وزارة التربية والتعليم
Ministry of Education
المملكة العربية السعودية

الفيزياء

للصف الأول الثانوي - الفصل الدراسي الأول

دليل المعلم

العبيكان Obeikan
Mc Graw Hill Education
طبعة ١٤٣٥ هـ - ٢٠١٤ م
قررت وزارة التربية والتعليم بالمملكة العربية السعودية
تدريس هذا الكتاب وطبعه على نفقتها
يوزع مجاناً ولا يباع

Original Title:
Physics
Teacher Wraparound Edition
By:
Paul W. Zitzewitz
Todd George Elliott
David G. Haase
Kathleen A. Harper
Michael R. Herzog
Jane Bray Nelson
Jim Nelson
Charles A. Schuler
Margaret K. Zorn

الفيزياء

أعدَّ النسخة العربية : شركة العبيكان للتعليم

التحرير والمراجعة والمواءمة
د.أحمد محمد رفيع
خلدون سليمان المصاروه
ربحي سعيد حميدي
زهير يوسف حداد
عبدالرحمن بن علي العريني

التعريب والتحرير اللغوي
نخبة من المتخصصين

المشرف على لجان المراجعة
د. محمد بن عبد الله الزغيبي

المراجعة والاعتماد النهائي
عبدالرحمن بن علي العريني
عيسى بن سليمان الفيفي

www.macmillanmh.com

English Edition Copyright © 2009 the McGraw-Hill Companies. Inc.
All rights reserved.

Arabic Edition is published by Obeikan under agreement with
The McGraw-Hill Companies. Inc. © 2008.

حقوق الطبعة الإنجليزية محفوظة لشركة ماجروهل©، ٢٠٠٩م.

الطبعة العربية: مجموعة العبيكان للاستثمار
وفقًا لاتفاقيتها مع شركة ماجروهل© ٢٠٠٨م/ ١٤٢٩هـ.

لا يسمح بإعادة إصدار هذا الكتاب أو نقله في أي شكل أو واسطة، سواءً أكانت إلكترونية أو ميكانيكية، بما في ذلك التصوير بالنسخ «فوتوكوبي»، أو التسجيل، أو التخزين و الاسترجاع، دون إذن خطي من الناشر.

المقدمة

بسم الله الرحمن الرحيم

الحمد لله رب العالمين، والصلاة والسلام على أشرف الأنبياء والمرسلين وعلى آله وصحبه أجمعين، وبعد:

يأتي اهتمام المملكة بتطوير المناهج الدراسية وتحديثها من منطلق الاهتمام الذي توليه حكومة خادم الحرمين الشريفين بتنمية الموارد البشرية، وسعيها إلى مواكبة التطورات العالمية على مختلف الصعد.

لقد تم تنظيم منهج الفيزياء في المرحلة الثانوية بحيث يغطي أبرز المفاهيم الأساسية في علم الفيزياء، ويراعي التدرج في تقديم المحتوى. وجاءت لغة الكتاب علمية يسيرة وممتعة، تثير حب استطلاع الطلاب إلى مزيد من البحث والاستقصاء. كما استند تنظيم المحتوى إلى معايير محددة وشاملة مدعومة بنتائج عدد كبير من البحوث والدراسات التربوية. ومن أهم ما يميز محتوى الفيزياء الاهتمام بمنحى الاستقصاء العلمي في التعلم، وهو النموذج المبني على حل المشكلات، والمنطلق من الأسئلة والاستفسارات التي يثيرها الطلاب، مع تأكيد استراتيجية التعلم التعاوني.

ويأتي دليل المعلم مرشدًا ومعينًا لمعلمي ومعلمات الفيزياء في التخطيط والتنفيذ الفعّال لمحتوى كتاب الطالب؛ إذ يتضمن دليل المعلم استعراضًا تمهيديًّا لمحتواه، وأقسامه، وأهدافه، ودليلًا لأبرز الأفكار الأساسية اللازمة لتقديم تعليم فعّال داخل الغرفة الصفية. ويجد المعلم مخططًا تنظيميًّا لكل فصل من فصول كتاب الطالب، يتضمن أهداف كل قسم، وقائمة بالمواد والأدوات المختبرية اللازمة، إضافة إلى قائمة المواد الإثرائية الداعمة، ومنها دليل حلول المسائل، ودليل التجارب العملية، ومصادر الفصول. ثم يجد نظرة عامة إلى الفصل، وكيفية الانتقال من خلالها إلى الأفكار الرئيسة لأقسام الفصل.

تُنَظم عملية التدريس من خلال دورة التعليم الفعال التي تشتمل على خطوات التركيز والتدريس والتقويم؛ حيث يجد المعلم الإرشادات والتعليمات اللازمة لتنفيذ هذه الخطوات بفاعلية. وتتضمن هذه الدورة النشاطات التي تراعي مستويات التحصيل لكل من المستويات الأول، والثاني والثالث. وتتوزع هذه النشاطات على خطوات دورة التعليم؛ ففي خطوة التركيز، يجد المعلم نشاطًا، وربطًا بالمعرفة السابقة لدى الطلاب حول موضوع القسم. وتتضمن خطوة التدريس- التي تعد الخطوة الرئيسة في دورة التعليم- إرشادات خاصة بتقديم المفاهيم الواردة في المحتوى، ومنها استخدام النماذج، أو العروض السريعة، التجارب، واستخدام الأشكال، وأسئلة المناقشة، والتفكير الناقد، وكيفية معالجة المفاهيم الشائعة غير الصحيحة، وتطوير المفاهيم، وتعزيز الفهم، وأمثلة صفية، وخلفية نظرية عن المحتوى، والفيزياء في الحياة، لتزويد المعلم بمعلومات إضافية. وفي خطوة التقويم، يجد المعلم مقترحات للتحقق من الفهم، وإعادة التدريس، والتوسع. ويلاحظ المعلم من خلال الخطوات الثلاث أن عمليات التقويم تظهر بشكل مستمر بأنواعه الثلاثة التمهيدي والبنائي والختامي.

كما يقترح الدليل استراتيجياتٍ وطرائق تدريسٍ تساعد المعلم على تنويع التعلم بما يتناسب مع حاجات الطلاب المختلفة، ومنها مساعدة الطلاب ذوي صعوبات التعلم، ويوفر إجابات لجميع الأسئلة والاستفسارات المطروحة في كتاب الطالب. ويشتمل الدليل كذلك على محتوى كتاب الطالب الذي تم ترتيبه بطريقة تسهل على المعلم التعامل مع كل قسم من أقسامه؛ فهناك عدد كبير من الهوامش والإرشادات الموجهة للمعلم توضح كيفية تقديم المحتوى للطلاب.

وإذ نضع هذا الدليل بين أيدي الزملاء والزميلات، فإننا نأمل ألا يقيدهم، بل يكون مصدرًا من المصادر الداعمة لهم لإبراز قدراتهم الإبداعية، وتنمية مهاراتهم؛ لتحقيق أهداف المنهج.

والله نسأل أن يحقق هذا الدليل الأهداف المتوخاة منه، وأن يوفق الجميع لما فيه خير الوطن وتقدمه وازدهاره.

المخاطر والاحتياطات اللازم مراعاتها

رموز السلامة	المخاطر	الأمثلة	الاحتياطات	العلاج
التخلص من المخلفات	مخلفات التجربة قد تكون ضارة بالإنسان.	بعض المواد الكيميائية، والمخلوقات الحية.	لا تتخلص من هذه المواد في المغسلة أو في سلة المهملات.	تخلص من المخلفات وفق تعليمات المعلم.
ملوثات حيوية بيولوجية	مخلوقات ومواد حية قد تسبّب ضررًا للإنسان.	البكتيريا، الفطريات، الدم، الأنسجة غير المحفوظة، المواد النباتية.	تجنب ملامسة الجلد لهذه المواد، وارتد كمامة وقفازين.	أبلغ معلمك في حالة حدوث ملامسة للجسم، واغسل يديك جيدًا.
درجة الحرارة المؤذية	الأشياء التي قد تحرق الجلد بسبب حرارتها أو برودتها الشديدتين.	غليان السوائل، السخانات الكهربائية، الجليد الجاف، النيتروجين السائل.	استعمال قفازات واقية.	اذهب إلى معلمك طلبًا للإسعاف الأولي.
الأجسام الحادة	استعمال الأدوات والزجاجيات التي تجرح الجلد بسهولة.	المقصات، الشفرات، السكاكين، الأدوات المدبّبة، أدوات التشريح، الزجاج المكسور.	تعامل بحكمة مع الأداة، واتبع إرشادات استعمالها.	اذهب إلى معلمك طلبًا للإسعاف الأولي.
الأبخرة الضارة	خطر محتمل على الجهاز التنفسي من الأبخرة.	الأمونيا، الأستون، الكبريت الساخن، كرات العث (النفثالين).	تأكد من وجود تهوية جيدة، ولا تشم الأبخرة مباشرة، وارتد كمامة.	اترك المنطقة، وأخبر معلمك فورًا.
الكهرباء	خطر محتمل من الصعقة الكهربائية أو الحريق.	تأريض غير صحيح، سوائل منسكبة، تماس كهربائي، أسلاك معرّاة.	تأكد من التوصيلات الكهربائية للأجهزة بالتعاون مع معلمك.	لا تحاول إصلاح الأعطال الكهربائية، واستعن بمعلمك فورًا.
المواد المهيّجة	مواد قد تهيج الجلد أو الغشاء المخاطي للقناة التنفسية.	حبوب اللقاح، كرات العث، سلك المواعين، ألياف الزجاج، برمنجنات البوتاسيوم.	ضع واقيًا للغبار، وارتد قفازين، وتعامل مع المواد بحرص شديد.	اذهب إلى معلمك طلبًا للإسعاف الأولي.
المواد الكيميائية	المواد الكيميائية التي قد تتفاعل مع الأنسجة والمواد الأخرى وتتلفها.	المبيضات مثل فوق أكسيد الهيدروجين والأحماض كحمض الكبريتيك، القواعد كالأمونيا وهيدروكسيد الصوديوم.	ارتد نظارة واقية، وقفازين، والبس معطف المختبر.	اغسل المنطقة المصابة بالماء، وأخبر معلمك بذلك.
المواد السامة	مواد تسبب التسمم إذا ابتُلعت أو استُنشقت أو لمست.	الزئبق، العديد من المركبات الفلزية، اليود، النباتات السامة.	اتبع تعليمات معلمك.	اغسل يديك جيدًا بعد الانتهاء من العمل، واذهب إلى معلمك طلبًا للإسعاف الأولي.
مواد قابلة للاشتعال	بعض الكيماويات التي يسهل اشتعالها بواسطة اللهب، أو الشرر، أو عند تعرضها للحرارة.	الكحول، الكيروسين، الأستون، برمنجنات البوتاسيوم، الملابس، الشعر.	تجنب مناطق اللهب عند استخدام هذه الكيماويات.	أبلغ معلمك طلبًا للإسعاف الأولي، واستخدم مطفأة الحريق إن وجدت.
اللهب المشتعل	ترك اللهب مفتوحًا يسبب الحريق.	الشعر، الملابس، الورق، المواد القابلة للاشتعال.	اربط الشعر إلى الخلف (للطالبات)، ولا تلبس الملابس الفضفاضة، واتبع تعليمات المعلم عند إشعال اللهب أو إطفائه.	أبلغ معلمك طلبًا للإسعاف الأولي، واستخدم مطفأة الحريق إن وجدت.

سلامة العين
يجب ارتداء نظارة واقية دائمًا عند العمل في المختبر.

وقاية الملابس
يظهر هذا الرمز عندما تسبب المواد بقعًا أو حريقًا للملابس.

نشاط إشعاعي
يظهر هذا الرمز عند استعمال مواد مشعة.

غسل اليدين
اغسل يديك بعد كل تجربة بالماء والصابون قبل نزع النظارة الواقية.

أدوات تدريس الفيزياء

جدول المحتويات

نسخة الطالب 5B

نسخة دليل المعلم 5F

مصادر المعلم في غرفة الصف 5H

السلامة في المختبر 5J

قائمة التجهيزات 5L

مواد إثرائية داعمة 5N

جدول توزيع الحصص 6

التهيئة

كتاب الفيزياء: يوضح للطلاب كيفية ارتباط الفيزياء بحياتهم وبالعالم من حولهم، ولقد جاء التصميم جذابًا وسهل المتابعة، ومن خلال العرض سيتم مراجعة الرياضيات ومهارات حل المسائل وتعزيزها.

ما الذي ستتعلمه في هذا الفصل؟ تقديم لأهداف الفصل.

الأهمية توفر إجابة مقنعة للسؤال التالي: لماذا نتعلم هذا؟

فكّر يُطرح فيه سؤال يربط محتويات الفصل بالحياة اليومية بحسب ما جاء في صورة غلاف الفصل.

تطوير المهارات الرياضية

استراتيجية حل المسائل تُركز انتباه الطلاب على الأساليب التي تجعل حل المسائل أكثر سهولة.

الرياضيات في الفيزياء تُراجع أهم المبادئ الرياضية المرتبطة بمحتوى الفصل.

دليل الرياضيات تركيز على المهارات الرياضية المستخدمة في حل المسائل الرياضية.

استراتيجية حل المسائل

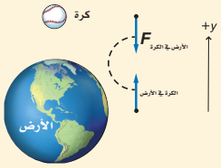
أزواج التأثير المتبادل

يمكنك الاستعانة بالاستراتيجيات الآتية في حل مسائل التأثير المتبادل بين نظامين مختلفين:

1. اعزل النظام أو الأنظمة عن المحيط الخارجي.
2. ارسم لكل نظام نموذجًا تصويريًّا، ونموذجًا فيزيائيًّا يشتمل على مخطط الجسم الحر، مع تحديد النظام الإحداثي.
3. صل بين كل زوجين من أزواج التأثير المتبادل بخط متقطع.
4. لإيجاد الإجابة استخدم قانون نيوتن الثاني الذي يربط بين كل من القوة المحصلة والتسارع لكل نظام.
5. استخدم قانون نيوتن الثالث لعمل معادلة تجمع بين مقادير قوى التأثير المتبادل، وبين اتجاه كل قوة.
6. حل المسألة واختبر الوحدات والإشارات والمقادير؛ للتأكد من كونها منطقية.

مثـــال 3

تسارع الأرض عندما تسقط كرة كتلتها 0.18 kg يكون تسارعها في اتجاه الأرض مساويًا لتسارع الجاذبية الأرضية. ما القوة التي تؤثر بها الكرة في الأرض؟ وما التسارع الذي تكتسبه الأرض، علمًا بأن كتلة الأرض 6.0×10^{24} kg ؟



1 تحليل المسألة ورسمها

- ارسم مخطط الجسم الحر لكلا النظامين: الكرة والأرض.
- صل بين زوجي التأثير المتبادل بخط متقطع.

المعلوم	المجهول
$m_{\text{الكرة}} = 0.18$ kg	$F_{\text{الكرة في الأرض}} = ?$
$m_{\text{الأرض}} = 6.0 \times 10^{24}$ kg	$a_{\text{الأرض}} = ?$
$g = 9.80$ m/s^2	

2 إيجاد الكمية المجهولة

استخدم القانون الثاني لنيوتن لإيجاد القوة التي تؤثر بها الأرض في الكرة:

مسائل تدريبية

28. ترفع بيدك كرة بولنج خفيفة نسبيًّا وتُسارعها إلى أعلى. ما القوى المؤثرة في الكرة؟ وما القوى التي تؤثر بها الكرة؟ وما الأجسام التي تؤثر فيها هذه القوى؟

29. تسقط طوبة من فوق سقالة بناء. حدد القوى التي تؤثر في الطوبة، وتلك التي تؤثر بها الطوبة، ثم حدد الأجسام التي تؤثر فيها هذه القوى (مع إهمال تأثير مقاومة الهواء).

30. قذفت كرة إلى أعلى في الهواء. ارسم مخطط الجسم الحر الذي يمثل الكرة في أثناء حركتها إلى أعلى، وحدد القوى التي تؤثر في الكرة، والقوى التي تؤثر بها الكرة، والأجسام التي تؤثر فيها هذه القوى.

التدريب على حل المسائل

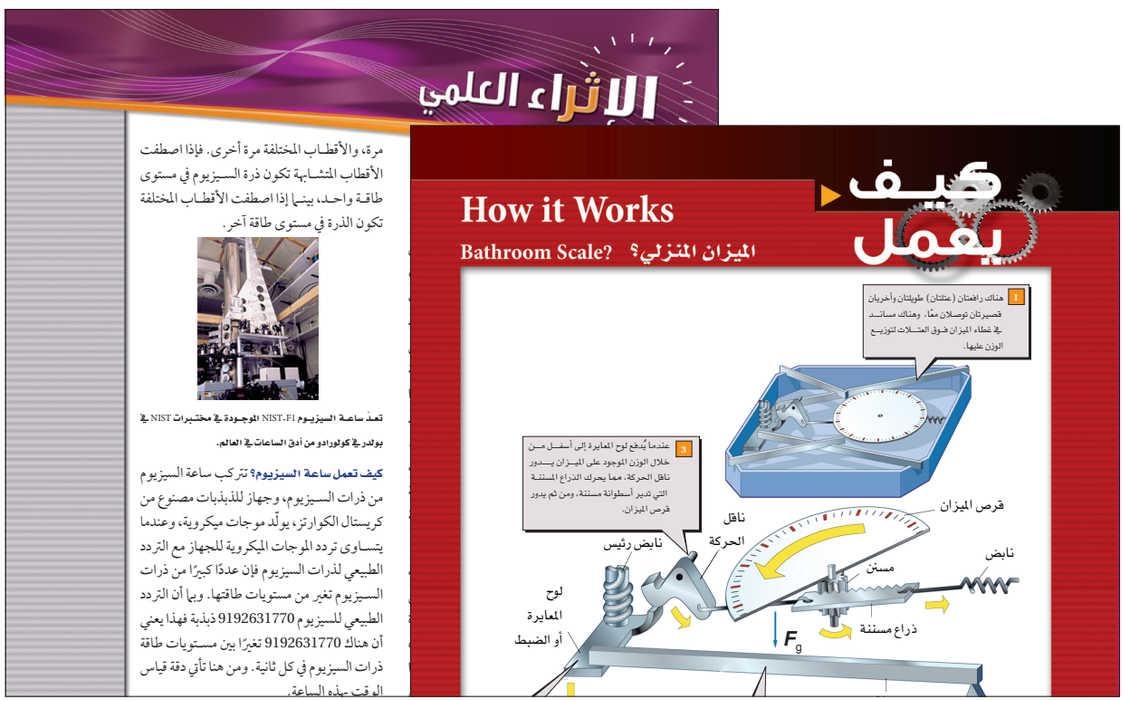
الأمثلة توفر للطالب نماذج لأمثلة محلولة على بعض المسائل الواردة في النص، وتوفر الاستراتيجيات باللون الأزرق أفكارًا مفيدة لحل المسائل.

المسائل التدريبية تعزز المفاهيم الواردة في النص بالإضافة إلى المفهوم في الأمثلة المحلولة.

مسائل التحفيز تزوّد الطالب بالفرصة لتطبيق المبادئ التي تعلّمها على أمثلة أكثر تعقيدًا.

ربط الفيزياء بالحياة الواقعية

الإثراء العلمي يتناول الموضوعات التي يراها الطالب مثيرة للاهتمام، وتحتوي مواد هذه الموضوعات على مفاهيم فيزيائية متقدمة.
كيف تعمل الأشياء نصوص توضح للطالب كيف تُستخدم مبادئ الفيزياء في الأدوات والأجهزة المألوفة.



التجارب العملية

يوفر كتاب الفيزياء خبرة عملية من خلال عدة تجارب مختارة، تعكس طبيعة العلم بصورة عامة، وتزداد معها ثقة طلابك وتنمو خبراتهم لاستكشاف تقدم العلم وتطبيق مبادئ الفيزياء التي تعلموها.

تجارب قصيرة

تجربة استهلالية توضع في بداية كل فصل، وهي طريقة فعالة وسهلة مهمتها تقديم محتويات الفصل للطالب.

تجربة توجد في كتاب الطالب وأخرى إضافية في كتاب المعلّم، وهي أنشطة سهلة العمل، وتساعد الطالب على فهم المبادئ الفيزيائية. ويمكن أن تجد تجربة واحدة على الأقل من هذا النوع في كل فصل.

تجارب متكاملة (مختبر الفيزياء)

يحتوي كل فصل على صفحتين من التجارب المتكاملة التي تستغرق حصة كاملة أو أكثر.

تجربة

قياس التغير

اجمع خمس حلقات معدنية متماثلة، ونابضًا يستطيل بشكل ملحوظ عندما نعلق به حلقة معدنية.

1. **قس** طول النابض الأصلي عند تعليق: حلقة، ثم حلقتين، ثم 3 حلقات معدنية به.
2. **ارسم بيانيًّا** العلاقة بين طول النابض والكتلة المعلقة به.
3. **توقع** طول النابض عند تعليق 4 ثم 5 حلقات به.
4. **اختبر** توقعاتك.

التحليل والاستنتاج

5. **صف** شكل الرسم البياني، وكيف تستخدمه لتوقع طولين جديدين؟

مختبر الفيزياء • الإنترنت

استكشاف حركة الأجسام

الفيزياء علم يعتمد على المشاهدات التجريبية. والعديد من المبادئ التي تستخدم لوصف الأنظمة الميكانيكية وفهمها –ومنها الحركة الخطية للأجسام– يمكن تطبيقها لوصف ظواهر طبيعية أخرى أكثر تعقيدًا. كيف تستطيع قياس سرعة المركبات في شريط فيديو؟

سؤال التجربة

ما أنواع القياسات التي يمكن إجراؤها لإيجاد سرعة مركبة؟

الأهداف

- تفحص حركة مجموعة من المركبات في أثناء عرض شريط فيديو.
- تصف حركة المركبات.
- تجمع وتنظم البيانات المتعلقة بحركة مركبة.
- تحسب سرعة مركبة.

احتياطات السلامة

المواد والأدوات

الاتصال بالإنترنت
ساعة إيقاف

الخطوات

1. قم بزيارة physicspp.com/internet_lab لمشاهدة مقطع الفيديو الخاص بالفصل الأول.
2. لاحظ أن لقطات الفيديو أخذت في وقت الظهيرة. وأنه يوجد على امتداد الجانب الأيمن من الطريق مستطيلات طويلة من طلاء أبيض تستخدم للملاحظة حركة المرور من الجو، وأن هذه العلامات تتكرر بانتظام كل 0.322 km .
3. لاحظ ما أنواع البيانات التي يمكن جمعها؟ نظّم جدولاً كالموضح في الصفحة المقابلة، وسجل ملاحظاتك عن محيط التجربة والمركبات الأخرى والعلامات. ما لون المركبة التي تركز عليها الكاميرا؟ ما لون مركبة النقل الصغيرة في الجانب الأيسر من الطريق؟
4. قس وقدر أعد مشاهدة الفيديو مرة ثانية ولاحظ تفاصيل أخرى. هل الطريق مستوية؟ في أي اتجاه تتحرك المركبات؟ ما الزمن اللازم لتقطع كل مركبة المسافة بين إشارتين؟ سجل ملاحظاتك وبياناتك.

جدول البيانات

عدد الإشارات البيضاء	المسافة (km)	زمن المركبة البيضاء (s)	زمن مركبة النقل الصغيرة الرمادية (s)

التحليل

1. لخص ملاحظاتك النوعية.
2. لخص ملاحظاتك الكمية.
3. مثل بيانات الخطوتين السابقتين على محورين متعامدين (المسافة مع الزمن).
4. قدر سرعة المركبات بوحدة km/h و km/s.
5. توقع المسافة التي ستقطعها كل مركبة في خمس دقائق.

الاستنتاج والتطبيق

1. احسب الدقة في قياس المسافة والزمن.
2. احسب الدقة في قياس السرعة، وعلام تعتمد؟
3. استخدام المتغيرات والثوابت صف المتغيرات المستقلة والمتغيرات التابعة في هذه التجربة.
4. قارن أيّ الرسوم البيانية التي حصلت عليها للمركبات ذات ميل أقل؟ وماذا يساوي هذا الميل؟
5. استنتج ما الذي يعنيه حصولك على خط أفقي (موازٍ لمحور الزمن) عند رسم علاقة المسافة مع الزمن؟

التوسع في البحث

السرعة هي المسافة المقطوعة مقسومة على الزمن الذي قطعت فيه. وضح كيف تستطيع قياس السرعة في غرفة الصف باستخدام سيارة صغيرة تعمل بالتحكم عن بُعد؟ ما العلامات التي ستستخدمها؟ كيف تستطيع قياس المسافة والزمن بدقة؟ هل تؤثر الزاوية التي يؤخذ منها قياس اجتياز السيارة للإشارة في النتائج؟ وما مدى تأثيرها؟ كيف تحسن قياساتك؟ ما الوحدات المناسبة للسرعة في هذه التجربة؟ إلى أي مدى تستطيع توقع موقع السيارة؟ نفذ التجربة إذا أمكن، ولخص نتائجك.

الفيزياء في الحياة

عندما يشاهد عداءا السرعة كلٌّ من راكب مجلس في المقدمة وسائق الحافلة وراكب مجلس في الخلف فإنهم سيقررون: 90 km/h و 100 km/h و 110 km/h على الترتيب. فسّر هذا الاختلاف.

التواصل

سمم تجربة قم بزيارة الموقع الآتي: physicspp.com/internet_lab لإرسال تجربتك في قياس السرعة داخل غرفة الصف باستخدم سيارة التحكم عن بعد. ثم سجل أسماء المواد والأدوات المستخدمة، وطريقة عمل التجربة، وملاحظاتك. واستنتاجاتك بشأن ضبط التجربة ودقة القياسات. إذا نفذت التجربة فعليًا فاكتب نتائجك وقراءاتك.

الفيزياء عبر المواقع الإلكترونية

تزيد من المعلومات عن القياس ارجع إلى شبكة الإنترنت أو قم بزيارة الموقع الإلكتروني physicspp.com/onlinelab

التقويم

يقدم لك **كتاب الفيزيـاء** الأدوات التي تحتاج إليها لتهيئ طلابك للنجاح في أي اختبار.
وستجد مسائل وأنشطة تقويمية متنوعة في كل قسم.

المراجعة

تشير مسائل المراجعة إلى مدى استعداد طلابك للانتقال إلى القسم اللاحق.

دليل مراجعة الفصل

مراجعة سريعة تلخص المفردات والمفاهيم الأساسية، بالإضافة إلى أهم المعادلات في كل قسم من الفصل.

تقويم الفصل

يحتوي ثلاث إلى ست صفحات من المسائل والتمارين التي تتنوع بين تطوير المفاهيم وتطبيقها والتفكير الناقد والكتابة في الفيزياء .... إلخ. ويستطيع المعلم اختيار نوع المسائل ومستواها المناسب للطلاب.

اختبار مقنن

تقوّم مسائل الاختبار المقنن في نهاية كل فصل مدى تمكن الطالب من المفاهيم والمهارات. ويشتمل دليل المعلم على إجابات كل من أسئلة الاختيار من متعدد، وسلم التقدير لأسئلة الإجابات المفتوحة، وبقية المسائل.

لمحة عن مخطط الدروس

كتاب المعلم هو دليلك إلى مصادر التعليم في كتاب الفيزياء، بالإضافة إلى استراتيجيات التدريس وبعض الاقتراحات.

أدوات التخطيط

مخطط الفصل يوفر التخطيط للتجارب والعروض.

نظرة عامة إلى الفصل مقدمة توضع بجوار صورة الفصل بحيث تصف محتوياته.

فكّر الإجابة عن السؤال الموجود في كتاب الطالب وربطه بمادة الفصل.

المفردات الرئيسة قائمة بأهم المفاهيم والمصطلحات مرتبة كما سترد في الفصل.

الفصل 4

القوى في بُعد واحد

الفصل 4

القوى في بُعد واحد
Forces in One Dimension

ما الذي ستتعلمه في هذا الفصل؟
- استخدام قوانين نيوتن في حل مسائل.
- تحديد مقدار واتجاه القوة المحصلة التي تسبب تغيرًا في حركة الجسم.
- تصنيف القوى وفق العوامل المسببة لها.

الأهمية
في كل لحظة، تؤثر فيك وفي كل الأشياء المحيطة بك قوى.
رياضة يقوم اللاعب بضرب الكرة برأسه فتنقذف أي تتحرك وتقف ويتغير اتجاهها.

فكّر
ما الذي يجعل كرة القدم، أو أي جسم آخر يتوقف أو يبدأ الحركة أو يغير اتجاهه؟

نظرة عامة إلى الفصل
إن التأثير بقوة محصلة في جسم ما يتسبب في تغيير سرعته المتجهة. ويمكن أن تؤثر القوى بالتماس المباشر مع جسم آخر، أو دون أن يكون بينها تماس مثل قوة مجال الجاذبية الأرضية، وتصف قوانين نيوتن كيف تؤثر القوة في تغير السرعة المتجهة لجسم ما.

فكّر
إن توقف جسم متحرك عن حركته أو بدء جسم ساكن بالحركة أو تغير اتجاه حركة جسم متحرك تكون دائمًا بسبب وجود قوة محصلة تؤثر في ذلك الجسم. والقوة المحصلة في صورة بداية الفصل ناتجة عن التفاعل المتبادل بين رأس اللاعب والكرة.

المفردات الرئيسة
- القوة
- الاتزان
- قوة التلامس (التماس)
- الوزن الظاهري
- قوة المجال
- القوة المعيقة
- مخطط الجسم الحر
- السرعة الحدّية
- القوة المحصّلة
- أزواج التأثير المتبادل
- قانون نيوتن الثاني
- قانون نيوتن الثالث
- قانون نيوتن الأول
- قوة الشد
- القصور الذاتي
- القوة العمودية

تجربة استهلالية

الهدف توضح كيف تؤثر مجموعة من القوى في جسم ما.

المواد والأدوات كتاب، وحبل سميك طوله 0.5 m، وخيطان خفيفان.

استراتيجيات التدريس
- يمكن أن يقترح الطلاب طريقةً ما لربط الخيط العلوي بأي شيء حتى لا تحتاج إلى طالب آخر ليمسكه.
- استخدام خيط خفيف بحيث يمكن قطعه بسهولة.

النتائج المتوقعة ترتبط القوى المؤثرة في النظام بعضها ببعض على النحو الآتي:

$$F_g + F_{\text{نحو الكتاب، إلى الأعلى}} = m_{\text{الكتاب}} \times a + F_{\text{نحو الكتاب، إلى أسفل}}$$

في الخطوة الثانية التسارع الطفيف يجعل مقدار الكمية $(m_{\text{الكتاب}} \times a)$ صغيرة، وهذا يعني أن القوة المؤثرة في الجهة العلوية من الخيط كبيرة نسبيًّا. لكن زيادة التسارع تجعل الكمية $(m_{\text{الكتاب}} \times a)$ كبيرة مما يجعل القوة المؤثرة في الجهة السفلية من الخيط كبيرة نسبيًّا.

94

مستويات وأنماط التعلم

طرائق تدريس متنوعة

وُضعت رموز المستويات في دليل المعلم لمساعدتك على التعامل مع الطلاب من مختلف المستويات.

المستوى **1**: 1م أنشطة مناسبة للطلاب ذوي صعوبات التعلّم.

المستوى **2**: 2م أنشطة مناسبة للطلاب ذوي المستوى المتوسط.

المستوى **3**: 3م أنشطة مناسبة للطلاب المتفوقين (فوق المتوسط).

وقد أُدرجت أنماط التعلم المناسبة بعد الرموز 1م ، 2م ، 3م ، وهي:

- **حسي – حركي**: يتعلم الطلاب من خلال اللمس والحركة واللعب بالأشياء.
- **بصري–مكاني**: يتعلم الطلاب من خلال الصور، والصور التوضيحية، والنماذج.
- **منطقي–رياضي**: يستوعب الطلاب الأرقام بسهولة، ويمتلكون مهارات تفكير على درجة عالية من التطور.
- **لغوي**: يكتب الطلاب بوضوح، ويستوعبون الكلمات المكتوبة بسهولة.
- **سمعي**: يتذكر الطلاب الكلمات المنطوقة، ويمكنهم عمل إيقاعات وألحان.
- **متفاعل**: يستوعب الطلاب ويتعلمون بشكل جيد من خلال العمل مع الآخرين.
- **ذاتي**: يفيد في تحليل مواطن القوة والضعف لدى الطلاب الذين يميلون إلى العمل بمفردهم.

نشاط — **طرائق تدريس متنوعة**

طرائق تدريس متنوعة أنشطة تظهر استراتيجيات تدريس متنوعة صُممت لمساعدتك في مواجهة الاحتياجات الخاصة للطلاب الذين لديهم ضعف في الرؤية، أو السمع، أو لديهم إعاقات حركية.

نشاط — **متقدم**

متقدم أنشطة تمكّن الطلاب الموهوبين من تطبيق معارفهم، واستخدام تفكير أكثر تعقيدًا فيها، وفي مشاريع الأبحاث بوصفها امتدادًا لمفاهيم الفصول.

نشاط — **مساعدة الطلاب ذوي صعوبات التعلم**

مساعدة الطلاب ذوي صعوبات التعلم توفر تلميحات لتعليم أي طالب يعاني صعوبة في استيعاب المفاهيم الأساسية.

دورة التعليم الفعّال

تم ترتيب عناصر نسخة المعلم بما يتناسب مع كل قسم في نسخة الطالب وتنظيمها في ثلاث خطوات تشكّل دورة التعليم هي:

1. **التركيز** عناصر لتقديم الدرس.
2. **التدريس** عناصر تزودك بمقترحات للتعليم، وتساعدك على توصيل محتوى الدرس للطلاب.
3. **التقويم** عناصر تساعدك على مراقبة تطور معرفة الطلاب.

سوف تشتمل كل خطوة من دورة التعليم على بعض العناصر الموضحة أدناه أو جميعها:

1. التركيز

نشاط

السرعة اطلب إلى أحد الطلاب أن يمشي عبر الغرفة مرتين؛ الأولى ببطء، والثانية بسرعة أكبر. ثم اسأل الطلاب الآخرين عما إذا قام الطالب الأول بما طُلب إليه. واسألهم: كيف عرفوا ذلك؟ وما الدليل الذي استخدموه لاتخاذ قراراتهم؟ اطلب إلى الطلاب كتابة قائمة بالكميات الفيزيائية التي يحتاجون إلى معرفتها حتى يحددوا سرعة حركة جسم. الكميات الفيزيائية هي: الموقع الابتدائي والموقع النهائي والزمن الذي استغرقه الطالب في الحركة من الموقع الابتدائي إلى الموقع النهائي.

م 1 **بصريّ - مكاني**

الربط مع المعرفة السابقة

السرعة الطلاب على علم بمفهوم السرعة؛ إلا أنهم قد لا يعرفون الفرق بين السرعة القياسية والسرعة المتجهة، وقد يستخدمون المصطلحين للتعبير عن الشيء نفسه. إذا استخدم الطلاب مصطلح السرعة المتجهة في النقاش قبل أن تكون مستعدًّا لعرضه وتطويره، فاسألهم ما الذي يقصدونه بهذا المصطلح.

2. التدريس

تطوير المفاهيم

عرض للسرعة المتجهة المتوسطة يمكن عرض مثال العدّاءين في الصف باستخدام نموذجي لعبتين تتحركان بسرعتين منتظمتين ومختلفتين. وهذا يمكن تقديمه كعرض تفاعلي، أو كنشاط تقوم به مجموعة صغيرة. ومن الممكن كذلك أن يقوم الطلاب مباشرة بأخذ بيانات وحساب سرعة اللعبتين. م 1 **حسي - حركي**

1. التركيز

نشاط عرض قصير أو نشاط يوضح محتوى الدرس، ويجذب انتباه الطلاب.

الربط مع المعرفة السابقة يربط الدرس الحالي بالفصول أو الدروس السابقة.

2. التدريس

نشاط يعزز المفاهيم المهمة من خلال التجريب اليدوي.

المفاهيم الشائعة غير الصحيحة تناقش الأفكار غير الصحيحة التي تكوَّنت لدى الطلاب حول بعض المفاهيم العلمية.

استخدام الشكل التركيز على الأشكال التي تتطلب مساعدة المعلم على تفسيرها، أو التي تصلح أن تكون موضوعًا للمناقشة، أو النشاط بين الطلاب.

مثال صفي مسائل تظهر دائمًا بجانب الأمثلة في نسخة الطالب. استخدم هذه المسائل لتعزيز المفاهيم الواردة في الفصل.

تطوير المفهوم استراتيجيات التدريس تزيد من فهم الطالب لموضوع ما.

التفكير الناقد أسئلة تشجع الطلاب على تحليل المفاهيم التي يعرفونها، أو يقرؤون عنها، واستخلاص نتائج جديدة حولها.

تعزيز الفهم أنشطة تؤكد على المفردات والمفاهيم والعلاقات التي ترد في الفصل.

مصادر المعلم في غرفة الصف

استخدام النماذج نشاط يقوم الطالب من خلاله بعمل أو استخدام نموذج لتوضيح مفاهيم مجردة.

استخدام التشابه استخدام المقارنة مع أحداث شائعة لجعل المفاهيم المجردة أكثر رسوخًا لدى الطلاب.

المناقشة تشتمل على سؤال يمكن أن يناقش من قبل مجموعات صغيرة أو من طلاب الصف، وتحتاج الإجابة إلى التفكير الناقد وتطبيق المفاهيم التي وردت في الفصل.

تطبيق الفيزياء تقدم معلومات تشكل خلفية نظرية و/ أو استراتيجية تدريس، ترتبط بالموضوع الوارد في نسخة الطالب.

الفيزياء في الحياة تلقي الضوء على أمثلة تطبيقية للفيزياء من الحياة الواقعية.

مهن في الحياة تصف المهن التي تشتمل على الفيزياء.

من معلم لآخر تقدم أفكارًا تعليمية صحيحة ومجرّبة، واستراتيجيات تدريس أو أنشطة قام بها مدرسو الفيزياء وطبقوها بنجاح في غرف الصف.

الخلفية النظرية للمحتوى تقدم معلومات إضافية حول مفهوم لم يرد في نسخة الطالب. ربما تكون المعلومات ذات مستوى عالٍ لتقدمها للطلاب، لكنها تساعد على توضيح لماذا يحدث شيء ما؟

مشروع فيزياء نشاط يستمر لفترة طويلة نسبيًّا يقوم فيه الطالب بالبحث في موضوعات أو مفاهيم معينة.

3. التقويم

التحقق من الفهم سؤال أو نشاط يمكنك القيام به لإجراء تقويم سريع لاختبار مدى تعلم الطلاب لمفهوم معين.

إعادة التدريس يقترح استراتيجية لعرض المادة بطريقة مختلفة لمساعدة الطلاب على استيعاب محتوى الدرس.

التوسع يقدم سؤالاً أو نشاطًا ذا مستوى متقدم تتطلب معرفته التركيز بعمق أكبر على مفهوم معين.

عرض سريع

أين يحدث التصادم؟

الزمن المقدر 10–15 دقيقة

المواد والأدوات سيارتان لعبة تتحركان ببطء، ومساطر مترية، وساعة إيقاف أو ساعة حائط لها مؤشر ثوانٍ.

الخطوات اطلب إلى الطلاب تحديد سرعة كلٍّ من السيارتين اللعبة باستخدام المسطرة

3. التقويم

التحقق من الفهم

أنواع الشحنات اسأل الطلاب هل يمكن أن يكتسب جسمان غير مشحونين الشحنة نفسها عند دلكهما معًا؟ وكيف يمكنك إجراء تجربة بسيطة للتحقق من إجابتك؟ عند دلك جسمين معًا فإنهما يكتسبان دائمًا نوعين مختلفين من الشحنات؛ فيكتسب أحد الجسمين شحنات سالبة، في حين يفقدها الجسم الآخر. ويمكن اختبار الشحنات على كل من الجسمين باستخدام شريط لاصق شفاف منزوع حديثًا من لفافته؛ إذ ينبغي أن ينجذب إلى أحد الجسمين ويتنافر مع الجسم الآخر.

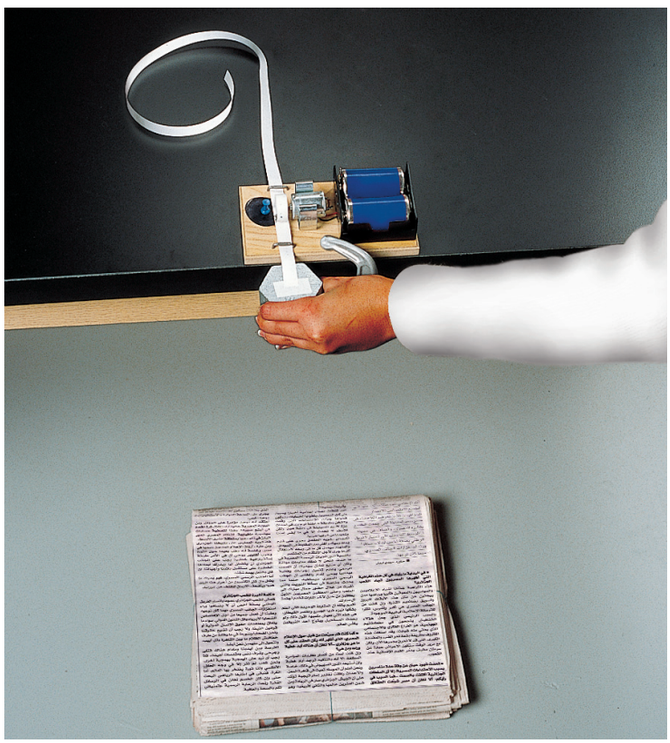
التوسع

الموصلات والعوازل تحت ظروف معيّنة قد تتحرك الشحنات وتنتقل خلال مادة عازلة. اذكر مثالاً على تلك المادة؟ البرق. ما الذي يجعل بقاءك داخل سيارة في أثناء عاصفة رعدية آمنًا؟ لا تكمن الحماية في أثناء

إدارة الأنشطة في مختبر الفيزياء

يُعد مختبر الفيزياء مكانًا آمنًا لإجراء التجارب إذا ما تم اتخاذ تدابير الحيطة والحذر. وعليك أن تتحمل مسؤولية سلامتك وسلامة طلابك، وتقدم لهم قواعد السلامة التالية؛ لتجنب وقوع أي حادثة في المختبر:

1. يجب أن يستخدم مختبر الفيزياء للعمل الجاد.
2. لا تقم بإجراء أي من التجارب غير المصرح بها، واحصل دائمًا على إذن من معلمك.
3. ادرس التجربة قبل مجيئك إلى المختبر، واسأل معلمك إذا كان لديك شك أو استفسار حول أي خطوة.
4. استخدم أدوات السلامة المقدمة لك، واعرف مكان طفاية الحريق، والبطانية المقاومة للحريق، وقواطع الكهرباء وقائمة بمواد السلامة، وموقع غسل العيون، وصندوق الإسعافات الأولية.
5. ارتدِ دائمًا أدوات السلامة المناسبة كالنظارات الواقية، ومعطف المختبر، وانتعل أحذية السلامة.
6. بلّغ معلمك على الفور عن أيّ حادث أو إصابة أو أي خطأ في الخطوات.
7. أخمد النيران باستخدام بطانية مقاومة للحريق، وإذا تعرضت الملابس للحريق فأخمدها بالبطانية أو بمعطف، أو ضعها تحت الدش، دون أن تركض على الإطلاق.
8. تعامل مع المواد السامة والقابلة للاشتعال أو المشعّة بإشراف مباشر من معلمك. وإذا سكبت حامضًا أو مادة كيميائية تسبب التآكل فأزلها حالًا باستخدام الماء. ولا تتذوق أي مادة كيميائية، ولا تسحب أي مادة سامة بواسطة أنبوب زجاجي باستخدام الفم، واحفظ المواد القابلة للاشتعال بعيدًا عن مصادر اللهب.
9. ضع الزجاج المكسور والمواد الصلبة التالفة في الحاويات المخصصة لها. واحتفظ بالمواد غير الذائبة في الماء خارج المغسلة.
10. استخدم الأدوات الكهربائية تحت إشراف معلمك فقط. وتأكد أن المعلم قد تفحص الدائرة الكهربائية قبل أن تُغلقها.
11. تأكد من إغلاق صنبور الماء وأسطوانة الغاز، وفصل التوصيلات الكهربائية بعد الانتهاء من التجربة، ونظّف مكان عملك، وأعد جميع المواد التي استخدمتها إلى أماكنها المناسبة.



الإسعافات الأولية في المختبر

إذا كان مختبر الفيزياء يتطلب احتياطات سلامة خاصة به، فسوف يشار إلى ذلك من خلال رموز السلامة، انظر رموز السلامة في بداية الكتاب.

اطلب إلى الطلاب تقديم تقرير بالحوادث والجروح والمواد المسكوبة جميعها أينما لزم.

وعلى الطالب أن يعرف:

- أساليب السلامة في العمل المختبري.
- كيف يقدم تقريرًا بحادث، أو إصابة أو جرح أو مادة مسكوبة. ومتى يقدمه.
- مكان مواد الإسعافات الأولية ومستلزماتها، وإنذار الحريق، والهاتف، والمسؤول في إدارة المدرسة.

الموقف	الاستجابة الآمنة
الحروق	سكب الماء على الإصابة بشكل كثيف.
الجروح والكدمات	اتباع التعليمات والإرشادات الموجودة في صندوق الإسعافات الأولية.
الصدمة الكهربائية	تزويد المصاب بالهواء المنعش، ووضعه بشكل مائل بحيث يكون رأس المصاب منخفضًا عن باقي الجسم، وإجراء عملية التنفس الاصطناعي إذا كان ذلك ضروريًا، وتغطية المصاب ببطانية ليبقى دافئًا.
الإغماء أو الانهيار	استدعاء الإسعاف فورًا.
الحريق	إغلاق صنابير الغاز وإخماد ألسنة اللهب جميعها، ولف الشخص المحترق ببطانية الحريق، واستعمال طفاية الحريق لإخماد النار. واستدعاء رجال الإطفاء إن لزم. و تجنب استخدام الماء لإطفاء الحريق؛ لأن الماء ربما يتفاعل مع المواد المحترقة، مما يتسبب في ازدياد الحريق.
وجود مادة مجهولة في العين	اغسلها بكمية كبيرة من الماء مدة 15 دقيقة على الأقل، وقم بإرسال المصاب إلى المستشفى.
التسمم	ملاحظة العامل السام المشتبه به، والاتصال بمركز مراقبة السموم؛ للحصول على مضاد التسمم (الترياق).
النزف الشديد	استخدام قفازات مطاطية خاصة، والضغط باليد أو بمادة ضاغطة مباشرة على الجرح، وطلب المساعدة الطبية في الحال.
انسكاب مواد حامضية	غسل المنطقة المصابة بالحمض بكمية كبيرة من الماء، واستخدام رشاش ماء آمن، واستخدام كربونات الصوديوم، أو صودا الخبيز (بيكربونات الصوديوم $NaHCO_3$) .
حروق قاعدة (القلويات)	استخدام حمض البوريك H_3BO_3، وغسل المنطقة بكمية كافية من الماء.
أجسام حادة تخترق الجلد	لا تنزع الجسم المخترق، واحفظ المصاب ساكنًا، وسيطر على النزف، واطلب المساعدة الطبية.

قائمة التجهيزات

هذه قوائم الأدوات التي يمكن أن تساعدك على إعداد مختبرات الفيزياء للسنة كاملة. والكميات المذكورة في الجدول أدناه لمختبر الفيزياء والتجربة والتجارب الصغيرة الإضافية، وهي الكميات القصوى اللازمة لمجموعة واحدة من الطلاب لعام كامل، والكميات الخاصة بالتجارب الاستهلالية هي الكميات القصوى التي ستحتاج إليها لعمل العروض كافة. الأقسام التي يلزمك استخدام الأداة فيها موضوعة بين قوسين في القائمة. ارجع إلى مخطط الفصل قبل الحصول على قائمة بالأجهزة والأدوات لكل نشاط مختبري في كل فصل.

مواد غير مستهلكة

المادة الكمية لكل مجموعة أو تجربة عرض سريع	مختبر الفيزياء	التجربة أو التجربة الإضافية أو العرض السريع	تجربة استهلالية
كرات فولاذية (كتل مختلفة)		ف (3) (1–3)	
ماسك على شكل حرف C (ملزمة)	ف (3)		
قطع خشبية مختلفة الكتل	ف (4)		
كتل للتعليق مختلفة		ف (2) (2–4)	
كتلة للتعليق 1kg	ف (3)		
شريط متري	ف (2) ف (4)	ف (1) (1–1)	
حلقات معدنية متماثلة		ف (1) (1–1)	
قطع نقد معدنية			ف (1)
مسطرة مترية	ف (2)	ف (1) (1–1) ف (2) (1–2) ف (2) (2–4) ف (3) (1–3) ف (3) (3–3) ف (4) (1–4)	ف (2)
ميزان	ف (4)		
نابض	ف (1)	ف (1) (1–1)	
ميزان زنبركي نابض		ف (4) (3–4)	
ساعة إيقاف	ف (1) ف (4)	ف (2) (2–4)	
سيارتان لعبة تعملان بانضغاط النابض	ف (2)	ف (2) (2–4)	ف (2) – ف (3)
قناة على شكل حرف U		ف (3) (1–3)	
كاميرا فيديو	ف (2)	ف (2) (1–2)	
كرة		ف (2) (2–4) ف (3) (2–3) ف (3) (3–3)	
جرس مؤقت	ف (3)		ف (3)
خلية شمسية		ف (1) (1–1)	
ملتيمتر		ف (1) (1–1)	
مسجل فيديو VCR		ف (2) (1–2)	

قائمة التجهيزات

المادة الكمية لكل مجموعة أو تجربة عرض سريع	مختبر الفيزياء	التجربة أو التجربة الإضافية أو العرض السريع	تجربة استهلالية
تلفاز		ف (2) (1–2)	
شفافيات		ف (2) (1–2)	
جهاز عرض الشفافيات		ف (2) (1–2)	
عربة ذات سرعة منتظمة		ف (3) (2–3)	
مستوى مائل		ف (3) (2–3)	
قارورتان فارغتان سعة 2 L		ف (4) (1–4)	
كرة رخامية ومكعب معدني أو أسطوانة معدنية ذات كتل متساوية		ف (4) (2–4)	
ساعة رقمية		ف (4) (2–4)	
كأس كبيرة		ف (4) (2–4)	
مصباح كهربائي		ف (4) (2–4)	
مقياس درجة الحرارة		ف (4) (2–4)	
لوح خشبي			ف (3)

مواد مستهلكة

المادة الكمية لكل مجموعة أو تجربة عرض	مختبر الفيزياء	التجربة أو التجربة الإضافية أو العرض السريع	تجربة استهلالية
حبل			ف (4)
لوح ورق مقوى	ف (2)		
قلم شفافيات		ف (2) (1–2)	
خيط		ف (2) (2–4) ف (4) (1–4) ف (4) (2–4) ف (4) (3–4)	ف (4)
شريط المؤقت	ف (3)		ف (3)
شريط لاصق	ف (3)		ف (1) – ف (3)
قطع صلصال		ف (2) (2–2)	
ألعاب تركيبية وقطع ربط		ف (2) (2–2)	
رباط مطاطي		ف (4) (1–4)	
زيت محرك		ف (4) (2–4)	
ورق رسم بياني	ف (4)		ف (3)

مواد إثرائية داعمة

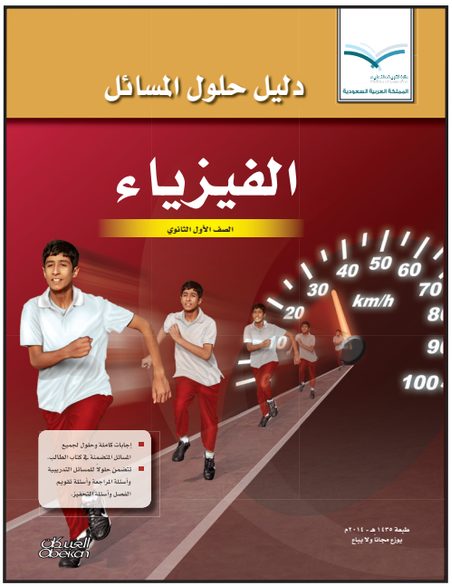
يقدم دليل المعلم للفيزياء مادة مساندة وغنية تمكّنه من إثراء المادة التعليمية في أثناء شرحها.

الملف الخاص بمصادر الفصول يشتمل كل كتاب منها على ما يلي:

- ورقة عمل التجربة
- ورقة عمل مختبر الفيزياء
- دليل مراجعة الفصل
- اختبار قصير للقسم
- تعزيز الفهم
- الإثراء
- الشرائح الرئيسة وأوراق العمل
- تقويم الفصل متضمنًا ثلاثة مستويات من الصعوبة

دليل التجارب العملية

يشتمل **دليل التجارب العملية** على عشر تجارب إضافية، حيث تُبرز نسخة المعلم قائمة المواد، ومعلومات حول احتياطات السلامة في المختبر، وثوابت وقواعد فيزيائية مفيدة، وإجابات التجارب.



الحلول والمسائل

الإجابات

يشتمل **دليل حلول المسائل** على الإجابات والحلول بالتفصيل لكل من المسائل التدريبية، ومسائل التحفيز، ومسائل التقويم، إضافة إلى مسائل إضافية في نهاية كل فصل من فصول الكتاب.

اختبار مقنن تدريبي

اختبارات الفيزياء التحضيرية يشتمل على صفحتين من أسئلة الاختيار من متعدد لكل فصل من فصول الكتاب. وحلولها متضمنة في نهاية الكتاب.

دعم الرياضيات

ربط الرياضيات مع الفيزياء يساعدالطلاب على تطبيق معلومات رياضية رئيسة، ومهارات في حل مسائل فيزيائية.

جدول توزيع الحصص

الفصل	عدد الحصص
الأول	6
الثاني	8
الثالث	7
الرابع	9
المجموع	30

قائمة المحتويات

الفصل 1

مدخل إلى علم الفيزياء..... 8

تجربة استهلالية..... 9
هل تسقط جميع الأجسام بالسرعة نفسها؟

1-1 الرياضيات والفيزياء 9

1-2 القياس..... 16

مختبر الفيزياء..... 22
استكشاف حركة الأجسام

الفصل 2

تمثيل الحركة..... 30

تجربة استهلالية..... 31
أي السيارتين أسرع؟

2-1 تصوير الحركة..... 31

2-2 الموقع والزمن..... 34

2-3 منحنى (الموقع- الزمن)..... 38

2-4 السرعة المتجهة..... 43

مختبر الفيزياء..... 50
عمل رسوم توضيحية للحركة

الفصل 3

الحركة المتسارعة..... 58

تجربة استهلالية..... 59
هل تبدو جميع أنواع الحركة بالشكل نفسه عند تمثيلها بيانيًّا؟

3-1 التسارع (العجلة)..... 59

3-2 الحركة بتسارع ثابت 70

3-3 السقوط الحر 79

مختبر الفيزياء..... 84
التسارع الناتج عن الجاذبية الأرضية

الفصل 4

القوى في بعد واحد..... 94

تجربة استهلالية..... 95
ما القوة الكبرى؟

4-1 القوة والحركة..... 95

4-2 استخدام قوانين نيوتن 105

4-3 قوى التأثير المتبادل..... 112

مختبر الفيزياء..... 122
القوة والكتلة

مصادر تعليمية

حلول بعض المسائل التدريبية..... 130

المصطلحات..... 133

الفصل 1

مخطط الفصل

الأهـــداف	المواد والأدوات
افتتاحية الفصل	
1–1 الرياضيات والفيزياء 1. **توضّح** الطريقة العلمية. 2. **تجري** العمليات الحسابية وفقًا للقوانين الفيزيائية، وباستخدام التعبير العلمي.	**تجارب الطالب** **تجربة استهلالية** خمس قطع نقدية معدنية، وشريط لاصق. **تجربة** خمس حلقات معدنية متماثلة، ونابض، ومسطرة مترية. **عرض المعلم** **عرض سريع** خلية شمسية، ومقياس متعدد (ملتيمتر).
1–2 القياس 3. **تتعرف** النظام الدولي للوحدات. 4. **تستخدم** تحليل الوحدات للتحويل من وحدة إلى أخرى. 5. **تقوِّم** الإجابات باستخدام تحليل الوحدات. 6. **تميّز** بين الدقة والضبط. 7. **تحدّد** دقة الكميات المقيسة.	**تجارب الطالب** **مختبر الفيزياء** الاتصال بالإنترنت، وساعة إيقاف.

طرائق تدريس متنوعة

م 1 أنشطة مناسبة للطلاب ذوي صعوبات التعلّم.	م 2 أنشطة مناسبة للطلاب ذوي المستوى المتوسط.	م 3 أنشطة مناسبة للطلاب المتفوقين (فوق المتوسط).

شرائح ومصادر قابلة للنسخ	التقنية
	تتضمّن أعمال المعلم: نسخة المعلم التفاعليّة، تخطيط الدّرس مع مفكرة، التقويم، ارتباطات بمواقع إلكترونية.
الملف الخاص بمصادر الفصول 4–1، الفصل 1. دليل مراجعة الفصل، ص 16–13 اختبار قصير 1 – 1 ، ص 17 شريحة التدريس 1 – 1 ص 23 ورقة عمل التجربة ص 7 **ربط الرياضيّات مع الفيزياء**	
الملف الخاص بمصادر الفصول 4–1، الفصل 1. دليل مراجعة الفصل، ص 16–13 اختبار قصير 2 – 1 ، ص 18 تعزيز الفهم ص 19 الإثراء، ص 21 شريحة التدريس 2–1 ص 25 شريحة التدريس 3–1 ص 27 شريحة التدريس 4–1 ص 29 ورقة عمل مختبر الفيزياء ص 8 **ربط الرياضيّات مع الفيزياء** **دليل التجارب العمليّة، ص 15**	مسألة الأسبوع على الموقع الإلكتروني: Obeikaneducation.com

مصادر التقويم

الملف الخاص بمصادر الفصول 4 – 1، الفصل 1	**التقنية**
تقويم الفصل 1 ص 31	الموقع الإلكتروني
اختبارات الفيزياء التحضيرية	Obeikaneducation.com

نظرة عامة إلى الفصل

الرياضيات لغة الفيزياء، ويحتاج الطلاب إلى معرفة كيفية استخدامها بوصفها أداة لمعظم دراساتهم. والقسم الأول من هذا الفصل يجعل الطلاب يألفون الطريقة العلمية، ويميزون بين القانون العلمي والنظرية العلمية. ويتعلم الطلاب في القسم الثاني القياسات والثوابت الفيزيائية والدقة والضبط.

فكِّر

قادت الأبحاث الفيزيائية في الخمسين سنة الماضية إلى العديد من الاختراعات التقنية التي أثرت في نواحٍ عديدة في حياة الناس. ومن الأمثلة على ذلك تطور الترانزستورات ذات الموصلية الفائقة بتعدد تطبيقاتها كاستخدام الأشعة السينية في علم الفلك والرسم البيولوجي، إضافة إلى تقنيات التسلية المنزلية وصناعة الوسائد الهوائية في السيارات.

المفردات الرئيسة

- الفيزياء
- النظرية العلمية
- الطريقة العلمية
- القياس
- الفرضية
- تحليل الوحدات
- النماذج العلمية
- الدقة
- القانون العلمي
- الضبط

الفصل 1

مدخل إلى علم الفيزياء
A Physics Toolkit

ما الذي ستتعلمه في هذا الفصل؟

- استخدام الطُّرق الرياضية للقياس والتوقع.
- تطبيق أسس الدقة والضبط عند القياس.

الأهمية

ستساعدك القياسات والطُّرق الرياضية في هذا الفصل على تحليل النتائج ووضع التوقعات.

الأقمار الاصطناعية القياسات الدقيقة والمضبوطة مهمة جدًّا في صناعة الأقمار الاصطناعية، وفي إطلاقها ومتابعتها؛ لأنه ليس من السهل تدارك الأخطاء فيما بعد. وقد أحدثت الأقمار الاصطناعية –ومنها تلسكوب هابل الفضائي المبيّن في الصورة– ثورة كبيرة في مجال الأبحاث العلمية والاتصالات.

فكِّر

قادت أبحاث الفيزياء إلى العديد من الابتكارات التقنية؛ ومنها الأقمار الاصطناعية المستخدمة في الاتصالات وفي التصوير التلسكوبي. اذكر أمثلة أخرى على الأجهزة والأدوات التي طورتها الأبحاث الفيزيائية خلال الخمسين عامًا الماضية.

الفيزياء عبر المواقع الإلكترونية
www.obeikaneducation.com

تجربة استهلالية

الهدف استكشاف حركة جسم ساقط سقوطًا حرًّا.

المواد والأدوات خمس قطع نقد معدنية، وشريط لاصق.

استراتيجيات التدريس

- سادت نظرية أرسطو التي تنص على أن الأجسام الأثقل تسقط أسرع من الأجسام الأخف لمدة 1900 عام حتى اكتشافات جاليليو التي غيَّرت المفهوم السائد في هذا المجال.
- أعد التجربة مع كتلة أكبر مقدارها 1kg بدلاً من القطع المعدنية الأربع.
- هل يتوقع الطلاب وجود فرق بين سقوط القطع المعدنية معًا عندما تكون ملتصقة وسقوطها عندما لا تكون ملتصقة؟ وجِّه النقاش إذا لزم الأمر باتجاه يبين عدم وجود فرق.
- لاحظ أن قياس أزمنة السقوط للأجسام المتماثلة سهل نسبيًّا، أما قياس سرعة سقوطها فهو أكثر صعوبة. استخدم جاليليو الأسطح المائلة لتقليل السرعة الرأسيّة للأجسام الساقطة. خلال عدة

1. التركيز

نشاط

أنظمة الوحدات اطلب إلى الطلاب قياس بعض الأشياء (طول أو عرض الغرفة، عرض الطاولة..إلخ) من دون استخدام أي أداة قياس. سوف يحتاجون إلى استخدام بعض أطرافهم مثل الذراع أو القدم أو الشبر في عملية القياس. ثم اطلب إلى كل واحد منهم أن يسجل نتائج قياساته، واشرح مدى صعوبة تماثل النتائج عند استخدام وحدات قياس مختلفة كهذه.

