخطوات مستخدماً أعداداً مختلفة من القطع النقدية. أي تقدير برأيك هو الأدق؟ أي تقدير هو الأكثر ضبطاً؟
2. ابحث عن اسم العالم الذي نال جائزة نوبل للفيزياء في العام الماضي، وعن أعماله. واكتب بحثاً حول تاريخ الجائزة ذاكراً مؤسستها، وسبب تأسيسها ومن يمنحها وأين تُمنح. وثق بحثك في ملف أو ملصق، وعرضه مستخدماً الحاسوب.

24. لنفترض أن الماء يشكل تسعين في المئة من المواد الحية، وأن كثافة الماء هي $1.0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$. إذا علمت أن الكتلة = الحجم \times الكثافة، فما مقدار الكتلة لـ:
 - أ. خلية كروية الشكل قطرها $1.0 \mu\text{m}$ (الحجم = $\frac{4}{3}\pi r^3$)
 - ب. ذبابة ذات شكل أسطواني طولها 4.0 mm وقطرها 2.0 mm (الحجم = $l\pi r^2$)
25. تبلغ كتلة الكوكب زحل $5.68 \times 10^{26} \text{ kg}$ ونصف قطره $5.85 \times 10^7 \text{ m}$.
 - أ. كثافة هذا الكوكب (حاصل قسمة كتلته على حجمه) بوحدة g/cm^3 . (حجم الكرة = $\frac{4}{3}\pi r^3$)
 - ب. مساحة سطح هذا الكوكب بوحدة m^2 . (مساحة سطح الكرة = $4\pi r^2$)

3. لديك ساعة مزودة بعقرب للثواني، ومسطرة مدرجة بالمليمتر (mm)، وأسطوانة مرقمة بالمليتر (mL) وميزان حساس حتى 1 mg. كيف يمكنك أن تقيس ما يلي: كتلة قطرة من الماء، الزمن الدوري لحركة أرجوحة، حجم مشبك ورق؟ كيف تزيد من دقة قياساتك؟ اكتب الإجراءات اللازمة بوضوح كي تستخدمها زميل لك في الحصول على نتائج معقولة.

4. حضّر ملصقاً أو شكلاً آخر للعرض تصف فيه المدى الممكن لقياس أحد الأبعاد، كالسافة أو الزمن أو درجة الحرارة أو السرعة أو الكتلة. أعط أمثلة يجري فيها التدرج من القياسات الكبيرة جداً حتى القياسات الصغيرة جداً، على أن يكون من بين هذه الأمثلة ما اختبرته بنفسك.

مراجعة الفصل 1

21. 67.9 cm² : 29.2 cm
22. $9.818 \times 10^{-2} \text{ m}$
23. $1.0 \times 10^3 \text{ kg}$
24. أ. $4.7 \times 10^{-16} \text{ kg}$
ب. $1 \times 10^{-5} \text{ kg}$
25. أ. 0.677 g/cm^3
ب. $4.30 \times 10^{16} \text{ m}^2$

المشاريع والتقارير أجوبة

1. على المتعلمين أن يدركوا أن تقريب كتلة قطعة معدنية واحدة يصبح أدق وأكثر ضبطاً كلما ازداد عدد القطع.
2. تتنوع عروض المتعلمين بتنوع العلماء. لقد ترك مخترع الديناميت ألفرد نوبل (1833-1896) تمويلاً لمنح جوائز سنوية في حقول متعددة.
3. يجب أن تكون طرق القياس المتبعة لدى المتعلمين آمنة وشاملة. يلزمنا في بعض الحالات قياس عدد من الأجسام مجتمعة.
4. تتنوع عروض المتعلمين، لكن يجب أن تتضمن مراجع معلومات. تحقق من أن جميع الأمثلة تقع في حدود رتب عظم مقبولة.

مشروع الفصل

كلّف المتعلمين بمشروع يتعلّق بموضوعات الفصل الأول مستعيناً بالمشاريع الواردة في كتاب الطالب، صفحة 25.

إجابات

الفصل 1

1. ب
2. د
3. ج
4. ج
5. ب
6. ج
7. د
8. ا

اختيار من متعدد

1. أيُّ من مجالاتِ الفيزياءِ يتناولُ مواضعَ الحرارةِ ودرجةِ الحرارةِ؟
 - أ. الميكانيكا
 - ب. الديناميكا الحرارية
 - ج. الديناميكا الكهربائية
 - د. ميكانيكا الكم
2. أيُّ من مجالاتِ الفيزياءِ يتناولُ سلوكَ الجسيماتِ الذريَّةِ؟
 - أ. الميكانيكا
 - ب. الديناميكا الحرارية
 - ج. الديناميكا الكهربائية
 - د. ميكانيكا الكم
3. ما وحدةُ قياسِ الطولِ في نظامِ SI؟
 - أ. الإنش
 - ب. القدم
 - ج. المتر
 - د. الكيلومتر
4. السنةُ الضوئيةُ وحدةٌ لقياسِ الطولِ، وهي تعبرُ عن المسافةِ التي يقطعُها الضوءُ في سنةٍ واحدةٍ، فتكوِّنُ السنةُ الضوئيةُ 9 500 000 000 000 km. كم تبلغُ السنةُ الضوئيةُ بالأمتار؟
 - أ. 9.5×10^{10} m
 - ب. 9.5×10^{12} m
 - ج. 9.5×10^{15} m
 - د. 9.5×10^{18} m
5. إذا لم تنظرْ مباشرةً فوقَ جهازِ قياسِ الطولِ، فكيفَ يمكنُ لقياساتِكَ أن تتأثَّرَ؟
 - أ. تصبحُ القياساتُ أقلَّ ضبطاً.
 - ب. تصبحُ القياساتُ أقلَّ دقَّةً.

- ج. يكونُ لقياساتِكَ عددٌ أقلُّ من الأرقامِ المعنويَّةِ.
د. تتعرَّضُ قياساتُكَ لخطأٍ جهازِيٍّ.

6. إذا قَسَّتَ طَوْلَ قَلَمٍ رِصَاصٍ بِاسْتِخْدَامِ الْمِسْطَرَةِ الْمُتَرَبِّعَةِ أَدْنَاهَا، وَدَوَّنْتَ الْقِيَاسَ بِوَحْدَةِ السَّنْتِيْمِترِ، فَكَمْ يَجِبُ أَنْ يَكُونَ عَدْدُ الْأَرْقَامِ الْمَعْنَوِيَّةِ فِي قِيَاسِكَ؟



7. تَمَّ قِيَاسُ أبعادِ غُرْفَةٍ على الشكلِ التَّالِيِ:
- 3.6 m × 5.8 m، ما مِساحةُ الغُرْفَةِ؟
- أ. 20.88 m^2
ب. $2 \times 10^1 \text{ m}^2$
ج. $2.0 \times 10^1 \text{ m}^2$
د. 21 m^2
8. أَيُّ مِنَ النِّصُوصِ التَّالِيَةِ يَصِحُّ فِي أَيِّ مِعادِلَةِ فيزيائيَّةٍ صَحيحةٌ؟
- أ. لِكُلِّ مَنْ طَرَفَيْهَا البُعْدُ نَفْسُهُ.
ب. لِكُلِّ مَنْ طَرَفَيْهَا المِتغيِّراتُ نَفْسُها.
ج. فيها مِتغيِّراتٌ لَكِنْ لَيْسَ فيها أرقامٌ.
د. فيها أرقامٌ لَكِنْ لَيْسَ فيها مِتغيِّراتٌ.

تقويم الفصل 1

9. ج

10. أ

11. أ. 2

ب. 3

ج. 3

د. 4

12. 26 897

13. $\frac{\text{المسافة}}{\text{الزمن}} \div \frac{\text{المسافة}}{\text{الزمن}}$

$\frac{\text{المسافة}}{\text{الزمن}} \times \frac{\text{المسافة}}{\text{الزمن}}$

= الزمن

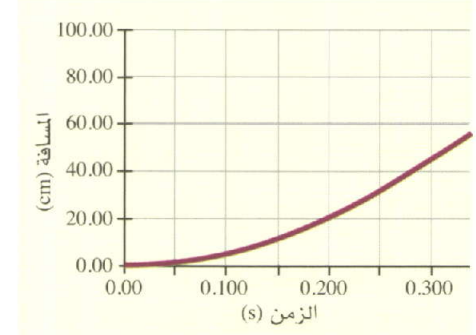
14. إجابة مقترحة: لأن نوع السماد هو المتغير المطلوب فحصه، علينا تثبيت المتغيرات الأخرى كنوع الخضراوات وكمية الماء المستخدمة للري وكمية أشعة الشمس التي تتعرض لها المزروعات. يمكن استخدام صف خامس من المزروعات من دون سماد كأداة ضبط. يمكن فحص الخضراوات من خلال حجمها وكميتها وشكلها وطعمها.

13. وضّح طريقة استخدام التحليل البُعدي لحساب بُعد الكمية الناتجة عن قسمة المسافة على السرعة.

أسئلة ذات إجابة مطوّلة

14. تريد أن تفحص تأثيرات أربعة أنواع مختلفة من السماد في حديقتك، وذلك باستخدامها في أربعة صفوف مختلفة من الخضراوات المزروعة. أي العوامل عليك ضبطها؟ وكيف يمكنك قياس نتائجك؟

يوضّح الرسم البياني أدناه العلاقة بين المسافة التي تقطعها كرة تسقط بدءاً من السكون وزمن سقوطها. استخدم الرسم للإجابة عن السؤالين 9-10.



9. ما المسافة التقريبية التي تقطعها الكرة بعد 0.200 s؟

أ. 5.00 cm

ب. 10.00 cm

ج. 20.00 cm

د. 30.00 cm

10. أي من النصوص التالية يصف العلاقة بين مسافة السقوط والزمن بشكل أفضل؟

أ. يزداد تغير الموقع خلال فترات زمنية متساوية.

ب. ينقص تغير الموقع خلال فترات زمنية متساوية.

ج. يبقى تغير الموقع ثابتاً خلال فترات زمنية متساوية.

د. لا توجد علاقة واضحة بين الزمن وتغير الموقع.

أسئلة ذات إجابة قصيرة

11. حدّد عدد الأرقام المعنوية في كلّ من القياسات التالية.

أ. 0.0057 kg

ب. 5.70 g

ج. 6070 m

د. 6.070×10^3 m

12. اجمع الأعداد التالية، وكتب إجابتك بوحدة الأمتار. اتّبِع قواعد الأرقام المعنوية

$(25.873 \text{ km}) + (1024 \text{ m}) + (3.0 \text{ cm})$

الحصة 8

تقويم أداء عملي

– قسّم المتعلّمين إلى مجموعات رباعية.

اطلب إليهم تنفيذ تجربة الفصل 1-3، ك. ت. ط، ص 49.

– وظّف بطاقة ملاحظة الأداء العملي.

– اجمع كتب التمارين والأنشطة، وقوم نتائج المتعلّمين في تجربة الفصل.

الحركة في بُعد واحد

الوقت المطلوب	موارد الصف التعليمية	تجارب مختبرية
نظرة شاملة حصة واحدة	وسائل المعلم الأيضاحية	الشفافات
1-2 الإزاحة والسرعة 4 حصص (180 د)	ك م مناهج الإسناد، ص 30	ش 14
2-2 العجلة 6 حصص (270 د)	ك م مناهج الإسناد، ص 30	ش 17، 16، 15، 20، 19، 18
3-2 السقوط الحر للأجسام 8 حصص (360 د)	ك م مناهج الإسناد، ص 30	ش 23، 22، 21
	ك م مناهج الإسناد، ص 30	ش 26، 25، 24، 27

دليل الموارد

لجميع الفيزياء

ك ط كتاب الطالب

ك م كتاب المعلم

ك ت ط كتاب التمارين والأنشطة والتجارب العملية للطالب

ش الشفافات

موارد الواجبات المنزلية			
إتقان محتوى	تفكير ناقد	تمرين على حل المسائل	
—	—	—	
ك ط 4-1، ص 37 ك ت ط 1-2، مهارات في الرسم البياني، ص 14 ك ط 1، 4، 5، ص 58	ك ط 2-1، ص 31، 34 ك ط 3، ص 37	ك ط 1، 3، ص 34 ك ط 7-8، ص 58 ك ط 9-10، ص 59	
ك ط 2، 4، ص 49 ك ط 14، ص 59	ك ط 2-1، ص 41 ك ط 4-3، ص 49	ك ت ط 18 ص ك ط 1-3، ص 39 ك ط 16-21، 23، 25-26، ص 60 ك ط 41 ص ك ط 43 ص ك ط 47 ص	
ك ط 1، 4، 5، ص 54	ك ط 5، ص 54	ك ط 32، ص 61 ك ط 41، 46، ص 62 ك ط 1-2، ص 54	

نواتج التعلم: 5 دقائق

القسم 1-2 يصف الحركة بدلالة مناس
الإسناد والإزاحة والسرعة والزمن. يحسب
الإزاحة والسرعة المتوسطة والسرعة
اللحظية لجسم موظفاً منحنيات (الموقع-
الزمن) لحركة الجسم.

القسم 2-2 يقارن بين الحركة المعجلة
والحركة المنتظمة موظفاً منحنيات
(السرعة- الزمن)، ويحسب إزاحة وسرعة
وزمن الحركة لجسم يتحرك بعجلة ثابتة في
خط مستقيم.

القسم 3-2 يصف حركة السقوط الحر
للأجسام ويربطها بالحركة الخطية المعجلة
بانتظام. يحسب إزاحة وسرعة جسم ساقط
عند أي لحظة. يقارن حركة السقوط الحر
للأجسام مختلفة موظفاً التجريب العملي.

حفر: 10 دقائق

حول الصورة

اعرض الشفافة 14 «صورة القطار».

- اطلب إلى كل متعلم أن يكتب سطرين
حول ما يراه في الصورة.
- قسم المتعلمين إلى مجموعات ثنائية أو
رباعية، واطلب إليهم أن يناقشوا ما كتب
كل منهم.

- اطلب إلى كل مجموعة أن تعرض
ملاحظات أفرادها على أن تقبل جميع
الملاحظات المعقولة، واحرص على أن
يعبر المتعلمون بلغة مفهومة وواضحة.
عزز المشاركات وسجل على السبورة
العبارات المرتبطة بحركة الأجسام
وتأكد من أن الملاحظات تشتمل على
مفهوم السرعة (القطار السريع) وأن
مسار حركة القطار مستقيم.

✓ تأكد من وضوح مفاهيم المسافة والسرعة ووحدات قياسها عند المتعلمين بطرح السؤال التالي:

انطلق أحمد بسيارته من مدينة الشارقة فوصل إلى مدينة دبي بعد ساعة واحدة قاطعاً مسافة 35.0 km. ثم توقف لمدة 20.0 min للاستراحة وتناول المرطبات، ثم تابع حركته نحو مدينة أبوظبي فوصل إليها بعد ساعتين من انطلاقه من دبي قاطعاً مسافة 200.0 km. احسب السرعة المتوسطة لسيارة أحمد خلال الرحلة من مدينة الشارقة إلى مدينة أبوظبي.

✓ تأكد من قدرة المتعلمين على إجراء العمليات الحسابية مع مراعاة قواعد الأرقام المعنوية.

✓ تأكد من امتلاك المتعلمين القدرة على التعامل مع الرسوم البيانية مع قراءة وتفسير وتحليل المنحنيات البيانية.

✓ تأكد من قدرة المتعلمين على حساب ميل الخط المستقيم وكتابة معادلته.

الفصل 2

الحركة في بُعد واحد الفيزياء في الحياة اليومية

منذ نوفمبر 1946 بدأت القطارات الكهربائية السريعة في اليابان تسير بسرعة تقارب 200 km/h، واليوم تتجاوز سرعتها 270 km/h. كل مركبة من مركبات القطارات الحديثة مجهزة بمحرك مستقل وجهاز مكابح. في استطاعة هذه القطارات تحقيق سرعات أعلى من سرعة القطارات ذات المحرك الرئيس الواحد، وهي تستطيع التسارع والتباطؤ في فترة زمنية أقصر، مما يسمح لليابان باستخدامها داخل المدن.

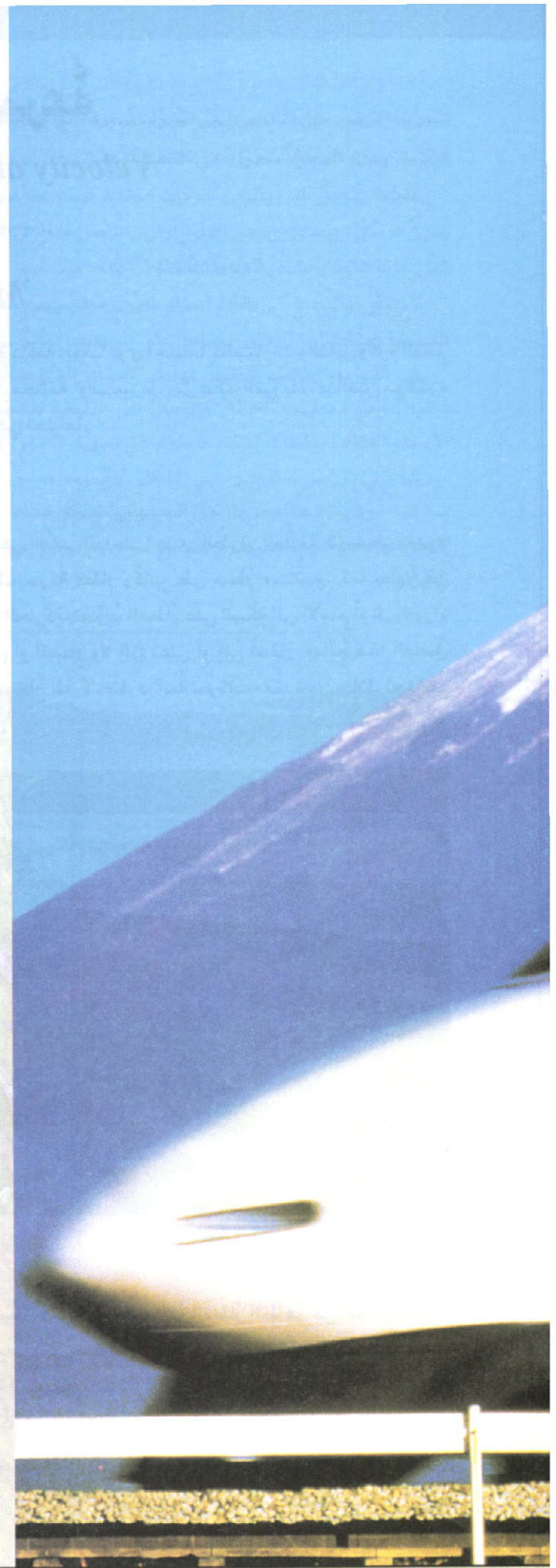
• إذا رُفعت سرعة القطار من 200 km/h إلى 270 km/h، كم ينقص الزمن الذي يلزمه لقطع مسافة بين مدينتين مقدارها 97 km.

مراجعة المفاهيم

الأرقام المعنوية (القسم 2-1)

قياسات في النظام الدولي للوحدات (القسم 2-1)

الرسوم البيانية والجداول (القسم 3-1)

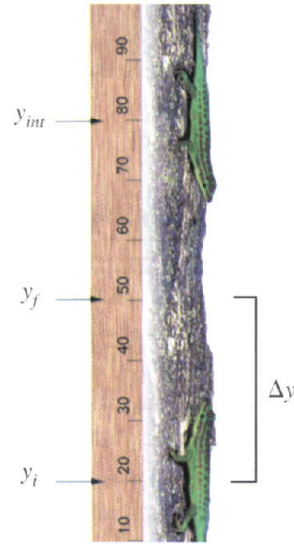


وفي حالات أخرى قد تختلف إزاحة الجسم عن المسافة التي يقطعها، كما يظهر في الشكل 3-2 حيث يتسلق أبو بريص ساقاً رأسيّة لشجرة، وقد استخدمت مسطرة مرقّمة بوضع مواز لساق الشجرة كمحور y . لنفرض، مثلاً، أن أبو بريص قد تسلق من موقع ابتدائي $y_i = 20 \text{ cm}$ إلى موقع آخر $y_{int} = 80 \text{ cm}$ ثم نزل إلى موقع نهائي $y_f = 50 \text{ cm}$. بذلك يكون:

$$\text{المسافة المقطوعة} = (80 - 20) + (80 - 50) = 90 \text{ cm}$$

$$\text{الإزاحة} = y_f - y_i = 50 \text{ cm} - 20 \text{ cm} = 30 \text{ cm}$$

نلاحظ أن المسافة المقطوعة، في هذه الحالة، لا تساوي الإزاحة الكلية. أمّا إذا عاد أبو بريص إلى نقطة البداية فإن الإزاحة تكون صفراً لأن موقعه الابتدائي والنهائي يقعان في نقطة واحدة، بينما تكون المسافة التي قطعها 120 cm . تتضمن الإزاحة أيضاً وصفاً لاتّجاه الحركة. للحركة في بُعد واحد اتجاهان فقط: موجب وسالب. الاصطلاح المتبع في هذا الكتاب يعتمد اتّجاه اليمين موجباً واتّجاه اليسار سالباً، ما لم يُذكر غير ذلك. وكذلك نعتبر الاتّجاه إلى أعلى موجباً والاتّجاه إلى أسفل سالباً. تظهر في الجدول 1-2 أمثلة حساب لإزاحات متنوعة.



الشكل 3-2

عندما يتسلق أبو بريص الشجرة، تُقاس إزاحته على المحور y . ويحدد موقعه على المحور بموقع النقطة نفسها من جسمه.

اعرض على المتعلّمين الشفافة 17 (الجدول 1-2) واطلب إليهم في مجموعات ثنائية أن يكملوا جدول الإزاحات الجدول 1-2 صفحة 32 من كتاب الطالب.

– ناقش إجابات المجموعات مؤكّداً دلالة الإشارة في الإزاحة.

قف احذر الخطأ المفهومي

5 دقائق

قد يختلط على المتعلّمين مفهوم المسافة والإزاحة. تأكد من الاستيعاب الصحيح للمفهومين عند المتعلّمين، من خلال عرض أمثلة على حركة أجسام مثل حركة رياضي في سباق جري على مسار دائري.

أختم وأقوم: 5 دقائق

– اطلب إلى المتعلّمين في مجموعات ثنائية قراءة فقرة «الفيزياء والحياة» ص 31 والإجابة عن الأسئلة الواردة فيها.

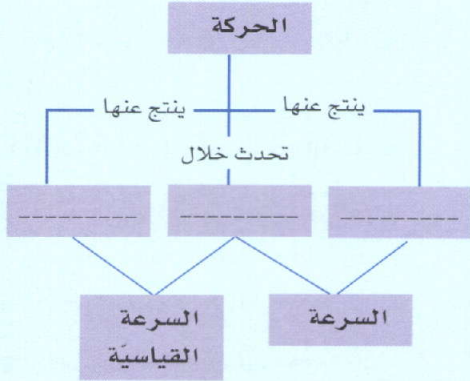
واجب منزلي

– مراجعة القسم، ك ط، السؤال 3، ص 37.
– مراجعة الفصل، ك ط، السؤال 1، ص 58.

الجدول 1-2 الإزاحات الموجبة والسالبة

سالبة	موجبة
$\Delta x = x_f - x_i = 20 \text{ cm} - 80 \text{ cm} = -60 \text{ cm}$	$\Delta x = x_f - x_i = 80 \text{ cm} - 10 \text{ cm} = +70 \text{ cm}$
$\Delta x = x_f - x_i = 0 \text{ cm} - 15 \text{ cm} = -15 \text{ cm}$	$\Delta x = x_f - x_i = 12 \text{ cm} - 3 \text{ cm} = +9 \text{ cm}$
$\Delta x = x_f - x_i = -20 \text{ cm} - (-10 \text{ cm}) = -10 \text{ cm}$	$\Delta x = x_f - x_i = 6 \text{ cm} - (-10 \text{ cm}) = +16 \text{ cm}$

– اطلب إلى المتعلمين في مجموعات
استكمال خريطة المفاهيم الآتية:



– ناقش إجابات المجموعات ليتوصل
المتعلمون إلى ربط مفهوم السرعة
بالإزاحة، والزمن ومفهوم السرعة
القياسية بالمسافة والزمن.

درُس:

استراتيجية القراءة

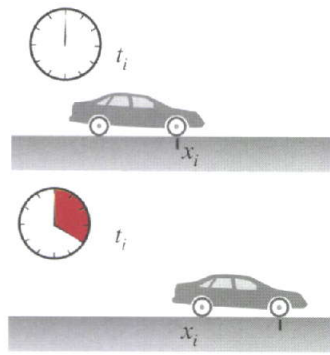
15 دقيقة

اعرض على المتعلمين الشفافة 18
(الشكل 4-2) أو أي فيلم يبين حركة
سيارة (جسم). ثم اطلب إليهم قراءة الفقرة
تحت عنوان «السرعة والسرعة المتوسطة»
صفحة 33 من كتاب الطالب، ليتوصلوا إلى
العلاقة الرياضية التي تحسب منها السرعة
المتوسطة.

– اطلب إلى أحد المتعلمين كتابة العلاقة
على السبورة، ثم دع المتعلمين في
مجموعات يستنتجوا وحدة قياس
السرعة في النظام الدولي بتوظيف
التحليل البعدي.

– اسأل المتعلمين: هل السرعة المتوسطة
لها اتجاه أم لا؟ ناقش إجاباتهم طالباً
إليهم تبرير الإجابات. وتأكد من أنهم
أدركوا أن اتجاه السرعة المتوسطة هو
اتجاه الإزاحة نفسه.

– ناقش إجابات المجموعات ليتوصل
المتعلمون إلى ربط مفهوم السرعة
بالإزاحة والزمن، ومفهوم السرعة
القياسية بالمسافة والزمن.



الشكل 4-2

تبيين السرعة المتوسطة كم كانت السيارة
سريعة، وفي أي اتجاه كانت تتحرك.

السرعة المتوسطة

الإزاحة الكلية المقطوعة مقسومة على
الفترة الزمنية التي حصلت فيها الإزاحة،
وهي كمية لها مقدار واتجاه.

هل تعلم؟

السرعة القياسية Speed

للسرعة في حياتنا اليومية مفهوم
شائع حيث يستخدم دون ذكر
الاتجاه. فنقول مثلاً إن السيارة
تسير بسرعة 60 km/h، وهذا لا
يتفق مع مفهوم السرعة velocity
الذي يتضمن الاتجاه أيضاً. تدل
القيمة 60 km/h على مقدار السرعة
فقط، وهو ناتج قسمة المسافة
الكلية التي قطعتها السيارة على
الزمن المستغرق في قطع تلك
المسافة.

هل تعلم؟

إن مجال علم الفيزياء الذي يدرس
الحركة والقوى يعرف بالميكانيكا.
ويسمى فرع الميكانيكا الذي
يدرس حركة الأجسام دون التطرق
لأسبابها بالكينماتيكا.

33 الحركة في بعد واحد

السرعة Velocity

إن معرفة نقطتي الانطلاق والتوقف لجسم متحرك لا تكفي لوصف حركته. قد تتحرك
الأرض من تحتك مسافة 8.0 cm إلى اليسار مستغرقة عامًا كاملاً نتيجةً لحركة ألواح
قشرة الأرض التكتونية البطيئة. ولو قدر لهذه الحركة أن تتم خلال ثانية واحدة لشعرت
بزلزال أو انزلاقي أرضي، لذلك تشكل السرعة معلومة مهمة لوصف الحركة. غالباً لا
تتحرك الأجسام بسرعة ثابتة على طول مسار حركتها، لذلك نلجأ إلى مفهوم السرعة
المتوسطة.

السرعة المتوسطة

تسير السيارة في الشكل 4-2 في خط مستقيم على طريق عام (محور x). لنفترض أن
 x_i و x_f يدلان على موقع السيارة في اللحظتين t_i و t_f على التوالي، عندئذ تكون إزاحة
السيارة $\Delta x = x_f - x_i$ خلال الفترة الزمنية $\Delta t = t_f - t_i$.
تُعرف السرعة المتوسطة (Average velocity) v_{avg} على أنها ناتج قسمة إزاحة
الجسم على الفترة الزمنية التي حدثت خلالها الإزاحة، وتكون وحدة قياسها في النظام
الدولي للوحدات (SI) متر لكل ثانية، ويرمزُ إليها بـ m/s.

السرعة المتوسطة

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

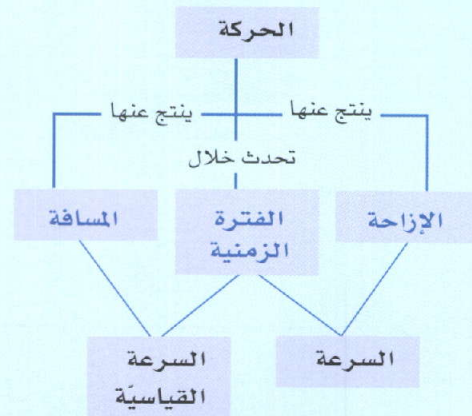
$$\text{السرعة المتوسطة} = \frac{\text{التغير في الموقع}}{\text{الفترة الزمنية}} = \frac{\text{الإزاحة الكلية}}{\text{الفترة الزمنية}}$$

لاحظ أن السرعة المتوسطة قد تكون سالبة وقد تكون موجبة، تبعاً لإشارة الإزاحة
(الفترة الزمنية دائماً موجبة). فمثلاً إذا قاد أحمد سيارته من دبي إلى أبو ظبي التي
تقع غرب دبي وعلى بُعد 180 km منها، حيث غادر دبي الساعة الثانية عشرة ظهراً
ووصل أبو ظبي الساعة الثانية والنصف بعد الظهر، فإن السرعة المتوسطة لسيارة
أحمد في رحلته من دبي إلى أبو ظبي تكون:

$$v_{avg} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{-180 \text{ km}}{2.5 \text{ h}} = -72 \text{ km/h}$$

قد لا تكون سرعة سيارة أحمد 72 km/h في كل لحظة خلال رحلته من دبي إلى
أبو ظبي، فربما توقف للصلاة وتناول طعام الغداء، وربما تباطأ بسبب ازدحام الطريق،
أو تجاوزت سرعة سيارته 72 km/h أحياناً لتعويض التأخير.
السرعة المتوسطة تساوي السرعة الثابتة التي يجب أن يتحرك بها الجسم ليقطع
بها الإزاحة نفسها خلال الفترة الزمنية نفسها. ففي المثال السابق لو انطلق أحمد من
دبي بسرعة ثابتة تساوي 72 km/h متوجّهاً غرباً نحو أبو ظبي التي تبعد 180 km،
لوصلها بعد ساعتين ونصف الساعة من انطلاقه.

إجابة حَفْز: (خريطة المفاهيم)



فكرة مفيدة في التعليم

10 دقائق

- دع المتعلمين يتتبعوا حل المثال 2 (أ)، ك ط، ص 34، ثم وجههم إلى حل السؤالين 1، 3 من تطبيق 2 (أ)، ك ط، ص 34.

الفيزياء والحياة 10 دقائق

- اطلب إلى المتعلمين تمثيل حركة الكتاب ثم اطلب إليهم الإجابة عن السؤال الأول. ناقش الإجابات طالباً التبرير.
- اطلب إلى المتعلمين في مجموعات الإجابة عن السؤال الثاني. دع كل مجموعة تعرض إجابتها مع التفسير. إذا وجد أكثر من إجابة، أجرِ مناظرة بين المجموعات.

أختم وأقوم: 5 دقائق

اطلب إلى المتعلمين الإجابة عن الأسئلة التالية:

- مراجعة القسم، ك ط، السؤال 1، ص 37.
- مراجعة الفصل، ك ط، السؤال 7، ص 58.

واجب منزلي

- مراجعة القسم، ك ط، السؤال 2، ص 37.
- مراجعة الفصل، ك ط، السؤالان 9-10، ص 59.



1. كتاب على طاولة

أزيع كتاباً على طول الحافة الخارجية لسطح طاولة أبعادها $1.75 \text{ m} \times 2.25 \text{ m}$. ما إزاحة الكتاب إذا أعيد إلى موقعه الابتدائي؟ ما السرعة المتوسطة في حال استغرقت الحركة 23 s؟

2. رحلة في السيارة

تسير السيارة A بسرعة 25 m/s من دبي إلى عجمان. أما السيارة B فتسير من دبي إلى أبو ظبي بسرعة 25 m/s أيضاً. هل سرعتا A و B متساويتان؟ اشرح.

مثال 2 (أ)

السرعة المتوسطة والإزاحة

المسألة

يعود خالد، خلال سباق العدو، مسافة $9.0 \times 10^2 \text{ m}$ باتجاه الشرق خلال زمن قدره 150 s . احسب السرعة المتوسطة لخالد خلال السباق.

الحل

المعطى: $\Delta x = +9.0 \times 10^2 \text{ m}$ $\Delta t = 150 \text{ s}$

المجهول: $v_{avg} = ?$

أستخدم معادلة السرعة المتوسطة لحساب الإزاحة:

$$\begin{aligned} v_{avg} &= \frac{\Delta x}{\Delta t} \\ &= \frac{+9.0 \times 10^2 \text{ m}}{150 \text{ s}} \\ &= +6.0 \text{ m/s} \\ &\text{أو} \\ v_{avg} &= 6.0 \text{ m/s شرقاً} \end{aligned}$$

تطبيق 2 (أ)

السرعة المتوسطة والإزاحة

1. مشى طارق من بيته بسرعة 0.98 m/s باتجاه الشرق مدة 34 min ، حتى وصل إلى المسجد. كم متراً يبعد المسجد عن بيته؟
2. يركب عامر دراجته باتجاه الجنوب على خط مستقيم مدة 15 min بسرعة متوسطة قدرها 12.5 km/h ، ما إزاحته؟
3. تسير حافلة مسافة 280 km على طريق مستقيم بسرعة متوسطة مقدارها 88 km/h في اتجاه الجنوب. تتوقف الحافلة 24 min ، ثم تتابع سيرها مسافة 210 km بسرعة متوسطة مقدارها 75 km/h في اتجاه الجنوب.
 - أ. كم من الزمن استغرقت الرحلة بأكملها؟
 - ب. ما السرعة المتوسطة لكامل الرحلة؟

أجوبة

تطبيق 2 (أ)

السرعة المتوسطة والإزاحة

3. أ. 6.4 h
ب. 77 km/h باتجاه الجنوب

1. $2.0 \times 10^3 \text{ m}$ شرقاً

2. 3.1 km باتجاه الجنوب

الحصة 4

حَقْر: 5 دقائق

- وِزَع المتعلِّمين في مجموعاتهم.
- اعرض نواتج التعلُّم لمختبر الاكتشاف (1-2) صفحة 52 من كتاب التمارين.

دُرُس:

مختبر: 25 دقيقة

تجريب عملي

- تأكِّد أن المتعلِّمين يستطيعون استخدام ساعة الإيقاف بشكل صحيح. وكذلك تشغيل السيَّارة اللعبة، ووضعها على مسارها بشكل صحيح.
- اطلب إلى المتعلِّمين قراءة خطوات التجربة العملية. أتح لهم فرصة الاستفسار عن الخطوات وطريقة التنفيذ.
- حدِّد لهم وقتاً مناسباً (عشر دقائق تقريباً) لأخذ القياسات. (تابع المجموعات أثناء التنفيذ وسجِّل ملاحظتك حول أداء المتعلِّمين باستخدام بطاقة متابعة مناسبة).
- اطلب إلى المتعلِّمين تنفيذ خطوات تحليل البيانات فردياً، ثم مناقشتها في كل مجموعة للتوصل إلى الاستنتاجات وعرضها من ثم على المجموعات الأخرى (سجِّل الاستنتاجات على السبورة).
- اطلب إلى المتعلِّمين الإجابة فردياً عن فقرة طرق التقويم.
- اجمع كتب المتعلِّمين لتقوِّم عملهم. (قدِّر أداءهم رقمياً من عشرة كدرجة أداء عملي).

الشكل 5-2

صورة لسيَّارة لعبة تتحرَّك على خطٍّ مستقيم.

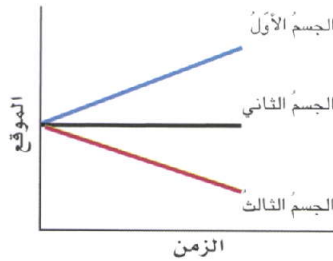


ميل المستقيم

مقدار انحناء الخطِّ المستقيم بالنسبة إلى المحور الأفقي من الإحداثيات.

الشكل 6-2

منحني (الموقع - الزمن) لجسم يتحرَّك على خطٍّ مستقيم بسرعة ثابتة.



الشكل 7-2

تبين منحنيات (الموقع - الزمن) أن الجسم الأول يتحرَّك للأمام بسرعة ثابتة، والجسم الثاني في حالة سكون، أما الجسم الثالث فيتحرَّك للخلف بسرعة ثابتة.

الشكل 8-2

صورة لسيَّارة لعبة تتحرَّك على خطٍّ مستقيم.



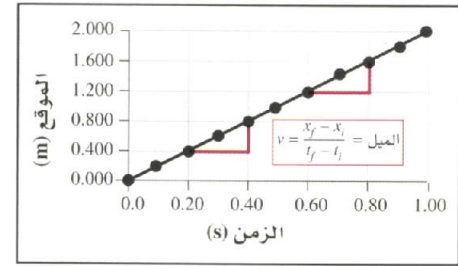
حساب السرعة من منحنى (الموقع - الزمن)

يُظهر الشكل 5-2 صورة ستروبوسكوبية لسيَّارة لعبة تتحرَّك في خطٍّ مستقيم من اليسار إلى اليمين بحيث تكون الفترة الزمنية بين كل موضعين متتاليين $(\Delta t = 0.10 \text{ s})$.

بتفحص الشكل تلاحظ أن موقع السيَّارة يتغيَّر بالمقدار نفسه خلال الفترات الزمنية المتتالية والمتساوية. يبين الشكل 6-2 الخطَّ البياني لمنحنى (الموقع - الزمن) للسيَّارة، وتلاحظ أن الخطَّ البياني عبارة عن خطٍّ مستقيم، وأن ميل الخطِّ Slope يساوي سرعة الجسم.

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_f - x_i}{t_f - t_i} = \text{ميل الخط}$$

كما أنك تلاحظ أيضاً أن مقدار السرعة خلال أي فترة زمنية لا يتغيَّر (سرعة ثابتة)، فميل الخطِّ المستقيم ثابت، ولا يعتمد على موضع النقطتين المستخدمتين في حسابه.



يُظهر الشكل 7-2 التمثيل البياني لحركة ثلاثة أجسام مختلفة تتحرَّك على خطٍّ مستقيم. الجسم الأول يتحرَّك بسرعة ثابتة للأمام (نحو الشرق)، لأن منحنى (الموقع - الزمن) لهذا الجسم عبارة عن خطٍّ مستقيم ميله موجب. وحيث أن منحنى (الموقع - الزمن) للجسم الثالث عبارة عن خطٍّ مستقيم ميله سالب، فإننا نستنتج أن الجسم الثالث يتحرَّك للخلف (نحو الغرب) بسرعة ثابتة. أما الجسم الثاني فمنحنى (الموقع - الزمن) الممثل لحركته عبارة عن خطٍّ مستقيم يوازي محور الزمن وميله صفر، فنستنتج أن الجسم الثاني ساكن (موقعه لا يتغيَّر).

يُظهر الشكل 8-2 صورة ستروبوسكوبية لسيَّارة لعبة أخرى تتحرَّك على خطٍّ مستقيم من اليسار إلى اليمين، ولكن موقع السيَّارة يتغيَّر بمقادير غير متساوية خلال الفترات الزمنية المتتالية والمتساوية. فإزاحة السيَّارة تزايد باطراد بمرور الزمن.

فكرة مفيدة في التعليم 10 دقائق

اعرض على المتعلِّمين الشفافة 19 (الشكل 7-2).

- اطلب إليهم في مجموعات وصف حركة كل جسم من الأجسام الثلاثة من حيث: السكون أو الحركة، ثبات السرعة أو تغييرها، اتجاه الحركة.

- دعهم يقرأوا الفقرة الخاصة بتحليل حركة الأجسام الواردة في كتاب الطالب صفحة 35 ويقوموا بإجاباتهم.

أختم وأقوم: 5 دقائق

اطلب إلى المتعلِّمين الإجابة عن الأسئلة التالية:

- مراجعة القسم 1-2، مهارات في الرسم البياني «الإزاحة والسرعة»، ك ت ط، ص 14.

واجب منزلي

- مراجعة الفصل، ك ط، السؤال 8، ص 58.

- وزع المتعلمين في مجموعاتهم.
- اعرض نواتج التعلم لمختبر الاكتشاف (2-2) أولاً، صفحة 55 من كتاب ط.

درس:

مختبر: 25 دقيقة

تجريب عملي

- تأكد أن المتعلمين يستطيعون استخدام الدقّاق الزمني ذي الشريط الورقي، لقياس زمن حركة العربة بشكل صحيح. وكذلك وضع العربة على المجرى المائل وتثبيت الشريط بها. (يفضل استخدام أجهزة وأدوات الحقيبة الميكانيكية مع مراعاة ضبط الزمن الدوري للدقّاق على $0.1 \text{ s} = 100 \text{ ms}$ وبالتالي الاستغناء عن عدّ خمس نقاط حيث تكون النقطة الأولى $x = 0$ والثانية على الشريط 1 والثالثة 2 و...).

- اطلب إلى المتعلمين قراءة خطوات التجربة العملية. أتح لهم فرصة الاستفسار عن الخطوات وطريقة التنفيذ.

- حدّد لهم وقتاً مناسباً (عشر دقائق تقريباً) لأخذ القياسات. (تابع المجموعات أثناء التنفيذ وسجل ملاحظاتهم حول أداء المتعلمين باستخدام بطاقة متابعة مناسبة).

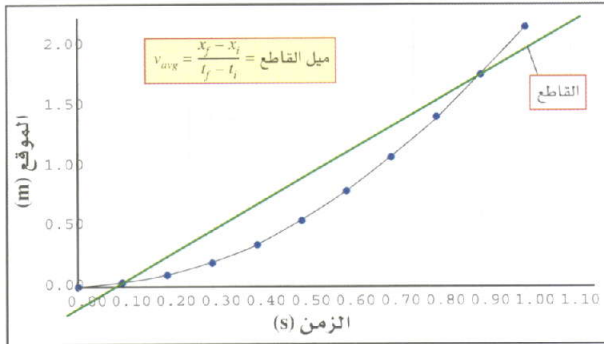
- اطلب إلى المتعلمين تنفيذ خطوات تحليل البيانات فردياً ثم مناقشتها في كل مجموعة للتوصل إلى الاستنتاجات وعرضها من ثم على المجموعات الأخرى (سجل الاستنتاجات على السبورة).

- اطلب إلى المتعلمين الإجابة فردياً عن فقرة طرق التقويم.

- اجمع كتب المتعلمين لتقوم عملهم. (قدّر أداءهم رقمياً من عشرة كدرجة أداء عملي).

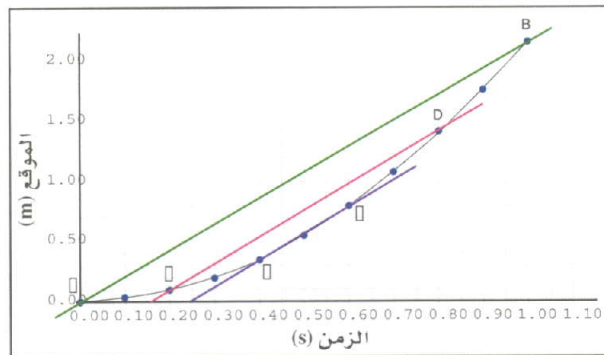
الشكل 9-2

منحنى (السرعة-الزمن) لحركة السيارة اللعبة في الشكل 8-2.



السرعة اللحظية

لندرس مرة أخرى حركة السيارة اللعبة في الشكل 8-2. يُظهر الشكل 10-2 ثلاثة قواطع AB و CD و EF على منحنى (الموقع - الزمن) للسيارة. يمثل ميل كل منها السرعة المتوسطة خلال فترة زمنية محددة. وبدراسة الشكل يتضح أنه كلما قصرت الفترة الزمنية حول لحظة معينة (t) ، واقتربت من الصفر صار القاطع للخط البياني مماساً، وعليه فإن ميله يكون مساوياً تقريباً للسرعة اللحظية عند تلك اللحظة. السرعة اللحظية Instantaneous velocity هي سرعة جسم عند لحظة معينة، وتتغير من لحظة إلى أخرى بتغير ميل المماس لمنحنى (الموقع-الزمن).



الشكل 10-2

يمثل القاطع AB ميل السرعة المتوسطة للسيارة خلال الفترة $(0.0 \text{ s} - 1.0 \text{ s})$ ويميل القاطع CD يمثل السرعة المتوسطة للسيارة خلال الفترة $(0.20 \text{ s} - 0.80 \text{ s})$ ، في حين أن القاطع EF يمكن اعتباره مماساً للخط البياني، فميله يساوي تقريباً السرعة اللحظية عند $(t = 0.50 \text{ s})$.

فكرة مفيدة في التعليم

10 دقائق



اعرض الشفافة 20 (الشكل 2-10).

– اطلب إلى المتعلمين في مجموعات وصف حركة الجسم من حيث: السكون أو الحركة، ثبات السرعة أو تغيرها، اتجاه الحركة.

– اسأل المتعلمين عن كيفية تعيين سرعة الجسم عند لحظة ما (السرعة اللحظية)، مثلاً عند اللحظة $t = 0.5$ s. تلقى الإجابات مبررة.

– استخدم استراتيجية بصرية بعرض الشفافة 20 واطرح على المتعلمين السؤال التالي: ما التغير الذي يطرأ على القاطع بتغير طول الفترة الزمنية؟ أدر النقاش ليتوصل المتعلمون إلى التالي: كلما قصرت الفترة الزمنية واقتربت من الصفر صار القاطع للخط البياني مماساً. وعليه فإن ميله يساوي السرعة عند نقطة المماس.

– اطلب إلى المتعلمين فردياً حساب السرعة اللحظية للجسم عند اللحظة $t = 0.50$ s. ناقش النتائج متقبلاً الاختلاف المعقول فيها، مؤكداً مراعاة قواعد الأرقام المعنوية.

أختم وأقوم: 5 دقائق

اطلب إلى المتعلمين الإجابة عن الأسئلة التالية:

– مراجعة القسم، ك ط، السؤال 4، ص 37.

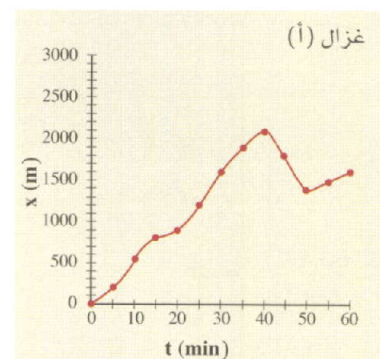
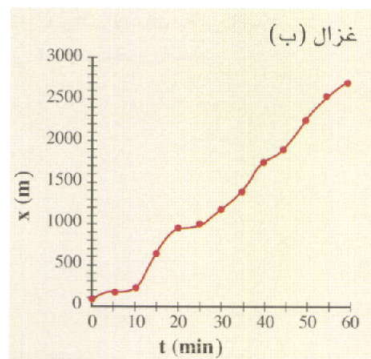
واجب منزلي

– مراجعة الفصل، ك ط، السؤالان 4-5، ص 58.

1. يسبح رياضي من الطرف الشمالي لحوض سباحة طولها 50.0 m إلى الطرف الجنوبي خلال 20.0 s. ثم يعود إلى نقطة البداية خلال 22.0 s.
 - أ. ما السرعة المتوسطة لرحلة الذهاب؟
 - ب. ما السرعة المتوسطة لرحلة الإياب؟
 - ج. ما السرعة المتوسطة لكامل الرحلة؟

2. يسير متعلمان في اتجاه واحد على ممر مستقيم، الأول بسرعة 0.90 m/s والثاني بسرعة 1.90 m/s.
 - أ. لنفترض أنهما انطلقا من النقطة نفسها وفي اللحظة نفسها، ما الفترة الزمنية الفاصلة بين لحظتي وصول المتعلمين إلى نهاية الممر البالغ طولها 780 m؟
 - ب. كم يجب أن يكون طول الممر ليقطعه المتعلم الأسرع قبل المتعلم الأبطأ بـ 5.50 min؟
3. تفكير ناقد: هل تكفي معرفة المسافة بين جسمين لتحديد موقع كل منهما؟ اشرح.

4. تفسير الرسوم البيانية: يظهر الشكل 11-2 منحنيي (الموقع - الزمن) لحركة غزالين (أ) و (ب) في محمية برية. أيهما يتحرك بسرعة متوسطة أكبر خلال الفترة كلها؟ أيهما أسرع في اللحظة $t = 8.0$ min هل سرعة الغزال (أ) دائماً موجبة؟ هل يمكن لسرعة الغزال (ب) أن تكون سالبة؟



الشكل 11-2

الحركة في بعد واحد 37

مراجعة القسم
أجوبة

1. أ. 2.50 m/s باتجاه الجنوب
ب. 2.27 m/s باتجاه الشمال
ج. 0.0 m/s
2. أ. 460 s
ب. 570 m
3. لا، لأننا نحتاج إلى مناط إسناد وتحديد الاتجاه بالإضافة للمسافة بينهما.
4. الغزال (ب)؛ الغزال (أ)؛ لا؛ لا

العجلة Acceleration

التغير في السرعة

تصل سرعة القطار السريع إلى حوالي 300 km/h. وبما أنه يتوقف مراراً ليحمّل أو يفرغ من حمولته، مثلاً، فإن سرعته في حدها الأقصى لا تستمر إلا وقتاً قصيراً. فسرعته في معظم الأحيان في تغير دائم، تزداد حين الانطلاق وتنقص حين التوقف. يضغط السائق مكابح القطار حين يقترب من المحطة، يتباطأ إلى أن يتوقف كلياً خلال 5.0 s. تتناقص سرعته، مثلاً، من 9.0 m/s إلى 0.0 m/s. لكنه قد يتوقف أحياناً خلال مدة زمنية أقل تبعاً للظروف، إذ قد يتباطأ لكي يتجنب صدم أحد المشاة، فتتغير سرعته من 9.0 m/s إلى 0.0 m/s خلال 1.5 s. من الواضح، بالرغم من تشابه حركتي التباطؤ في الحالتين، أن التوقفين قد اختلفا. والاختلاف يكمن في الفترة الزمنية للتباطؤ أي زمن تغير السرعة. نلاحظ بالتالي أهمية عامل الزمن في وصف حركة الحافلة وسلامة الركاب وراحتهم، فالإحساس بالتغير المفاجئ في السرعة يختلف عنه نتيجة التغير التدريجي. تُعرف العجلة Acceleration بأنها معدل التغير في السرعة بالنسبة إلى الزمن.