م ا حسي - حركي

الربط مع المعرفة السابقة

الوحدات من الطبيعي أن يكون الطلاب قد اعتادوا التعامل مع وحدات النظام الدولي والرموز العلمية في مراحل دراسية سابقة، بينما لا يفترض هذا الكتاب وجود مثل هذه الخبرة .

تجربة استهلالية

هل تسقط جميع الأجسام بالسرعة نفسها؟

سؤال التجربة كيف يؤثر وزن الجسم في سرعة سقوطه؟

الخطوات

اشتملت كتابات الفيلسوف الإغريقي أرسطو على دراسات لبعض نظريات علم الفيزياء التي كان لها تأثير كبير في أواخر القرون الوسطى. حيث اعتقد أرسطو أن الوزن عامل مؤثر في سرعة سقوط الجسم، وأن سرعة سقوط الجسم تزداد مع ازدياد وزنه. وقد استقصى جاليليو ذلك للتأكد من صحته.

1. ألصق أربع قطع نقد معدنية (من فئة 50 هللةً) معًا باستخدام شريط لاصق.
2. ضع القطع النقدية الملتصقة على راحة يدك، وضع إلى جوارها قطعة نقد واحدة.
3. **لاحظ** من خلال دفع القطع لراحة يدك، أيها أثقل: القطع الملتصقة أم القطعة الواحدة؟
4. **لاحظ** أسقط القطع جميعها من يدك في الوقت نفسه، ثم لاحظ حركتها.

التحليل

وفقًا لنظرية أرسطو، ما سرعة سقوط قطعة النقد مقارنة بالقطع الملتصقة؟ ماذا تستنتج؟

التفكير الناقد وضّح تأثير كل من الخصائص التالية في سرعة سقوط الجسم: الحجم، الكتلة، الوزن، اللون، الشكل.

1-1 الرياضيات والفيزياء Mathematics and Physics

ما الذي يخطر ببالك عندما ترى أو تسمع كلمة «فيزياء»؟ يتخيل كثير من الناس سبورة كُتب عليها معادلات رياضية فيزيائية مثل:

$$d = \frac{1}{2}at^2 + v_0t + d_0 \text{ ،} I = \frac{V}{R} \text{ ،} E = mc^2$$

ولعلك تتخيل علماء وباحثين يرتدون معطف المختبر الأبيض، وقد تتخيّل وجوهًا شهيرة في عالم الفيزياء مثل ألبرت أينشتاين أو إسحق نيوتن وغيرهما، وقد تُفكر في الكثير من التطبيقات التقنية الحديثة التي طوّرها علم الفيزياء، ومنها الأقمار الاصطناعية، والكمبيوتر المحمول، وأشعة الليزر، وغيرها.

الأهداف

- **توضح** الطريقة العلمية.
- **تجري** العمليات الحسابية وفقًا للقوانين الفيزيائية، وباستخدام التعبير العلمي.

المفردات

الفيزياء
الطريقة العلمية
الفرضية
النماذج العلمية
القانون العلمي
النظرية العلمية

سنوات من التجارب وتحليل نتائج قياس الزمن اللازم لقطع مسافات مختلفة، وجد جاليليو أن المسافة المقطوعة للأجسام الساقطة تتناسب مع مربع زمن السقوط.

النتائج المتوقعة تسقط قطعة النقد المعدنية ومجموعة القطع الملتصقة على الأرض خلال الزمن نفسه.

التحليل توقع أرسطو أن معدل سقوط القطع المعدنية الملتصقة أكبر أربع مرات من معدل سقوط القطعة الواحدة، وفي الواقع تسقط القطع الأربع المربوطة معًا كما لو كانت تسقط كل منها على حدة.

التفكير الناقد تؤثر مقاومة الهواء في معدّل سقوط الأجسام. وتعتمد هذه المقاومة على شكل الجسم، وطريقة سقوطه، وسرعته بالنسبة للهواء، وكثافة الهواء.

2. التدريس

استخدام النماذج

المعادلات زوّد الطلاب بمثال على كيفية استخدام المعادلات لتمثيل الظواهر. هل يستطيع الطلاب تفسير معنى المعادلة $V = IR$ التي ظهرت في المثال 1. المعادلة $V=IR$ تعني أن فرق الجهد V (المقيس بوحدة الفولت) هو حاصل ضرب شدة التيار (المقيس بوحدة الأمبير) في المقاومة (المقيسة بوحدة الأوم Ω). م 2

منطقي-رياضي

تطوير المفهوم

المعادلات نلاحظ في المثال 1 أن $V = IR$، و $R = \frac{V}{I}$ اسأل الطلاب ما المعادلة التي تعطي مقدار شدة التيار I. $I = \frac{V}{R}$

التحكم في شدة التيار وضح للطلاب كيفية تفسير المعادلة $I = \frac{V}{R}$. هناك ثلاث طُرق للتحكم في شدة التيار في دائرة كهربائية، إما بتغيير فرق الجهد V أو بتغيير المقاومة R (أو بتغيير كليهما). م 2 **منطقي-رياضي**

تعزيز الفهم

دليل الرياضيات اطلب إلى الطلاب الرجوع إلى دليل الرياضيات في آخر الكتاب لتعرّف المزيد عن العلاقات الرياضية وتمثيلاتها البيانية.

ما الفيزياء؟ What is Physics?

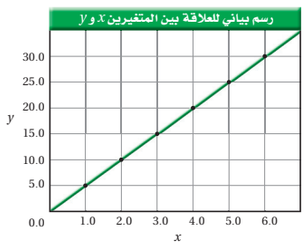
الفيزياء فرع من فروع العلم يُعنى بدراسة العالَم الطبيعي: الطاقة والمادة وكيفية ارتباطها. فعلماء الفيزياء يدرسون طبيعة حركة الإلكترونات والصواريخ، والطاقة في الموجات الضوئية والصوتية، وفي الدوائر الكهربائية، وتركيب المادة بدءًا بالإلكترون وانتهاءً بالكون. إن الهدف من دراسة هذا الكتاب هو مساعدتك على فهم العالم الفيزيائي من حولك.

يعمل دارسو الفيزياء في مجالات ومهن عديدة؛ فبعضهم يعمل باحثًا في الجامعات والكليات أو في المصانع ومراكز الأبحاث، والبعض الآخر يعمل في المجالات الأخرى المرتبطة مع علم الفيزياء، ومنها الفلك والهندسة وعلم الكمبيوتر والتعليم والصيدلة. وهناك آخرون يستخدمون مهارات حل المشكلات الفيزيائية في مجالات الأعمال التجارية والمالية وغيرها.

الرياضيات في الفيزياء Mathematics in Physics

يستخدم علماء الفيزياء الرياضيات بوصفها لغة قادرة على التعبير عن القوانين والظواهر الفيزيائية بشكل واضح ومفهوم. وفي علم الفيزياء تمثل المعادلات الرياضية أداة مهمة لنمذجة المشاهدات ووضع التوقعات لتفسير الظواهر الفيزيائية المختلفة. فبالعودة إلى التجربة الاستهلالية تستطيع أن تتوقع أنه عند إسقاط قطع النقد المعدنية فإنها تسقط في اتجاه الأرض. ولكن بأي سرعة تسقط؟ يمكن التعبير عن سقوط القطع المعدنية بنماذج مختلفة يعطي كل منها إجابة مختلفة عن طريقة تغير السرعة في أثناء السقوط، أو ما تعتمد عليه هذه السرعة. وبحساب سرعة الجسم الساقط يمكنك مقارنة نتائج التجربة بما توقعته في النماذج السابقة، مما يتيح لك اختيار أفضلها، والشروع في تطوير نموذج رياضي جديد يعبّر عن الظاهرة الفيزيائية بشكل أفضل.

يمكن مثلًا استخدام الرسوم البيانية؛ فهي تتيح الوصول إلى المعلومات بشكل سريع وسهل. فالأنماط التي لا يمكن رؤيتها بسهولة في قائمة من الأرقام تأخذ شكلاً واضحًا ومحددًا عندما تمثَّل بالرسم. وقد تأخذ النقاط المبعثرة في الرسم البياني عدة أشكال عند توصيلها معًا بخط المواءمة الأفضل؛ وهو أفضل خط بياني يمرّ بالنقاط كلها تقريبًا. فعند توصيل النقاط المبعثرة في الشكل المجاور نحصل على علاقة خطية طردية بين المتغيرين x و y. ولتعرّف العلاقات الأخرى ارجع إلى دليل الرياضيات في آخر الكتاب، وكتاب الرياضيات للصف الثالث المتوسط: العلاقات الخطية والعلاقات التربيعية.



1–1 إدارة المصادر

الملف الخاص بمصادر الفصول 1–4

دليل مراجعة الفصل 1، ص 13–16

ورقة عمل مختبر الفيزياء ص 8

اختبار قصير 1 – 1 ، ص 17

شريحة التدريس 1 – 1 ص 23

ربط الرياضيّات مع الفيزياء

مثـــال 1

فرق الجهد الكهربائي V في دائرة كهربائية يساوي حاصل ضرب شدة التيار الكهربائي I في المقاومة الكهربائية R في تلك الدائرة؛ أي أن: $V(volts) = I(amperes) \times R(ohms)$. ما مقاومة مصباح كهربائي يمر فيه تيار كهربائي مقداره 0.75 *amperes* عند وصله بفرق جهد مقداره 120 *volt*؟

1 تحليل المسألة ورسمها

- إعادة كتابة المعادلة.
- تعويض القيم .

المعلوم	المجهول
$I = 0.75\ amperes$	$R = ?$
$V = 120\ volts$	

2 إيجاد الكمية المجهولة

نعيد كتابة المعادلة ليكون المجهول وحده على الطرف الأيسر للمعادلة

$V = IR$ — بعكس طرفي المعادلة

$IR = V$ — بقسمة كلا الطرفين على I

$R = \frac{V}{I}$ — بالتعويض $V = 120\ volts$ ، $I = 0.75\ amperes$

$R = \frac{120\ volts}{0.75\ amperes}$ — نحصل على المقاومة بوحدة (Ω) أو *ohms*

$R = 160\ ohms$

3 تقويم الجواب

- **هل الوحدات صحيحة؟** $1\ ohm = 1\ volt / ampere$ ، وتلاحظ أن الجواب بوحدة *volts/ampere* وهذه الوحدة هي وحدة *ohms* نفسها، كما هو متوقع.
- **هل الجواب منطقي؟** قُسِّمَ الرقم 120 على عدد أقل قليلًا من 1، فمن المنطقي أن يكون الجواب أكبر قليلًا من 120.

مسائل تدريبية

أعد كتابة المعادلات المستخدمة في حل المسائل التالية، ثم احسب المجهول:

1. وُصِّل مصباح كهربائي مقاومته 50.0 Ω في دائرة كهربائية مع بطارية فرق جهدها 9.0 *volts*. ما مقدار التيار الكهربائي المار في المصباح؟
2. إذا تحرك جسم من السكون بتسارع ثابت a فإن سرعته v_f بعد زمن مقداره t تُعْطَى بالعلاقة $v_f = at$. ما تسارع دراجة تتحرك من السكون فتصل سرعتها إلى 6 m/s خلال زمن قدره 4 s؟
3. ما الزمن الذي تستغرقه دراجة نارية تتسارع من السكون بمقدار $0.400\ m/s^2$، حتى تبلغ سرعتها 4.00 m/s؟ (علمًا بأنّ $v_f = at$)
4. يُحسب الضغط P المؤثر في سطح ما بقسمة مقدار القوة F المؤثرة عموديًّا على مساحة السطح A حيث $P = \frac{F}{A}$. فإذا أثر رجل وزنه 520 N يقف على الأرض بضغط مقداره $32500\ N/m^2$، فما مساحة نعلي الرجل؟

مثال صفي

سؤال وُصلت بطارية سيارة فرق الجهد بين قطبيها 12 V بمصباح كوابح مقاومته 3 Ω. ما شدة التيار الكهربائي الذي يحمل الطاقة للمصباح؟

الجواب

استخدم $I = \frac{V}{R}$، ثم عوّض القيم المعلومة للحصول على شدة التيار I.

$I = \frac{12\ V}{3\ \Omega} = 4\ amperes$

مسائل تدريبية

1. 0.18 amperes
2. $1.5\ m/s^2$
3. 10.0 s
4. $0.016\ m^2$

عرض سريع

الضوء والخلايا الشمسية

الزمن المقدر 15 دقيقة

المواد والأدوات خلية شمسية، ومقياس متعدد (ملتيمتر).

الخطوات اسأل الطلاب: كيف تتناسب كمية الكهرباء الناتجة عن الخلية الشمسية مع كمية ضوء الشمس الساقطة على السطح؟ وعندما يقترحون بعض النظريات، اسألهم: كيف نتحقق من صحة هذه النظريات؟ صل جهاز ملتيمتر لقياس شدة التيار الناتج عن الخلية الشمسية، ثم سجّل شدة التيار المقيس. احجب مساحات مختلفة من الخلية الشمسية، ثم قس التيار في كل مرة. واعمل تحليلاً مختصرًا للبيانات، وناقش طريقة عمل التجربة، ثم حدد الاستنتاجات التي قد تستخلصها من البيانات.

الفيزياء في الحياة

معلومة للمعلم

أنظمة تحديد المواقع العالمية GPS (Global Positioning Systems) تسمح هذه الأنظمة للبحارة والمسافرين والسائقين بتحديد مواقعهم على الأرض بدقة تصل إلى بضعة أمتار. ذكّر الطلاب أن الإحداثيات ثلاثية الأبعاد، وأن أجهزة GPS المتقدمة تحدد خط الطول ودائرة العرض والارتفاع عن سطح البحر. واسأل عما إذا كان لدى أحدهم جهاز GPS، واطلب إليه أن يوضح طريقة عمله لزملائه في الصف.

تجـــربة

قياس التغير

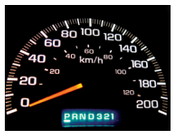
الهدف يمثل البيانات بيانيًّا ويستنتج منها.

المواد والأدوات خمس حلقات معدنية متماثلة، ونابض، ومسطرة مترية.

النتائج المتوقعة يختبر الطلاب صحة توقعهم بقياس طول النابض عند تعليق 4 أو 5 حلقات فيه، ثم يمثلون البيانات على ورقة الرسم البياني نفسها.

التحليل والاستنتاج

5. يزداد الطول مع الكتلة، ويكون ميل الخط المستقيم الناتج موجبًا.



الشكل 1–1 ما القيم المنطقية لسرعة سيارة؟

هل هذا منطقي؟ تستخدم أحيانًا وحدات غير مألوفة، كما في **المثال 1**، وتحتاج إلى التقدير للتحقق من أن الإجابة منطقية من الناحية الرياضية. وفي أحيان أخرى تستطيع التحقق من أن الإجابة تتوافق مع خبرتك، كما هو واضح من **الشكل 1–1**. عندما تتعامل مع تجربة الأجسام الساقطة تحقق من أن زمن سقوط الجسم الذي تحسبه يتوافق مع خبرتك. فمثلًا هل تحتاج الكرة النحاسية التي تسقط من ارتفاع 5 m إلى 0.002 s أم إلى 17 s حتى تصل إلى سطح الأرض؟ طبعًا كلتا الإجابتين غير منطقية.

الطريقة العلمية Scientific Method

تمثل **الطريقة العلمية** أسلوبًا للإجابة عن تساؤلات علمية بهدف تفسير الظواهر الطبيعية المختلفة. وتبدأ بطرح أسئلة بناءً على مشاهدات، ثم محاولة البحث عن إجابات منطقية لها عن طريق وضع الفرضيات.

الفرضية تخمين علمي عن كيفية ارتباط المتغيرات بعضها مع بعض. ولاختبار صحة الفرضية يتم تصميم التجارب العلمية وتنفيذها، وتسجيل النتائج وتنظيمها، ثم تحليلها؛ في محاولة لتفسير النتائج أو توقع إجابات جديدة. ويجب أن تكون التجارب والنتائج قابلة للتكرار؛ أي أن يكون باستطاعة باحثين آخرين إعادة التجربة والحصول على النتائج نفسها. ويوضح **الشكل 2–1** مجموعة من الطلاب وهم يجرون تجربة فيزيائية لقياس المعدل الزمني للشغل الذي يبذله كل منهم في أثناء صعود الدرج؛ أي قدرة كلٍّ منهم.

تجـــربة

قياس التغير

اجمع خمس حلقات معدنية متماثلة، ونابضًا يستطيل بشكل ملحوظ عندما نعلّق به حلقة معدنية.

1. **قس** طول النابض، ثم قسه عند تعليق حلقة، ثم حلقتين، ثم 3 حلقات معدنية به.
2. **ارسم بيانيًا** العلاقة بين طول النابض والكتلة المعلقة به.
3. **توقع** طول النابض عند تعليق 4 حلقات به ثم 5.
4. **اختبر** توقعاتك.

التحليل والاستنتاج

5. **صف** شكل الرسم البياني، وكيف تستخدمه لتوقع طولين جديدين؟

الشكل 2–1 يُجري هؤلاء الطلاب تجربة لتحديد قدرة كل منهم عند صعود الدرج. ويستخدم كل طالب نتائجه لتوقع الزمن اللازم لرفع ثقل مختلف باستخدام القدرة نفسها.

مصادر الفصول 4–1

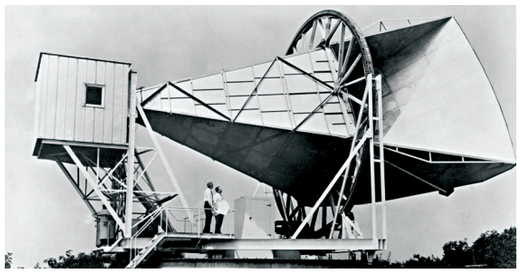
شريحة التدريس 1–1

الموقع الإلكتروني www.obeikaneducation.com.sa

معلومة للمعلم

الخلفية النظرية للمحتوى

إيجاد المجاهيل يقتضي قياس الكميات الفيزيائية وحسابها استخدام الرياضيات. يدين نظامنا الحديث في الرياضيات بشكل كبير للحضارتين الهندية والإسلامية؛ فقد أُخذ عنهما الصفر والأرقام العربية واللوغاريتمات. إضافة إلى مساهمتها المهمة في علم الجبر. فلقد تطور الجبر العادي عبر فترة زمنية تقارب الـ 4000 عام، وكلمة algebra الإنجليزية جاءت من كلمة الجبر العربية. كما أن كلمة algorithm أو الخوارزميات جاءت من اسم العالم الرياضي المسلم محمد بن موسى الخوارزمي، والذي ألف مصنفًا في الجبر سنة 830 م، كما أسهم العالم المسلم البتاني في تطوير علم المثلثات.

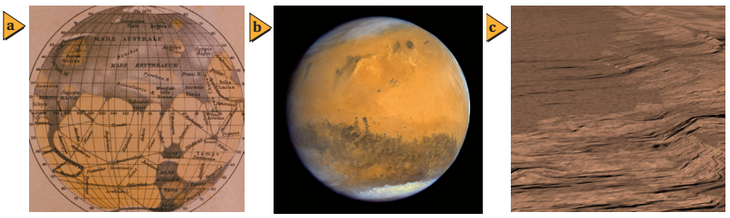


الشكل 3–1 في منتصف الستينات من القرن الماضي حاول بعض العلماء — من دون جدوى — إزالة التشويش المستمر في الهوائي لاستخدامه في علم الفلك. واليوم أصبح من المعروف أن التشويش المستمر (مثل الصوت الذي يصدره التلفاز عند انقطاع البث) ناتج عن موجات معينة تصدر من الفضاء الخارجي. ولقد عُدّ ذلك دعمًا تجريبيًا لنظرية الانفجار العظيم.

النماذج والقوانين والنظريات تستطيع الفكرة أو المعادلة أو التركيب أو النظام نمذجة الظاهرة التي تحاول تفسيرها. **فالنماذج العلمية** تعتمد على التجريب، ودروس الكيمياء تعيد إلى الأذهان النماذج المختلفة للذرة التي استخدمت عبر الزمن، حيث تعاقب ظهور نماذج ذرية جديدة بهدف تفسير المشاهدات والقياسات الحديثة.

وإذا لم تؤكد البيانات الجديدة صحة النموذج وجب إعادة اختبار كليهما. ويُظهر **الشكل 3–1** مثالًا تاريخيًا على ذلك. وإذا أثيرت تساؤلات حول نموذج علمي معتمد، يقوم الفيزيائيون أولًا بتفحص هذه التساؤلات بعناية للتأكد من صحتها: هل يستطيع أي شخص الحصول على النتائج نفسها عند البحث؟ هل هناك متغيرات أخرى؟ وإذا تولدت معلومات جديدة عن تجارب لاحقة فيجب تغيير النظريات لتعكس المكتشفات الجديدة. فعلى سبيل المثال، كان الاعتقاد السائد في القرن التاسع عشر أن العلامات الخطية التي يمكن رؤيتها على كوكب المريخ عبارة عن قنوات، كما هو موضح في **الشكل a 4–1**. وبعد تطور المناظير الفلكية (التلسكوبات) أثبت العلماء أنه لا يوجد مثل هذه العلامات، كما هو واضح في **الشكل b 4–1**.

وفي الوقت الحالي، باستخدام أجهزة أفضل، وجد العلماء دلائل تشير إلى أن الماء كان موجودًا على سطح المريخ في الماضي، كما هو موضح في **الشكل c 4–1**. إن أي اكتشاف جديد يعني ظهور تساؤلات جديدة ومجالات جديدة للاستكشاف.



الشكل 4–1 يُظهر رسم للمشاهدات المأخوذة من المناظير الفلكية القديمة قنوات على سطح كوكب المريخ (a). ولا تظهر هذه القنوات في الصور الحديثة المأخوذة من مناظير فلكية متطورة (b). وتظهر صخور رسوبية طبقية في صورة أحدث لسطح المريخ، مما يشير إلى أن هذه الطبقات قد تكونت في مياه راكدة (c).

المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

العلم والعلماء اكتشف التصورات السابقة التي يحملها طلابك عن ماهية العلم وعن نوعية الأفراد الذين يعملون في الميادين العلمية. من المفيد التأكيد خلال الأسابيع الدراسية الأولى على أن العلم ليس مجرد بحث عن الحقائق في المراجع والكتب، بل هو عملية اختبار معرفة الباحث بتطبيقها على أوضاع جديدة. والأكثر أهمية من ذلك، هو أن العلم يأتي من الرغبة الشديدة في المعرفة لدى أولئك الذين يجرؤون على طرح سؤال (لماذا)، ثم يمضون إلى أبعد مدى للحصول على الإجابة.

نشاط

القياس عن بُعد حاول جاليليو، باستخدام منظاره الفلكي، حساب ارتفاع الجبال على القمر بتقدير طول ظلالها. اطلب إلى أحد الطلاب أن يحضر صندوقًا كرتونيًا ومسطرة طولها 30 cm، ويضعها فوق سطح أفقي أبيض اللون. استخدم مصدرًا ضوئيًا لعمل ظلال لكلا الجسمين على الشاشة. ثم اسأل الطلاب: لأي الجسمين ظل أطول؟ الجسم الأطول. اطلب إلى الطلاب استخدام النسب لمقارنة الأطوال المقيسة للجسمين مع ظليهما. سيجدون أن طول كل ظل يتناسب مع ارتفاع الجسم نفسه.

م 2 **بصري-مكاني**

نشاط

مساعدة الطلاب ذوي صعوبات التعلّم

الطريقة العلمية يدرك كثير من الطلاب وجود نظام بحث صارم مكون من خطوات متسلسلة يتّبعها جميع الباحثين العلميين دون استثناء. أخبر الطلاب أن الباحثين يعالجون المشكلات ويحلونها بالتخيّل والإبداع والمعرفة السابقة والمثابرة، وأن هذه هي الطرائق المشتركة بين من يعملون على حل المشكلات العلمية. والفكرة المراد إيصالها إلى الطلاب هنا هي أن العلم لايختلف عن باقي النشاطات الإنسانية المعرفية فيما يتعلق بحل الألغاز واستكشاف المجهول.

استخدام الشكل 5–1

اسـأل الطلاب عن نظرية سقوط الأجسام التي كانوا يعتقدون بصحتها قبل أن يدرسوا ذلك في الفيزياء. ما الأسـئلة التي ظهرت مع كل نظرية جديدة؟ م 2 **بصري-مكاني**

القانـون العلمي قاعدة طبيعية تجمع مشـاهدات مترابطة لوصف ظاهـرة طبيعية متكررة، ويعـبر عنها بعبـارة تصف العلاقة بين متغيريـن أو أكثر، ويمكن التعبـير عن هذه العلاقة في معظـم الحـالات بمعادلة رياضية. فعلى سـبيل المثال ينص قانون حفظ الشـحنة على أنه خلال التحولات المختلفة للمادة تبقى الشحنة الكهربائية ثابتة قبل التحول وبعده. وينص قانون الانعكاس على أن زاوية سقوط الشعاع الضوئي على السطح العاكس تساوي زاوية انعكاسـه عن السطح نفسه. لاحظ أن القانون لا يفسر سبب حدوث هذه الظواهر ولكنه يقدم وصفًا لها.

النظريـة العلمية إطار يجمـع بين عناصر البناء العلمي في موضـوع من موضوعات العلم، وهو قادر على تفسير المشاهدات والملاحظات المدعومة بنتائج تجريبية لا تتعارض مع نظرية أخرى في موضوع آخر من موضوعات العلم. وهي بذلك تشتمل على عناصر البناء العلمي كافة، من فرضيات وحقائق ومفاهيم وقوانين ونماذج؛ فالنظرية قد تكون تفسيرًا للقوانين، وهي أفضل تفسير ممكن لمبدأ عمل الأشياء. فعلى سبيل المثال، تنص نظرية الجاذبية الكونية عـلى أن جميع الكتـل في الكون تنجذب إلى كتل أخرى ويجذب بعضهـا بعضًا. وقد تُراجَع القوانـين والنظريـات أو تُهمَل مـع الزمن، كما هو واضح في **الشـكل 5–1**. ويطلق اسـم نظرية فقط على التفسير الذي تدعمه بقوة نتائج التجارب العملية.

الشـكل 5–1 تتغير النظريات وتُعدل عندما تُوفر التجارب الجديدة ملاحظات جديـدة. فنظريـة سقوط الأجسـام مثلًا خضعت للكثير من التعديل والمراجعة.

اعتقد الفلاسفة الإغريق أن الأجسام تسقط لأنها تبحث عن أماكنها الطبيعية، وكلما كانت كتلة الأجسام أكبر كان سقوطها أسرع.

↓ مراجعة

وضح جاليليو أن سرعة سقوط الأجسام تعتمد على زمن سقوطها لا على كتلتها.

↓ مراجعة

رأيُ جاليليو كان صحيحًا، إلا أن نيوتن أرجع سبب سقوط الأجسام إلى وجود قوة تجاذب بين الأرض وبين هذه الأجسام.

↓ مراجعة

ما زالت مقترحات جاليليو ونيوتن في سقوط الأجسام تحتفظ بصحتها، وافترض أينشتاين فيما بعد أن قوة التجاذب بين جسمين إنما هي بسبب الكتلة التي تؤدي إلى تحدب الفضاء حولها.

الخلفية النظرية للمحتوى

معلومة للمعلم

جاليليـو والطريقـة العلمية في عام 1609م بنى جاليليو جاليـلي منظارًا فلكيًّا ذا قوة مناسـبة لاستكشاف السـماء، وقد وجد أن القمر ليس كرة ملسـاء تمامًا، وإنما يوجد على سـطحه جبال اسـتطاع تقدير ارتفاعاتها من الظلال. بالإضافة إلى ذلك اكتشف جاليليو أربعة أقمار تدور حول كوكب المشـتري، واكتشـف أن مجرة درب التبانة تتكون من عدد هائل من النجوم لم يتخيله أحد من قبل، وأن المريخ له أوجه شبيهة بأوجه القمر. وقد دفعته هذه الاكتشافات إلى محاولة إثبات أن الأرض والكواكب الأخرى تدور حول الشمس.

3. التقويم

التحقق من الفهم

الصيغة العلمية زود الطلاب بقائمة من الأرقام في صيغتها العلمية، واطلب إليهم ترتيبها تصاعديًّا. احرص على احتواء القائمة بعض الأرقام السالبة وبعض الأرقام التي تحتوي على أسس سالبة. م2

منطقي- رياضي

التوسع

تطبيقات العلم اعرض على الطلاب مؤشر ليزر، وأخبرهم أن الليزر تطور بشكل كبير؛ لأنه وسيلة لتوضيح خاصية الانبعاث المحفّز للمادة. ولليزر اليوم العديد من التطبيقات المفيدة كنتيجة للبحث والتطوير خلال سنوات عديدة. وزّع الطلاب في مجموعات، واطلب إليهم إعداد قائمة بتطبيقات الليزر اليوم. واطلب إليهم كذلك مقارنة قوائمهم والتحقق منها.

1–1 مراجعة

5. **رياضيات** لماذا توصف المفاهيم في الفيزياء بواسطة المعادلات الرياضية؟
6. **مغناطيسية** تحسب القوة المؤثرة في شحنة تتحرك في مجال مغناطيسي بالعلاقة $F = Bqv$ حيث:
   F القوة المؤثرة بوحدة $kg.m/s^2$
   q الشحنة بوحدة A.s
   v السرعة بوحدة m/s
   B كثافة الفيض المغناطيسي بوحدة T (tesla).
   ما وحدة T مُعبرًا عنها بالوحدات أعلاه؟
7. **مغناطيسية** أعد كتابة المعادلة: $F = Bqv$ للحصول على v بدلالة كل من F و q و B.
8. **التفكير الناقد** القيمة المقبولة لتسارع الجاذبية الأرضية هي $9.80\ m/s^2$. وفي تجربة لقياسها باستخدام البندول حصلت على قيمة $9.4\ m/s^2$. هل تقبل هذه القيمة؟ فسّر إجابتك.

الفيزياء عبر المواقع الإلكترونية لمزيد من الاختبارات القصيرة ارجع إلى الموقع الإلكتروني www.obeikaneducation.com

1–1 مراجعة

5. المعادلة الرياضية مختصرة، ونستطيع استخدامها لتوقع قيم بيانات جديدة.
6. $kg/A.s^2$
7. $v = F/Bq$
8. لا؛ لأن القيمة $9.80\ m/s^2$ قيمة مقبولة تم اعتمادها وإقرارها بعد عدد كبير من التجارب والقياسات. لذلك عليك أن تثبت أن جميع من سبقوك إلى قياس تسارع الجاذبية الأرضية كانوا على خطأ. من العوامل التي قد تكون أثرت في حساباتك الاحتكاك ومدى دقتك في قياس المتغيرات المختلفة.

1. التركيز

نشاط

تقنية القياس اطلب إلى طالبين القيام بتمثيل دور أخذ قياسات، على أن يستعمل أحدهما تقنية جيدة بينما الآخر يرتكب أخطاء واضحة. أسأل طلاب الصف أي النتيجتين أكثر مصداقية؟ ولماذا؟ م1 حسي-حركي

الربط مع المعرفة السابقة

الدقة والضبط يجب أن يكون هذان المفهومان مألوفين للطلاب، حتى لو لم يستخدموهما بطريقة علمية. اطلب إلى الطلاب توضيح معنى كل من الدقة والضبط من خلال بعض الأحداث القابلة للقياس في الحياة اليومية مثل انتظار الحافلة والتنافس في مضمار السباق وترتيب الكتب على الرفوف. م1

2. التدريس

المناقشة

سؤال لماذا يستخدم الباحثون العلميون النظام الدولي للوحدات بدلاً من النظام البريطاني أو أي نظام آخر؟

الجواب من السهل في النظام الدولي للوحدات المعتمد على الأساس العشري مرفوعًا لقوة معينة، التحويل من وحدة قياس إلى أخرى. فمثلاً التحويل من سنتيمتر إلى متر أسهل من تحويل البوصة إلى الياردة. م2

تطوير المفهوم

أنظمة الوحدات اسأل الطلاب ما أهمية وجود اتفاق حول نظام الوحدات. هذا يجعل المقارنة بين المجموعات المختلفة أسهل، كما أنه يساعد على أخذ فكرة عن مقادير القياسات المختلفة، فمثلاً معظم الطلاب لديهم فكرة عن مقدار السرعة 25 km/h، أو 25 m/s ولكنهم لا يستطيعون تقدير السرعة 10 أميال في أسبوعين. م2

1–2 القياس Measurement

الأهداف
- **تتعرف** النظام الدولي للوحدات.
- **تستخدم** تحليل الوحدات للتحويل من وحدة إلى أخرى.
- **تقوّم** الإجابات باستخدام تحليل الوحدات.
- **تميز** بين الدقة والضبط.
- **تحدد** دقة الكميات المقيسة.

المفردات
القياس
تحليل الوحدات
الدقة
الضبط

عندما تزور الطبيب لإجراء الفحوصات الطبية فإنه يقوم بإجراء عدة قياسات، منها طولك ووزنك وضغط دمك ومعدل دقات قلبك، وحتى نظرك يقاس ويعبّر عنه بأرقام، كما يتم أخذ عينة من الدم لإجراء بعض القياسات، ومنها مستوى الحديد أو الكولسترول في الدم. فالقياسات تحوّل مشاهداتنا إلى مقادير كمية يمكن التعبير عنها بالأرقام؛ فلا يقال إن ضغط الدم -عند شخص- جيدٌ إلى حد ما، بل يقال إن ضغط دمه $\frac{110}{60}$ مثلًا، وهو الحد الأدنى المقبول لضغط الدم في الإنسان. انظر **الشكل 6–1**.

القياس هو مقارنة كمية مجهولة بأخرى معيارية. فعلى سبيل المثال، إذا قِستَ كتلة عربة ذات عجلات فإن الكمية المجهولة هي كتلة العربة، والكمية المعيارية هي kilogram (kg)، علمًا بأن الكتلة تقاس باستخدام الميزان النابض أو الميزان ذي الكفتين أو غيره. وفي تجربة قياس التغير الواردة في البند السابق، يمثل طول النابض الكمية المجهولة و meter (m) الكمية المعيارية.

النظام الدولي للوحدات SI Units

لتعميم النتائج بشكل مفهوم لدى الناس جميعًا من المفيد استخدام وحدات قياس متفق عليها. ويعدّ النظام الدولي للوحدات النظامَ الأوسع انتشارًا في جميع أنحاء العالم. ويتضمن النظام الدولي للوحدات (SI) سبع كميات أساسية موضحة في **الجدول 1–1**. وقد حددت وحدات هذه الكميات باستخدام القياس المباشر، معتمدة على وحدات معيارية لكل من الطول والزمن والكتلة، محفوظة بدائرة الأوزان والمقاييس بمدينة ليون بفرنسا، كما هو موضح في **الشكل 7–1**. أما الوحدات الأخرى التي تسمى الوحدات المشتقة فيمكن اشتقاقها من وحدات الكميات الأساسية بطرائق مختلفة. فمثلًا تقاس الطاقة باستخدام وحدة Joule (J) حيث $1\ J = 1\ kg.m^2/s^2$، وتقاس الشحنة الكهربائية بوحدة Coulombs (C)، حيث $1\ C = 1\ A.s$.

الشكل 6–1 يستخدم هذا الشخص جهاز قياس ضغط إلكترونيًا لقياس ضغط دمه.

1–2 إدارة المصادر

الملف الخاص بمصادر الفصول 1–4
دليل مراجعة الفصل 1، ص 13–16
اختبار قصير 2 – 1 ، ص 18
تعزيز الفهم ص 19
الإثراء، ص 21
شريحة التدريس 2–1 ص 25
شريحة التدريس 3–1 ص 27
شريحة التدريس 4–1 ص 29

ربط الرياضيّات مع الفيزياء
دليل التجارب العمليّة، ص 15

تعزيز الفهم

معاملات التحويل والوحدات المكعّبة يعاني بعض الطلاب من مشكلات في التحويل عند التعامل مع الوحدات المكعبة. فعلى سبيل المثال، يعرف الطلاب أن 100 cm تساوي 1 m، ومن ثم يستنتجون أن $100\ cm^3$ تساوي $1\ m^3$، والصحيح هو أن $1000000\ cm^3$ تساوي $1\ m^3$. اطلب إلى طلاب الصف تخيل نموذج مكعب حجمه $1\ m^3$. هل يستطيع الطلاب إيجاد حجم المكعب بوحدتي mm^3 و cm^3، وهل ابتكروا من حساباتهم معاملات للتحويل؟

أنشطة لعبة البادئات اكتب البادئات المترية التي تنوي استخدامها باستمرار في الصف على بطاقات، واعمل منها عدة مجموعات، وزِّع الطلاب في مجموعات وأعط كل فريق مجموعة من البطاقات. دع كل طالب في الفريق يختار بطاقة بشكل عشوائي، ثم أجرِ مسابقة لمعرفة أي الفرق يصطف أسرع بحسب قيمة البادئة الموجودة على بطاقة كل طالب في الفريق. م ا **متفاعل**

جدول 1–1

الكميات الأساسية ووحدات قياسها في النظام الدولي

الكمية الأساسية	الوحدة الأساسية	الرمز
الطول length	meter	m
الكتلة mass	kilogram	kg
الزمن time	second	s
درجة الحرارة temperature	Kelvin	K
كمية المادة amount of substance	mole	mol
التيار الكهربائي electric current	ampere	A
شدة الإضاءة luminous intensity	candela	cd

لابد أنك تعلمت خلال دراسة الرياضيات أن تحويل المتر إلى كيلومتر أسهل من تحويل القدم إلى ميل. إن سهولة التحويل بين الوحدات ميزة أخرى من ميزات النظام الدولي. وللتحويل بين وحدات النظام الدولي نضرب أو نقسم على الرقم عشرة مرفوعًا إلى قوة ملائمة. وهناك مجموعة بادئات (أجزاء ومضاعفات) تُستَخدم في تحويل وحدات النظام الدولي باستخدام قوة مناسبة للرقم 10، كما هو موضح في **الجدول 2–1**، والتي قد تصادف العديد منها في حياتك اليومية، مثل milligrams، nanoseconds، gigabytes ... إلخ.

جدول 2–1

البادئات المستخدمة مع وحدات النظام الدولي

البادئة	الرمز	المضروب فيه	القوة	مثال
femto -	f	0.000000000000001	10^{-15}	femtosecond (fs)
pico -	p	0.000000000001	10^{-12}	picometer (pm)
nano -	n	0.000000001	10^{-9}	nanometer (nm)
micro -	μ	0.000001	10^{-6}	microgram (μg)
milli -	m	0.001	10^{-3}	milliamps (mA)
centi -	c	0.01	10^{-2}	centimeter (cm)
deci -	d	0.1	10^{-1}	deciliter (dl)
kilo -	k	1000	10^{3}	kilometer (km)
mega -	M	1000,000	10^{6}	megagram (Mg)
giga -	G	1000,000,000	10^{9}	gigameter (Gm)
tera -	T	1000,000,000,000	10^{12}	terahertz (THz)

الشكل 7–1 الوحدتان المعياريتان للكيلوجرام والمتر موضحتان في الصورة. ويعرّف المتر المعياري بأنه المسافة بين إشارتين على قضيب من البلاتينيوم والأريديوم، ولما كانت طُرق قياس الزمن أدق من طُرق قياس الطول فإن المتر يعرّف بأنه المسافة التي يقطعها الضوء في الفراغ في $\frac{1}{299792458}$ ثانية.

مسائل تدريبية

9. 0.75 MHz

10. 5.201×10^{-2} km

11. 31622400 s

12. 19.08 km/h

المناقشة

سؤال لافتة على الشاطئ مكتوب عليها (بركة ضحلة– متوسط العمق متر واحد).

اسأل الطلاب: هل من الممكن أن يمشي السباح في البركة ورأسه مرفوع إلى أعلى؟ نعم. واسألهم أيضًا: هل يمكن أن يكون ارتفاع البركة في بعض الأماكن 3 m؟ نعم، واسألهم: هل اللافتة مفيدة أم لا؟

الجواب لا؛ لأن المتوسط لا يعطي أعمق نقطة في البركة، ولا أقلها عمقًا بشكل مضبوط م2 **منطقي-رياضي**

مصادر الفصول 4–1

شريحة التدريس 2–1

الموقع الإلكتروني www.obeikaneducation.com.sa

تحليل الوحدات Dimensional Analysis

تستطيع استخدام الوحدات للتحقق من صحة إجابتك؛ فأنت تستخدم عادة معادلة أو مجموعة من المعادلات لحل مسألة فيزيائية. وللتحقق من حلها بشكل صحيح اكتب المعادلة أو مجموعة المعادلات التي ستستخدمها في الحل. وقبل إجراء الحسابات تحقق من أن وحدات إجابتك صحيحة، كما هو واضح في الخطوة رقم **3** في المثال **1**. على سبيل المثال إذا وجدت عند حساب السرعة أن الإجابة بوحدة s/m أو m/s^2، فاعرف أن هناك خطأ في حل المسألة. وهذه الطريقة في التعامل مع الوحدات –باعتبارها كميات جبرية– تسمى **تحليل الوحدات**.

يستخدم تحليل الوحدات في إيجاد معامل التحويل، ومعامل التحويل هو معامل ضرب يساوي واحدًا صحيحًا (1). على سبيل المثال 1 kg = 1000 g، ومن هنا تستطيع بناء معامل التحويل التالي:

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

أو

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

نختار معامل تحويل يجعل الوحدات يُشطب بعضها مقابل بعض؛ بحيث نحصل على الإجابة بالوحدة الصحيحة، فمثلاً لتحويل 1.34 kg من الحديد إلى grams (g) فإننا نقوم بما يلي:

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

وقد تحتاج أيضًا إلى عمل سلسلة من التحويلات. فلتحويل 43 km/h إلى m/s مثلاً نقوم بما يلي:

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

مسائل تدريبية

استخدم تحليل الوحدات للتحقق من المعادلة قبل إجراء عملية الضرب.

9. كم MHz في 750 kHz ؟

10. عبِّر عن 5201 cm بوحدة km .

11. كم ثانية في السنة الميلادية الكبيسة (السنة الكبيسة 366 يومًا)؟

12. حوّل السرعة 5.30 m/s إلى km/h.

نشاط — مشروع فيزياء

المعايير القديمة طوّرت جميع الحضارات معايير للقياس، فمثلاً كان العرب قديمًا يستخدمون وحدة الذراع لقياس الطول؛ وهي المسافة من طرف الكتف إلى طرف الأصبع الوسطى وفي المتوسط تساوي 90 cm تقريبًا. اطلب إلى الطلاب كتابة تقرير علمي عن أنظمة القياس في بعض الحضارات القديمة بحيث يحتوي على سلبيات كل نظام وإيجابياته والوحدات المستخدمة في كل نظام والعلاقة بين هذه الوحدات ووحدات النظام الدولي. بالإضافة إلى ذلك، يجب أن يحتوي التقرير على تحويلات لبعض القياسات المألوفة (مثل طول ملعب كرة القدم وعرضه) باستخدام هذه الوحدات لتوضيح هذه الأنظمة. كما توجد إشارات في بعض الأحاديث النبوية الشريفة عن وحدات للقياس مثل الشبر والذراع والـمُدّ والصاع...إلخ، اكتب تقريرًا عن هذه الوحدات وعلاقتها بوحدات النظام الدولي . م2 **لغوي**

استخدام الشكل 8–1

اطلب إلى مجموعة من 3 إلى 6 من الطلاب أن يجروا قياسًا معينًا مثل طول كتاب أو مقعد، وليدوّن كل طالب قياسه دون إعلام الآخرين. ثم اطلب إليهم المقارنة بين النتائج. ستختلف قياساتهم قليلًا. اعمل مخططًا للقياسات يتضمن هوامش الخطأ. كرّر مع ثلاث مجموعات أخرى؛ أو ثلاثة صفوف أخرى لعمل مخطط شبيه بالرسم في الشكل 8–1.

م 2 **حسي - حركي**

الدقة والضبط Precision Versus Accuracy

تمثل كل من الدقة والضبط خاصية من خصائص القيم المقيسة. ففي تجربة قياس التغير الواردة في القسم السابق قام ثلاثة طلاب بإجراء التجربة أكثر من مرة، مستخدمين نوابض متشابهة، ولها الطول نفسه؛ حيث علّق كل منهم حلقتين معدنيتين، وكرّر التجربة مسجلًا عدة قياسات.

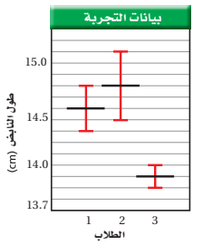
عندما أجرى الطالب الأول التجربة تراوحت قياسات طول النابض بين 14.4 cm و14.8 cm ، وكان متوسط قياساته 14.6 cm (انظر **الشكل 8–1**).

كرّر الطالبان الثاني والثالث الخطوات نفسها، وكانت النتائج كما يلي:

- قياسات الطالب الأول: (14.6 ± 0.2) cm.
- قياسات الطالب الثاني: (14.8 ± 0.3) cm.
- قياسات الطالب الثالث: (14.0 ± 0.1) cm.

ما مقدار كل من دقة وضبط القياسات في التجربة السابقة؟ تسمى درجة الإتقان في القياس **دقة القياس**. إن قياسات الطالب الثالث هي الأكثر دقة، وبهامش خطأ مقداره 0.1 cm ±، بينما كانت قياسات الطالبين الآخرين أقل دقة، وبهامش خطأ أكبر.

تعتمد الدقة على كل من الأداة والطريقة المستخدمة في القياس. وعمومًا كلما كانت الأداة ذات تدريج بقيم أصغر كانت القياسات أكثر دقة، ودقة القياس تساوي نصف قيمة أصغر تدريج في الأداة. فعلى سبيل المثال، للمخبار المدرج في **الشكل 9a–1** تدريجات كل منها يساوي 1 ml. وتستطيع من خلال هذه الأداة أن تقيس بدقة تصل إلى 0.5 ml . أما الدورق المبيّن في **الشكل 9b–1** فإن أصغر تدريج فيه هو 50 ml. ما دقة القياس لهذا الدورق؟ وما دقة قياساتك عندما أجريت تجربة النابض مع الحلقات المختلفة؟



الشكل 8–1 إذا نفذ ثلاثة طلاب التجربة نفسها فهل تتطابق القياسات؟ هل تتكرر نتيجة الطالب الأول؟

دليل الرياضيات
القياسات والأرقام المعنوية 135–131

الشكل 9–1 يحتوي المخبار المدرج على (41 ± 0.5) ml (**a**)، في حين يحتوي الدورق على (325 ± 25) ml (**b**).

مصادر الفصول 4–1
شريحة التدريس 3–1
الموقع الإلكتروني www.obeikaneducation.com.sa

معلومة للمعلم
الخلفية النظرية للمحتوى

الأرقام المعنوية ودقة القياس يكون عدد الأرقام المعنوية في الكميات الفيزيائية التي تنتهي بصفر واحد أو أكثر مثل 30 s ، 60 W أو 100 km مبهم وغير واضح، ويمكن تجنب هذا الغموض بكتابة 30 s على شكل 3.0×10^1 s. تنتج الأرقام المعنوية عن القياسات، ويمكن أن يطور الطلاب معنى لدقة القياس المتضمن في رقم. فمثلًا، الفترة الزمنية 30 s قد تكون مقيسة بهامش خطأ (مدى دقة القياس) يصل إلى 1 s ± ، لذا فهي تتضمن رقمين معنويين. ويتضمن القياس 100 km ±1 km ثلاثة أرقام معنوية. وإذا كانت الـ 100 km ضمن قائمة من الأرقام مثل 400 km، 600 km، 800 km، فإن هامش الخطأ قد يكون حوالي 10 km ± ، لذا فإنها تتضمن رقمين معنويين.

المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

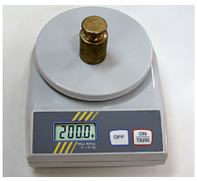
أنظمة الوحدات والضبط يعتقد بعض الطلاب أن النظام الدولي للوحدات أكثر ضبطًا من النظام الإنجليزي؛ لأنه معتمَد للاستخدام من قبل الباحثين. وفي الحقيقة فإن النظامين متعادلان من ناحية الضبط، إلا أن النظام الدولي للوحدات أكثر سهولة في الاستخدام من الناحية العملية. م2

استخدام الشكل 1–11

اطلب إلى الطلاب أن ينظروا إلى جسم معيّن موجود على مسافة منهم، وأن يغلق كل منهم إحدى عينيه، ويبسط ذراعه أفقيًّا، بحيث يحجب بإبهامه صورة الجسم، ثم يغلق العين المفتوحة، ويفتح الأخرى ناظرًا بها إلى الجسم نفسه، واسألهم: ماذا يحدث لمكان الجسم؟ يبدو الجسم وكأنه انحرف عن مكانه. فسّر سبب اختلاف مكان ظهور الجسم، وبيّن لهم أنه كلما كان الانحراف في مكان الجسم كبيرًا، كان الجسم أقرب إلى المشاهد. م2 حسي-حركي

تطبيق الفيزياء

قدَّم عالم الفيزياء الأمريكي الدكتور كينيث نورتفت عام 1960م اقتراحًا إلى وكالة الفضاء الأمريكية (NASA) بوضع مجموعة من العواكس على سطح القمر لتحديد المسافة بين الأرض والقمر بدقة. وقد أرسلت NASA ثلاث مجموعات من المناشير العاكسة (من 100 إلى 300 منشور عاكس) إلى القمر حملتها المركبات الفضائية على ثلاث دفعات. كما أُرسلت مجموعتان أخريان إحداهما روسية، والأخرى فرنسية في مركبات غير مأهولة بالبشر استخدمت كلها للغرض نفسه.



الشكل 10–1 يُختبر الضبط عن طريق قياس قيمة معلومة.

تجربة عملية
ما العلاقة بين الكتلة والحجم؟
ارجع إلى دليل التجارب العملية

يصف **الضبط** اتفاق نتائج القياس مع القيمة المقبولة في القياس؛ وهي القيمة المعتمدة التي قاسها خبراء مؤهلون. والطريقة الشائعة لاختبار الضبط في الجهاز تسمى معايرة النقطتين، وتتم أولًا بمعايرة صفر الجهاز، ثم بمعايرة الجهاز، بحيث يعطي قيمة مضبوطة وصحيحة عندما يقيس كمية ذات قيمة معتمدة. انظر **الشكل 10–1**. ومن الضروري إجراء الضبط الدوري للأجهزة في المختبر، ومنها الموازين والجلفانومترات.

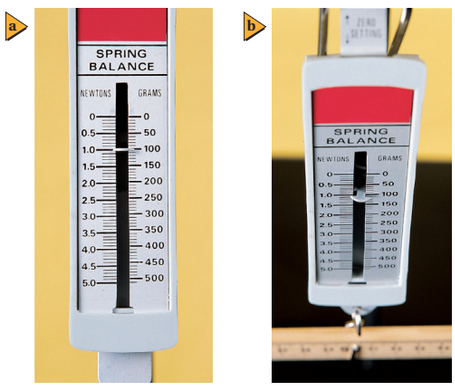
تقنيات القياس الجيد Techniques of Good Measurement

ولضمان الوصول إلى مستوى الضبط المطلوب والدقة التي يسمح بها الجهاز، يجب أن تستخدم الأجهزة بطريقة صحيحة، وأن تتم القياسات بحذر وانتباه لتجنب أسباب الخطأ في القياس. ومن أكثر الأخطاء الشخصية شيوعًا ما ينتج عن الزاوية التي تؤخذ القراءة من خلالها؛ حيث يجب أن تقرأ التدريجات بالنظر عموديًّا وبعين واحدة، كما هو موضح في **الشكل 11a–1**. أما إذا قُرئ التدريج بشكل مائل، كما هو موضح في **الشكل 11b–1**، فإننا نحصل على قيمة مختلفة وغير مضبوطة، وينتج هذا عمّا يسمى "اختلاف زاوية النظر Parallax"، وهو التغير الظاهري في موقع الجسم عند النظر إليه من زوايا مختلفة. ولكي تلاحظ أثر اختلاف زاوية النظر في القياس قم بقياس طول قلم الحبر بالنظر إليه بشكل عمودي على التدريج، ثم اقرأ التدريج بعد أن تحرف رأسك إلى جهة اليمين أو جهة اليسار.

تطبيق الفيزياء

قياس المسافة بين الأرض والقمر تمكن العلماء من قياس المسافة بين القمر والأرض بدقة عن طريق إرسال أشعة ليزر في اتجاه القمر من خلال مناظير فلكية. تنعكس حزمة أشعة الليزر عن سطح عاكس وُضع على سطح القمر وترتد عائدة إلى الأرض، مما مكّن العلماء من قياس متوسط المسافة بين مركزي القمر والأرض، وهي 385000 km، بضبط يزيد على جزء من عشرة مليارات. وباستخدام تقنية الليزر هذه اكتشف العلماء أن القمر يبتعد عن الأرض سنويًّا بمعدل 3.8 cm/yr تقريبًا.

الشكل 11–1 عند النظر إلى التدريج بشكل عمودي كما في (a) تكون قراءتك أضبط مما لو نظرت بشكل مائل كما في (b).



نشاط

تقدير المسافات اطلب إلى الطلاب أن يضع كل منهم إصبع السبابة على أنفه، ويمد الذراع الأخرى جانبًا أقصى ما يمكن، وأخبرهم أن هذه المسافة تساوي في المتوسط 1 m تقريبًا. ثم اطلب إلى كل منهم تقدير سمك إصبع الخنصر، وأخبرهم أن سمك هذا الإصبع يساوي في المتوسط 1 cm تقريبًا. وعرض قبضة اليد يساوي في المتوسط 10 cm تقريبًا. وذكّرهم أن لديهم هذه الأدوات اليدوية للقياس، التي يستطيعون من خلالها تقدير المسافات. م2 حسي-حركي

طرائق تدريس متنوعة

مسألة تحفيز

يعبَّر عن الطاقة الكهربائية المستهلكة في المنازل بوحدة كيلوواط.ساعة (kWh). فإذا كانت قراءة عداد الكهرباء في منزل 300 kWh خلال شهر فعبّر عن كمية الطاقة المستهلكة بوحدة:

1. الجول (J)، إذا علمت أن $1\ kWh = 3.60\ MJ$.
2. الإلكترون فولت (eV)، إذا علمت أن $1\ eV = 1.60 \times 10^{-19}\ J$.

2–1 مراجعة

13. **مغناطيسية** بروتون شحنته $1.6 \times 10^{-19}\ A.s$ يتحرك بسرعة $2.4 \times 10^{5}\ m/s$ عموديًّا على مجال مغناطيسي شدته 4.5 T. احسب القوة المغناطيسية المؤثرة في البروتون:
   a. عوّض بالقيم في المعادلة $F = Bqv$، وتحقق من صحة المعادلة بتعويض الوحدات في طرفيها.
   b. احسب مقدار القوة المغناطيسية المؤثرة في البروتون.
14. **الضبط** بعض المساطر الخشبية لا يبدأ صفرها عند الحافة، وإنما بعد عدة ملمترات منها. كيف يؤثر هذا في ضبط المسطرة؟
15. **الأدوات** لديك ميكروميتر (جهاز يستخدم لقياس طول الأجسام أو قطرها إلى أقرب 0.01 mm) مُنْحَنٍ بشكل سيئ. كيف تقارنه بمسطرة مترية ذات نوعية جيدة، من حيث الدقة والضبط؟
16. **اختلاف زاوية النظر** هل يؤثر اختلاف زاوية النظر في دقة القياسات التي تجريها؟ وضح ذلك.
17. **الأخطاء** أخبرك صديقك أن طوله 182 cm، وضح مدى دقة هذا القياس.
18. **الدقة** صندوق طوله 19.2 cm، وعرضه 18.1cm، وارتفاعه 20.3 cm.
   a. ما حجم الصندوق؟
   b. ما دقة قياس الطول؟ وما دقة قياس الحجم؟
   c. ما ارتفاع مجموعة من 12 صندوقًا من النوع نفسه؟
   d. ما دقة قياس ارتفاع الصندوق مقارنة بدقة قياس ارتفاع 12 صندوقًا؟
19. **التفكير الناقد** كتب زميلك في تقريره أن متوسط الزمن اللازم ليدور جسم دورة كاملة في مسار دائري هو 65.414 s. وقد سجلت هذه القراءة عن طريق قياس زمن 7 دورات باستخدام ساعة دقتها 0.1 s. ما مدى ثقتك في النتيجة المدوّنة في التقرير؟ وضح إجابتك.

الفيزياء عبر المواقع الإلكترونية لمزيد من الاختبارات القصيرة ارجع إلى الموقع الإلكتروني www.obeikaneducation.com

مسألة تحفيز

1. $E = 300\ KWh \left(\frac{3.6MJ}{1\ kWh}\right)\left(\frac{1\times 10^{6}\ J}{1\ MJ}\right)$
   $\cong 1\times 10^{9}\ J$
2. $E = (1\times 10^{9}\ J)\left(\frac{1\ eV}{1.60\times 10^{-19}\ J}\right)$
   $\cong 6\times 10^{27}\ eV$

3. التقويم

التحقق من الفهم

الضبط وجّه الطلاب لإنشاء قائمة تتضمن أمثلة من الحياة تبين أهمية الضبط والدقة في القياسات. م2

2–1 مراجعة

13. a. $(1.6\times10^{-19}A.s)(2.4\times10^{5}m/s)(4.5\ kg/A.s^2)$ فتكون وحدة قياس القوة $kg.m/s^2$. وهذه وحدة صحيحة للقوة.
    b. $17.28 \times 10^{-14}\ kg.m/s^2$
14. إذا تلف طرف المسطرة مع مرور الوقت فإن علامات الملمتر الأول والثاني ستختفي.
15. سيكون أكثر دقة ولكنه أقل ضبطًا.
16. لا، فهو لا يؤثر في وضوح أجزاء التدريجات.
17. سيكون طوله بين 181.5 cm و 182.5 cm. ودقة القياس هنا هي نصف مقدار أصغر تدريج في الجهاز؛ لذا سيكون طوله $(182.0\pm0.5)\ cm$.
18. a. $7.05 \times 10^{3}\ cm^3$
    b. إلى أقرب واحد من عشرة من السنتمتر، إلى أقرب $10\ cm^3$
    c. 243.6 cm
    d. تكون دقة قياس صندوق أكبر من دقة قياس 12 صندوقًا.
19. النتيجة المدونة في التقرير ليست موثوقة؛ لأن دقة النتيجة لن تتجاوز أقل دقة للقياسات. متوسط زمن الدورة المحسوب يتجاوز دقة القياس المتوقعة من الساعة.

مختبر الفيزياء • الإنترنت

الزمن المقدر حصة مختبر واحدة.

المهارات العملية الملاحظة، والقياس، والتقدير، وجمع البيانات وتنظيمها ، وتحديد المتغيرات.

احتياطات السلامة لا توجد.

المواد البديلة يمكنك استخدام مقطعًا من فيلم يحوي لقطات جوية لسيارات تتحرك بسرعات مختلفة على طريق عام. وفي هذه الحالة يمكنك تقدير المسافة بين العلامات البيضاء المرسومة على الطريق.

استراتيجيات التدريس

- **وزِّع الطلاب في مجموعات صغيرة ليتمكنوا من مناقشة مشاهداتهم والتعليق على المعطيات.**

عينة بيانات

تسير المركبات على طريق سريع ذي أربعة مسارات، والكاميرا مثبتة في المركبة البيضاء. تبدو الطريق مليئة بالمطبات؛ لأن الكاميرا تتحرك إلى أعلى وإلى أسفل. وتمر مركبة النقل الرمادية مسرعة من جهة اليسار، وتزيد من سرعتها. الجو اليوم غائمٌ جزئيًّا مع ظلال نحو اليمين، وهذا يعني أن المركبة تتوجه إلى الغرب. تم مشاهدة ثلاث إشارات بيضاء من خلال مقطع الفيديو، شوهدت الإشارة البيضاء الثالثة مباشرة قبل مشاهدة الجسر الأبيض عن اليمين. يمكن استخدام الجسر لتقدير الموقع النهائي والزمن بالنسبة لمركبة النقل الرمادية.

جدول بيانات

عدد الإشارات البيضاء	المسافة (km)	زمن المركبة البيضاء (s)	زمن مركبة النقل الرمادية (s)
0	0	0	0
1	0.322	14	12
2	0.644	28	22.5

مختبر الفيزياء • الإنترنت

استكشاف حركة الأجسام

الفيزياء علم يعتمد على المشاهدات التجريبية. والعديد من المبادئ التي تستخدم لوصف الأنظمة الميكانيكية وفهمها –ومنها الحركة الخطية للأجسام– يمكن تطبيقها لوصف ظواهر طبيعية أخرى أكثر تعقيدًا. كيف تستطيع قياس سرعة المركبات في شريط فيديو؟

سؤال التجربة

ما أنواع القياسات التي يمكن إجراؤها لإيجاد سرعة مركبة؟

الأهداف

- **تفحص** حركة مجموعة من المركبات في أثناء عرض شريط فيديو.
- **تصف** حركة المركبات.
- **تجمع وتنظم** البيانات المتعلقة بحركة مركبة.
- **تحسب** سرعة مركبة.