العجلة

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

$$\frac{\text{التغير في السرعة}}{\text{الفترة الزمنية}} = \text{العجلة}$$

وحدة العجلة في النظام الدولي للوحدات (SI) هي متر مقسوماً على مربع الثانية، كما يظهر في المعادلة التالية:

$$\frac{(m/s)}{s} = \frac{m}{s} \times \frac{1}{s} = \frac{m}{s^2}$$

العجلة مقداراً واتجهاً

يظهر الشكل 12-2 قطاراً ينطلق من محطة. لنفترض أن القطار تحرك باتجاه اليمين، أي إن الإزاحة والسرعة موجبتان. عندما تزداد سرعة القطار بعد الانطلاق يصبح الفرق في السرعة Δv كمية موجبة وكذلك العجلة.

خلال رحلات طويلة ومن دون توقف، يسير القطار بسرعة ثابتة لمدة طويلة. في هذه الحالة، لا تتغير السرعة ($\Delta v = 0$ m/s)، وتكون العجلة صفراً. تصوّر أن القطار، خلال تحركه في الاتجاه الموجب، قد تباطأ عند اقترابه من المحطة التالية. عندها تبقى السرعة موجبة لكن العجلة تصبح سالبة، لأن السرعة النهائية أقل مقداراً من السرعة الابتدائية. وهذا يعني أن Δv سالبة.

القسم 2-2

2-2 مؤشرات الأداء

- يصف الحركة بدلالة السرعة المتغيرة.
- يقارن الرسوم البيانية للحركات المعجلة وغير المعجلة (المنتظمة).
- يطبق معادلات الحركة الخطية ويعجلة ثابتة لحساب السرعة والإزاحة والعجلة والزمن.

العجلة

معدل تغير السرعة بالنسبة إلى الزمن، وهي كمية لها مقدار واتجاه.



الشكل 12-2

قطارات سريعة كهذه قد تصل سرعتها إلى 300 km/h.

القسم 2-2

مخططات القسم 2-2: العجلة

الوقت المطلوب: 6 حصص (270 دقيقة)

الوحدة 6

حضر: 5 دقائق

الفيزياء والحياة



اعرض الشفافة 21 (شفافة إعلان).

- اسأل المتعلمين: إذا أردت شراء سيارة من هاتين السيارتين فأيهما تشتري؟ اقبل كل الإجابات مع تأكيد أن تبرير الإجابة يعتمد على أن التغير في سرعة السيارة (أ) يساوي التغير في سرعة السيارة (ب) لكنه يحدث في زمن أقل، أي أن معدل التغير في سرعة (أ) أكبر مما هو في سرعة السيارة (ب).

درس:

استراتيجية القراءة 18 دقيقة

- اطلب إلى المتعلمين قراءة الفقرتين الأولى والثانية تحت عنوان «التغير في السرعة» صفحة 38 من كتاب الطالب، ليتوصلوا إلى مفهوم العجلة، ويكتبوا العلاقة الرياضية التي تربط العجلة بكل من التغير في السرعة والزمن.
- اطلب إلى أحد المتعلمين كتابة العلاقة على السبورة. ثم دع المتعلمين في مجموعات يستنتجوا وحدة قياس العجلة في النظام الدولي بتوظيف التحليل البعدي.
- اسأل المتعلمين: هل العجلة لها اتجاه أم لا؟ ناقش إجاباتهم طالباً منهم تبرير الإجابات وتأكد من أنهم أدركوا أن اتجاه العجلة يمكن أن يكون باتجاه السرعة أو معاكساً لها تبعاً لتغيرات السرعة زيادة أو نقصاناً.
- اسأل المتعلمين: هل يمكن للعجلة أن تساوي صفراً في حين أن سرعة الجسم لا تساوي صفراً؟ ناقش إجابات المتعلمين وتأكد من أنهم أدركوا أن ذلك ممكناً عندما يتحرك الجسم بسرعة ثابتة.

فكرة مفيدة في التعليم

12 دقيقة

- دع المتعلمين يتتبعوا حل المثال 2 (ب)، ك ط، ص 39، ثم وجههم للإجابة عن السؤالين 1، 3 من تطبيق 2 (ب)، ك ط، ص 39.

أختم وأقوم: 10 دقائق

اطلب إلى المتعلمين الإجابة عن الأسئلة التالية:

- تطبيق 2 (ب)، السؤال 2، ك ط، ص 39.
- مراجعة الفصل، ك ط، السؤال 16، ص 60.
- مراجعة الفصل، ك ط، السؤال 18، ص 60.

واجب منزلي

- مراجعة القسم، ك ط، السؤال 4، ص 49.
- مراجعة الفصل، ك ط، السؤال 17، ص 60.

العجلة

المسألة

تتناقص سرعة حافلة بعجلة مقدارها 1.8 m/s^2 وإلى أن تقف. كم يلزم ذلك من الزمن إذا كانت سرعتها الابتدائية 9.0 m/s ؟

الحل

المعطى: $v_f = 0.0 \text{ m/s}$ $v_i = 9.0 \text{ m/s}$

$$a = -1.8 \text{ m/s}^2$$

المجهول: $\Delta t = ?$

أطبق معادلة العجلة:

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

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

$$\Delta v = v_f - v_i = 0.0 \text{ m/s} - 9.0 \text{ m/s} = -9.0 \text{ m/s}$$

$$\Delta t = \frac{-9.0 \text{ m/s}}{-1.8 \text{ m/s}^2}$$

$$\Delta t = 5.0 \text{ s}$$

تطبيق 2 (ب)

العجلة

1. تتسارع سيارة بمعدل 2.5 m/s^2 . كم يلزمها من الزمن لتزداد سرعتها من 7.0 m/s إلى 12.0 m/s ؟
2. تتناقص سرعة دراج من 13.5 m/s إلى 0.0 m/s بعجلة مقدارها -0.50 m/s^2 . كم يلزم ذلك من الزمن؟
3. تتحرك دراجة هوائية بعجلة $4.7 \times 10^{-3} \text{ m/s}^2$ لمدة 5.0 min . جد:
 - أ. التغير في سرعة الدراجة.
 - ب. السرعة النهائية للدراجة إذا كانت سرعتها الابتدائية 1.0 m/s .

أجوبة

تطبيق 2 (ب)

العجلة

2. 27 s

3. أ. 1.4 m/s

ب. 3.1 m/s

1. 2.0 s

وزع المتعلمين في مجموعاتهم.

اعرض نواتج التعلم لمختبر الاكتشاف (2-2)، ثانياً: «العجلة الثابتة»، صفحة 59 من كتاب ط.

درس:

مختبر: 25 دقيقة

تجريب عملي

ناقش مع المتعلمين مفهوم مركز الفترة الزمنية، تأكد من أنهم أدركوا أن:

$$t = \frac{t_i + t_f}{2}$$

اطلب إليهم تنفيذ خطوات العمل باستكمال بيانات الجدول 3. تأكد من أن المتعلمين دونوا البيانات بشكل صحيح.

اطلب إليهم تنفيذ خطوات تحليل البيانات فردياً ثم مناقشتها في كل مجموعة للتوصل إلى الاستنتاجات وعرضها من ثم على المجموعات الأخرى (سجل الاستنتاجات على السبورة).

اطلب إلى المتعلمين الإجابة فردياً عن فقرة طرق التقويم.

اجمع كتب المتعلمين لتقويم عملهم (قدر أداءهم رقمياً من عشرة كدرجة أداء عملي).

فكرة مفيدة في التعليم

10 دقائق

اعرض الشفافة 22 (الشكل 14-2)، واطلب إلى المتعلمين حساب عجلة القطار خلال كل مرحلة من مراحل حركته (A, B, C).

وزع على المتعلمين الجدول المجاور، واطلب إليهم استكمال بياناته.

اطلب إلى المتعلمين قراءة الفقرة الثالثة الواردة تحت عنوان «حساب العجلة من منحني (السرعة-الزمن)» صفحة 40 من كتاب ط، ثم دع كل متعلم يجر تقويماً ذاتياً لإجاباته.

حساب العجلة من منحني (السرعة-الزمن)

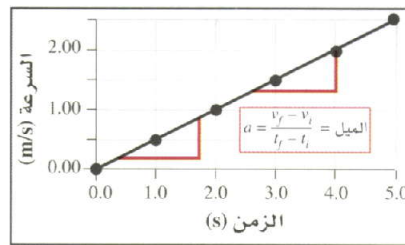
كما هي الحال في كل منحنيات الحركة، يسمح شكل الخط البياني لمنحني (السرعة - الزمن) وميله بتحليل تفصيلي لحركة الجسم. الشكل 13-2 يمثل حركة جسم بسرعة موجبة (إلى الأمام أو نحو الشرق)، تتزايد بالمقدار نفسه خلال الفترات الزمنية المتساوية والمتتالية. يتضح من الشكل أن ميل الخط يساوي عجلة حركة الجسم.

$$a = \frac{v_f - v_i}{t_f - t_i} = \text{العجلة}$$

كما يتضح أن عجلة الحركة لا تتغير (عجلة ثابتة)، فميل الخط المستقيم ثابت ولا يعتمد على موضع النقطتين المستخدمتين في حسابه.

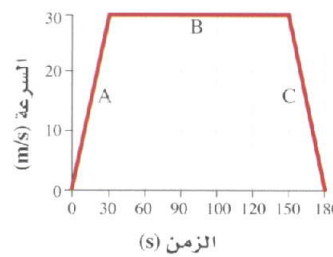
يبين الشكل 14-2 الخط البياني لسرعة قطار سريع بين محطتين متتاليتين بدلالة الزمن. يمكنك أن تلاحظ ما يلي:

- في المرحلة A سرعة القطار موجبة (يتحرك نحو اليمين) وتزداد بمرور الزمن، وعجلته موجبة ($a = \frac{30 - 0}{30 - 0} = 1 \text{ m/s}^2$). يقال إن القطار في هذه المرحلة يتسارع، وذلك ما يبيئه السطر الأول من الجدول 3-2.
- في المرحلة B سرعة القطار موجبة (يتحرك نحو اليمين)، وعجلته تساوي صفراً ($a = \frac{30 - 30}{150 - 30} = 0 \text{ m/s}^2$). ذلك ما يبيئه السطر الثالث من الجدول 3-2.
- في المرحلة C سرعة القطار موجبة (يتحرك نحو اليمين) لكنها تتناقص بمرور الزمن، وعجلته سالبة ($a = \frac{0 - 30}{180 - 150} = -1 \text{ m/s}^2$). يقال إن القطار في هذه المرحلة يتباطأ، وذلك ما يبيئه السطر الخامس من الجدول 3-2.



الشكل 13-2

منحني (السرعة - الزمن) لجسم يتحرك على خط مستقيم بعجلة ثابتة.



الشكل 14-2

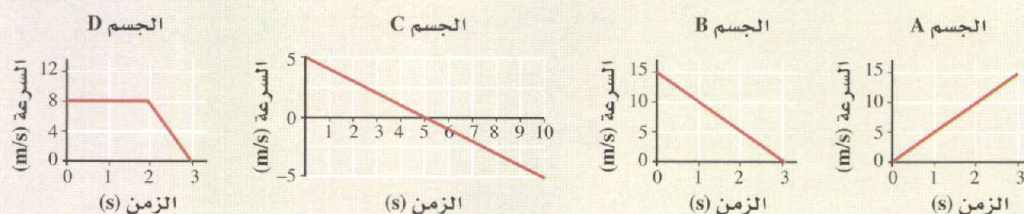
خلال المرحلة A تزداد السرعة الموجبة فتكون العجلة موجبة. وخلال المرحلة B تكون السرعة ثابتة والعجلة صفراً. وخلال المرحلة C، تتناقص السرعة الموجبة وتكون العجلة سالبة.

الجدول 3-2 السرعة والعجلة

اتجاه الحركة	السرعة	اتجاه العجلة	العجلة	الحركة
إلى اليمين	+	إلى اليمين	+	متسارعة (سرعة متزايدة)
إلى اليسار	-	إلى اليسار	-	متسارعة (سرعة متزايدة)
إلى اليمين	+	—	صفر	منتظمة (سرعة ثابتة)
إلى اليسار	-	—	صفر	منتظمة (سرعة ثابتة)
إلى اليمين	+	إلى اليسار	-	متباطئة (سرعة متناقصة)
إلى اليسار	-	إلى اليمين	+	متباطئة (سرعة متناقصة)
—	صفر	—	صفر	سكون

الفترة الزمنية	السرعة	اتجاه الحركة	العجلة	اتجاه العجلة	الحركة
المرحلة A	+	لليمين	.....	.....	.....
المرحلة B
المرحلة C

مُثلَّت حركة أربعة أجسام (A, B, C, D) بيانياً فكانت كما في الأشكال الآتية: صف حركة كل جسم من الأجسام الأربعة من حيث السرعة والعجلة.



أختم وأقوم: 5 دقائق

اطلب إلى المتعلمين الإجابة عن أسئلة التطبيق 2 (ج)، ك ط، ص 41.

واجب منزلي

- مراجعة القسم 2-2، ك ت ط، ص 18.
- مراجعة القسم، ك ط، السؤال 2، ص 49.
- مراجعة الفصل، ك ط، السؤالان 14، 25، ص 59، 60.

الحصة 8

حضر: 5 دقائق

الفيزياء والحياة

- اطلب إلى المتعلمين أن يجيبوا عن الأسئلة الواردة في فقرة الفيزياء والحياة فردياً، ثم اطلب إليهم في أزواج مناقشة الإجابات، ثم عرض إجاباتهم على بطاقات.



الفيزياء والحياة

1. كرة طائرة

إذا كانت سرعة الكرة الطائرة صفراً في لحظة معينة، فهل يعني هذا بالضرورة أن عجلتها صفراً؟ اشرح وأعط أمثلة.

2. قطار متراجع

يسير قطار ركاب على السكة بسرعة سالبة وبعجلة موجبة. فهل سرعة القطار في ازدياد أم في تناقص؟

3. سيارة متحركة بعجلة

يُخفّض سعيّد سرعة سيارته عند اقترابه من عائق. وضّح كيف يمكن أن تكون عجلة السيارة موجبة برغم أن سرعتها سالبة.

أجوبة

الفيزياء والحياة

1. لا؛ تنعدم سرعة الكرة المقذوفة رأسياً إلى أعلى لحظياً عند أقصى ارتفاع لها بينما لا تنعدم عجلتها.
2. تناقص.
3. عندما يتحرك سعيّد بسيارته نحو الغرب، تكون سرعته سالبة، وعندما تتناقص سرعته تكون العجلة نحو الشرق (موجبة).

معادلات الحركة على خط مستقيم بعجلة ثابتة

أولاً: السرعة النهائية بدلالة كل من السرعة الابتدائية والعجلة والزمن
نعلم أن عجلة حركة الجسم تُعطى بالعلاقة:

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

وإذا بدأنا رصد حركة الجسم في اللحظة $t_i = 0$ واستبدلنا t_f بـ t فإننا نكتب المعادلة السابقة على الصورة الآتية:

$$a = \frac{v_f - v_i}{t}$$

$$at = v_f - v_i$$

وبإعادة ترتيب المعادلة نستطيع أن نكتبها على الصورة الآتية:

السرعة في حالة العجلة الثابتة

$$v_f = v_i + at$$

السرعة النهائية = السرعة الابتدائية + (العجلة × الزمن)

ثانياً: الإزاحة بدلالة السرعة الابتدائية والسرعة النهائية والزمن
نعلم أن السرعة المتوسطة لجسم متحرك تُعطى بالعلاقة:

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

وعلمنا أن السرعة المتوسطة لجسم يتحرك بعجلة ثابتة تساوي متوسط سرعة الجسم:

$$v_{avg} = \frac{v_i + v_f}{2}$$

بمساواة المعادلتين يكون:

$$v_{avg} = \frac{\Delta x}{t} = \frac{v_i + v_f}{2}$$

وبإعادة ترتيب المعادلة لحساب Δx ، نحصل على المعادلة بالصورة الآتية:

$$\Delta x = \frac{1}{2} (v_i + v_f) t$$

الإزاحة = $\frac{1}{2}$ (السرعة الابتدائية + السرعة النهائية) × (الفترة الزمنية)

تتمثل الإزاحة، في هذه الحالة، بالمساحة الواقعة تحت منحنى (السرعة - الزمن) في الشكل 15-2.

هل تعلم؟

يسمى التناقص في السرعة أحياناً
تباطؤ deceleration، وهو في الواقع
حالة تسارع خاصة يتناقص فيها
مقدار السرعة مع مرور الزمن.

فكرة مفيدة في التعليم

25 دقيقة

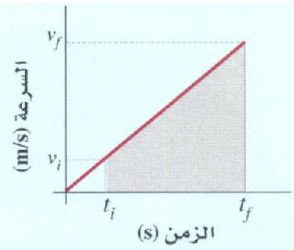
– اكتب العلاقة ($a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_f - v_i}{t}$) على السبورة. اطلب إلى المتعلمين تحليل العلاقة بتحديد الكميات التي يمكن استخدام العلاقة لحسابها.

– اطلب إليهم إعادة كتابة العلاقة لحساب السرعة النهائية مرة، ولحساب الزمن مرة أخرى، أو لحساب السرعة الابتدائية. اطلب إليهم أن يكتبوا إجاباتهم على بطاقات خاصة لعرضها على الآخرين.

– اكتب الصور المختلفة للعلاقة على السبورة.

اعرض الشفافة 23 (الشكل 15-2) وناقش مفهوم السرعة المتوسطة ومتوسط السرعة في حالة العجلة الثابتة.

– اطلب إلى المتعلمين قراءة الفقرة ثانياً: «الإزاحة بدلالة كل من السرعة الابتدائية والسرعة النهائية والزمن». اكتب على السبورة العلاقة ($\Delta x = \frac{1}{2} (v_i + v_f) t$). اطلب إلى المتعلمين تحليل العلاقة بتحديد الكميات التي يمكن استخدام العلاقة لحسابها.



$$\begin{aligned} v_{avg} &= \frac{\Delta x}{\Delta t} \\ &= \frac{\text{المساحة تحت الخط البياني}}{\Delta t} \\ &= \frac{\left(\frac{v_i + v_f}{2}\right) \Delta t}{\Delta t} \\ &= \frac{v_i + v_f}{2} \end{aligned}$$

الشكل 15-2

منحنى (السرعة - الزمن) لجسم يتحرك بعجلة ثابتة.

الإزاحة في حالة العجلة الثابتة

المسألة

تناقصت سرعة سيارة سباق باستخدام المظلة ونظام المكابح من 42 m/s إلى أن توقفت بعد 5.5 s. ما المسافة التي قطعتها السيارة؟

الحل

$$\text{المعطى: } v_i = 42 \text{ m/s} \quad v_f = 0.0 \text{ m/s} \\ t = 5.5 \text{ s}$$

$$\Delta x = ? \text{ المجهول}$$

لحساب الإزاحة استخدم المعادلة:

$$\Delta x = \frac{1}{2} (v_i + v_f) t$$

$$\Delta x = \frac{1}{2} (42 \text{ m/s} + 0.0 \text{ m/s}) (5.5 \text{ s})$$

$$\Delta x = \frac{1}{2} (42 \text{ m/s}) (5.5 \text{ s})$$

$$\Delta x = 115.5 \text{ m} = 120 \text{ m}$$

$$\Delta x = (21 \text{ m/s}) (5.5 \text{ s})$$

$$= 1.2 \times 10^2 \text{ m}$$

السيارة تتحرك بالاتجاه نفسه.
∴ المسافة = مقدار الإزاحة

جواب الآلة الحاسبة

جواب الآلة الحاسبة هو 115.5 m. بما أن لكل من السرعة والزمن رقمين معنويين، فيقرب الجواب ليصبح 120 m.

تطبيق 2 (د)

الإزاحة في حالة العجلة الثابتة

1. تتسارع سيارة بمعدل ثابت من حالة السكون حتى تصل إلى سرعة 6.50 m/s خلال 6.0 s. ما المسافة التي قطعها السيارة؟
2. تحط طائرة نفاثة على مدرج المطار بسرعة 100 m/s ثم تتابع السير بعجلة تساوي -5.0 m/s^2 إلى أن تقف. هل تستطيع الهبوط بأمان في مطار يبلغ طول مدرجه 0.80 km؟
3. رأى رجل يقود سيارة بسرعة 78 km/h جملًا يجتاز الطريق على مسافة 101 m من السيارة. كم يلزم السيارة من الوقت لتتباطأ بانتظام وتتوقف بعد قطع مسافة 99 m كي تتفادى الاصطدام بالجمل؟
4. تتحرك سيارة بسرعة 15.0 m/s. تتسارع السيارة بمعدل ثابت 2.5 m/s^2 لمدة 4.0 s. جد سرعة السيارة النهائية.

- اطلب إلى المتعلمين إعادة كتابة العلاقة لحساب السرعة النهائية مرة، ولحساب الزمن مرة أخرى، أو لحساب السرعة الابتدائية. اطلب إليهم أن يكتبوا إجاباتهم على بطاقات خاصة لعرضها على الآخرين.

فكرة مفيدة في التعليم

5 دقائق

- اطلب إلى المتعلمين تتبع خطوات الحل للمثال 2 (ج)، ك ط، ص 43، دع لهم مجالاً لطرح الأسئلة حول الحل، وأدر نقاشاً بينهم للإجابة عن تساؤلاتهم.

أختم وأقوم: 10 دقائق

- اطلب إلى المتعلمين الإجابة عن أسئلة التطبيق 2 (د)، ك ط، ص 43.

واجب منزلي

- مراجعة الفصل، ك ط، الأسئلة 19، 21، 26، ص 60.

أجوبة

تطبيق 2 (د)

3. 9.1 s

4. 25 m/s

الإزاحة في حالة العجلة الثابتة

$$1. 2.0 \times 10^1 \text{ m}$$

2. لا يستطيع لأن المسافة اللازمة للتوقف ($\Delta x = 1000 \text{ m}$) وهي أكبر من طول المدرج.

الفيزياء والحياة

- اطلب إلى المتعلمين أن يجيبوا عن السؤال التالي: تنطلق سيارة على طريق مستقيم بدءاً من السكون وبعجلة 5.0 m/s^2 احسب إزاحة السيارة بعد مرور 6.0 s من انطلاقها.
- أتح للمتعلمين فرصة حل المسألة فردياً. واطلب إلى أحدهم أن يشرح الحل على السبورة.

درس:

فكرة مفيدة في التعليم

25 دقيقة

- اسأل المتعلمين عن عدد الخطوات والمعادلات التي تم استخدامها لحل المسألة السابقة. ثم اطرح السؤال التالي: هل يمكن أن تحل المسألة باستخدام معادلة واحدة؟ تلق الإجابات وأدر نقاشاً بين المتعلمين حتى يتوصلوا إلى أنه ينبغي تعويض المعادلة $(v_f = v_i + a \cdot t)$ في المعادلة $(\Delta x = \frac{1}{2} (v_i + v_f) t)$.

- اطلب إلى المتعلمين قراءة الفقرة ثالثاً: «الإزاحة بدلالة كل من السرعة الابتدائية والعجلة والزمن».

- اكتب العلاقة $(\Delta x = v_i \cdot t + \frac{1}{2} a \cdot t^2)$ على السبورة، واطلب إلى المتعلمين تحليلها بتحديد الكميات التي يمكن كتابتها بدلالة الكميات الأخرى.

- اطلب إلى المتعلمين إعادة كتابة العلاقة لحساب السرعة الابتدائية مرة، ولحساب العجلة مرة أخرى. اطلب إليهم أن يكتبوا إجاباتهم على بطاقات خاصة لعرضها على الآخرين.

- اطلب إلى المتعلمين تتبع خطوات الحل للمثال 2 (د)، ك ط، ص 44، دع لهم مجالاً لطرح الأسئلة حول الحل، وأدر نقاشاً بينهم للإجابة عن تساؤلاتهم.