احتياطات السلامة

المواد والأدوات

الاتصال بالإنترنت

ساعة إيقاف

الخطوات

1. قم بزيارة physicspp.com/internet_lab لمشاهدة مقطع الفيديو الخاص بالفصل الأول.
2. لاحظ أن لقطات الفيديو أخذت في وقت الظهيرة. وأنه يوجد على امتداد الجانب الأيمن من الطريق مستطيلات طويلة من طلاء أبيض تستخدم لملاحظة حركة المرور من الجو، وأن هذه العلامات تتكرر بانتظام كل 0.322 km .
3. **لاحظ** ما أنواع البيانات التي يمكن جمعها؟ نَظِّم جدولاً كالموضح في الصفحة المقابلة، وسجل ملاحظاتك عن محيط التجربة والمركبات الأخرى والعلامات. ما لون المركبة التي تركز عليها الكاميرا؟ ما لون مركبة النقل الصغيرة في الجانب الأيسر من الطريق؟
4. **قِس وقدِّر** أعد مشاهدة الفيديو مرة ثانية ولاحظ تفاصيل أخرى. هل الطريق مستوية؟ في أي اتجاه تتحرك المركبات؟ ما الزمن اللازم لتقطع كل مركبة المسافة بين إشارتين؟ سجل ملاحظاتك وبياناتك.

تجربة استقصاء بديلة

لتحويل هذه التجربة إلى تجربة استقصائية اعمل على تبديل التجهيزات ليطوّر الطلاب عدة آليات لقياس المسافة المقطوعة والزمن وسرعة المركبات بطريقة أدق. اطلب إلى الطلاب أن يفكروا في طرائق لتغيير التجربة حتى تصبح أكثر اتصالاً بالحياة الواقعية. إذا سمح الوقت، فدعهم يختبروا الطُرق التي اقترحوها.

جدول البيانات			
عدد الإشارات البيضاء	المسافة (km)	زمن المركبة البيضاء (s)	زمن مركبة النقل الصغيرة الرمادية (s)

التحليل

1. لخص ملاحظاتك النوعية.
2. لخص ملاحظاتك الكمية.
3. **مثّل بيانات** الخطوتين السابقتين على محورين متعامدين (المسافة مع الزمن).
4. **قدّر** سرعة المركبات بوحدة km/s و km/h.
5. **توقع** المسافة التي ستقطعها كل مركبة في خمس دقائق.

الاستنتاج والتطبيق

1. **احسب** الدقة في قياس المسافة والزمن.
2. **احسب** الدقة في قياس السرعة، وعلام تعتمد؟
3. **استخدام المتغيرات والثوابت** صف المتغيرات المستقلة والمتغيرات التابعة في هذه التجربة.
4. **قارن** أيّ الرسوم البيانية التي حصلت عليها للمركبات ذات ميل أقل؟ وماذا يساوي هذا الميل؟
5. **استنتج** ما الذي يعنيه حصولك على خط أفقي (موازٍ لمحور الزمن) عند رسم علاقة المسافة مع الزمن؟

التوسع في البحث

السرعة هي المسافة المقطوعة مقسومة على الزمن الذي قطعت فيه. وضح كيف تستطيع قياس السرعة في غرفة الصف باستخدام سيارة صغيرة تعمل بالتحكم عن بُعد؟ ما العلامات التي ستستخدمها؟ كيف تستطيع قياس المسافة والزمن بدقة؟ هل تؤثر الزاوية التي يؤخذ منها قياس اجتياز السيارة للإشارة في النتائج؟ وما مدى تأثيرها؟ كيف تحسن قياساتك؟ ما الوحدات المنطقية للسرعة في هذه التجربة؟ إلى أي مدى تستطيع توقع موقع السيارة؟ نفذ التجربة إذا أمكن، ولخص نتائجك.

الفيزياء في الحياة

عندما يشاهد عدادَ السرعة كلٌّ من راكب يجلس في المقدمة وسائق الحافلة وراكب يجلس في الخلف فإنهم سيقرؤون: 90 km/h و 100 km/h و 110 km/h على الترتيب. فسّر هذا الاختلاف.

التواصل

صمم تجربة قم بزيارة الموقع الآتي:
physicspp.com/internet_lab
لإرسال تجربتك في قياس السرعة داخل غرفة الصف استخدم سيارة التحكم عن بُعد، ثم سجل أسماء المواد والأدوات المستخدمة، وطريقة عمل التجربة، وملاحظاتك، واستنتاجاتك بشأن ضبط التجربة ودقة القياسات. إذا نفذت التجربة فعليًا فابعث نتائجك وقراءاتك.

الفيزياء عبر المواقع الإلكترونية
لمزيد من المعلومات عن القياس ارجع إلى شبكة الإنترنت أو قم بزيارة الموقع الإلكتروني obeikaneducation.com

التحليل

1. ستختلف الإجابات وتشمل المشاهدات النوعية: اللون، والسرعة النسبية (مثل: أسرع)، وطريق وعر، ويوم غائم جزئيًا،..إلخ.
2. ستختلف الإجابات وتشمل المشاهدات الكمية: المسافة بين الإشارات البيضاء، وعدد المركبات المشاهدة، وعدد المسارات... إلخ.
3. دع الطلاب يقارنوا بين رسومهم البيانية.
4. ستتباين إجابات الطلاب، اعتمادًا على طريقة قياس الزمن الذي استغرقته كل مركبة لقطع ضعفي المسافة الفاصلة بين إشارتين متتاليتين. مثال:

سرعة المركبة البيضاء $v_{\text{بيضاء}} = \frac{d}{t}$

$= (0.644\ \text{km}/28.0\ \text{s})(3600\ \text{s/h})$

$= 82.8\ \text{km/h}$

سرعة المركبة الرمادية $v_{\text{رمادية}} = \frac{d}{t}$

$= (0.644\ \text{km}/22.5\ \text{s})(3600\ \text{s/h})$

$= 103\ \text{km/h}$

5. ستختلف الإجابات من طالب إلى آخر. عينة:

$d_{\text{بيضاء}} = v \times t$

$= (0.0230\ \text{km/s}) \times (5 \times 60\ \text{s})$

$= 6.9\ \text{km}$

$d_{\text{رمادية}} = v \times t$

$= (0.0286\ \text{km/s}) \times (5 \times 60\ \text{s})$

$= 8.58\ \text{km}$

الاستنتاج والتطبيق

1. ستختلف الإجابات. الدقة هي نصف أصغر تدريج للأداة المستخدمة في القياس. دقة قياس المسافة هي $\pm 0.5\ \text{m}$، سيتغير قياس الزمن بحسب الجهاز المستخدم. وستكون دقة الساعات التي تقيس بالثواني حوالي $\pm 0.5\ \text{s}$.
2. تعتمد الدقة في قياس السرعة على دقة القياسات وتأثيرها في نتائج الحسابات. الدقة هنا هي $\pm 1\ \text{m/s}$.
3. المتغير المستقل هو المسافة، والمتغير التابع هو الزمن.
4. المركبة البيضاء لها ميل أقل، والميل يساوي سرعة المركبة 28 m/s، المركبة التي لها ميل أقل تكون سرعتها أقل، والعكس صحيح.
5. الخط الأفقي يعني أن المركبة غير متحركة (ساكنة).

التوسع في البحث

ستختلف الإجابات. يمكن للطلاب استخدام إشارات على الأرض بينها مسافة محددة. ولزيادة دقة التجربة يمكن استخدام مؤقت رقمي بدلاً من الساعة العادية أو ساعة الإيقاف.

الفيزياء في الحياة

ينتج التباين بسبب اختلاف زاوية النظر. لا يوفر موقع الراكب الخلفي رؤية مضبوطة لعداد السرعة. وستكون قراءة عداد السرعة أكثر دقة عند النظر إليه بشكل عمودي ومباشر.

الخلفية النظرية

يوصف الحاسوب بأنه الجهاز الذي يؤدي جميع العمليات بالأرقام. لن نتطرق إلى حقيقة استخدامه للنظام الثنائي، المهم هنا أنه يستخدم الأرقام لتمثيل الألوان لأجزاء صغيرة من الصورة (يسمى كل منها pixel)، وكذلك لتمثيل جزء من مقطوعة موسيقية، أو لتمثيل أحد الحروف؛ لذلك يمكن استخدام الحاسوب للتعامل مع الصور والأصوات والنصوص إضافة إلى العمليات الرياضية والهندسية. يفترض النص فهما للنظام الثنائي للأرقام فإذا تم تمثيل نوتة بأرقام من (8–bit) فإنه بإمكانك تأليف (2^8) 256 نغمة محتملة باستخدامها.

إن بناء الدوائر المتكاملة أكثر ارتباطًا بالطباعة من ارتباطه بأي نظام آخر لترتيب الحروف. فكر مثلًا في عملية اختزال صورة كبيرة إلى حجم ميكروسكوبي من خلال النظر إليها بميكروسكوب عاكس. حيث يتم إسقاط هذه الصورة على رقاقة إلكترونية (chip)، وتمر بعمليات معالجة لنقش الصورة على هذه الرقائق.

استراتيجيات التدريس

- التأكيد على أن البرامج – مثل البريد الإلكتروني وأنظمة التشغيل ومشغلات الصوت والصورة – تتكون أصلًا من عمليات رياضية كبيرة، مثل حلول مصفوفات كبيرة وأنظمة لمعادلات تفاضلية.
- قد لا يكون لدى بعض الطلاب معرفة بأجزاء الحاسوب الداخلية. استخدم الحاسوب أو صورة له لاستكشاف أجزاء حاسوب نموذجي. وضح من خلال الشرح كيفية قياس سعة وأداء هذه الأجزاء.

نشاط

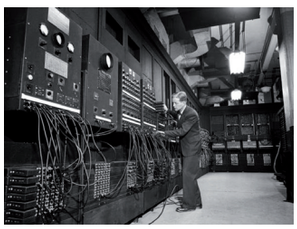
فن الإلكترونيات اجعل الطلاب يختبروا القدرات الحاسوبية لبعض الألعاب الإلكترونية الشائعة. إن أكبر وأسرع الحواسيب المستخدمة في العديد من البيوت هي ألعاب الفيديو.

تقنية المستقبل

تاريخ تطور الحاسوب Computer History and Growth

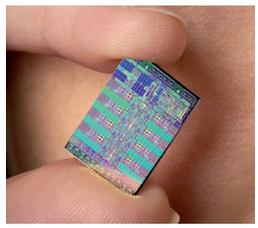
عندما تستخدم برامج الحاسوب أو تبعث برسائل إلكترونية فإن ذلك يتطلب من الحاسوب حل مئات المعادلات الرياضية بسرعة هائلة، بحيث لا تستغرق إلا أجزاء من المليار من الثانية.

الجيل الأول من الحواسيب كان بمقدرة الحواسيب الأولى حل المعادلات المعقدة، لكنها كانت تستغرق وقتًا طويلاً؛ حيث كان علماء الحاسوب آنذاك يواجهون تحديات حقيقية في تحويل الصور إلى صيغ يستطيع الحاسوب معالجتها، إضافة إلى الأحجام الضخمة للحواسيب والتكلفة المادية المرتفعة لذاكرتها.



كما أن أحجام الحواسيب كانت ضخمة جدًا؛ فهي تحوي الكثير من الأسلاك والترانزستورات، كما هو موضح في الصورة أعلاه. وكانت سرعة مرور التيار الكهربائي خلال هذه الأسلاك لا يتجاوز $\frac{2}{3}$ سرعة الضوء. وبسبب طول الأسلاك المستخدمة فإنه يلزم التيار الكهربائي فترة زمنية طويلة ليمر خلالها.

الذاكرة كانت صناعة ذاكرة الجيل الأول من الحواسيب مكلفة جدًا، وكما تعلم فإن زيادة سعة الذاكرة يجعل الحاسوب يعمل أسرع؛ فصناعة ذاكرة بسعة 1 byte كان يتطلب 8 دوائر كهربائية، وهذا يعني أنه لصناعة ذاكرة بسعة 1024 bytes (1 kb)– وهي سعة ضئيلة في وقتنا الحاضر– يحتاج إلى 8192 دائرة كهربائية.



ومن الطريف أن تعلم أن سعة ذاكرة الحاسوب الذي كان على متن سفينة أبوللو الفضائية التي هبطت على سطح القمر لم تكن تتجاوز 64 kb.

في عام 1960م قام مجموعة من العلماء باختراع الدوائر المتكاملة التي ساهمت في تقليل حجم الدوائر الحاسوبية وتكلفتها كثيرًا، وصِغر حجم الحاسوب مع زيادة سعته. واليوم تصنع ترانزستورات الرقاقات الإلكترونية بأحجام صغيرة جدًا، كما تقلص حجم الحاسوب، وقل سعره، حتى إن الهاتف المحمول يحتوي على تقنيات حاسوبية أكبر كثيرًا من الكمبيوترات المركزية العملاقة التي كانت تستخدم في سبعينيات القرن الماضي.

المفاهيم الرئيسة

يمكـن أن يسـتخدم الطلاب العبـارات التلخيصية لمراجعة المفاهيم الرئيسة في الفصل.

قم بزيارة الموقع الإلكتروني التالي:
www.obeikaneducation.com

الفصل 1
دليل مراجعة الفصل

1–1 الرياضيات والفيزياء Mathematics and Physics

المفردات	المفاهيم الرئيسة
• الفيزياء • الطريقة العلمية • الفرضيات • النماذج العلمية • القانون العلمي • النظرية العلمية	• الفيزياء علم دراسة المادة والطاقة والعلاقة بينهما. • الطريقة العلمية عملية منظمة للمشاهدة والتجريب والتحليل للإجابة عن الأسئلة حول العالم الطبيعي. • الفرضية تخمين علمي عن كيفية ارتباط المتغيرات بعضها مع بعض. • تسهّل النماذج العلمية دراسة وتفسير الظواهر الطبيعية والعلمية. • القانون العلمي قاعدة طبيعية تجمع مشاهدات مترابطة لوصف ظاهرة طبيعية متكررة. • النظرية العلمية إطار يجمع بين عناصر البناء العلمي في موضوع من موضوعات العلم، وهي قادرة على تفسير المشاهدات والملاحظات المدعومة بنتائج تجريبية.

1–2 القياس Measurement

المفردات	المفاهيم الرئيسة
• تحليل الوحدات • القياس • الدقة • الضبط	• يستخدم طريقة أو أسلوب تحليل الوحدات للتحقق من أن وحدات الإجابة صحيحة. • القياس مقارنة كمية مجهولة بأخرى معيارية. • الدقة هي درجة الإتقان في القياس. • يصف الضبط كيف تتفق نتائج القياس مع القيمة المقبولة في القياس.

التقويم

خريطة المفاهيم

20. انظر الصفحة المقابلة من كتاب الطالب والمتضمنة في هذا الدليل.

إتقان المفاهيم

21. الطريقة العلمية تمثل أسلوبًا للإجابة عن تساؤلات علمية بهدف تفسير الظواهر الطبيعية المختلفة. وتبدأ الأسئلة بناءً على مشاهدات، ثم محاولة البحث عن إجابات منطقية لها عن طريق وضع فرضيات.

22. تستخدم الفيزياء الرياضيات باعتبارها لغة قادرة عن التعبير عن القوانين والظواهر الفيزيائية بشكل واضح ومفهوم. والمعادلات الرياضية تمثل أداة مهمة في نمذجة المشاهدات ووضع التوقعات لتفسير الظواهر الفيزيائية المختلفة.

23. هو نظام دولي للقياس يعتمد على البادئات (الأساس 10 مرفوعًا لقوة مناسبة) ويحوي سبع كميات أساسية للقياس معتمدًا على وحدات معيارية لكل منها.

24. a. cm **b.** mm **c.** km

25. درجة الحرارة متغير مستقل، وحجم الغاز متغير تابع.

26. علاقة تربيعية $y = ax^2+bx+c$

27. a. علاقة عكسية

b. علاقة خطية

c. علاقة تربيعية

تطبيق المفاهيم

28. القانون العلمي قاعدة طبيعية تجمع مشاهدات مترابطة لوصف ظاهرة طبيعية مثل قانون الانعكاس. بينما النظرية العلمية تفسير للقانون العلمي بالاعتماد على المشاهدات. تفسر النظرية سبب حدوث الحدث بينما يصف القانون الحدث نفسه. تُختبر النظرية العلمية أكثر من مرة قبل أن تقبل. أما الفرضية فهي فكرة أو تصور عن كيفية حدوث الأشياء. ستختلف الأمثلة باختلاف استجابات الطلاب.

29. a. kg/m^3

b. مشتقة

30. a. $(3.001 \pm 0.001) \times 10^8\ m/s$.

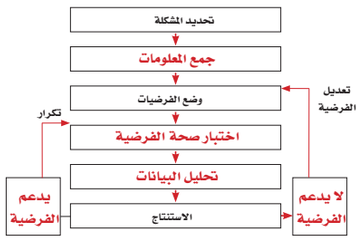
b. $(2.999 \pm 0.006) \times 10^8\ m/s$.

31. $9.5\ cm \pm 0.05\ cm$

أو $95\ mm \pm 0.5\ mm$

خريطة المفاهيم

20. أكمل خريطة المفاهيم أدناه باستخدام المصطلحات التالية: جمع المعلومات، تحليل البيانات، يدعم الفرضية، اختبار صحة الفرضية، لا يدعم الفرضية.



إتقان المفاهيم

21. ما المقصود بالطريقة العلمية؟(1-1)

22. ما أهمية الرياضيات في علم الفيزياء؟ (1-1)

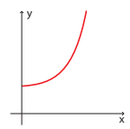
23. ما النظام الدولي للوحدات؟ (1-2)

24. ماذا تُسمى قيم المتر التالية؟ (1-2)

a. $\frac{1}{100}$ m **b.** $\frac{1}{100}$ m **c.** 1000 m

25. في تجربة عملية، قيس حجم الغاز داخل بالون وحددت علاقته بتغير درجة الحرارة. ما المتغير المستقل، والمتغير التابع فيها؟ (دليل الرياضيات 142)

26. ما نوع العلاقة الموضحة في الشكل التالي؟ (دليل الرياضيات 143-147)



الشكل 1-12

27. لديك العلاقة التالية $F = \frac{mv^2}{R}$. ما نوع العلاقة بين كل مما يلي؟ (دليل الرياضيات 147-143)

a. F و R

b. F و m

c. F و v

تطبيق المفاهيم

28. ما الفرق بين النظرية العلمية والقانون العلمي؟ وما الفرق بين الفرضية والنظرية العلمية؟ أعط أمثلة مناسبة.

29. **الكثافة** تُعرف الكثافة بأنها كتلة وحدة الحجوم وتساوي الكتلة مقسومة على الحجم.

a. ما وحدة الكثافة في النظام الدولي؟

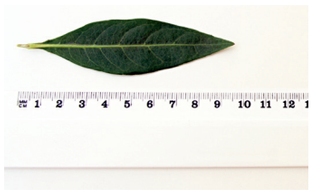
b. هل وحدة الكثافة أساسية أم مشتقة؟

30. قام طالبان بقياس سرعة الضوء؛ فحصل الأول على $(3.001 \pm 0.001) \times 10^8\ m/s$، وحصل الثاني على $(2.999 \pm 0.006) \times 10^8\ m/s$.

a. أيهما أكثر دقة؟

b. أيهما أكثر ضبطًا؟ علمًا بأن القيمة المعيارية لسرعة الضوء هي: $2.99792458 \times 10^8\ m/s$

31. ما طول ورقة الشجر المبينة في **الشكل 1-13**؟ ضمّن إجابتك خطأ القياس.



الشكل 1-13

تقويم الفصل 1

إتقان حل المسائل

1–1 الرياضيات والفيزياء

32. يُعبَّر عن مقدار قوة جذب الأرض للجسم بالعلاقة $F = mg$ ؛ حيث تمثل m كتلة الجسم و g التسارع الناتج عن الجاذبية الأرضية ($g = 9.80\ m/s^2$).

a. أوجد القوة المؤثرة في جسم كتلته 41.63 kg.

b. إذا كانت القوة المؤثرة في جسم هي $632\ kg.m/s^2$، فما كتلة هذا الجسم؟

33. يقاس الضغط بوحدة الباسكال Pa حيث $1\ Pa = 1\ kg/m.s^2$، فهل يمثل التعبير التالي قياسًا للضغط بوحدات صحيحة؟

$$\frac{(0.55\ kg)(2.1\ m/s)}{9.80\ m/s^2}$$

1–2 القياس

34. حوّل كلًّا مما يلي إلى متر:

a. 42.3 cm

b. 6.2 pm

c. 21 km

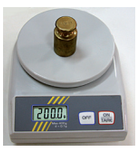
d. 0.023 mm

e. 214 μm

f. 57 nm

35. وعاء ماء فارغ كتلته 3.64 kg، إذا أصبحت كتلته بعد ملئه بالماء 51.8 kg فما كتلة الماء فيه؟

36. ما دقة القياس التي تستطيع الحصول عليها من الميزان الموضح في الشكل 1–14؟



الشكل 1–14

37. اقرأ القياس الموضح في الشكل 1–15، وضمِّن خطأ القياس في الإجابة.

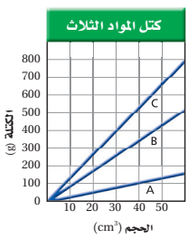
الشكل 1–15

38. يمثل الشكل 1–16 العلاقة بين كتل ثلاث مواد وحجومها التي تتراوح بين $0–60\ cm^3$.

a. ما كتلة $30\ cm^3$ من كل مادة؟

b. إذا كان لديك 100 g من كل مادة فما حجم كل منها؟

c. ماذا يمثل ميل الخطوط المبينة في الرسم؟ وضح ذلك بجملة أو جملتين.



الشكل 1–16

39. في تجربة أجريت داخل مختبر المدرسة، قام معلم الفيزياء بوضع كتلة على سطح طاولة مهملة الاحتكاك تقريبًا، ثم أثّر في هذه الكتلة بقوى أفقية متغيرة، وقاس المسافة التي تقطعها الكتلة في خمس

إتقان حل المسائل

1-1 الرياضيات والفيزياء

32.a 408 N

32.b 64.5 kg

33. لا. إنها بوحدة kg/s^3

1-2 القياس

34.a 0.423 m

34.b 6.2×10^{-12} m

34.c 2.1×10^{4} m

34.d 2.3×10^{-5} m

34.e 2.14×10^{-4} m

34.f 5.7×10^{-8} m

35. 48.2 kg

36. ± 0.05 g

37. (3.6±0.1) A

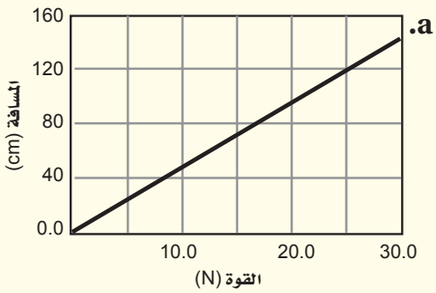
38.a A= 80 g ،B= 260 g ،C= 400 g

38.b $A=36\ cm^3$ ،$B=11\ cm^3$ ،$C=7\ cm^3$

38.c الكثافة. يمثل الميل النسبة بين كتلة الجسم إلى حجمه، وهذا يساوي الكثافة.

التقويم

39. a.



b. خط مستقيم

c. $d=4.9F$

d. الثابت هو 4.9، ووحداته هي cm/N

e. 108 cm أو 110 cm باستخدام رقمين معنويين.

مراجعة عامة

40. 1.7×10^{15} s

التفكير الناقد

41. حجم الماء $= (34.0\ \text{cm})(60.0\ \text{cm})(140\ \text{cm})$

$= 285.600\ \text{cm}^3$

وحيث إن كثافة الماء $= 1.00\ \text{g/cm}^3$

فإن كتلة الماء $= 285600\ \text{g}$

$= 285.6\ \text{kg}$

وهي تساوي 286 kg (تقريبًا)

42. ستختلف الإجابات. زاوية القذف، وكتلة الكرة، وموضع القدم، والتدريب، والأحوال الجوية.

الكتابة في الفيزياء

43. ستختلف الإجابات.

44. كمثال، يمكن أن يقترح الطلاب أن تحسين دقة قياس الزمن سيؤدي إلى أن تكون الملاحظات أفضل.

تقويم الفصل 1

ثوانٍ تحت تأثير كل قوة منها، وحصل على الجدول التالي: (دليل الرياضيات 147–142)

الجدول 3–1

المسافة المقطوعة تحت تأثير قوى مختلفة

القوة (N)	المسافة (cm)
5.0	24
10.0	49
15.0	75
20.0	99
25.0	120
30.0	145

a. مثّل بيانيًا القيم المعطاة بالجدول، وارسم خط المواءمة الأفضل (الخط الذي يمر بأغلب النقاط).

b. صف الرسم البياني الناتج.

c. استخدم الرسم لكتابة معادلة تربط المسافة مع القوة.

d. ما الثابت في المعادلة؟ وما وحدته؟

e. توقع المسافة المقطوعة في 5 s عندما تؤثر في الجسم قوة مقدارها 22.0 N .

مراجعة عامة

40. تتكون قطرة الماء – في المتوسط – من 1.7×10^{21} جزيء. إذا كان الماء يتبخر بمعدل مليون جزيء في الثانية فاحسب الزمن اللازم لتبخر قطرة الماء تمامًا.

التفكير الناقد

41. احسب كتلة الماء بوحدة kilograms اللازمة لملء وعاء طوله 1.4 m، وعرضه 0.600 m، وعمقه 34.0 cm، علمًا بأن كثافة الماء تساوي $1.00\ \text{g/cm}^3$.

42. صمم تجربة إلى أي ارتفاع تستطيع رمي كرة؟ ما المتغيرات التي من المحتمل أن تؤثر في إجابة هذا السؤال؟

الكتابة في الفيزياء

43. اكتب مقالة عن تاريخ الفيزياء توضح فيها كيفية تغيُّر الأفكار حول موضوع أو كشف علميٍّ ما مع مرور الزمن. تأكد من إدراج إسهامات العلماء، وتقويم أثرها في تطور الفكر العلمي، وفي واقع الحياة.

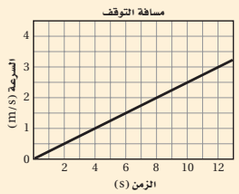
44. وضح كيف أن تحسين الدقة في قياس الزمن يؤدي إلى دقة أكثر في التوقعات المتعلقة بكيفية سقوط الجسم.

اختبار مقنن

أسئلة الاختيار من متعدد

اختر رمز الإجابة الصحيحة فيما يلي:

1. استخدم العالمان (A و B) تقنية التأريخ بالكربون المشع لتحديد عمر رمحين خشبيين اكتشفاهما في كهف. فوجد العالم A أن عمر الرمح الأول هو: 2250 ± 40 years، ووجد العالم B أن عمر الرمح الثاني هو 2215 ± 50 years. أي الخيارات التالية صحيح؟
   - (A) قياس العالم A أكثر ضبطًا من قياس العالم B.
   - (B) قياس العالم A أقل ضبطًا من قياس العالم B.
   - (C) قياس العالم A أكثر دقة من قياس العالم B.
   - (D) قياس العالم A أقل دقة من قياس العالم B.
2. أي القيم أدناه تساوي 86.2 cm؟
   - (A) 8.62 m
   - (B) 0.862 mm
   - (C) 8.62×10^{-4} km
   - (D) 862 dm
3. إذا أعطيت المسافة بوحدة km والسرعة بوحدة m/s، فأي العمليات أدناه تعبر عن إيجاد الزمن بالثواني (s)؟
   - (A) ضرب المسافة في السرعة، ثم ضرب الناتج في 1000
   - (B) قسمة المسافة على السرعة، ثم ضرب الناتج في 1000
   - (C) قسمة المسافة على السرعة، ثم قسمة الناتج على 1000
   - (D) ضرب المسافة في السرعة، ثم قسمة الناتج على 1000
4. أي الصيغ الآتية تكافئ العلاقة $D = \frac{m}{V}$؟
   - (A) $V = \frac{m}{D}$
   - (B) $V = Dm$
   - (C) $V = \frac{mD}{V}$
   - (D) $V = \frac{D}{m}$
5. ميل الخط المستقيم المرسوم في الشكل أدناه يساوي: (دليل الرياضيات 145)
   - (A) 0.25 m/s²
   - (B) 0.4 m/s²
   - (C) 2.5 m/s²
   - (D) 4.0 m/s²



الأسئلة الممتدة

6. إذا أردت حساب التسارع بوحدة m/s²، فإذا كانت القوة مقيسة بوحدة N، والكتلة بوحدة g، حيث $1\ N = 1\ kg.m/s^2$:
   - **a.** فأعد كتابة المعادلة $F = ma$ بحيث تعطي قيمة التسارع a بدلالة m و F.
   - **b.** ما معامل التحويل اللازم لتحويل grams إلى kilograms؟
   - **c.** إذا أثرت قوة مقدارها 2.7 N في جسم كتلته 350 g، فما المعادلة التي تستخدمها في حساب التسارع؟ ضمّن الإجابة معامل التحويل.

✓ إرشاد

حاول أن تتخطّى

قد ترغب في تخطّي المسائل الصعبة وتعود اليها لاحقًا. إن إجابتك عن الأسئلة السهلة قد تساعدك على الإجابة عن الأسئلة التي تخطيتها.

أسئلة الاختيار من متعدد

1. C
2. C
3. B
4. A
5. A

الأسئلة الممتدة

6. **a.** $a = F/m$

b. 1 kg /1000g

c. $a = \left(\frac{2.7 kg.m/s^2}{350\ g}\right)\left(\frac{1000g}{1\ kg}\right)$

$= 7.7\ m/s^2$

سلّم تقدير

يمثّل الجدول الآتي نموذجًا لسلم تقدير إجابات الأسئلة الممتدة.

العلامات	الوصف
4	يُظهر الطالب فهمًا كاملًا لموضوع الفيزياء الذي يدرسه، وقد تتضمّن الاستجابة أخطاءً ثانوية لا تعيق إظهار الفهم الكامل.
3	يُظهر الطالب فهمًا للموضوعات الفيزيائية التي درسها. واستجابته صحيحة وتظهر فهمًا أساسيًّا، لكن دون الفهم الكامل للفيزياء.
2	يُظهر الطالب فهمًا جزئيًّا للموضوعات الفيزيائية. وربما استعمل الطريقة الصحيحة للوصول إلى الحلّ، أو قدّم حلًّا صحيحًا، لكن العمل يفتقر إلى استيعاب المفاهيم الفيزيائية الرئيسة.
1	يُظهر الطالب فهمًا محدودًا جدًّا للموضوعات الفيزيائية، والاستجابة غير تامة (ناقصة)، وتظهر أخطاءً كثيرة.
0	يقدّم الطالب حلًّا غير صحيح تمامًا، أو لا يستجيب أبدًا.

الفصل 2

مخطط الفصل

الأهـــداف	المواد والأدوات
افتتاحية الفصل	
2–1 تصوير الحركة 1. **تمثل** حركة جسم بالمخطط التوضيحي للحركة. 2. **ترسم** نموذج الجسيم النقطي لتمثيل حركة جسم.	**تجارب الطالب** **تجربة استهلالية** سيارتان لعبة تعملان بانضغاط النابض، وساعة إيقاف، ومسطرة مترية. **عرض المعلم** **عرض سريع** كاميرا فيديو، ومسجل فيديو (VCR) يتحكم في عرض اللقطات، وتلفاز، وشفافيات، وقلم شفافيات، وجهاز عرض الشفافيات.
2–2 الموقع والزمن 3. **تحدِّد** أنظمة الإحداثيات المستخدمة في مسائل الحركة. 4. **تدرك** أن النظام الإحداثي الذي يُختار يؤثر في إشارة مواقع الأجسام. 5. **تعرّف** الإزاحة. 6. **تحسب** الفترة الزمنية لحركة جسم. 7. **تستخدم** مخططًا توضيحيًّا للحركة للإجابة عن أسئلة حول موقع جسم أو إزاحته.	**تجارب الطالب** **تجربة إضافية** قطع صغيرة من الصلصال، ومسطرة، وألعاب تركيبية.
2–3 منحنى (الموقع - الزمن) 8. **تطور** منحنيات (الموقع–الزمن) لأجسام متحركة. 9. **تستخدم** منحنى (الموقع–الزمن) لتحديد موقع جسم أو إزاحته. 10. **تصف** حركة جسم باستخدام التمثيلات المتكافئة ومنها مخططات الحركة، والصور ومنحنيات (الموقع – الزمن).	
2–4 السرعة المتجهة 11. **تعرّف** السرعة المتجهة. 12. **تقارن** بين مفهومي السرعة والسرعة المتجهة. 13. **تصمّم** تمثيلات تصويرية وفيزيائية ورياضية لمسائل الحركة.	**تجارب الطالب** **تجربة** خيط طوله 1 m، وكتلة لها خطاف 100 g أو 200 g **مختبر الفيزياء** كاميرا فيديو، وسيارتان لعبة تعملان بانضغاط النابض، ومسطرة مترية، ولوح كرتوني. **عرض المعلم** **عرض سريع** سيارتان لعبة لهما سرعة ثابتة، ومساطر مترية، وساعة إيقاف.

طرائق تدريس متنوعة

م 1 أنشطة مناسبة للطلاب ذوي صعوبات التعلّم.	م 2 أنشطة مناسبة للطلاب ذوي المستوى المتوسط.	م 3 أنشطة مناسبة للطلاب المتفوقين (فوق المتوسط).

شرائح ومصادر قابلة للنسخ	التقنية
	تتضمّن أعمال المعلم: نسخة المعلم التفاعليّة، تخطيط الدّرس مع مفكرة، التقويم، ارتباطات بمواقع إلكترونية.
الملف الخاص بمصادر الفصول 4 –1، الفصل 2. دليل مراجعة الفصل، ص 49–44 اختبار قصير 1 –2 ، ص 50 **ربط الرياضيّات مع الفيزياء**	
الملف الخاص بمصادر الفصول 4 –1، الفصل 2. دليل مراجعة الفصل، ص 49–44 اختبار قصير 2 –2 ، ص 51 شريحة التدريس 1 –2 ص 57 شريحة التدريس 2–2 ص 59 **ربط الرياضيّات مع الفيزياء**	مسألة الأسبوع على الموقع الإلكتروني: Obeikaneducation.com
الملف الخاص بمصادر الفصول 4 –1، الفصل 2. دليل مراجعة الفصل، ص 49–44 اختبار قصير 3 –2 ، ص 52 شريحة التدريس 3–2 ص 61 **ربط الرياضيّات مع الفيزياء**	
الملف الخاص بمصادر الفصول 4 –1، الفصل 2. دليل مراجعة الفصل، ص 49–44 اختبار قصير 4 –2 ، ص 53 شريحة التدريس 4–2 ص 63 تعزيز الفهم ص 54 الإثراء ص 55 ورقة عمل التجربة ص 38 ورقة عمل مختبر الفيزياء ص 39 **ربط الرياضيّات مع الفيزياء** **دليل التجارب العمليّة، ص 19**	

مصادر التقويم

الملف الخاص بمصادر الفصول 4 –1، الفصل 2 تقويم الفصل 2 ص 65 **اختبارات الفيزياء التحضيرية**	**التقنية** الموقع الإلكتروني Obeikaneducation.com

نظرة عامة إلى الفصل

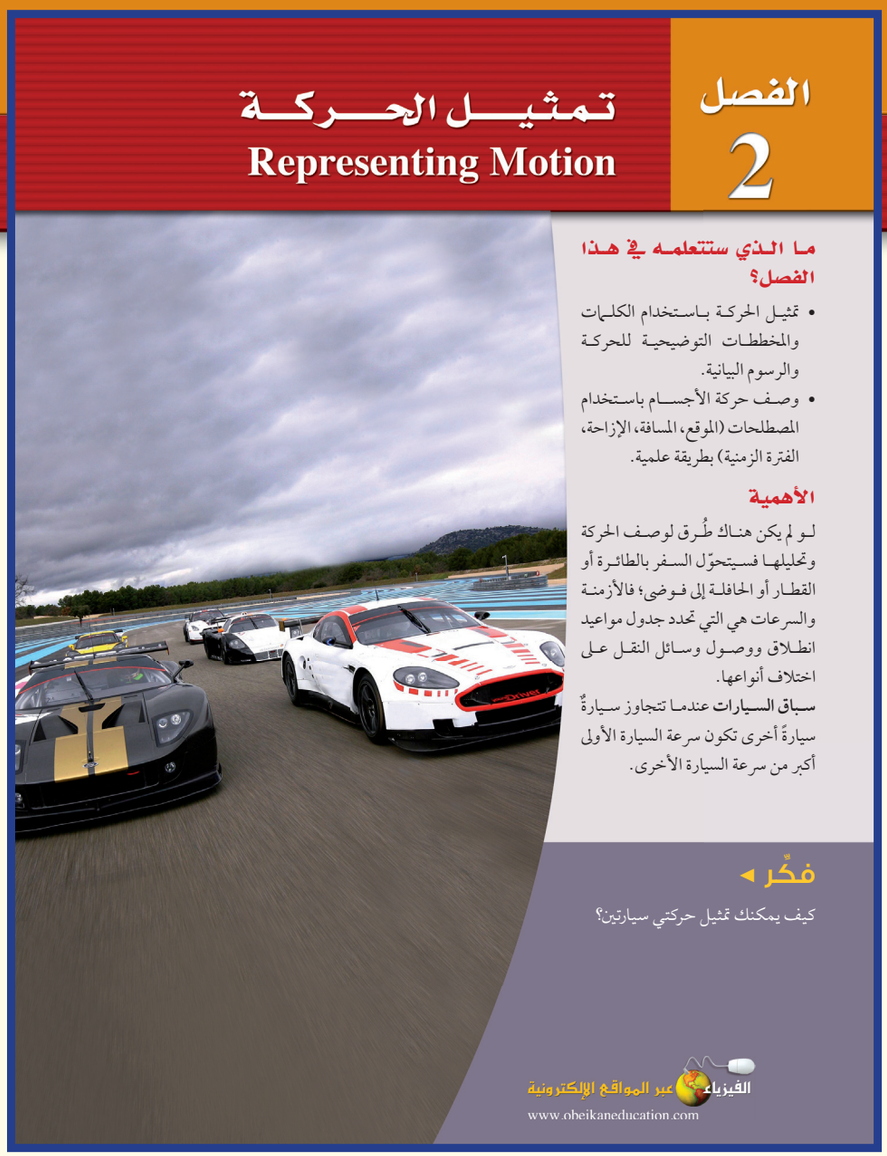
يربط هذا الفصل الطلاب بالفكرة الأساسية في وصف الحركة وتحليلها. ويتعلمون كيفية رسم المخططات التوضيحية للحركة وتحليلها، ويجرون قياسات لكل من الموقع والإزاحة والفترة الزمنية. ويتعرفون منحنيات (الموقع–الزمن) مصحوبة بتحليل نوعي. وأخيرًا، يتوصلون إلى مفهوم السرعة المتجهة على أنها ميل منحنى (الموقع–الزمن)، ويميزون بين مفهومي السرعة والسرعة المتجهة.

فكِّر

في المخطط التوضيحي للحركة، يتم جمع الصور المتتابعة لسيارات السباق في صورة واحدة. أما في نموذج الجسيم النقطي، فيتم استخدام نقاط مفردة متتابعة بدلًا من صور السيارات، ويفضل استخدام ألوان مختلفة للنقاط، حيث يتم تمثيل حركة كل سيارة بلون مختلف عن لون النقاط التي تمثل حركة السيارات الأخرى.

المفردات الرئيسة

- مخطط الحركة
- نموذج الجسيم النقطي
- النظام الإحداثي
- نقطة الأصل
- الموقع
- المسافة
- الكميات المتجهة
- الكميات العددية (القياسية)
- المحصلة
- الفترة الزمنية
- الإزاحة
- منحنى (الموقع – الزمن)
- الموقع اللحظي
- السرعة المتجهة المتوسطة
- السرعة المتوسطة
- السرعة المتجهة اللحظية



تجربة استهلالية

الهدف يستنتج الطالب أن المسافة والزمن يحددان السرعة المتوسطة لجسم.

المواد والأدوات سيارتان لعبة تعملان بانضغاط النابض، وساعة إيقاف، ومسطرة مترية.

استراتيجيات التدريس

- تأكد أن جميع الطلاب يقيسون كمية فيزيائية واحدة عند أخذ القراءات (البيانات)، وهي إما مسافة أو زمن.
- عند انتهاء التجربة أجْرِ مناقشة حول الكمية الفيزيائية التي تم قياسها. مثال: أي القياسين (المسافة أم الزمن) أفضل لإيجاد أي السيارتين أسرع؟

النتائج المتوقعة لتحديد أي السيارتين أسرع فإننا نختار إما تلك التي تقطع مسافة أكبر خلال الفترة الزمنية نفسها، أو تلك التي تحتاج إلى زمن أقل لقطع المسافة نفسها.

التحليل يجب أن يجمع الطلاب بيانات المسافة أو الزمن، فالسرعة المتوسطة

2-1 تصوير الحركة

1. التركيز

نشاط

تصنيف الحركة اعرض على الطلاب ألعابًا وأجسامًا مختلفة تظهر أنواعًا مختلفة من الحركة؛ بعضها يتحرك بسرعة منتظمة نسبيًّا، وبعضها يتسارع (يتباطأ أو تزيد سرعته)، ومنها ما يتأرجح إلى الأمام وإلى الخلف، أو يهتز، أو يتحرك في مسارات دائرية. اطلب إلى الطلاب تصنيف الألعاب في مجموعات بحسب طريقة حركتها.

م 1 **حسي - حركي**

الربط مع المعرفة السابقة

الحركة أَلِفَ الطلاب من خلال خبراتهم الحياتية ودراستهم في صفوف سابقة أنواعًا مختلفةً من الحركة. يهدف النشاط المحفّز والأنشطة الأخرى التي تضمن أجسامًا متحركة إلى مساعدة الطلاب على وصف الحركة. يمكنك أن تسألهم: كيف تعرفون أن شيئًا ما يتحرك؟ أو ما الدليل على أن شيئًا ما يتحرك؟ م 1 **لغوي**

تجربة استهلالية

أي السيارتين أسرع؟

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

الخطوات

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

التحليل

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

التفكير الناقد اكتب تعريفًا إجرائيًّا (عمليًّا) للسرعة المتوسطة.

2-1 تصوير الحركة Picturing Motion

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

الأهداف

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

المفردات

مخطط الحركة
نموذج الجسيم النقطي

لجسم تساوي ناتج قسمة المسافة المقطوعة على الزمن المستغرق في قطعها. ويكون للجسم سرعة أكبر إذا احتاج إلى زمن أقل لقطع المسافة نفسها، أو إذا قطع مسافة أكبر في الفترة الزمنية نفسها.

عينة بيانات خلال 1 s، قطعت السيارة الحمراء 82 cm، بينما قطعت السيارة الزرقاء 76 cm.

أو استغرقت السيارة الحمراء 1.14 s حتى تقطع 1 m، بينما استغرقت السيارة الزرقاء 1.33 s حتى تقطع المسافة نفسها.

التفكير الناقد السرعة المتوسطة لجسم تساوي ناتج قسمة المسافة المقطوعة على الزمن المستغرق في قطعها.

2. التدريس

عرض سريع

عمل مخططات توضيحية للحركة

الزمن المقدر 10 دقائق

المواد والأدوات كاميرا فيديو، ومسجل فيديو (VCR) يتحكم في عرض اللقطات، وتلفاز، وشفافيات، وقلم شفافيات، وجهاز عرض الشفافيات.

الخطوات سجل حركة جسم ما لبضع ثوانٍ باستخدام كاميرا الفيديو. وحتى يكون ذلك ملائمًا للمحتوى اختر جسمًا يتحرك بسرعة منتظمة نسبيًّا. اعرض الشريط على الطلاب، ثم أرجعه إلى البداية، وثبته على اللقطة الأولى، وضع الشفافية على شاشة التلفاز. اختر بقعة مركزية على الجسم حتى تطبق نموذج الجسيم النقطي، وعيّن موقعها فوق الشفافية باستخدام القلم الخاص. قدم الفيلم بضعة لقطات (من ثلاث إلى ست لقطات، وهذا يعتمد على سرعة الحركة)، وعين موقع الجسم على الشفافية نفسها مرة أخرى، ثم كرّر الخطوات حتى تنهي جميع حركات الجسم. يمكنك أن تعرض المخطط التوضيحي للحركة بسهولة بوضع الشفافية على جهاز عرض الشفافيات. كما يمكنك استخدام المؤقت ذي الشريط لعمل مخطط الحركة في حالة عدم توافر كاميرا فيديو بربط الجسم بشريط المؤقت، ثم دع الجسم يتحرك، واستخدم النقاط التي عملها المؤقت كمخطط توضيحي للحركة.

تطوير المفهوم

عرض المخطط التوضيحي للحركة من المفيد للطلاب أن يفكروا في المخططات التوضيحية للحركة باعتبارها صورًا متلاحقة (ستروبية). يجب أن يشتمل العرض على المصباح الومّاض (الاستروبوسكوب) وعربة ذات سرعة ثابتة. وينبغي التركيز هنا على الفترات الزمنية المتساوية التي تفصل بين ومضات المصباح والصور المتقطعة التي تظهر خلال الومضات.

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

أنواع الحركة Kinds of Motion

ما الذي يتبادر إلى ذهنك عندما تسمع كلمة حركة، أو سيارة مسرعة، أو ركوب العجلة الدوّارة في متنزَّه الألعاب، أو كرة قدم ترتفع فوق سياج المنزل، أو طفل يتأرجح إلى الأمام وإلى الخلف بشكل منتظم؟

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

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

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

مخططات الحركة Motion Diagrams

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

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

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

2–1 إدارة المصادر

الملف الخاص بمصادر الفصول 4 – 1
دليل مراجعة الفصل، ص 49–44

اختبار قصير 1 – 2، ص 50

ربط الرياضيّات مع الفيزياء

نموذج الجسيم النقطي

The Particle Model

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

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

2–1 مراجعة

1. **مخطط توضيحي لحركة درّاج** استخدم نموذج الجسيم النقطي لرسم مخطط توضيحي لراكب دراجة هوائية يتحرك بسرعة ثابتة.
2. **مخطط توضيحي لحركة طائر** استخدم نموذج الجسيم النقطي لرسم نموذج توضيحي مبسط يتناسب مع المخطط التوضيحي لحركة طائر في أثناء طيرانه، كما في **الشكل 4–2**. ما النقطة التي اخترتها على جسم الطائر لتمثله؟

الشكل 4–2

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

الشكل 5–2

4. **التفكير الناقد** استخدم نموذج الجسيم النقطي لرسم مخططات الحركة التوضيحية لعدّاءين في سباق، عندما يتجاوز الأول خط النهاية يكون الآخر قد قطع ثلاثة أرباع مسافة السباق فقط.

الفيزياء عبر المواقع الإلكترونية لمزيد من الاختبارات القصيرة ارجع إلى الموقع الإلكتروني www.obeikaneducation.com

إعادة التدريس

المخطط التوضيحي للحركة اطلب إلى الطلاب تخيل أنفسهم يركضون في الشارع ومعهم فرشاة دهان رطبة يلمسون بها الشارع كل عشر ثوان. تمثل علامات الدهان المتتالية الناتجة مخطط الحركة.

2–1 مراجعة

1. انظر دليل حلول المسائل .
2. انظر دليل حلول المسائل. هناك عدة نقاط صحيحة محتملة يمكنك أن تختارها لتمثيل الطائر، على أن تكون النقطة قريبة نسبيًّا من مركز جسم الطائر، أي ليست جزءًا من المنقار، أو الجناح أو الأرجل أو الذيل.
3. انظر دليل حلول المسائل.
4. انظر دليل حلول المسائل.

استخدام الشكل 3–2

من المفيد عمل مراجعة لطلابك عن المخططات التوضيحية للحركة باستخدام نموذج الجسيم النقطي للتحقق من فهمهم لميزاته؛ لذا ذكّرهم بأن الفترات الزمنية بين كل نقطتين متجاورتين متساوية دائمًا، وبذلك فإن المخططات التوضيحية للحركة تعطي صورة سريعة عن حركة جسم دون الاستعانة بالمعادلات الرياضية م2

تعزيز الفهم

نموذج الجسيم النقطي اطلب إلى الطلاب أن يشرحوا النموذج الجسيمي النقطي، وأن يعطوا مثالًا على حالة لا يمكن تطبيق هذا النموذج عليها. وضح لهم أن النموذج المبسط لن يكون مفيدًا في تمثيل حركات أجسام ذات أشكال غير منتظمة عند دراسة حركتها لمسافات قصيرة، وخصوصًا عندما يكون الهدف المقارنة بين هذه الحركات. ولعل أوضح مثال على ذلك حصان السباق الذي يفوز لحظة بلوغ أنفه خط النهاية. بإمكان الطلاب القيام بهذا النشاط على الورق أو بالتحدث والحوار ضمن مجموعات صغيرة قبل تبادل الأفكار مع زملائهم في المجموعات الأخرى. تمثل النقاط في النموذج الجسيمي النقطي مواقع الجسم في أزمنة مختلفة. م1 **متفاعل**

التفكير الناقد

المخططات التوضيحية للحركة اسأل الطلاب كيف سيبدوا **الشكل 3–2** إذا تحرك العدّاء بشكل أسرع. ستكون المسافات بين صور العدّاء أكبر، وكذلك المسافات بين النقاط. م2

3. التقويم

التحقق من الفهم

المخطط التوضيحي للحركة اعرض على الطلاب مخططًا توضيحيًّا للحركة يحوي سبع نقاط ويمثل جسمًا متحركًا بسرعة منتظمة، وأخبر الطلاب أن الفترة الزمنية تمثل 12 s، ثم اسألهم عن الزمن الذي يستغرقه الجسم المتحرك لقطع المسافة بين نقطتين متجاورتين 2 s. م1

2-2 الموقع والزمن

1. التركيز

نشاط

أين؟ اسـأل الطلاب كيف يحددون مكان جسم ما؟ ثم اسألهم عن موقع مكان محدد، الكافتيريا مثلاً. لكي يصف الطلاب موقع الكافتيريا بدقة عليهم أن يحددوا نقطـة مرجعية، وهذه نقطـة انطلاق مفيدة يمكن أن نبدأ منهـا الحديث حول أنظمـة الإحداثيات ونقاط الأصل. م 1 بصريّ - مكاني

الربط مع المعرفة السابقة

المسافة والفترات الزمنية لدى الطلاب بلا شك معرفة أولية بمفاهيم المسافة والفترة الزمنية، لكنها غير دقيقة من الناحية العلمية. ستساعدهم دراسة أنظمة الإحداثيات على بلْورة معرفتهم، اعتمادًا على معرفتهم السابقة لنقاط الأصل والمحاور من دروس الرياضيات.

2. التدريس

المناقشة

سؤال اعرض أمام الطلاب مخططًا توضيحيًّا لجسم يتحرك بسرعة منتظمة باستخدام نموذج الجسيم النقطي من دون تعيين نقطة البداية أو النهاية، واسـألهم: ما المعلومات الضرورية التي لم يتم تمثيلها في المخطط؟

الجـواب اتجاه حركة الجسـم غير واضـح، وكذلك نقطة بداية الحركة، ونقطة النهاية، والزمن المستغرق بين النقاط، أو المسافة بينها. م 2 بصريّ - مكاني

تطوير المفهوم

أنظمة الإحداثيات ما أهمية أنظمة الإحداثيات؟ اطلب إلى الطلاب أن يوضحوا لشخص من خارج مناطق سكنهم كيف يصل إلى منازلهم؟ وعند انتهاء الطلاب اسـألهم أين اختـار كل منهم نقطة مرجعية لتحديد منزله؟ وهل تشابهت نقاطهم المرجعية؟ م 1

2-2 الموقع والزمن Positon and Time

الأهداف

- **تحدد** أنظمة الإحداثيات المستخدمة في مسائل الحركة.
- **تدرك** أن النظام الإحداثي الذي يُختار يؤثر في إشارة مواقع الأجسام.
- **تعرف** الإزاحة.
- **تحسب** الفتـرة الزمنيـة لحركة جسم.
- **تستخدم** مخططًا توضيحيًّا للحركة للإجابة عن أسئلة حول موقع جسم أو إزاحته.

المفردات

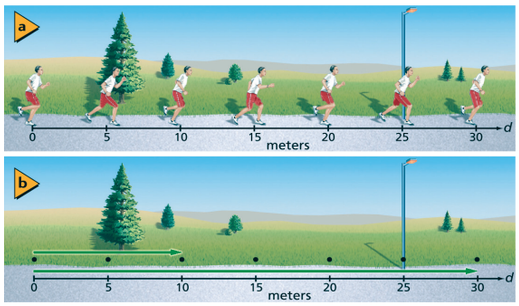
النظام الإحداثي
نقطة الأصل
الموقع
المسافة
الكميات المتجهة
الكميات العددية (القياسية)
المحصّلة
الفترة الزمنية
الإزاحة

هـل من الممكن أخذ قياسـات المسـافة والزمن مـن مخططات الحركة، ومنهـا مخطط حركة العـدّاء؟ قبـل التقاط الصـور يمكنك وضع شريط قيـاس مترٍ عـلى الأرض على امتداد مسـار العدّاء ليرشـدك إلى مكان العدّاء في كل صورة، ووضع سـاعة إيقاف ضمن المنظر الـذي تصـوره الكاميرا ليقيس لك الزمـن. لكن أين يجب أن تضع بدايـة شريط القياس؟ ومتى يجب أن تبدأ تشغيل ساعة الإيقاف؟

أنظمة الإحداثيات Coordinate Systems

عندمـا تقرر أين تضع شريط القياس، ومتى تشـغل سـاعة الإيقاف، سـتكون قد حددت **النظـام الإحداثي** الذي يعين موقع نقطة الأصل (نقطة الإسـناد) بالنسـبة إلى المتغير الذي تدرسـه، والاتجـاه الذي تتزايد فيه قيم هذا المتغير. إن **نقطـة الأصل** هي النقطة التي تكون عندهـا قيمـة كل مـن المتغيرين صفـرًا. ونقطة الأصـل في مثال العـدّاء تم تمثيلهـا بالنهاية الصفريـة لشريـط القيـاس، الذي يمكـن وضعه على بُعد سـتة أمتار عن يسـار الشـجرة. والحركة هنا تتم في خط مسـتقيم، لذا يوضع شريط القياس على امتداد هذا الخط المسـتقيم الـذي يمثـل أحد محوري النظـام الإحداثي. مـن المحتمل أن تضع شريـط القياس بحيث يـزداد تدريـج المقياس المترِي عن يمـين الصفر، كما أن وضعه في الاتجـاه المعاكس صحيح أيضًا. في **الشكل 6a–2** نقطة الأصل للنظام الإحداثي تقع في جهة اليسار.

يمكنـك أن تعيِّن بُعْـدَ العدّاء عن نقطة الأصل عند لحظة معينـة على مخطط الحركة، وذلك برسـم سـهم من نقطة الأصل إلى النقطة التـي تمثل موقع العدّاء؛ في هـذه اللحظة، كما هو مبين في **الشكل 6b–2**. وهذا السهم يمثل **موقع** العدّاء؛ حيث يدل طول السهم على بُعد الجسم عن نقطة الأصل؛ أي **المسافة** بين الجسم ونقطة الأصل. ويتجه هذا السهم دومًا من نقطة الأصل إلى موقع الجسم المتحرك.



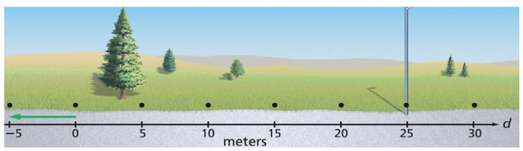
الشكل 6–2 في هذه الأشكال التوضيحية للحركة، تقع نقطة الأصل عن اليسار
a. القيم الموجبة للمسافة تمتد أفقيًّا إلى اليمين.
b. السهمان المرسومان من نقطة الأصل إلى نقطتين يحددان موقع العدّاء في زمنين مختلفين.

2–2 إدارة المصادر

الملـف الخاص بمصادر الفصول 4 – 1
دليل مراجعة الفصل، ص 49–44
اختبار قصير 2 – 2، ص 51
شريحة التدريس 1–2 ص 57
شريحة التدريس 2–2 ص 59
شريحة التدريس 3–2 ص 61

ربط الرياضيّات مع الفيزياء

لكن هل هناك إزاحة سالبة؟ افترض أنك اخترت نظامًا إحداثيًا كالذي وضعته، واخترت نقطة الأصل على بُعد 4 m عن يسار الشجرة على محور المسافة الذي يمتد في الاتجاه الموجب نحو اليمين، فإن الموقع الذي يبعد 9 m عن يسار الشجرة يبعد 5 m عن يسار نقطة الأصل وتكون إزاحته سالبة، كما يظهر في **الشكل 7–2**.



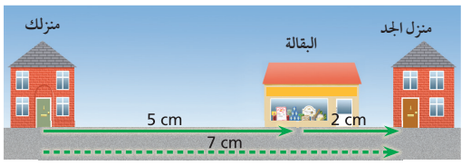
الشكل 7–2 السهم المرسوم على مخطط الحركة يشير إلى إزاحة سالبة.

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

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

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

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



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

نشاط — طرائق تدريس متنوعة

صعوبات التعلّم إذا كان لدى بعض الطلاب إعاقات جسدية تسبب لهم صعوبة في استخدام المسطرة والقلم لرسم متجهات، فدعهم يعملوا في مجموعات صغيرة، واطلب إليهم تمثيل المتجهات باستخدام مجموعة من ماصات العصير المقطعة بأطوال مختلفة. اقطع الماصة طوليًا إلى نصفين حتى لا تتدحرج، واجعل إحدى النهايتين على شكل سهم، ودوّن طولها عليها. اطلب إلى الطلاب جمع المتجهات (الماصات) وفق خط مستقيم (في بعد واحد)، ثم جمعها من جديد بحيث تشكل زوايا فيما بينها (يجب اختيار النسب بين أطوال الماصات بحيث يستطيع الطالب تشكيل مثلث قائم الزاوية، مثل نسبة 3:4:5 أو 5:12:13). سيساعد هذا النشاط الطلاب جميعًا على إدراك مفهوم جمع المتجهات بشكل حسي، ويهيئهم لفهم عملية طرحها. م 1 **حسي - حركي**

التفكير الناقد

الموقع والمسافة اسأل الطلاب: ما الفرق بين موقع جسم وبعده عن نقطة الأصل؟ موقع جسم ما يحدد بالضبط الموضع الذي يوجد فيه الجسم. فمثلاً، عندما نقول إن مدينة مكة تقع على بُعد 870 km تقريبًا جنوب غرب مدينة الرياض، فإننا نعطي موقعها، وعندما نقول إن مدينة مكة تبعد 870 km تقريبًا عن مدينة الرياض، فإننا نعطي المسافة بينهما. م 2

تعزيز الفهم

للتأكيد على التمييز بين الكميات القياسية (العددية) والكميات المتجهة، قدم للصف قائمة بكلمات أو أمثلة من الحياة اليومية على الكميات العددية أو الكميات المتجهة. واطلب إلى كلٍّ منهم أن يصف الطبيعة العددية أو المتجهة للكميات، مثال: 98.6° C، كيلوجرام طحين، الرياح شرقية من 10 إلى 25 عقدة. م 1 **لغوي**

تجربة إضافية

لعبة المتجهات

الهدف يتصور الطلاب اتجاه الكميات المتجهة، وجمع المتجهات، وإيجاد محصلتها، وفهم الإزاحة.

المواد والأدوات يحتاج كل طالب إلى عدة قطع صغيرة من الصلصال، ومسطرة، وعددٍ من الألعاب التركيبية التي تتألف من قضبان خشبية أو بلاستيكية ذات أطوال مختلفة، وقطع ربط ووصل من مثل تلك التي تحتوي رؤوس سهام.

الخطوات اطلب إلى كل طالب صنع عددٍ من المتجهات عن طريق إلصاق القضبان بقطع الصلصال (في فضاء ثلاثي الأبعاد). عليهم أن يجمعوا المتجهات باستخدام عجينة إضافية، أو قطع الربط، ثم قياس المتجهات وجمعها لإيجاد محصلتها وحساب الإزاحة.

التقويم ناقش الطلاب في مقادير المتجهات التي صنعوها واتجاهاتها، واطلب إليهم إعادة حساب المحصّلات والإزاحات بعد عكس اتجاه المتجه الثاني.

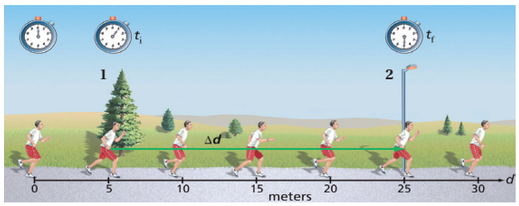
المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

المسافة والإزاحة ربما يظن الطلاب أن المسافة والإزاحة تعنيان شيئًا واحدًا. وهذا غير صحيح، فالمسافة هي المقدار الذي يتحركه الجسم، وهي كمية عددية ليس لها اتجاه. أما الإزاحة فهي التغير في موقع الجسم، ولها مقدار واتجاه، فإذا تحرك جسم 5 m نحو اليمين ستكون إزاحته مختلفة عما إذا تحرك 5 m نحو اليسار.

استخدام التشابه

نشاط طرح المتجهات اطلب إلى كل طالب أن يعبّر كتابة عن الخطوات المتسلسلة الواجب اتباعها في عملية طرح المتجهات. ثم اطلب إليهم أن يبينوا بالرسوم التوضيحية خطواتهم المكتوبة، ثم تحقق من صحة ما قاموا به. فعلى سبيل المثال: سار شخص في خط مستقيم مبتعدًا عن المخيم مسافة 5 km، ثم توقف ليستريح، وبعد ذلك سار في الاتجاه نفسه مسافة 2 km أخرى، ثم استراح مرة ثانية.

في هذا المثال تكون إزاحة الشخص بين موقعي الاستراحة هي متجه يشير بعيدًا عن المخيم ومقداره 2 km. أما إزاحة الشخص من الموقع الابتدائي إلى الموقع النهائي هي متجه يشير بعيدًا عن المخيم ومقداره 7 km. **م ١ لغوي**



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

دلالة اللون
- تظهر متجهات الإزاحة باللون الأخضر.

الفترة الزمنية والإزاحة Time Interval and Displacement

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

الفترة الزمنية $\Delta t = t_f - t_i$

الفترة الزمنية تساوي الزمن النهائي مطروحًا منه الزمن الابتدائي.

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

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

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

أما **الإزاحة** فهي كمية فيزيائية متجهة، وتمثل مقدار التغير الذي يحدث لموقع الجسم في اتجاه معين. ويرمز للإزاحة بالرمز $\Delta \boldsymbol{d}$، وتمثّل بسهم يشير ذيله إلى موقع بداية الحركة، بينما يشير رأسه إلى موقع نهايتها، كما أن طول السهم يمثل المسافة التي قطعها الجسم في اتجاه معين، وهو الاتجاه الذي يشير إليه السهم. كما تحسب الإزاحة رياضيًا بالعلاقة:

الإزاحة $\Delta \boldsymbol{d} = \boldsymbol{d}_f - \boldsymbol{d}_i$

الإزاحة $\Delta \boldsymbol{d}$ تساوي متجه الموقع النهائي $\boldsymbol{d}_f$ مطروحًا منه متجه الموقع الابتدائي $\boldsymbol{d}_i$

فإزاحة العداء $\Delta \boldsymbol{d}$ في أثناء حركته من الشجرة إلى عمود الإنارة تساوي $25.0\ \text{m} - 5.0\ \text{m} = 20.0\ \text{m}$. والإزاحة بوصفها كمية متجهة تختلف عن المسافة بوصفها كمية قياسية؛ فالإزاحة تعبّر عن كل من المسافة والاتجاه.

مصادر الفصول 4–1
شريحة التدريس 1–2
الموقع الإلكتروني www.obeikaneducation.com.sa

مصادر الفصول 4–1
شريحة التدريس 2–2
الموقع الإلكتروني www.obeikaneducation.com.sa

معلومة للمعلم — **الفيزياء في الحياة**

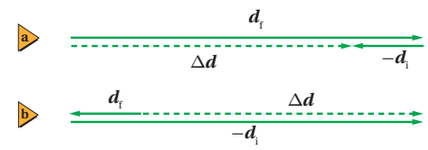
التوقيت الأولمبي توقيت السباقات في الألعاب الأولمبية وغيرها من المباريات الرياضية الرئيسة، أحد الجوانب المهمة في الألعاب. ويتم تسجيل الأزمنة التي يستغرقها العداؤون لإنهاء السباق بدقة جزء من مئة جزء من الثانية. ويتم كذلك قياس سرعة الريح التي يجب أن تكون أقل من حد معين من أجل الإعلان عن تحطيم الأرقام العالمية المسجلة. وعندما تعاقدت الشركة التي تقدم أجهزة التوقيت للدورة الأولمبية الشتوية عام 2002م، أخذت في اعتبارها أن هذه الأدوات ستستخدم لقياس فترات زمنية تتراوح تقريبًا بين 90,000 و 95,000 فترة.

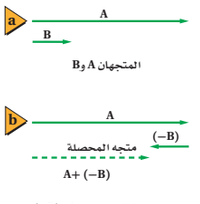
كيف تطرح الكميات المتجهة؟ لطرح متجه من آخر اعكس اتجاه المتجه المراد طرحه، ثم اجمعهما؛ وذلك لأن: $\mathbf{A-B=A+(-B)}$

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

يحدد طول واتجاه متجه الإزاحة $\Delta \boldsymbol{d}=\boldsymbol{d}_f-\boldsymbol{d}_i$ برسم المتجه $\boldsymbol{d}_f$ والمتجه $-\boldsymbol{d}_i$ الذي يكون اتجاهه عكس اتجاه $\boldsymbol{d}_i$، ثم نقله، بحيث يكون ذيله عند رأس المتجه $\boldsymbol{d}_f$، ويتم جمعهما معًا.

يوضح **الشكل 2–11** مقارنة بين موقع وإزاحة العداء في حالة اختيار نظام إحداثي مختلف، حيث اعتبر الطرف الأيمن لمحور الموقع صفرًا في **الشكل 2–11b**. تلاحظ أن متجهات الموقع قد تغيرت، في حين لا يتغير مقدار واتجاه متجه الإزاحة.





الشكل 2–10
a. المتجهان A و B.
b. محصلة (A–B).

الشكل 2–11 يمكن حساب إزاحة العدّاء خلال الثواني الأربع بطرح $\boldsymbol{d}_i$ من $\boldsymbol{d}_f$. في الشكل (a) تقع نقطة الأصل عن اليسار، أما في الشكل (b) فتقع عن اليمين. وبغض النظر عن اختيارك للنظام الإحداثي فإن قيمة متجه الإزاحة $\Delta \boldsymbol{d}$ واتجاهه لا يتغير.

2–2 مراجعة

5. **الإزاحة** يمثل الشكل التالي النموذج الجسيمي النقطي لحركة سيارة على طريق سريع، وقد حددت نقطة الانطلاق كالتالي:
من هنا • • • • • • إلى هناك
أعد رسم هذا النموذج الجسيمي النقطي، وارسم متجهًا يمثل إزاحة السيارة من نقطة البداية حتى نهاية الفترة الزمنية الثالثة.

6. **الإزاحة** يمثل النموذج الجسيمي النقطي أدناه حركة طالب يسير من بيته إلى المدرسة:
البيت • • • • • • • • • • • • المدرسة
أعد رسم الشكل، وارسم متجهات لتمثيل الإزاحة بين كل نقطتين.

7. **الموقع** قارَن طالبان متجهي الموقع اللذين رسماهما على مخطط للحركة لتحديد موقع جسم متحرك في اللحظة نفسها، فوجدا أن المتجهين المرسومين لا يشيران إلى الاتجاه نفسه. فسر ذلك.

8. **التفكير الناقد** تتحرك سيارة في خط مستقيم من البقالة إلى مكتب البريد، ولتمثيل حركتها استخدمتَ نظامًا إحداثيًّا، نقطة الأصل فيه البقالة، واتجاه حركة السيارة هو الاتجاه الموجب. أما زميلك فاستخدم نظامًا إحداثيًّا، نقطة الأصل فيه مكتب البريد، والاتجاه المعاكس لحركة السيارة هو الموجب. هل ستتفقان على كل من موقع السيارة والإزاحة والمسافة والفترة الزمنية التي استغرقتها الرحلة؟ وضح ذلك.

الفيزياء عبر المواقع الإلكترونية لمزيد من الاختبارات القصيرة ارجع إلى الموقع الإلكتروني www.obeikaneducation.com

2–2 مراجعة

5. انظر دليل حلول المسائل.

6. انظر دليل حلول المسائل.

7. يبدأ متجه الموقع من نقطة الأصل إلى موضع الجسم، وعند اختلاف نقاط الأصل تختلف متجهات الموقع. من جهة أخرى ليس للإزاحة علاقة بنقطة الأصل.

8. سيتفق الطالبان على كل من الإزاحة والمسافة والفترة الزمنية للرحلة؛ لأن هذه الكميات لا علاقة لها بنقطة الأصل في النظام الإحداثي. لكنهما سيختلفان حول موقع السيارة؛ لأن الموقع يقاس من نقطة الأصل في النظام الإحداثي إلى موضع السيارة.

استخدام الشكل 2–11

اطلب إلى الطلاب أن يبرهنوا رياضيًّا أن Δd متساوية في الحالتين. يمكنهم استخدام مسطرة لقياس كل متجه، ثم يعوضوا قيم قياساتهم في الصيغة: $\Delta d = d_f - d_i$ م 2

مصادر الفصول 1–4
شريحة التدريس 2–3
الموقع الإلكتروني www.obeikaneducation.com.sa

3. التقويم

التحقق من الفهم

الكميات المتجهة والكميات العددية (القياسية) اطلب إلى الطلاب أن يُعطوا أمثلة على الكميات المتجهة والكميات العددية، وأن يوضحوا لماذا تُعد هذه الأمثلة مناسبة. كتلة الجسم كمية عددية، ولا معنى للسؤال عن اتجاه الكتلة التي تقاس بالكيلوجرامات أو الجرامات. أما السرعة فهي كمية متجهة، وعندما يتحرك جسم ما فمن المنطقي أن تسأل: في أي اتجاه يتحرك الجسم؟ م 1

التوسع

الفترات الزمنية اطلب إلى الطلاب أن يفكروا في ثلاثة مواقف في الحياة نحتاج فيها إلى قياس دقيق للفترات الزمنية. مثال: عدّاء ينافس على الفوز يريد أن يعرف الوقت الذي يستغرقه لقطع 400 m أو أزمنة المتسابقين في حلبات الفورميلا.

م 2 **منطقي - رياضي**

2-3 منحنى (الموقع- الزمن)

1. التركيز

نشاط

بيانات (الموقع – الزمن) اعرض على الطلاب سيارة لعبة تتحرك بسرعة منتظمة، واطلب إليهم تسجيل بيانات كل من موقع السيارة والزمن؛ لاستخدامها في رسم منحنى (الموقع–الزمن)، بحيث يمكنك الاستفادة من بياناته خلال هذا القسم. م 1 بصريّ - مكاني

الربط مع المعرفة السابقة

الرسوم البيانية والمسائل اللفظية يألف الطلاب الرسوم البيانية من دروس الرياضيات، لكن قد لا يرتبط هذا التمثيل البياني بمحتوى علمي. سبق للطلاب مراجعة المعالم الأساسية للمنحنيات والتمثيل البياني، ويمكن الرجوع إليها في دليل الرياضيات؛ فيجب أن يكونوا ملمِّين بكل من المتغيرات المستقلة والتابعة، وتحديد النقاط بيانيًّا، وخط المواءمة الأفضل، وغيرها، وأن تكون لديهم مهارات حل المسائل اللفظية.

2. التدريس

تطوير المفهوم

منحنيات (الموقع–الزمن) لمساعدة الطلاب على فهم التمثيل البياني تمامًا وربطه بالبيانات، دعهم يشاركوك في رسم منحنى (الموقع–الزمن) باستخدام البيانات التي جموعها في فقرة "نشاط"، أو بالبيانات التي حصلت عليها من معادلات الحركة التي جهزتها قبل الحصة. م 1 منطقي - رياضي

التفكير الناقد

منحنى (الموقع–الزمن) اسأل الطلاب: كيف يبدو الشكل 12–2 إذا تحرك العدّاء من المكان نفسه في الاتجاه المعاكس؟ سيكون المنحنى في الربع الرابع، وكل نقطة لاحقة على المنحنى مبتعدةً عن نقطة الأصل. م 3

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

الأهداف
- **تطور** منحنيات (الموقع – الزمن) لأجسام متحركة.
- **تستخدم** منحنى (الموقع – الزمن) لتحديد موقع جسم أو إزاحته.
- **تصف** حركة جسم باستخدام التمثيلات المتكافئة ومنها مخططات الحركة، والصور ومنحنيات الموقع – الزمن.

المفردات
منحنى (الموقع–الزمن)
الموقع اللحظي

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

استخدام الرسم البياني لتحديد الموقع والزمن
Using a Graph to Find Out Position and Time

يمكن استخدام مخطط حركة العدّاء في **الشكل 9–2** لتحديد موقع العدّاء في كل لحظة من حركته، وتجسيدها، كما في **الجدول 1–2**.

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

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

الجدول 1–2
الموقع-الزمن

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

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

2–3 إدارة المصادر

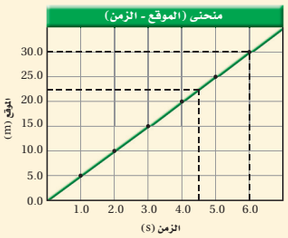
الملف الخاص بمصادر الفصول 4 – 1
دليل مراجعة الفصل، ص 49–44

اختبار قصير 3 – 2 ، ص 52

ربط الرياضيّات مع الفيزياء

مثـــال 1

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



1 تحليل المسألة ورسمها

- أعد صياغة السؤالين.

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

السؤال 2، ما موقع العدّاء بَعد مضي 4.5 s؟

دليل الرياضيات
الاستيفاء والاستقراء 143

2 إيجاد الكمية المجهولة

السؤال 1

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

السؤال 2

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

مسائل تدريبية

استعن بالشكل 13–2 على حل المسائل 11–9:

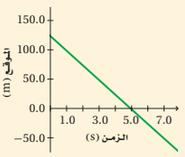
9. صف حركة السيارة المبينة في الرسم البياني.

10. ارسم مخططًا للحركة يتوافق مع الرسم البياني.

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

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

b. أين كانت السيارة عند 1.0 s ؟



الشكل 13–2

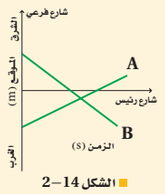
12. صف بالكلمات حركة اثنين من المشاة A و B كما يوضحهما الخطان البيانيان في الشكل 14–2، مفترضًا أن الاتجاه الموجب في اتجاه الشرق على الشارع الفرعي، ونقطة الأصل هي نقطة تقاطع الشارعين الرئيس والفرعي.

13. تحركت سعاد في خط مستقيم من أمام المقصف إلى مختبر العلوم، فقطعت مسافة 100.0 m. في هذه الأثناء قامت زميلاتها بتسجيل وتحديد موقعها كل 2.0 s، فلاحظن أنها تحركت مسافة 2.6 m كل 2.0 s.

a. مثّل بالرسم البياني حركة سعاد.

b. متى كانت سعاد في المواقع التالية:

- على بُعد 25.0 m من المقصف؟
- على بُعد 25.0 m من مختبر العلوم؟



الشكل 14–2

المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

منحنى (الموقع–الزمن) يخلط بعض الطلاب بين منحنى (الموقع–الزمن) والمخطط التوضيحي للحركة باستخدام نموذج الجسيم النقطي. اسألهم عن المعلومات الموجودة في الرسم البياني لمنحنى (الموقع–الزمن) وغير الموجودة في المخطط التوضيحي. يجب أن تشير إجاباتهم إلى أن الرسم البياني تمثيل تصويري لجدول بيانات. أرشدهم إلى أن جدول البيانات يحوي معلومات أكثر مما في المخطط التوضيحي للحركة؛ لأن المسافات قيست على الواقع قبل تدوينها. م 1

مثال صفي

سؤال أين كان العدّاء الذي تم تمثيل حركته في الشكل 12–2 بعد 2.0 s؟

الجواب 10.0 m

مسائل تدريبية

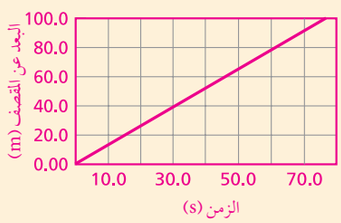
9. انطلقت السيارة من موقع على بُعد 125.0 m، وتحركت في اتجاه نقطة الأصل، فوصلت نقطة الأصل بَعد 5.0 s من بدء الحركة، واستمرت في حركتها.

10. انظر دليل حلول المسائل.

11. **a.** عند 4.0 s **b.** 100.0 m

12. بدأ الشخص A الحركة من غرب الشارع الرئيس ومشى نحو الشرق (الاتجاه الموجب). وبدأ الشخص B الحركة من شرق الشارع الرئيس ومشى نحو الغرب (الاتجاه السالب). وبعد عبور الشخص B للشارع الرئيس، التقى كل من A و B في نقطة واحدة، ثم قام A بعبور الشارع الرئيس

13. **a.**



b. 19 s، 58 s

معلومة للمعلم

الخلفية النظرية للمحتوى

الطريقة العلمية يمكن اعتبار المنحنى البياني لحركة العدّاء نتيجة الاستقصاء العلمي. وربما تكون الفرضية أن المسافة التي يقطعها العداء تزداد بازدياد الزمن. فكتلة العداء وسرعته تُسميان بالمتغيرات الضابطة؛ لأنها لا تتغير. إذا أخذت قياسات الموقع خلال فترات زمنية متساوية، فإن الزمن يُسمى المتغير المستقل؛ حيث إن الذي يجري التجربة حدّد الفترة الزمنية، في حين تُسمى المسافة المتغير التابع. وغالبًا ما يتم رسم المتغير المستقل على المحور الأفقي، ورسم المتغير التابع على المحور الرأسي.

استخدام الشكل 15–2

يجب أن يفهم الطلاب الطرائق المختلفة لتمثيل الحركة؛ لذا اطلب إليهم أن يتفحصوا طرائق التمثيل المبينة في الشكل 15–2، ويناقشوا كيف تعرض كل منها طريقة حركة الجسم. يعطي كل من الجدول والرسم البياني المعلومات نفسها تمامًا. أما نموذج الجسيم النقطي فيعطي معلومات أقل كثيرًا منهما. ولعلك تعود إلى إجراء تلك المقارنة ثانية في القسم 4–2، بعد أن يترسخ مفهوم السرعة المتجهة لدى الطلاب.

م 2

تطوير المفهوم

تمثيل الحركة يقع منزل أحد الطلاب ومدرسته على الشارع نفسه، وتفصل بينهما عشر مجمعات سكنية. بَعد أن سار الطالب مدة 1 min وصل إلى المجمع الأول، وبعد 2 min وصل إلى المجمع الثاني، وبعد 3 min وصل إلى المجمع الرابع، وبعد 4 min وصل المجمع السابع، وبعد 5 min وصل إلى المجمع التاسع، وأخيرًا بعد 6 min وصل إلى المدرسة. اطلب إلى الطلاب أن يمثلوا الحركة بثلاث طرائق مختلفة. قد يختار الطلاب عمل مخططات توضيحية للحركة، أو منحنيات (الموقع–الزمن)، أو جداول بيانات لتمثيل الحركة. م 2

استخدام النماذج

تمثيل (الموقع–الزمن) عند السكون جداول البيانات ومنحنيات (الموقع–الزمن) عبارة عن نماذج لوصف الحركة؛ لذا اطلب إلى الطلاب أن يمثلوا بواسطة هذين التمثيلين المتكافئتين حركة طائر مهاجر انطلق من السكون ويطير بسرعة 10 km/h لمدة 4 h ثم يستريح مدة ساعة، ثم يواصل طيرانه بالسرعة نفسها مرة أخرى لمدة 2 h، ثم يستريح مرة أخرى لمدة 1 h. وضح للطلاب أن المماس لمنحنى (الموقع–الزمن) يكون أفقيًّا عندما يكون الجسم ساكنًا.

a

الجدول 15–2

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

b

c

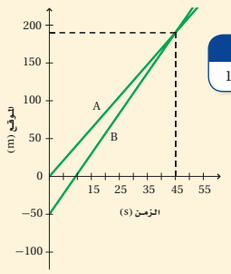
الشكل 15–2
a. جدول البيانات.
b. منحنى (الموقع - الزمن).
C. النموذج الجسيمي النقطي.
جميعها استخدمت لوصف حركة الجسم نفسه وتمثيلها.

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

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

مثـــال 2

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



دليل الرياضيات
الاستيفاء والاستقراء 143

1 تحليل المسألة ورسمها

- أعد صياغة السؤالين.

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

2 إيجاد الكمية المجهولة

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

نشاط **متقدم**

أنظمة الإحداثيات اطلب إلى الطلاب الرجوع إلى **الشكل 9–2** في الصفحة 36، واسألهم عن النظام الإحداثي المستخدم فيه. النظام الإحداثي يضع الشجرة على بُعد 5.7 m من نقطة البدء. اسأل الطلاب: ماذا يحدث لمواقع العدّاء وإزاحاته إذا تم تغيير النظام الإحداثي. سوف تتغير المواقع، لكن الإزاحات تبقى كما هي. م 3

مسائل تدريبية

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

14. ما الحدث الذي وقع عند اللحظة $t = 0.0\ s$؟

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

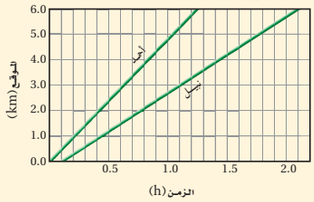
16. أين كان العدّاء B عندما كان العدّاء A عند النقطة $0.0\ m$؟

17. ما المسافة الفاصلة بين العدّاء A والعدّاء B في اللحظة $t = 20.0\ s$؟

18. خرج أحمد في نزهة مشيًا على الأقدام، وبعد وقت بدأ صديقه نبيل السير خلفه، وقد تم تمثيل حركتيهما بمنحنى (الموقع–الزمن) المبين في **الشكل 16–2**.

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

b. هل سيلحق نبيل بأحمد؟ فسر ذلك.



الشكل 16–2

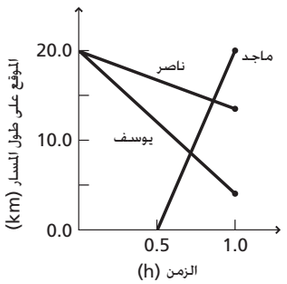
مسألة تحفيز

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

1. ارسم منحنيات (الموقع–الزمن) للأشخاص الثلاثة.
2. متى يصبح الأشخاص الثلاثة أقرب ما يمكن بعضهم إلى بعض؟
3. ما المسافة التي تفصل بينهم حينذاك؟

مسألة تحفيز

1.

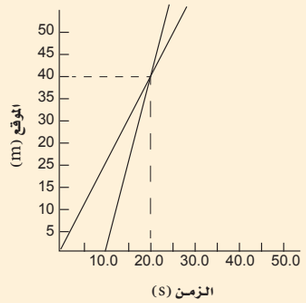


2. يصبح الثلاثة أقرب ما يمكن بعضهم إلى بعض عندما يمر ماجد ويوسف بالنقطة نفسها. وتزداد المسافة الفاصلة بين يوسف وناصر بشكل ثابت، وسيمر ماجد بيوسف قبل مروره بناصر. ويمر ماجد بناصر عند الساعة 12: 13 P.M

3. سيكون ناصر على مسافة $6.8\ km$ شمال موقع التقاء كلٍّ من ماجد ويوسف.

مثال صفي

سؤال عند أي لحظة يكون للعدّاءين الموقع نفسه؟



الجواب النقطة التي يتقاطع عندها الخطّان البيانيّان هي 40m، و20 s

مسائل تدريبية

14. مرَّ العدّاء A بنقطة الأصل.

15. العدّاء B

16. $-50.0\ m$ ،$t=0.0\ s$

17. $30\ m$ تقريبًا.

18. a. 6.0 min (0.1h)

b. لا، الخطان الممثلان لحركة كل من أحمد ونبيل يتباعدان كلما ازداد الزمن، وبذلك فإنهما لن يتقاطعا.

تعزيز الفهم

تجاوز الأجسام المتحركة اسأل الطلاب كيف يمكنك استخدام النظام الإحداثي نفسه لوصف حركة سيارتين مختلفتين A وB تسيران على الطريق نفسه. واسألهم: كيف يبدو الرسم البياني إذا تجاوزت السيارة A السيارة B، أو إذا تجاوزت السيارة B السيارة A. م1 **لغوي**

المناقشة

سؤال عند النظر إلى المثال 2، أي العداءين تقدم الآخر، العداء A أم B؟ ماذا تعني كلمة "تقدم"؟ إذا بدأ الخطان المائلان اللذان يصوران حركة العداءين A و B من النقاط نفسها، وتم تدويرهما إلى أسفل محور الزمن. فأيُّ العدّاءين يُعدُّ متقدمًا؟ وماذا تعني كلمة متقدم في هذه الحالة؟

الجواب في الحالة الأولى، بدأ العدّاء A متقدمًا على العدّاء .B انطلق العدّاء A من نقطة الأصل، بينما انطلق العدّاء B من خلف نقطة الأصل، وكانا كلاهما يركضان مبتعدين عن نقطة الأصل. أما الرسم البياني المعدل (بعد التدوير) فسيُظهر أن العدّاءين كانا يركضان بعيدًا عن نقطة الأصل في الاتجاه المعاكس للوضع الأول. و يبدو العدّاء B في هذه الحالة متقدمًا، لأنه انطلق من نقطة أمام العدّاء A وعلى بعد 50 m منه، بينما انطلق العدّاء A من نقطة الأصل.

م2 منطقي - رياضي

3. التقويم

التحقق من الفهم

الرسوم البيانية والمخططات التوضيحية للحركة قدم للطلاب رسمًا بيانيًّا لجسم يتحرك مبتعدًا عن نقطة الأصل بسرعة منتظمة، واطلب إليهم أن يرسموا مخططا توضيحيًّا للحركة ينسجم مع الرسم البياني. تأكد أنهم حددوا نظامهم الإحداثي، ونقطة انطلاق الجسم بشكل دقيق. سيكون المخطط التوضيحي للحركة سلسلة من النقاط التي تفصلها مسافات متساوية. ويجب أن يكتب على النقطة الأولى *نقطة الأصل*. م2 منطقي - رياضي

التوسع

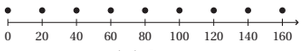
منحنيات (الموقع–الزمن) اطلب إلى الطلاب أن يستخدموا الشكل 18–2 ليعينوا موقع قرص الهوكي عند الثانية العاشرة (على اعتبار أن القرص بقي متحركًا بالطريقة نفسها). 200 m م1 منطقي - رياضي

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

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

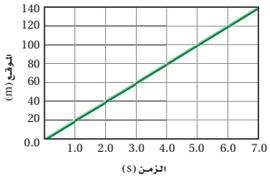
2–3 مراجعة

19. منحنى (الموقع-الزمن) يمثل النموذج الجسيمي النقطي في الشكل **17–2** طفلاً يزحف على أرضية غرفة. مثِّلْ حركته باستخدام منحنى (الموقع–الزمن)، علمًا بأن الفترة الزمنية بين كل نقطتين متتاليتين تساوي 1s.



الشكل 17–2

20. المخطط التوضيحي للحركة يبين الشكل **18–2** منحنى (الموقع–الزمن) لحركة قرص مطاطي ينزلق على بركة متجمدة في لعبة الهوكي. استخدم الرسم البياني في هذا الشكل لرسم النموذج الجسيمي النقطي لحركة القرص.



الشكل 18–2

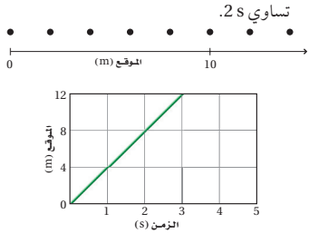
ارجع إلى الشكل 18–2 عند حل المسائل 23–21.

21. الزمن متى كان القرص على بُعد 10.0 m عن نقطة الأصل؟

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

23. الفترة الزمنية حدد الزمن الذي استغرقه قرص الهوكي ليتحرك من موقع يبعد 40 m عن نقطة الأصل إلى موقع يبعد 80 m عنها.

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



الشكل 19–2

الفيزياء عبر المواقع الإلكترونية لمزيد من الاختبارات القصيرة ارجع إلى الموقع الإلكتروني www.obeikaneducation.com

2–3 مراجعة

19. انظر دليل حلول المسائل.

20. انظر دليل حلول المسائل.

21. 0.5 s

22. 100 m

23. 2.0 s

24. لا، إنهما لا يصفان الحركة نفسها، فعلى الرغم من أن الجسمين يسيران في الاتجاه الموجب، إلا أن أحدهما يسير أسرع من الآخر. شجع الطلاب على إثبات أن الرسم البياني والنموذج الجسيمي النقطي لا يمثلان الحركة نفسها بعدة أمثلة.

2-4 السرعة المتجهة

1. التركيز

نشاط

السرعة اطلب إلى أحد الطلاب أن يمشي عبر الغرفة مرتين؛ الأولى ببطء، والثانية بسرعة أكبر. ثم اسأل الطلاب الآخرين عما إذا قام الطالب الأول بما طُلب إليه. واسألهم: كيف عرفوا ذلك؟ وما الدليل الذي استخدموه لاتخاذ قراراتهم؟ اطلب إلى الطلاب كتابة قائمة بالكميات الفيزيائية التي يحتاجون إلى معرفتها حتى يحددوا سرعة حركة جسم. الكميات الفيزيائية هي: الموقع الابتدائي والموقع النهائي والزمن الذي استغرقه الطالب في الحركة من الموقع الابتدائي إلى الموقع النهائي.

م 1 بصريّ - مكاني

الربط مع المعرفة السابقة

السرعة الطلاب على علم بمفهوم السرعة؛ إلا أنهم قد لا يعرفون الفرق بين السرعة القياسية والسرعة المتجهة، وقد يستخدمون المصطلحين للتعبير عن الشيء نفسه. إذا استخدم الطلاب مصطلح السرعة المتجهة في النقاش قبل أن تكون مستعدًّا لعرضه وتطويره، فاسألهم ما الذي يقصدونه بهذا المصطلح.

2. التدريس

تطوير المفاهيم

عرض للسرعة المتجهة المتوسطة يمكن عرض مثال العدّاءين في الصف باستخدام نموذجي لعبتين تتحركان بسرعتين منتظمتين ومختلفتين. وهذا يمكن تقديمه كعرض تفاعلي، أو كنشاط تقوم به مجموعة صغيرة. ومن الممكن كذلك أن يقوم الطلاب مباشرة بأخذ بيانات وحساب سرعة اللعبتين. م 1 حسي - حركي

2–4 السرعة المتجهة Velocity

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

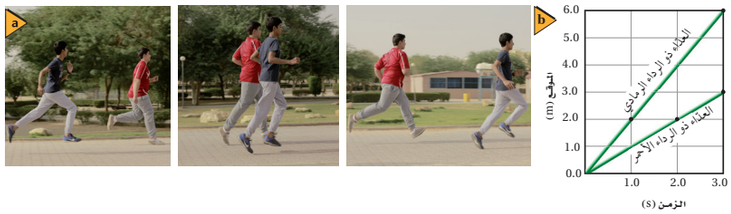
الأهداف
- **تعرف** السرعة المتجهة.
- **تقارن** بين مفهومي السرعة والسرعة المتجهة.
- **تصمم** تمثيلات تصويرية وفيزيائية ورياضية لمسائل الحركة.

المفردات
السرعة المتجهة المتوسطة
السرعة المتوسطة
السرعة المتجهة اللحظية

السرعة المتجهة Velocity

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

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



الشكل 20–2
a. إزاحة العدّاء ذي الرداء الرمادي أكبر من إزاحة العدّاء ذي الرداء الأحمر خلال الفترات الزمنية الثلاث؛ لأن الأول يتحرك أسرع من الثاني.
b. يمثل منحنى (الموقع–الزمن) حركة كل من العدّاءين، والنقاط المستخدمة لحساب ميل كل خط.

2–4 إدارة المصادر

الملف الخاص بمصادر الفصول 4 –1
ورقة عمل التجربة ص 38
ورقة عمل مختبر الفيزياء ص 39
دليل مراجعة الفصل، ص 49–44
اختبار قصير 4 –2 ، ص 53

تعزيز الفهم، ص 54
الإثراء، ص 55
شريحة التدريس 4–2 ص 63
ربط الرياضيّات مع الفيزياء
دليل التجارب العمليّة، ص 19

عرض سريع

أين يحدث التصادم؟

الزمن المقدر 10–15 دقيقة

المواد والأدوات سيارتان لعبة تتحركان ببطء، ومساطر مترية، وساعة إيقاف أو ساعة حائط لها مؤشر ثوانٍ.

الخطوات اطلب إلى الطلاب تحديد سرعة كلٍّ من السيارتين اللعبة باستخدام المسطرة المترية وساعة الإيقاف، واطلب إليهم كتابة النتائج على السبورة.

ضع سيارتين لعبة إحداهما مقابل الأخرى، واطلب إلى الطلاب أن يتوقعوا مكان تصادمهما. قم بإجراء العرض لترى ما إذا كانت التوقعات صحيحة. ووضح للطلاب أنه إذا كانت سرعتا السيارتين متساويتين فإنهما ستتصادمان عند منتصف المسافة بينهما، بينما إذا كانت إحداهما أسرع فإن نقطة تصادمهما ستكون عند نقطة أقرب إلى موقع السيارة الأبطأ.

التفكير الناقد

التفسير اسأل الطلاب هل يمكن الحصول على رسم بياني صحيح (للموقع–الزمن) على شكل خط رأسي؟ لا، لأن هذا يعني أن الجسم، يمكن أن يكون في أكثر من مكان في الوقت نفسه، أو أن سرعته المتجهة لا نهائية. م 3

دلالة اللون

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

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

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

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

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

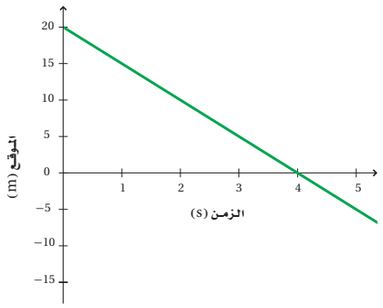
السرعة المتجهة المتوسطة $\bar{v} = \frac{\Delta d}{\Delta t} = \frac{d_f - d_i}{t_f - t_i}$

تُعرف السرعة المتجهة المتوسطة بأنها التغير في الموقع مقسومًا على مقدار الفترة الزمنية التي حدث خلالها هذا التغير.

نشاط

مساعدة الطلاب ذوي صعوبات التعلّم

وحدات القياس في كثير من الأحيان يجد الطلاب صعوبة في تفسير الوحدة m/s وخاصة في فهم فكرة أن سرعة الجسم تخبرك بعدد الأمتار التي يقطعها خلال ثانية واحدة. لتوضيح هذه الفكرة اطلب إلى الطلاب أن يعتبروا سيارة تنطلق من نقطة الأصل، وتتحرك بسرعة 20 m/s، واسألهم: أين تكون السيارة بعد 1 s، 2 s، 3 s وهكذا؟ ثم اسألهم: ما المسافة التي تحركتها السيارة خلال الثانية الأولى، والثانية.... ساعد الطلاب على استخدام هذه المعلومات لتفسير السرعة بشكل صحيح. م 1 **منطقي - رياضي**



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

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

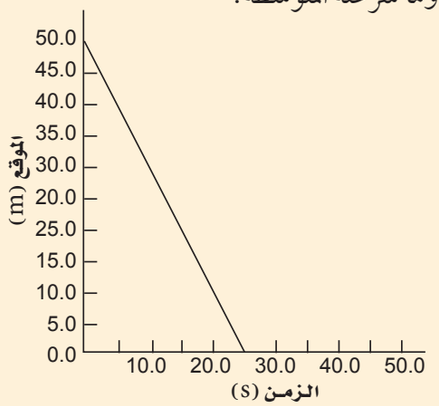
تجربة عملية
ما موقع العربة؟
ارجع إلى دليل التجارب العملية

السرعة المتوسطة تعبّر القيمة المطلقة لميل الخط البياني لمنحنى (الموقع–الزمن) عن **السرعة المتوسطة** للجسم؛ أي مقدار سرعة حركة الجسم، و يرمز لها بالرمز v. أما السرعة المتجهة المتوسطة $\overline{v}$ فتعبر عن كل من قيمة السرعة المتوسطة للجسم والاتجاه الذي يتحرك فيه، وهي في المثال الموضح في **الشكل 12–2** 5.0 m/s (في الاتجاه السالب)، أو 5.0 m/s−، وتكون سرعته المتوسطة 5.0 m/s. تذكّر أنه إذا تحرك جسم في الاتجاه السالب فإن إزاحته تكون سالبة، وهذا يعني أن سرعة الجسم المتجهة دائمًا لها إشارة إزاحة الجسم نفسها.

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

مثال صفي

سؤال ما السرعة المتجهة المتوسطة للجسم المعبَّر عن حركته في الرسم البياني الموضح أدناه وما سرعته المتوسطة؟



الجواب

$$\overline{v} = \frac{0.0\ \text{m} - 50.0\ \text{m}}{25.0\ \text{s} - 0.0\ \text{s}}$$

$$= -2.0\ \text{m/s}$$

$\overline{v} = 2.0\ \text{m/s}$ السرعة المتوسطة

نشاط

مشروع فيزياء

الحركة في خط مستقيم رافق طلابك في جولة حول المدرسة واطلب إليهم تسجيل أمثلة عن أجسام مختلفة تتحرك خلال جولتهم. ثلاثة منها يمكن وصف حركتها باستخدام الفيزياء الواردة في هذا الفصل، وينبغي كذلك تسجيل ثلاث حركات أخرى لا يستطيعون وصفها بشكل صحيح. ويجب أن يوضح الطلاب لماذا لا يستطيعون تطبيق نماذج الحركة التي درسوها على هذه الأجسام. فعلى سبيل المثال: تتوافق حركة كرة تتدحرج على أرض أفقية مع نماذج الحركة في هذا الفصل. بينما لا تتوافق معها حركة كرة تقفز مرتدة في أثناء نزولها الدرج. م 2 حسي - حركي

مسائل تدريبية

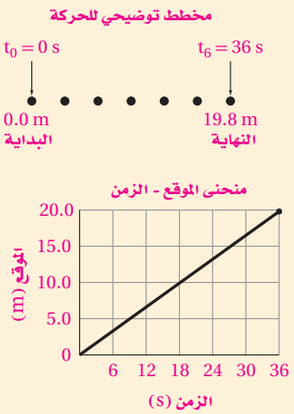
25. a. 0.33 m/s

b. 0.33 m/s– أو 0.33 m /s نحو الشمال.

26. تتحرك السفينة في اتجاه الشمال بسرعة مقدارها 0.33 m/s.

27. بما أن الدّراجة تتحرك في الاتجاه الموجب، فإن السرعة المتوسطة والسرعة المتجهة المتوسطة هي نفسها، وقيمة كل منهما 0.67 km/min. تسير الدراجة في الاتجاه الموجب بسرعة متوسطة تساوي 0.67 km/min. إلا أنه لايطلب تحديد اتجاه السرعة على عكس السرعة المتجهة التي يُطلب تحديد الاتجاه فنقول بالاتجاه الموجب.

28.

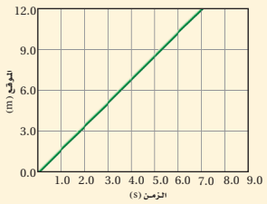


المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

العبور وضح الفرق بين السرعة المتجهة اللحظية والسرعة المتجهة المتوسطة. اسأل الطلاب كيف يعرفون السرعة التي يسيرون بها عندما يكونون داخل سيارة متحركة. يشير عدّاد السرعة إلى السرعة المتجهة اللحظية. اسألهم أيضًا ما السرعة المتوسطة لسيارة إذا كانت تسير ثم تقف لتسير ثانية وهكذا دواليك، حتى قطعت 8 km في ساعتين؟ 4 km/h.

مثـــال 3

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



1 تحليل المسألة ورسمها

- تفحص النظام الإحداثي للرسم البياني.

المجهول

$\bar{v} = ?$ $\bar{v} = ?$

2 إيجاد الكمية المجهولة

أوجد السرعة المتجهة المتوسطة باستخدام نقطتين على الخط البياني.

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

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

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

بالتعويض $d_2 = 12.0$ m ،$d_1 = 6.0$ m ،$t_2 = 7.0$ s ،$t_1 = 3.5$ s

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

3 تقويم الجواب

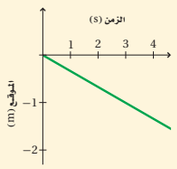
- **هل الوحدات صحيحة؟** نعم؛ فالوحدة m /s هي وحدة قياس كل من السرعة المتجهة والسرعة.
- **هل للإشارات معنى؟** نعم. الإشارة الموجبة للسرعة المتجهة المتوسطة تتفق مع النظام الإحداثي. ولا يحدد اتجاه للسرعة المتوسطة.

مسائل تدريبية

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

a. ما السرعة المتوسطة للسفينة؟

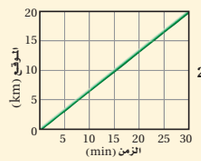
b. ما السرعة المتجهة المتوسطة للسفينة؟



الشكل 22–2

26. صف بالكلمات حركة السفينة في المسألة السابقة.

27. يمثل الرسم البياني في **الشكل 23–2** حركة دراجة هوائية. احسب كلًّا من السرعة المتوسطة والسرعة المتجهة المتوسطة للدراجة، ثم صف حركتها بالكلمات.



الشكل 23–2

28. انطلقت دراجة بسرعة ثابتة مقدارها 0.55 m/s. ارسم مخططًا توضيحيًّا للحركة ومنحنًى بيانيًّا للموقع–الزمن، تبين فيها حركة الدراجة لمسافة 19.8 m.

السرعة المتجهة اللحظية Instantaneous Velocity

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

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

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

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

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

تجربة

متجهات السرعة اللحظية

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

التحليل والاستنتاج

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

تجربة

متجهات السرعة اللحظية

الهدف يلاحظ الطلاب حركة جسم ما ويصفونها.

المواد والأدوات خيط طوله 1 m، وكتل مزودة بخطّاف (100 g، أو 200 g).

النتائج المتوقعة على الطلاب أن يمثلوا الحركة بمتجهات ذات أطوال مختلفة.

التحليل والاستنتاج

7. عند أخفض نقطة في مسار الاهتزاز.
8. عند قمة المسار وتساوي صفرًا.
9. مقدار السرعة المتوسطة يساوي مقدار أي من متجهي السرعة في منتصف المسافة بين أعلى وأخفض نقطة. ربما يقترح الطلاب جمع مقداري أكبر وأقل سرعة وقسمة المجموع على 2.

نشاط **متقدم**

السباقات اطلب إلى الطلاب أن يبحثوا عن سرعة عدة أنواع من الحيوانات المتباينة في الحجم (ستعطى هذه السرعات بوحدات مختلفة)، واطلب إليهم أن يتوقعوا ترتيب الحيوانات في إنهاء سباق 100 m بينها. ويمكنك أن تطلب إليهم استنتاج الزمن الذي استغرقه كل حيوان في السباق. وبعدئذ اطلب إليهم أن يمثلوا بصريًّا، ويفسّروا رياضيًّا، كيف توصلوا إلى إجاباتهم؟ م 3 **منطقي - رياضي**

مصادر الفصول 4–1

شريحة التدريس 4–2

الموقع الإلكتروني www.obeikaneducation.com.sa

نشاط

السرعة المتجهة اللحظية ضع كرة عند قمة مستوى مائل طويل واتركها. ثم اسأل الطلاب أن يصفوا السرعة المتجهة اللحظية للكرة عند نقطة ما في أثناء تدحرجها من قمة المستوى المائل. ووضح لهم أن السرعة المتجهة عند القمة تكون صفرًا، وتتزايد باستمرار نزول الكرة إلى أسفل المستوى المائل حيث تبلغ قيمتها العظمى. اطلب إلى الطلاب أن يستعينوا بمسطرة وساعة إيقاف أو ساعة حائط لتحديد السرعة المتجهة المتوسطة للكرة في أثناء نزولها من قمة المستوى المائل إلى نهايته. م1 **بصري - مكاني**

تعزيز الفهم

الموقع اطلب إلى الطلاب أن يتوزعوا في مجموعات ثنائية، واطلب إلى كل طالب أن يشرح لزميله في المجموعة الطرائق الأربع لتمثيل حركة جسم يتحرك بسرعة متوسطة ثابتة (يشرح كل طالب طريقتين). وفي حال عدم فهم أحد الطلاب الطريقة المشروحة، يُطلب إليه أن يطرح أسئلة. م1 **متفاعل**

الرياضيات في الفيزياء

الجدول 2–2

مقارنة الخطوط المستقيمة مع منحنيات الموقع-الزمن

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

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

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

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

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

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

معادلة الحركة بدلالة السرعة المتجهة المتوسطة $\boldsymbol{d} = \overline{v}t + \boldsymbol{d}_i$

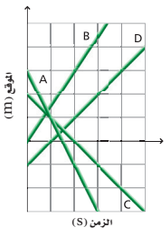
موقع الجسم المتحرك يساوي حاصل ضرب السرعة المتجهة المتوسطة في الزمن مضافًا إليه قيمة الموقع الابتدائي للجسم.

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

2–4 مراجعة

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

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



الشكل 24–2

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

31. الموقع الابتدائي رتِّب الخطوط البيانية بحسب الموقع الابتدائي للجسم (بدءًا بأكبر قيمة موجبة وانتهاء بأكبر قيمة سالبة). هل سيكون ترتيبك مختلفًا إذا طلب إليك أن ترتبها بحسب المسافة الابتدائية للجسم من نقطة الأصل؟

32. السرعة المتوسطة والسرعة المتجهة المتوسطة وضّح العلاقة بين السرعة المتوسطة والسرعة المتجهة المتوسطة.

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

الفيزياء عبر المواقع الإلكترونية لمزيد من الاختبارات القصيرة ارجع إلى الموقع الإلكتروني www.obeikaneducation.com

3. التقويم

التحقق من الفهم

السرعة المتوسطة والسرعة المتجهة المتوسطة

اسأل الطلاب: لعلك ذهبت إلى المتجر الذي يبعد عن منزلك 0.5 km، ثم استدرت فورًا عائدًا منه إلى منزلك، واستغرقت رحلتك ذهابًا وإيابًا 20 min، كم كانت كل من سرعتك المتجهة المتوسطة، وسرعتك المتوسطة؟

السرعة المتجهة المتوسطة = صفر

السرعة المتوسطة = 3 km/h م2

التوسع

السرعة المتجهة الثابتة وزّع الطلاب في مجموعات صغيرة، واطلب إلى كل مجموعة أن تصمم تجربة سريعة يمكن من خلالها تحديد ما إذا كان شخص ما يسير بسرعة متجهة ثابتة أم لا. اجمع التصاميم التجريبية، ثم قدّم بعض المقترحات الأكثر شيوعًا في بداية الحصة التالية حتى يقوّمها الطلاب ويختبروها. م3 **متفاعل**

2–4 مراجعة

29. C,B,A=D

30. B, D, C, A

31. A, C, B, D

نعم، سيكون الترتيب من الأكبر مسافة إلى الأصغر مسافة A, C, D, B.

32. السرعة المتوسطة هي القيمة المطلقة (العددية) للسرعة المتجهة المتوسطة.

33. ستختلف الإجابات. يساعدك رسم النماذج قبل كتابة المعادلة على تصور المسألة بوضوح. فمن الصعب كتابة المعادلة المناسبة إذا لم يكن لديك تصور واضح عن وضع الأشياء أو حركتها. من جهة أخرى يساعدك رسم النماذج على اختيار النظام الإحداثي المناسب، وهذا أساسي للتأكد من أنك تستخدم الإشارات الصحيحة في تمثيل الكميات التي ستعوض قيمها في المعادلة لاحقًا.

مختبر الفيزياء

الزمن المقدر حصة مختبر واحدة.

المهارات العملية الوصف، والقياس باستخدام النظام الدولي للوحدات SI، وجمع البيانات وتنظيمها، وإدراك العلاقات المكانية، ووضع الفرضيات، وعرض النتائج.

المواد البديلة يمكن استخدام أنواع مختلفة من لعب السيارات التي تعمل بانضغاط النابض، كما يمكن استخدام مشهد فيديو لطالب يمشي وآخر يركض. سجل موقع السيارة باستعمال التعلم القائم على الحاسوب CBL (استخدام فترات زمنية طولها 0.1 s)، أوبالعين المجردة باستخدام ساعة إيقاف بفترات زمنية 1s.

استراتيجيات التدريس

- **ربما ترغب في استخدام قلم جهاز عرض الشفافيات لتتبع موقع السيارة كل 0.1 s على شفافية توضع على شاشة التلفاز في أثناء تشغيل الفيديو، ويمكن القيام بهذا كعرض للصف أو في أثناء تقديم خلاصة التجربة.**
- **تعدُّ هذه التجربة فرصة كبيرة لمراجعة مفهوم كل من الدقة والأرقام المعنوية. وبسبب عدم وضوح حركة السيارة فمن العملي قياس موقعها إلى أقرب سنتيمتر، وهذا أجدى من القياس إلى أقرب ملمتر أو إلى أقرب واحد من عشرة من الملمتر (0.1 mm).**

عينة بيانات

الزمن (s)	السيارة (1) الموضع (cm)	السيارة (2) الموضع (cm)
0.0	11	16
0.1	13	19
0.2	14	23
0.3	16	26
0.4	18	30
0.5	19	34

مختبر الفيزياء

عمل رسوم توضيحية للحركة

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

سؤال التجربة

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

الأهداف

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

احتياطات السلامة

المواد والأدوات

كاميرا فيديو

سيارتان لعبة تعملان بانضغاط النابض

مسطرة مترية

لوح كرتوني

الخطوات

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

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

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

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

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

التحليل

1. ارسم مخططًا توضيحيًّا لحركة السيارة البطيئة مستخدمًا البيانات التي جمعتها.
2. ارسم مخططًا توضيحيًّا لحركة السيارة السريعة مستخدمًا البيانات التي جمعتها.
3. استخدم البيانات التي حصلت عليها لرسم مخطط توضيحي لحركة السيارة البطيئة في أثناء نزولها المستوى المائل.

الاستنتاج والتطبيق

كيف يختلف المخطط التوضيحي لحركة السيارة السريعة عنه لحركة السيارة البطيئة؟

التوسع في البحث

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

الفيزياء في الحياة

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

تجربة استقصاء بديلة

لتحويل هذه التجربة إلى تجربة استقصائية كلف الطلاب أن يراقبوا أجسامًا متحركة يختارونها بأنفسهم، وأن يقيسوا حركة كل منها. واسمح لهم – إذا كان هذا ممكنًا – باستكشاف المدرسة ومحيطها القريب. واطلب إليهم أن يصفوا مشاهداتهم بالتفصيل ويرسموا مخططًا لحركة كل جسم.

التحليل

1. →→→→→→
2. →→→→→→
3. →→→→→→

الاستنتاج والتطبيق

الأسهم التي تمثل حركة السيارة السريعة تكون أطول من تلك التي تمثل حركة السيارة البطيئة.

التوسّع في البحث

1. →→→→→→
2. في المخطط التوضيحي لحركة سيارة تتحرك بسرعة منتظمة، تكون المسافات بين النقاط متساوية (أسهم متساوية الطول).
3. →→→→→→
4. في مخطط حركة سيارة تتباطأ، تصبح المسافات بين النقاط أقصر فأقصر في أثناء تباطؤ السيارة، أي أن النقاط تصبح أكثر تقاربًا.
5. →→→→→→
6. في مخطط حركة سيارة تتزايد سرعتها، تزداد المسافات بين النقاط كلما زادت السرعة أكثر، أي أن النقاط تصبح أكثر تباعدًا.

الفيزياء في الحياة

عند الضغط على الفرامل فإن السرعة تبدأ في التناقص والمسافات التي تقطعها السيارة في فترات زمنية متساوية ستتناقص. وبما أن الفرامل تضغط وتفصل بشكل متقطع فإن آثار العجلات على إسفلت الطريق ستبدو أقصر فأقصر، باستمرار ضغط السائق على المكابح، كما هو موضح في الشكل أدناه.

الخلفية النظرية

الثانية هي الوحدة الأساسية لقياس الزمن، فمدة كل من الدقائق والساعات والأيام والشهور والسنوات وحتى القرون تعتمد في أساسها على الفترة الزمنية المقيسة بالثانية. و اليوم أصبح من الممكن قياس الفترات الزمنية التي تقل عن ثانية (من واحد من العشرة وحتى واحد من المليار من الثانية)؛ لذا فمن الأهمية الاتفاق على قيمة معيارية للفترة الزمنية التي طولها ثانية واحدة. يعد المختبر الوطني للقياس والمعايرة التابع للهيئة العربية السعودية للمواصفات والمقاييس مرجعًا في معايرة الأوزان والقياسات، وفحص الموازين المستخدمة في مجال الأطعمة، وأجهزة تحديد نقاوة الذهب ووزنه، وقياسات الطاقة الكهربائية، وغيرها من الاستخدامات في حياتنا اليومية. ويتميز المختبر بأعلى مستويات الدقة المطابقة للمعايير العالمية، وتغطي خدماته الجهات الحكومية والخاصة بالمملكة كافة، ودول مجلس التعاون الخليجي.

استراتيجيات التدريس

- ناقش الطلاب في التقنيات التي تعمل وفقها مختلف أنواع الساعات. ومزايا ومساوئ كل منها.
- اطلب إلى الطلاب أن يجروا بحثًا إضافيًّا حول تقنيات ضبط الوقت، منذ العصور القديمة وحتى عصرنا الحالي. سيكسبهم هذا معلومات عامة و فهما علميًّا أكثر عمقًا.

المناقشة

طبيعة خفية إن تعريف الزمن ومعايرته أكثر صعوبة من تعريف ومعايرة مقادير مثل الطول، والكتلة، ودرجة الحرارة. اسأل الطلاب الأسئلة التالية: هل يمكن أن نستشعر (نكتشف) الزمن من خلال حواسنا؟ لا، فنحن نتعرف الزمن من خلال تأثيراته فقط.
هناك أحداث مختلفة جرت في الزمن الماضي وستحدث في المستقبل، فلماذا لا نشعر أنها حقيقية كتلك التي تجري في الوقت الحاضر (الآن)؟ وذلك لأن الأحداث الحالية تقع أمامنا وضمن خبراتنا الآنية.

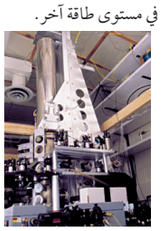
الإثراء العلمي

الدقة في قياس الزمن
Accurate Time

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

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

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



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

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

التوسع

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

فيم تختلف الساعة عن المسطرة المترية أو مقياس الوزن؟ يتم عرض القراءات في الساعة نتيجة حركة داخلية مستمرة فيها ناتجة عن حركة إلكترونية أو كهربائية أو ميكانيكية. بينما لا يشترط الحركة في المسطرة أو لا تكون الحركة مستمرة في مقياس الوزن مثلًا.

التوسع

1. تحتاج أنظمة الاتصال الفائقة السرعة إلى قياس دقيق للزمن من أجل تحقيق التزامن، كما في مغذيات التلفاز، وحسابات التحويلات البنكية، ونقل الرسائل الإلكترونية. وتضبط شبكات أنظمة الطاقة بزمن دقيق لتقليل ضياع الطاقة.
2. تُعد قياسات الزمن الدقيقة شيئًا أساسيًّا للحفاظ على الملاحة الفضائية المضبوطة. وتعتمد الرحلات الفضائية بين الكواكب على القياسات المضبوطة للزمن، وأي تساهل في دقة تحديد زمن طيرانها مهما كان يسيرًا ، يمكن أن يؤثر في موقع السفينة الفضائية بشكل كبير جدًّا.

المفاهيم الرئيسة

يمكـن أن يسـتخدم الطلاب العبـارات التلخيصية لمراجعة المفاهيم الرئيسة في الفصل.

قم بزيارة الموقع الإلكتروني التالي:
www.obeikaneducation.com

الفصل 2
دليل مراجعة الفصل

2–1 تصوير الحركة Picturing Motion

المفردات
- مخطط الحركة
- نموذج الجسيم النقطي

المفاهيم الرئيسة
- يبين المخطط التوضيحي للحركة موقع جسم خلال أزمنة متعاقبة.
- يستخدم في نموذج الجسيم النقطي مجموعة من النقاط المفردة المتتالية بدلًا من الجسم في المخطط التوضيحي للحركة.

2–2 الموقع والزمن Position and Time

المفردات
- النظام الإحداثي
- نقطة الأصل
- الموقع
- المسافة
- الكميات المتجهة
- الكميات العددية
- المحصلة
- الفترة الزمنية
- الإزاحة

المفاهيم الرئيسة
- النظام الإحداثي نظام يستخدم لوصف الحركة، بحيث يحدد لك موقع نقطة الأصل للمتغير الذي تدرسه، والاتجاه الذي تتزايد فيه قيم المتغير.
- نقطة الأصل هي النقطة التي تكون عندها قيمة كل من المتغيرين صفرًا.
- الموقع هو المسافة الفاصلة بين الجسم ونقطة الأصل، ويمكن أن تكون موجبة أو سالبة.
- المسافة كمية عددية تصف بُعد الجسم عن نقطة الأصل.
- الكميات المتجهة كميات فيزيائية لها مقدار واتجاه وفقًا لنقطة الإسناد.
- الكميات العددية كميات فيزيائية لها مقدار فقط.
- المحصلة متجه ناتج عن جمع متجهين أو أكثر، وهو يشير دائمًا من ذيل المتجه الأول إلى رأس المتجه الآخر.
- الفترة الزمنية هي فرق بين زمنين. $\Delta t = t_f - t_i$
- الإزاحة كمية فيزيائية متجهة تمثل مقدار تغير موقع الجسم في اتجاه معين. $\Delta \boldsymbol{d} = \boldsymbol{d}_f - \boldsymbol{d}_i$

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

المفردات
- منحنى (الموقع–الزمن)
- الموقع اللحظي

المفاهيم الرئيسة
- تستخدم منحنيات الموقع–الزمن لإيجاد السرعة المتجهة وموقع الجسم، ومعرفة أين ومتى يتقابل جسمان.
- الموقع اللحظي هو موقع الجسم عند لحظة زمنية معينة.

2–4 السرعة المتجهة Velocity

المفردات
- السرعة المتجهة المتوسطة
- السرعة المتوسطة
- السرعة المتجهة اللحظية

المفاهيم الرئيسة
- ميل الخط البياني لمنحنى (الموقع–الزمن) لجسم هو السرعة المتجهة المتوسطة لحركة الجسم. وهي تعبِّر عن مقدار السرعة التي يتحرك بها الجسم واتجاهها. $\overline{\boldsymbol{v}} = \frac{\Delta \boldsymbol{d}}{\Delta t} = \frac{\boldsymbol{d}_f - \boldsymbol{d}_i}{t_f - t_i}$
- السرعة المتوسطة هي القيمة المطلقة للسرعة المتجهة المتوسطة.
- رمز الموقع الابتدائي للجسم $\boldsymbol{d}_i$، وسرعته المتجهة المتوسطة الثابتة $\overline{\boldsymbol{v}}$، وإزاحته $\boldsymbol{d}$، والزمن t، وترتبط معًا بالمعادلة: $\boldsymbol{d} = \overline{\boldsymbol{v}}t + \boldsymbol{d}_i$
- السرعة المتجهة اللحظية هي مقدار سرعة الجسم واتجاه حركته عند لحظة معينة.

الفيزياء عبر المواقع الإلكترونية لمزيد من الاختبارات القصيرة ارجع إلى الموقع الإلكتروني www.obeikaneducation.com

خريطة المفاهيم

34. انظر الصفحة المقابلة من كتاب الطالب والمتضمنة في هذا الدليل.

إتقان المفاهيم

35. يعطي المخطط التوضيحي للحركة صورة عن الحركة تساعدك على تصور كل من الإزاحة والسرعة المتجهة.

36. يمكن معاملة الجسم بوصفه جُسيمًا نقطيًّا إذا كانت حركته الداخلية غير مهمة ، وإذا كان الجسم صغيرًا مقارنة بالمسافة التي يتحركها.

37. يختلف مفهوم كل من الموقع والإزاحة عن مفهوم المسافة لأن كليهما يتضمن معلومات عن الاتجاه الذي يتحرك فيه الجسم، بينما لا تتضمن المسافة الاتجاه. وتختلف كل من المسافة والإزاحة عن الموقع لأنهما يصفان تغير موقع الجسم خلال فترة زمنية محددة، بينما يخبرك الموقع فقط عن موضع الجسم عند زمن محدد.

38. عيّن قراءة الساعة عند بداية الفترة ونهايتها، واطرح مقدار وقت البداية من وقت النهاية.

39. ارسم المنحنيين على مجموعة المحاور نفسها. فإذا تقاطع المنحنيان الممثلان لحركتهما فهذا يعني أن أحدهما سيتجاوز الآخر. وتعطي إحداثيات نقطة تقاطع الخطين موقع التجاوز.

40. كلاهما خط مستقيم يبدأ من الموقع نفسه، ولكن ميل الخط الممثل لحركة العدّاء سيكون أكبر (أكثر انحدارًا).

41. السرعة المتجهة.

42. من الممكن حساب السرعة المتجهة المتوسطة من المعلومات المعطاة، لوجود نقطتين على مسار الحركة، فبقسمة التغير في الإزاحة على الفترة الزمنية يتم حساب السرعة المتجهة المتوسطة. ولكن ليس بالإمكان إيجاد السرعة المتجهة اللحظية.

تطبيق المفاهيم

43. a. بدأ العداء A السباق متقدمًا على العداء B بمقدار 4 وحدات.

b. العدّاء B هو الأسرع لأن ميل خطه البياني أكبر من ميل الخط البياني للعداء A.

c. يتجاوز العدّاء B العدّاء A عند النقطة p.

44. جمال، فواز، أحمد، أنور.

45. a. الفرق الوحيد هو أن ميل المنحنى (الخط المستقيم) سيصبح أكبر بمقدار الضعفين.

b. سيبقى مقدار الميل كما هو، ولكنه سيكون سالبًا.

الفصل 2
التقويم

خريطة المفاهيم

34. أكمل خريطة المفاهيم أدناه باستخدام المصطلحات التالية: الكلمات، التمثيلات المتكافئة، منحنى (الموقع–الزمن).

إتقان المفاهيم

35. ما الهدف من رسم المخطط التوضيحي للحركة؟ (2-1)

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

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

38. كيف يمكنك استخدام ساعة حائط لتعيين فترة زمنية؟ (2-2)

39. خط التزلج وضح كيف يمكنك أن تستخدم منحنى (الموقع–الزمن) لمتزلجين على مسار التزلج؛ لتحديد ما إذا كان أحدهما سيتجاوز الآخر، ومتى؟ (2-3)

40. المشي والركض إذا غادر منزلكم شخصان في الوقت نفسه؛ أحدهما يعدو والآخر يمشي، وتحركا في الاتجاه نفسه بسرعتين متجهتين منتظمين، فصف منحنى (الموقع–الزمن) لكل منهما. (2-4)

41. ماذا يمثل ميل الخط البياني لمنحنى (الموقع–الزمن)؟ (2-4)

42. إذا علمت موقع جسم متحرك عند نقطتين في مسار حركته، وكذلك الزمن الذي استغرقه الجسم للوصول من النقطة الأولى إلى الأخرى، فهل يمكنك تعيين سرعته المتجهة اللحظية، وسرعته المتجهة المتوسطة؟ فسر ذلك. (2-4)

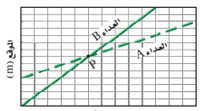
تطبيق المفاهيم

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

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

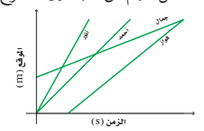
b. أي العدّاءين أسرع؟

c. ماذا يحدث عند النقطة P وما بَعدها؟



الشكل 25–2

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

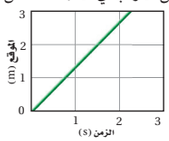


الشكل 26–2

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

a. ركض الأرنب بضعف سرعته.

b. ركض الأرنب في الاتجاه المعاكس.