ثالثاً: الإزاحة بدلالة السرعة الابتدائية والعجلة والزمن

توصلنا إلى أن الإزاحة بدلالة كل من السرعة الابتدائية والسرعة النهائية والزمن تُعطى بالعلاقة:

$$\Delta x = \frac{1}{2} (v_i + v_f) t \quad (1)$$

وأن السرعة النهائية بدلالة العجلة والسرعة الابتدائية والزمن تُعطى بالعلاقة:

$$v_f = v_i + at \quad (2)$$

وبالتعويض عن v_f في المعادلة (1) بقيمتها في المعادلة (2) يكون:

$$\Delta x = \frac{1}{2} (2v_i t + at^2)$$

وبإعادة ترتيب حدود المعادلة نحصل على:

الإزاحة في حالة العجلة الثابتة

$$\Delta x = v_i t + \frac{1}{2} at^2$$

الإزاحة = (السرعة الابتدائية \times الزمن) + $\frac{1}{2}$ (العجلة \times مربع الزمن)

مثال 2 (د)

السرعة والإزاحة في حالة العجلة الثابتة

المسألة

تنطلق طائرة من حالة السكون من أحد أطراف المدرج بعجلة ثابتة مقدارها 4.8 m/s^2 لمدة 15 s قبل إقلاعها. كم تبلغ سرعة الإقلاع؟ كم يجب أن يكون طول المدرج ليتيح للطائرة أن تطلع؟

الحل

المعطى: $t = 15 \text{ s}$ $a = 4.8 \text{ m/s}^2$ $v_i = 0.0 \text{ m/s}$

المجهول: $\Delta x = ?$ $v_f = ?$

أستخدم معادلة السرعة، لجسم يتسارع بانتظام، الواردة في الصفحة 42

$$v_f = v_i + at$$

$$v_f = 0.0 \text{ m/s} + (4.8 \text{ m/s}^2) (15 \text{ s})$$

$$v_f = 72 \text{ m/s}$$

- اطلب إلى المتعلمين حل المسألة السابقة باستخدام المعادلة الأخيرة، وأن يقارنوا طريقة الحل وإجاباتهم في الحالتين، واطلب إليهم إبداء الرأي في ذلك.

أستخدمُ معادلةَ الإزاحةِ الواردةِ في الصفحةِ 44.

$$\Delta x = v_i t + \frac{1}{2} a t^2$$

$$\Delta x = (0.0 \text{ m/s})(15 \text{ s}) + \frac{1}{2} (4.8 \text{ m/s}^2)(15 \text{ s})^2$$

$$\Delta x = 540 \text{ m}$$

القسم 2-2

أختم وأقوم: 10 دقائق

واجب منزلي

– مراجعة الفصل، ك ط، السؤالان 20، 23،
ص 60.

الوحدة 10

حضر: 10 دقائق

الفيزياء والحياة

- اطلب إلى المتعلمين أن يجيبوا عن السؤال التالي: تتحرك سيارة على طريق مستقيم بسرعة 30 m/s، يلاحظ السائق إشارة ضوئية على بُعد 400 m أمامه تتحول إلى اللون الأحمر فيدوس على دواسة المكابح لتتباطأ السيارة بمعدل ثابت 5.0 m/s^2 . هل تتوقف السيارة قبل أن تصل الإشارة؟
- أتح للمتعلمين فرصة حل المسألة فريداً. واطلب إلى أحدهم أن يشرح الحل على السبورة.

درس:

فكرة مفيدة في التعليم

25 دقيقة

- اسأل المتعلمين عن عدد الخطوات والمعادلات التي تم استخدامها لحل المسألة السابقة. ثم ا طرح السؤال التالي: هل يمكن أن تحل المسألة باستخدام معادلة واحدة؟ تلق الإجابات وأدر نقاشاً بين المتعلمين حتى يتوصلوا إلى أنه ينبغي التعويض عن قيمة (t) في المعادلة $\Delta x = \frac{1}{2} (v_i + v_f) t$ بقيمتها في المعادلة $(v_f = v_i + a \cdot t)$ في المعادلة فنحصل على المعادلة $(v_f^2 = v_i^2 + 2a\Delta x)$.

تطبيق 2 (هـ)

السرعة والإزاحة في حالة العجلة الثابتة

1. تتحرك سيارة بعجلة 3.0 m/s^2 وسرعة ابتدائية 4.30 m/s . جد سرعة السيارة النهائية والإزاحة بعد 5.0 s .
2. تسير سيارة بسرعة 15.0 m/s . يضغط السائق المكابح فتتناقص سرعة السيارة بمعدل 2.0 m/s^2 . كم يلزم من الوقت لتصبح سرعة السيارة النهائية 10.0 m/s ما إزاحة السيارة خلال تلك الفترة؟

رابعاً: السرعة النهائية بدلالة العجلة والإزاحة والسرعة الابتدائية
نلاحظ، حتى الآن، أن معادلات الحركة ذات العجلة الثابتة تتطلب معرفة الفترة الزمنية. لكن باستطاعتنا أيضاً التوصل إلى علاقة تربط الإزاحة والسرعة والعجلة من دون الفترة الزمنية. تتضمن هذه الطريقة إيجاد الفترة الزمنية من خلال إعادة ترتيب إحدى المعادلات التي تم تعويضها في معادلة أخرى، مما يتيح لنا الحصول على علاقة للسرعة النهائية مجردة من الفترة الزمنية.
لنبدأ من معادلة الإزاحة الواردة في الصفحة 42:

$$\Delta x = \frac{1}{2} (v_i + v_f) t$$

لنضرب طرفي المعادلة بـ 2:

$$2\Delta x = (v_i + v_f) t$$

لنقسم الطرفين على $(v_i + v_f)$:

$$\left(\frac{2 \Delta x}{v_i + v_f} \right) = t$$

أجوبة

تطبيق 2 (هـ)

1. 59 m , 19.3 m/s

2. 31.25 m

ونعوض t في معادلة السرعة النهائية:

$$v_f = v_i + a t$$

$$v_f = v_i + a \left(\frac{2 \Delta x}{v_i + v_f} \right)$$

نلاحظ أن v_f موجودة في طرفي المعادلة. لنطرح إذن v_i من الطرفين:

$$v_f - v_i = a \left(\frac{2 \Delta x}{v_i + v_f} \right)$$

لنضرب الطرفين في $(v_f + v_i)$:

$$(v_f - v_i)(v_f + v_i) = 2a\Delta x = v_f^2 - v_i^2$$

نضيف v_i^2 إلى الطرفين فنحصل على v_f^2 .

السرعة النهائية بعد إزاحة معينة

$$v_f^2 = v_i^2 + 2a\Delta x$$

مربع السرعة النهائية = مربع السرعة الابتدائية + 2(العجلة)(الإزاحة)

عند استخدام هذه المعادلة لحساب السرعة النهائية يتوجب عليك إيجاد الجذر التربيعي للطرف الأيمن من المعادلة. تذكر أن ناتج الجذر التربيعي يمكن أن يكون موجباً أو سالباً. باستطاعتك أن تحدد قيمة الجواب الصحيح من خلال الرجوع إلى اتجاه الحركة.

– اطلب إلى المتعلمين قراءة الفقرة رابعاً: «السرعة النهائية بدلالة العجلة والإزاحة والسرعة الابتدائية».

– اكتب العلاقة $(v_f^2 = v_i^2 + 2a\Delta x)$ على السبورة، واطلب إلى المتعلمين تحليلها بتحديد الكميات التي يمكن استخدامها العلاقة لحسابها.

– اطلب إلى المتعلمين إعادة كتابة العلاقة لحساب السرعة الابتدائية مرة، ولحساب العجلة مرة أخرى. اطلب إليهم أن يكتبوا إجاباتهم على بطاقات خاصة لعرضها على الآخرين.

– اطلب إلى المتعلمين تتبع خطوات الحل للمثال 2 (هـ)، كط، ص 46، دع لهم مجالاً لطرح الأسئلة حول الحل، وأدر نقاشاً بينهم للإجابة عن تساؤلاتهم.

– اطلب إلى المتعلمين حل المسألة السابقة باستخدام المعادلة الأخيرة، وأن يقارنوا طريقة الحل وإجاباتهم في الحالتين، واطلب إليهم إبداء الرأي في ذلك.

مثال 2 (هـ)



السرعة النهائية بعد إزاحة معينة

تدفع سيدة عربية من حالة السكون بعجلة ثابتة مقدارها 0.500 m/s^2 مسافة 4.75 m . ما سرعة العربة النهائية؟

المسألة



أختم وأقوم: 10 دقائق

اطلب إلى المتعلمين الإجابة عن أسئلة التطبيق 2 (و)، ك ط، ص 47.

الحل

1. أعرف

المعطى: $v_i = 0.0 \text{ m/s}$ $a = 0.500 \text{ m/s}^2$

$\Delta x = 4.75 \text{ m}$

المجهول: $v_f = ?$

2. أخطئ

أختار معادلة: مقدار كل من السرعة الابتدائية والعجلة والإزاحة معروف، لذا يمكنني حساب السرعة النهائية باستخدام المعادلة التي في الصفحة 46:

$$v_f^2 = v_i^2 + 2a\Delta x$$

3. أحسب

أعوض المقادير في المعادلة: $v_f^2 = (0.0 \text{ m/s})^2 + 2(0.500 \text{ m/s}^2)(4.75 \text{ m})$

$$v_f^2 = 4.75 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$v_f = \sqrt{4.75 \text{ m}^2/\text{s}^2} = \pm 2.18 \text{ m/s}$$

4. أقيم

أتوقع أن تكون السرعة النهائية موجبة لأن اتجاه الحركة إلى الأمام. أي موجب. يتبين من الجدول 3-2 في الصفحة 40 أن سرعة جسم معين تزداد عندما تكون عجلته موجبة وسرعته موجبة. أما السرعة السالبة والعجلة الموجبة فتشير إلى أن الجسم يتباطأ. ولأن حركة العربة قد بدأت من حالة السكون فالجواب المعقول للسرعة هو السرعة الموجبة.

تطبيق 2 (و)

السرعة النهائية بعد إزاحة معينة

1. يتباطأ قارب سباق بمعدل ثابت من سرعة ابتدائية مقدارها 6.5 m/s في اتجاه الغرب إلى سرعة

نهائية مقدارها 1.5 m/s في الاتجاه نفسه. ما المسافة التي يقطعها إذا كانت عجلته 2.7 m/s^2 ؟

2. كم تبلغ إزاحة سيارة تتسارع من 83 km/h إلى 94 km/h وبعجلة ثابتة مقدارها 0.85 m/s^2 ؟

3. تنطلق سيارة من السكون على خط مستقيم بعجلة مقدارها 2.3 m/s^2 .

أ. ما سرعتها بعد أن تقطع مسافة 55 m ؟

ب. كم يلزمها من الوقت لتقطع مسافة 55 m ؟

أجوبة

تطبيق 2 (و)

1. 7.4 m

2. 87 m

3. أ. 16 m/s ب. 7.0 s

العب مع الفيزياء

الهدف: تألف المتعلمين مع معادلات الحركة بعجلة ثابتة.

الأدوات: بطاقات كتب عليها معادلات الحركة بصورة مختلفة، وبطاقات كتب عليها رموز الإزاحة، العجلة، السرعة الابتدائية، السرعة النهائية، الزمن.

الطريقة:

- زود كل مجموعة من المتعلمين بمجموعة من بطاقات معادلات الحركة، تختلف عن باقي المجموعات.
- اختر بطاقة من بطاقات الرموز وأظهرها (عالياً) للمتعلمين.
- اطلب إلى كل مجموعة أن تختار البطاقة المناسبة والتي تمكنها من حساب الكمية التي عبرت عنها بطاقة الرمز التي أظهرتها، مع ذكر الشروط الواجب توافرها لذلك.
- نفذ اللعبة كمسابقة بين المجموعات.

درس:

مختبر: 30 دقيقة

مختبر الاكتشاف 2-2، ثالثاً، ك ت ط، ص 62.

- اطلب إلى المتعلمين إعادة كتابة العلاقة ($\Delta x = v_i t + \frac{1}{2} a t^2$) عندما تبدأ حركة الجسم من السكون.
- استعرض معهم نواتج التعلم للتجربة.
- اطلب إلى المتعلمين تنفيذ خطوات العمل باستكمال بيانات الجدول 5.
- تأكد من أنهم دونوا البيانات بشكل صحيح.

باستطاعتك، مستعيناً بالمعادلات الأربع الواردة في هذا الفصل، حل أي مسألة حول الحركة في خط مستقيم ذات العجلة الثابتة. يبين العمود الأول من الجدول 5-2 المعادلات بشكلها العام. أما العمود الثاني فيبين المعادلات المستعملة في حالة انطلاق الحركة من السكون بعجلة ثابتة. في حالة بدء الحركة من السكون حيث $v_i = 0$ تعوض قيمة v_i في معادلات العمود الأول، للحصول على معادلات العمود الثاني.

الجدول 5-2 معادلات الحركة في خط مستقيم ذات العجلة الثابتة

معادلات الحركة في خط مستقيم إذا بدأت الحركة من السكون	معادلات الحركة في خط مستقيم بسرعة ابتدائية قدرها v_i
$\Delta x = \frac{1}{2} (v_f) t$	$\Delta x = \frac{1}{2} (v_i + v_f) t$
$v_f = at$	$v_f = v_i + at$
$\Delta x = \frac{1}{2} at^2$	$\Delta x = \frac{1}{2} v_i t + at^2$
$v_f^2 = 2a\Delta x$	$v_f^2 = v_i^2 + 2a\Delta x$

- اطلب إلى المتعلمين تنفيذ خطوات تحليل البيانات فردياً. ثم مناقشتها في كل مجموعة للتوصل إلى الاستنتاجات وعرضها من ثم على المجموعات الأخرى (سجل الاستنتاجات على السبورة).
- اطلب إلى المتعلمين الإجابة فردياً عن فقرة طرق التقويم.
- اجمع كتب المتعلمين لتقوم عملهم. (قدر أداءهم رقمياً من عشرة كدرجة أداء عملي).

1. يقود حمد دراجة بعجلة ثابتة في خط مستقيم بدءاً من السكون إلى سرعة 12.5 m/s

خلال 2.5 s.

أ. ما عجلته؟

ب. ما إزاحته؟

ج. ما سرعته المتوسطة؟

2. يُظهر الشكل 16-2 الخط البياني لمنحنى

(السرعة - الزمن) لحافلة تسير في خط

مستقيم.

أ. حدّد الفترات الزمنية التي تتحرك خلالها

الحافلة بسرعة ثابتة.

ب. حدّد الفترات التي تتسارع فيها الحافلة.

ج. حدّد مقدار السرعة المتوسطة للحافلة

خلال الفترة من (300 s) إلى (500 s).

د. احسب عجلة الحافلة خلال الفترة من

(50 s) إلى (100 s).

هـ. حدّد الفترات الزمنية التي تكون فيها سرعة

الحافلة صفراً.

و. حدّد الفترات الزمنية التي تكون فيها عجلة الحافلة صفراً.

ز. حدّد الفترات التي تكون خلالها الحافلة متسارعة، والفترات التي تكون خلالها الحافلة

متباطئة.

ح. هل تسير الحافلة في الاتجاه نفسه دائماً؟ اشرح مستخدماً الفترات الزمنية الظاهرة في

الرسم.

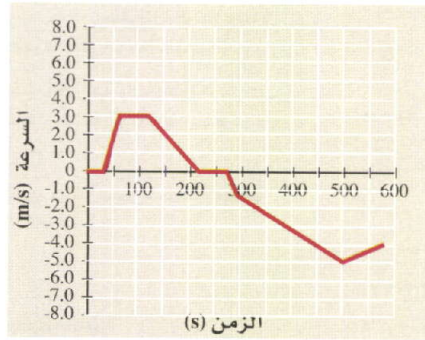
3. **تفكير ناقد:** تتباطأ كرة، وهي تتدحرج، على مسار أفقي مستقيم من سرعة ابتدائية

سالبة. هل تكون عجلة الكرة سالبة أم موجبة؟

4. **تفكير ناقد:** سيارتان (أ) و (ب) تسيران على طريق عام في اتجاه واحد وفي مسارين

متوازيين. في لحظة معينة تتجاوز السرعة اللحظية للسيارة (أ) السرعة اللحظية للسيارة

(ب). هل يعني ذلك أن عجلة (أ) أكبر من عجلة (ب)؟ اشرح مستخدماً أمثلة.



الشكل 16-2

أجوبة

1. أ. 5.0 m/s^2

ب. 16 m

ج. 6.4 m/s

2. أ. من 0 s إلى 30 s، من 30 s إلى 60 s

120 s؛ من 210 s إلى 275 s

ب. من 0 s إلى 30 s، من 30 s إلى 60 s

من 60 s إلى 125 s، من 125 s إلى 210 s

210 s، من 210 s إلى 275 s، من

275 s إلى 300 s، من 300 s إلى

520 s، من 520 s إلى 580 s

ج. 0 m/s ، 1.5 m/s ، 0 m/s ، 1.5 m/s

0 m/s ، -0.75 m/s ، -3.25 m/s

-4.5 m/s

د. 0 m/s^2 ، 0.1 m/s^2 ، 0 m/s^2

-0.04 m/s^2 ، 0 m/s^2 ، -0.06 m/s^2

-0.02 m/s^2 ، 0.02 m/s^2

هـ. من 0 s إلى 30 s، من 30 s إلى 210 s

إلى 275 s

و. من 0 s إلى 30 s، من 30 s إلى 60 s

إلى 125 s، من 210 s إلى 275 s

ز. عندما يميل المنحنى إلى أعلى

تكون العجلة موجبة، وعندما يميل

إلى أسفل تكون العجلة سالبة.

وعندما يكون أفقياً تكون العجلة

صفراً.

3. موجبة

4. لا، فعجلة السيارة (أ) ليست

بالضرورة أكبر من عجلة السيارة

(ب). إذا كانت السيارتان تتحركان

في الاتجاه الموجب، قد تكون السيارة

(أ) في حالة تباطؤ (عجلة سالبة)، في

حين أن السيارة (ب) تكون في حالة

ازدياد السرعة (عجلة موجبة)، حتى

وإن كانت سرعة (أ) تزيد عن سرعة

(ب).

السقوط الحر للأجسام

Falling objects

القسم 3-2

في 2 أغسطس 1971 أجرى رائد الفضاء دايفيد سكوت تجربة على سطح القمر. فقد أفلت مطرقة وريشة في وقت واحد ومن علو واحد. سقطت المطرقة والريشة في خط مستقيم، وحطتا على سطح القمر في اللحظة نفسها، برغم أن كتلة المطرقة تزيد عن كتلة الريشة. هذا يعني أنهما قطعتا الإزاحة نفسها في الوقت نفسه.

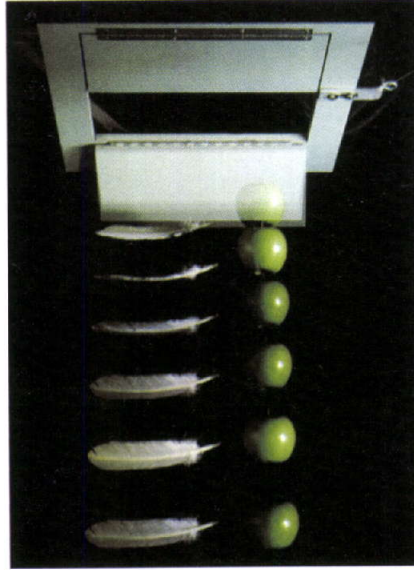
عجلة السقوط الحر

يُظهر الشكل 17-2 سقوط ريشة وتفاحة من حالة سكون في حاوية أفرغت من الهواء. يتحرر الجسمان ويبدأ تصويرهما في اللحظة نفسها بواسطة جهاز إلكتروني. يُظهر الترتيب الأفقي للصورة المتعددة سقوط الجسمين بمحاذاة بعضهما تماماً وبالعجلة نفسها. من المتعارف عليه الآن أنه بغياب مقاومة الهواء تسقط كل الأجسام قرب سطح الكوكب، بالعجلة نفسها. تسمى هذه الحركة حركة السقوط الحر $Free\ fall$. بالرغم من أن الفترة الزمنية بين صورتين الأولى والثانية، تساوي الفترة بين صورتين الخامسة والسادسة، إلا أن الإزاحة خلال الفترتين غير متساوية. لقد كانت التفاحة والريشة تتسارعان.

قارن الإزاحة بين صورتين الأولى والثانية، والإزاحة بين صورتين الثانية والثالثة، تلاحظ أن الزيادة في الإزاحة في كل فترة بالمقارنة مع الفترة السابقة هي نفسها للريشة والتفاحة. ولأن الفترة الزمنية هي نفسها، نستنتج أن السرعة تزداد بالمقدار نفسه، ما يعني أن الجسمين يسقطان بالعجلة الثابتة نفسها.

يُمرّر إلى عجلة السقوط الحر على سطح الأرض بالمتجه (\vec{g}) ، ومقدارها تقريباً 9.81 m/s^2 وتسمى عجلة الجاذبية الأرضية. تُعتمد هذه القيمة في الكتاب ما لم يُذكر غير ذلك. تنجّه هذه العجلة إلى أسفل باتجاه مركز الأرض. وبما أننا في نظام الإحداثيات نختار عادةً الاتجاه إلى الأسفل سالباً، فإن مقدار عجلة الأجسام الساقطة تكون قرب سطح الأرض -9.81 m/s^2 .

يُظهر الشكل 18-2 صورة ستروبوسكوبية لكرة قذفت إلى أعلى في الهواء بسرعة ابتدائية $+10.5\text{ m/s}$. الشكل (أ) يُظهر الكرة تتحرك صعوداً من نقطة الانطلاق إلى قمة المسار. أما الشكل (ب) فتظهر فيه الكرة تتحرك نزولاً من القمة. وتبين لنا خبرتنا اليومية لدى رمينا جسماً إلى أعلى في الهواء، أن الجسم يستمر في صعوده لبعض الوقت، إلى أن يقف لحظياً في القمة، ثم يغير اتجاه حركته ويبدأ بالسقوط. ونظراً لتغير اتجاه الحركة نلن أن العجلة قد غيرت اتجاهها مثل السرعة. في الحقيقة كل الأجسام المقذوفة إلى أعلى في الهواء يكون لها، بعيداً إطلاقها، عجلة ثابتة إلى أسفل.



الشكل 17-2

عند انعدام مقاومة الهواء، تسقط كل الأجسام بالعجلة نفسها دون اعتبار لكتلتها.

50 الفصل 2

أختم وأقوم: 5 دقائق

- صف حركة الكرة أثناء سقوطها، من حيث المسار والسرعة والعجلة.
- اكتب معادلات حركة الكرة.

- بطاقة متابعة مناسبة).
- اطلب إلى المتعلمين تنفيذ خطوات تحليل البيانات فردياً. ثم مناقشتها في كل مجموعة للتوصل إلى الاستنتاجات وعرضها من ثم على المجموعات الأخرى (سجل الاستنتاجات على السبورة).
- اطلب إلى المتعلمين الإجابة فردياً عن فقرة طرق التقويم.
- اجمع كتب المتعلمين لتقوم عملهم. (قدر أداءهم رقمياً من عشرة كدرجة أداء عملي).
- استخدم برمجية حاسوبية (برنامج ميكروسوفت أكسل) لتمثيل بيانات مجموعة من المجموعات وعرضها كنموذج على السبورة.

القسم 3-2

مخطط القسم 3-2: السقوط الحر للأجسام

الوقت المطلوب: 8 حصص (360 دقيقة)

الحصة 12

حز: 5 دقائق

استراتيجية بصرية

- دع أحد المتعلمين يقف أمام زملائه واطلب إليه أن يسقط كرة معدنية صغيرة. بينما يلاحظ بقية المتعلمين حركة الكرة.
- ا طرح الأسئلة التالية:
 - ما سرعة الكرة الابتدائية؟
 - ما شكل مسار حركة الكرة؟
 - صف حركة الكرة من حيث سرعتها أثناء حركتها.
 - ما القوى المؤثرة في الكرة أثناء سقوطها؟
- أدر النقاش، وتأكد أن المتعلمين توصّلوا إلى أن الكرة تتحرك في مسار مستقيم بسرعة تزايد بمرور الزمن تحت تأثير قوة الجاذبية ومقاومة الهواء.

درس:

مختبر: 35 دقيقة

تجريب عملي

- وزع المتعلمين في مجموعاتهم.
- اعرض نواتج التعلم لمختبر الفصل (3-2)، صفحة 64 من كتاب التمارين.
- تأكد أن المتعلمين يستطيعون استخدام جهاز السقوط. وكذلك طريقة قياس مسافة السقوط.
- اطلب إلى المتعلمين قراءة خطوات التجربة العملية. أتح لهم فرصة الاستفسار عن الخطوات وطريقة التنفيذ.
- حدّد لهم وقتاً مناسباً (عشر دقائق تقريباً) لأخذ القياسات. (تابع المجموعات أثناء التنفيذ وسجل ملاحظاتهم حول أدائهم باستخدام

القسم 3-2

الوحدة 13

حضر: 5 دقائق

أثر الاهتمام

- اشرح السؤال التالي: لو أسقطت كرة معدنية ثقيلة وورقة من الارتفاع نفسه واللحظة نفسها، فأَي الجسمين تتوقع وصوله لسطح الأرض أولاً؟ ولماذا؟
- تلق الإجابات ووجه المتعلمين إلى أنهم سيتعرفون الإجابة في هذا الدرس.