الشكل 27–2

تقويم الفصل 2

إتقان حل المسائل

46. تحركت دراجة هوائية بسرعة ثابتة مقدارها 4.0 m/s مدة 5.0 s. ما المسافة التي قطعتها خلال هذه المدة؟

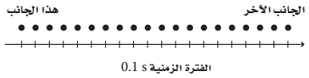
47. **علم الفلك** يصل الضوء من الشمس إلى الأرض في 8.3 min. إذا كانت سرعة الضوء 3.00×10^{8} m/s فما بُعد الأرض عن الشمس؟

48. تتحرك سيارة في شارع بسرعة 55 km/h، وفجأة ركض أمامها طفل ليعبر الشارع. إذا استغرق سائق السيارة 0.75 s ليستجيب ويضغط على الفرامل فما المسافة التي تحركتها السيارة قبل أن تبدأ في التباطؤ؟

49. **قيادة السيارة** إذا قاد والدك سيارته بسرعة 90.0 km/h، بينما قاد صديقه سيارته بسرعة 95 km/h، فسبق والدَك في الوصول إلى نهاية الرحلة. فما الزمن الذي سينتظره صديق والدك في نهاية الرحلة التي يبلغ طولها 50 km ؟

مراجعة عامة

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



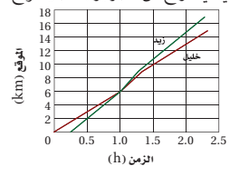
الشكل 28–2

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

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

b. ما الزمن الذي يستغرقه زيد في التجديف قبل أن يتجاوز خليلًا؟

c. في أي موقع من النهر يوجد تيار سريع؟



الشكل 29–2

52. غادرت السيارتان A و B المدرسة عندما كانت قراءة ساعة الإيقاف صفرًا، وكانت السيارة A تتحرك بسرعة منتظمة 75 km/h، والسيارة B تتحرك بسرعة منتظمة 85 km/h.

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

b. إذا مرت كلتا السيارتين بمحطة وقود تبعد 120 km عن المدرسة، فمتى مرَّت كل منهما بالمحطة؟ حدد ذلك على الرسم.

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

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

a. اكتب فقرة تصف حركة علي في الممر، بحيث تتطابق مع الحركة الممثلة في الرسم البياني التالي.

التقويم

إتقان حل المسائل

المستوى 1

46. 20 m

47. 1.5×10^{11} m

المستوى 2

48. 11 m

المستوى 3

49. 1.8 nim (0.03h)

مراجعة عامة

المستوى 1

50. انظر دليل حلول المسائل
المعادلة هي $\Delta d = \bar{v}\Delta t$

51. a. 1.0 h

b. 45 min

c. من 6.0km إلى 9.0km من نقطة الأصل.

المستوى 2

52. a. انظر دليل حلول المسائل.
السيارة A: 150 km
السيارة B: 170 km

b. السيارة A: 1.6 h
السيارة B: 1.4 h

53. انظر دليل حلول المسائل. السيارتان تصلان إلى الشاطئ الساعة الواحدة.

التقويم

المستوى 3

54. a. ستختلف الإجابات. (إجابة مقترحة) تحرك علي بسرعة ثابتة لمدة 8 s من نقطة البداية فقطع مسافة 6 m ثم توقف حتى الثانية 24 ثم تحرك بسرعة ثابتة لمدة 8 s تقريبًا فقطع مسافة 6 m أخرى، ثم توقف لمدة 6 s تقريبًا، ثم تحرك بسرعة ثابتة في الاتجاه المعاكس لمدة 8 s فقطع مسافة 9 m، ثم توقف لمدة 5 s، ثم عاد للحركة بسرعة ثابتة في الاتجاه الأول لمدة 1 s تقريبًا فقطع مسافة 3 m، ثم توقف لمدة 2 s ثم تحرك بسرعة ثابتة فقطع مسافة 6 m في الاتجاه المعاكس، فعاد الى نقطة البداية.

b. من 8.0 s إلى 25.0 s ومن 53.0 s إلى 58.0 s

c. 33.0 s ؛ 1.00 m/s –

55. ستختلف الإجابات. من الحلول الممكنة أن تجعل عدة أشخاص يقفون على جانب الطريق وعلى مسافات متساوية بعضهم من بعض، وتعطي كل واحد منهم ساعة إيقاف، بعد ضبطها، ليقوم كل شخص بتسجيل زمن مرور الدراجة النارية بجانبه. ارسم منحنى (الموقع–الزمن) من المعلومات التي جمعتها. احسب ميل أفضل خط يمر بالنقاط على الرسم. إذا كانت قيمة الميل تتجاوز 40 km/h فإن الدراجة تتجاوز السرعة المحددة.

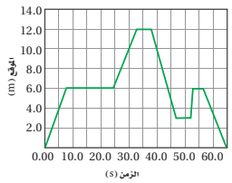
56. من الممكن تمثيل العلاقة بخط أفقي على منحنى الموقع– الزمن. وهذا يشير إلى أن موقع الجسم لا يتغير أي أنه لا يتحرك. ولا يمكن تمثيل العلاقة بخط رأسي لأن ذلك يعني أن الجسم يتحرك بسرعة لا نهائية.

57. انظر دليل حلول المسائل. ميل الخط البياني في المنحنى وسرعة السيارة 19.7 m/s.

تقويم الفصل 2

b. متى كان موقع علي على بُعد 6.0 m؟

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



الشكل 30–2

التفكير الناقد

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

56. تفسير الرسوم البيانية هل يمكن أن يكون المنحنى البياني لـ(الموقع– الزمن) لجسم خطًا أفقيًا؟ وهل يمكن أن يكون خطًا رأسيًا؟ إذا كانت إجابتك "نعم" فصف بالكلمات هذه الحركة.

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

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

الجدول 3–2

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

الكتابة في الفيزياء

58. حدد علماء الفيزياء سرعة الضوء 3.00×10^8 m/s. كيف توصلوا إلى هذا؟ اقرأ حول سلسلة التجارب التي أجريت لتعيين سرعة الضوء، ثم صف كيف تطورت التقنيات التجريبية لتجعل نتائج التجارب أكثر دقة.

مراجعة تراكمية

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

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

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

الكتابة في الفيزياء

58. حاول جاليليو تعيين سرعة الضوء، ولكنه لم ينجح في مسعاه. بعد ذلك تمكن الفلكي الدنماركي (رومر) من قياس سرعة الضوء في عام 1676م بملاحظة خسوف أقمار المشتري. وكان تقديره للسرعة 225,308 km/s حاول كثيرون قياس سرعة الضوء بدقة أكبر باستخدام عجلات مسننة دوّارة، ومرايا دوّارة.

مراجعة تراكمية

59. a. 5.8×10^{-8} s

b. 4.6×10^{7} s

c. 9.27 s

d. 1.23×10^{4} s

اختبار مقنن

أسئلة الاختيار من متعدد

اختر رمز الإجابة الصحيحة فيما يلي:

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

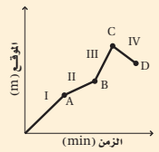
Ⓐ تكوِّنُ النقاط نمطًا وتفصل بينها مسافات متساوية.

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

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

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

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



2. متى بلغت السرعة المتجهة للدراجة أقصى قيمة لها؟

Ⓐ في الفترة I　Ⓒ عند النقطة C

Ⓑ في الفترة III　Ⓓ عند النقطة B

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

Ⓐ النقطة A　Ⓒ النقطة C

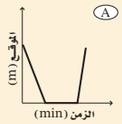
Ⓑ النقطة B　Ⓓ النقطة D

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

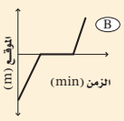
Ⓐ الفترة I　Ⓒ الفترة III

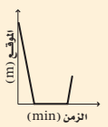
Ⓑ الفترة II　Ⓓ الفترة IV

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

Ⓐ


Ⓒ

Ⓑ


Ⓓ


الأسئلة الممتدة

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

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

✓ إرشاد

الأدوات اللازمة

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

سلّم تقدير

يمثّل الجدول الآتي نموذجًا لسلم تقدير إجابات الأسئلة الممتدة.

العلامات	الوصف
4	يُظهر الطالب فهمًا كاملًا لموضوع الفيزياء الذي يدرسه، وقد تتضمّن الاستجابة أخطاءً ثانوية لا تعيق إظهار الفهم الكامل.
3	يُظهر الطالب فهمًا للموضوعات الفيزيائية التي درسها. واستجابته صحيحة وتظهر فهمًا أساسيًّا، لكن دون الفهم الكامل للفيزياء.
2	يُظهر الطالب فهمًا جزئيًّا للموضوعات الفيزيائية. وربما استعمل الطريقة الصحيحة للوصول إلى الحلّ، أو قدّم حلًّا صحيحًا، لكن العمل يفتقر إلى استيعاب المفاهيم الفيزيائية الرئيسة.
1	يُظهر الطالب فهمًا محدودًا جدًّا للموضوعات الفيزيائية، والاستجابة غير تامة (ناقصة)، وتظهر أخطاء كثيرة.
0	يقدّم الطالب حلًّا غير صحيح تمامًا، أو لا يستجيب أبدًا.

أسئلة الاختيار من متعدد

1. C　**2.** B　**3.** C

4. A　**5.** A

الأسئلة الممتدة

6. الإزاحة = 0.73 m ≃ 0.7 m وتصنع زاوية 16° شمال الشرق

الفصل 3

مخطط الفصل

الأهـــداف	المواد والأدوات
افتتاحية الفصل	
3–1 التسارع (العجلة) 1. **تعرّف** التسارع (العجلة). 2. **تربط** السرعة المتجهة والتسارع مع حركة الجسم. 3. **تمثل** بيانيًّا العلاقة بين السرعة المتجهة والزمن.	**تجارب الطالب** **تجربة استهلالية** جرس توقيت (مؤقت)، وشريط مؤقت، وعربة ذات سرعة منتظمة، وعربة ميكانيكية، وورق لاصق، وورقة رسم بياني. **تجربة** أنبوب طويل مجراه على شكل حرف U، كتاب، مسطرة مترية، كرتان فولاذيتان.
3–2 الحركة بتسارع ثابت 4. **تُفسّر** منحنى (الموقع– الزمن) للحركة ذات التسارع الثابت. 5. **تحدّد** العلاقات الرياضية التي تربط بين كل من الموقع والسرعة والتسارع والزمن. 6. **تطبّق** علاقات بيانية ورياضية لحل المسائل التي تتعلق بالتسارع الثابت.	**عرض المعلم** **عرض سريع** عربة ذات سرعة منتظمة، ومستوى مائل (قناة على شكل حرف U) طوله 100 سم، وكرة. **عرض سريع** أنبوب على شكل حرف (U)، وكرة فولاذية .
3–3 السقوط الحرّ 7. **تتعرّف** التسارع الناتج عن الجاذبية الأرضية. 8. **تحلّ** مسائل تتضمن أجسامًا تسقط سقوطاً حرًّا.	**تجارب الطالب** **تجربة إضافية** مسطرة مترية، وكرة. **مختبر الفيزياء** مؤقت ذو شريط، وشريط ورقي للمؤقت، وورق جرائد، وشريط لاصق، وكتلة 1 kg، وماسك على شكل حرف C.

طرائق تدريس متنوعة

م 1 أنشطة مناسبة للطلاب ذوي صعوبات التعلّم.	م 2 أنشطة مناسبة للطلاب ذوي المستوى المتوسط.	م 3 أنشطة مناسبة للطلاب المتفوقين (فوق المتوسط).

شرائح ومصادر قابلة للنسخ	التقنية
	تتضمّن أعمال المعلم: نسخة المعلم التفاعليّة، تخطيط الدّرس مع مفكرة، التقويم، ارتباطات بمواقع إلكترونية.
الملف الخاص بمصادر الفصول 4 –1، الفصل 3. دليل مراجعة الفصل، ص 82–77 اختبار قصير 1 –3 ، ص 83 شريحة التدريس 1 –3 ص 89 شريحة التدريس 2–3 ص 91 تعزيز الفهم ص 86 ورقة عمل التجربة ص 72 **ربط الرياضيّات مع الفيزياء**	
الملف الخاص بمصادر الفصول 4 –1، الفصل 3. دليل مراجعة الفصل، ص 82–77 اختبار قصير 2 –3 ، ص 84 شريحة التدريس 3–3 ص 93 **ربط الرياضيّات مع الفيزياء** **دليل التجارب العمليّة، ص 23**	مسألة الأسبوع على الموقع الإلكتروني: Obeikaneducation.com
الملف الخاص بمصادر الفصول 4 –1، الفصل 3. دليل مراجعة الفصل، ص 82–77 اختبار قصير 3 –3 ، ص 85 الإثراء، ص 87 شريحة التدريس 4–3 ص 95 ورقة عمل مختبر الفيزياء ص 73 **ربط الرياضيّات مع الفيزياء**	

مصادر التقويم

الملف الخاص بمصادر الفصول 4 –1، الفصل 3 تقويم الفصل 3 ص 97 **اختبارات الفيزياء التحضيرية**	**التقنية** الموقع الإلكتروني Obeikaneducation.com

نظرة عامة إلى الفصل

يعرض الفصل مفهوم التسارع على أنه معدل تغير السرعة. وتستخدم فيه منحنيات (السرعة المتجهة–الزمن) و(الموقع–الزمن) لتطوير معادلات الحركة، ولتعميق إدراك مفهوم التسارع الثابت. يستخدم الطلاب هذه المعادلات لحل مسائل تتضمن الحركة بتسارع ثابت، وينتهي الفصل بمناقشة السقوط الحر مثالًا على الحركة بتسارع ثابت.

فكِّر

عندما تزيد سرعة السيارة فإن المسافة التي تقطعها خلال فترات زمنية متساوية تصبح أكبر فأكبر. فتزداد المسافة التي تقطعها في كل ثانية.

المفردات الرئيسة

- منحنى (السرعة المتجهة–الزمن)
- التسارع
- التسارع المتوسط
- التسارع اللحظي
- السقوط الحرّ
- التسارع الناتج عن الجاذبية الأرضية

الفصل 3

الحركة المتسارعة
Accelerated Motion

ما الذي ستتعلمه في هذا الفصل؟

- وصف الحركة المتسارعة.
- استخدام الرسوم البيانية والمعادلات لحل مسائل تتضمن أجسامًا متحركة.
- وصف حركة الأجسام في حالة السقوط الحر.

الأهمية

لا تتحرك الأجسام دائمًا بسرعات منتظمة. ويساعدك فهم الحركة المتسارعة على وصف حركة العديد من الأجسام بشكل أفضل. التسارع العديد من وسائل النقل–ومنها السيارات والطائرات وقطارات الأنفاق وكذلك المصاعد وغيرها– تبدأ رحلاتها عادةً بزيادة سرعتها بمعدل كبير، وتنهيها بالوقوف بأسرع ما يمكن.

فكِّر

يقف سائق سيارة السباق متحفزًا عند خط البداية منتظرًا الضوء الأخضر الذي يعلن بدء السباق. وعندما يضيء ينطلق السائق بأقصى سرعة. كيف يتغير موقع السيارة في أثناء تزايد سرعتها؟

الفيزياء عبر المواقع الإلكترونية
www.obeikaneducation.com

تجربة استهلالية

الهدف يساعد هذا النشاط الطلاب على إدراك الفرق بين الحركة المنتظمة والحركة المتسارعة.

المواد والأدوات مؤقت ذو شريط ورقي، وشريط للمؤقت، وسيارتان لعبة تعملان بنابض، وشريط لاصق، وورقة رسم بياني.

استراتيجيات التدريس

تحذير: *تأكد من أن طاولة المختبر ثابتة.*

- تباع سيارات اللعبة التي تعمل بشد النابض في العادة على أنها عربات ذات سرعة منتظمة.
- لكي تصرف الطلاب عن تكوين أفكار سابقة عن النشاط لا تذكر لهم أن العربة1 ذات سرعة منتظمة.
- يمكن أن تتشارك المجموعات في العربات؛ إذ يستغرق الحصول على البيانات بضع دقائق.

النتائج المتوقعة ظهور نقاط موزعة بشكل منتظم على شريط المؤقت الخاص بالعربة 1، بينما تتزايد المسافات بين النقاط تدريجيًّا على شريط العربة 2.

1. التركيز

نشاط

نوع جديد من الحركة اعرض على الطلاب مثالًا على الحركة المتسارعة، مثل: سيارة لعبة تعمل بشد النابض وتتباطأ بسرعة، أو عربة تتدحرج على ورقة صنفرة. تجنب استخدام السقوط الحر مثالًا؛ لأنه يصعب ملاحظة الحركة المتسارعة. اطلب إلى الطلاب أن يصفوا الفرق بين هذا النوع من الحركة وأشكال الحركة المنتظمة التي نوقشت في الفصل السابق. م1 بصري - مكاني

الربط مع المعرفة السابقة

مخططات الحركة والرسوم البيانية ارسم مخطط الحركة، ثم ارسم منحنى (الإزاحة–الزمن) لشخص يتحرك بسرعة ثابتة، واطلب إلى الطلاب تفسير كلٍّ منهما. واسألهم: ما الكمية التي يمثلها فيزيائيًّا ميل الخط البياني لـ (الإزاحة–الزمن)؟ السرعة المتجهة (معدل تغير الموقع). الفت انتباههم إلى أنهم سوف يستخدمون طريقة تحليل الميل لوصف الحركة التي تتغير سرعتها بمعدل ثابت. م2 بصري - مكاني

تجربة استهلالية

هل تبدو جميع أنواع الحركة بالشكل نفسه عند تمثيلها بيانيًّا؟

سؤال التجربة كيف تقارن الرسم البياني لحركة سيارة ذات سرعة منتظمة بالرسم البياني لحركة سيارة تتزايد سرعتها؟

الخطوات

1. أحضر سيارتين لعبة تعملان بنابض، وضع لوحًا خشبيًّا مناسبًا فوق سطح الطاولة لتمثيل مسار لحركة السيارتين.
2. ثبت المؤقت ذا الشريط الورقي على أحد طرفي اللوح.
3. قص قطعة من شريط المؤقت طولها 50 cm وأدخلها في المؤقت، ثم ألصق الطرف الآخر بالسيارة رقم 1، حيث يستخدم الشريط الورقي أداةً لرسم مخطط الجسيم النقطي.
4. دوِّن رقم السيارة على الشريط، وشغِّل المؤقت، وأطلق السيارة.
5. ارفع الطرف الثاني للوح الخشبي بمقدار 8–10 cm، بوضع مكعبات خشبية أسفل طرفه.
6. كرّر الخطوات 5–3 مستخدمًا السيارة رقم 2، بوضع السيارة ملاصقة للمؤقت وإطلاقها بعد تشغيله. أمسك السيارة قبل سقوطها عن حافة اللوح الخشبي.
7. **سجل البيانات ونظمها** حدد ثاني نقطة داكنة (سوداء) على شريط المؤقت على أنها الصفر. قِس المسافة بين نقطة الصفر وكلٍّ من النقاط الأخرى لعشر فترات زمنية، ثم دوِّن القراءات.
8. **أنشئ الرسوم البيانية واستخدمها** مثِّل بيانيًّا المسافة الكلية مع رقم الفترة الزمنية. عيِّن القراءات لكلتا السيارتين على الرسم نفسه. دوِّن رقم السيارة على الرسم البياني الذي يمثلها.

التحليل

أي السيارتين تحركت بسرعة منتظمة، وأيهما ازدادت سرعتها؟ وضح كيف توصلت إلى ذلك من خلال فحصك لشريط المؤقت؟

التفكير الناقد صف شكل كل من الرسمين البيانيين. ما علاقة شكل الخط البياني بنوع الحركة التي شوهدت؟

3–1 التسارع (العجلة) Acceleration

الحركة المنتظمة من أبسط أنواع الحركة. وكما درست في الفصل الثاني فإن الجسم الذي يتحرك حركة منتظمة يسير بسرعة ثابتة في خط مستقيم. ولعلك تدرك من خبراتك اليومية أن عددًا قليلاً من الأجسام يتحرك بهذه الطريقة طوال الوقت.

في هذا الفصل ستزيد معلوماتك في هذا المجال، بتعرُّف نوع من الحركة أكثر تعقيدًا. وستدرس حالات تتغير خلالها سرعة الجسم، بينما يبقى مساره مستقيمًا. وستدرس كذلك أمثلة تتضمن سيارات تتزايد سرعتها، واستخدام سائقي السيارات للفرامل، والأجسام الساقطة، والأجسام المقذوفة رأسيًّا إلى أعلى.

الأهداف

- **تعرف** التسارع (العجلة).
- **تربط** السرعة المتجهة والتسارع مع حركة الجسم.
- **تمثل** بيانيًّا العلاقة بين السرعة المتجهة والزمن.

المفردات

منحنى (السرعة المتجهة – الزمن)
التسارع
التسارع المتوسط
التسارع اللحظي

التحليل يجب أن يدرك الطلاب أن النقاط تمثل موقع كلٍّ من العربتين عند فترات زمنية محددة. وسيكشف تحليل المسافات بين النقاط عن العربة التي تتحرك بسرعة منتظمة (لا تتسارع) والعربة التي تتسارع. تحركت العربة 1 بسرعة منتظمة. العربة 2 ازدادت سرعتها. تكون المسافات بين النقاط على شريط المؤقت الخاص بالعربة 1 متساوية، بينما تتزايد المسافات بين النقاط تدريجيًّا على شريط العربة 2.

التفكير الناقد الرسم البياني لمنحنى (المسافة– الزمن) لجسم متحرك بسرعة منتظمة هو خط مستقيم. أما الرسم البياني للحركة المتسارعة فهو منحنى ذو ميل يتزايد باستمرار.

2. التدريس

تجـــربة

سباق الكرة الفولاذية

الهدف استقصاء تسارع كرة فولاذية تتدحرج على مستوى مائل.

المواد والأدوات أنبوب على شكل حرف U، وكتاب، ومسطرة مترية، وكرتان فولاذيتان.

النتائج المتوقعة سيتوقع الطلاب الذين يخلطون بين السرعة والتسارع في البداية أن الكرة الثانية ستسبق الكرة الأولى. إلا أن المسافة بين كرتي الفولاذ في الخطوة 4 تبقى ثابتة، لكنها تزداد في الخطوة 5.

التحليل والاستنتاج

6. في الخطوة 4، تكون السرعات اللحظية للكرات متساوية. وفي كل نقطة في الخطوة 5 تكون السرعة المتجهة للكرة الأولى أكبر من السرعة المتجهة للكرة الثانية.

7. تبقى المسافة بين الكرتين ثابتة في الخطوة4؛ لأنه في كل لحظة تكون سرعتاهما متساويتين وتتزايدان بالمعدل نفسه. وفي الخطوة 5، تزداد المسافة بين الكرتين؛ لأنه عند كل لحظة تكون سرعة الكرة الأولى أكبر من سرعة الكرة الثانية، وكلتا السرعتين تزداد بالمعدل نفسه. وتُعطى المسافة بين الكرتين d_{1-2} بالمعادلة $d_{1-2} = d + \sqrt{2adt}$ حيث d المسافة بين الكرتين لحظة انطلاق الكرة الثانية وتساوي (4.0m) و a هو التسارع في اتجاه أسفل المستوى المائل، و t الزمن الذي تحركت خلاله الكرة الثانية.

8. يمكن أن نستنتج من المشاهدات في الخطوة 4 أن الكرتين لهما التسارع نفسه.

تجـــربة

سباق الكرة الفولاذية

إذا أُفلتت كرتان من الفولاذ في اللحظة نفسها من قمة منحدر، فهل تتقاربان أو تتباعدان أو تبقيان متجاورتين في أثناء تدحرجهما؟

1. اعمل مستوىً مائلاً باستخدام أنبوب طويل فيه مجرى على شكل حرف U، أو استعمل مسطرتين مترية ملتصقتين معًا.
2. حدِّد علامة على بُعد 40 cm من قمة المستوى المائل، وعلامة أخرى على بُعد 80 cm من القمة أيضًا.
3. توقّع ما إذا كانت الكرتان ستتقاربان أو تتباعدان أو تبقى المسافة بينهما ثابتة في أثناء تدحرجهما إلى أسفل المستوى المائل.
4. أفلت الكرة الأولى من قمة المستوى المائل، وفي الوقت نفسه أفلت الأخرى من العلامة التي تبعد 40 cm عن القمة.
5. أعد التجربة، بحيث تفلت إحدى الكرتين من قمة المستوى المائل، وعندما تصل إلى العلامة 40 cm أفلت الأخرى من القمة أيضًا.

التحليل والاستنتاج

6. اشرح مشاهداتك مستخدمًا مصطلحات السرعة.
7. هل كان للكرتين الفولاذيتين السرعة نفسها في أثناء تدحرجهما على المستوى المائل؟ وضح ذلك.
8. هل كان لهما التسارع نفسه؟ وضح ذلك.

تغير السرعة المتجهة Changing Velocity

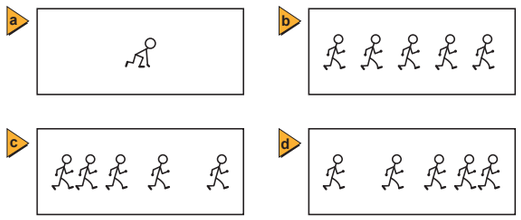
تستطيع أن تشعر بالفرق بين الحركة المنتظمة والحركة غير المنتظمة؛ فالحركة المنتظمة تمتاز بسلاستها؛ فإذا أغمضت عينيك لم تشعر بالحركة. وعلى النقيض من ذلك، عندما تتحرك على مسار منحنٍ أو صعودًا وهبوطًا كما هو الحال عند ركوب العجلة الدوَّارة في متنزه الألعاب تشعر بأنك تُدفع أو تُسحب.

تأمل المخططات التوضيحية للحركة المبينة في **الشكل 1–3**. كيف تصف حركة العداء في كل حالة؟ في **الشكل a** لا يتحرك العداء، أما في **الشكل b** فيتحرك بسرعة منتظمة، وفي **الشكل c** يزيد من سرعته، أما في **الشكل d** فيتباطأ. كيف استطعت استنتاج ذلك؟ ما المعلومات التي تتضمنها المخططات التوضيحية، ويمكن استخدامها للتمييز بين الحالات المختلفة للحركة؟

إن أهم ما يجب عليك ملاحظته في هذه المخططات التوضيحية هو المسافة بين المواقع المتعاقبة للعدّاء. وكما درست في الفصل الثاني أن الأجسام غير المتحركة في خلفية المخططات التوضيحية للحركة لا تغير مواقعها. ولأنه توجد صورة واحدة فقط للعدّاء في **الشكل 1a–3** فإنك تستنتج أنه لا يتحرك؛ أي أنه في حالة سكون. يُشبه **الشكل 1b–3**، المخطط التوضيحي لحركة جسم بسرعة منتظمة في الفصل الثاني؛ لأن المسافات بين صور العدّاء في الرسم متساوية ، لذا فإن العدَّاء يتحرك بسرعة منتظمة. أما في المخططين التوضيحيين الآخرين فتتغير المسافة بين المواقع المتتالية؛ فإذا كان التغير في الموقع يزيد تدريجيًّا فهذا يعني أن العدّاء يزيد من سرعته، كما في **الشكل 1c–3**. أما إذا كان التغير في الموقع يقل، كما في **الشكل 1d–3**، فإن العدَّاء يتباطأ.

الشكل 1–3 بملاحظة المسافة التي يتحركها العداء خلال فترات زمنية متساوية يمكنك أن تحدد ما إذا كان العداء:

a. يقف ساكنًا
b. يتحرك بسرعة منتظمة
c. يتسارع
d. يتباطأ



3–1 إدارة المصادر

الملف الخاص بمصادر الفصول 4 – 1

دليل مراجعة الفصل، ص 82–77

ورقة عمل التجربة ص 72

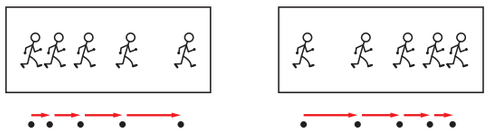
تعزيز الفهم ص 86

اختبار قصير 1 – 3 ، ص 83

شريحة التدريس 1 – 3 ص 89

شريحة التدريس 2 – 3 ص 91

ربط الرياضيّات مع الفيزياء



الشكل 2–3 نموذج الجسيم النقطي الذي يمثل المخطط التوضيحي لحركة العداء يوضح التغير في سرعته من خلال التغير في المسافات الفاصلة بين نقاط الموقع؛ وكذلك من خلال التغير في أطوال متجهات السرعة.

كيف يبدو مخطط الحركة باستخدام النموذج الجسيمي النقطي لجسم تتغير سرعته؟ يبين **الشكل 2–3** المخططات التوضيحية للحركة باستخدام النموذج الجسيمي النقطي أسفل المخططات التوضيحية لتمثيل حالة العدّاء عندما تزداد سرعته، وعندما تتباطأ سرعته. هناك مؤشران رئيسان يعبّران عن التغير في السرعة في هذا النمط من المخططات التوضيحية للحركة، هما: التغير في أطوال المسافات بين النقاط، والفرق بين أطوال متجهات السرعة. فإذا كان الجسم يزيد من سرعته فإن متجه السرعة التالي يكون أطول من متجه السرعة السابق. أما إذا كان يُبطئ من سرعته فيكون المتجه التالي أقصر. إن كلا النوعين من المخططات التوضيحية للحركة يعطي تصورًا عن كيفية تغير سرعة جسم ما.

منحنى السرعة المتجهة-الزمن Velocity-Time Graph

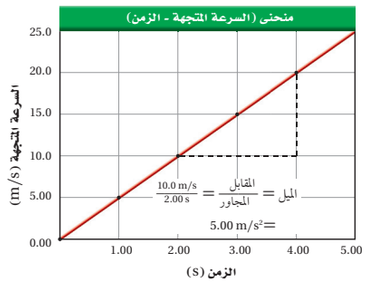
من المفيد أن نمثل بيانيًّا العلاقة بين السرعة والزمن فيما يسمى **منحنى (السرعة المتجهة–الزمن)**. ويوضح **الجدول 1–3** بيانات حركة سيارة تنطلق من السكون، وتتزايد سرعتها في أثناء سيرها على طريق مستقيم.

كما يبين **الشكل 3–3** الرسم البياني للسرعة المتجهة–الزمن؛ حيث تم اختيار الاتجاه الموجب في اتجاه حركة السيارة. لاحظ أن الرسم البياني عبارة عن خط مستقيم، وهذا يعني أن سرعة السيارة تتزايد بمعدل منتظم. ويمكن إيجاد المعدل الذي تتغير فيه سرعة السيارة بحساب ميل الخط المستقيم في منحنى (السرعة المتجهة–الزمن).

الجدول 1–3

السرعة المتجهة - الزمن

الزمن (s)	السرعة المتجهة (m/s)
0.00	0.00
1.00	5.00
2.00	10.0
3.00	15.0
4.00	20.0
5.00	25.0



الشكل 3–3 يمثل ميل الخط البياني لمنحنى (السرعة المتجهة–الزمن) تسارع الجسم.

تطوير المفهوم

وصف تغيرات السرعة المتجهة تصف بعض الكلمات مثل "يتسارع" و"يتباطأ" الحركة وتغيرات محددة في متجه السرعة. فعندما يتسارع جسم يزداد طول متجهات السرعة المتعاقبة في مخطط الحركة، وعندما يتباطأ يقل طولها.

استخدام الشكل 2–3

كلّف الطلاب أن يمسكوا بمرآة مستوية بحيث تكون متعامدة مع الصفحة، ثم ينظروا إلى الشكل 2–3 ثم إلى صورته في المرآة. واسألهم: لماذا يُظهر مخطط الحركة في الجهة اليسرى وكذلك صورته في المرآة تزايدًا في سرعتها، مع أن اتجاه الحركة في الشكل معاكس لاتجاه الحركة في المرآة؟ يزداد طول متجهات السرعة المتجهة. اطلب إلى الطلاب إثبات أن المخطط الأيمن وصورته في المرآة يُظهران أن الحركة تتباطأ في اتجاهين متعاكسين؛ بسبب تناقص طول متجهات السرعة المتجهة.

م 1 بصري-مكاني

التفكير الناقد

تفسير المنحنيات البيانية اطلب إلى الطلاب تفسير معنى أن يكون الرسم البياني لمنحنى (السرعة المتجهة–الزمن) على شكل خط أفقي. تكون حركة الجسم بسرعة منتظمة. واطلب إليهم أن يفسّروا معنى أن يكون الرسم البياني نفسه خطًّا رأسيًّا. معنى هذا أن للجسم سرعات لحظية كثيرة ومختلفة في اللحظة الواحدة، وهذا مستحيل في الإطار المرجعي نفسه. م 2 بصري - مكاني

مصادر الفصول 1–4

شريحة التدريس 1–3

الموقع الإلكتروني www.obeikaneducation.com.sa

يتضح من الرسم البياني أن الميل يساوي $\left(\frac{10.0\ m/s}{2.00\ s}\right)$، أو $5.00\ m/s^2$، وهذا يعني أنه في كل ثانية تزداد سرعة السيارة بمقدار $5.00\ m/s$. عند دراسة زوجين من البيانات التي تفصل بينها 1 s، مثلًا 4.00 s و 5.00 s، تجد أنه عند اللحظة 4.00 s كانت السيارة تتحرك بسرعة 20.0 m/s، وعند اللحظة 5.00 s كانت السيارة تتحرك بسرعة 25.0 m/s، وبذلك ازدادت سرعة السيارة بمقدار 5.0 m/s خلال فترة زمنية مقدارها 1.00 s. ويعرف المعدل الزمني لتغير السرعة المتجهة لجسم **بتسارع الجسم (عجلة الجسم)**، ويرمز له بالرمز $\boldsymbol{a}$. وعندما تتغير سرعة جسم بمعدل ثابت يكون له تسارع ثابت.

التسارع المتوسط والتسارع اللحظي
Average and Instantaneous Acceleration

دلالة اللون
- متجهات التسارع باللون البنفسجي.
- متجهات السرعة باللون الأحمر.
- متجهات الإزاحة باللون الأخضر.

التسارع المتوسط لجسم هو التغير في السرعة المتجهة لجسم خلال فترة زمنية، مقسومًا على هذه الفترة الزمنية، ويقاس التسارع المتوسط بوحدة m/s^2. أما التغير في السرعة المتجهة خلال فترة زمنية صغيرة جدًّا فيسمى **التسارع اللحظي**. ويمكن إيجاد التسارع اللحظي لجسم برسم خط مماسّي لمنحنى (السرعة المتجهة–الزمن) عند اللحظة الزمنية المُراد حساب التسارع عندها، وميل هذا الخط يساوي التسارع اللحظي.

التسارع في المخططات التوضيحية للحركة
Acceleration on a Motion Diagram

لكي يعطي مخطط الحركة صورة كاملة عن حركة جسم يجب أن يحتوي على معلومات تمثل التسارع. ويمكن أن يتم ذلك من خلال احتوائه على متجهات التسارع المتوسط التي تبين كيف تتغير السرعة المتجهة. لتحديد طول واتجاه متجه التسارع المتوسط اطرح متجهي سرعة متتاليين ($\Delta \boldsymbol{v}$)، ثم اقسم على الفترة الزمنية (Δt). وكما هو مبين في الشكلين **3–4 a،b** فإن:

$$\Delta \boldsymbol{v} = \boldsymbol{v}_f - \boldsymbol{v}_i = \boldsymbol{v}_f + (-\boldsymbol{v}_i)$$

وبالقسمة على Δt نحصل على :

$$\overline{\boldsymbol{a}} = \frac{(\boldsymbol{v}_f - \boldsymbol{v}_i)}{\Delta t}$$

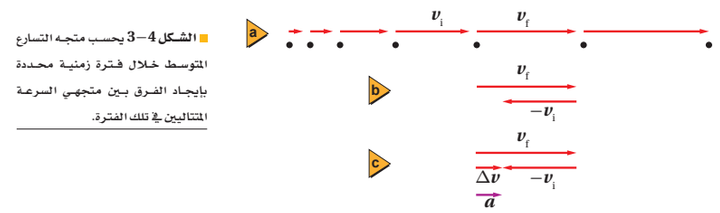
في **الشكلين 3–4 a،b** تكون الفترة الزمنية (Δt) مساوية 1 s، لذلك يكون التسارع المتوسط

$$\overline{\boldsymbol{a}} = \frac{(\boldsymbol{v}_f - \boldsymbol{v}_i)}{1\ s}$$

مساعدة الطلاب ذوي صعوبات التعلّم

نشاط

اتجاه $\Delta \boldsymbol{v}$ أكد على أن $\Delta \boldsymbol{v}$ تساوي التغير في السرعة من $\boldsymbol{v}_i$ إلى $\boldsymbol{v}_f$. فعلى سبيل المثال اطلب إلى الطلاب أن يلاحظوا أن سرعة جسم ما تزداد في اتجاه اليمين، وطول متجه السرعة يمتد من $\boldsymbol{v}_i$ إلى $\boldsymbol{v}_f$ بمقدار يساوي Δv في الشكل 3–4، وأن اتجاه المتجه $\Delta \boldsymbol{v}$ يكون في اتجاه الحركة. ثم اطلب إليهم رسم مخطط حركة جسم يتباطأ في اتجاه اليمين، وملاحظة أن متجه السرعة يتناقص في الطول من $\boldsymbol{v}_i$ إلى $\boldsymbol{v}_f$ بمقدار Δv. وبما أن المتجه قد نقص طوله، فسيكون اتجاه التغير في متجه السرعة $\Delta \boldsymbol{v}$ نحو اليسار؛ أي في عكس اتجاه الحركة. م2 **بصري-مكاني**



الشكل 4–3 يحسب متجه التسارع المتوسط خلال فترة زمنية محددة بإيجاد الفرق بين متجهي السرعة المتتاليين في تلك الفترة.

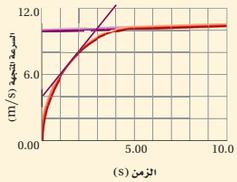
إن المتجه الذي يظهر باللون البنفسجي في **الشكل 4c–3** هو التسارع المتوسط خلال تلك الفترة الزمنية. أما السرعتان المتجهتان v_i و v_f فتشيران إلى السرعة عند بداية فترة زمنية محددة، وعند نهايتها.

مثـــال 1

السرعة المتجهة والتسارع كيف تصف سرعة العدَّاء المتجهة وتسارعه من خلال منحنى (السرعة المتجهة –الزمن) المبين في الشكل المجاور؟

1 تحليل المسألة ورسمها

- تفحص الرسم البياني تلاحظ أن سرعة العداء المتجهة بدأت من الصفر، وتزايدت بسرعة خلال الثواني الأولى، وعندما بلغت حوالي 10.0 m/s بقيت ثابتة تقريبًا.



المعلوم	المجهول
v = متغير	a = ?

2 إيجاد الكمية المجهولة

ارسم مماسًّا للمنحنى عند الزمن $t = 1.5\ s$، ثم ارسم مماسًّا آخر عند الزمن $t = 5.0\ s$.

أوجد التسارع a عند 1.5 s.

$$\text{الميل} = \frac{\text{المقابل}}{\text{المجاور}}$$

ميل الخط عند 1.5 s يساوي التسارع

دليل الرياضيات
الميل 145

$$a = \frac{10.0\ m/s - 4.0\ m/s}{3.0\ s - 0.00\ s} = 2.0\ m/s^2$$

أوجد التسارع عند 5.0 s

ميل الخط عند 5.0 s يساوي التسارع

$$a = \frac{10.3\ m/s - 10.0\ m/s}{10.0\ s - 0.00\ s} = 0.030\ m/s^2$$

التسارع غير ثابت؛ لأنه يتغير من $2.0\ m/s^2$ في اللحظة 1.5 s، إلى $0.030\ m/s^2$ في اللحظة 5.0 s، وذلك في الاتجاه الموجب؛ لأن القيمتين موجبتان.

3 تقويم الجواب

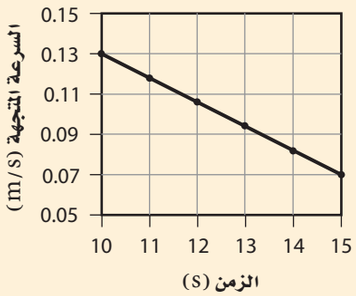
- **هل الوحدات صحيحة؟** يقاس التسارع بوحدة m/s^2.

استخدام الشكل 4–3

اطلب إلى الطلاب أن يتذكروا كيف حدّدوا Δd في الفصل الثاني، مشيرًا إلى أنهم يستطيعون استخدام الأسلوب نفسه لتحديد Δv في الشكل 4–3. لدى تمثيل المقدار Δv، يمكننا إعادة كتابة $v_f - v_i$ بصورة $v_f + (-v_i)$، حيث $(-v_i)$ متجه يساوي v_i مقدارًا، ويعاكسه في الاتجاه. وناتج الجمع الاتجاهي $v_f + (-v_i)$ أو Δv هو متجه قاعدته عند قاعدة v_f، ورأسه عند رأس $-v_i$. م2

مثال صفي

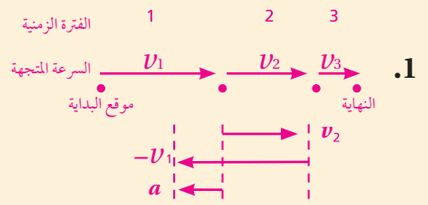
سؤال صف السرعة المتجهة والتسارع المتوسط لسيارة لعبة تعمل بشد النابض من خلال الرسم البياني الموضح في الشكل أدناه.



الجواب

تتناقص السرعة المتجهة للسيارة بانتظام وفق تسارع متوسط مقداره $-0.012\ m/s^2$. والتسارع سالب لأنه عكس اتجاه السرعة (الحركة) الموجب الذي تم اختياره.

مسائل تدريبية



1. انظر دليل حلول المسائل.

2. انظر دليل حلول المسائل.

3.a من 5.0 s إلى 15.0 s

b. من 0.0 s إلى 5.0 s

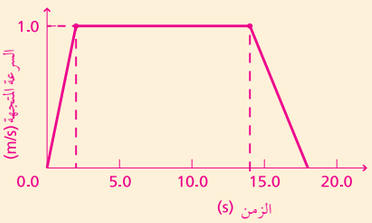
c. من 15.0 s إلى 20.0 s

4.a $2.0\ m/s^2$

b. $-1.2\ m/s^2$

c. $0.0\ m/s^2$

5.



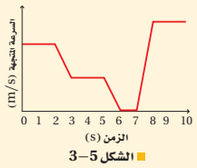
المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

التسارع الموجب والتسارع السالب يربط الطلاب عادة التسارع الموجب بزيادة السرعة، والتسارع السالب بتناقص السرعة، لذا اسألهم: ما تأثير التسارع الموجب في جسم يتحرك في الاتجاه الموجب؟ ستزداد سرعة الجسم. ثم اسألهم: ما تأثير التسارع السالب في جسم يتحرك في الاتجاه السالب؟ ستزداد سرعة الجسم أيضًا. م2

مسائل تدريبية

1. ركضت قطة داخل منزل، ثم أبطأت من سرعتها بشكل مفاجئ، وانزلقت على الأرضية الخشبية حتى توقفت. لو افترضنا أنها تباطأت بتسارع ثابت فارسم مخططًا توضيحيًّا للحركة يوضح هذا الموقف، واستخدم متجهات السرعة لإيجاد متجه التسارع.

2. يبين **الشكل 5–3** منحنى (السرعة المتجهة – الزمن) لجزء من رحلة أحمد بسيارته على الطريق. ارسم المخطط التوضيحي للحركة الممثلة في الرسم البياني، وأكمله برسم متجهات السرعة.



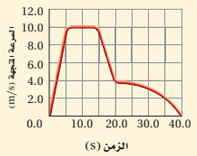
الشكل 5–3

3. استعن **بالشكل 6–3** الذي يوضح منحنى (السرعة المتجهة – الزمن) لقطار لعبة؛ لتجيب عن الأسئلة التالية:

a. متى كان القطار يتحرك بسرعة منتظمة؟

b. خلال أي فترات زمنية كان تسارع القطار موجبًا؟

c. متى اكتسب القطار أكبر تسارع سالب؟



الشكل 6–3

4. استعن **بالشكل 6–3** لإيجاد التسارع المتوسط للقطار خلال الفترات الزمنية التالية:

a. من 0.0 s إلى 5.0 s

b. من 15.0 s إلى 20.0 s

c. من 0.0 s إلى 40.0 s

5. ارسم منحنى (السرعة المتجهة– الزمن) لحركة مصعد يبدأ من السكون عند الطابق الأرضي في بناية من ثلاثة طوابق، ثم يتسارع إلى أعلى مدة 2.0 s بمقدار $0.5\ m/s^2$. ويستمر في الصعود بسرعة منتظمة $1.0\ m/s$ مدة 12.0 s، وبعدئذ يتأثر بتسارع ثابت إلى أسفل مقداره $0.25\ m/s^2$ مدة 4.0 s حتى يصل إلى الطابق الثالث.

طرائق تدريس متنوعة

نشاط

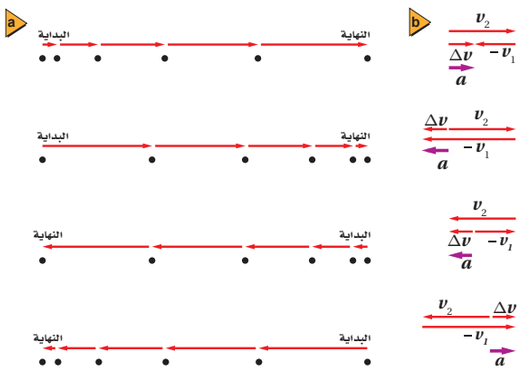
إعاقة بصرية لمساعدة الطلاب على فهم الشكل 7–3، اعمل متجهات يستطيع الطلاب الذين يعانون من ضعف البصر تمييزها بواسطة حاسة اللمس. فمثلاً، شكّل سهمين من الورق المقوى (كرتون)، طولاهما 10 cm، و20 cm لتمثيل متجهين مختلفين لِـ v_1 ، v_2. ثم ألصق قطعة من ورق الصنفرة على لوح الكرتون، ثم اقطع سهمًا بطول 15 cm. ثم ألصق قطعة صغيرة من اللباد على قطعة أخرى من الكرتون، واقطع سهمًا طوله 5 cm. كوّن مجموعة من طالبين، أحدهما إبصار صحيح، والآخر لديه صعوبة بصرية، واطلب إلى الفريق استخدام الأسهم لإنشاء كل حالة من الحالات الموجودة في الشكل 7–3. في كل حالة يستطيع الطالب الذي يُعاني من ضعف البصر أن يتعرف بواسطة اللمس مقدار واتجاه كل من المتجهات v_1، v_2، وكذلك Δv م1 **حسي - حركي**

التسارع الموجب والتسارع السالب
Positive and Negative Acceleration

تأمل الحالات الأربع الموضحة في **الشكل 3–7a**؛ حيث يبين مخطط الحركة الأول حركة جسم تزداد سرعته في الاتجاه الموجب، ويبين المخطط الثاني حركة جسم تتناقص سرعته في الاتجاه الموجب، ويبين المخطط الثالث حركة جسم تتزايد سرعته في الاتجاه السالب، بينما يبين المخطط الرابع حركة جسم تتناقص سرعته ويتحرك في الاتجاه السالب. ويبين **الشكل 3–7b** متجهات السرعة خلال الفترة الزمنية الثانية في كل مخطط للحركة، وبجانبها متجهات التسارع المتوافقة معها. لاحظ أن الفترة الزمنية Δt تساوي 1 s.

في الوضعين الأول والثالث عندما تزيد سرعة الجسم يكون لكل من متجهات السرعة والتسارع الاتجاه نفسه، كما في **الشكل 3–7b**. أما في الوضعين الآخرين عندما يكون متجه التسارع في الاتجاه المعاكس لمتجه السرعة فإن الجسم يتباطأ. وبمعنى آخر، عندما يكون تسارع الجسم وسرعته المتجهة في الاتجاه نفسه فإن سرعة الجسم تزداد. وعندما يكونان في اتجاهين متعاكسين تتناقص السرعة. ولكي تحدد ما إذا كان الجسم سيتسارع أو يتباطأ تحتاج إلى معرفة كل من اتجاه سرعة الجسم واتجاه تسارعه.

ويكون للجسم تسارع موجب عندما يكون اتجاه متجه التسارع في الاتجاه الموجب للحركة، ويكون للجسم تسارع سالب عندما يكون اتجاه متجه التسارع في الاتجاه السالب للحركة. لذا فإن إشارة التسارع لا تحدد ما إذا كان الجسم متسارعًا أم متباطئًا.



الشكل 3–7

a. تمثل نماذج الجسيم النقطي أربع طرائق محتملة للحركة في مسار مستقيم بتسارع ثابت.

b. عندما تشير متجهات السرعة ومتجهات التسارع إلى الاتجاه نفسه تزداد سرعة الجسم. أما عندما تشير إلى اتجاهات متعاكسة فإن الجسم يتباطأ.

استخدام الشكل 3–7

اطلب إلى الطلاب أن يلاحظوا تزايد أطوال متجهات السرعة المتجهة في مخططات الحركة الأول والثالث، مما يشير إلى أن الجسم يكتسب سرعة. واطلب إليهم ملاحظة أن v_1 وv_2، وΔv وa لها الاتجاه نفسه. وأشر إلى أنه يمكن للشخص أن يتوقع أن الجسم تزداد سرعته إذا كان تسارعه في اتجاه حركته نفسها. واطلب إلى الطلاب التواصل من خلال مناقشة مشابهة إلى الشروط التي يتباطأ عندها الجسم. م 2

المناقشة

سؤال يتزلج زميلك مستخدمًا لوح تزلج فوق سطح مستو مع وجود رياح قوية جدًّا تؤدي إلى إنقاص سرعة تزلجه، وأحيانًا تدفعه إلى الخلف. ما مقدار سرعته المتجهة لحظة تغير اتجاه حركته؟ وهل سيكون تسارعه في تلك اللحظة موجبًا أم سالبًا أم صفرًا؟

الجواب عند اللحظة التي يغير فيها زميلك اتجاه حركته، تكون سرعته المتجهة اللحظية تساوي صفرًا. وإذا كان الاتجاه الابتدائي لحركة زميلك موجبًا فإن اتجاه تسارعه سيكون سالبًا، والعكس صحيح. م 2

استخدام التشابه

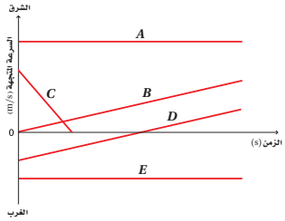
معدّل التغير في معدّل تغير وحدات القياس بيّن للطلاب أن وحدة قياس التسارع m/s^2 تقيس معدل تغير المعدل. اكتب الوحدة بصورة $(m/s)/s$، ثم أجرِ مقارنة بين أكثر معدلات تغير المعدل شيوعًا في الحياة اليومية. وأشر إلى الطلاب أنه خلال التدريب الرياضي يتزايد معدل نبض الشخص، واكتب التعبير $\frac{\text{نبضة}}{\text{دقيقة}}$ على السبورة، واكتب الوحدة بالكلمات على النحو التالي " نبضة في الدقيقة لكل دقيقة". واطلب إليهم أن يفسّروا ما تقيسه وحدة نبضة/(دقيقة)^2. معدل التغير في معدل النبض. م 2

تعزيز الفهم

اتجاه التسارع اطلب إلى الطلاب رسم مخطط الحركة لحالات الحركة التالية، مفترضين أن الاتجاه نحو الأمام هو الاتجاه الموجب:(a) السيارة ترجع إلى الخلف، (b) تتوقف عن الحركة، (c) تتحرك نحو الأمام، ثم (d) تتوقف عن الحركة. واسأل الطلاب أن يحددوا أي الحركات ذات تسارع موجب، وأيّها ذات تسارع سالب؟ الحركة (a) و (c) ذات تسارع موجب، بينما الحركة (b) و(d) ذات تسارع سالب. م ١ **بصريّ - مكاني**

حساب التسارع من منحنى السرعة المتجهة -الزمن
Determining Acceleration from a v–t Graph

إن منحنيات السرعة المتجهة- الزمن الممثلة لحركة خمسة عدائين (*A,B,C,D,E*) في **الشكل 8–3** تشتمل على معلومات عن سرعة وتسارع كل عدّاء، وقد أُختِير الاتجاه الموجب في اتجاه الشرق. وبملاحظة التغير في سرعة كل عدّاء، والممثلة بخط مستقيم ستجد أن سرعتي العدَّاءين *A* و*E* ثابتتان في أثناء الحركة، مما يعني أن معدل التغير في السرعة يساوي صفرًا. هذا يعني أن تسارع كل منهما يساوي صفرًا. بينما سرعة كل من العدَّاءين *B* و*D* تتزايد بانتظام، أي أنهما يتحركان بتسارع؛ حيث إن السرعة والتسارع موجبان؛ أي أنهما في الاتجاه نفسه، بخلاف حركة العداء *C* الذي تلاحظ أن سرعته تتناقص بانتظام؛ أي أنه يتحرك بتسارع أيضًا؛ إلا أن اتجاهي التسارع والسرعة متعاكسان.



■ **الشكل 8–3** الرسمان البيانيان *A* و*E* يبينان الحركة بسرعة متجهة ثابتة في اتجاهين متعاكسين، والرسم *B* يبين سرعةً متجهةً موجبةً وتسارعًا موجبًا. والرسم *C* يبين سرعةً متجهةً موجبةً وتسارعًا سالبًا. والرسم *D* يبين حركة بتسارع موجب ثابت، بحيث يقلّ السرعة المتجهة عندما تكون سالبةً، ويزيدها عندما تكون موجبةً.

حساب التسارع كيف يمكنك أن تحسب التسارع رياضيًّا؟ المعادلة التالية تعبّر عن التسارع المتوسط باعتباره ميل الخط البياني لمنحنى (السرعة المتجهة–الزمن)، ويرمز له بالرمز $\bar{a}$.

التسارع المتوسط

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

التسارع المتوسط يساوي التغير في السرعة المتجهة مقسومًا على الزمن الذي حدث خلاله هذا التغير.

افترض أنك جريت بأقصى سرعة ذهابًا وإيابًا عبر صالة رياضية، حيث بدأتَ الجري في اتجاه الجدار بسرعة 4.0 m/s، وبعد مرور 10.0 s كنت تجري بسرعة 4.0 m/s مبتعدًا عن الجدار. ما تسارعك المتوسط إذا كان الاتجاه الموجب نحو الجدار؟

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

$$= \frac{(-4.0\ \text{m/s}) - (4.0\ \text{m/s})}{10.0\ \text{s}} = \frac{-8.0\ \text{m/s}}{10.0\ \text{s}} = -0.80\ \text{m/s}^2$$

تشير الإشارة السالبة إلى أن اتجاه التسارع في عكس الاتجاه الذي يقربنا إلى الجدار. فبما أن السرعة المتجهة تتضمن اتجاه الحركة، فإنها تتغير عندما يتغير اتجاه الحركة. والتغير في السرعة المتجهة يسبب التسارع. لذا فإن التسارع أيضًا مرتبط بالتغير في اتجاه الحركة.

معلومة للمعلم — **الخلفية النظرية للمحتوى**

التباطؤ عند استخدام مصطلح "تباطؤ" في الكتاب المقرر، فإنه يقصد به نقصان السرعة، ولايعني التسارع السالب. حيث إن التسارع السالب – كما يؤكد الدرس– يمكن أن يسبب نقصان السرعة أو زيادتها، بحسب اختيار النظام الإحداثي.

مثال صفي

سؤال ينزلق لاعب هوكي بسرعة منتظمة 1.25 m/s في الاتجاه الموجب فوق جزء خشن من الجليد، مما يسبب إبطاء حركته. فإذا توقف خلال 5.0 s، فما مقدار واتجاه تسارعه؟

الجواب

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{1.25\ \text{m/s}}{5.0\ \text{s}}$$

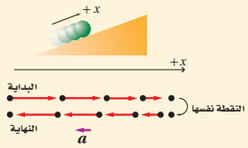
$a = 0.25\ \text{m/s}^2$ في الاتجاه السالب

مثـــال 2

التسارع صف حركة كرة تتدحرج صاعدة مستوى مائلاً بسرعة ابتدائية 2.50 m/s وتتباطأ لمدة 5.00 s، ثم تقف لحظة، ثم تتدحرج هابطة المستوى المائل. فإذا تم اختيار الاتجاه الموجب في اتجاه المستوى المائل إلى أعلى ونقطة الأصل عند نقطة بدء الحركة، فما مقدار واتجاه تسارع الكرة عندما تتدحرج صاعدة المستوى المائل؟

1 تحليل المسألة ورسمها

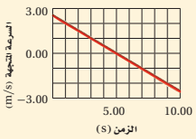
- ارسم مخططًا للحركة.
- ارسم نظامًا إحداثيًّا اعتمادًا على مخطط الحركة.



المعلوم	المجهول
$v_i = +2.5\ \text{m/s}$	$a = ?$
$t = 5.00\ \text{s}$ عندما $v_f = 0.00\ \text{m/s}$	

2 إيجاد الكمية المجهولة

أوجد مقدار التسارع من ميل الخط البياني.



عوض لإيجاد التغير في السرعة والزمن المستغرق لحدوث هذا التغير.

بالتعويض $v_f = 0.00\ \text{m/s}$، $v_i = 2.50\ \text{m/s}$

$$\Delta v = v_f - v_i$$
$$= 0.00\ \text{m/s} - 2.50\ \text{m/s}$$
$$= -2.50\ \text{m/s}$$

بالتعويض $t_f = 5.00\ \text{s}$، $t_i = 0.00\ \text{s}$

$$\Delta t = t_f - t_i$$
$$= 5.00\ \text{s} - 0.00\ \text{s}$$
$$= 5.00\ \text{s}$$

أوجد قيمة التسارع

دليل الرياضيات
إجراء العمليات الحسابية باستعمال الأرقام المعنوية 216، 217

بالتعويض $\Delta t = 5.00\ \text{s}$، $\Delta v = -2.50\ \text{m/s}$

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$
$$= \frac{-2.5\ \text{m/s}}{5.00\ \text{s}}$$
$$= -0.500\ \text{m/s}^2$$

أو $0.500\ \text{m/s}^2$ في اتجاه أسفل المستوى المائل.

3 تقويم الجواب

- **هل الوحدات صحيحة؟** يقاس التسارع بوحدة m/s^2.
- **هل للاتجاهات معنى؟** خلال الثواني الخمس الأولى (0.00 s–5.00 s) كان اتجاه التسارع في عكس اتجاه السرعة المتجهة، والكرة تتباطأ.

نشاط

مشروع فيزياء

الحركة ذات التسارع الأقل وزع الطلاب في عدة مجموعات، ثم اطلب إلى كل مجموعة تقديم عروض إيمائية تمثل حركات تتسارع بانتظام وبمقدار قليل جدًّا في اتجاه الحركة(على ألا يساوي الصفر). يمكن أن تتضمن العروض حركة جسم على مستوى مائل، أو حركته في حالة السقوط الحر. على كل فريق أن يعرض لطلاب الصف حركة تستمر لمدة ثلاث ثوانٍ على الأقل، وأن يدعم ما توصل إليه ببيانات مناسبة تدل على أن التسارع كان منتظمًا خلال هذا الزمن. م 2 حسي - حركي

مسائل تدريبية

6. $8.0\ m/s^2$

7. $-7.0\ m/s^2$

8. $3.0\ m/s^2$

9. a. $-8.3\ m/s^2$

b. النصف كحد أقصى $-4.2\ m/s^2$

10. $-0.28\ m/s^2$

11. $-0.5\ cm/yr^2$

نشاط

منحنيات الحركة زود كل طالب ببطاقة رسم عليها منحنى (السرعة المتجهة–الزمن) ولها رقم يختلف عن بقية البطاقات الأخرى. حدّد نظامًا إحداثيًّا في غرفة الصف، واطلب إلى كل طالب أن يؤدي دور المتحرك، ويعرض الحركة الممثلة بالمنحنى البياني في بطاقته. ثم اطلب إلى طالب آخر أن يرسم على السبورة منحنى (السرعة المتجهة –الزمن) الذي يمثل في اعتقاده الحركة التي عرضها الطالب الأول. م ١ **حسي - حركي**

مسائل تدريبية

6. سيارة سباق تزداد سرعتها من 4.0 m/s إلى 36 m/s خلال فترة زمنية مقدارها 4.0 s. أوجد تسارعها المتوسط.

7. إذا تباطأت سرعة سيارة سباق من 36 m/s إلى 15 m/s خلال 3.0 s فما تسارعها المتوسط؟

8. تتحرك سيارة إلى الخلف على منحدر بفعل الجاذبية الأرضية. استطاع السائق تشغيل المحرك عندما كانت سرعتها 3.0 m/s. وبعد مرور 2.50 s من لحظة تشغيل المحرك كانت السيارة تتحرك صاعدة المنحدر بسرعة 4.5 m/s. إذا اعتبرنا اتجاه المنحدر إلى أعلى هو الاتجاه الموجب فما التسارع المتوسط للسيارة؟

9. تسير حافلة بسرعة 25 m/s، ضغط السائق على الفرامل فتوقفت بعد 3.0 s.

a. ما التسارع المتوسط للحافلة في أثناء الضغط على الفرامل؟

b. كيف يتغير التسارع المتوسط للحافلة إذا استغرقت ضعف الفترة الزمنية السابقة للتوقف؟

10. كان خالد يعدو بسرعة 3.5 m/s نحو موقف حافلة لمدة 2.0 min، وفجأة نظر إلى ساعته فلاحظ أن لديه متسعًا من الوقت قبل وصول الحافلة، فأبطأ سرعة عدْوه خلال الثواني العشر التالية إلى 0.75 m/s. ما تسارعه المتوسط خلال هذه الثواني العشر؟

11. إذا تباطأ معدل الانجراف القاري على نحو مفاجئ من 1.0 cm/yr إلى 0.5 cm/yr خلال فترة زمنية مقدارها سنة، فكم يكون التسارع المتوسط للانجراف القاري؟

تتشابه السرعة المتجهة والتسارع في أن كليهما عبارة عن معدل تغير؛ فالتسارع هو المعدل الزمني لتغير السرعة المتجهة، والسرعة المتجهة هي المعدل الزمني لتغير الإزاحة. ولكل من السرعة المتجهة والتسارع قيم متوسطة وقيم لحظية. وستتعلم لاحقًا في هذا الفصل أن المساحة تحت منحنى (السرعة المتجهة–الزمن) تساوي إزاحة الجسم، وأن المساحة تحت منحنى (التسارع–الزمن) تساوي سرعة الجسم.