درس:

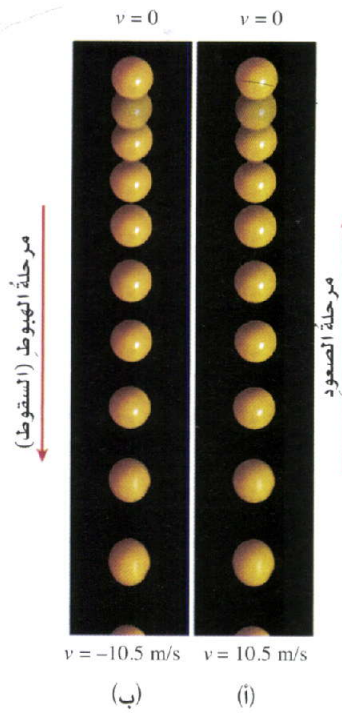
إيضاح عملي 5 دقائق

- أمسك ورقة وكرة معدنية بيدك.
- دعهما ليسقطا من الارتفاع نفسه وفي اللحظة نفسها. واطلب إلى المتعلمين ملاحظة الحركة وتدوين ملاحظاتهم. كرر المحاولة أكثر من مرة.
- قم بطي الورقة لتقليل مساحة سطحها المعرض للهواء ثم كرر المحاولة.
- أدر نقاشاً ليتوصل المتعلمون إلى أنه بإهمال مقاومة الهواء تسقط جميع الأجسام بالعجلة نفسها دون اعتبار لكتلتها، وهذا ما يسمى بمفهوم السقوط الحر.

استراتيجية بصرية 10 دقائق

- اعرض الشفافة 24 (الشكل 17-2)، ك ط، ص 50. وضح للمتعلمين طريقة إجراء التجربة ثم اشرح عليهم الأسئلة التالية:

- كيف تتغير إزاحة كل من الريشة والتفاحة بمرور الزمن؟ ما دلالة ذلك؟
- إذا أعيد إجراء التجربة بوجود الهواء فماذا تتوقع؟
- ناقش المتعلمين في إجاباتهم، وأكد ثبات وتساوي العجلة لكل من الريشة والتفاحة في حالة انعدام الهواء (كل الأجسام الساقطة سقوطاً حراً).



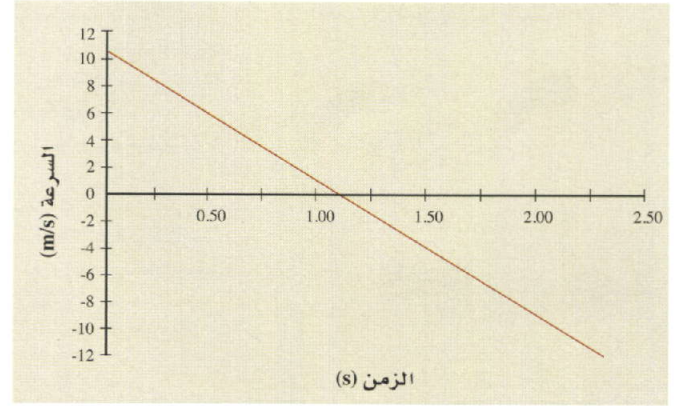
الشكل 18-2

سرعة الكرة عند قمة مسارها صفر، لكن عجلتها تبقى 9.81 m/s^2 في كل نقطة من صعودها (أ) أو من سقوطها (ب).

يُظهر الشكل 18-2 (أ) تناقص الإزاحة الرأسية للكرة مع تتابع الفترات الزمنية، إلى أن تتوقف الكرة وتبدأ أخيراً بالسقوط بسرعة متزايدة إلى أسفل، كما يظهر في الشكل 18-2 (ب).

بعيداً إطلاق الكرة إلى أعلى بسرعة ابتدائية مقدارها 10.5 m/s تكون عجلتها -9.81 m/s^2 عند إهمال مقاومة الهواء. وبعد مضي 1.0 s تتغير سرعة الكرة بمقدار -9.81 m/s لتصبح 0.69 m/s إلى أعلى. وبعد 2.0 s تتغير سرعتها ثانية بمقدار -9.81 m/s لتصبح -9.12 m/s .

يُظهر الشكل 19-2 الخط البياني لمنحنى (السرعة - الزمن) للكرة. وفيه، كما ترى، لحظة معينة تصبح عندها سرعة الكرة صفراً. يحصل ذلك عندما تصل الكرة إلى قمة مسارها وقيل بدأ سقوطها. فيما الميل الثابت للخط المستقيم يدل على أن عجلة حركة الكرة ثابتة (لا تتغير) طوال فترة حركتها صعوداً وهبوطاً، أي أنها تكون عند القمة أيضاً -9.81 m/s^2 .



الشكل 19-2

ميل المستقيم الذي يمثل الخط البياني لمنحنى (السرعة - الزمن)، يساوي عجلة السقوط الحر وهو ثابت منذ لحظة إطلاق الكرة وطوال حركتها.

عجلة الأجسام في السقوط الحر ثابتة

هناك بعض الحيرة التي قد تظهر عند التفكير في جسم مثل الكرة يتحرك إلى أعلى، واتجاه عجلته إلى أسفل. قد يساعد في تبديد هذه الحيرة التفكير في الحركة على أنها حركة ذات سرعة موجبة وعجلة سالبة. العجلة هي نفسها، أما المتغيرات فهي الموقع واتجاه السرعة ومقدارها.

سرعة الجسم الذي يُقذف في الهواء إلى أعلى موجبة، أما عجلته فسالبة. يتبين من الجدول 3-2 في الصفحة 40 أن الجسم يتباطأ في أثناء صعوده. من مثال الكرة السابق وخبرتنا اليومية يبدو هذا الأمر معقولاً (منطقيًا) إذ يستمر الجسم في الحركة إلى أعلى ولكن بتناقص في سرعته، يظهر ذلك في الصورة من خلال التناقص في الإزاحة. تناقصت سرعة الجسم حتى بلغت صفراً عند القمة. هذا الأمر حقيقة واقعة بالرغم من أن رؤيته مستحيلة لسرعة حدوثه. ومع أن سرعته صفر في تلك اللحظة فإن عجلته ما زالت -9.81 m/s^2 .

فكرة مفيدة في التعليم

10 دقائق

- اطلب إلى المتعلمين تتبع خطوات الحل للمثال 2 (و)، ك ط، ص 52، دع لهم مجالاً لطرح الأسئلة حول الحل، وأدر نقاشاً بينهم للإجابة عن تساؤلاتهم.

- اطلب إلى المتعلمين الإجابة عن السؤال 1 في مراجعة القسم صفحة 54 من كتاب الطالب.

نشاط عملي سريع

10 دقائق

اكتشف قدراتك

- اطلب إلى المتعلمين في أزواج تنفيذ النشاط العملي السريع صفحة 52 في كتاب الطالب. دعهم يتبادلون الأدوار، ثم يحسب كل منهم زمن رد فعله.
- دع كل متعلم يعط زمن رد فعله.
- ناقش مع المتعلمين دور زمن رد الفعل في حوادث السيارات.

أختم وأقوم: 5 دقائق

- مراجعة الفصل، لك ط، السؤال 32، ص 61.

واجب منزلي

- مراجعة الفصل، لك ط، السؤالان 41، 46، ص 62.

الحصة 14

حضر: 10 دقائق

- دع أحد المتعلمين يقف أمام زملائه واطلب إليه أن يقذف كرة معدنية رأسياً إلى أعلى، بينما يلاحظ بقية المتعلمين حركة الكرة.

- ا طرح الأسئلة التالية:

- ما سرعة الكرة الابتدائية؟ وما اتجاهها؟
- ما شكل مسار حركة الكرة؟
- صف حركة الكرة من حيث سرعتها أثناء حركتها.

- أدر النقاش وتأكد أن المتعلمين توصّلوا إلى أن الكرة تتحرك في مسار مستقيم بسرعة تتناقص أثناء الصعود حتى تنعدم عند أعلى نقطة في مسارها، ثم تزايد من الصفر أثناء سقوطها.

للجسم عند بدء سقوطه سرعة سالبة وعجلة سالبة أيضاً. تشير العجلة السالبة والسرعة السالبة الظاهرتان في الجدول 3-2 إلى أن سرعة الجسم في ازدياد (الجسم يتسارع). في الحقيقة، هذا ما يحصل للأجسام في حالة السقوط الحر حيث تزداد سرعتها خلال سقوطها. يظهر ذلك في الشكل 18-2 من خلال الزيادة في الإزاحات بين صور الكرة الساقطة.

ومن الجدير بالذكر أن عجلة السقوط الحر تسهل حساب السرعة والزمن والإزاحة لأنواع حركات مختلفة. من خلال استخدام معادلات الحركة ذات العجلة الثابتة. وبما أن العجلة تبقى هي نفسها خلال الحركة بأكملها فإننا نستطيع دراسة حركة جسم في حالة سقوط حر خلال أي فترة زمنية.

نشاط عملي سريع

زمن رد الفعل

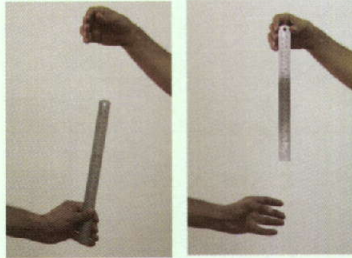
المواد

✓ مسطرة مترية

إرشادات السلامة

تجنب إذاء العين، لا توجع المسطرة.

وقت ممكن. في استطاعتك أن تحسب زمن رد فعلك من عجلة السقوط الحر ومسافة سقوط المسطرة ما بين إفلاتها وإمساكك بها.



يتأثر أدائك بسرعة رد فعلك بدءاً من أنواع الرياضة إلى القيادة أو التقاط شيء يسقط. إن زمن رد فعلك هو الفترة الزمنية الفاصلة بين الحدث ورد فعلك عليه. لتحديد زمن رد فعلك، دع صديقك لك يمسك مسطرة مترية بوضع رأسي، بحيث تمر بين إبهامك وسبابتك ويدك مفتوحة لا تلامسها.

ليكن الصفر على المسطرة بين إصبعيك وباقي المسطرة إلى أعلى. يقلت صديقك المسطرة لتنزلق بين إبهامك وسبابتك دون أن ينذرك. حاول أن تمسك المسطرة بأسرع

مثال 2 (و)

الجسم الساقط

أسقط رجل آلي على سطح المريخ آلة تصوير من على جبل مشرف ارتفاعه 239 m. حيث عجلة السقوط الحر 3.7 m/s^2 ، جد: أ. سرعة آلة التصوير عند ارتطامها بسطح المريخ. ب. الزمن الذي استغرقه سقوط الآلة.

$$\text{المعطى: } a = -g = -3.7 \text{ m/s}^2 \quad v_i = 0 \text{ m/s}$$

$$\text{المجهول: } v_f = ? \quad t = ?$$

المخطط: أختار نظام إحداثيات، بحيث تكون نقطة الأصل متطابقة مع نقطة بدء سقوط آلة التصوير.

$$(y_f = -239 \text{ m} \quad y_i = 0)$$

$$\text{أ. أختار معادلة: } v_f^2 = v_i^2 + 2a \Delta y$$

$$2 = a \Delta y$$

$$v_f = \pm \sqrt{2 \times -3.7 \times (-239 - 0)} = \pm 42 \text{ m/s}$$

52 الفصل 2

درس:

استراتيجية بصرية

25 دقيقة

اعرض الشفافة 25 أ (الشكل 2-18)،
ك ط، ص 51 من دون الأسهم التي
توضح اتجاه الحركة. واطرح على
المتعلمين السؤال التالي:

- إذا كان أحد الشكلين يمثل حركة الكرة
أثناء صعودها والشكل الآخر يمثل
حركتها أثناء هبوطها، فهل تستطيع
أن تحدد أي الشكلين يمثل مرحلة
الصعود؟

– ناقش إجابات المتعلمين ليتوصلوا إلى
أن مرحلة الصعود في القذف الرأسي هي
سقوط حر بسرعة ابتدائية لا تساوي
صفرًا.

اعرض الشفافة 25 ب (الشكل 2-18)،
ك ط، ص 51.

– أدر نقاشًا حول حركة الكرة أثناء
الصعود والهبوط من حيث اتجاه السرعة
وتغيراتها واتجاه العجلة ومقدارها.
تأكد أن المتعلمين أدركوا أن العجلة
ثابتة عند جميع نقاط المسار حتى عند
ذروته.

اعرض الشفافة 26 (الشكل 2-19)،
ك ط، ص 51. واطلب إلى المتعلمين
أن يحلّلوا الرسم البياني الممثل لحركة
الكرة، بحيث يحددون مرحلتَي الصعود
والهبوط ويصفون حركة الكرة بدلالة
السرعة والعجلة.

– اطلب إلى المتعلمين أن يكتبوا معادلات
الحركة لجسم يُقذف رأسيًا إلى أعلى على
لوحات كرتونية تثبت في الصف.

وحيث أن الآلة تتحرك نحو الأسفل فإن سرعتها تكون سالبة.

$$v_f = -42 \text{ m/s}$$

ب. أختار معادلة:

$$v_f = v_i + a t$$

$$-42 = 0 + (-3.7)t$$

$$t = \frac{-42}{-3.7} = 11 \text{ s}$$

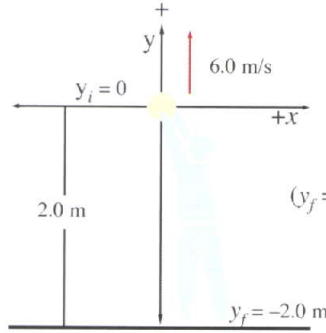
بما أن عجلة الجاذبية على سطح المريخ أقل مما هي على سطح الأرض، فإن آلة التصوير تصل إلى سطح
المريخ بسرعة أقل من السرعة التي تصل بها إلى سطح الأرض فيما لو أسقطت الآلة من جبل له الارتفاع
نفسه، ولكن على سطح الأرض.

4. أقيم

مثال 2 (ن)

الجسم المقذوف رأسيًا إلى الأعلى

يقذف سامي كرة إلى أعلى بسرعة ابتدائية قدرها 6.0 m/s. كم تبقى الكرة في الهواء قبل أن تعود
إلى الأرض إذا كان ارتفاع نقطة انطلاقها عن الأرض 2.0 m؟



المعطى: $v_i = +6.0 \text{ m/s}$ $a = -g = -9.81 \text{ m/s}^2$

المجهول: $t = ?$

المخطط: أختار نظام إحداثيات، بحيث تكون نقطة الأصل

متطابقة مع نقطة انطلاق الكرة: $(y_i = 0)$ $(y_f = -2.0 \text{ m})$

أختار معادلة: الإزاحة بدلالة السرعة الابتدائية والفترة الزمنية.

$$\Delta y = v_i \Delta t + \frac{1}{2} a t^2$$

$$(-2.0 - 0.0) = (6.0)\Delta t - \frac{1}{2} (-9.81)t^2$$

$$-2.0 = (6.0)\Delta t - 4.90t^2$$

أرتب المعادلة لأحصل على معادلة: $4.90 t^2 - 6.0 t - 2.0 = 0$

$$t = \frac{-(-6.0) \pm \sqrt{(-6.0)^2 - 4 \times 4.91 \times (-2.0)}}{2 \times 4.91}$$

$$t = \frac{-(-6.0) \pm \sqrt{75.28}}{9.82}$$

$$t = -0.27 \text{ s} \text{ أو } t = 1.5 \text{ s}$$

وحيث أن الزمن لا يمكن أن يكون سالبًا فإن $t = 1.5 \text{ s}$.

بما أن السرعة تنخفض بنسبة 9.81 m/s كل 1 s، وبما أن v_i تساوي 6.0 m/s فقط، فإنه يلزم الكرة أقل
من 1 s كي تصل إلى ارتفاعها الأقصى. بعد وصولها إلى القمة، يلزمها أقل من 1 s لتسقط إلى موقعها
الأصلي، مضافًا إليه الوقت اللازم لتقطع 2.0 m وتصل إلى الأرض. إذن، إن وقتًا إجماليًا بين 1.0 s و
2.0 s يبدو معقولًا.

المسألة

الحل

1. أعرف

2. أخطد

3. أحسب

4. أقيم

أختم وأقوم: 10 دقائق

– اطلب إلى المتعلمين تتبع خطوات الحل للمثال 2 (و)،
ك ط، ص 52، دع لهم مجالاً لطرح الأسئلة حول
الحل، وأدر نقاشًا بينهم للإجابة عن تساؤلاتهم.

– اطلب إلى المتعلمين الإجابة عن السؤال 2 من
التطبيق 2 (ن) صفحة 54 من كتاب الطالب.

واجب منزلي

– تطبيق 2 (ن)، ك ط، السؤالان 1، 3، ص 54.

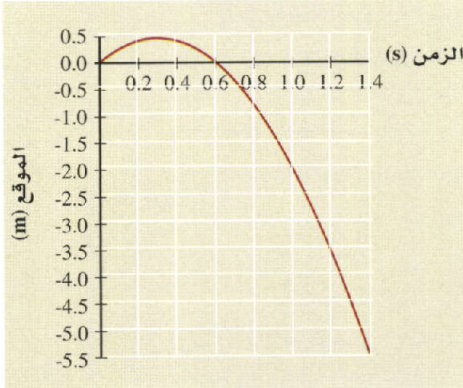
– مراجعة القسم، ك ط، السؤالان 4، 5، ص 54.

السقوط الحر

1. يقع إناء أزهار عن حافة نافذة ارتفاعها عن الرصيف 25.0 m.
أ. ما سرعة الإناء عند ارتطامه بالأرض؟
ب. ما أقصى فترة زمنية يمكن لشخص طوله 1.8 m أن يمكثها تحت النافذة تقادياً لسقوط الإناء عليه؟
2. تضرب حصّة الكرة الطائرة رأسياً إلى أعلى من ارتفاع 0.80 m وبسرعة ابتدائية +7.5 m/s.
أ. كم ترتفع الكرة في الهواء؟
ب. ما الزمن اللازم لتصل الكرة إلى ارتفاعها الأقصى؟
3. ترمي مريم كرة رأسياً إلى أعلى من ارتفاع 1.3 m وبسرعة ابتدائية +2.4 m/s.
أ. هل تصل الكرة إلى صديقتها هدى وهي على شجرة ارتفاعها 5.3 m عن الأرض؟
ب. ما الزمن الذي تبقى فيه الكرة في الهواء إذا لم تلتقطها هدى؟

مراجعة القسم 3-2

1. سقطت حصاة في بئر فاصطدمت بالماء بعد 1.5 s. احسب المسافة الفاصلة بين حافة البئر وسطح الماء مستخدماً معادلات الحركة ذات العجلة الثابتة.
2. يلعب ولدان بكرتين من المطاط. يُقْلَتُ الأول إحدى الكرتين، وفي الوقت نفسه يرمي الآخر بالكرة الثانية إلى أسفل بسرعة ابتدائية مقدارها 10 m/s. ما عجلة كل كرة خلال حركتها؟
3. يقوم رياضي بقفزتين بعد تأرجحه في كل منهما حول أحد قضيبَي المتوازيين في لعبة الجمباز. ينطلق في إحدهما إلى أعلى بسرعة ابتدائية قدرها +4.0 m/s وفي الأخرى إلى أسفل بسرعة ابتدائية مقدارها -3.0 m/s. قارن بين سرعتي الرياضي النهائيين قبيل وصوله إلى الأرض بعد القفزتين. ما عجلته بعد كل قفزة؟



الشكل 20-2

4. يُظهر الشكل 20-2 الخط البياني لمنحنى (الموقع - الزمن) لكرة سُلِّتْ رأسياً إلى أعلى بغياي مقاومة الهواء. استخدم الشكل للإجابة على ما يلي:
أ. ارسم الخط البياني التقريبي لمنحنى (السرعة - الزمن) لحركة الكرة.
ب. ما شكل مسار حركة الكرة؟
5. **تفكير ناقد:** قُذِفَتْ قطعة معدنية رأسياً إلى أعلى. أثناء وجودها في الهواء:
أ. ماذا يحدث لسرعتها؟
ب. هل تزداد عجلتها أم تنقص أم تبقى ثابتة؟

أجوبة

تطبيق 2 (ز)

1. أ. 22.1 m
ب. 2.17 s.
2. أ. 3.7 m
ب. 0.76 s.
3. أ. لا، تصل الكرة إلى علو 1.6 m فقط.
ب. 0.82 s.

الحصتان 15-16

– أجب عما تبقى من أسئلة كتاب التمارين والأنشطة وكتاب الطالب.

الحصة 17

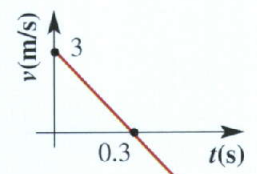
تقويم الفصل: اختر ما تراه مناسباً من أسئلة تقويم الفصل أو أي أسئلة أخرى ونفذ اختباراً تحريراً قصيراً.

الحصتان 18-19

– تقويم مشاريع المتعلمين وتقديم التغذية الراجعة.

أجوبة

1. 11 m
2. $a = -9.8 \text{ m/s}^2$ لكل كرة.
3. تتحدد السرعات النهائية للرياضي بواسطة المعادلة $v_f^2 = v_i^2 + 2a\Delta y$. بما أن كلا من العجلة والإزاحة لم تتغير، تكون السرعة النهائية أكبر حيث السرعات الابتدائية عالية، +4.0 m/s وتكون العجلة هي نفسها (-9.81 m/s²) في كل حالة.
4. أ.



قراءة علمية

نستعرض هنا نظرية أينشتاين الخاصة بالنسبية وكيف عدلت هذه النظرية مفهوم الزمن. فبالرغم من التحدي المفهومي لفكرة تمدد الزمن يبقى فهم الجوانب الأساسية لمفهوم الزمن ممكناً. أضف إلى ذلك أنه يمكن استخدام معادلة تمدد الزمن للتحقق من التقاء النظريات في حال السرعات العادية وتباعدها في حال السرعات العالية قياساً على سرعة الضوء.

في العام 1905 وقبل أن ينشر أينشتاين نظريته الخاصة بالنسبية، كان علماء الفيزياء يتنازعون حول تناقض فيزيائي ظاهري. يستند مبدأ النسبية إلى فرضية تخلص إلى صلاحية تطبيق قوانين الفيزياء في أي مناط إسناد قصوري. علماً أن المبدأ لم يوافق على الحقيقة القائلة إن سرعة الضوء لا تعتمد على مناط الإسناد الذي يتم قياسها فيه. (نقترح طرح الموضوع للنقاش مع الصف لجلاء الغموض الواضح في هذا التناقض).

بينما اعتقد معظم علماء الفيزياء أنه يجب التخلي عن إحدى هاتين الفرضيتين، حدا بأينشتاين بعد نظره إلى قبول الفرضيتين بعد إدخال بعض التعديلات على فهم العلماء لفكرتي الفضاء والزمن. يُعتبر تمدد الزمن أحد هذه التعديلات.

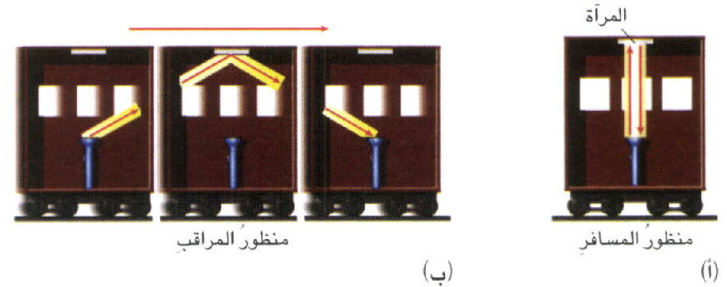
— الشفافة 27، «تمدد الزمن» توضح أن تمدد الزمن يصبح أكثر وضوحاً عند اقتراب السرعات من سرعة الضوء.



قبل أن يطوّر أينشتاين نظريته النسبية Theory of relativity كان الاعتقاد السائد أن الفترة الزمنية (Δt) لحدث ما هي كمية ثابتة بالنسبة إلى مراقب الحدث، سواء كان ثابتاً أو متحركاً بالنسبة إلى مكان إسناد الحدث أو مناطه. يُسمى هذا المفهوم «الزمن المطلق».

نسبية الزمن

في العام 1905، عارض أينشتاين مفهوم الزمن المطلق من خلال مقال بعنوان «الديناميكا الكهربائية للأجسام المتحركة»، ضمّنه نظريته النسبية التي خلّص فيها إلى تأثير حركة مراقب الحدث في طول الفترة الزمنية للحدث. لتتصوّر مسافراً في قطار يتحرك بسرعة ثابتة بالنسبة إلى مراقب واقف على رصيف المحطة، كما يظهر في الشكل 21-2. يضيء المسافر ومضة ضوء في اتجاه مرآة تقع فوق رأسه ثم يقيس الزمن اللازم لعودة الومضة إليه. بما أن القطار والمسافر يتحركان معاً، يرى المسافر الومضة تنتقل مباشرة إلى أعلى ثم تنعكس إلى أسفل كما يظهر في الشكل 21-2 (أ). أما المراقب على رصيف المحطة وبسبب حركة القطار بالنسبة إلى المحطة، فإنه يرى مسار الومضة قد شكّل زاوية مع المرآة، كما يظهر في الشكل 21-2 (ب). تصبح بالتالي المسافة التي يقطعها الضوء بالنسبة إلى المراقب أطول من المسافة التي يقطعها الضوء



الشكل 21-2

(أ) يرسل المسافر على القطار ومضة ضوء في اتجاه المرآة المثبتة فوق رأسه. (ب) المسافة التي يقطعها الضوء بالنسبة إلى المراقب أطول من المسافة التي يقطعها بالنسبة إلى المسافر.