3. التقويم

إعادة التدريس

الحركة والمتجهات ارسم على السبورة متجهين متتاليين للسرعة المتجهة (طول الثاني أكبر من طول الأول)يتزايد طولاهما ولهما الاتجاه نفسه، وسمهما v_1، v_2 على الترتيب. بيّن للطلاب أن السرعتين المتجهتين موجبتان. واطلب إليهم أن يفسّروا كيف يستخدمون متجهات السرعة لإيجاد اتجاه متجه التسارع. جد Δv بواسطة طرح المتجه v_1 من المتجه v_2 . فيكون اتجاه التسارع a هو اتجاه Δv. م 2 **بصري - مكاني**

التوسع

الخبرات اليومية مع الحركة المتسارعة اسأل الطلاب أن يصفوا الخبرات التي مرت بهم عن الحركة المتسارعة خلال الأيام القليلة الماضية، واطلب إليهم أن يقدروا قيمة التسارعات التي وصفوها، أو أن يشرحوا كيف يمكنهم قياس كلٍّ منها. م 2

3–1 مراجعة

12. **منحنى (السرعة المتجهة-الزمن)** ما المعلومات التي يمكن استخلاصها من منحنى (السرعة المتجهة–الزمن)؟

13. **منحنيات الموقع-الزمن والسرعة المتجهة-الزمن** عدّاءان أحدهما على بُعد 15 m إلى الشرق من نقطة الأصل، والآخر على بُعد 15 m غربها، وذلك عند الزمن $t = 0$. إذا ركض هذان العدّاءان بسرعة منتظمة مقدارها 7.5 m/s في اتجاه الشرق فأجب عما يلي:
   a. ما الفرق بين الخطين البيانيين الممثلين لحركتي العدّاءين في منحنى (الموقع–الزمن)؟
   b. ما الفرق بين الخطين البيانيين الممثلين لحركتي العدّاءين في منحنى (السرعة المتجهة –الزمن)؟

14. **السرعة المتجهة** وضح كيف يمكنك استخدام منحنى (السرعة المتجهة– الزمن)، لتحديد الزمن الذي يتحرك عنده الجسم بسرعة معينة.

15. **منحنى (السرعة المتجهة-الزمن)** مثّل بيانيًّا منحنى (السرعة المتجهة–الزمن) لحركة سيارة تسير في اتجاه الشرق بسرعة 25 m/s مدة 100 s، ثم في اتجاه الغرب بسرعة 25 m/s مدة 100 s أخرى.

16. **السرعة المتجهة المتوسطة والتسارع المتوسط** يتحرك قارب بسرعة 2 m/s في عكس اتجاه جريان نهر، ثم يدور حول نفسه وينطلق في اتجاه جريان النهر بسرعة 4.0 m/s. إذا كان الزمن الذي استغرقه القارب في الدوران 8.0 s :
   a. فما السرعة المتجهة المتوسطة للقارب؟
   b. وما التسارع المتوسط للقارب؟

17. **التفكير الناقد** ضبط رجل مرور سائقًا يسير بسرعة تزيد 32 km/h على حد السرعة المسموح به لحظة تجاوزه سيارة أخرى تنطلق بسرعة أقل. سجل رجل المرور على كلا السائقين إشعار مخالفة لتجاوز السرعة. وقد أصدر القاضي حكمًا على كلا السائقين. وتم اتخاذ الحكم استنادًا إلى فرضية تقول إن كلتا السيارتين كانتا تسيران بالسرعة نفسها؛ لأنه تم ملاحظتهما عندما كانت الأولى بجانب الثانية. هل كان كل من القاضي ورجل المرور على صواب؟ وضح ذلك باستخدام مخطط توضيحي للحركة، ورسم منحنى (الموقع–الزمن).

الفيزياء عبر المواقع الإلكترونية لمزيد من الاختبارات القصيرة ارجع إلى الموقع الإلكتروني www.obeikaneducation.com

3–1 مراجعة

12. مقدار السرعة المتجهة عند أي وقت، والزمن الذي يكون للجسم عنده سرعة معينة، وإشارة كلٍّ من السرعة المتجهة، والإزاحة.

13. **a.** سيكون لهما الميل نفسه، ولكن موقعيهما بالنسبة إلى المحور (y) سيختلفان، حيث يكون أحدهما عند (+15)m والآخر عند (−15)m.
   b. سيكون الخطان البيانيان متماثلين.

14. ارسم خطًّا أفقيًّا عند السرعة المحددة، وأوجد النقطة التي يتقاطع فيها المنحنى مع هذا الخط. ثم أسقط خطًّا رأسيًّا من نقطة التقاطع على محور الزمن t فتحصل على الزمن المطلوب.

15. انظر دليل حلول المسائل.

16. باعتبار أن الاتجاه الموجب هو اتجاه جريان النهر.
   a. −1 m /s
   b. $-0.8\ m/s^2$

17. انظر دليل حلول المسائل. لا، كان لهما الموقع نفسه لا السرعة نفسها. فحتى يكون لهما السرعة نفسها يجب أن يكون لهما الموقع النسبي نفسه طوال الفترة الزمنية.

1. التركيز

نشاط

الحركة على مستوى مائل ضع أنبوبين على شكل حرف U بزاويتي ميل مختلفتين (ستستخدمهما كمستويين مائلين) واطلب إلى الطلاب أن يلاحظوا حركة كرة فولاذية تنطلق من السكون وتتدحرج من أعلى كلٍّ منهما إلى الأسفل. اطلب إليهم تقديم دليل على أن لكل كرة تسارعًا مختلفًا. تستغرق الكرتان زمنًا مختلفًا لتقطعا المسافة نفسها من السكون. م1 **بصري - مكاني**

الربط مع المعرفة السابقة

الميل والتسارع المتوسط ذكّر الطلاب بما تعلموه في القسم 1-3، حيث توصلوا إلى أن ميل منحنى (السرعة المتجهة – الزمن) هو معادلة التسارع المتوسط.

2. التدريس

استخدام الشكل a 10–3

اطلب إلى الطلاب أن يستخدموا البيانات في الجدول 2-3 لرسم منحنى (الإزاحة–الزمن)، ثم دعهم يعينوا الميل عند أزمنة مختلفة، فمثلًا عندما t =1.0 s و t = 3.0 s، ثم تأكد من حساباتهم مقارنة بالقيم المرسومة في الشكل a 10-3. م2

مسائل تدريبية

18.a. 1.0 m/s

b. −1.0 m/s

c. تتناقص سرعة الكرة المتجهة في الحالة الأولى. تتباطأ الكرة في الحالة الثانية حتى تقف، ثم تتدحرج إلى الخلف هابطة التل بتسارع (مقدار التباطؤ نفسه). انظر دليل حلول المسائل.

19. 32.1 m/s (رقمان معنويان 32 m/s)

20. 5.1 s

21. 9.0 s

3–2 الحركة بتسارع ثابت Motion with Constant Acceleration

الأهداف

- **تفسر** منحنى (الموقع–الزمن) للحركة ذات التسارع الثابت.
- **تحدد** العلاقات الرياضية التي تربط بين كل من الموقع والسرعة والتسارع والزمن.
- **تطبق** علاقات بيانية ورياضية لحل المسائل التي تتعلق بالتسارع الثابت.

يمكن معالجة المعادلات الرياضية لكل من السرعة المتوسطة والتسارع المتوسط لإيجاد الموقع الجديد والسرعة الجديدة على الترتيب بعد فترة زمنية ما، وذلك بدلالة بقية المتغيرات.

السرعة المتجهة بدلالة التسارع المتوسط
Velocity with Average Acceleration

يمكنك استخدام التسارع المتوسط لجسم خلال فترة زمنية لتعيين مقدار التغير في سرعته المتجهة خلال هذا الزمن. ويعرف التسارع المتوسط بـ $\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ ويمكن إعادة كتابته بالصورة:

$$\Delta v = \bar{a}\,\Delta t$$

$$v_f - v_i = \bar{a}\,\Delta t$$

لذا فإن العلاقة بين السرعة المتجهة النهائية والتسارع المتوسط يمكن كتابتها على النحو التالي:

السرعة المتجهة النهائية بدلالة التسارع المتوسط $v_f = v_i + \bar{a}\,\Delta t$

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

في الحالات التي يكون فيها التسارع ثابتًا يكون التسارع المتوسط $\bar{a}$ مساويًا للتسارع اللحظي a. ويمكن إعادة ترتيب هذه المعادلة لإيجاد الزمن أو السرعة الابتدائية لجسم.

مسائل تدريبية

18. تتدحرج كرة جولف إلى أعلى تل في اتجاه حفرة الجولف. افترض أن الاتجاه نحو الحفرة هو الاتجاه الموجب وأجب عما يلي:

a. إذا انطلقت كرة الجولف بسرعة 2.0 m/s، وتباطأت بمعدل ثابت 0.50 m/s² فما سرعتها بعد مضي 2.0 s؟

b. ما سرعة كرة الجولف إذا استمر التسارع الثابت مدة 6.0 s؟

c. صف حركة كرة الجولف بالكلمات، ثم باستخدام المخطط التوضيحي للحركة.

19. تسير حافلة بسرعة 30.0 km/h، فإذا زادت سرعتها بمعدل ثابت مقداره 3.5 m/s² فما السرعة التي تصل إليها الحافلة بعد 6.8 s؟

20. إذا تسارعت سيارة من السكون بمقدار ثابت 5.5 m/s² فما الزمن اللازم لتصل سرعتها إلى 28 m/s؟

21. تتباطأ سيارة سرعتها 22 m/s بمعدل ثابت مقداره 2.1 m/s². احسب الزمن الذي تستغرقه السيارة لتصبح سرعتها 3.0 m/s.

3–2 إدارة المصادر

الملف الخاص بمصادر الفصول 4 – 1

دليل مراجعة الفصل، ص 82–77

اختبار قصير 2 – 3، ص 84

شريحة التدريس 3–3 ص 93

ربط الرياضيّات مع الفيزياء

دليل التجارب العملية ص 23

الجدول 2–3

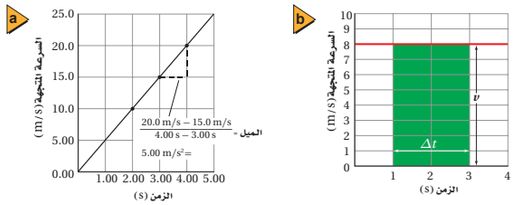
بيانات (الموقع-الزمن) لسيارة	
الزمن (s)	الموقع (m)
0.00	0.00
1.00	2.50
2.00	10.0
3.00	22.5
4.00	40.0
5.00	65.0

الشكل 9–3 يزداد ميل الخط البياني في منحنى (الموقع–الزمن) لسيارة تتحرك بتسارع ثابت كلما زاد زمن الحركة.

الموقع بدلالة التسارع الثابت
Position with Constant Acceleration

توصلت إلى أن الجسم الذي يتحرك بتسارع ثابت يغير سرعته المتجهة بمعدل ثابت. ولكن كيف يتغير موقع الجسم المتحرك بتسارع ثابت؟ يبين **الجدول 2–3** بيانات الموقع عند فترات زمنية مختلفة لسيارة تتحرك بتسارع ثابت، وقد مثلت بيانات **الجدول 2–3** بالرسم البياني الموضح في **الشكل 9–3**، حيث يظهر من الرسم البياني أن حركة السيارة غير منتظمة؛ فالإزاحات خلال فترات زمنية متساوية على الرسم تصبح أكبر فأكبر. لاحظ كذلك أن ميل الخط في **الشكل 9–3** يزداد كلما زاد الزمن. ويمكن استخدام ميل الخطوط من منحنى (الموقع–الزمن) لرسم منحنى (السرعة المتجهة –الزمن).

لاحظ أن ميل كل من الخطين الموضحين في **الشكل 9–3** يطابق السرعة المتجهة الممثلة بيانيًّا في **الشكل 10a–3**. لكن لا يمكنك رسم منحنى جيد للموقع–الزمن باستخدام منحنى (السرعة المتجهة–الزمن)؛ لأن الأخير لا يحتوي على أي معلومات حول موقع الجسم. ومع ذلك فهو يحتوي على معلومات عن إزاحته. تذكر أن السرعة المتجهة لجسم يتحرك بسرعة منتظمة تحسب بالعلاقة: $\boldsymbol{v} = \bar{\boldsymbol{v}} = \frac{\Delta \boldsymbol{d}}{\Delta t}$؛ أي أن $\Delta \boldsymbol{d} = \boldsymbol{v}\Delta t$. يوضح **الشكل 10b–3** منحنى (السرعة المتجهة– الزمن) لجسم يتحرك بسرعة منتظمة، وبدراسة الشكل تحت الخط البياني للمنحنى (المستطيل المظلل) تجد أن سرعة الجسم $\boldsymbol{v}$ تمثل طول المستطيل، بينما الفترة الزمنية



الشكل 10–3
a. يمثل ميل كل من مماسات منحنى (الموقع-الزمن) في **الشكل 9–3** قيم (السرعة المتجهة–الزمن).
b. الإزاحة خلال فترة زمنية معينة تساوي عدديًّا المساحة تحت منحنى (السرعة المتجهة–الزمن).

نشاط — متقدم

اشتقاق $\boldsymbol{d}_f = \left(\frac{1}{2}\right)\boldsymbol{a}t_f^2$ اطلب إلى الطلاب أن يستخدموا نتيجة العرض السريع (السرعة النهائية لجسم يتحرك بتسارع ثابت من السكون تساوي ضعفي سرعته المتجهة المتوسطة خلال تلك الفترة الزمنية). وأن يعرفوا التسارع المتوسط $\boldsymbol{a}$ لإثبات أن $\boldsymbol{d}_f = \left(\frac{1}{2}\right)\boldsymbol{a}t_f^2$ لجسم يتحرك مبتدئًا من السكون. إذا كانت $\boldsymbol{d}_i = 0$ ، $\boldsymbol{v}_i = 0$ ، $t_i = 0$ فإن:

$$\boldsymbol{v}_f = \boldsymbol{a}t_f = 2\boldsymbol{v}_{ave} = 2\frac{\boldsymbol{d}_f}{t_f}$$

أو

$$\boldsymbol{a}t_f = 2\frac{\boldsymbol{d}_f}{t_f}$$

وبحلها ووضع $\boldsymbol{d}_f$ على طرف وحدها.

$$\boldsymbol{d}_f = \frac{\boldsymbol{a}(t_f)^2}{2} = \frac{1}{2}\boldsymbol{a}t_f^2$$

م 3 منطقي-رياضي

عرض سريع

السرعة المتجهة المتوسطة والنهائية

الزمن المقدر 15 دقيقة

المواد والأدوات عربة ذات سرعة ثابتة، ومستوى مائل (أنبوب على شكل حرف U) طوله 100 cm، وكرة.

الخطوات ركّب المستوى المائل بحيث تسير العربة والكرة مسافة 100 cm في الوقت نفسه. أكد للطلاب أن كلًّا من العربة والكرة ستقطعان مسافة 100 cm خلال الزمن نفسه. أطلق الكرة من السكون من قمة المستوى المائل في اللحظة نفسها التي تتحرك فيها العربة لقطع مسافة 100 cm، واطلب إلى الطلاب أن يلاحظوا أن العربة والكرة تصلان إلى نهاية المستوى المائل في الوقت نفسه. تأكد من تكليف أحد الطلاب إيقاف الكرة قبل لحظة وصولها عند نهاية المستوى المائل. بيّن للطلاب أن السرعة المتوسطة لكل من العربة والكرة واحدة. وأشر إلى وجود علاقة بين السرعة النهائية للكرة وسرعتها المتجهة المتوسطة. كرر العرض، في هذه المرة دع الكرة تتدحرج وتغادر المستوى المائل، ثم أوقف الكرة والعربة في اللحظة نفسها مبينًا لهم أن الكرة تحركت من نهاية المستوى المائل مسافة تساوي ضعفي المسافة التي قطعتها العربة من نهاية المستوى المائل. اسأل الطلاب كم كانت سرعة تحرك الكرة مقارنة بسرعة العربة. ضعفي سرعة العربة، لأن الكرة قطعت مسافة تساوي ضعفي المسافة التي قطعتها العربة من نهاية المستوى المائل في الزمن نفسه. اشرح لهم أن السرعة النهائية للجسم الذي يتحرك بتسارع ثابت من السكون تساوي ضعفي السرعة المتجهة المتوسطة خلال الفترة الزمنية نفسها.

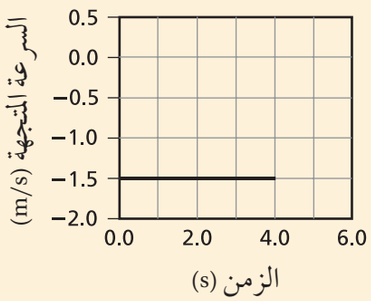
المناقشة

سؤال بالعودة إلى فقرة "نشاط"، اسأل الطلاب عن الطرائق التي يمكن أن تصل فيها الكرتان إلى نهايتي المستويين المائلين في الوقت نفسه. صنف استنتاجات الطلاب وفقًا إلى التغييرات في ميل المستوى، v_1 أو d، ثم اختبر استنتاجاتهم.

الجواب يجب أن تتضمن الإجابات تغيير ميل أحد الأنبوبين حتى يتساويا، تغيير السرعة الابتدائية، أو تغيير نقطة انطلاق إحدى الكرتين. م 2

مثال صفي

سؤال يمثل منحنى (السرعة المتجهة–الزمن) المبين أدناه حركة سيارة. ما مقدار إزاحة السيارة عند $t = 4.0\ s$؟



الجواب

$d = vt = (-1.5 m/s)\ (4.0\ s)$

$d = -6.0\ m$

المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

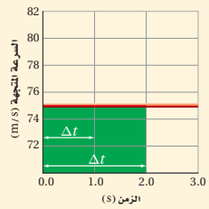
المساحة تحت منحنى (السرعة المتجهة–الزمن) قد يظن بعض الطلاب في المثال 3 أن التغير في y (السرعة المتجهة) سيكون $75\ m/s - 70\ m/s$؛ لذا ذكرهم أن v هي ارتفاع الخط المرسوم فوق محور الزمن t والذي يقطع المحور v عند $v = 0$.

لحركة الجسم Δt تمثل عرض المستطيل. لذا فإن مساحة المستطيل هي $v\Delta t$ أو Δd؛ أي أن المساحة تحت منحنى (السرعة المتجهة–الزمن) تساوي عدديًّا إزاحة الجسم.

مثال 3

إيجاد الإزاحة من منحنى (السرعة المتجهة - الزمن) يبين الرسم البياني أدناه منحنى (السرعة المتجهة–الزمن) لحركة طائرة. أوجد إزاحة الطائرة خلال الفترة الزمنية $\Delta t = 1.0\ s$، ثم خلال الفترة الزمنية $\Delta t = 2.0\ s$.

1 تحليل المسألة ورسمها



- الإزاحة تساوي المساحة تحت منحنى (السرعة المتجهة –الزمن).
- تبدأ الفترة الزمنية من اللحظة $t = 0.0\ s$.

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

2 إيجاد الكمية المجهولة

أوجد الإزاحة خلال 1.0 s

بالتعويض $v = +75\ m/s, \Delta t = 1.0\ s$

$\Delta d = v\Delta t$

$= (+75\ m/s)\ (1.0\ s)$

$= +75\ m$

دليل الرياضيات
إجراء العمليات الحسابية باستعمال الأرقام المعنوية 134، 135

أوجد الإزاحة خلال 2.0 s

بالتعويض $v = +75\ m/s, \Delta t = 2.0\ s$

$\Delta d = v\Delta t$

$= (+75\ m/s)\ (2.0\ s)$

$= +150\ m$

3 تقويم الجواب

- **هل الوحدات صحيحة؟** تقاس الإزاحة بالأمتار.
- **هل للإشارات معنى؟** تتفق الإشارات الموجبة مع الرسم البياني.
- **هل الجواب منطقي؟** قطع مسافة مساوية تقريبًا لطول ملعب كرة قدم خلال ثانيتين منطقي بالنسبة إلى سرعة الطائرة.

نشاط

مساعدة الطلاب ذوي صعوبات التعلّم

مساحة منحنى (السرعة المتجهة–الزمن) سبق لمعظم الطلاب حساب مساحة سطح كتلة خشبية مكعبة الشكل بضرب قيمة أحد أبعادها في آخر متعامد عليه. وضح للطلاب أن وحدات المساحة تساوي حاصل ضرب الوحدة الممثلة على المحور السيني، في الوحدة الممثلة على المحور الصادي في منحنى (السرعة المتجهة–الزمن)، يمثل محور السينات الزمن، بينما يمثل محور الصادات السرعة المتجهة. ووحدة هذه المساحة هي $s = m(m/s)$ وهي كمية فيزيائية.

اطلب إلى الطلاب أن يأخذوا في الحسبان منحنى آخر يمثل العلاقة بين (المعدل– والزمن) مثل معدل أجر العمل (ريال/ساعة) ويمثل على محور الصادات، وعدد ساعات العمل اليومي خلال أسبوع (ساعة) ويمثل على محور السينات. اسألهم ما الذي تمثله المساحة تحت المنحنى؟ وما وحداتها؟ (الأجرة الأسبوعية بالريال) م 1 **بصري–مكاني**

مسائل تدريبية

22. استخدم **الشكل 11–3** لتعيين السرعة المتجهة لطائرة تتزايد سرعتها عند كل من الأزمنة التالية:

a. 1.0 s **b.** 2.0 s **c.** 2.5 s

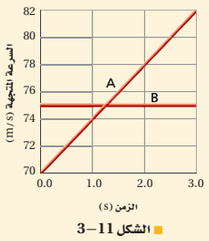
23. تسير سيارة بسرعة منتظمة مقدارها 25 m/s لمدة 10.0 min، ثم ينفد منها الوقود، فيسير السائق على قدميه في الاتجاه نفسه بسرعة 1.5 m/s مدة 20.0 min ليصل إلى أقرب محطة وقود. وقد استغرق السائق 2.0 min لملء جالون من البنزين، ثم سار عائدًا إلى السيارة بسرعة 1.2 m/s، وأخيرًا تحرك بالسيارة إلى البيت بسرعة 25 m/s في اتجاه معاكس لاتجاه رحلته الأصلية.

a. ارسم منحنى (السرعة المتجهة –الزمن) معتمدًا الثانية s وحدة للزمن.

إرشاد: احسب المسافة التي قطعها السائق إلى محطة الوقود لإيجاد الزمن الذي استغرقه حتى يعود إلى السيارة.

b. ارسم منحنى (الموقع–الزمن) باستخدام المساحات تحت منحنى (السرعة المتجهة –الزمن).

24. يوضح **الشكل 12–3** منحنى (الموقع–الزمن) لحركة حصان في حقل. ارسم منحنى (السرعة المتجهة –الزمن) المتوافق معه، باستخدام مقياس الزمن نفسه.



الشكل 11–3

الشكل 12–3

توصلت سابقًا إلى أنه يمكن إيجاد الإزاحة من منحنى (السرعة المتجهة– الزمن) لجسم يتحرك بتسارع ثابت مبتدئًا بسرعة ابتدائية $\boldsymbol{v}_i$؛ وذلك بحساب المساحة تحت المنحنى. ففي **الشكل 13–3** تحسب الإزاحة بتقسيم المساحة تحت المنحنى إلى مستطيل ومثلث.

يمكن إيجاد مساحة المستطيل باستخدام العلاقة: $\Delta \boldsymbol{d}_{\text{مستطيل}} = \boldsymbol{v}_i \Delta t$، وإيجاد مساحة المثلث باستخدام العلاقة: $\Delta \boldsymbol{d}_{\text{مثلث}} = \frac{1}{2} \Delta \boldsymbol{v} \Delta t$. ولأن التسارع المتوسط $\overline{\boldsymbol{a}}$ يساوي $\frac{\Delta \boldsymbol{v}}{\Delta t}$، لذا يمكن كتابة $\Delta \boldsymbol{v}$ في الصورة $\overline{\boldsymbol{a}} \Delta t$، وبالتعويض عن $\Delta \boldsymbol{v} = \overline{\boldsymbol{a}} \Delta t$ في معادلة مساحة المثلث تصبح المعادلة:

$$\Delta \boldsymbol{d}_{\text{مثلث}} = (\tfrac{1}{2} \overline{\boldsymbol{a}} \Delta t)\, \Delta t$$

$$= \tfrac{1}{2} \overline{\boldsymbol{a}} (\Delta t)^2$$

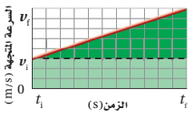
لذا فإن المساحة الكلية تحت المنحنى تساوي:

$$\Delta \boldsymbol{d} = \Delta \boldsymbol{d}_{\text{مستطيل}} + \Delta \boldsymbol{d}_{\text{مثلث}} = \boldsymbol{v}_i (\Delta t) + \tfrac{1}{2} \overline{\boldsymbol{a}} (\Delta t)^2$$

وعندما يكون الموقع الابتدائي $\boldsymbol{d}_i$ أو النهائي $\boldsymbol{d}_f$ للجسم معلومًا يمكن كتابة المعادلة في الصورة التالية:

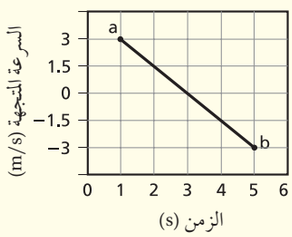
$$\boldsymbol{d}_f - \boldsymbol{d}_i = \boldsymbol{v}_i (\Delta t) + \tfrac{1}{2} \overline{\boldsymbol{a}} (\Delta t)^2$$

الشكل 13–3 يمكن إيجاد إزاحة جسم يتحرك بتسارع ثابت بحساب المساحة تحت منحنى (السرعة المتجهة –الزمن).



التفكير الناقد

المساحات الموجبة والسالبة في منحنى (السرعة المتجهة–الزمن) ارسم الشكل البياني المبين أدناه على السبورة.

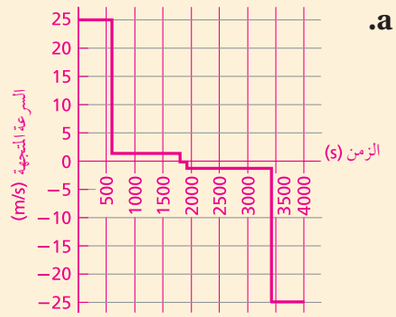


اطلب إلى الطلاب أن يوضحوا مقدار الإزاحة خلال الفترة الزمنية $(t_a - t_b)$. الإزاحة تساوي صفرًا. المساحات المحصورة بين $\boldsymbol{v}$ ومحور الزمن t متساوية في نصفي الفترة الزمنية الأول والثاني، مما يشير إلى أن المسافة المقطوعة متساوية، لكن الإزاحة الأولى موجبة، بينما الإزاحة الثانية سالبة. وعلى هذا فالإزاحة الكلية خلال الفترة الزمنية هي مجموع مقدارين متساويين وفي اتجاهين متعاكسين. وبذلك فهي تساوي صفرًا. م 3 **بصري–مكاني**

مسائل تدريبية

22. a. 74 m/s b. 78 m/s c. 08 m/s

23. a.



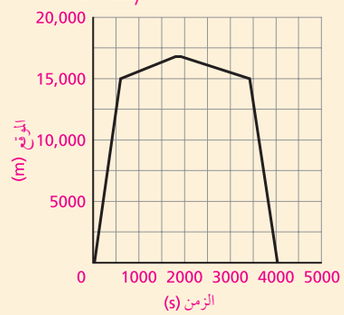
المسافة التي قطعها السائق إلى محطة الوقود:

$$\boldsymbol{d} = \boldsymbol{v}t = (1.5 \text{ m/s})(20.0 \text{ min}) \left(\frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}}\right) = 1800 \text{ m} = 1.8 \text{ km}$$

الزمن الذي استغرقه حتى يعود إلى السيارة:

$$t = \frac{\boldsymbol{d}}{\boldsymbol{v}} = \frac{1800 \text{ m}}{2.0 \text{ m/s}} = 1500 \text{ s} = 25 \text{ min}$$

b.



24. انظر دليل حلول المسائل.

مصادر الفصول 4–1

شريحة التدريس 3–3

الموقع الإلكتروني www.obeikaneducation.com.sa

تطبيق الفيزياء

وضح للطلاب أنه عند محاولة سيارة سباق بلوغ قيمة التسارع العظمى، فإن كلًّا من توزيع الوزن وقوة سحب المركبة يتأثران. اعمل رسما بيانيًّا يوضح أنه بزيادة التسارع يتناقص الوزن على العجلات الأمامية، بينما يزداد الوزن على العجلات الخلفية. ويسمى الوزن الذي يؤثر في العجلات الأمامية حتى تبقى متماسكة مع الطريق حدَّ السحب (الجرّ)، وهو يزداد أيضًا في أثناء التسارع؛ لذا فعندما تتزايد القوة في أثناء التسارع، فإن كلًّا من قوة رد الفعل وقوة السحب عند مقدمة السيارة تقل، بينما تزداد في الخلف. وحد التسارع هو قيمة التسارع التي يصل الوزن عندها إلى حد السحب، فترتفع العجلات الأمامية عن الأرض، ويفقد السائق تحكمه في توجيه السيارة.

تطبيق الفيزياء

سباق رُبع الميل في سباق خاص يسمى رُبع الميل يسعى قائد سيارة السباق إلى تحقيق أكبر تسارع في مضمار السباق الذي طوله 402 m (ربع ميل). وقد سُجل أقصر زمن في هذا السباق ومقداره 4.480 s، وبلغت أكبر سرعة نهائية 147.63 m/s.

أو $\boldsymbol{d_f = d_i + v_i(\Delta t) + \frac{1}{2}\,\overline{\boldsymbol{a}}\,(\Delta t)^2}$

فإذا كان الزمن الابتدائي $t_i = 0$ فإن الموقع بدلالة التسارع المتوسط يُحسب بالعلاقة التالية:

الموقع بدلالة التسارع المتوسط $\boldsymbol{d_f = d_i + v_i\,t_f + \frac{1}{2}\,\overline{a}\,t_f^2}$

ويمكن ربط الموقع والسرعة المتجهة والتسارع الثابت في علاقة لا تتضمن الزمن، وذلك بإعادة ترتيب المعادلة $\boldsymbol{v_f = v_i + \overline{a}t_f}$ لتعطي (t_f):

$$t_f = \frac{v_f - v_i}{\overline{a}}$$

وبالتعويض عن قيمة (t_f) في المعادلة $\boldsymbol{d_f = d_i + v_i\,t_f + \frac{1}{2}\,\overline{a}\,t_f^2}$

تحصل على:

$$\boldsymbol{d_f = d_i + v_i\left(\frac{v_f - v_i}{\overline{a}}\right) + \frac{1}{2}\,\overline{a}\,\left(\frac{v_f - v_i}{\overline{a}}\right)^2}$$

وهذه المعادلة يمكن حلها لإيجاد السرعة النهائية $\boldsymbol{v_f}$ عند أي زمن t_f؛ حيث إن السرعة بدلالة التسارع الثابت:

السرعة المتجهة بدلالة التسارع الثابت $\boldsymbol{v_f^2 = v_i^2 + 2\,\overline{a}\,(d_f - d_i)}$

ويمكن تلخيص المعادلات الثلاث للحركة بتسارع ثابت كما في الجدول 3–3

الجدول 3–3

معادلات الحركة في حالة التسارع الثابت

المعادلة	المتغيرات	الشروط الابتدائية
$\boldsymbol{v_f = v_i + \overline{a}\,t_f}$	$\boldsymbol{t_f, v_f, \overline{a}}$	$\boldsymbol{v_i}$
$\boldsymbol{d_f = d_i + v_i\,t_f + \frac{1}{2}\,\overline{a}\,t_f^2}$	$\boldsymbol{t_f, d_f, \overline{a}}$	$\boldsymbol{d_i, v_i}$
$\boldsymbol{v_f^2 = v_i^2 + 2\,\overline{a}\,(d_f - d_i)}$	$\boldsymbol{d_f, v_f, \overline{a}}$	$\boldsymbol{d_i, v_i}$

معلومة للمعلم

مهن في الحياة اليومية

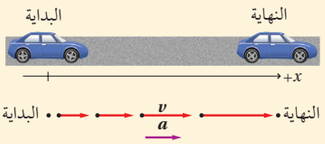
هندسة ضبط الحركة (الروبوتات) تستخدم الكثير من الشركات الصناعية الروبوتات لتصنيع منتجاتها وتغليفها عبر أنظمة نقل متقدمة. ويتولى مهندسو ضبط الحركة مسؤولية تصميم أنظمة الروبوتات الأوتوماتيكية، بحيث تتكامل مع عمل عدد كبير من الوسائط الميكانيكية، والبصرية، والإلكترونية الأخرى، وذلك للتأكد من أن المنتجات تصنع بشكل مناسب. يعالج مهندسو ضبط الحركة أسئلة مثل: بأي سرعة؟ وما المسافة التي يجب أن يتحركها منتج ما على الحزام الناقل؟ متى يجب أن يكون المنتج متحركًا؟ أين يجب أن يكون عند وقت ما؟ والشيء الأساسي لهذا العمل هو التحديد الدقيق للتسارع، والسرعة المتجهة، والموقع لجسم عند زمن معين خلال عمل نظام ما.

مثـــال 4

انطلقت سيارة من السكون بتسارع ثابت مقداره $3.5\ m/s^2$. ما المسافة التي قطعتها عندما تصل سرعتهـا إلى $25\ m/s$؟

1 تحليل المسألة ورسمها

- مثّل المسألة بالرسم.
- عين محاور الإحداثيات.
- ارسم مخططًا توضيحيًّا للحركة.



المعلوم

$d_i = 0.00\ m$

$v_i = 0.00\ m/s$

$v_f = 25\ m/s$

$\bar{a} = a = 3.5\ m/s^2$

المجهول

$d_f = ?$

2 إيجاد الكمية المجهولة

لإيجاد d_f نستخدم المعادلة:

$$v_f^2 = v_i^2 + 2a(d_f - d_i)$$

$$d_f = d_i + \frac{v_f^2 - v_i^2}{2a}$$

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

$$= 89\ m$$

دليل الرياضيات

ترتيب العمليات 138، 139

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

3 تقويم الجواب

- **هل الوحدات صحيحة؟** تقاس الإزاحة بوحدة المتر m.
- **هل للإشارات معنى؟** الإشارة الموجبة تتفق مع كل من النموذج التصويري والنموذج الفيزيائي.
- **هل الجواب منطقي؟** تبدو الإزاحة كبيرةً، ولكن السرعة $(25\ m/s)$ كبيرة أيضًا، لذلك فالنتيجة منطقية.

تجربة عملية
كيف تتدحرج الكرة؟
ارجع إلى دليل التجارب العملية

مثال صفي

سؤال يركض وليد بسرعة $2.50\ m/s$ ثم أخذ يتسارع تسارعًا ثابتًا مقداره $-0.10\ m/s^2$ فما مقدار السرعة التي كان يتحرك بها لحظة اجتيازه مسافة $10.0\ m$؟

الجواب

$$v_f^2 = v_i^2 + 2a(d_f - d_i)$$

$$v_f^2 = (2.50\ m/s)^2 + 2(-0.10\ m/s^2)(10.0\ m - 0\ m)$$

$$v_f = 2.1\ m/s$$

عرض سريع

الربط بين متجهي التسارع a والسرعة v

الزمن المقدر 10 دقائق

المواد والأدوات أنبوب مقطعه مجوف على شكل U، وكرة فولاذية.

الخطوات اثن الأنبوب بحيث يأخذ شكل مسارين متقابلين متساويين في ميلهما. قبل أن تترك الكرة الفولاذية تتدحرج من السكون من أعلى المستوى المائل في الجهة اليسرى(المقابلة للطلاب)، اطلب إليهم توقع المسافة التي ستقطعها الكرة صاعدة المستوى المائل الأيمن. أفلت الكرة، واطلب إلى الطلاب ملاحظة أن المسافات التي تقطعها في كل مرة متساوية (ضمن حدود الأخطاء التجريبية). استخدم العرض لمراجعة الإشارة الجبرية لتسارع الكرة في أثناء حركتها على كل من المستويين المائلين، (إذا اعتبرنا أن الحركة نحو اليمين موجبة). موجبة على المستوى المائل الأول، وسالبة على الثاني. اسأل الطلاب كيف يمكنهم استخدام المعادلة $v_f^2 = 2ad + v_i^2$ لإثبات أن مقدار تسارع الكرة على المستوى الأول يساوي نظيره على الثاني. السرعة النهائية للكرة على المستوى الأول تساوي سرعتها الابتدائية على المستوى الثاني.

نشاط

متقدم

تسارعات متساوية ولكن متعاكسة اطلب إلى الطلاب أن يجمعوا بيانات الإزاحة من العرض السريع السابق، واطلب إليهم أن يحسبوا مقدار كل من التسارعين، فعندئذ سيكتشفون أن مقدار التسارع على المستوى الأول يساوي مقدار التسارع على المستوى الثاني. وكطريقة بديلة، اطلب إليهم أن يثبتوا أن التسارعين متساويان في المقدار، وذلك بمرجعية الزمن الذي تستغرقه الكرة لقطع المستوى المائل الأول، ثم بعد ذلك الزمن اللازم لقطع المستوى المائل الثاني. م 3 **منطقي-رياضي**

تطوير المفهوم

الحركة بتسارعات مختلفة ذكّر الطلاب بضرورة تجزئة مسائل الحركة إلى أجزاء كلما تغير التسارع. فمثلًا في المثال 5، الجزء 1، $\boldsymbol{a}$ تساوي $0\ m/s^2$؛ وفي الجزء 2، $\boldsymbol{a}$ تساوي $8.5\ m/s^2$.

تعزيز الفهم

صلاحية المعادلات اطلب إلى الطلاب الرجوع إلى المعادلات في الجدول 3–3 واسألهم تحت أي الظروف يكون استعمال معادلات الحركة هذه صحيح؟ تستعمل معادلات الحركة عندما يتحرك الجسم بتسارع ثابت، ومنها الحالة التي يكون التسارع فيها مساويًا للصفر.

مثال صفي

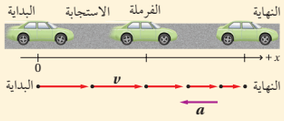
سؤال تَركض قطة بسرعة $2.0\ m/s$ مدة $3.0\ s$، ثم تتباطأ بتسارع $-0.80\ m/s^2$ حتى تقف. فما إزاحة القطة خلال هذه الحركة؟

الجواب

$$d_i = (2.0\ m/s)\ (3.0\ s)$$
$$= +6.0\ m$$
$$d_f = \frac{v_f^2 - v_i^2}{2a}$$
$$= \frac{(0.0\ m/s)^2 - (2.0\ m/s)^2}{2(-0.80\ m/s^2)}$$
$$= +2.5\ m$$
$$d_{total} = d_i + d_f$$
$$= +6.0\ m + 2.5\ m$$
$$= +8.5\ m$$

مثال 5

مسافتا الاستجابة والفرملة يقود محمد سيارة بسرعة منتظمة مقدارها $25\ m/s$، وفجأة رأى طفلًا يركض في الشارع. فإذا كان زمن الاستجابة اللازم ليدوس الفرامل هو $0.45\ s$، وقد تباطأت السيارة بتسارع ثابت $8.5\ m/s^2$ حتى توقفت. ما المسافة الكلية التي قطعتها السيارة قبل أن تقف؟



1 تحليل المسألة ورسمها

- مثّل المسألة بالرسم.
- اعتبر أن اتجاه سير السيارة هو الاتجاه الموجب.
- ارسم مخططًا توضيحيًا للحركة، وعيّن عليه $\boldsymbol{v}$ و $\boldsymbol{a}$.

المعلوم

$v_{i,\text{الفرملة}} = 25\ m/s$ $\quad v_{\text{الاستجابة}} = 25\ m/s$

$v_{f,\text{الفرملة}} = 0.00\ m/s$ $\quad t_{\text{الاستجابة}} = 0.45\ s$

$\bar{a} = a_{\text{الفرملة}} = (-8.5\ m/s^2)$

المجهول

$d_{\text{الاستجابة}} = ?$

$d_{\text{الفرملة}} = ?$

$d_{\text{الكلية}} = ?$

2 إيجاد الكمية المجهولة

الاستجابة: أوجد المسافة التي تتحركها السيارة بسرعة منتظمة.

$$d_{\text{الاستجابة}} = v_{\text{الاستجابة}}\, t_{\text{الاستجابة}}$$
$$= (25\ m/s)\ (0.45\ s) = 11\ m$$

الفرملة: أوجد المسافة التي تتحركها السيارة في أثناء عملية الفرملة حتى الوقوف.

$$v_{f,\text{الفرملة}}^2 = v_{\text{الاستجابة}}^2 + 2a_{\text{الفرملة}}\,(d_{\text{الفرملة}})$$

$$d_{\text{الفرملة}} = \frac{v_{f,\text{الفرملة}}^2 - v_{\text{الاستجابة}}^2}{2a_{\text{الفرملة}}}$$
$$= \frac{(0.00\ m/s)^2 - (25\ m/s)^2}{2(-8.5\ m/s^2)}$$
$$= 37\ m$$

دليل الرياضيات
فصل المتغير 140

بالتعويض $v_{\text{الاستجابة}} = 25\ m/s$، $a_{\text{الفرملة}} = (-8.5\ m/s^2)$، $v_{f,\text{الفرملة}} = 0.00\ m/s$

المسافة الكلية تساوي: مجموع مسافة الاستجابة ومسافة الفرملة.

أوجد المسافة الكلية ($d_{\text{الكلية}}$)

$$d_{\text{الكلية}} = d_{\text{الاستجابة}} + d_{\text{الفرملة}}$$
$$= 11\ m + 37\ m = 48\ m$$

بالتعويض $d_{\text{الاستجابة}} = 11\ m$، $d_{\text{الفرملة}} = 37\ m$

3 تقويم الجواب

- **هل الوحدات صحيحة؟** تقاس الإزاحة بوحدة المتر m.
- **هل للإشارات معنى؟** كل من $\boldsymbol{d}_{\text{الاستجابة}}$ و $\boldsymbol{d}_{\text{الفرملة}}$ موجبة؛ لأنها في اتجاه الحركة نفسه.
- **هل الجواب منطقي؟** مسافة الفرملة صغيرة، لكنها منطقية؛ لأن مقدار التسارع كبير.

الفيزياء في الحياة

معلومة للمعلم

التسارعات في الحياة اليومية يمكنك إعطاء الطلاب بيانات وأرقامًا واقعية تعطيهم فكرة عن المقادير المختلفة للتسارع، فمثلًا تسارع الوقوف المعتدل للسيارة باستخدام المكابح هو $7\ m/s^2$ للسطوح الجافة، و $4.0\ m/s^2$ للسطوح الرطبة. تندفع عربة سكة الحديد في مدينة الألعاب (الأفعوانية) بتسارع ابتدائي مقداره $(10–20\ m/s^2)$. ويتسارع المكوك الفضائي رأسيًّا بمقدار تقريبي $30\ m/s^2$ عند الانطلاق.

مسائل تدريبية

25. يتحرك متزلج بسرعة منتظمة 1.75 m/s، وعندما بدأ يصعد مستوى مائلاً تباطأت سرعته وفق تسارع ثابت $0.20\ m/s^2$. ما الزمن الذي استغرقه حتى توقف عند نهاية المستوى المائل؟

26. تسير سيارة سباق في حلبة بسرعة 44 m/s، وتتباطأ بمعدل ثابت، بحيث تصل سرعتها إلى 22 m/s خلال 11 s. ما المسافة التي قطعتها السيارة خلال هذا الزمن؟

27. تتسارع سيارة بمعدل ثابت من 15 m/s إلى 25 m/s لتقطع مسافة 125 m. ما الزمن الذي استغرقته السيارة لتصل إلى هذه السرعة؟

28. يتحرك راكب دراجة هوائية وفق تسارع ثابت ليصل إلى سرعة مقدارها 7.5 m/s خلال 4.5 s . إذا كانت إزاحة الدراجة خلال فترة التسارع تساوي 19 m، فأوجد السرعة الابتدائية.

29. يركض رجل بسرعة 4.5 m/s مدة 15.0 min، ثم يصعد تلًّا يتزايد ارتفاعه تدريجيًّا؛ حيث تتباطأ سرعته بمقدار ثابت $0.05\ m/s^2$ مدة 90.0 s حتى يتوقف. أوجد المسافة التي ركضها.

30. يتدرب خالد على ركوب الدراجة الهوائية؛ حيث يدفعه والده فيكتسب تسارعًا ثابتًا مقداره $0.50\ m/s^2$ لمدة 6.0 s، ثم يقود خالد الدراجة بمفرده بسرعة 3.0 m/s مدة 6.0 s قبل أن يسقط أرضًا. ما مقدار إزاحة خالد؟ *إرشاد: حل هذه المسألة ارسم منحنى (السرعة المتجهة–الزمن)، ثم احسب المساحة المحصورة تحته.*

31. بدأت ركوب دراجتك الهوائية من قمة تل، ثم هبطت في اتجاه أسفل التل بتسارع ثابت $2.00\ m/s^2$ ، وعندما وصلت إلى أسفل التل كانت سرعتك قد بلغت 18.0 m/s. وواصلت استخدام دواسات الدراجة لتحافظ على هذه السرعة مدة 1.00 min. ما بُعدك عن قمة التل؟

32. يتدرب حسن استعدادًا للمشاركة في سباق الـ 5.0 km، فبدأ تدريباته بالركض بسرعة منتظمة مقدارها 4.3 m/s مدة 19 min، ثم تسارع بمعدل ثابت حتى اجتاز خط النهاية بعد مضي 19.4 s. ما مقدار تسارعه خلال الجزء الأخير من التدريب؟

مسائل تدريبية

25. 8.8 s

26. 363 m

27. 6.2 s

28. 0.94 m/s

29. 4.3×10^3 m

30. انظر دليل حلول المسائل (27 m)

31. 1.16×10^3 m

32. $0.077\ m/s^2$

3. التقويم

التحقق من الفهم

معادلات الحركة اكتب المعادلة: $v_f = v_i + at_f$ على السبورة. واسأل الطلاب أن يوضحوا إذا كان بالإمكان استخدامها لحل المسألة التالية:

احسب السرعة المتجهة النهائية لسيارة تتحرك بتسارع ثابت مقداره $2.0\ m/s^2$ لمدة $4\ s$. لا يمكن استخدامها لأنها تحتوي على مجهولين هما: اتجاه التسارع، والسرعة الابتدائية للسيارة. م 1

إعادة التدريس

معادلات الحركة ناقش الطلاب في معادلة الفقرة السابقة، ووضح لهم أنه من الممكن استخدامها لحساب مقدار Δv. وأنه بسبب عدم معرفة اتجاه كل من Δv وa، لا يمكن تحديد ما إذا كانت سرعة السيارة تزداد أو تنقص. والآن اعرض عليهم المسألة التالية: ما السرعة المتجهة النهائية لسيارة تسير في اتجاه الشرق بتسارع ثابت مقداره $2.0\ m/s^2$، في اتجاه الحركة نفسه مدة $4.0\ s$، إذا كانت سرعتها الابتدائية $3.0\ m/s$ في اتجاه الشرق أيضًا؟ أرشد الطلاب لرسم مخططات للحركة وتعويض القيم الجبرية الصحيحة في المعادلة. $11\ m/s$ في اتجاه الشرق. م 2 **بصري - مكاني**

كما تعلمت، هناك عدة وسائل يمكنك استخدامها في حل مسائل الحركة في بُعد واحد، منها: مخططات الحركة، والرسوم البيانية، والمعادلات الرياضية. وكلما اكتسبت المزيد من الخبرة سَهُل عليك أن تقرر أي هذه الوسائل أكثر ملاءمة لحل مسألة ما. وفي البند التالي ستطبق هذه الوسائل لاستقصاء حركة الأجسام الساقطة سقوطًا حرًّا.

3–2 مراجعة

33. التسارع في أثناء قيادة رجل سيارته بسرعة $23\ m/s$ شاهد غزالاً يقف وسط الطريق، فاستخدم الفرامل عندما كان على بُعد $210\ m$ من الغزال. فإذا لم يتحرك الغزال، وتوقفت السيارة تمامًا قبل أن تمس جسمه، فما مقدار التسارع الذي أحدثته فرامل السيارة؟

34. الإزاحة إذا أُعطيت السرعتين المتجهتين الابتدائية والنهائية، والتسارع الثابت لجسم، وطُلب إليك إيجاد الإزاحة، فما المعادلة التي ستستخدمها؟

35. المسافة بدأ متزلج حركته من السكون في خط مستقيم، وزادت سرعته إلى $5.0\ m/s$ خلال $4.5\ s$، ثم استمر في التزلج بهذه السرعة المنتظمة مدة $4.5\ s$ أخرى. ما المسافة الكلية التي تحركها المتزلج على مسار التزلج؟

36. السرعة النهائية تسارع طائرة بانتظام من السكون بمقدار $5.0\ m/s^2$. ما سرعة الطائرة بعد قطعها مسافة $5.0 \times 10^2\ m$؟

37. السرعة النهائية تسارعت طائرة بانتظام من السكون بمقدار $5.0\ m/s^2$ لمدة $14\ s$. ما السرعة النهائية التي تكتسبها الطائرة؟

38. المسافة بدأت طائرة حركتها من السكون، وتسارعت بمقدار ثابت $3.00\ m/s^2$ لمدة $30.0\ s$ قبل أن ترتفع عن سطح الأرض.

a. ما المسافة التي قطعتها الطائرة؟

b. ما سرعة الطائرة لحظة إقلاعها ؟

39. الرسوم البيانية يسير عدّاء نحو خط البداية بسرعة منتظمة، ويأخذ موقعه قبل بدء السباق، وينتظر حتى يسمع صوت طلقة البداية، ثم ينطلق فيتسارع حتى يصل إلى سرعة منتظمة. فيحافظ على هذه السرعة حتى يجتاز خط النهاية، ثم يتباطأ إلى أن يمشي، فيستغرق في ذلك وقتًا أطول مما استغرقه لزيادة سرعته في بداية السباق. مثّل حركة العداء باستخدام الرسم البياني لكل من منحنى (السرعة المتجهة–الزمن) ومنحنى (الموقع–الزمن). ارسم الرسمين أحدهما فوق الآخر باستخدام مقياس الزمن نفسه، وبيّن على منحنى (الموقع–الزمن) مكان كل من نقطة البداية وخط النهاية.

40. التفكير الناقد صف كيف يمكنك أن تحسب تسارع سيارة، مبينًا أدوات القياس التي ستستخدمها.

الفيزياء عبر المواقع الإلكترونية لمزيد من الاختبارات القصيرة ارجع إلى الموقع الإلكتروني www.obeikaneducation.com

3–2 مراجعة

33. $-1.3\ m/s^2$

34. $v_f^2 = v_i^2 + 2a(d_f - d_i)$

35. $34\ m$

36. $71\ m/s$

37. $7.0 \times 10^1\ m/s$

38. a. $1.35 \times 10^3\ m$

b. $90.0\ m/s$

39. انظر دليل حلول المسائل.

40. يقرأ شخص قياس ساعة الإيقاف ويعلن بصوت مرتفع الفترات الزمنية، ويقرأ شخص آخر قياس عداد السرعة عند كل زمن ويسجله. ارسم منحنى (السرعة المتجهة–الزمن)، ثم احسب الميل.

3-3 السقوط الحُرّ

1. التركيز

نشاط

مستوى مائل رأسي ضع أنبوبًا مقطعه على شكل حرف U مائلًا على المستوى الأفقي بزاوية 30°، ثم زِد الميل تدريجيًّا حتى 60°. واسأل الطلاب على أيّ المستويين المائلين ستكتسب كرة مطاطية متدحرجة تسارعًا ثابتًا أكبر؟ الأكثر ميلًا. ضع الأنبوب رأسيًّا، وأسقط كرة بداخله، واطلب إليهم أن يبينوا اعتمادًا على المثالين السابقين هل للكرة تسارع ثابت نحو الأسفل؟ م2 بصري - مكاني

الربط مع المعرفة السابقة

تحليل السقوط الحرّ ووصفه جميع الطُّرق البيانية والمعادلات المستخدمة في تحليل الحركة ذات التسارع الثابت في القسمين 1–3 و2–3، يمكن تطبيقها على السقوط الحر.

2. التدريس

المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

المنحنيات والمسارات وضّح للطلاب غير المتأكدين من صحة الإجابة في فقرة استخدام الشكل 15–3، أن القطع المكافئ يمثل المعادلة التي تربط الإزاحة بالزمن. وللتأكيد على هذا اطلب إليهم الرجوع إلى الشكل 14–3، واسألهم ما الشكل الذي ينتج لو عدلنا مواقع الصور المتعاقبة للبيضة بإزاحة كل صورة قليلًا إلى يمين التي قبلها، ثم رسمنا خطًّا يصل بين المواقع الجديدة للصور. سنحصل على نصف قطع مكافئ. وضح أن منحنيات (الإزاحة–الزمن) المبينة في الشكل 15–3 تمثل سلسلة صور التقطت بفاصل زمني ثابت، لجسم يتحرك في خط مستقيم. م2

مصادر الفصول 4–1

شريحة التدريس 4–3

الموقع الإلكتروني www.obeikaneducation.com.sa

3–3 السقوط الحرّ Free Fall

الأهداف
- **تعرّف** التسارع الناتج عن الجاذبية الأرضية.
- **تحل** مسائل تتضمن أجسامًا تسقط سقوطًا حرًّا.

المفردات
السقوط الحرّ
التسارع الناتج عن الجاذبية الأرضية

أسقط ورقة صحيفة على الأرض، ثم لفها على شكل كرة متماسكة وأعد إسقاطها. أسقط حصاة بالطريقة نفسها. كيف تقارن بين حركة الأجسام الثلاثة؟ هل تسقط الأجسام جميعها بالسرعة نفسها؟

لا يسقط الجسم الخفيف والمنبسط– مثل ورقة الصحيفة المستوية أو ريشة الطائر– بالكيفية نفسها التي يسقط بها شيء ثقيل مساحة سطحه صغيرة، مثل الحصاة. لماذا؟ عندما يسقط جسم فإنه يتصادم بجزيئات الهواء، وتؤثر هذه التصادمات الضعيفة في سرعة هبوط الجسم الخفيف والمنبسط– مثل الريشة– بشكل أكبر من تأثيرها في سرعة هبوط أجسام أثقل نسبيًّا ومساحة سطحها أقل، مثل الحصاة. لفهم سلوك الأجسام الساقطة، نتناول الحالة الأبسط، وهي حركة جسم –كحجر مثلًا– بإهمال تأثير الهواء في حركته. إن المصطلح المستخدم لوصف حركة مثل هذه الأجسام هو **السقوط الحر**؛ وهو حركة جسم تحت تأثير الجاذبية الأرضية فقط، وبإهمال تأثير مقاومة الهواء.

التسارع في مجال الجاذبية الأرضية
Acceleration Due to Gravity

قبل حوالي أربعمائة عام تقريبًا، أدرك جاليليو جاليلي أنه لكي يُحدث تقدمًا في دراسة حركة الأجسام الساقطة يجب عليه إهمال تأثيرات المادة التي يسقط الجسم خلالها. وفي ذلك الزمن لم يكن لدى جاليليو الوسائل التي تمكنه من أخذ بيانات موقع الأجسام الساقطة أو سرعتها، لذا قام بدحرجة كرات على مستويات مائلة. وبهذه الطريقة تمكّن من تقليل تسارع الأجسام، وهذا مكّنه من الحصول على قياسات دقيقة باستخدام أدواته البسيطة.

استنتج جاليليو أن جميع الأجسام التي تسقط سقوطًا حرًّا يكون لها التسارع نفسه، عند إهمال تأثير مقاومة الهواء، وأن هذا التسارع لا يتأثر بأي من نوع مادة الجسم الساقط، أو وزن هذا الجسم، أو الارتفاع الذي أسقط منه، أو كون الجسم قد أسقط أو قذف. ويرمز لتسارع الأجسام الساقطة بالرمز **g**، وتتغير قيمة **g** تغيرات طفيفة في أماكن مختلفة على الأرض، والقيمة المتوسطة لها $9.80\ m/s^2$.

التسارع الناتج عن الجاذبية الأرضية هو تسارع جسم يسقط سقوطًا حرًّا نتيجة تأثير جاذبية الأرض فيه. افترض أنك أسقطت صخرة سقوطًا حرًّا. بعد مرور 1s تكون سرعتها المتجهة 9.80 m/s إلى أسفل، وبعد مرور 1s أخرى تصبح سرعتها المتجهة 19.60 m/s إلى أسفل، وفي كل ثانية تسقط خلالها الصخرة تزداد سرعتها المتجهة إلى أسفل بمعدل 9.80 m/s. ويعتمد اعتبار التسارع موجبًا أو سالبًا على النظام الإحداثي الذي يتم اتخاذه؛ فإذا كان النظام يعتبر الاتجاه إلى أعلى موجبًا فإن التسارع الناتج عن

3–3 إدارة المصادر

الملف الخاص بمصادر الفصول 4 –1
دليل مراجعة الفصل، ص 82–77
اختبار قصير 3 –3 ، ص 85
ورقة عمل مختبر الفيزياء ص 73
الإثراء، ص 87
شريحة التدريس 4–3 ص 95

ربط الرياضيّات مع الفيزياء

استخدام الشكل 3–15

اسأل الطلاب هل خط القطع المكافئ في منحنى (الإزاحة–الزمن) هو مسار الكرة المتحركة؟

لا، تتحرك الكرة رأسيًّا في خط مستقيم. م 2

تطوير المفهوم

حالة خاصة لتأكيد أن السقوط الحرّ حالة خاصة من الحركة بتسارع ثابت، ابدأ دائمًا كتابة الصيغة العامة لمعادلة الحركة ذات التسارع الثابت قبل التعويض بأي قيمة (كتعويض g، أو $g-$ في a)، وشجع الطلاب على ذلك.

تجربة إضافية

السقوط الحر

الزمن المقدر 10 دقائق.

الهدف يستخدم الطلاب السقوط الحرّ لتقدير التسارع الناتج عن الجاذبية الأرضية.

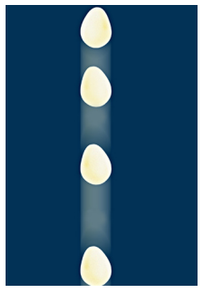
المواد والأدوات مسطرة مترية، وكرة.

الخطوات اطلب إلى الطلاب التدرب على قياس الزمن باستخدام وحدة قياس صوتية من فئة ($\frac{1}{4}$ ثانية) وذلك بنطق عبارات مثل

"one one thousand / two one – thousand"

وهكذا. مدة نطق العبارة ثانية واحدة؛ ربع ثانية لنطق كل من "two" و"one" ونصف ثانية لنطق "thousand". أسقط الكرة من ارتفاع 1.0 m عن أرض الغرفة، واستخدم طريقة القياس السابقة لحساب زمن السقوط، ثم احسب تسارع الكرة التقريبي من خلال المعادلة $d_f = \frac{1}{2}at_f^2$ إذا كان الزمن $t_f = 0.5s$ فإن $a = 8\ m/s^2$

التقويم اطلب إلى الطلاب توقع هل تكتسب الأجسام الأخرى قيمة التسارع نفسها عند سقوطها سقوطًا حرًّا؟ يمكنهم اختبار صحة توقعاتهم بتكرار التجربة السابقة بأجسام أخرى. واسألهم: هل توجد أمثلة على أجسام تسقط سقوطًا حرًّا، فتكتسب تسارعًا تختلف قيمته عن التي قاموا بحسابها.



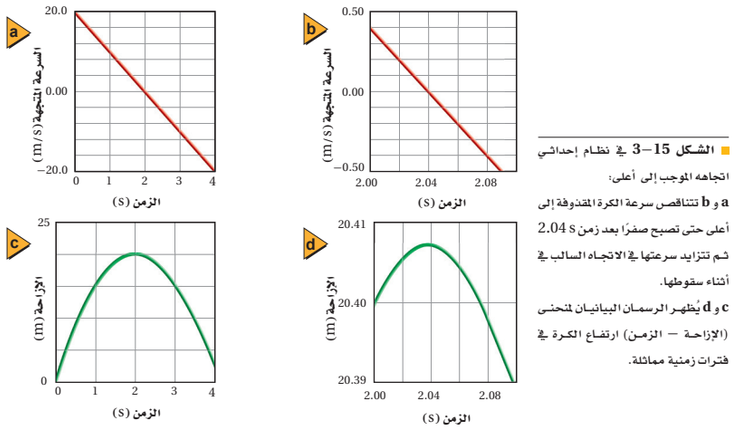
الشكل 3–14 صورة ستروبية (تصوير زمني سريع متتابع) لبيضة تتسارع بمقدار $9.80\ m/s^2$ في أثناء السقوط الحر. فإذا تم اختيار الاتجاه الموجب إلى أسفل فإن كلًّا من السرعة المتجهة والتسارع لهذه البيضة التي تسقط سقوطًا حرًّا يكون موجبًا.

الجاذبية الأرضية عندئذ يساوي $g-$، أما إذا اعتبر الاتجاه إلى أسفل هو الاتجاه الموجب فإن التسارع الناتج عن الجاذبية يساوي $g+$.