إضافات

- حث المتعلمين على إجراء بحث حول تقلص الطول الذي يعتبر إحدى نتائج نظرية أينشتاين الخاصة بالنسبية. يعبر عن تقلص الطول بالمعادلة التالية:

$$L = L_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

- دع المتعلمين يعوضوا قيماً مختلفة للسرعة في معادلتَي الزمن والطول من أجل تحديد السرعات التي تصبح فيها تأثيرات النسبية ذات دلالة.

- حث المتعلمين على القيام بتجارب بحثية تهدف إلى دعم النظرية النسبية.

فكرة مفيدة في التعليم

يصلح استخدام نظرية أينشتاين الخاصة بالنسبية فقط إذا كانت حركة مناطي الإنسان أحدهما بالنسبة إلى الآخر منتظمة. عند تسارع أحد المناطين بالنسبة إلى الآخر تستعمل النظرية العامة للنسبية.

قف! احذر الخطأ المفهومي

قد يعتقد بعض المتعلمين، بسبب عدم تحسسهم لظاهرة تمدد الزمن، أن تمدد الزمن فكرة نظرية دون تطبيق أو تأثير فيزيائي. ناقش بعض التجارب المختبرية التي تساعد على دعم وجود تأثير فيزيائي حقيقي لتمدد الزمن.

بالنسبة إلى المسافر. يفترض أينشتاين في نظريته النسبية أن سرعة الضوء في الفراغ ثابتة بالنسبة إلى أي مراقب حتى وإن تحرك مصدر الضوء بالنسبة إليه. بالرغم من تعارض هذا الافتراض مع بديهيات الأمور فقد دعمته تجربة أرماند فيتزو في العام 1851.

بما أن سرعة الضوء هي نفسها بالنسبة إلى المسافر والمراقب، فإن الاختلاف في المسافة التي قطعها الضوء ينتج منه اختلاف في طول الفترة الزمنية أيضاً تبعاً للمعادلة $\Delta t = \frac{d}{v}$. أي إن الفترة الزمنية التي استغرقها الحدث نفسه بالنسبة إلى المراقب هي أطول من الفترة الزمنية المقيسة بالنسبة إلى المسافر. تسمى ظاهرة الاختلاف هذه المسببة للزيادة في الفترة الزمنية ظاهرة «تمدد الزمن».

حساب تمدد الزمن

لحساب تمدد الزمن نستخدم المعادلة التالية:

$$\Delta t = \frac{\Delta t'}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

حيث: Δt هي الفترة الزمنية بالنسبة إلى المراقب. و $\Delta t'$ هي الفترة الزمنية بالنسبة إلى المسافر. و v هي سرعة القطار بالنسبة إلى المراقب. $c = 3 \times 10^8$ m/s هي سرعة الضوء في الفراغ. تكون v عادة أقل كثيراً من c ، ما يجعل قيمة الكسر $\frac{v^2}{c^2}$ صغيرة جداً إلى حد تتساوى فيه Δt و $\Delta t'$.

لهذا السبب لا نلاحظ في حياتنا اليومية تمدداً زمنياً. أما حين تقترب قيمة السرعة v من سرعة الضوء c فتمدّد الزمن يصبح ظاهرة ملحوظة، وذا قيمة لا متناهية حين تتساوى قيمتا v و c .

بالنسبة إلى أينشتاين، الحركة إذن بين القطار والرصيف نسبية، ما يعني أنه يمكن اعتبار أي منهما متحركاً بالنسبة إلى الآخر. فالقطار جسم ساكن بالنسبة إلى المسافر ومتحرك بالنسبة إلى المراقب على الرصيف. وبدلاً من إجراء التجربة الضوئية على القطار نفترض أن المراقب قام بإجرائها على رصيف المحطة. يترأى عندئذ للمسافر أن الضوء يقطع مسافة أطول من المسافة التي يراها المراقب، فيتهياً للمسافر أن ساعة توقيت المراقب أبطأ، أي إن الفترة الزمنية المقيسة عند المراقب هي أطول من الفترة الزمنية المقيسة للحدث نفسه عند المسافر. يُسمى هذا الاختلاف «تمدد الزمن». في هذه الحالة، عندما تكون ساعة التوقيت ساكنة بالنسبة إلى مناطِ إسناد الحدث، يكون قياس الزمن بالنسبة إلى المسافر هو القياس الطبيعي.



فكرة مفيدة في التعليم

يقيس بعض الأهالي طول أولادهم سنوياً بوضع إشارة على الحائط. وضح في هذه الحالة أن نمو الطول السنوي للولد هو الإزاحة، ومعدل نموه (سرعة) هو الإزاحة مقسومة على الزمن (سنة واحدة)، والتغير في معدل نموه في وحدة الزمن (العجلة) هو الفرق بين معدل النمو من سنة إلى أخرى.

مصطلحات أساسية

- مناطق الإسناد
Frame of reference (ص 31)
- الإزاحة Displacement (ص 31)
- المسافة Distance (ص 31)
- السرعة المتوسطة
Average velocity (ص 33)
- ميل المستقيم Slope (ص 35)
- السرعة اللحظية
Instantaneous velocity (ص 36)
- العجلة Acceleration (ص 38)
- السقوط الحر Free fall (ص 50)

رموز أساسية

الكميات	الرموز	الوحدات
الموقع	x	m
الموقع	y	m
الإزاحة الأفقية	Δx	m
الإزاحة الرأسية	Δy	m
السرعة	v	m/s
العجلة	a	m/s ²
عجلة الجاذبية الأرضية	g	m/s ²

57 الحركة في بعد واحد

ملخص الفصل 2

أفكار أساسية

القسم 1-2 الإزاحة والسرعة

- الإزاحة هي التغير في الموقع في اتجاه معين، وليست المسافة الكلية المقطوعة.
- السرعة المتوسطة لجسم معين خلال فترة زمنية تساوي إزاحة الجسم مقسومة على تلك الفترة الزمنية. والسرعة، مثل الإزاحة، تدل على مقدار واتجاه.
- تتمثل السرعة المتوسطة بالمعادلة التالية:

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

- السرعة المتوسطة تساوي ميل الخط المستقيم الذي يصل النقطة الابتدائية بالنقطة النهائية على منحنى (الموقع - الزمن) للجسم.

القسم 2-2 العجلة

- العجلة تساوي التغير في السرعة مقسوماً على الفترة الزمنية. وللعجلة مقدار واتجاه.
- في حالة الحركة في بعد واحد يكون اتجاه العجلة في اتجاه الحركة نفسه حين يزداد مقدار السرعة، وعكس الحركة حين يتناقص مقدار السرعة.
- تُعطى العجلة بالمعادلة التالية:

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

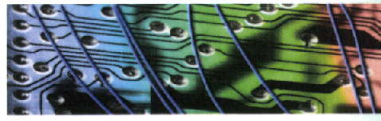
- العجلة تساوي ميل الخط المستقيم الذي يصل النقطة الابتدائية بالنقطة النهائية على منحنى (السرعة - الزمن) للجسم.
- المعادلات الواردة في الصفحة (48) تُطبق في حالة العجلة الثابتة.

القسم 3-2 السقوط الحر للأجسام

- بغياض مقاومة الهواء يتعرض جسم عند رميه أو إفلاته في مجال جاذبية الأرض، إلى عجلة ثابتة في اتجاه مركز الأرض تُسمى عجلة السقوط الحر أو عجلة الجاذبية الأرضية.
- تتساوى قيمة عجلة السقوط الحر لجميع الأجسام بالرغم من اختلاف كتلتها عند إهمال مقاومة الهواء.
- مقدار عجلة السقوط الحر المستعملة في هذا الكتاب هو: $a = -g = -9.81 \text{ m/s}^2$.
- تعتبر في هذا الكتاب عجلة السقوط الحر في الاتجاه السالب، لأن اتجاه المحور الموجب إلى أعلى في حين أن اتجاه عجلة السقوط الحر إلى أسفل.

مراجعة الفصل 2

راجع وقم



الفصل 2

مراجعة الفصل

إجابات

الفصل 2

1. 5.0 m : 5.0 m

2. بميل الخط عند كل نقطة.

3. أ. يجب أن يكون الميل صفراً.

ب. يجب أن يكون الميل موجباً وثابتاً.

ج. يجب أن يكون الميل سالباً وثابتاً.

4. موجبة بين 0 و t_1 . سالبة بين t_1 و t_3 .

صفر عند t_1 وبين t_3 و t_4

5. أ. من t_1 إلى t_3

ب. من t_3 إلى t_4

ج. من 0 إلى t_1

6. يجب أن تكون إزاحة البطة أيضاً صفراً.

7. 498 km

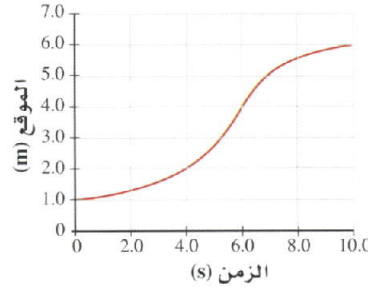
8. أ. -2.0 m

ب. -0.67 m/s.

الإزاحة والسرعة

أسئلة مراجعة

1. احسب، مستخدماً الشكل 22-2، المسافة المقطوعة والإزاحة خلال الفترة الزمنية المبينة.



الشكل 22-2

2. بم تمثّل السرعة اللحظية على منحنى (الموقع - الزمن) في الشكل 22-2؟

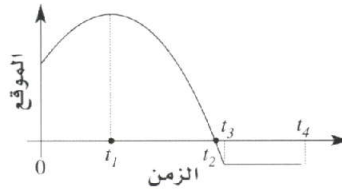
3. ارسم منحنى (الموقع - الزمن) لكل من الحالات التالية:

أ. جسم ساكن.

ب. جسم يتحرك بسرعة موجبة ثابتة.

ج. جسم يتحرك بسرعة سالبة ثابتة.

4. يمثل منحنى (الموقع - الزمن) في الشكل 23-2 حركة حشرة. هل السرعة موجبة أم سالبة أم صفر، في كل فترة زمنية مبينة في المنحنى؟



الشكل 23-2

5. أجب عن الأسئلة الواردة أدناه مستخدماً الشكل 23-2.

أ. خلال أي فترة زمنية تزداد السرعة في الاتجاه السالب؟

ب. خلال أي فترة زمنية يكون الجسم في حالة سكون؟

ج. خلال أي فترة زمنية تتناقص السرعة في الاتجاه الموجب؟

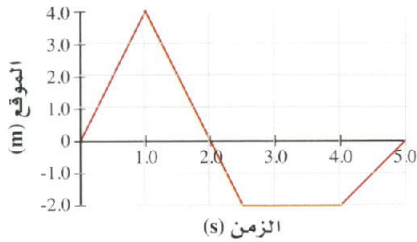
أسئلة حول المفاهيم

6. ماذا تقول عن إزاحة بطّة في فترة زمنية معينة، إذا كان متوسط سرعتها في تلك الفترة صفراً؟

مسائل تطبيقية

7. تسير حافلة من مكة المكرمة إلى المدينة المنورة بسرعة متوسطة 83 km/h باتجاه الشمال ولمدة 6.0 h، ما إزاحة الحافلة؟

8. يمثل منحنى (الموقع - الزمن) في الشكل 24-2 حركة سنجاب على حبل غسيل.



الشكل 24-2

أ. ما إزاحة السنجاب حتى اللحظة $t = 3.0$ s؟

ب. ما السرعة المتوسطة للسنجاب في الفترة الزمنية بين 0.0 s و 3.0 s؟

مراجعة الفصل 2

9. أ. $+70.0 \text{ m}$
ب. $+140.0 \text{ m}$
ج. $+14 \text{ m/s}$
د. $+28 \text{ m/s}$
10. أ. 91.0 km
ب. 53.5 km/h
11. أ. $v_1 = 4.0 \text{ m/s} ; \Delta x_1 = 2400 \text{ m}$
ب. $v_2 = 2.5 \text{ m/s} ; \Delta x_2 = 1500 \text{ m}$
ج. $v_3 = 1.5 \text{ m/s} ; \Delta x_3 = 900 \text{ m}$
د. $v_{avg} = 2.7 \text{ m/s} ; \Delta x_{tot} = 4800 \text{ m}$
12. 0.00 m/s^2
13. أ. الميل هو صفر.
ب. الميل موجب.
ج. الميل سالب.
د. الميل سالب.
هـ. الميل موجب.
14. أ. الجزء الأيسر من الصورة العليا والصورة السفلى.
ب. الجزء الأيمن من الصورة العليا.
ج. الصورة الوسطى.
15. نعم، للسيارة المتباطئة في اتجاه الشرق عجلة في اتجاه الغرب.

11. يُظهر الشكل 26-2 موقع عداء في أوقات مختلفة. احسب الإزاحة والسرعة المتوسطة للعداء في كل من الفترات الزمنية التالية:
أ. بين $t = 0.0 \text{ min}$ و $t = 10.0 \text{ min}$
ب. بين $t = 10.0 \text{ min}$ و $t = 20.0 \text{ min}$
ج. بين $t = 20.0 \text{ min}$ و $t = 30.0 \text{ min}$
د. بين $t = 0.0 \text{ min}$ و $t = 30.0 \text{ min}$

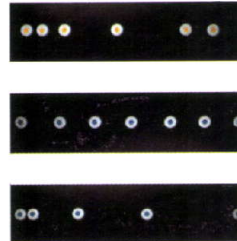
السرعة والعجلة

- أُسئلة مراجعة
12. ما عجلة سَلْحَفَة تتحرك بسرعة ثابتة مقدارها 0.25 m/s في اتجاه اليمين؟
13. ارسم منحنيات (السرعة - الزمن) في حالات الحركة التالية:
أ. حافلة تسير بسرعة ثابتة.
ب. عربة تتسارع بمعدل ثابت وهي تتحرك في الاتجاه الموجب.
ج. نمر يتسارع بمعدل ثابت وهو يتحرك في الاتجاه السالب.
د. غزال يتباطأ بمعدل ثابت وهو يتحرك في الاتجاه الموجب.
هـ. جمل يتباطأ بمعدل ثابت وهو يتحرك في الاتجاه السالب.

أُسئلة حول المفاهيم

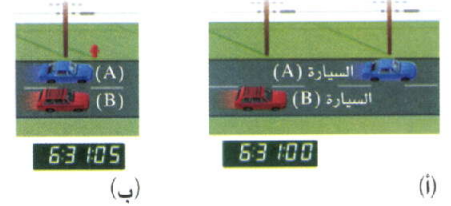
14. تُظهر الصور الستروبوسكوبية في الشكل 27-2 قرصًا يتحرك من اليسار إلى اليمين، بشروط مختلفة وبفترة زمنية ثابتة تفصل بين الصور. حدّد الصورة أو الجزء من الصورة الذي يمثل أنواع الحركة التالية، مفترضًا أن اتجاه اليمين موجب:
أ. العجلة موجبة
ب. العجلة سالبة
ج. السرعة ثابتة

الشكل 27-2



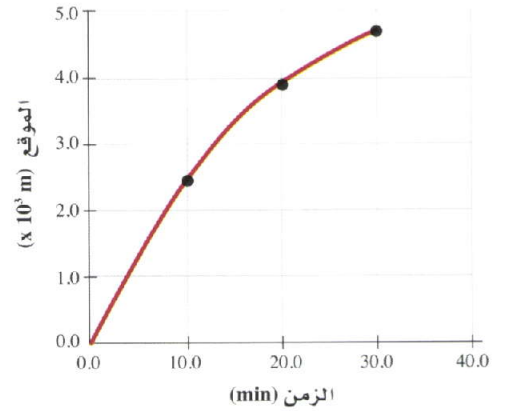
15. هل يمكن لسيارة تتجه شرقًا أن تكون عجلتها في اتجاه الغرب؟ اشرح مستخدمًا أمثلة.

9. تُظهر الصورة (أ) في الشكل 25-2 سيارتين A و B في لحظة معينة على طريق صحراوي، بينما تُظهرهما الصورة (ب) جنبًا إلى جنب عند عمود الهاتف التالي بعد 5.0 s ، يبعد العمود عن الآخر مسافة 70.0 m . احسب ما يلي:
أ. إزاحة السيارة (A) خلال الثواني الخمس.
ب. إزاحة السيارة (B) خلال الثواني الخمس.
ج. السرعة المتوسطة للسيارة (A) خلال الثواني الخمس.
د. السرعة المتوسطة للسيارة (B) خلال الثواني الخمس.



الشكل 25-2

10. يستعمل خالد سيارته للسفر من مدينة إلى أخرى. يقودها بسرعة 80.0 km/h لمدة 30.0 min وبسرعة 105 km/h لمدة 12.0 min وبسرعة 40.0 km/h لمدة 45.0 min . علمًا أن تناول الغداء والتزود بالوقود يستغرقان فترة 15.0 min .
أ. جد المسافة الكلية التي قطعها خالد.
ب. جد السرعة المتوسطة القياسية (Average speed).



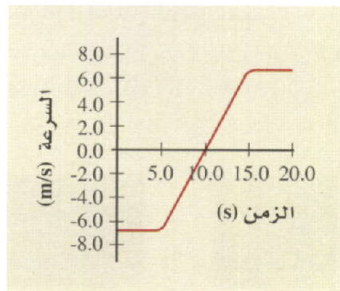
الشكل 26-2

في مسارٍ مستقيم، جدَّ عجلتهُ خلالَ الفتراتِ الزمنيةِ التالية:

أ. من 0.0 s إلى 5.0 s.

ب. من 5.0 s إلى 15.0 s.

ج. من 15.0 s إلى 20.0 s.



الشكل 28-2

مسائل تطبيقية

16. تتحركُ سيارةٌ في خطٍّ مستقيمٍ من سرعةٍ ابتدائيةٍ

5.0 m/s إلى سرعةٍ نهائيةٍ 8.0 m/s بعجلةٍ مقدارها

0.75 m/s². كم يلزمُ من الزمن لتتحقيق هذه العجلة؟

17. تتحركُ سيارةٌ بعجلةٍ مقدارها 0.80 m/s² بدءاً من سرعةٍ

ابتدائيةٍ 7.0 m/s ولمدةٍ 2.0 s. جدَّ سرعتها النهائية v_f .

18. تنزلُ مركبةٌ على الثلج بسرعةٍ ابتدائيةٍ 3.0 m/s.

أ. ما سرعتها النهائية إذا تسارعت بمعدل 0.50 m/s²

ولمدةٍ 7.0 s

ب. كم يلزمُها من الزمن لتقف إذا كانت عجلتها

-0.60 m/s²

19. تزدادُ سرعةُ سيارةٍ تسيرُ في اتجاه الغرب على خطٍّ مستقيمٍ

من 16 m/s إلى 32 m/s خلال 10.0 s.

أ. ما مقدارُ عجلةِ السيارة؟

ب. كم تبلغُ سرعتها المتوسطة؟

ج. ما المسافة التي قطعتها؟

20. تتدحرجُ كرةٌ على تلةٍ من حالة السكون بعجلةٍ مقدارها

3.3 m/s² لمدةٍ 7.5 s. ما المسافة التي قطعها؟

21. تتطلقُ سيارةٌ من السكون بعجلةٍ مقدارها -3.00 m/s².

أ. ما سرعتها بعد مضي 5.0 s

ب. ما إزاحتها بعد مضي 5.0 s

22. تتسارعُ سيارةٌ بمعدل ثابتٍ من السكون إلى سرعةٍ مقدارها

65 km/h خلال 12 s. جدَّ المسافة التي قطعها السيارة خلال

هذه الفترة الزمنية.

23. تتطلقُ سيارةٌ من السكون بعجلةٍ مقدارها 1.50 m/s²

لفترةٍ زمنيةٍ 5.0 s. يضغطُ السائقُ مكابحَ السيارة فتتباطأ

بعجلةٍ مقدارها -2.1 m/s² لمدةٍ 3.0 s.

أ. ما سرعةُ السيارة عند نهاية مرحلة الفرملة؟

ب. ما المسافة التي قطعها السيارة منذ بدء الرحلة؟

24. ينزلُ جسمٌ نزولاً على تلةٍ بعجلةٍ مقدارها 1.40 m/s²

بدءاً من السكون. ما المسافة التي يجب أن يقطعها لتصل

سرعته إلى 7.00 m/s

25. يُظهرُ الشكل 28-2 منحنى (السرعة - الزمن) لجسمٍ يتحركُ

16. 4.0 s

17. 8.6 m/s

18. أ. 6.5 m/s

ب. 5.0 s

19. أ. 1.6 m/s²

ب. 24 m/s

ج. 240 m

20. 93 m

21. أ. 15 m/s

ب. 38 m

22. 110 m

23. 32 m + 1.5 m/s

24. 17.5 m

25. 0.0 m/s²; 1.4 m/s²; 0.0 m/s²

26. أ. 2.0 x 10¹ s

ب. لا، تحتاج الطائرة إلى 1.2 km على

الأقل لتتمكن من الهبوط.

27. أ. 11 m/s

ب. 52 s

28. 0.99 m/s

29. أ. تتناقص سرعة الكرة لتصبح صفراً

عند أعلى نقطة، ثم تتزايد بعدها في

الاتجاه السالب.

ب. تكون سرعة الكرة صفراً عند أعلى

ارتفاع.

ج. -9.81 m/s²

د. -9.81 m/s²

السقوط الحر للأجسام

أسئلة حول المفاهيم

29. قُذِفَتْ كرةٌ رأسياً إلى أعلى.

أ. ماذا يحدثُ لسرعةِ الكرة وهي في الهواء؟

ب. ما سرعتها عند أقصى ارتفاع لها؟

ج. ما عجلتها عند أقصى ارتفاع لها؟

د. ما عجلتها قبيل وصولها إلى الأرض؟

مراجعة الفصل 2

30. يمكن تحليل سرعة كل كرة بدلالة المسافات بين الصور، والعجلة بمقارنة هذه المسافات. كلتا الكرتين تتسارعان وتبدأن تقريباً بالعجلة نفسها، إلا أن عجلة الكرة الأصغر تتناقص تدريجياً نتيجة لمقاومة الهواء. خذ كتلة الجسم فقط في الاعتبار عند تحديد تأثير مقاومة الهواء وأهمل عوامل التأثير الأخرى كالشكل ومساحة المقطع والسرعة وغيرها.

31. أ. نعم

ب. نعم

ج. نعم

32. -39.6 m/s

33. 0.60 s

34. أ. 2.55 s

ب. 2.63 s

35. أ. 0.20 s

ب. 0.06 s و 0.34 s

ج. يمكن أن تتباين الإجابات قليلاً لكنها

تكون قريبة من القيم التالية:

$$v = 1.5 \text{ m/s}, t = 0.05 \text{ s}$$

$$v = 1.0 \text{ m/s}, t = 0.10 \text{ s}$$

$$v = 0.5 \text{ m/s}, t = 0.15 \text{ s}$$

$$v = 0.0 \text{ m/s}, t = 0.20 \text{ s}$$

د. تتباين الإجابات قليلاً لكنها يجب أن

تكون قريبة من -10 m/s^2 .

36. 1.51 h

37. أ. 2.00 min

ب. 1.00 min

ج. 2.00 min

أ. كم من الزمن يلزمها من لحظة قذفها لتصل إلى ارتفاعها الأقصى؟

ب. كم من الزمن يلزمها لتتهبط من أقصى ارتفاع لها إلى سطح الأرض؟

35. يبين الشكل 2-30 الموقع الرأسي بالنسبة إلى الزمن لكرة قذفت إلى أعلى في الهواء.

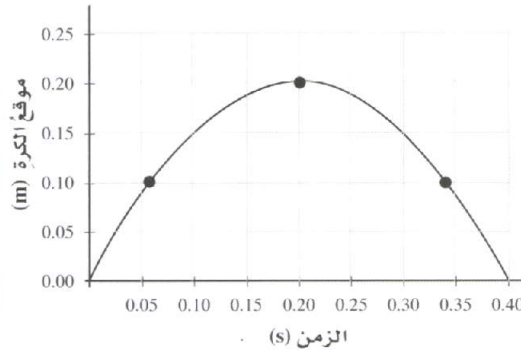
أ. كم من الزمن يلزم الكرة لتصل إلى ارتفاعها الأقصى؟
ب. كم من الزمن يلزمها لتصل إلى نصف ارتفاعها الأقصى؟

ج. أعط القيمة التقديرية للميل $\Delta y / \Delta t$ في اللحظات:

$$t = 0.05 \text{ s}, t = 0.10 \text{ s}, t = 0.15 \text{ s}, t = 0.20 \text{ s}$$

ارسم على ورقة رسم بياني نظام إحداثيات تكون فيه السرعة (v) على محور y ، والزمن (t) على محور x . عيّن على الرسم مقادير السرعة التقديرية بالنسبة إلى الزمن.