يبين **الشكل 3–14** صورة لبيضة تسقط سقوطًا حرًّا التقطت باستخدام تقنية خاصة؛ حيث الفترة الزمنية بين اللقطات هي 0.06 s. ويظهر من الشكل أن الإزاحة بين كل زوج من اللقطات تزداد، وهذا يعني أن السرعة تزداد. فإذا اعتبر الاتجاه إلى أسفل هو الاتجاه الإحداثي الموجب فإن السرعة تزداد بقيمة موجبة أكثر فأكثر.

قذف كرة إلى أعلى بدلاً من بيضة ساقطة، هل يمكن لهذه الصورة أن تعبر عن حركة كرة مقذوفة رأسيًّا إلى أعلى؟ إذا اختير الاتجاه إلى أعلى على أنه الموجب فإن الكرة تغادر اليد بسرعة متجهة موجبة مثلاً 20.0 m/s، أما التسارع فيكون إلى أسفل؛ أي أن التسارع يكون سالبًا، وهو يساوي $a = (-g) = (-9.80\ m/s^2)$. ولأن السرعة المتجهة والتسارع في اتجاهين متعاكسين فإن سرعة الكرة تتناقص، وهذا يتفق مع الصورة.

يبيِّن منحنى (السرعة المتجهة – الزمن) في **الشكل 3–15a** تناقص السرعة المتجهة للكرة بمعدل 9.80 m/s كل 1 s، حتى تصل إلى الصفر عند 2.04 s، ثم يتحول اتجاه حركة الكرة إلى أسفل، وتزداد سرعتها المتجهة تدريجيًّا في الاتجاه السالب. ويظهر **الشكل 3–15b** لقطة مقربة لهذه الحركة . لكن ما العلاقة بين إزاحة الكرة وسرعتها المتجهة؟ يتبين من **الشكلين 3–15c ،d** أن الكرة تصل إلى أقصى ارتفاع لها في اللحظة التي تصبح فيها سرعتها المتجهة صفرًا. ماذا عن تسارعها؟ إن تسارع الكرة عند أي نقطة يساوي مقدارًا ثابتًا $9.80\ m/s^2$، كما يتضح من ميل الخط البياني في **الشكلين 3–15a ،b**.



الشكل 3–15 في نظام إحداثي اتجاهه الموجب إلى أعلى:
a و **b** تتناقص سرعة الكرة المقذوفة إلى أعلى حتى تصبح صفرًا بعد زمن 2.04 s ثم تتزايد سرعتها في الاتجاه السالب في أثناء سقوطها.
c و **d** يُظهر الرسمان البيانيان لمنحنى (الإزاحة – الزمن) ارتفاع الكرة في فترات زمنية مماثلة.

نشاط متقدم

صور الحركة التقطت صور البيضة الساقطة الموضحة في هذه الصفحة من كتاب الطالب عن طريق آلة تصوير و باستخدام تقنية خاصة (المصباح الوماض)، يتم فيها تسليط ضوءٍ متقطعٍ على الجسم المراد دراسة نواح متعددة من حركته، مثل السرعة، أو تردد الاهتزازات. ويظهر الجسم وكأنه يتباطأ أو متوقف، وذلك بإنتاج إضاءة على شكل ومضات بتردد معين مدة كل منها $1\mu s$.

قدم للطلاب عدة صور لأجسام في حالة السقوط الحر مماثلة لصورة البيضة الساقطة، وزودهم بالبيانات المتعلقة بالموقع والفترة الزمنية، ثم اطلب إليهم حساب سرعة الجسم وتسارعه. م 3 منطقي-رياضي

عندما يُسأل الناس عن تسارع جسم عند أقصى ارتفاع له في أثناء تحليقه فإنهم في العادة لا يأخذون وقتًا كافيًا لتحليل الموقف، فتكون إجابتهم أن التسارع يساوي صفرًا، وهذا ليس صحيحًا بالطبع. فعند أقصى ارتفاع تساوي السرعة المتجهة للكرة صفرًا، ولكن ماذا يحدث لو كان تسارعها أيضًا يساوي صفرًا؟ عندئذ لن تتغير السرعة المتجهة للكرة، وستبقى 0.0 m/s، وإذا كانت هذه هي الحالة فإن الكرة لن تكتسب أي سرعة متجهة إلى أسفل، بل ستبقى ببساطة معلقة في الهواء عند أقصى ارتفاع لها. ولأن الأجسام المقذوفة إلى أعلى لا تبقى معلقة، فسوف تستنتج أن تسارع الجسم عند نقطة أقصى ارتفاع لطيرانه يجب ألا يساوي صفرًا، وأن اتجاهه يجب أن يكون إلى أسفل.

عربات السقوط الحر يستخدم مفهوم السقوط الحر في تصميم ألعاب في مدن الألعاب، بحيث تعطي راكبيها الإحساس بالسقوط الحر. ويمر الراكب في مثل هذا النوع من الألعاب بثلاث مراحل، هي: الصعود، ثم التعليق لحظيًا، ثم السقوط؛ حيث تعمل محركات على توفير القوة اللازمة لتحريك عربات لعبة السقوط الحر إلى أعلى المسار. وعند سقوط هذه العربات سقوطًا حرًا يكون للشخص الأكبر كتلة والشخص الأقل كتلة التسارع نفسه. افترض أن إحدى عربات السقوط الحر في مدينة الألعاب سقطت سقوطًا حرًا من السكون مدة 1.5 s، فما سرعتها المتجهة في نهاية هذه الفترة؟ اختر نظامًا إحداثيًا يكون فيه الاتجاه إلى أعلى موجبًا ونقطة الأصل عند الموقع الابتدائي للعربة. بما أن العربة بدأت الحركة من السكون فإن $v_i = 0$.

استخدم معادلة السرعة المتجهة بدلالة التسارع الثابت لحساب السرعة المتجهة النهائية للعربة.

$$\begin{aligned} v_f &= v_i + \bar{a}t_f \\ &= 0.00\ \text{m/s} + (-9.80\ \text{m/s}^2)(1.5\ \text{s}) \\ &= -15\ \text{m/s} \end{aligned}$$

ما الإزاحة التي قطعتها العربة خلال هذه الفترة؟ بما أن الزمن والإزاحة معلومان فإننا نستخدم معادلة الإزاحة.

$$\begin{aligned} d_f &= d_i + v_i t_f + 1/2\,\bar{a}t_f^2 \\ &= 0.00\ \text{m} + (0.00\ \text{m/s})(1.5\ \text{s}) + 1/2\,(-9.80\ \text{m/s}^2)(1.5\ \text{s})^2 \\ &= -11\ \text{m} \end{aligned}$$

مسألة تحفيز

شاهدت بالونًا مملوءًا بالماء يسقط أمام نافذة صفك. فإذا استغرق البالون t ثانية، ليسقط مسافة تساوي ارتفاع النافذة ومقدارها y متر. افترض أن البالون بدأ حركته من السكون، فما الارتفاع الذي يسقط منه قبل أن يصل إلى الحافة العليا للنافذة بدلالة كل من g و y و t وثوابت عددية؟

معلومة للمعلم

الخلفية النظرية للمحتوى

الحركة وفق تسارع غير ثابت على الرغم من افتراض أن التسارع الناتج عن الجاذبية الأرضية ثابت عند سطح الأرض، إلا أن قيمته في الواقع تتغير، و هي تتناسب عكسيًا مع مربع البُعد عن مركز الأرض؛ لذا لا يمكن اعتبار g ثابتة ضمن مدى المسافات الطويلة جدًا. من الأمثلة على الحركة ذات التسارع غير الثابت (ضمن مدى المسافات القصيرة): حركة جسم يهتز فوق نابض، وسقوط قطرة مطر، و حركة الدقائق المشحونة كهربائيًا. ويجدر بالذكر أن المعادلات التي وردت في هذا الفصل لا يمكن استخدامها لتمثيل مثل هذه الحركات، ومع ذلك من الممكن تمثيل هذه الحركات باستخدام حساب التفاضل والتكامل وباستخدام برامج حاسوبية خاصة، مثل جداول البيانات.

استخدام النماذج

المخططات التوضيحية للحركة الرأسية اطلب إلى الطلاب رسم مخطط توضيحي لجسم يتحرك أفقيًا بتسارع ثابت في اتجاه الحركة، وأن يُديروا رسومهم لتشير متجهات السرعة إلى أسفل. وضح أن المخطط الناتج يمثل حركة السقوط الحر حيث يكون التسارع دائمًا إلى أسفل (تقريبًا $9.80\ \text{m/s}^2$ على سطح الأرض). م 2 **بصري - مكاني**

التفكير الناقد

التسارع اقذف كرة رأسيًا إلى أعلى في الهواء، واسأل عن مقدار تسارعها عند أقصى ارتفاع. إن تسارع الكرة طوال تحليقها وصولًا إلى أعلى نقطة في مسارها ثابت ويساوي $9.80\ \text{m/s}^2$. إذا واجه الطلاب صعوبة في استيعاب المفهوم، فاطلب إليهم وصف التغير في السرعة والتسارع في أثناء صعود الكرة ثم خلال سقوطها، وعندما تكون عند أعلى نقطة. سرعة الكرة عند أعلى نقطة تساوي 0 m/s. هل يتغير التسارع في أي وقت؟ لا، يساوي دائمًا $9.80\ \text{m/s}^2$. م 3

مسألة تحفيز

الاتجاه الموجب إلى أسفل. تحل المسألة على مرحلتين؛ الأولى: سقوط البالون المسافة D إلى مستوى أعلى النافذة. والثانية: سقوط البالون المسافة y من أعلى النافذة إلى أسفلها.

الخطوة الأولى: نقطة الأصل عند قمة السقوط.

$$v_{f}^2 = v_i^2 + 2a(d_{f1} - d_{i1}) = 0 + 2g(D - 0)$$

$$v_{f1} = \sqrt{2gD}$$

الخطوة الثانية: نقطة الأصل عند قمة النافذة:

$$d_{f2} = d_{i1} + v_{i1}\,t_{f2} + \frac{1}{2}a\,t_{f2}^2$$

$$y = 0 + v_{f1}\,t + \frac{1}{2}\,g\,t^2$$

$$= (\sqrt{2gD})\,t + \frac{1}{2}\,g\,t^2$$

$$\sqrt{2gD} = \frac{y}{t} - \frac{gt}{2}$$

$$D = \frac{1}{2g}\left(\frac{y}{t} - \frac{gt}{2}\right)^2$$

تعزيز الفهم

g± وزّع الطلاب في مجموعتين، واطلب إلى إحداهما حساب الزمن اللازم لسقوط جسم بشكل حر من ارتفاع 2.0 m، باعتبار الاتجاه الموجب إلى أعلى. واطلب إلى الأخرى إجراء الحساب نفسه باعتبار الاتجاه الموجب إلى أسفل. ينبغي على كل مجموعة شرح عملية الحساب التي قامت بها والمقارنة بين القيمتين والتوصل إلى أنهما متساويتان في الحالتين. م 1 **متفاعل**

مسائل تدريبية

41. a. $-39\ m/s$ (باعتبار الاتجاه الموجب إلى أعلى)

b. 78 m **c.** تنعكس

42. 8.3 m/s

43. a. 25.8 m **b.** 4.60 s

44. a. 2.2 m/s **b.** 0.45 s

3. التقويم

التحقق من الفهم

حركة السقوط الحرّ والشروط الابتدائية

ارسم مخططًا توضيحيًّا مماثلًا للشكل 14–3، وأخبر الطلاب أنه يمثل حركة كرة تسقط سقوطًا حرًّا. واطلب إليهم أن يحددوا مجموعتين مختلفتين من الشروط الابتدائية للحركة التي يمكن تمثيلها بمثل هذا المخطط التوضيحي. كرة تسقط سقوطًا حرًّا من السكون، وكرة تتحرك (مقذوفة) إلى أعلى م 2

إعادة التدريس

حركة السقوط الحر استعن بمخطط الحركة السابق لرسم متجهات السرعة لكرة تسقط سقوطًا حرًّا من السكون. وضح أنه تم اختيار الاتجاه الموجب إلى أعلى. وأن التسارع الناتج عن الجاذبية الأرضية يتجه إلى أسفل؛ لأن متجهات السرعة يتزايد طولها كلما تحركت الكرة إلى أسفل، وقيمة هذا التسارع $-9.80\ m/s^2$. أرشد الطلاب في أثناء تحليلهم، بطريقة مشابهة، لحركة كرة إلى أعلى في حالة السقوط الحر. م 2

مسائل تدريبية

41. أسقط عاملُ بناءٍ عَرَضًا قطعةَ قرميد من سطح بناية.
   a. ما سرعة القطعة بعد 4.0 s؟
   b. ما المسافة التي تقطعها القطعة خلال هذا الزمن؟
   c. كيف تختلف إجابتك عن المسألة إذا قمت باختيار النظام الإحداثي بحيث يكون الاتجاه المعاكس هو الاتجاه الموجب.
42. أسقط طالب كرة من نافذة ترتفع 3.5 m عن الرصيف. ما سرعتها لحظة ملامستها أرضية الرصيف؟
43. قذفت كرة تنس رأسيًّا إلى أعلى بسرعة ابتدائية 22.5 m/s، وتم الإمساك بها عند عودتها إلى الارتفاع نفسه الذي قذفت منه.
   a. احسب الارتفاع الذي وصلت إليه الكرة.
   b. ما الزمن الذي استغرقته الكرة في الهواء؟

   إرشاد: الزمن الذي تستغرقه الكرة في الصعود يساوي الزمن الذي تستغرقه في الهبوط.
44. رميت كرة بشكل رأسي إلى أعلى. وكان أقصى ارتفاع وصلت إليه 0.25 m:
   a. ما السرعة الابتدائية للكرة؟
   b. إذا أمسكت الكرة عند عودتها إلى الارتفاع نفسه الذي أطلقت منه، فما الزمن الذي استغرقته في الهواء؟

3–3 مراجعة

45. **أقصى ارتفاع وزمن التحليق** إذا كان تسارع الجاذبية على سطح المريخ يساوي $\left(\frac{1}{3}\right)$ تسارع الجاذبية على سطح الأرض، ثم قذفت كرة إلى أعلى من فوق سطح كل من المريخ والأرض بالسرعة نفسها:
   a. قارن بين أقصى ارتفاع تصله الكرة على سطح المريخ وسطح الأرض.
   b. قارن بين زمني التحليق.
46. **السرعة والتسارع** افترض أنك قذفت كرة إلى أعلى. صف التغيرات في كل من سرعة الكرة المتجهة وتسارعها.
47. **السرعة النهائية** أسقط أخوك –بناء على طلبك– مفاتيح المنزل من نافذة الطابق الثاني. فإذا التقطتها على بُعد 4.3 m من نقطة السقوط، فاحسب سرعة المفاتيح عند التقاطك لها.
48. **السرعة المتجهة الابتدائية وأقصى ارتفاع** يتدرب طالب على ركل كرة القدم رأسيًّا إلى أعلى، وتعود الكرة إثر كل ركلة لتصطدم بقدمه. إذا استغرقت الكرة من لحظة ركلها حتى اصطدامها بقدمه 3.0 s:
   a. فما السرعة المتجهة الابتدائية للكرة؟
   b. ما الارتفاع الذي وصلت إليه الكرة بعد أن ركلها الطالب؟
49. **التفكير الناقد** عند قذف كرة رأسيًّا إلى أعلى، تستمر في الارتفاع حتى تصل إلى موقع معين، ثم تسقط إلى أسفل، وتكون سرعتها المتجهة اللحظية عند أقصى ارتفاع صفرًا. هل تتسارع الكرة عند أقصى ارتفاع؟ صمم تجربة لإثبات صحة أو خطأ إجابتك.

الفيزياء عبر المواقع الإلكترونية لمزيد من الاختبارات القصيرة ارجع إلى الموقع الإلكتروني www.obeikaneducation.com

3–3 مراجعة

45. a. ثلاثة أمثال الارتفاع فوق سطح الأرض.

b. ثلاثة أمثال زمن التحليق فوق سطح الأرض.

46. تتناقص السرعة بمعدل ثابت في أثناء صعود الكرة إلى أعلى. ويكون مقدار السرعة مساوية للصفر عند أقصى ارتفاع. وعندما تأخذ الكرة في السقوط، تبدأ سرعتها في الازدياد في الاتجاه السالب حتى تصل إلى الارتفاع الذي انطلقت منه. وعند هذه النقطة يكون للكرة مقدار السرعة نفسه الذي اكتسبته عندما قذفت إلى الأعلى. أما التسارع فيبقى ثابتًا طيلة فترة تحليق الكرة.

47. 9.2 m/s

48. a. 15 m/s

b. 11 m

49. الكرة تتسارع؛ لأن سرعتها تتغير. التقط صورًا للكرة في أثناء سقوطها باستخدام تقنية خاصة (المصباح الوماض)، ثم استخدم الصور في قياس موقعها وحساب سرعتها.

تمدد الزمن عند السرعات العالية
Time Dilation at High Velocities

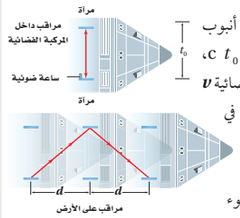
هل يمكن أن يمر الزمن بشكل مختلف في إطارين مرجعيين؟ وكيف يمكن أن يكون عمر أحد توأمين أكبر من عمر الآخر؟

الساعة الضوئية Light Clock تأمل فكرة التجربة التالية باستعمال الساعة الضوئية. الساعة الضوئية عبارة عن أنبوب رأسي، في كل من طرفيه مرآة مستوية. يتم إطلاق نبضة ضوئية قصيرة في إحدى نهايتي الأنبوب، بحيث ترتد داخله ذهابًا وإيابًا منعكسة عن المرآتين. ويقاس الزمن بتحديد عدد ارتدادات النبضة. الساعة الضوئية مضبوطة لأن سرعة النبضة الضوئية (c) منتظمة دائمًا، وهي تساوي $3\times10^8\,m/s$ بغض النظر عن سرعة المصدر الضوئي أو المراقب.

افترض أن هذه الساعة الضوئية وضعت في مركبة فضائية سريعة جدًّا. عندما تسير المركبة بسرعات قليلة، يرتد الشعاع الضوئي رأسيًّا داخل الأنبوب. وإذا تحركت المركبة بسرعة أكبر، فسيستمر الشعاع الضوئي في الارتداد رأسيًّا كما يراه المراقب في المركبة.

أما بالنسبة إلى مراقب يقف ساكنًا على سطح الأرض فإن النبضة الضوئية تتحرك وفق مسار مائل بسبب حركة المركبة الفضائية. لذا فإن الشعاع الضوئي – بالنسبة إلى هذا المراقب – يتحرك مسافة أكبر. ولما كانت المسافة تعطى بالعلاقة: المسافة = السرعة × الزمن، وسرعة النبضة الضوئية c (أو سرعة الضوء) منتظمة دائمًا بالنسبة إلى أي مراقب، فإن ازدياد المسافة بالنسبة إلى المراقب الأرضي الساكن تعني أن الزمن هو الذي يجب أن يزداد في الطرف الثاني للمعادلة حتى تبقى صحيحة. أي أن هذا المراقب يرى أن الساعة في المركبة المتحركة تسير أبطأ من الساعة نفسها على الأرض!

افترض أن زمن نبضة (دَقة) الساعة الضوئية – كما يراها المراقب على الأرض – هو t_s، وكما يراها المراقب في المركبة الفضائية t_0، وطول أنبوب الساعة الضوئية t_0 c، وسرعة المركبة الفضائية v وسرعة الضوء c. في كل نبضة تتحرك المركبة مقدار vt_s، وتتحرك نبضة الضوء مقدار ct_0، وهذا يقود إلى المعادلة التالية:



$$t_s = \frac{t_0}{\sqrt{1-\left(\frac{v^2}{c^2}\right)}}$$

بالنسبة إلى المراقب الساكن، كلما اقتربت قيمة v من c أصبح زمن النبضة أبطأ. أما بالنسبة إلى المراقب الذي في المركبة فإن الساعة تحافظ على وقتها الصحيح (المضبوط).

تمدد الزمن Time Dilation تسمّى هذه الظاهرة تمدد الزمن، وتنطبق على كل العمليات المرتبطة مع الزمن على متن السفن الفضائية. فمثلاً يمضي العمر الحيوي بشكل أكثر بطئًا في المركبة الفضائية مما على الأرض. لذا، فإذا كان المراقب في المركبة الفضائية هو أحد توأمين فسيكون عمره أقل من عمر التوأم الآخر على الأرض، وتسمى هذه الظاهرة معضلة التوائم.

لقد أوحت ظاهرة التمدد الزمني بأفكار خيالية كثيرة حول السفر في الفضاء، فإذا كان بإمكان سفينة فضائية السفر بسرعات قريبة من سرعة الضوء فإن الرحلات إلى النجوم البعيدة جدًّا قد تصبح ممكنة لأنها ستستغرق بضع سنوات فقط من عمر رواد الفضاء الذين على متنها.

التوسع

1. **احسب** أوجد تمدد الزمن $\frac{t_s}{t_0}$ لزمن دوران الأرض حول الشمس إذا علمت أن $v_{earth} = 10889\ km/s$.
2. **احسب** اشتق معادلة حساب تمدد الزمن t_s.
3. **ناقش** ما الفرق بين تمدد الزمن وزمن الحركة؟

التوسع

1. $v_{earth} = 10889\ km/s$ ، t_0 1.000659376 $= t_s$.
2. استخدم المعادلة $v^2t_s^2+c^2t_0^2 = c^2t_s^2$، وحلها بالنسبة لـ t_s
3. يحدث تمدد الزمن عند قياسه في إطارين مرجعين؛ ثابت ومتحرك. بينما يكون زمن الحركة في الإطار المرجعي نفسه.

الإثراء العلمي

الخلفية النظرية

يعدُّ مفهوم تمدد الزمن إحدى نتائج نظرية أينشتاين في النسبية، والتي تم تأييدها بنتائج آلاف التجارب. ومع أن تمدد الزمن يحدث عند أي إطار إسناد متحرك، إلا أن دلالته فقط عند السرعات التي تم الوصول إليها في مسارعات الجسيمات النووية. والمفهوم أصلًا غير مدرك بالحدس حتى لأولئك الذين فهموه منذ سنوات. لاحظ أن إطار الإسناد لصاروخ مثلًا يخضع لتمدد الزمن أو لنتائج أخرى للنسبية إلا إن ذلك سيكون بسيطًا وغير مؤثر (لن يشعر رواد الفضاء بأي اختلاف).

استراتيجيات التدريس

- راجع مع الطلاب مفاهيم السرعة، والمسافة، وأطر الإسناد .
- إن عمر مفهوم تمدد الزمن حوالي مئة سنة، وتم تأييده بأنواع كثيرة من التجارب، في إحدى التجارب وعندما تم تسريع دقائق تحت ذرية لتصل إلى سرعات قريبة من سرعة الضوء c؛ لوحظ وجود نقص في معدل انحلالها.

المناقشة

حدود السرعة هل يمكن أن تصل سرعة جسم إلى سرعة الضوء ($v = c$)؟ اسأل الطلاب أن يوضحوا لماذا قد تُساوي سرعةُ الجسم سرعةَ الضوء، أو لا تساويها؟ قد تتضمن المناقشة: إذا كان بالإمكان أن تكون سرعة الجسم مساوية لسرعة الضوء فسيؤدي ذلك إلى استكشاف الكثير من الموضوعات المعقدة، مثل الثقوب السوداء و(انحسار) المجرات. وقد درس بعض العلماء المسافات التي تظهر عندها المجرات وهي تنحسر عنا بسرعة أكبر من سرعة الضوء، ومع ذلك فربما يمنعنا تأثير تمدد الزمن، وموقعنا ضمن مجال الجاذبية الأرضية، وسرعتنا النسبية في وجودنا على الأرض – من أن نكون قادرين على قياس هذه الظواهر بشكل دقيق.

مختبر الفيزياء

الزمن المقدر حصة مختبر واحدة.

المهارات العملية القياس، تفسير البيانات وتحليلها، المقارنة، التواصل.

احتياطات السلامة حذّر الطلاب من إسقاط الكتلة على أقدامهم أو أصابعهم. (عليهم ارتداء أحذية مغلقة).

المواد البديلة جهاز بمؤقت إلكتروني (بوابة ضوئية) لقياس الزمن الذي تستغرقه كرة فولاذية عند سقوطها مسافة معينة.

استراتيجيات التدريس

- **شجع الطلاب أن يقيسوا بأكبر درجة دقة ممكنة.**
- **قم بمعايرة أجهزة التوقيت (الساعات) قبل بدء التجربة، وربما ترغب أن تعرض على طلابك كيفية معايرة أجهزة التوقيت.**
- **للحصول على قياسات ملائمة لا تستعمل كومة أوراق مرتفعة جدًا، بل استعمل منها فقط مايكفي لتخفيف أثر سقوط الكرة على الأرض.**

عينة بيانات

الزمن الدوري 1/60 s

الفترة الزمنية	المسافة (cm)	الزمن (s)	المسافة / الزمن (cm/s)
1	1.6	1 / 60	96
2	3.4	2 / 60	1.0×10^2
3	5.6	3 / 60	1.1×10^2
4	8.0	4 / 60	1.2×10^2
5	10.6	5 / 60	127
6	13.6	6 / 60	136
7	16.9	7 / 60	145
8	20.3	8 / 60	152
9	24.1	9 / 60	161
10	28.1	10 / 60	169
11	32.5	11 / 60	177
12	37.0	12 / 60	185
13	41.9	13 / 60	193

مختبر الفيزياء

التسارع الناتج عن الجاذبية الأرضية

تحدث تغيرات طفيفة في مقدار التسارع الناتج عن الجاذبية الأرضية g في مواقع مختلفة على سطح الأرض، حيث تتغير قيمة g بحسب بُعد الموقع عن مركز الأرض. وتُعطى الإزاحة في حالة الحركة وفق تسارع ثابت بالمعادلة التالية:

$$d_f - d_i = v_i (t_f - t_i) + \frac{1}{2} a (t_f - t_i)^2$$

فإذا كانت $t_i = 0$ و $d_i = 0$ فإن الإزاحة تعطى بالمعادلة: $d_f = v_i t_f + \frac{1}{2} a t_f^2$

وبقسمة طرفي المعادلة على t_f تؤول إلى: $\frac{d_f}{t_f} = v_i + \frac{1}{2} a t_f$

إن ميل المنحنى البياني $\frac{d_f}{t_f}$ مقابل t_f يساوي $\frac{1}{2} a$، والسرعة المتجهة الابتدائية v_i يتم تحديدها بتعيين نقطة تقاطع الخط البياني مع المحور الرأسي. في هذه التجربة ستستخدم المؤقت ذا الشريط لجمع بيانات عن السقوط الحر، والتي ستستعملها في تعيين التسارع الناتج عن الجاذبية الأرضية g.

سؤال التجربة

كيف تتغير قيمة g من مكان إلى آخر؟

الأهداف

- **تقيس** بيانات عن السقوط الحر.
- **ترسم** منحنى (السرعة المتجهة - الزمن) وتستخدمه.
- **تقارن** بين قيم g في مواقع مختلفة.

احتياطات السلامة

- **ابتعد** عن الأجسام في أثناء سقوطها.

المواد والأدوات

شريط ورقي للمؤقت	ورق جرائد
شريط لاصق	مؤقت ذو شريط
كتلة 1 kg	ماسك على شكل حرف C

الخطوات

1. ثبّت المؤقت في حافة طاولة المختبر بالماسك C.
2. إذا كان المؤقت يحتاج إلى معايرة فاتبع تعليمات المعلم أو ورقة التعليمات الخاصة بالجهاز. عين الزمن الدوري للمؤقت ثم سجّله في جدول البيانات.
3. ضع كومة من ورق الجرائد على أرضية المختبر مباشرة تحت المؤقت بحيث تصطدم بها الكتلة عندما تسقط سقوطًا حرًّا؛ وذلك حتى لا تتلف الأرضية.
4. اقطع 70 cm تقريبًا من شريط المؤقت، وأدخل طرفه في المؤقت، واربط الطرف الآخر بالكتلة 1 kg باستخدام الشريط اللاصق.
5. أمسك الكتلة عند حافة الطاولة بمحاذاة المؤقت.
6. شغل المؤقت واترك الكتلة تسقط سقوطًا حرًّا.
7. افحص الشريط الورقي للمؤقت للتأكد من وجود نقاط ظاهرة عليه، ومن عدم وجود انقطاعات (فراغات) في النقاط المتسلسلة المطبوعة عليه. إذا ظهر في الشريط أي خلل، فكرّر الخطوات 6-4 باستعمال قطعة أخرى من شريط المؤقت.

جدول البيانات			
الزمن الدوري (s)			
الفترة الزمنية	المسافة (cm)	الزمن (s)	السرعة (cm/s)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			

8. اختر نقطة بالقرب من بداية الشريط على بُعد بضعة سنتمترات من النقطة التي بدأ المؤقت عندها تسجيل النقاط، واكتب عندها الرقم صفر "0". أكمل ترقيم النقاط على التوالي بالأرقام 1, 2, 3, 4, 5 حتى تصل قرب نهاية الشريط، حيث توقفت الكتلة عن السقوط الحر. (إذا توقف ظهور النقاط أو بدأت المسافة بينها بالتناقص فهذا يعني أن الكتلة اصطدمت بالأرض).
9. قس المسافة الكلية إلى أقرب ملمتر من نقطة الصفر إلى كل نقطة مرقمة، وسجلها في الجدول. وباستخدام الزمن الدوري للمؤقت، سجل الزمن الكلي المرتبط مع كل قياس للمسافة.

التحليل

1. **استعمل الأرقام** احسب قيم السرعة وسجلها في جدول البيانات.
2. **أنشئ الرسوم البيانية واستخدمها** ارسم منحنى (السرعة المتجهة–الزمن)، ثم ارسم الخط البياني الأكثر ملاءمة لبياناتك.
3. احسب ميل الخط البياني، وحوّل النتيجة إلى وحدة m/s^2.

الاستنتاج والتطبيق

1. تذكّر أن ميل خط منحنى (السرعة المتجهة– الزمن) يساوي $\frac{1}{2}a$، واحسب التسارع الناتج عن الجاذبية الأرضية.
2. أوجد الخطأ النسبي في القيمة التجريبية لـ g مقارنة بالقيمة المقبولة لها $9.80\ m/s^2$. علمًا بأن:

$$\text{الخطأ النسبي} = \frac{\text{القيمة المقبولة} - \text{القيمة التجريبية}}{\text{القيمة المقبولة}} \times 100\%$$

3. كم كان مقدار السرعة الابتدائية v_i للكتلة عندما بدأت قياس المسافة والزمن؟

التوسع في البحث

ما الفائدة من بدء القياس من نقطة تبعد بضعة سنتمترات عن بداية شريط المؤقت بدلاً من بدئه من أول نقطة على الشريط؟

الفيزياء في الحياة

لماذا يقوم مصممو عربات السقوط الحر في مدن الألعاب (الملاهي) بتصميم مسارات خروج تنحني تدريجيًا في اتجاه الأرض؟ لماذا يكون هناك امتداد للمسار المستقيم؟

التواصل

تواصل مع الآخرين حول القيمة المتوسطة لـ g. ارجع إلى الموقع الالكتروني obeikaneducation.com، سجل اسم مدرستك، واسم المدينة، والمنطقة، والارتفاع عن سطح البحر، والقيمة المتوسطة لـ g في صفك. احصل على خريطة للمنطقة وأخرى للدولة. وباستعمال البيانات المرسلة على الموقع الالكتروني من قبل طلاب آخرين، دوّن قيم g في المواقع المناسبة على الخريطتين. هل تلاحظ أي تغييرفي التسارع الناتج عن الجاذبية الأرضية نتيجة الاختلاف في الموقع والمنطقة والارتفاع؟

الفيزياء عبر المواقع الإلكترونية

لمزيد من المعلومات عن الحركة المتسارعة ارجع إلى شبكة الإنترنت أو قم بزيارة الموقع الإلكتروني obeikaneducation.com

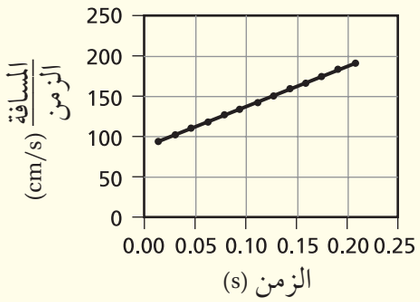
تجربة استقصاء بديلة

لتحويل هذه التجربة إلى تجربة استقصائية اطلب إلى الطلاب حساب التسارع الناتج عن الجاذبية الأرضية(g) باستخدام جرس التوقيت Spark timer والمعادلة:

$$d_f - d_i = v_i (t_f - t_i) + \frac{1}{2} a (t_f - t_i)^2$$

دع الطلاب يختبروا طرائق استخدام جرس التوقيت قبل كتابة الخطوات. فمثلاً: إذا اختار الطلاب قياس المسافة لحظة سقوط الكتلة فستصبح $v_i = 0$ مما يبسّط المعادلة السابقة. يبتكر بعض الطلاب طريقة مشابهة للطريقة المعروضة في هذا المختبر، في حين يختار البعض الآخر استكشاف g باستخدام $v_i = 0$. اطلب إلى كل مجموعة أن تقارن نتائجها وأساليبها بنظيراتها في المجموعات الأخرى.

التحليل

1. انظر جدول عينة البيانات.
2. 

3. ميل الخط البياني يساوي

$$= \frac{192.4\ cm/s - 112 cm/s}{13/60\ s - 3/60\ s}$$

$$= 482\ cm/s^2$$

$$= 4.82\ m/s^2$$

الاستنتاج والتطبيق

1. $g = (2)(4.82\ m/s^2) = 9.64\ m/s^2$
2. النسبة المئوية للخطأ:

$$= \frac{9.80\ m\ s^2 - 9.64\ m\ s^2}{9.80\ m/s^2} \times 100$$

$$= 1.63\ \%$$

3. من خلال التقاطع مع المحور الصادي للرسم البياني: $v_i = 0.83\ m/s$

التوسع في البحث

ستختلف الإجابات وربما تشتمل على تفسيرات مثل: "تم تقليل الخطأ بعدم استخدام بداية شريط المؤقت، والذي ربما يكون قد اهتز بشدة عند بداية السقوط"، أو مثل:"لأن النقاط تكون متقاربة جدًا عند البداية مما يشكّل صعوبة في عدها بشكل صحيح". أو مثل: "هناك تأخر في الزمن ما بين عمل النقطة وسقوط الكتلة، مما يسبب خطأ صغيرًا".

الفيزياء في الحياة

يقلل الجزء المنحني التسارع تدريجيًا. كما تكتسب العربة تسارعًا سالبًا في الجزء المستقيم لمسار الخروج والذي يسبب بدوره إبطاء اندفاعها السريع. وبهذا يحول كلا الجزأين دون حدوث انخفاض مفاجئ في سرعة العربة مما قد يسبب إصابات لركابها.

المفاهيم الرئيسة

يمكـن أن يسـتخدم الطلاب العبـارات التلخيصية لمراجعة المفاهيم الرئيسة في الفصل.

قم بزيارة الموقع الإلكتروني التالي:
www.obeikaneducation.com

الفصل 3
دليل مراجعة الفصل

3–1 التسارع (العجلة) Acceleration

المفردات

- منحنى (السرعة المتجهة –الزمن)
- التسارع
- التسارع المتوسط
- التسارع اللحظي

المفاهيم الرئيسة

- يمكن استخدام منحنى (السرعة المتجهة–الزمن) لإيجاد سرعة جسم وتسارعه.
- يمكن استخدام كلٍّ من منحنيات (السرعة المتجهة–الزمن) والمخططات التوضيحية للحركة لتحديد إشارة تسارع الجسم.
- عندما تتغير سرعة جسم بمعدل منتظم يكون له تسارع ثابت.
- التسارع المتوسط لجسم يساوي ميل الخط البياني لمنحنى السرعة المتجهة–الزمن. $\overline{\boldsymbol{a}} = \frac{\Delta \boldsymbol{v}}{\Delta t} = \frac{\boldsymbol{v}_f - \boldsymbol{v}_i}{t_f - t_i}$
- تدل متجهات التسارع المتوسط في مخطط الحركة على مقدار واتجاه التسارع المتوسط خلال فترة زمنية ما.
- عندما يكون التسارع والسرعة في الاتجاه نفسه تزداد سرعة الجسم، وعندما يكونان متعاكسين في الاتجاه تتناقص سرعته.
- التسارع اللحظي هو التغير في السرعة عند لحظة زمنية محددة.

3–2 الحركة بتسارع ثابت Motion with Constant Acceleration

المفاهيم الرئيسة

- إذا عُلم التسارع الثابت لجسم خلال فترة زمنية ما أمكن إيجاد التغير في السرعة المتجهة خلال هذا الزمن. $\boldsymbol{v}_f = \boldsymbol{v}_i + \boldsymbol{a}\,\Delta t$
- المساحة تحت منحنى (السرعة المتجهة –الزمن) لجسم متحرك تساوي مقدار إزاحته.
- في الحركة بتسارع ثابت، تربط العلاقة $\boldsymbol{d}_f = \boldsymbol{d}_i + \boldsymbol{v}_i\, t_f + \frac{1}{2}\boldsymbol{a}\,\Delta t_f^{\,2}$ بين الموقع والسرعة المتجهة والتسارع والزمن.
- يمكن إيجاد السرعة المتجهة لجسم يتحرك بتسارع ثابت باستخدام المعادلة:

$$v_f^2 = v_i^2 + 2\,\boldsymbol{a}\,(\boldsymbol{d}_f - \boldsymbol{d}_i)$$

3–3 السقوط الحر Free Fall

المفردات

- التسارع الناتج عن الجاذبية الأرضية
- السقوط الحر

المفاهيم الرئيسة

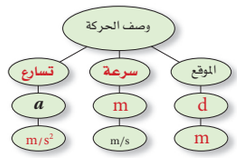
- التسارع الناتج عن الجاذبية الأرضية يساوي $9.80\ m/s^2$ في اتجاه الأسفل، وتعتمد إشارته في المعادلات على النظام الإحداثي الذي تم اختياره.
- تستخدم معادلات الحركة بتسارع ثابت في حل مسائل تتضمن الأجسام التي تسقط سقوطًا حرًّا.

الفيزياء عبر المواقع الإلكترونية لمزيد من الاختبارات القصيرة ارجع إلى الموقع الإلكتروني www.obeikaneducation.com

الفصل 3 التقويم

خريطة المفاهيم

50. أكمل خريطة المفاهيم أدناه باستخدام الرموز والمصطلحات التالية: m، v، m/s^2، d، التسارع، السرعة المتجهة.



إتقان المفاهيم

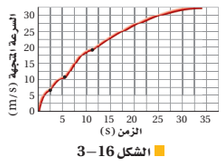
51. ما العلاقة بين السرعة المتجهة والتسارع؟(1-3)

52. أعط مثالاً على كل مما يلي: (1-3)

a. جسم تتناقص سرعته وله تسارع موجب.

b. جسم تتزايد سرعته، و له تسارع سالب.

53. يبين **الشكل 16-3** منحنى (السرعة المتجهة-الزمن) لسيارة تتحرك على طريق. صف كيف تتغير السرعة المتجهة مع الزمن. (1-3)



الشكل 16-3

54. ماذا يمثل ميل المماس لمنحنى (السرعة المتجهة-الزمن)؟ (1-3)

55. هل يمكن أن يكون لسيارة تتحرك على طريق عام سرعة متجهة سالبة وتسارع موجب في الوقت نفسه؟ وضح ذلك. وهل يمكن أن تتغير إشارة السرعة المتجهة لسيارة في أثناء حركتها بتسارع ثابت؟ وضح ذلك. (1-3)

56. هل يمكن أن تتغير السرعة المتجهة لجسم عندما يكون تسارعه ثابتًا؟ إذا أمكن ذلك فأعط مثالًا، وإذا لم يمكن فوضح ذلك. (1-3)

57. إذا كان منحنى (السرعة المتجهة-الزمن) لجسم ما خطًّا مستقيمًا يوازي محور الزمن t، فماذا يمكن أن تستنتج عن تسارع الجسم؟ (1-3)

58. ماذا تمثل المساحة تحت منحنى (السرعة المتجهة-الزمن)؟ (2-3)

59. اكتب معادلات كل من الموقع والسرعة المتجهة والزمن لجسم يتحرك وفق تسارع ثابت. (2-3)

60. عند إسقاط كرتين متماثلتين في الحجم إحداهما من الألومنيوم والأخرى من الفولاذ، من الارتفاع نفسه، فإنهما تصلان سطح الأرض عند اللحظة نفسها. لماذا؟ (3-3)

61. اذكر بعض الأمثلة على أجسام تسقط سقوطًا حرًّا ولا يمكن إهمال تأثير مقاومة الهواء فيها. (3-3)

62. اذكر بعض الأمثلة لأجسام تسقط سقوطًا حرًّا ويمكن إهمال تأثير مقاومة الهواء عليها. (3-3)

تطبيق المفاهيم

63. هل للسيارة التي تتباطأ تسارع سالب دائمًا؟ فسر إجابتك.

64. تتدحرج كرة كريكيت بعد ضربها بالمضرب، ثم تتباطأ وتتوقف. هل لسرعة الكرة المتجهة وتسارعها الإشارة نفسها؟

65. إذا كان تسارع جسم يساوي صفرًا فهل هذا يعني أن سرعته المتجهة تساوي صفرًا؟ أعط مثالًا.

66. إذا كانت السرعة المتجهة لجسم عند لحظة ما تساوي

خريطة المفاهيم

50. انظر خريطة المفاهيم العلوية من كتاب الطالب والمتضمنة في هذا الدليل.

إتقان المفاهيم

51. التسارع هو التغير في السرعة المتجهة مقسومًا على الفترة الزمنية الذي حدث فيها التغير: أي معدل التغير في السرعة المتجهة.

52. a. سيارة تتحرك إلى الخلف بسرعة متناقصة، باعتبار الاتجاه إلى الأمام موجبًا.

b. سيارة تتحرك إلى الخلف بسرعة متزايدة في النظام الإحداثي نفسه.

53. تبدأ السيارة حركتها من السكون وتزيد من سرعتها. ومع ازدياد سرعة السيارة يغير السائق ناقل الحركة (الجير).

54. التسارع اللحظي

55. نعم، تكون السرعة المتجهة للسيارة موجبة أو سالبة حسب اتجاه حركتها من نقطة مرجعية ما. ويكون الجسم خاضعًا لتسارع موجب عندما تزداد سرعته في الاتجاه الموجب، أو عندما تنقص سرعته في الاتجاه السالب. ويمكن أن تتغير إشارة سرعة السيارة في أثناء حركتها بتسارع ثابت. فمثلًا، ربما تكون متحركة في اتجاه اليمين، بينما التسارع في اتجاه اليسار. تخفض السيارة من سرعتها، ثم تتوقف، ثم تأخذ بالتسارع في اتجاه اليسار.

56. نعم، يمكن أن تتغير السرعة المتجهة للجسم عندما يكون تسارعه ثابتًا. مثال: إسقاط كتاب. كلما زاد زمن السقوط، ازدادت سرعته أكثر، ويبقى التسارع g ثابتًا.

57. عندما يكون منحنى (السرعة المتجهة-الزمن) خطًّا مستقيمًا موازيًا لمحور الزمن t فإن التسارع يكون صفرًا.

58. التغير في الإزاحة.

59.
$$d_f = \left(\frac{v_f + v_i}{2}\right) t_f$$
$$v_f = v_i + at_f$$
$$t_f = \frac{(v_f - v_i)}{a}$$

60. تتسارع الأجسام جميعها في اتجاه الأرض بالمقدار نفسه.

61. ستختلف إجابات الطلاب. بعض الأمثلة: ورق، مظلة هبوط، أوراق الشجر، الريش.

62. ستختلف إجابات الطلاب. بعض الأمثلة: كرة فولاذية. صخرة، وشخص يسقط من ارتفاع منخفض.

تطبيق المفاهيم

63. لا، إذا كان المحور الموجب يشير في اتجاه يعاكس السرعة المتجهة فإن التسارع سيكون موجبًا.

64. لا، لأن لهما إشارتين مختلفتين.

65. لا، عندما تكون السرعة ثابتة فإن التسارع يساوي صفرًا.

66. لا، عندما تتدحرج الكرة صاعدة تلة، تكون سرعتها المتجهة لحظة تغير اتجاه تدحرجها صفرًا ولكن تسارعها لا يساوي صفرًا.

التقويم

67. أرسم منحنى (السرعة المتجهة–الزمن) وألاحظ فيما إذا كان المنحنى خطًّا مستقيمًا، أو أحسب التسارع باستخدام $\boldsymbol{a} = \frac{\Delta \boldsymbol{v}}{\Delta t}$ وأقارن بين الإجابات لأرى إذا كانت متساوية.

68. تتزايد السرعة في البداية بشكل مطّرد، ثم تتزايد ببطء. ويكون التسارع كبيرًا عند البداية، ولكنه يتناقص كلما ازدادت السرعة المتجهة للجسم. وأخيرًا، فمن الضروري للسائق أن ينقل ناقل الحركة (الجير) إلى الغيار الثاني، ويكون التسارع أصغر قبل لحظة تغيير ناقل الحركة؛ لأن الميل يكون أقل عند هذه النقطة على المنحنى. وعند كل مرة يغير السائق ناقل الحركة وتُعشّق التروس، يزداد التسارع و يزداد ميل المنحنى.

69. يكون التسارع أكبر ما يمكن في الفترة الزمنية التي تبدأ من $t = 0$ وتنتهي عند $t = \frac{1}{2}$ s وأقل ما يمكن عند $t = 33$ s.

70. أتحرك في الاتجاه الموجب بسرعة ثابتة، ثم أتحرك في الاتجاه الموجب بسرعة متزايدة لزمن قصير، أستمر في السير بسرعة متوسطة لفترة زمنية تساوي ضعفي الفترة السابقة، وأخفض سرعتي لفترة زمنية قصيرة ثم أتوقف. وأستمر في التوقف، ثم أستدير إلى الخلف، وأكرر الخطوات حتى أصل إلى الموقع الأصلي.

71. انظر دليل حلول المسائل.

72. تحرّك كلا الجسمين مقدار الإزاحة نفسها، حيث يرتفع الجسم الذي قذف رأسيًّا إلى أعلى إلى الارتفاع نفسه الذي سقط منه الجسم الآخر.

73. a. ستصطدم الكرة بسطح القمر بسرعة أقل لأن التسارع الناتج عن الجاذبية الأرضية على سطح القمر أقل.

b. ستستغرق الكرة زمنًا أكبر في سقوطها على سطح القمر.

تقويم الفصل 3

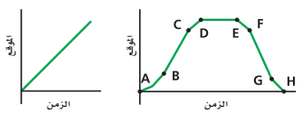
صفرًا فهل من الضروري أن يساوي تسارعه صفرًا؟ أعط مثالًا.

67. إذا أعطيت جدولاً يبين السرعة المتجهة لجسم عند أزمنة مختلفة فكيف يمكنك أن تكتشف ما إذا كان التسارع ثابتًا أم غير ثابت؟

68. تظهر في منحنى (السرعة المتجهة – الزمن) في **الشكل 3–16** ثلاثة مقاطع نتجت عندما غير السائق ناقل الحركة. صف التغيرات في السرعة المتجهة للسيارة وتسارعها في أثناء المقطع الأول. هل التسارع قبل لحظة تغيير الناقل أكبر أم أصغر من التسارع في اللحظة التي تلي التغيير؟ وضح إجابتك.

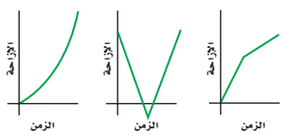
69. استخدم الرسم البياني في **الشكل 3–16** لتعيين الفترة الزمنية التي يكون التسارع خلالها أكبر ما يمكن، والفترة الزمنية التي يكون التسارع خلالها أصغر ما يمكن.

70. وضح كيف تسير بحيث تمثل حركتك كلًّا من منحنيي (الموقع–الزمن) الموضحين في **الشكل 3–17**.



الشكل 3–17

71. ارسم منحنى (السرعة المتجهة–الزمن) لكل من الرسوم البيانية في **الشكل 3–18**.



الشكل 3–18

72. قذف جسم رأسيًّا إلى أعلى فوصل أقصى ارتفاع له بعد مضي 7.0 s، وسقط جسم آخر من السكون فاستغرق 7.0 s للوصول إلى سطح الأرض. قارن بين إزاحتي الجسمين خلال هذه الفترة الزمنية.

73. التسارع الناتج عن جاذبية القمر ($\boldsymbol{g}_{\text{القمر}}$) يساوي $\frac{1}{6}$ التسارع الناتج عن الجاذبية الأرضية ($\boldsymbol{g}$).

a. إذا أسقطت كرة من ارتفاع ما على سطح القمر، فهل تصطدم بسطح القمر بسرعة أكبر أم مساوية أم أقل من سرعة الكرة نفسها إذا أسقطت من الارتفاع نفسه على سطح الأرض؟

b. هل الزمن الذي تستغرقه الكرة لتصل إلى سطح القمر أكبر، أم أقل، أم مساوٍ للزمن الذي تستغرقه للوصول إلى سطح الأرض؟

74. لكوكب المشتري ثلاثة أمثال التسارع الناتج عن الجاذبية الأرضية تقريبًا. افترض أن كرة قذفت رأسيًّا بالسرعة المتجهة الابتدائية نفسها على كل من الأرض والمشتري، مع إهمال تأثير مقاومة الغلاف الجوي للأرض وللمشتري، وبافتراض أن قوة الجاذبية هي القوة الوحيدة المؤثرة في الكرة:

a. قارن بين أقصى ارتفاع تصله الكرة على كل من المشتري والأرض.

b. إذا قذفت الكرة على المشتري بسرعة متجهة ابتدائية تساوي ثلاثة أمثال السرعة المتجهة في الفقرة **a**، فكيف يؤثر ذلك في إجابتك؟

75. أسقطت الصخرة A من تل، وفي اللحظة نفسها قذفت الصخرة B إلى أعلى من الموقع نفسه:

a. أي الصخرتين ستكون سرعتها المتجهة أكبر لحظة الوصول إلى أسفل التل؟

b. أي الصخرتين لها تسارع أكبر؟

c. أيهما تصل أولًا؟

74. a. العلاقة عكسية بين $\boldsymbol{d}$ ، $\boldsymbol{g}$

$$\boldsymbol{d}_f = \frac{(\boldsymbol{v}_f^2 - \boldsymbol{v}_i^2)}{2\boldsymbol{g}}$$

فإذا ازدادت ($\boldsymbol{g}$) بثلاثة أضعاف، أو:

$$\boldsymbol{d}_f = \frac{(\boldsymbol{v}_f^2 - \boldsymbol{v}_i^2)}{2(3\boldsymbol{g})}$$

فإن $\boldsymbol{d}_f$ تتغير بمقدار $\frac{1}{3}$؛ ولذلك فإن أقصى ارتفاع للكرة على المشتري = $\frac{1}{3}$ أقصى ارتفاع للكرة على الأرض.

b. من العلاقة السابقة $\boldsymbol{d}_f = \frac{(\boldsymbol{v}_f^2 - \boldsymbol{v}_i^2)}{2\boldsymbol{g}}$ وعندما تكون $\boldsymbol{v}_f = 0$ m/s، فإن أقصى ارتفاع على الأرض يكون $\boldsymbol{d}_f = \frac{-\boldsymbol{v}_i^2}{2\boldsymbol{g}}$. أما على المشتري – حيث التسارع يساوي ثلاثة أمثال تسارع الجاذبية الأرضية– فإذا قُذِفت الكرة بسرعة تساوي $3\ \boldsymbol{v}_i$ يكون أقصى ارتفاع لها هو

$$\boldsymbol{d}_f = \frac{-(3\,\boldsymbol{v}_i)^2}{2(3\,\boldsymbol{g})} = \frac{-9\,\boldsymbol{v}_i^2}{2(3\,\boldsymbol{g})} = \frac{-3\,\boldsymbol{v}_i^2}{2\boldsymbol{g}}$$

أي أنّ أقصى ارتفاع تصل إليه الكرة على المشتري يساوي ثلاثة أمثال أقصى ارتفاع تصل إليه على الأرض

75. a. ستصطدم الصخرة B بالأرض بسرعة أكبر.

b. لهما التسارع نفسه (التسارع الناتج عن الجاذبية الأرضية).

c. الصخرة A.

التقويم

تقويم الفصل 3

إتقان حل المسائل

3–1 التسارع

76. تحركت سيارة مدة 2.0 h بسرعة 40.0 km/h، ثم تحركت مدة 2.0 h أخرى بسرعة 60.0 km/h وفي الاتجاه نفسه.

a. ما السرعة المتوسطة للسيارة؟

b. ما السرعة المتوسطة للسيارة إذا قطعت مسافة 1.0×10^2 km بسرعة 40.0 km/h ومسافة 1.0×10^2 km أُخرى بسرعة 60.0 km/h؟

77. أوجد التسارع المنتظم الذي يسبب تغيرًا في سرعة سيارة من 32 m/s إلى 96 m/s خلال فترة زمنية مقدارها 8.0 s.

78. سيارة سرعتها المتجهة 22 m/s تسارعت بانتظام بمقدار $1.6\ m/s^2$ مدة 6.8 s. ما سرعتها المتجهة النهائية؟

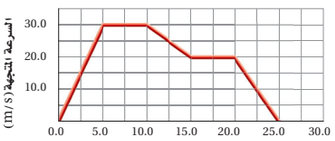
79. بالاستعانة بالشكل **19–3** أوجد تسارع الجسم المتحرك في الأزمنة التالية:

a. خلال الثواني الخمس الأولى من الرحلة (5.0 s).

b. بين 5.0 s و 10.0 s

c. بين 10.0 s و 15.0 s

d. بين 20.0 s و 25.0 s



الشكل 19–3

80. احسب السرعة المتجهة النهائية لبروتون سرعته المتجهة الابتدائية 2.35×10^5 m/s تم التأثير فيه بمجال كهربائي، بحيث يتسارع بانتظام بمقدار $(-1.10 \times 10^{12}\ m/s^2)$ مدة 1.50×10^{-7} s.

81. ارسم منحنى (السرعة المتجهة–الزمن) باستخدام البيانات في **الجدول 4–3**، وأجب عن الأسئلة التالية:

a. خلال أي الفترات الزمنية:

- تزداد سرعة الجسم.
- تقل سرعة الجسم.

b. متى يعكس الجسم اتجاه حركته؟

c. كيف يختلف التسارع المتوسط للجسم في الفترة الزمنية بين 0.0 s و 2.0 s عن التسارع المتوسط في الفترة الزمنية بين 7.0 s و 12.0 s؟

الجدول 4–3

السرعة المتجهة - الزمن

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

82. يمكن زيادة سرعة السيارة A من 0 m/s إلى 17.9 m/s خلال 4.0 s، والسيارة B من 0 m/s إلى 22.4 m/s خلال 3.5 s، والسيارة C من 0 m/s إلى 26.8 m/s خلال 6.0 s. رتب السيارات الثلاث من الأكبر إلى الأقل تسارعًا، مع الإشارة إلى العلاقة التي قد تربط بين تسارع كل منها.

إتقان حل المسائل

3 – 1 التسارع

المستوى 1

76. a. 50 km/h

b. 48 km /h

77. $8.0\ m/s^2$

78. 33 m/s

79. a. $6.0\ m/s^2$

b. $0.0\ m/s^2$

c. $-2.0\ m/s^2$

d. $-4.0\ m/s^2$

80. 7.0×10^4 m/s

المستوى 2

81. a. يزيد الجسم سرعته خلال الفترة من 0.0 s حتى 4.0 s، وبين 10.0 s حتى 12.0 s. ويخفض سرعته من 5.0 s إلى 10.0 s.

b. عند 10.0 s

c. بين 0.0 s و 2.0 s التسارع $4.0\ m/s^2$، وبين 7.0 s و 12.0 s التسارع $-4.0\ m/s^2$

المستوى 3

82. للسيارة B أكبر تسارع $6.4\ m/s^2$. وباستخدام الأرقام المعنوية، السيارة A، والسيارة C ترتبطان بتسارع $4.5\ m/s^2$.

التقويم

83. a. 607 m/s

b. (1.83) مضروبًا في سرعة الصوت.

3 – 2 الحركة بتسارع ثابت

المستوى 1

84. a. 75 m

b. 150 m

c. 125 m

d. 5.0×10^2 m

المستوى 2

85. 180 m/s

86. 43 m، 43 m

87. a. 1.4×10^2 m

b. 550 m ، وهي تساوي أربعة أضعاف المسافة في الفرع a.

المستوى 3

88. 1.6×10^3 m

89. 6.0×10^1 m/s

90. a. 5.0×10^1 m، نعم، ستصطدم بالحاجز.

b. 22 m/s

3 – 3 السقوط الحر

المستوى 1

91. 1.2 s

92. −78.4 m/s إلى الأسفل، -3.1×10^2 m.

93. 7.3 m/s

94. 7.3 m/s

95. a. 6.2 m

b. 11 m /s

تقويم الفصل 3

83. تطير طائرة نفاثة بسرعة 145 m/s وفق تسارع ثابت مقداره $23.1\ m/s^2$ لمدة 20.0 s.

a. ما سرعتها النهائية؟

b. إذا كانت سرعة الصوت في الهواء 331 m/s فما سرعة الطائرة بدلالة سرعة الصوت؟

3–2 الحركة بتسارع ثابت

84. استعن بالشكل **19–3** لإيجاد الإزاحة المقطوعة خلال الفترات الزمنية الآتية:

a. $t = 0.0$ s إلى $t = 5.0$ s

b. $t = 5.0$ s إلى $t = 10.0$ s

c. $t = 10.0$ s إلى $t = 15.0$ s

d. $t = 0.0$ s إلى $t = 25.0$ s

85. بدأ متزلج حركته من السكون بتسارع مقداره $49\ m/s^2$، ما سرعته عندما يقطع مسافة 325 m؟

86. تتحرك سيارة بسرعة متجهة 12 m/s صاعدة تلًّا بتسارع ثابت $(-1.6\ m/s^2)$. ما إزاحتها بعد 6 s وبعد 9 s؟

87. تتباطأ سيارة سباق بمقدار ثابت $(11\ m/s^2)$. أجب عما يأتي:

a. إذا كانت السيارة منطلقة بسرعة 55 m/s، فما المسافة التي تقطعها بالأمتار قبل أن تقف؟

b. ما المسافة التي تقطعها السيارة قبل أن تقف إذا كانت سرعتها مثلَي السرعة السابقة؟

88. ما المسافة التي تطيرها طائرة خلال 15 s، بينما تتغير سرعتها المتجهة بمعدل منتظم من 145 m/s إلى 75 m/s ؟

89. تتحرك سيارة شرطة من السكون بتسارع ثابت مقداره $7.0\ m/s^2$، لتلحق بسيارة تتجاوز حد السرعة المسموح به وتسير بسرعة منتظمة مقدارها 30.0 m/s. كم تكون سرعة سيارة الشرطة عندما تلحق بالسيارة المخالفة؟

90. شاهد سائقُ سيارةٍ تسير بسرعة 90.0 km/h فجأة أضواءَ حاجز على بُعد 40.0 m أمامه. فإذا استغرق السائق 0.75 s حتى يضغط على الفرامل، وكان التسارع المتوسط للسيارة في أثناء ضغطه على الفرامل $(-10.0\ m/s^2)$:

a. فحدد ما إذا كانت السيارة ستصطدم بالحاجز أم لا؟

b. ما أقصى سرعة يمكن أن تسير بها السيارة دون أن تصطدم بالحاجز؟ (بافتراض أن التسارع لم يتغير).

3–3 السقوط الحر

91. أسقط رائد فضاء ريشة من نقطة على ارتفاع 1.2 m فوق سطح القمر. إذا كان تسارع الجاذبية على سطح القمر $1.62\ m/s^2$، فما الزمن الذي تستغرقه الريشة حتى تصطدم بسطح القمر؟

92. يسقط حجر سقوطًا حرًّا. ما سرعته بعد 8.0 s؟ وما إزاحته؟

93. قذفت كرة بسرعة 2.0 m/s رأسيًّا إلى أسفل من نافذة منزل. ما سرعتها حين تصل إلى رصيف المشاة الذي يبعد 2.5 m أسفل نقطة القذف؟

94. في السؤال السابق، إذا قذفت الكرة رأسيًّا إلى أعلى بدلاً من الأسفل فما السرعة التي تصل بها الكرة إلى الرصيف؟

95. إذا قذفت كرة مضرب في الهواء والتقطتها بعد 2.2 s ، فأجب عما يأتي:

a. ما الارتفاع الذي وصلت إليه الكرة؟

b. ما السرعة المتجهة الابتدائية للكرة؟

تقويم الفصل 3

مراجعة عامة

96. تتحرك سفينة فضائية بتسارع ثابت وتتغير سرعتها من 65.0 m/s إلى 162.0 m/s خلال 10.0 s. ما المسافة التي ستقطعها؟

97. يبين **الشكل 20–3** صورة ستروبية لكرة تتحرك أفقيًّا. ما المعلومات التي تحتاج إليها حول الصورة؟ وما القياسات التي ستجريها حتى تقدر التسارع؟

■ **الشكل 20–3**

98. يطير بالون أرصاد جوية على ارتفاع ثابت فوق سطح الأرض. سقطت منه بعض الأدوات واصطدمت بالأرض بسرعة متجهة (−73.5 m/s). ما الارتفاع الذي سقطت منه هذه الأدوات؟

99. يبين **الجدول 5–3** المسافة الكلية التي تتدحرجها كرة إلى أسفل مستوى مائل في أزمنة مختلفة.

الجدول 5–3

المسافة - الزمن	
الزمن (s)	المسافة (m)
0.0	0.0
1.0	2.0
2.0	8.0
3.0	18.0
4.0	32.0
5.0	50.0

a. مثِّل بيانيًّا العلاقة بين الموقع والزمن.

b. احسب المسافة التي تدحرجتها الكرة بعد مرور 2.2 s.