د. حدّد، مستخدماً المنحنى الذي رسمته، عجلة الكرة.



الشكل 2-30

مراجعة عامة

36. ما الزمن اللازم لدوران مركبة فضائية حول الأرض دورة واحدة إذا كان متوسط سرعتها $27\,800 \text{ km/h}$ ؟ خذ في الاعتبار أن المركبة تحلق على ارتفاع 320.0 km فوق سطح الأرض، وأن نصف قطر الأرض يبلغ 6380 km .

37. يسافر قطار بين محطتين 1 و 2 كما في الشكل 2-31. ينطلق من السكون من المحطة 1 ويعجلة ثابتة بين النقطتين A و B، بعدها يسير بسرعة منتظمة بين النقطتين B و C.

30. يُظهر الشكل 2-29 صورة ستروبوسكوبية لكرتين أُسقطتا في الزمن نفسه. الكرة إلى اليسار مُصمّمة، أما كرة الطاولة إلى اليمين فمُجوّفة. حلّ حركة الكرتين مستخدماً السرعة والعجلة.



الشكل 2-29

31. تُقذف باقة ورد رأسياً إلى أعلى. ندرس حركة الباقة خلال فترة زمنية معينة.

أ. هل تبقى قيمة إزاحة الباقة هي نفسها بغض النظر عن موقع النقطة الأصل في نظام الإحداثيات؟

ب. هل تبقى قيمة السرعة المتوسطة للباقة هي نفسها بغض النظر عن موقع النقطة الأصل؟

ج. هل تبقى قيمة العجلة للباقة هي نفسها بغض النظر عن موقع النقطة الأصل؟

مسائل تطبيقية

32. تسقط مطرقة من يد عامل من قمة برج علوّه 80.0 m . ما سرعة المطرقة عند وصولها إلى الأرض؟

33. قذفت كرة من مستوى الأرض رأسياً إلى أعلى، بسرعة ابتدائية مقدارها 25 m/s . أُسقطت كرة أخرى في اللحظة نفسها من السكون من بناء يعلو 15 m . كم من الزمن

يمضي حتى تصير الكرتان على الارتفاع نفسه؟

34. قُذفت كرة رأسياً إلى أعلى بسرعة ابتدائية 25.0 m/s من علوّ 2.0 m .

3.0 s أ. 38.

ب. -24.5 m/s لكل ولد

ج. 23.6 cm

931 m. 39.

0.05 h أ. 40.

ب. 82 km

31 m ، -26 m/s 41.

أ. -24 m/s 42.

ب. 33 m

1.6 s 43.

أ. 24.6 s 44.

ب. 738 m

$-1.5 \times 10^3 \text{ m/s}^2$ 45.

أ. 2.33 s 46.

ب. -32.9 m/s

أ. 3.40 s 47.

ب. -9.2 m/s

ج. -31 m/s ؛ -33 m/s

41. أفلتت حقيبة إسعافات أولية وسقطت من متسلق جبال يهبط بسرعة 1.3 m/s . كم تبلغ سرعة الحقيبة بعد 2.5 s من إفلاتها؟ وكم تكون المسافة بينها وبين المتسلق عند تلك اللحظة؟

42. أفلتت سمكة من فم طائر بجع يطير إلى أعلى بسرعة 0.50 m/s .

أ. كم تكون سرعة السمكة بعد 2.5 s ؟

ب. حدد بُعد السمكة عن الطائر بعد 2.5 s .

43. حارس متنزّه يقود سيارته بسرعة مقدارها 56 km/h . ويقف غزال إلى الطريق على مسافة 65 m أمام السيارة. ينتبه السائق بعد فترة زمنية قصيرة $t \text{ s}$ (هي زمن رد الفعل) فيضغط المكابح لإحداث عجلة مقدارها -3.0 m/s^2 . ما القيمة القصوى لزمن رد الفعل اللازم كي يتجنب السائق صدم الغزال؟

44. يمر عداء سرعته 30.0 m/s بمحاذاة سيارة شرطة في اللحظة التي تنطلق فيها السيارة من السكون بعجلة مقدارها 2.44 m/s^2 .

أ. كم من الزمن يمر قبل أن تتجاوز السيارة العداء؟

ب. ما المسافة التي يقطعها العداء قبل أن تتجاوز السيارة؟

45. أطلقت كرة مضرب بسرعة $10.0 \text{ m/s} +$ في اتجاه اليمين، فاصطدمت بجدار وارتدت في الاتجاه المعاكس بسرعة 8.0 m/s -. استغرق التصادم فترة زمنية مقدارها 0.012 s . ما عجلة الكرة لدى اصطدامها بالجدار؟

46. في أثناء هبوط المظلي بسرعة مقدارها 10.0 m/s ، يفلت حذاءه من ارتفاع 50.0 m .

أ. متى يصل الحذاء إلى الأرض؟

ب. كم تكون سرعة الحذاء لحظة وصوله إلى الأرض؟

47. يقف متسلق جبال على تلة ترتفع 50.0 m فوق بركة ماء ساكن. يقذف حجرين رأسياً، تفصل بين لحظتي قذف الواحد والآخر ثانية واحدة. يلاحظ أنهما ارتطما بسطح الماء في اللحظة نفسها، علماً بأن الحجر الأول قذف بسرعة ابتدائية $2.0 \text{ m/s} +$.

أ. ما الزمن الفاصل بين إلقاء الحجر الأول ووصول الحجرين إلى الماء؟

ب. ما السرعة الابتدائية للحجر الثاني عند قذفه؟

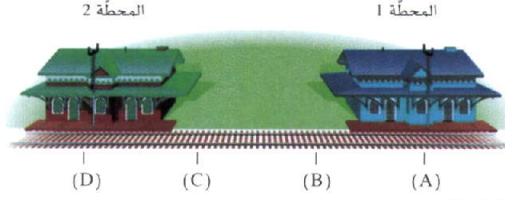
ج. ما سرعة كل من الحجرين عند وصولهما معاً إلى سطح الماء؟

ويتباطأ أخيراً بمعدل ثابت ليقف عند المحطة 2. المسافات AB و BC و CD متساوية، والزمن اللازم لقطع المسافة الكلية بين المحطتين هو 5.00 min . افترض أن العجلتين الثابتتين متساويتان في المقدار على الرغم من كونهما متعاكستين في الاتجاه. كم تستغرق رحلة القطار:

أ. بين النقطتين (A) و (B)؟

ب. بين النقطتين (B) و (C)؟

ج. بين النقطتين (C) و (D)؟



الشكل 31-2

38. يقف ولدان على شرفة ترتفع 19.6 m فوق الطريق. يرمي أحدهما كرة رأسياً إلى الأسفل بسرعة مقدارها 14.7 m/s . وفي اللحظة نفسها يرمي الآخر كرة أخرى بالسرعة الابتدائية نفسها، لكن في اتجاه رأسى إلى أعلى.

أ. ما الفارق الزمني بين الفترتين اللتين تمضيهما الكرتان في الهواء قبل وصولهما إلى الأرض؟

ب. ما سرعة كل كرة عند وصولها إلى الأرض؟

ج. كم تبلغ المسافة الفاصلة بين الكرتين بعد 0.800 s من إطلاقهما؟

39. ينطلق صاروخ من السكون إلى أعلى بعجلة مقدارها $29.4 \text{ m/s}^2 +$. بعد مضي 3.98 s ينفذ الوقود من الصاروخ.

كم يرتفع الصاروخ فوق سطح الأرض؟

40. تنطلق سيارتان في اتجاه الغرب على طريق مستقيم،

إحدهما بسرعة 85 km/h والأخرى بسرعة 115 km/h .

أ. افترض أن السيارتين انطلقتا من النقطة نفسها، ما الفترة الزمنية الفاصلة بين وصول السيارة الأسرع والسيارة الأبطأ إلى محطة تبعد 16 km عن نقطة الانطلاق؟

ب. على أي بعد يجب أن تكون المحطة لكي تسبق السيارة الأسرع السيارة الأبطأ بـ 15 min ؟

مراجعة الفصل 2

48. أ. 310 m
ب. 8.5 s
ج. 16.4 s
49. أ. 13 s
ب. -2.9 m/s^2
ج. 12 s
50. 4.17 m/s

ب. لنفترض أن سائق سيارة الشرطة بدأ استعمال المكابح في اللحظة نفسها التي بدأ فيها الأول استعمال المكابح، كم يجب أن يكون الحد الأدنى للعجلة السالبة لسيارة الشرطة لكي لا تصطدم بالسيارة الفارّة؟
ج. كم من الزمن يلزم سيارة الشرطة لتتوقّف؟

50. يتقدّم سباح في سباق سباحة على أول منافسيه قبل نهاية الحوض بـ 50.0 m وبزمن مقداره 0.50 s. تبلغ سرعته الثابتة 4.00 m/s. كم يجب أن تكون السرعة الثابتة للمتسابق الثاني كي يتمكن من اللحاق بالأول عند نهاية الحوض؟

48. أطلق نموذج صاروخ إلى أعلى بسرعة ابتدائية 50.0 m/s، وبعجلة ثابتة مقدارها 2.00 m/s^2 ، إلى أن توقّف محركه على ارتفاع 150 m.
أ. ما أقصى ارتفاع يصل إليه الصاروخ؟
ب. متى يصل إلى أقصى ارتفاع له؟
ج. كم يبقى الصاروخ في الهواء؟
49. تطارد سيارة الشرطة سيارة فارة. سرعة السيارة الفارة 25 m/s وسرعة سيارة الشرطة 35 m/s. عندما تكون المسافة بين السيارتين 45 m يستعمل سائق السيارة الفارة المكابح فتتباطأ سيارته بعجلة -2.0 m/s^2 .
أ. كم من الزمن يلزم السيارة الفارة لتتوقّف؟

المشاريع والتقارير

4. قُمَ ببحث حول القيم المختلفة لسرعات وعجلات أجسام مختلفة. أعطِ عدّة أمثلة لبعض الحيوانات وبعض وسائل النقل والسباقات الرياضية والزحف القاري والضوء والجسيمات الأولية والكواكب. رتب القيم التي حصلت عليها واعرضها على لوحة كبيرة.

5. نفذ البحث الذي قام به جاليليو على الأجسام الساقطة. ماذا أراد جاليليو أن يثبت؟ أي آراء أو نظريات أراد أن يدحض؟ ما الأدلة التي استعملها لإقناع الآخرين بصحة آرائه؟ هل اعتمد على التجربة والملاحظة؟ أم اعتمد المنطق وطرقاً أخرى؟

6. تتطلب دراسة الأنواع المختلفة من الحركة في الطبيعة أجهزة لقياس الفترات الزمنية. حضّر عرضاً لنوع معين من أنواع الساعات، كالساعات المائية أو الرملية أو البندولية أو ساعات الرياح أو الساعات الذرية أو البيولوجية. من الذي اخترع أو اكتشف الساعة؟ أي مقدار من الزمن تقيس؟ ما المبادئ أو الظواهر التي تشكّل الأساس لكل نوع من الساعات؟ هل يمكن ضبطها؟

1. هل يمكن لمركب يسير في اتجاه الغرب أن يتسارع في اتجاه الشرق؟ ماذا يحصل لسرعة المركب؟ أعطِ أمثلة على أجسام أخرى تتسارع في اتجاه معاكس لاتجاه سيرها، وليكن لأحد هذه الأمثلة قيم رقمية. ارسم منحنيات ومخططات توضيحية.

2. في مرة قادمة تسافر فيها بسيارة، سجل، عدّة مرّات، ولمدّة عشر دقائق، الأرقام الظاهرة على اللوحة أمام السائق، كالساعة وعدّاد السرعة وعدّاد المسافة وغيرها. اكتب تقريراً عن حركة السيارة يتضمن خرائط وجدولاً ورسوماً بيانية. تبادل هذا التقرير مع صديق لك كان في رحلة أخرى. حاول أن تعرف تفاصيل رحلته من خلال تقريره.

3. رُمي حجران من أعلى تلة في الوقت نفسه وبالسّعة نفسها، أحدهما إلى أعلى والآخر إلى أسفل. أي الحجرين (إن سبق الآخر) يصل إلى الأرض أولاً؟ أيهما يصل إلى الأرض بسرعة أكبر (إن وصل قبل)؟ في نقاش ضمن مجموعة، ادعم توقّعاتك بأفضل البراهين. أعطِ قيمًا رقمية للمسألة وحلّها لتفحص مدى صحة توقّعاتك.

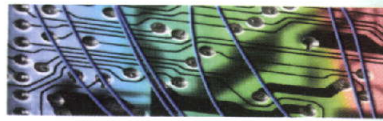
63 الحركة في بعد واحد

المشاريع والتقارير أجوبة

والتأكد من رتبة العظم في أمثلتهم.
5. أجرى جاليليو تجارب منطقية وتفصيلية ليعارض وجهة نظر أرسطو القائلة بأن الأجسام تميل إلى التحرك طبيعياً إلى أسفل، وأن سقوط الأجسام الثقيلة يكون أسرع.
6. قد تحتوي أجوبة المتعلمين على طريقة استخدام جاليليو لنبضه من أجل قياس فترات زمنية متساوية، وكذلك ساعة هيجنز (Huygens) التي تعتبر أول ساعة تقيس بدرجة ضبط 1 s.

1. يجب أن تتضمن كل الأمثلة سرعات متناقصة. يجب أن تظهر المنحنيات السرعة في حالة تناقص.
2. يستطيع المتعلمون التخطيط لرحلة بالاستناد إلى معلومات الاتجاه من خريطة، ومعلومات السرعة من عدّاد السرعة.
3. يصطدم الحجر المرمي إلى أسفل بالأرض أولاً، لكن يكون لكليهما السرعة نفسها عند الاصطدام بالأرض.
4. يجب على المتعلمين تدوين القيم بوحدات مناسبة

تقويم الفصل 2



الفصل 2

تقويم الفصل

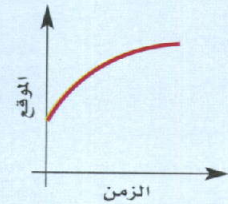
إجابات

الفصل 2

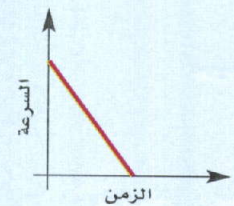
1. ب
2. أ
3. د
4. ج
5. ج
6. ب
7. د

8. تقتصر الإزاحة على قياس التغير في الموقع بين نقطتي الانطلاق والانتها. أما المسافة فهي طول المسار الذي يقطعه الجسم من نقطة البداية إلى نقطة النهاية، ويمكن أن يكون أطول أو يساوي طول الإزاحة.

9. أ.

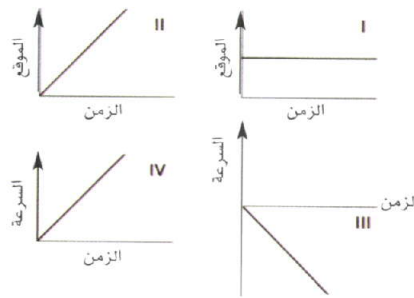


ب.



اختيار من متعدد

استخدم الرسوم البيانية أدناه للإجابة عن الأسئلة 1-3.



1. أي من الرسوم يمثل حركة جسم يتحرك بسرعة ثابتة وموجبة؟

- أ. I
ب. II
ج. III
د. IV

2. أي من الرسوم يمثل حركة جسم ساكن؟

- أ. I
ب. II
ج. III
د. IV

3. أي من الرسوم يمثل حركة جسم يتحرك بعجلة ثابتة وموجبة؟

- أ. I
ب. II
ج. III
د. IV

4. تنطلق حافلة من مدينة إلى أخرى في رحلة تستغرق 5.2 h وبسرعة متوسطة مقدارها 73 km/h باتجاه الجنوب. ما إزاحة الحافلة؟

- أ. 73 km باتجاه الجنوب.
ب. 370 km باتجاه الجنوب.
ج. 380 km باتجاه الجنوب.
د. 14 km/h باتجاه الجنوب.

5. أي من النصوص التالية يصح للعجلة؟

- أ. إشارة العجلة هي دائماً إشارة الإزاحة نفسها.
ب. إشارة العجلة هي دائماً إشارة السرعة نفسها.
ج. تعتمد إشارة العجلة على كل من اتجاه الحركة وكيفية تغير السرعة.
د. إشارة العجلة موجبة دائماً.

6. تبدأ كرة بالتدحرج من السكون من على تلة بعجلة مقدارها 3.3 m/s^2 . إذا تسارعت الكرة لمدة 7.5 s، ما المسافة التي تقطعها خلال هذه الفترة؟

- أ. 12 m
ب. 93 m
ج. 120 m
د. 190 m

7. أي من النصوص التالية يصح في كرة تُطلق رأسياً إلى أعلى؟

- أ. تكون إشارة عجلة الكرة سالبة في أثناء الصعود وموجبة في أثناء السقوط.
ب. تكون إشارة عجلة الكرة موجبة في أثناء الصعود وسالبة في أثناء السقوط.
ج. تكون إشارة عجلة الكرة صفراً في أثناء الصعود وموجبة في أثناء السقوط.
د. تكون عجلة الكرة ثابتة في فترتي الصعود والسقوط.

أسئلة ذات إجابة قصيرة

8. اشرح الفرق بين الإزاحة والمسافة المقطوعة، في جملة أو جملتين.

9. ارسم ما يلي لجسم يتحرك بعجلة ثابتة وسالبة:

- أ. الخط البياني لمنحنى (الموقع - الزمن).
ب. الخط البياني لمنحنى (السرعة - الزمن).
افترض، في الحالتين أعلاه، أن الجسم بدأ الحركة بسرعة موجبة وإزاحة موجبة بالنسبة إلى نقطة الأصل.

تقويم الفصل 2

10. أ. $+6.5 \text{ m/s}$
ب. 5.0 s
11. أ. 1.6 m/s^2 نحو الشرق.
ب. 24 m/s نحو الشرق.
ج. 240 m
12. أ. 2.55 s
ب. 5.18 s

10. تتطلق سيارة على مسارٍ مستقيمٍ بسرعةٍ ابتدائيةٍ $+3.0 \text{ m/s}$.

- أ. إذا تسارعت السيارة بعجلة 5.0 m/s^2 لمدة 7.0 s ، كم تصبح سرعتها النهائية؟
ب. إذا تسارعت السيارة بعجلة 6.0 m/s^2 بدءاً من سرعتها الابتدائية $+3.0 \text{ m/s}$ ، كم يلزمها من الوقت لتتوقف تماماً؟

أسئلة ذات إجابة مطوّلة

11. تسير سيارة باتجاه الشرق على طريقٍ مستقيمٍ فتزيد سرعتها بشكلٍ منتظمٍ من 16 m/s إلى 32 m/s خلال فترة 10.0 s .
- أ. ما عجلة السيارة؟
ب. ما السرعة المتوسطة للسيارة؟
ج. ما المسافة التي قطعتها السيارة خلال فترة التسارع؟
12. أُطلقت كرة رأسياً إلى أعلى بسرعة 25.0 m/s من ارتفاع 2.0 m فوق سطح الأرض.
- أ. ما الوقت اللازم للكرة للوصول إلى أعلى نقطة؟
ب. كم تستغرق الكرة في الهواء قبل وصولها إلى الأرض؟



قسم الملاحق

68

الملاحق

80

أجوبة عن
مسائل مختارة

81

المُفردات

67

الملاحق

الملحق (أ): مراجعة في الرياضيات

الترميز العلمي

قوى العشرة الموجبة

الكثير من الكميات التي يتعامل بها العلماء تكون، في الغالب، كبيرة جداً أو صغيرة جداً. فللضوء مثلاً سرعة مقدارها حوالي 300 000 000 m/s، والحبر اللازم لوضع نقطة على حرف تبلغ كتلته 0.000 000 001 kg. يربكنا التعامل مع أرقام كهذه. ولتقادي هذا الإرباك، نستخدم طريقة تعتمد على قوى الرقم 10.

$$10^0 = 1$$

$$10^1 = 10$$

$$10^2 = 10 \times 10 = 100$$

$$10^3 = 10 \times 10 \times 10 = 1000$$

$$10^4 = 10 \times 10 \times 10 \times 10 = 10\,000$$

$$10^5 = 10 \times 10 \times 10 \times 10 \times 10 = 100\,000$$

قوة الرقم عشرة، أو أس الرقم عشرة، تحدّد عدد الأصفار، فنكتب سرعة الضوء التي تبلغ 300 000 000 m/s على شكل 3×10^8 m/s. ويكون في هذه الحالة أس العشرة الرقم 8.

قوى العشرة السالبة

للأرقام التي تقل عن 1، نلاحظ ما يلي:

$$10^{-1} = \frac{1}{10} = 0.1$$

$$10^{-2} = \frac{1}{10 \times 10} = 0.01$$

$$10^{-3} = \frac{1}{10 \times 10 \times 10} = 0.001$$

$$10^{-4} = \frac{1}{10 \times 10 \times 10 \times 10} = 0.0001$$

$$10^{-5} = \frac{1}{10 \times 10 \times 10 \times 10 \times 10} = 0.000\,01$$

تساوي قيمة القوة السالبة عدد الخانات التي يجب أن تقطعها الفاصلة يميناً لتصبح إلى يمين خانة الرقم الأول غير الصفر (الخانة في هذه الحالة هي 1). والطريقة التي تكتب بها الأعداد على شكل رقم - من 1 إلى أقل من عشرة - مضروب بقوة العشرة الموجبة أو السالبة، تسمى الترميز العلمي. نكتب مثلاً العدد 5 943 000 000 على الشكل 5.943×10^9 . وبطريقة الترميز العلمي، أيضاً، نكتب 0.000 083 2 على الشكل 8.32×10^{-5} .

الضرب والقسمة باستخدام الترميز العلمي

عند ضرب الأرقام المكتوبة بطريقة الترميز العلمي يمكن استخدام القاعدة التالية:

$$10^n \times 10^m = 10^{(m+n)}$$

يمكن لـ n و m أن يكون كل منهما أي عدد، وليس بالضرورة عددًا صحيحًا. مثلاً،
 $10^2 \times 10^5 = 10^7$ بينما $10^{3/4} \times 10^{1/2} = 10^{5/4}$. تُطبق هذه القاعدة أيضًا على القوى
 السالبة، فمثلاً: $10^3 \times 10^{-8} = 10^{-5}$. عند قسمة الأعداد المكتوبة بالترميز العلمي، نلاحظ
 ما يلي:

$$\frac{10^n}{10^m} = 10^n \times 10^{-m} = 10^{(n-m)}$$

$$\frac{10^3}{10^2} = 10^{(3-2)} = 10^1$$

الكسور

يلخص الجدول 1 (i) قواعد عمليات ضرب الكسور وقسمتها وجمعها وطرحها، حيث a و b و c و d هي أربعة أرقام.

الجدول 1 (i) العمليات الأساسية للكسور

العملية	القاعدة	المثال
الضرب	$\left(\frac{a}{b}\right)\left(\frac{c}{d}\right) = \frac{ac}{bd}$	$\left(\frac{2}{3}\right)\left(\frac{4}{5}\right) = \frac{(2)(4)}{(3)(5)} = \frac{8}{15}$
القسمة	$\frac{\left(\frac{a}{b}\right)}{\left(\frac{c}{d}\right)} = \frac{ad}{bc}$	$\frac{\left(\frac{2}{3}\right)}{\left(\frac{4}{5}\right)} = \frac{(2)(5)}{(3)(4)} = \frac{5}{6}$
الجمع والطرح	$\frac{a}{b} \pm \frac{c}{d} = \frac{ad \pm bc}{bd}$	$\frac{2}{3} - \frac{4}{5} = \frac{(2)(5) - (3)(4)}{(3)(5)} = -\frac{2}{15}$

القوى

قواعد الأس

عند ضرب كمية معينة (x) قوتها (m) في الكمية نفسها وقوتها (n) ، نطبق قاعدة الترميز العلمي كما يلي:

$$(x^n)(x^m) = x^{(n+m)}$$

$$(x^2)(x^4) = x^{(2+4)} = x^6$$

عند قسمة قوى مختلفة للكمية نفسها نلاحظ:

$$\frac{x^n}{x^m} = x^{(n-m)}$$

$$\frac{x^8}{x^2} = x^{(8-2)} = x^6$$

القوة التي على شكل كسر مثل $\frac{1}{3}$ ، تصبح جذراً كما يلي:

$$x^{1/n} = \sqrt[n]{x}$$

مثلاً، $4^{1/3} = \sqrt[3]{4} = 1.5874$ (يمكن الاستفادة من الآلة الحاسبة لهذه الحسابات).
أخيراً، عند رفع كمية x^n إلى القوة m تصبح كما يلي:

$$(x^n)^m = x^{nm}$$

$$(x^2)^3 = x^{(2)(3)} = x^6$$

يلخص الجدول 2 (أ) القواعد الأساسية للأس.

الجدول 2 (أ) القواعد الأساسية للأس

$(x^n)(x^m) = x^{(n+m)}$	$x^1 = x$	$x^0 = 1$
$(x^n)^m = x^{(nm)}$	$x^{1/n} = \sqrt[n]{x}$	$\frac{x^n}{x^m} = x^{(n-m)}$

الجبر

حساب المجهول

عند قيامنا بعمليات جبرية، نطبق قوانين الحساب. تمثل الرموز مثل x, y, z عادة كميات غير محددة. تسمى هذه الكميات «المجهولات».
لنأخذ أولاً المعادلة:

$$8x = 32$$

إذا أردنا حساب x ، نقسم جانبي المعادلة على المعامل نفسه دون تغيير في المعادلة. في هذه الحالة إذا قسمنا الجانبيين على 8 نحصل على:

$$\begin{aligned} \frac{8x}{8} &= \frac{32}{8} \\ x &= 4 \end{aligned}$$

لنأخذ بعدها المعادلة التالية:

$$x + 2 = 8$$

في هذا النوع من المعادلات، نجمع أو نطرح كمية واحدة من كل طرف. إذا طرحنا 2 من كل طرف نحصل على التالي:

$$\begin{aligned} x + 2 - 2 &= 8 - 2 \\ x &= 6 \end{aligned}$$

وبشكل عام $x + a = b$ تُحوَّل إلى $x = b - a$
لنأخذ الآن المعادلة التالية:

$$\frac{x}{5} = 9$$

إذا ضربنا كل طرف في 5، تبقى x وحدها في الجهة اليسرى والقيمة 45 في الجهة اليمنى

$$(5)\left(\frac{x}{5}\right) = (9)(5)$$

$$x = 45$$

في جميع الحالات، ما يطبق من عمليات على الجهة اليسرى يجب أن يطبق على الجهة اليمنى.

التحليل إلى عوامل

يبين الجدول 3 (أ) بعض المعادلات المفيدة لتحليل المعادلة إلى عوامل.

يمكن مثلاً كتابة المعادلة $5x + 5y + 5z = 0$ على الشكل $5(x + y + z) = 0$ ، حيث يسمّى الرقم 5 عاملاً مشتركاً.

أما التعبير $a^2 + 2ab + b^2$ ، الذي يعتبر مثلاً على مربع كامل، فيمكن أن يكتب: $(a + b)^2$.

إذا كانت $a = 2$ و $b = 3$ ، عندها $(2 + 3)^2 = 3^2 + (2)(2)(3) + 2^2$ ،

أو $25 = (4 + 12 + 9)$. وأخيراً، $5^2 = 25$.

وكمثال على الفرق بين عددين مربعين نأخذ $a = 6$ و $b = 3$.

في هذه الحالة $(6 - 3)(6 + 3) = (6^2 - 3^2) = 27 = (9)(3) = (9 - 9)(36)$.

الجدول 3 (أ) معادلات التحليل إلى عوامل

$ax + ay + az = a(x + y + z)$	عامل مشترك
$(a + b)^2 = a^2 + 2ab + b^2$	مربع كامل
$a^2 - b^2 = (a + b)(a - b)$	الفرق بين عددين مربعين

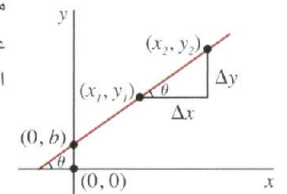
المعادلات الخطية

للمعادلة الخطية الشكل العام التالي:

$$y = ax + b$$

حيث a و b ثابتان. تُسمّى هذه المعادلة معادلة خطية، لأن منحني y بالنسبة إلى x هو خط مستقيم، كما يظهر في الشكل 1 (أ). يسمّى الثابت b التقاطع مع المحور y . يساوي الثابت a ميل الخط المستقيم، ويساوي أيضاً ظلّ الزاوية بين هذا الخط والمحور x ، أي θ . إذا حدّدنا على الخط، إحداثيات النقطتين (x_1, y_1) و (x_2, y_2) ، كما في الشكل 1 (أ)، يكون ميل الخط المستقيم:

$$\frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \text{الميل}$$

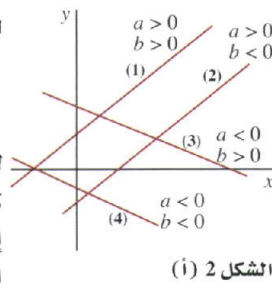


الشكل 1 (أ)

لنأخذ مثلاً النقطتين (2,4) و (6,9). مع هذه القيم يكون ميل الخط:

$$\text{الميل} = \frac{5}{4} = \frac{(9-4)}{(6-2)}$$

لاحظ أنه يمكن لكل من a و b أن تكون موجبة أو سالبة. يكون ميل الخط المستقيم موجباً إذا كانت $a > 0$ ، وسالباً إذا كانت $a < 0$. بالإضافة إلى ذلك يكون التقاطع مع محور y موجباً إذا كانت $b > 0$ ، وسالباً إذا كانت $b < 0$. يبين الشكل 2 (أ) أمثلة على الحالات الأربع السابقة، التي لخصها الجدول 4 (أ).



الجدول 4 (أ) المعادلات الخطية

الميل	التقاطع مع y	الثوابت
موجب	موجب	$a > 0, b > 0$
موجب	سالب	$a > 0, b < 0$
سالب	موجب	$a < 0, b > 0$
سالب	سالب	$a < 0, b < 0$

التحويل بين الكسور والأعداد العشرية والنسب المئوية

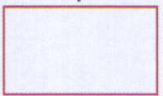
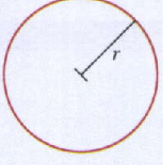
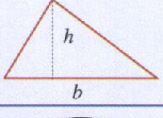
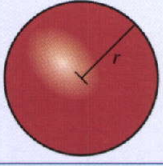
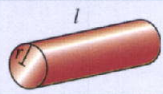
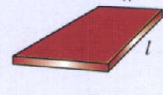
يلخص الجدول 5 (أ) قواعد تحويل الأعداد من كسور إلى أعداد عشرية ونسب مئوية، ومن نسب مئوية إلى أعداد عشرية.

الجدول 5 (أ) التحويلات

التحويل	القاعدة	المثال
من كسر إلى عدد عشري	اقسم الصورة على المخرج	$\frac{31}{45} = 0.69$
من كسر إلى نسبة مئوية	حوّل إلى عدد عشري ثم اضرب في 100%	$\frac{31}{45} = (0.69)(100\%) = 69\%$
من نسبة مئوية إلى عدد عشري	حرك الفاصلة خانتيّن إلى اليسار، وتخلص من إشارة النسبة المئوية	$69\% = 0.69$

الجدول 6 (أ) يعطي معادلات المساحة والحجم لأشكال هندسية متنوعة، ترد في هذا الكتاب.

الجدول 6 (ب) المساحات والحجوم الهندسية

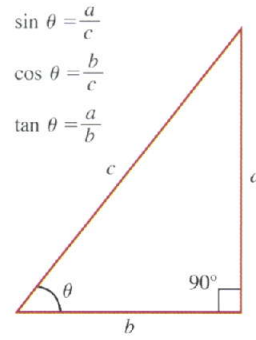
معادلات	أشكال هندسية
المساحة lw المحيط $2(l + w)$	المستطيل 
المساحة πr^2 المحيط $2\pi r$	الدائرة 
المساحة $\frac{1}{2}bh$	المثلث 
مساحة السطح $4\pi r^2$ الحجم $\frac{4}{3}\pi r^3$	الكرة 
الحجم $\pi r^2 l$ المساحة الجانبية $2\pi r l$	الأسطوانة 
مساحة السطح $2(lh + lw + hw)$ الحجم lwh	الصندوق المستطيل 

علم المثلثات ونظرية فيثاغورس

علم المثلثات هو فرع الرياضيات الذي يتعلق بخصائص المثلث قائم الزاوية. وتعتبر معظم مفاهيم هذا الفرع ذات أهمية قصوى في دراسة الفيزياء. لمراجعة بعض المفاهيم الأساسية في علم المثلثات، نأخذ مثلثاً قائم الزاوية، كالذي في الشكل 3 (أ)، حيث الضلع a مقابل للزاوية θ ، والضلع b مجاور لها، والضلع c وتر المثلث. يلخص الجدول 7 (أ)، بالاستناد إلى الشكل 3 (أ)، معظم الدوال المثلثية الأساسية.

الجدول 7 (أ) الدوال المثلثية

$\sin \theta = \frac{a}{c} = \frac{\text{الضلع المقابل لـ } \theta}{\text{الوتر}}$	الجيب (sin)
$\cos \theta = \frac{b}{c} = \frac{\text{الضلع المجاور لـ } \theta}{\text{الوتر}}$	جيب التمام (cos)
$\tan \theta = \frac{a}{b} = \frac{\text{الضلع المقابل لـ } \theta}{\text{الضلع المجاور}}$	الظل (tan)
$\sin^{-1}\left(\frac{a}{c}\right) = \sin^{-1}\left(\frac{\text{الضلع المقابل لـ } \theta}{\text{الوتر}}\right) = \theta$	الجيب العكسي (\sin^{-1})
$\cos^{-1}\left(\frac{b}{c}\right) = \cos^{-1}\left(\frac{\text{الضلع المجاور لـ } \theta}{\text{الوتر}}\right) = \theta$	جيب التمام العكسي (\cos^{-1})
$\tan^{-1}\left(\frac{a}{b}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{\text{الضلع المقابل لـ } \theta}{\text{الضلع المجاور لـ } \theta}\right) = \theta$	الظل العكسي (\tan^{-1})



الشكل 3 (أ)

فمثلاً، إذا كان قياس الزاوية $\theta = 30^\circ$ ، تكون نسبة a إلى c دائماً 0.50، ومعنى ذلك أن $\sin 30^\circ = 0.50$. ليس لدوال الجيب وجيب التمام والظل أي وحدات قياس، لأنها تمثل نسبة طولين. لاحظ أيضاً العلاقة التالية:

$$\frac{\sin \theta}{\cos \theta} = \frac{\frac{\text{الضلع المقابل لـ } \theta}{\text{الوتر}}}{\frac{\text{الضلع المجاور لـ } \theta}{\text{الوتر}}} = \frac{\text{الضلع المقابل لـ } \theta}{\text{الضلع المجاور لـ } \theta} = \tan \theta$$

بعض العلاقات المثلثية الإضافية هي التالية:

$$\sin^2 \theta + \cos^2 \theta = 1$$

$$\sin \theta = \cos (90^\circ - \theta)$$

$$\cos \theta = \sin (90^\circ - \theta)$$

حساب ضلع مجهول

يمكن استخدام الدوال الثلاثة الأولى الواردة في الجدول 7 (أ) لحساب ضلعاً مجهولاً في مثلث قائم الزاوية عند معرفة طول أحد الأضلاع وقياس إحدى الزاويتين (غير القائمة). فمثلاً إذا كانت $\theta = 30^\circ$ و $a = 1.0 \text{ m}$ ، نحسب الضلعين الآخرين للمثلث على الشكل التالي:

$$\sin \theta = \frac{a}{c}$$

$$c = \frac{a}{\sin \theta} = \frac{1.0 \text{ m}}{\sin 30^\circ}$$

$$c = 2.0 \text{ m}$$

$$\tan \theta = \frac{a}{b}$$

$$b = \frac{a}{\tan \theta} = \frac{1.0 \text{ m}}{\tan 30^\circ}$$

$$b = 1.7 \text{ m}$$

حساب زاوية مجهولة

قد يتوفر لنا في بعض الحالات معرفة الجيب أو جيب التمام أو ظل زاوية، ونحتاج أن نحدد قيمة الزاوية نفسها هنا. يمكن، لهذا الغرض، استخدام دوال الجيب العكسي، وجيب التمام العكسي، والظل العكسي، الواردة في الجدول 7 (أ). فمثلاً إذا كان $a = 1.0 \text{ m}$ و $c = 2.0 \text{ m}$ نحسب عندها الزاوية θ باستخدام دالة الجيب العكسي \sin^{-1} كما يلي:

$$\theta = \sin^{-1}\left(\frac{a}{c}\right) = \sin^{-1}\left(\frac{1.0 \text{ m}}{2.0 \text{ m}}\right) = \sin^{-1}(0.50)$$

$$\theta = 30^\circ$$

نظرية فيثاغورس

هي نظرية مفيدة في مثلث قائم الزاوية. إذا كان a و b ضلعي مثلث قائم الزاوية و c وتره كما في الشكل 4 (أ)، تكتب نظرية فيثاغورس على الشكل التالي:

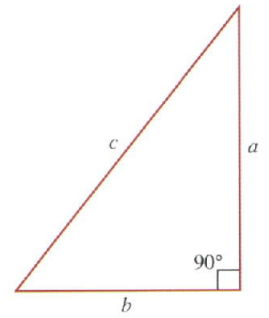
$$c^2 = a^2 + b^2$$

وهذا يعني أن مربع الوتر يساوي جمع مربعي الضلعين الباقيين. تُستخدم نظرية فيثاغورس لحساب ضلع من أضلاع المثلث عند معرفة الضلعين الباقيين. مثلاً إذا كان: $a = 1.0 \text{ m}$ و $c = 2.0 \text{ m}$ ، يمكنك حساب b باستخدام نظرية فيثاغورس:

$$b = \sqrt{c^2 - a^2} = \sqrt{(2.0 \text{ m})^2 - (1.0 \text{ m})^2}$$

$$b = \sqrt{4.0 \text{ m}^2 - 1.0 \text{ m}^2} = \sqrt{3.0 \text{ m}^2}$$

$$b = 1.7 \text{ m}$$



الشكل 4 (أ)

الخطأ المطلق

بعض التجارب الواردة في هذا الكتاب، تتضمن طريقة لحساب قيمة معروفة مسبقاً، كمعجلة السقوط الحر. في هذا النوع من التجارب تتحدد دقة قياساتك من خلال المقارنة بين نتائج القيمة المقبولة. ويعرف الخطأ المطلق بالقيمة المطلقة للفرق بين النتيجة المختبرية والنتيجة المقبولة.

$$|\text{الخطأ المطلق}| = |\text{القيمة المختبرية} - \text{القيمة المقبولة}|$$

تأكد من عدم الخلط بين مفهومي الدقة والضبط. تعرف إلى دقة القياس بمدى قرب القياس من القيمة المقبولة للكمية المقاسة. أما الضبط فيعتمد على أدوات القياس. يكون للمسطرة المترية المدرجة بالمليمترات، مثلاً، ضبط أكثر من مسطرة مترية مدرجة بالسنتيمترات. إذن فالقيمة 9.61 m/s^2 المقاسة لمعجلة السقوط الحر هي أكثر ضبطاً من القيمة 9.8 m/s^2 ، علماً أن القيمة 9.8 m/s^2 هي أكثر دقة من 9.61 m/s^2 .

الخطأ النسبي

لاحظ أن القياس الذي له نسبياً خطأ مطلق كبير، قد يكون أدق من قياس آخر خطؤه المطلق أقل، إذا تضمن القياس الأول كميات كبيرة جداً. لهذا السبب يكون للخطأ النسبي أو الخطأ النسبي أهمية أكبر من الخطأ المطلق. ويعرف الخطأ النسبي كما يلي:

$$\text{الخطأ النسبي} = \frac{|\text{القيمة المختبرية} - \text{القيمة المقبولة}|}{\text{القيمة المقبولة}}$$

لأن الخطأ النسبي يراعي مقدار الكمية المقاسة، يمكن مقارنة دقة قياسين مختلفين من خلال المقارنة بين خطئيهما النسبي.

الملحق (ب): الرموز

الرموز الرياضية

الرمز	الدلالة	الرمز	الدلالة
Δ	(دلتا باليونانية) تغير كمية ما	\leq	أصغر من أو يساوي (تقرأ من اليسار إلى اليمين)
Σ	(سيجما باليونانية) جمع كميات	\propto	تناسبي
θ	(ثيتا باليونانية) زاوية ما	\approx	تقريباً يساوي
$=$	يساوي	$|n|$	مقدار القيمة المطلقة
$>$	أكبر من (تقرأ من اليسار إلى اليمين)	\sin	جيب
\geq	أكبر من أو يساوي (تقرأ من اليسار إلى اليمين)	\cos	جيب التمام
$<$	أصغر من (تقرأ من اليسار إلى اليمين)	\tan	ظل

رموز الكميات المستخدمة

يُرمز إلى الكميات المتجهة ذات المقدار والاتجاه بحرفٍ يعلوهُ سهمٌ، أما الأحرف المائلة *italic* فتُرمز إلى كمياتٍ قياسية ذات مقدار فقط.

الرمز	الدلالة
A	مساحة
D	قُطر الدائرة
\vec{F}	قوة
F	مقدار القوة
m	كتلة
M	كتلة كلية
R	نصف القطر
t	زمن
V	حجم

رموز الميكانيكا الانتقالية

تمثل الرموز التي يعلوها سهم الكميات المتجهة ذات المقدار والاتجاه. أما الرموز المائلة فتمثل الكميات ذات المقدار فقط، أو مقدار كميات متجهة. باقي الرموز تمثل، عادةً، الوحدات.

الرمز	الكمية
\vec{a}, a	العجلة
\vec{d}, d	الإزاحة
$\vec{F}\Delta t$	الدفع
\vec{F}_g, F_g	قوة الجاذبية (الوزن)
\vec{F}_k, F_k	قوة الاحتكاك الحركي
\vec{F}_n, F_n	القوة المتعامدة
$\vec{F}, F_{\text{الحصلة}}$	القوة المحصلة
\vec{F}_R, F_R	قوة مقاومة الهواء
\vec{F}_s, F_s	قوة الاحتكاك السكوني
$\vec{F}_{s,\text{max}}, F_{s,\text{max}}$	قوة الاحتكاك السكوني القصوى
h	الارتفاع
k	ثابت الزنبرك
KE	طاقة الحركة
$KE_{\text{انتقالية}}$	طاقة الحركة الانتقالية
MA	الفائدة الآلية
ME	الطاقة الميكانيكية
(sum of all kinetic and potential energies)	
μ_k	معامل الاحتكاك الحركي
μ_s	معامل الاحتكاك السكوني
P	القدرة
\vec{p}, p	كمية الحركة
PE	طاقة الوضع
PE_e	طاقة الوضع المرنة
PE_g	طاقة الوضع الجاذبية
r	المسافة الفاصلة بين كتلتين
\vec{v}, v	السرعة
W	الشغل
$W_{\text{احتكاك}}$	الشغل الناتج من قوة احتكاك
(or work required to overcome a frictional force)	
W_{net}	الشغل الكلي
$\vec{\Delta x}, \Delta x$	الإزاحة في اتجاه x
$\vec{\Delta y}, \Delta y$	الإزاحة في اتجاه y

الملحق (ج)

الوحدات في النظام الدولي SI

الرمز	الدلالة	الكمية
A	أمبير	تيار كهربائي
K	كلفن	درجة الحرارة المطلقة
kg	كيلوجرام	كتلة
m	متر	طول
s	ثانية	زمن
mol	المول	كمية المادة
cd	كانديلا	شدة الإضاءة

بعض بادئات النظام الدولي SI

البادئة	الرمز	العامل الأسّي	معناه	مثال
Mega ميغا	M	10^6	1 000 000	ميغامتر واحد $1 \times 10^6 = (\text{Mm})$
Kilo كيلو	k	10^3	1 000	كيلومتر واحد $1 \times 10^3 = (\text{km})$
meter متر		10^0	1	
Centi سنتي	c	10^{-2}	1/100	سنتيمتر واحد $1 \times 10^{-2} = (\text{cm})$
Milli ملي	m	10^{-3}	1/1000	مليمتر واحد $1 \times 10^{-3} = (\text{mm})$
Micro ميكرو	μ	10^{-6}	1/1 000 000	ميكرومتر واحد $1 \times 10^{-6} = (\mu\text{m})$

أجوبة عن مسائل مختارة

الفصل 1

تطبيق 1 (i)

1. أ. $1 \times 10^{-8} \text{ m}$ ب. $1 \times 10^{-2} \mu\text{m}$
2. $1.5 \times 10^{-1} \text{ Tm}$ ، $1.5 \times 10^8 \text{ km}$

تطبيق 2 (ب)

1. 0.67
3. 778.92

راجع وقيم

9. أ. $2 \times 10^2 \text{ mm}$ ب. $7.8 \times 10^3 \text{ s}$
- ج. $1.6 \times 10^7 \mu\text{g}$ د. $7.5 \times 10^4 \text{ cm}$
- هـ. $6.75 \times 10^{-4} \text{ g}$ و. $4.62 \times 10^{-2} \text{ cm}$ ز. 9.7 m/s
10. 11 شخصاً.
15. 228.8 cm
22. $9.818 \times 10^{-2} \text{ m}$
23. $1.0 \times 10^3 \text{ kg}$
25. أ. 0.677 g/cm^3 ب. $4.30 \times 10^{16} \text{ m}^2$

الفصل 2

تطبيق 2 (i)

1. $2.0 \times 10^3 \text{ m}$ شرقاً.
2. 3.1 km باتجاه الجنوب
3. أ. 6.4 h ب. 77 km/h باتجاه الجنوب

تطبيق 2 (ب)

1. 2.0 s
2. 27 s
3. أ. 1.4 m/s ب. 2.4 m/s

تطبيق 2 (ج)

- A تزداد السرعة بشكل منتظم وتبقى موجبة، بينما العجلة ثابتة وموجبة.
- C تنقص السرعة بشكل منتظم وتكون موجبة بين 0 s و 5 s وسالبة بين 5 s و 10 s، بينما العجلة ثابتة وسالبة.

تطبيق 2 (د)

1. 19.5 m
2. كلا، تحتاج الطائرة إلى مسافة 1 km لتحط على الأرض
3. 91 /s

تطبيق 2 (هـ)

1. $6.0 \times 10^1 \text{ m}$ ، 19 m/s
2. 32 m ، 2.5 s

تطبيق 2 (و)

1. 7.4 m
3. أ. 16 m/s ب. 7.01 s

تطبيق 2 (ز)

2. أ. 3.7 m ب. 0.76 s
3. أ. كلا، تصل الكرة إلى علو 1.6 m فقط.
- ب. 0.81 s

راجع وقيم

7. 498 km
9. أ. 70.0 m ج. $+14 \text{ m/s}$
- ب. 140.0 m د. $+28 \text{ m/s}$
13. أ. الميل صفر؛ ب. الميل موجب؛ ج. الميل سالب؛ د. الميل سالب؛ هـ. الميل موجب
17. 8.6 m/s
19. أ. $+1.6 \text{ m/s}^2$ ب. $+24.5 \text{ m/s}$ ج. 240 m
21. أ. -15 m/s ب. -38 m
23. أ. $+1.5 \text{ m/s}$ ب. $+32 \text{ m}$
27. أ. 11 m/s ب. 52 s
33. 0.60 s
35. أ. 0.20 s ب. 0.06 s و 0.34 s
39. 931 m
41. -26 m/s ، 31 m
43. 1.6 s
45. $-1.5 \times 10^3 \text{ m/s}$
49. أ. 13 s ب. -2.9 m/s^2 ج. 12 s

أ

اختلاف القياس باختلاف زاوية النظر Parallax
اختلاف القراءات لقياس معين إذا تمَّ النظر إليه
من زوايا مختلفة.

الأرقام المعنوية Significant figures
الأرقام المؤكدة في القياس، يضاف إليها الرقم
الأول التقديري غير المؤكدر.

الإزاحة Displacement
التغير في موقع الجسم المتحرك.

ب

البعد Dimension
قياس يرمز إلى كمية فيزيائية معينة.

ت

التجربة الضابطة Controlled experiment
التجربة التي تتضمن معالجة متغير واحد مع ثبات
باقي العوامل.

التحليل البُعدي Dimensional analysis
استخدام الأبعاد لبناء بعض المعادلات الفيزيائية
البسيطة أو للتأكد من صحتها.

التقريب Rounding
حذف الخانات في قياس وفق قواعد معينة، بحيث
يتضمن القياس عدد الخانات المعنوية المطلوبة.

د

الدقة Accuracy
مدى قرب القيمة المقاسة من القيمة الحقيقية
للكمية التي يراد قياسها.

س

السرعة اللحظية Instantaneous velocity
سرعة الجسم عند لحظة معينة.

السرعة المتوسطة Average velocity
حاصل قسمة الإزاحة الكلية على الفترة الزمنية
لتلك الإزاحة.

السقوط الحر Free fall
حركة سقوط الجسم تحت تأثير قوة الجاذبية
فقط.

ض

الضبط Precision
درجة التوافق للقياسات المختلفة لكمية معينة.

ع

العجلة Acceleration
معدل تغير السرعة خلال فترة زمنية معينة.

م

المسافة Distance
الطول الكلي لمسار حركة الجسم.

مناط الإسناد Frame of reference
نطاق إحداثيات يحدد بدقة موقع الأجسام في
الفضاء.

المنهج العلمي Scientific method
طريقة علمية لمراقبة الظواهر وفحصها ووضع
النظريات حولها.

ميل المستقيم Slope
مقدار انحناء الخط المستقيم بالنسبة إلى المحور
الأفقي x من الإحداثيات.

جاليليو جاليلي Galileo Galilei
فيزيائي وفلكي إيطالي (1564-1642)
راقب حركة الكواكب ودرس الأجسام الساقطة والمقذوفات.