100. تتغير سرعة سيارة خلال فترة زمنية مقدارها 8.0 s كما يبين **الجدول 6–3**.

a. مثِّل بيانيًّا العلاقة بين السرعة المتجهة–الزمن.

b. ما إزاحة السيارة خلال ثواني ثوان ؟

c. أوجد ميل الخط البياني بين الثانية $t = 0.0\ s$ و $t = 4.0\ s$. ماذا يمثل هذا الميل؟

d. أوجد ميل الخط البياني بين $t = 5.0\ s$ و $t = 7.0\ s$. ما الذي يدل عليه هذا الميل؟

الجدول 6–3

السرعة المتجهة - الزمن	
الزمن (s)	السرعة المتجهة (m/s)
0.0	0.0
1.0	4.0
2.0	8.0
3.0	12.0
4.0	16.0
5.0	20.0
6.0	20.0
7.0	20.0
8.0	20.0

101. توقفت شاحنة عند إشارة ضوئية، وعندما تحولت الإشارة إلى اللون الأخضر تسارعت الشاحنة بمقدار $2.5\ m/s^2$، وفي اللحظة نفسها تجاوزتها سيارة تتحرك بسرعة منتظمة 15 m/s. أين ومتى ستلحق الشاحنة بالسيارة؟

102. ترتفع طائرة مروحية رأسيًّا بسرعة 5.0 m/s عندما سقط كيس من حمولتها. إذا وصل الكيس سطح الأرض خلال 2 s فاحسب:

a. سرعة الكيس المتجهة لحظة وصوله الأرض.

b. المسافة التي قطعها الكيس.

c. بُعد الكيس عن الطائرة لحظة وصوله سطح الأرض.

مراجعة عامة

96. $1.14 \times 10^3\ m$

97. تحتاج أن تعرف الزمن بين الومضات والمسافة بين أول صورتين، والمسافة بين آخر صورتين. وتحصل من هذه على سرعتين متجهتين. توجد بين هاتين السرعتين فترة زمنية t ثانية.
اقسم الفرق بين السرعتين على الزمن t.

98. $-276\ m$

99. **a.** انظر دليل حلول المسائل.

b. 10 m

100. **a.** انظر دليل حلول المسائل.

b. 110 m

c. $4\ m/s^2$، تسارع

d. التسارع صفر، يدل على أن السرعة ثابتة.

101. تلحق بها بعد 12 s وعلى بعد 180 m من الإشارة.

102. **a.** $-15\ m/s$ (باعتبار $\boldsymbol{a} = -\boldsymbol{g}$)

b. $1.0 \times 10^1\ m$

c. $2.0 \times 10^1\ m$ أسفل المروحية.

التقويم

التفكير الناقد

103. ستكون تجارب الطلاب مختلفة، وعليهم أن يجدوا أن أي تغير للكتلة المتحركة فوق حافة الطاولة لن يغير المسافة التي تتحركها العربة؛ لأن التسارع دائمًا متساوٍ ويساوي g.

104. سيكون التغير في السرعة متساويًا وبالتالي التسارع.

105.a. القطار السريع 216 m، القطار المحلي 232 m. وعلى هذا الأساس لن يحدث تصادم.

b. انظر دليل حلول المسائل.

الكتابة في الفيزياء

106. ستختلف إجابات الطلاب. يجب أن تتضمن الإجابات ما توصل إليه هبة الله بن ملك البغدادي من علاقة بين القوة والسرعة فقد توصل إلى أنه كلما زادت قوة الدفع زادت سرعة الجسم المتحرك، وقصر الزمن لقطع المسافة المحددة. وقد قام بتصحيح الخطأ الذي وقع فيه أرسطو عندما قال بسقوط الأجسام الثقيلة أسرع من الأجسام الخفيفة. وقد سبق جاليليو في إثبات الحقيقة العلمية التي تقضي بأن سرعة الجسم الساقط سقوطًا حرًّا تحت تأثير الجاذبية الأرضية لا تعتمد على كتلته عندما تخلو الحركة من أية معوقات خارجية.

107. ستختلف الإجابات؛ لأن الناس يمكن أن يلاقوا تأثيرات سلبية، كفقدان الوعي، يحتاج مصممو سكة الحديد الأفعوانية في مدينة الألعاب إلى بناء المنحدرات بطريقة لا تصل فيها العربات إلى تسارعات تسبب فقدان الوعي للراكب. وتصمم بالطريقة نفسها القطارات المقذوفة والمصاعد والطائرات بحيث يتسارع الجسم بشكل كبير جدًّا ليصل إلى سرعة عالية، دون التسبب في إغماء الركاب.

مراجعة تراكمية

108. يشير كل من الرسم البياني والشكل التخطيطي إلى الحركة بسرعة متجهة منتظمة مقدارها 35 m/s وموقع ابتدائي 5.0 m−.

انظر دليل حلول المسائل.

ستختلف إجابات الطلاب في كتابة المسائل.

تقويم الفصل 3

التفكير الناقد

103. صمم تجربة لقياس المسافة التي يتحركها جسم متسارع خلال فترات زمنية متساوية باستخدام الأدوات التالية: كاشف للحركة (CBL) (أو بوابة ضوئية)، وعربة مختبر، وخيط، وبكرة، وماسك على شكل حرف C. ثم ارسم منحنى (السرعة المتجهة- الزمن) ومنحنى (الموقع - الزمن) باستخدام أثقال مختلفة. وضح كيف يؤثر تغيير الثقل في رسمك البياني.

104. أيهما له تسارع أكبر: سيارة تزيد سرعتها من 50 km/h إلى 60 km/h، أم دراجة هوائية تنطلق من 0 km/h إلى 10 km/h خلال الفترة الزمنية نفسها؟ وضح إجابتك.

105. يتحرك قطار سريع بسرعة 36.0 m/s، ثم طرأ ظرف اقتضى تحويل مساره إلى سكة قطار محلي. اكتشف سائق القطار السريع أن أمامه (على السكة نفسها) قطارًا محليًّا يسير ببطء في الاتجاه نفسه وتفصله عن القطار السريع مسافة قصيرة (1.00×10^2 m). لم ينتبه سائق القطار المحلي للكارثة الوشيكة وتابع سيره بالسرعة نفسها، فضغط سائق القطار السريع على الفرامل، وأبطأ سرعة القطار بمعدل ثابت مقداره 3.00 m/s². إذا كانت سرعة القطار المحلي 11.0 m/s فهل يتوقف القطار السريع في الوقت المناسب أم سيتصادمان؟

لحل هذه المسألة اعتبر موقع القطارِ السريع لحظة اكتشاف سائقه القطارَ المحلي نقطةَ أصلٍ. وتذكر دائمًا أن القطار المحلي كان يسبق القطارَ السريع بمسافة 1.00×10^2 m بالضبط، واحسب بُعد كل من القطارين عن نقطة الأصل في نهاية الـ 12.0 s التي يستغرقها القطار السريع حتى يتوقف (التسارع $= -3.00$ m/s²، والسرعة تتغير من 36 m/s إلى 0 m/s).

a. استنادًا إلى حساباتك، هل سيحدث تصادم؟

b. احسب موقع كل قطار عند نهاية كل ثانية بعد المشاهدة. اعمل جدولاً تبين فيه بُعدَ كل من القطارين عن نقطة الأصل في نهاية كل ثانية، ثم اعمل رسمًا بيانيًّا لمنحنى (الموقع- الزمن) لكل من القطارين (رسمين بيانيين على النظام الإحداثي نفسه). استخدم رسمك البياني للتأكد من صحة جوابك في **a**.

الكتابة في الفيزياء

106. ابحث في مساهمات هبة الله بن ملك البغدادي في الفيزياء.

107. ابحث في الحد الأقصى للتسارع الذي يتحمله الإنسان دون أن يفقد وعيه. ناقش كيف يؤثر هذا في تصميم ثلاثٍ من وسائل التسلية أو النقل.

مراجعة تراكمية

108. تصف المعادلة التالية حركة جسم:

$$d = (35.0 \text{ m/s})\,t - 5.0 \text{ m}$$

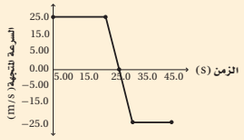
ارسم منحنى (الموقع - الزمن) والمخطط التوضيحي للحركة، ثم اكتب مسألة فيزياء يمكن حلها باستخدام المعادلة.

اختبار مقنن

أسئلة الاختيار من متعدد

اختر رمز الإجابة الصحيحة فيما يلي:

1. تتدحرج كرة إلى أسفل تلّ بتسارع ثابت $2.0\ m/s^2$. فإذا بدأت الكرة حركتها من السكون واستغرقت 4.0 s قبل أن تتوقف، فما المسافة التي قطعتها الكرة قبل أن تتوقف؟
   - (A) 8.0 m
   - (B) 12 m
   - (C) 16 m
   - (D) 20 m
2. ما سرعة الكرة قبل أن تتوقف مباشرة؟
   - (A) 2.0 m/s
   - (B) 8.0 m/s
   - (C) 12 m/s
   - (D) 16 m/s
3. تتحرك سيارة بسرعة ابتدائية 80 km/h، ثم تزداد سرعتها لتصل إلى 110 km/h بعد أن تقطع مسافة 500 m. ما تسارعها المتوسط؟
   - (A) $0.44\ m/s^2$
   - (B) $8.4\ m/s^2$
   - (C) $0.60\ m/s^2$
   - (D) $9.80\ m/s^2$
4. سقط أصيص أزهار من شرفة ترتفع 85 m عن أرضية الشارع. ما الزمن الذي استغرقه في السقوط قبل أن يصطدم بالأرض؟
   - (A) 4.2 s
   - (B) 8.3 s
   - (C) 8.7 s
   - (D) 17 s
5. أسقط متسلق جبال حجرًا، ولاحظ زميله الواقف أسفل الجبل أن الحجر يحتاج إلى 3.20 s حتى يصل إلى سطح الأرض. ما الارتفاع الذي كان عنده المتسلق لحظة إسقاطه الحجر؟
   - (A) 15.0 m
   - (B) 31.0 m
   - (C) 50.0 m
   - (D) 100.0 m
6. اقتربت سيارة منطلقة بسرعة 91.0 km/h من معلم على بُعد 30 m أمامها. فإذا ضغط السائق بقوة على الفرامل واكتسبت السيارة تسارعًا مقداره $-6.40\ m/s^2$، فما المسافة التي تقطعها السيارة حتى تتوقف؟
   - (A) 14.0 m
   - (B) 29.0 m
   - (C) 50.0 m
   - (D) 100.0 m
7. يمثل الرسم البياني التالي حركة شاحنة. ما الإزاحة الكلية للشاحنة؟ افترض أن الاتجاه الموجب نحو الشمال.
   - (A) 150 m جنوبًا
   - (B) 125 m شمالًا
   - (C) 300 m شمالًا
   - (D) 600 m جنوبًا



8. يمكن حساب التسارع اللحظي لجسم يتحرك وفق تسارع متغير بحساب:
   - (A) ميل مماس منحنى (المسافة–الزمن) عند نقطة ما.
   - (B) المساحة تحت منحنى (المسافة–الزمن).
   - (C) المساحة تحت منحنى (السرعة المتجهة–الزمن).
   - (D) ميل المماس لمنحنى (السرعة المتجهة–الزمن).

الأسئلة الممتدة

9. مثّل النتائج في الجدول أدناه بيانيًّا، ثم أوجد من الرسم كلًّا من التسارع والإزاحة بعد 12.0 s:

الزمن (s)	السرعة المتجهة (m/s)
0.00	8.10
6.00	36.9
9.00	51.3
12.00	65.7

✓ إرشاد

الجداول

إذا اشتمل سؤال امتحان على جدول فعليك قراءته. اقرأ العنوان ورؤوس الأعمدة وبدايات الصفوف، ثم اقرأ السؤال وفسّر البيانات الموجودة في الجدول.

سلّم تقدير

يمثّل الجدول الآتي نموذجًا لسلم تقدير إجابات الأسئلة الممتدة.

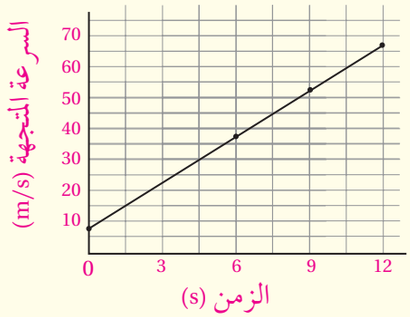
العلامات	الوصف
4	يُظهر الطالب فهمًا كاملًا لموضوع الفيزياء الذي يدرسه، وقد تتضمّن الاستجابة أخطاءً ثانوية لا تعيق إظهار الفهم الكامل.
3	يُظهر الطالب فهمًا للموضوعات الفيزيائية التي درسها. واستجابته صحيحة وتظهر فهمًا أساسيًّا، لكن دون الفهم الكامل للفيزياء.
2	يُظهر الطالب فهمًا جزئيًّا للموضوعات الفيزيائية. وربما استعمل الطريقة الصحيحة للوصول إلى الحلّ، أو قدّم حلًّا صحيحًا، لكن العمل يفتقر إلى استيعاب المفاهيم الفيزيائية الرئيسة.
1	يُظهر الطالب فهمًا محدودًا جدًّا للموضوعات الفيزيائية، والاستجابة غير تامة (ناقصة)، وتظهر أخطاء كثيرة.
0	يقدّم الطالب حلًّا غير صحيح تمامًا، أو لا يستجيب أبدًا.

أسئلة الاختيار من متعدد

1. C	2. B	3. A
4. A	5. C	6. C
7. B	8. D	

الأسئلة الممتدة

9.



$$\text{الميل (m)} = \frac{(36.9)\ m/s - (8.10)\ m/s}{6.00\ s}$$

$$\text{التسارع} = 4.80\ m/s^2$$

$$\text{الإزاحة} = \text{المساحة تحت المنحنى} = 443\ m$$

الفصل 4

مخطط الفصل

الأهـــداف	المواد والأدوات
افتتاحية الفصل	
4–1 القوة والحركة 1. **تعرّف** القوة. 2. **تطبّق** قانون نيوتن الثاني في حل مسائل. 3. **تشرح** معنى قانون نيوتن الأول.	**تجارب الطالب** **تجربة استهلالية** كتاب، وحبل سميك طوله 0.5 m، وخيطان خفيفان. **عرض المعلم** **عرض سريع** قارورتان فارغتان سعة كل منهما لتران، ورباط مطاطي، وخيط، ومسطرة، وماء.
4–2 استخدام قوانين نيوتن 4. **تصف** العلاقة بين وزن الجسم وكتلته. 5. **تقارن** بين الوزن الحقيقي والوزن الظاهري.	**تجارب الطالب** **تجربة إضافية** ساعة إيقاف، ومسطرة مترية، وأوراق ترشيح القهوة. **عرض المعلم** **عرض سريع** كرة رخامية ومكعب معدني (أو أسطوانة معدنية) كتلتاهما متساويتان، وكأس كبيرة، وزيت محرك، ومصباح كهربائي، ومقياس درجة حرارة، وساعة رقمية .
4–3 قوى التأثير المتبادل 6. **تعرّف** قانون نيوتن الثالث. 7. **توضّح** قوى الشد التي تنشأ في الخيوط والحبال من خلال قانون نيوتن الثالث. 8. **تعرّف** القوة العمودية. 9. **تحدّد** مقدار القوة العمودية من خلال تطبيق قانون نيوتن الثاني.	**تجارب الطالب** **تجربة** عدد 2 ميزان زنبركي نابض، وحبل طوله 15 cm. **مختبر الفيزياء** ساعة إيقاف، وشريط قياس متري، وقطع خشبية مختلفة الكتل، وورق رسم بياني، وميزان.

طرائق تدريس متنوعة

م 1 أنشطة مناسبة للطلاب ذوي صعوبات التعلّم.	م 2 أنشطة مناسبة للطلاب ذوي المستوى المتوسط.	م 3 أنشطة مناسبة للطلاب المتفوقين (فوق المتوسط).

شرائح ومصادر قابلة للنسخ	التقنية
	تتضمّن أعمال المعلم: نسخة المعلم التفاعليّة، تخطيط الدّرس مع مفكرة، التقويم، ارتباطات بمواقع إلكترونية.
الملف الخاص بمصادر الفصول 4 –1، الفصل 4. دليل مراجعة الفصل، ص 109–115 اختبار قصير 1 –4 ، ص 116 شريحة التدريس 1 –4 ص 123 **ربط الرياضيّات مع الفيزياء**	
الملف الخاص بمصادر الفصول 4 –1، الفصل 4. دليل مراجعة الفصل، ص 109–115 اختبار قصير 2 –4 ، ص 117 شريحة التدريس 2–4 ص 125 تعزيز الفهم ص 119 الإثراء، ص 121 **ربط الرياضيّات مع الفيزياء**	مسألة الأسبوع على الموقع الإلكتروني: Obeikaneducation.com
الملف الخاص بمصادر الفصول 4 –1، الفصل 4. دليل مراجعة الفصل، ص 109–115 اختبار قصير 3 –4 ، ص 118 شريحة التدريس 3–4 ص 127 شريحة التدريس 4–4 ص 129 ورقة عمل التجربة ص 104 ورقة عمل مختبر الفيزياء ص 105 **ربط الرياضيّات مع الفيزياء** **دليل التجارب العمليّة، ص 28**	

مصادر التقويم

الملف الخاص بمصادر الفصول 4 – 1، الفصل 4	**التقنية**
تقويم الفصل 4 ص 131	الموقع الإلكتروني
اختبارات الفيزياء التحضيرية	Obeikaneducation.com

نظرة عامة إلى الفصل

إن التأثير بقوة محصلة في جسم ما يتسبب في تغيير سرعته المتجهة. ويمكن أن تؤثر القوى بالتماس المباشر مع جسم آخر، أو دون أن يكون بينها تماس مثل قوة مجال الجاذبية الأرضية، وتصف قوانين نيوتن كيف تؤثر القوة في تغيير السرعة المتجهة لجسم ما.

فكِّر

إن توقف جسم متحرك عن حركته أو بدء جسم ساكن بالحركة أو تغير اتجاه حركة جسم متحرك تكون دائمًا بسبب وجود قوة محصلة تؤثر في ذلك الجسم. والقوة المحصلة في صورة بداية الفصل ناتجة عن التفاعل المتبادل بين رأس اللاعب والكرة.

المفردات الرئيسة

- القوة
- الاتزان
- قوةالتلامس (التماس)
- الوزن الظاهري
- القوة المعيقة
- قوة المجال
- السرعة الحدّية
- مخطط الجسم الحر
- أزواج التأثير المتبادل
- القوة المحصّلة
- قانون نيوتن الثالث
- قانون نيوتن الثاني
- قوة الشد
- قانون نيوتن الأول
- القوة العمودية
- القصور الذاتي

الفصل 4

القوى في بُعد واحد
Forces in One Dimension

ما الذي ستتعلمه في هذا الفصل؟

- استخدام قوانين نيوتن في حل مسائل.
- تحديد مقدار واتجاه القوة المحصلة التي تسبب تغيرًا في حركة الجسم.
- تصنيف القوى وفق العوامل المسببة لها.

الأهمية

في كل لحظة، تؤثر فيك وفي كل الأشياء المحيطة بك قوى.
رياضة يقوم اللاعب بضرب الكرة برأسه فتتقافز؛ أي تتحرك وتقف ويتغير اتجاهها.

فكِّر ◄

ما الذي يجعل كرة القدم، أو أي جسم آخر يتوقف أو يبدأ الحركة أو يغير اتجاهه؟

الفيزياء عبر المواقع الإلكترونية
www.obeikaneducation.com

تجربة استهلالية

الهدف توضح كيف تؤثر مجموعة من القوى في جسم ما.

المواد والأدوات كتاب، وحبل سميك طوله 0.5 m، وخيطان خفيفان.

استراتيجيات التدريس

- يمكن أن يقترح الطلاب طريقةً ما لربط الخيط العلوي بأي شيء حتى لا تحتاج إلى طالب آخر ليمسكه.
- استخدام خيط خفيف بحيث يمكن قطعه بسهولة.

النتائج المتوقعة ترتبط القوى المؤثرة في النظام بعضها ببعض على النحو الآتي:

$$F_g + F_{\text{تسحب الكتاب إلى الأعلى}} = m_{\text{الكتاب}} \times a + F_{\text{تسحب الكتاب إلى أسفل}}$$

في الخطوة الثانية التسارع الطفيف يجعل مقدار الكمية $(m_{\text{الكتاب}} \times a)$ صغيرة، وهذا يعني أن القوة المؤثرة في الجهة العلوية من الخيط كبيرة نسبيًّا. لكن زيادة التسارع تجعل الكمية $(m_{\text{الكتاب}} \times a)$ كبيرة مما يجعل القوة المؤثرة في الجهة السفلية من الخيط كبيرة نسبيًّا.

1. التركيز

نشاط

القوى اطلب إلى كل طالب وضع جسم صغير مستوٍ مثل عملة معدنية أو مشبك ورق على سطح طاولته. ثم اطلب إليهم استخدام الطرائق المختلفة التي تمكنهم من تحريك الجسم على سطح الطاولة دون رفعه عنها، وبعد أن يقوم الطلاب بهذا العمل مدة دقيقة اطلب إلى كل طالب أن يصف كيف تمكن من تحريك الجسم؟ إن جميع الأفعال التي قام بها الطلاب تنحصر في مجموعتين: الدفع والسحب. وهناك طريقة واحدة لوصف القوة، هي السحب أو الدفع. ع 1

حسي - حركي

الربط مع المعرفة السابقة

القوى والتسارع تعلم الطلاب في الفصل الثالث كيف يمكن وصف الحركة بتسارع ثابت باستخدام علم الكينماتيكا، (العلم الذي يدرس حركة الأجسام دون النظر إلى القوى المؤثرة فيها). يقدم هذا الفصل القوة التي تتسبب في حدوث التسارع. ويجيب هذا الفصل أيضًا عن السؤال التالي: لماذا تتسارع الأجسام؟

تجربة استهلالية

ما القوة الكبرى؟

سؤال التجربة ما القوى التي يمكن أن تؤثر في جسم معلق بخيط؟

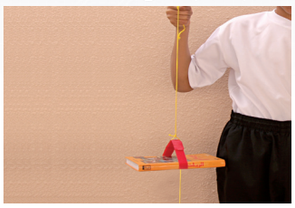
الخطوات

1. اربط قطعة من حبل سميك حول منتصف الكتاب، ثم اربط خيطًا في منتصف الحبل في الجهة العلوية للكتاب، واربط خيطًا آخر من الجهة السفلية للكتاب كما هو موضح في الشكل المجاور.
2. أمسك نهاية الخيط العلوي ودع الكتاب يتدلى في الهواء، ثم اطلب إلى زميلك أن يسحب ببطء وثبات نهاية الخيط السفلي. سجل ملاحظاتك. *تحذير: قف بحيث تكون قدماك بعيدتين عن مكان سقوط الكتاب.*
3. استخدم خيطًا بدل الذي انقطع، وكرّر الخطوة 2، لكن في هذه المرة اسحب الخيط السفلي بسرعة وبقوة أكبر. سجل ملاحظاتك.

التحليل

أي الخيطين انقطع في الخطوة 2؟ لماذا؟ وأي الخيطين انقطع في الخطوة 3؟ لماذا؟

التفكير الناقد ارسم مخططًا توضيحيًّا للتجربة، واستخدم الأسهم لتوضيح القوى المؤثرة في الكتاب.



4–1 القوة والحركة Force and Motion

تصور قطارًا يتحرك بسرعة 80 km/h، وفجأةً شاهد السائق شاحنة متوقفة على سكة الحديد، فاستعمل الفرامل في محاولة لإيقاف القطار قبل أن يصطدم بالشاحنة. ولأن الفرامل تسبب تسارعًا معاكسًا لاتجاه السرعة المتجهة فإن القطار سيتباطأ. افترض أن السائق نجح في أن يوقف القطار قبل أن يصطدم بالشاحنة بمسافة قصيرة جدًّا. ماذا يحدث لو كان القطار يسير بسرعة 100 km/h بدلاً من 80 km/h؟ ما الذي يجب عمله حتى لا يصطدم بالشاحنة؟ الجواب هو أن التسارع الذي تحدثه فرامل القطار يجب أن يكون أكبر، بحيث يقف خلال زمن أقل، وهذا الاحتمال يشبه الحالة التي يسير فيها القطار بسرعة 80 km/h، ويكون أكثر قربًا من الشاحنة عندما يبدأ سائقه استعمال الفرامل.

الأهداف

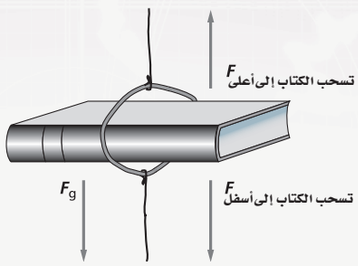
- **تُعرِّف** القوة.
- **تُطبق** قانون نيوتن الثاني في حل مسائل.
- **تشرح** معنى قانون نيوتن الأول.

المفردات

القوة
قوة التلامس (التماس)
قوة المجال
مخطط الجسم الحر
القوة المحصلة
قانون نيوتن الثاني
قانون نيوتن الأول
القصور الذاتي
الاتزان

التحليل في الخطوة الثانية ينقطع الخيط العلوي؛ لأن هناك قوتين تؤثران في الكتاب: قوة الجاذبية الأرضية وقوة سحب الخيط، مما يجعل القوة المؤثرة في الخيط العلوي أكبر. في الخطوة الثالثة تتسبب قوة السحب المفاجئة في قطع الخيط؛ بسبب هناك قوة كبيرة تؤثر فيه

التفكير الناقد



2. التدريس

المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

القوة والتسارع يخلط العديد من الطلاب بين المفاهيم التالية: القوة، والتسارع، والسرعة المتجهة. تُعرّف القوة بأنها سحب أو دفع يؤدي إلى تغير الحركة. القوة المُحصّلة تسبب التسارع، وهو التغير في السرعة المتجهة خلال وحدة زمن. حينما يغير جسم متحرك اتجاه حركته أو يسرعها أو يبطئها أو يوقفها فإنه يقوم بذلك بسبب وجود قوة ما تؤثر فيه. وضح للطلاب أن تغير السرعة المتجهة لجسم ما يمكن أن ينتج عن تغير في مقدارها أو اتجاهها أو كليهما معًا. ووضح لهم أيضًا أن الجسم يمكن أن يكون له سرعة متجهة دون أن تؤثر فيه قوة كما هو الحال في مركبة الفضاء التي تنتقل في خط مستقيم في الفضاء البعيد.

■ **الشكل 1–4** يُمثل الكتاب هنا النظام، وتؤثر كل من الطاولة واليد وكتلة الأرض (من خلال الجاذبية الأرضية) بقوى في الكتاب.

القوة والحركة Force and Motion

ما الذي جعل القطار يبطئ حركته؟ لأنه تأثر بقوة، والقوة هي سحب أو دفع يؤثر في جسم ما. وتؤدي هذه القوة المؤثرة إلى زيادة سرعة الجسم أو إبطائها أو تغيير اتجاه حركته. وعندما يستخدم سائق القطار الفرامل فإنها تؤثر في عجلات القطار بقوة تجعله يتباطأ. وبناءً على تعريف كلٍّ من السرعة المتجهة والتسارع يمكن التعبير عما سبق كما يلي: عندما تؤثر قوة في جسم ما فإنها تغير سرعته المتجهة؛ أي تُكسبه تسارعًا.

إذا وضع كتاب على سطح طاولة فكيف يمكنك أن تحركه؟ هناك احتمالان: أن تدفعه، أو تسحبه. الدفع أو السحب قوتان تؤثران في الكتاب، وكلما زاد الدفع عليه أثّر بشكل أكبر في حركته. ولاتجاه القوة المؤثرة أيضًا تأثير رئيس في حركة الجسم؛ فإذا دفعت الكتاب إلى اليمين فإنه يتحرك في اتجاه يختلف عمّا إذا دفعته إلى اليسار. وسوف نستخدم الرمز ***F*** للتعبير عن القوة المتجهة (مقدار القوة واتجاهها).

من الضروري عند دراسة تأثير قوة في حركة جسم ما، تحديد هذا الجسم. ويُطلق على هذا الجسم اسم "النظام"، وكل ما يحيط به ويؤثر فيه بقوة يسمى المحيط الخارجي. فالكتاب المبين في **الشكل 1–4** يمثل النظام، في حين تمثل اليد والجاذبية الأرضية أجزاءً من المحيط الخارجي الذي يمكن أن يتفاعل مع الكتاب عن طريق الدفع أو السحب، ويؤدي إلى احتمال تغيير حركته.

قوى التلامس (التماس) وقوى المجال
Contact Forces and Field Forces

تتولد **قوة التلامس (التماس)** عندما يلامس جسم من المحيط الخارجي النظام، ويؤثر فيه بقوة. فعندما تحمل كتاب الفيزياء تؤثر يدك فيه بقوة تلامس، أما إذا وضعته على الطاولة فإن قوة التلامس بين يدك والكتاب تتلاشى، بينما الطاولة الآن هي التي تؤثر في الكتاب بقوة تلامس.

وهناك طُرق أخرى لتغيير حركة الكتاب؛ فمن الممكن أن تجعله يسقط في اتجاه الأرض، وفي هذه الحالة يتسارع بسبب الجاذبية الأرضية، كما درست في الفصل الثالث. إن قوة الجاذبية الأرضية هي التي تسبب هذا التسارع، وتؤثر في الكتاب سواء كان في حالة تلامس مع الأرض أم لا، ويطلق على مثل هذه القوة ومثيلاتها اسم **قوة المجال**، وهي تؤثر في الأجسام بغض النظر عن وجود تلامس فيما بينها من عدمه. وهناك أمثلة أخرى على هذا النوع من القوى كالقوى المغناطيسية.

ولكل قوة سبب معين يمكن تحديده يسمى المسبب. وحتى يمكن تحديد القوة يجب معرفة المسبب الذي يولدها، والنظام الذي تؤثر فيه هذه القوة.

4–1 إدارة المصادر

الملف الخاص بمصادر الفصول 1 – 4

دليل مراجعة الفصل، ص 115–109

اختبار قصير 1 – 4 ، ص 116

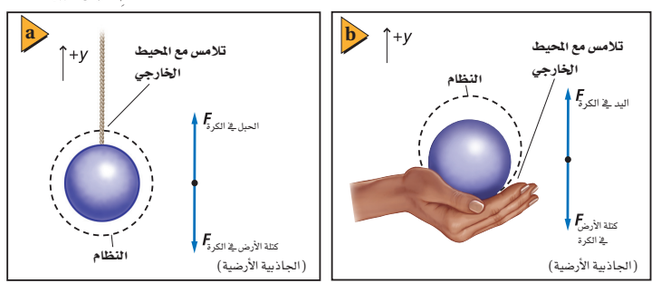
شريحة التدريس 1 – 4 ص 123

ربط الرياضيّات مع الفيزياء

فعلى سبيل المثال، عندما تدفع الكتاب فإن يدك (المسبب) تؤثر بقوة في الكتاب (النظام). وفي حالة عدم وجود كل من المسبب والنظام فإن هذا يعني عدم وجود قوة. ماذا عن الجاذبية الأرضية؟ إذا تركت الكتاب يسقط من يدك فإن المسبب هو كتلة الأرض التي تؤثر بقوة مجال في الكتاب.

مخططات الجسم الحر إذا كان استخدام النماذج التصويرية والمخططات التوضيحية للحركة مهمًّا في حل مسائل الحركة فإنه مهم أيضًا في تحليل الكيفية التي تؤثر بها القوى في حركة الأجسام. وأولى الخطوات في حل أي مسألة هي عمل نموذج تصويري. فعلى سبيل المثال، لتمثيل القوى المؤثرة في كرة مربوطة بخيط، أو تستند إلى راحة يدك، ارسم مخططات توضح كل حالة، كما في **الشكلين 2a–4 و 2b–4**، ثم ارسم دائرة حول النظام وحدد المواقع التي تؤثر فيها قوة التلامس، وقوى المجال.

ولتمثيل القوى المؤثرة في الكرة الموضحة في **الشكلين 2a–4 و 2b–4** فيزيائيًّا، استخدم نموذج الجسيم النقطي: مثّل الجسم بنقطة، ثم مثّل كل قوة بسهم أزرق يشير إلى الاتجاه الذي تؤثر فيه هذه القوة، مراعيًا أن يكون طول كل سهم متناسبًا مع مقدار القوة. وغالبًا يتم رسم هذه المخططات قبل معرفة مقدار جميع القوى. ويمكنك اللجوء إلى التقدير في مثل هذه الحالات. ارسم الأسهم دائمًا بحيث تشير اتجاهاتها بعيدًا عن الجسم، حتى عندما تمثل قوة دفع، واحرص على تسمية كل منها. استعمل الرمز **F** مع تحديد كل من المسبب والجسم الذي تؤثر فيه القوة أسفل الرمز، واختر اتجاهًا موجبًا تشير إليه بوضوح في مخططك. يتم اختيار الاتجاه الموجب عادة في اتجاه القوة الكبرى؛ فهذا يُسهّل حل المسألة؛ وذلك بتقليل عدد القيم السالبة في عملية الحساب. ويسمى مثل هذا النموذج الفيزيائي الذي يمثل القوى المؤثرة في جسم ما **مخطط الجسم الحر**.



الشكل 2–4 لعمل نموذج فيزيائي للقوى المؤثرة في جسم، استخدم نموذج الجسيم النقطي، وارسم سهمًا لتمثيل كل قوة من القوى المؤثرة في الجسم، ثم سمِّ القوة ومسببها.

استخدام الشكل 2–4

اطلب إلى الطلاب تحديد النظام، والمسبب واتجاهات القوى جميعها التي تؤثر في النظام لكلا الشكلين 2b–4 و 2a–4.

a. الكرة هي النظام. هناك قوتان تؤثران في النظام: قوة الجاذبية الأرضية (أو كتلة الأرض هي مسبب الجاذبية الأرضية) إلى الأسفل، والحبل إلى الأعلى.

b. الكرة هي النظام. هناك قوتان تؤثران في النظام: قوة الجاذبية الأرضية إلى الأسفل (أو كتلة الأرض هي مسبب الجاذبية الأرضية)، واليد إلى الأعلى.

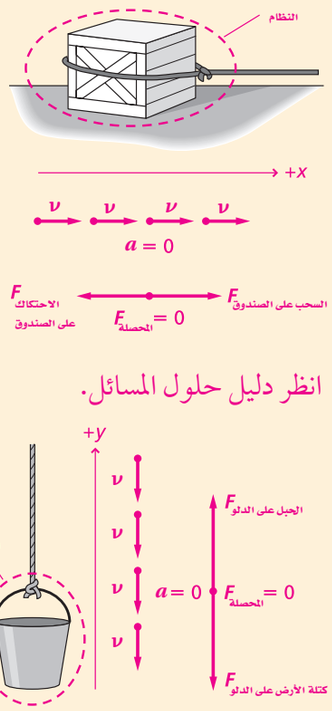
بيّن أن القوى في الشكلين 2b–4 و 2a–4 متساوية في المقدار ومتعاكسة في الاتجاه. وهكذا، فإن القوة المُحصَّلة تساوي صفرًا، ولا يوجد تغير في السرعة المتجهة للجسم. م 2 **بصري - مكاني**

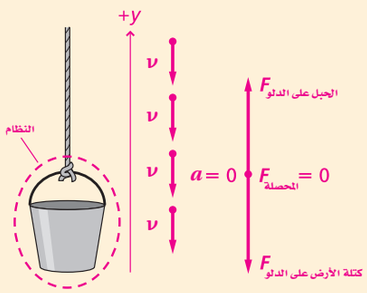
نشاط

مساعدة الطلاب ذوي صعوبات التعلّم

مخطط الجسم الحر ساعد الطلاب على عمل نماذج فيزيائية للقوى المؤثرة في جسم ما. واطلب إلى كل منهم رسم مخطط الجسم الحر لكتاب موضوع على سطح طاولة. وذكّر الطلاب أن النقطة (مركز الثقل) في مخطط الجسم الحر تمثل الجسم. وقبل أن يبدأ الطلاب الرسم اطلب إليهم تحديد النظام، وعند أي نقطة يكون النظام في حالة تماس مع المحيط الخارجي؟ يمثل الكتاب النظام ويكون في حالة تماس مع المحيط الخارجي على سطح الطاولة. اطلب إلى الطلاب أن يحددوا القوى الأخرى التي تؤثر في الكتاب، قوة الجاذبية الأرضية أو كتلة الأرض على الكتاب. هل يمكنهم مشاهدة هذه القوى؟ لا. ذكّر الطلاب أن كل سهم يمثل اتجاه القوة. م 1 **بصري–مكاني**

مسائل تدريبية

1. انظر دليل حلول المسائل.
2. انظر دليل حلول المسائل.
3. 

4. انظر دليل حلول المسائل.
5. 

تطوير المفهوم

عرض سريع للقوة والسرعة المتجهة لدحض فكرة أن القوة هي المسبب للسرعة المتجهة وليست سبب تغيرها، دحرج عربة أو ادفعها على سطح طاولة، وفي أثناء حركتها ادفعها ثانية في اتجاه ما بحيث يكون هناك تغير واضح في سرعتها. وجه الطلاب إلى تحديد ذلك باعتباره التسارع. واسألهم عما إذا لاحظوا أية علاقة بين اتجاه القوة التي أثرت فيها واتجاه التسارع الناتج. إن القوة والتسارع لهما الاتجاه نفسه. م ١

مسائل تدريبية

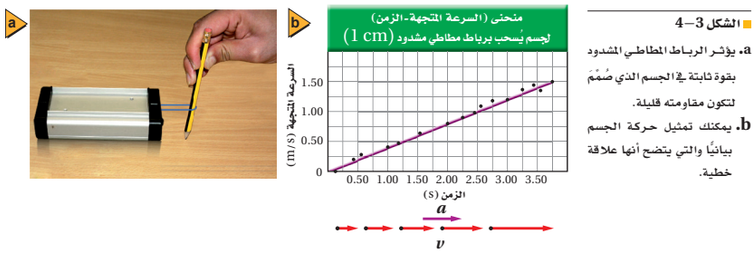
حدد النظام، وارسم مخطط الحركة، ومخطط الجسم الحر لكل من الحالات الآتية بتمثيل جميع القوى ومسبباتها، وتعيين اتجاه التسارع والقوة المحصلة، مراعيًا رسم المتجهات بأطوال مناسبة:

1. سقوط أصيص أزهار سقوطًا حرًّا (أهمل أي قوى تنشأ عن مقاومة الهواء).
2. هبوط مظلي خلال الهواء، وبسرعة متجهة منتظمة (يؤثر الهواء في المظلي بقوة إلى أعلى).
3. سلك يسحب صندوقًا بسرعة منتظمة على سطح أفقي (يؤثر السطح بقوة تقاوم حركة الصندوق).
4. رفْع دلو بحبل بسرعة منتظمة (أهمل مقاومة الهواء).
5. إنزال دلو بحبل بسرعة منتظمة (أهمل مقاومة الهواء).

القوة والتسارع Force and Acceleration

كيف يتحرك الجسم عندما تؤثر فيه قوة أو أكثر؟ من طُرق الإجابة عن هذا السؤال إجراء التجارب. ابدأ دائمًا بالحالة البسيطة، وعندما تستوعب هذه الحالة تمامًا يمكنك الانتقال إلى الحالات الأكثر تعقيدًا. ابدأ بقوة واحدة تؤثر أفقيًّا في جسم. يمكنك أيضًا تقليل التعقيدات الناتجة عن احتكاك الجسم مع السطح، وذلك بإجراء التجربة على سطح أملس مثل الجليد أو طاولة ذات سطح أملس، واستعمال جسم ذي إطارات تدور بسهولة، مما يقلل من مقاومة الحركة.

لتحديد العلاقة بين كل من القوة والتسارع والسرعة المتجهة تحتاج إلى التأثير في جسم ما بقوة ثابتة في اتجاه معين. لكن كيف يمكنك التأثير بمثل هذه القوة ؟ يؤثر الرباط المطاطي المشدود بقوة سحب، وكلما شددته أكثر زادت القوة التي يؤثر بها. وإذا كنت تشده دائمًا بالمقدار نفسه فإنك تؤثر بالقوة نفسها. يبين **الشكل 3a–4** رباطًا مطاطيًّا مشدودًا بمقدار ثابت 1 cm، يسحب جسمًا ذا مقاومة (احتكاك) قليلة. بإجراء هذه التجربة وتحديد السرعة المتجهة للجسم خلال فترة زمنية محددة، تستطيع إعداد رسم بياني يشبه ذلك الموضح في **الشكل 3b–4**. هل يختلف هذا الرسم البياني عما توقعته؟ ماذا تلاحظ على السرعة المتجهة؟ لاحظ أن الزيادة الثابتة في السرعة المتجهة هي نتيجة للتسارع الثابت الذي أكسبه الرباط المطاطي المشدود للجسم.



الشكل 3–4

a. يؤثر الرباط المطاطي المشدود بقوة ثابتة في الجسم الذي صُمِّمَ لتكون مقاومته قليلة.

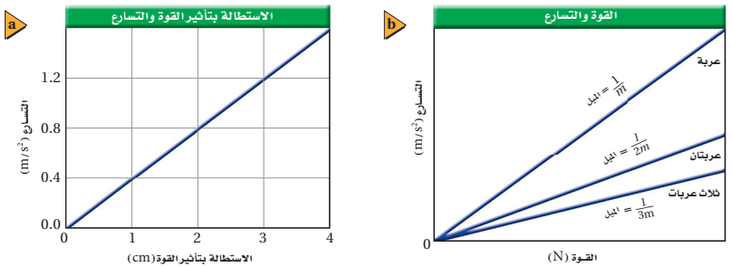
b. يمكنك تمثيل حركة الجسم بيانيًا والتي يتضح أنها علاقة خطية.

نشاط

من معلم لآخر

الأجسام الساقطة لتوضيح قوى المجال وكيف أن جميع الأجسام (عند إهمال مقاومة الهواء) تسقط بالسرعة نفسها. دع أحد الطلاب يرفع بيديه كتابًا بحيث يكون مستواه موازيًا لأرض الغرفة، وطالبًا آخر يمسك ريشة عند الارتفاع نفسه من أرضية الغرفة، بناء على إشارة منك اطلب إليهما أن يسقطا الجسمين معًا وفي وقت واحد، واطلب إلى بقية الطلاب أن يلاحظوا أن الريشة تسقط ببطء. هذا المثال مناسب لمناقشة مقاومة الهواء. أعد التجربة وذلك بوضع الريشة على سطح الكتاب، فيسقط الكتاب والريشة معًا، وذلك لأن الكتاب قد أزال مقاومة الهواء نسبيًّا. م ١ **حسي - حركي**

كيف يعتمد هذا التسارع على القوة؟ للإجابة عن ذلك؛ أعد التجربة بحيث يكون الرباط المطاطي مشدودًا بمقدار ثابت 2 cm. ثم كرّر التجربة مع شد الرباط المطاطي أكثر في كل مرة. مثّل بيانيًّا منحنى (السرعة المتجهة– الزمن) لكل من التجارب السابقة، ستلاحظ أن تلك المخططات تشبه ذاك المبين في **الشكل 3b–4**. احسب التسارع، ثم مثّل بيانيًّا قيمة كل من التسارع والقوة لكل المحاولات التي قمت بها، وبذلك تحصل على الرسم البياني للقوة–التسارع، كما في **الشكل 4a–4**. ما العلاقة بين القوة والتسارع؟ العلاقة خطية؛ فكلما كانت القوة أكبر كان التسارع الناتج أكبر. ويمكن التعبير عن هذه العلاقة باستخدام معادلة الخط المستقيم: $y = mx + b$.



الشكل 4–4
a. يبين الرسم البياني أنه كلما زادت القوة زاد التسارع.
b. ميل الرسم البياني (التسارع–القوة) يعتمد على عدد العربات.

ما المعنى الفيزيائي لميل كل من الخطوط البيانية في **الشكل 4b–4**؟ ربما تصف شيئًا يتعلق بالجسم المتسارع. ماذا يحدث إذا تغير الجسم؟ لنفترض أننا وضعنا عربة ثانية مماثلة فوق العربة الأولى، ثم وضعنا عربة ثالثة فوق العربتين، يبين **الشكل 4b–4** العلاقة البيانية بين القوة والتسارع لعربة واحدة، ولعربتين، ولثلاث عربات. ويظهر الرسم البياني أنه إذا لم تتغير القوة المؤثرة فإن تسارع العربتين سيقل إلى $\frac{1}{2}$ تسارع العربة الواحدة، وتسارع العربات الثلاث إلى $\frac{1}{3}$ تسارع العربة الواحدة. وهذا يعني أنه كلما زاد عدد العربات احتجنا إلى قوة أكبر للحصول على التسارع نفسه. ويعتمد ميل كل من الخطوط في **الشكل 4b–4** على عدد العربات؛ أي يعتمد على مجموع كتلها. فإذا عُرِّف الميل k (بحسب الرسم البياني أعلاه) بأنه مقلوب الكتلة $\frac{1}{m}$، فإن $\boldsymbol{a} = \boldsymbol{F}/m$ أو $\boldsymbol{F} = m\boldsymbol{a}$. ومن العلاقة الخطية بين القوى والتسارع نجد أن:

$$\boldsymbol{a} \propto \boldsymbol{F}$$

وبالتعويض عن قيمة k

$$\boldsymbol{a} = k \times \boldsymbol{F}$$

$$\boldsymbol{a} = \frac{1}{m} \times \boldsymbol{F}$$

أي أن

$$\boldsymbol{F} = m\boldsymbol{a}$$

المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

القوة والسرعة المتجهة والتسارع قد يخلط بعض الطلاب بين السرعة المتجهة الثابتة، والتسارع الثابت؛ لذا اسأل الطلاب هل يمكن لجسم أن يستمر في تسارعه عندما تزول القوة المؤثرة فيه؟ لا. ذكّر الطلاب بمثال مركبة الفضاء التي تتحرك في خط مستقيم في الفضاء البعيد. واسألهم هل لها سرعة متجهة؟ نعم. هل هناك قوة تؤثر فيها؟ لا. وهل من الممكن أن تتسارع؟ لا، إلا أن تؤثر فيها قوة. وبيّن لهم أن الجسم يتسارع عندما تؤثر فيه قوة. وعندما تزول القوة المؤثرة في جسم (كما في حالة مركبة الفضاء) فإن الجسم يستمر في حركته بسرعة ثابتة ما لم تؤثر فيه قوة أخرى. م 1

تطوير المفهوم

- **القوى** اطلب إلى الطلاب المقارنة بين القوى المؤثرة في جسم ما، وذلك من خلال التفكير في دلوٍ معلقٍ في الهواء بواسطة حبل تم تمريره فوق بكرة. اطلب إليهم المقارنة بين القوى المؤثرة في الدلو. قوة الجاذبية الأرضية وقوة الشد في الحبل متساويتان في المقدار ومتعاكستان في الاتجاه. اطلب إليهم تخيل أن الدلو بدأ يسقط إلى أسفل ويسحب الحبل الذي يمرّ خلال البكرة. واطلب إليهم مرة أخرى المقارنة بين القوى. بما أن الدلو يتسارع إلى أسفل فإن قوة الجاذبية الأرضية – في اتجاه الأسفل – يجب أن تكون أكبر من القوة التي يؤثر بها الحبل في الدلو في اتجاه الأعلى.
- **المتجهات** ربما يكون مفهوم متجه القوة محيرًا بالنسبة للعديد من الطلاب. لذا بيّن لهم أن المتجهات تمثل كميات فيزيائية مهمة. ووضح لهم كذلك أن المتجهات تحدد بالمقدار والاتجاه ونقطة التأثير (الإسناد). فعلى سبيل المثال، 10 km شمال الغرب يُمثِّل متجهًا مقداره "10 km"، أما اتجاهه فهو "شمال الغرب". وسرعة الرياح مثال آخر على المتجهات. اسأل الطلاب: إذا كانت الرياح تهب بسرعة 8 km/h في اتجاه الشرق فما مقدار سرعة الرياح وما اتجاهها؟ 8 km/h، الشرق. م 2 منطقي - رياضي

معلومة للمعلم

الخلفية النظرية للمحتوى

قياس القوة اعتبر الفيزيائي نيوتن أن سرعة الجسم الساقط لا تتأثر بكتلته أو حجمه، وهذا يصح فقط في حالة الأجسام التي تسقط في الفراغ (وسط معزول) حيث تؤثر فيها قوة وحيدة وهي قوة الجاذبية الأرضية. فعندما يسقط لاعب القفز الحر في الهواء فإن مقاومة الهواء تؤثر فيه، وهذه تسمى بالقوة المعيقة. وسوف يتعلم الطلاب أكثر عن القوة المعيقة والسرعة الحدّية في نهاية هذا الفصل.

التفكير الناقد

القوى ليفترض الطلاب أن عربة تتدحرج على مسار ما بسرعة متجهة ثابتة، وبما أن السرعة المتجهة لا تتغير، فاسأل الطلاب: هل هذا يعني عدم وجود قوى تؤثر في العربة؟ لا، حيث إن كلًّا من الأرض والمسار يؤثران في العربة بقوة. واسألهم أيضًا: لماذا لا تتغير سرعة العربة المتجهة بالرغم من وجود مسببات محددة للقوى؟ على افتراض أن مقاومة الهواء مهملة، فإن القوى المحصلة المؤثرة في العربة تساوي صفرًا. م 2

ما الوحدات الدولية المستخدمة لقياس القوة؟ تعلم أن $F = ma$، وهذا يعني أن وحدة واحدة من القوة تجعل 1 kg من الكتلة يتسارع بمقدار $1\ m/s^2$؛ أي أن وحدة القوة هي $1\ kg.m/s^2$، أو ما اصطلح على تسميته "نيوتن"، ويرمز لها بالرمز N، ويعرف بالقوة التي تؤثر في جسم كتلته 1 kg فتكسبه تسارعًا مقداره $1\ m/s^2$ في اتجاهها. ويوضح **الجدول 1–4** مقادير بعض القوى الشائعة.

الجدول 1–4

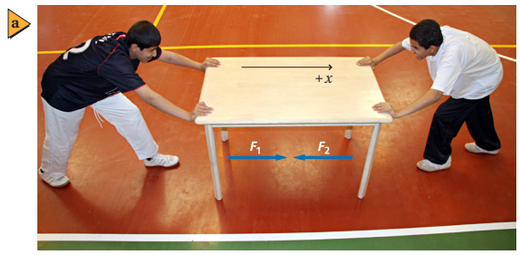
القوى الشائعة

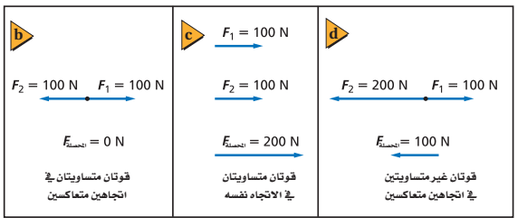
الوصف	F (N)
قوة الجاذبية الأرضية المؤثرة في قطعة نقود معدنية من النيكل	0.05
قوة الجاذبية الأرضية المؤثرة في 0.45 kg من السكر	4.5
قوة الجاذبية الأرضية المؤثرة في شخص كتلته 70 kg	686
القوة المؤثرة في سيارة تتسارع	3000
قوة محرك صاروخ	5,000,000

جمع القوى Combining Forces

إذا دفعت أنت وزميلك طاولة في الاتجاه نفسه فإنها تكتسب تسارعًا أكبر مما لو دفعها كل منكما في اتجاه معاكس لاتجاه دفع الآخر. ماذا يحدث إذا دُفعت الطاولة بحيث أثر كلٌّ منكما فيها بقوة مقدارها 100 N؟ عندما تدفعان الطاولة في الاتجاه نفسه فإنها تكتسب ضعف التسارع الذي يمكن أن تكتسبه لو أثر فيها أحدكما بمفرده بقوة 100 N. أما عندما تدفعان الطاولة في اتجاهين متعاكسين، وبالمقدار نفسه من القوة، كما هو موضح في **الشكل 5a–4**، فإنها لن تتحرك.

ويبين كل من **الشكلين 5b–4** و **5c–4** مخطط الجسم الحر لكلتا الحالتين السابقتين، في حين يبين **الشكل 5d–4** مخطط الجسم الحر للحالة التي يقوم فيها زميلك بدفع الطاولة في الاتجاه المعاكس، بقوة تعادل ضعفي قوتك. لاحظ المتجه في أسفل كل مخطط، والذي يمثل النتيجة الكلية للقوتين. عندما يكون متجهًا القوة في الاتجاه نفسه فإنه يمكن أن يحل محلهما متجه واحد، بحيث يساوي طوله مجموع طوليهما. وعندما يكون متجهًا القوة في اتجاهين متعاكسين فإن طول المتجه الناتج يساوي الفرق بين طولي المتجهين. ويطلق على مجموع المتجهات لجميع القوى التي تؤثر في جسم اسم **القوة المحصلة** ($F_{\text{المحصلة}}$).





■ **الشكل 5–4**

a. دفع الطاولة بقوتين متساويتين ومتعاكستين في الاتجاه.

b. القوة المحصلة لقوتين متساويتين في اتجاهين متعاكسين = صفر.

c. القوة المحصلة لقوتين متساويتين في الاتجاه نفسه = مجموعهما.

d. القوة المحصلة لقوتين غير متساويتين في اتجاهين متعاكسين = الفرق بينهما.

يمكنك كذلك تحليل الحالة رياضيًّا. افترض أنك دفعت الطاولة في الاتجاه الموجب بقوة 100 N في الحالات السابقة؛ ففي الحالة الأولى يقوم زميلك بالدفع بقوة سالبة مقدارها 100 N، وبجمع القوتين نحصل على قوة كلية مقدارها 0 N، وهذا يعني أن الجسم لا يتحرك (لا يتسارع). أما في الحالة الثانية فإن قوة الدفع التي يؤثر بها كل منكما تساوي 100 N، لذا فإن القوة الكلية تساوي 200 N، وهي تؤثر في الاتجاه الموجب، فتتسارع الطاولة في الاتجاه الموجب.

أما في الحالة الثالثة فإن القوة التي يؤثر بها زميلك تساوي (200 N−)، ولذلك فإن القوة الكلية تساوي (100 N−)، لذا فإن الطاولة ستتسارع في الاتجاه السالب.

قانون نيوتن الثاني Newton's Second Law

يمكنك إجراء سلسلة من التجارب تقوم فيها أنت وزميلك بتغيير القوة المحصلة التي تؤثر في الطاولة وقياس التسارع في كل حالة. ستجد أن تسارع الطاولة يتناسب طرديًّا مع القوة المحصلة المؤثرة فيها، وعكسيًّا مع كتلتها $a = \frac{F_{\text{المحصلة}}}{m}$. فإذا كانت القوة المحصلة التي تؤثران بها معًا في الطاولة تساوي 100 N، فإن الطاولة ستتسارع بالمقدار نفسه الذي كانت ستتسارع به لو أثرت فيها وحدك بقوة تساوي 100 N. واستنادًا إلى ذلك يمكن إعادة كتابة العلاقة الرياضية بين كل من القوة والكتلة والتسارع بدلالة القوة المحصلة،

معلومة للمعلم

الخلفية النظرية للمحتوى

القوة المحصّلة هي المجموع الاتجاهي لجميع القوى التي تؤثر في جسم. فإذا كانت القوة المحصلة المؤثرة في جسم ما تساوي صفرًا فإن الجسم لا يتسارع. فعلى سبيل المثال، إذا دُفع شخص يتزلج على الجليد ببطء من الخلف فإنه يتسارع ويتحرك بصورة أسرع، وذلك بسبب القوة غير المتزنة المؤثرة فيه نتيجة دفعه. بعد الدفع يتزلج الشخص بسرعة ثابتة نسبيًّا لأن القوة المُحصَّلة قريبة جدًّا من الصفر.

نشاط

القوة والحركة وزّع طلاب الصف في مجموعات، ثم اقرأ عليهم العبارة التالية "تتطلب الحركة بسرعة منتظمة قوة ثابتة تؤثر في اتجاه الحركة".

اطلب إلى الطلاب تحليل هذه العبارة والحكم على صحتها أو عدم صحتها. بإعطاء أمثلة على كل من الإجابتين.

إجابات متوقعة: العبارة صحيحة: عند ضبط كافة المتغيرات المتعلقة بمسار الجسم والعوامل المؤثرة على حركته من صعود وهبوط وسواهما فتبقى بذلك السرعة منتظمة مع بقاء القوة ثابتة، وعند توقف هذه القوة عن التأثير في الجسم فإنه يتوقف بسبب تأثير قوة الاحتكاك فيه.

العبارة غير صحيحة: في حالة بقاء القوة المؤثرة ثابتة مع تغير العوامل الأخرى المؤثرة على الحركة من صعود وهبوط وسواهما إذ ليس بالضرورة أن تبقى السرعة ثابتة مع بقاء القوة ثابتة.

م 2 **متفاعل**

مسائل تدريبية

6. 3.90×10^2 N في اتجاه القوتين.
7. 60.0 N في اتجاه القوة الأكبر.
8. $F_{\text{محصلة}} = 24$ N في اتجاه الغرب.

وهو ما يُعرف **بقانون نيوتن الثاني**، الذي يُمثل بالمعادلة التالية:

قانون نيوتن الثاني $a = \frac{F_{\text{المحصلة}}}{m}$

تسارع جسم يساوي محصلة القوى المؤثرة فيه مقسومة على كتلة الجسم.

لاحظ أن قانون نيوتن الثاني يمكن إعادة صياغته بالشكل: $F_{\text{المحصلة}} = ma$ والذي درسته سابقًا. إذا كانت كتلة الطاولة التي دفعتها أنت وزميلك 15.0 kg، ودفع كل منكما بقوة 50.0 N في الاتجاه نفسه، فما تسارع الطاولة؟ لإيجاد ذلك، احسب القوة المحصلة 50.0 N + 50.0 N = 100.0 N، ثم طبق قانون نيوتن الثاني بقسمة القوة المحصلة 100.0 N على كتلة الطاولة 15.0 kg، تحصل على تسارع يساوي 6.67 m/s^2.

هناك استراتيجية مفيدة لتحديد كيف تعتمد حركة جسم ما على القوى المؤثرة فيه. حدد أولاً جميع القوى التي تؤثر في الجسم، ثم ارسم مخطط الجسم الحر مبينًا الاتجاه والمقدار لكل قوة تؤثر في النظام، ثم اجمع القوى لإيجاد القوة المحصلة، واستعمل قانون نيوتن الثاني لحساب التسارع، وعند الضرورة استعمل الكينماتيكا (علم الحركة) لإيجاد السرعة المتجهة أو موقع الجسم. عندما تعلمت الكينماتيكا في الفصلين الثاني والثالث، درست حركة الأجسام من دون اعتبار لمسببات الحركة. أما الآن فتعلم أن القوة المحصلة هي سبب تغير السرعة المتجهة؛ أي سبب التسارع.

مسائل تدريبية

6. قوتان أفقيتان إحداهما 225 N والأخرى 165 N، تؤثران في قارب في الاتجاه نفسه. أوجد القوة الأفقية المحصلة التي تؤثر في القارب مقدارًا واتجاهًا.
7. إذا أثرت القوتان السابقتان في القارب في اتجاهين متعاكسين فما القوة الأفقية المحصلة التي تؤثر فيه؟ تأكد من تحديد اتجاه القوة المحصلة.
8. تحاول ثلاثة خيول سحب عربة؛ أحدها يسحب إلى الغرب بقوة 35 N، والثاني يسحب إلى الغرب أيضًا بقوة 42 N، أما الأخير فيسحب إلى الشرق بقوة 53 N. احسب القوة المحصلة التي تؤثر في العربة.

الفيزياء في الحياة

معلومة للمعلم

تطبيق قوانين نيوتن تعتمد حركة جسم ما على القوى المؤثرة فيه. يستخدم المهندسون في وكالة الفضاء الأمريكية (ناسا) قوانين نيوتن في تحليل الأوضاع الواقعية المعقدة التي تصاحب إطلاق مركبة الفضاء. ناقش بعض العوامل المعقدة التي تواجه المهندسين عند استخدام قوانين نيوتن. فعلى سبيل المثال فإن المتغيرات التي تتغير عند حساب تسارع مركبة الفضاء مثل احتراق الغاز لحظة إطلاق الصاروخ تغير من القوة وكذلك التسارع باستمرار بسبب احتراق الوقود، وبالتالي نقص كتلة المركبة الفضائية. يمكن نمذجة هذا الوضع بنفخ بالون وحفظ الهواء بداخله ثم إطلاق البالون وملاحظة التغير في حركته.

قانون نيوتن الأول Newton's First Law

كيف تكون حركة الجسم عندما تؤثر فيه قوة محصلة مقدارها صفر؟ من المعروف أن الجسم الساكن يبقى في موقعه لأن القوة المحصلة المؤثرة فيه تساوي صفرًا.

افترض أن كرة تتدحرج على سطح أفقي، فما الفترة الزمنية التي تستمر فيها بالتدحرج؟ تعتمد هذه الفترة على نوع السطح، فإذا دُحرجت الكرة على سطح أملس ذي مقاومة (احتكاك) قليلة مثل أرضية لعبة البولنج فسوف تتدحرج فترة زمنية طويلة، مع تناقص تدريجي في سرعتها المتجهة. أما إذا دُحرجت على سطح خشن كسجادة مقاومتها كبيرة، فسرعان ما تتوقف الكرة عن الحركة، وتصبح في حالة سكون. وقد صاغ نيوتن ما سبق فيما يسمّى **قانون نيوتن الأول**، وينص على أن الجسم يبقى على حالته من حيث السكون أو الحركة المنتظمة في خط مستقيم ما لم تؤثر فيه قوة محصلة تغير من حالته.

القصور الذاتي يسمى قانون نيوتن الأول أحيانًا قانون القصور، فهل القصور قوة؟ لا؛ **فالقصور** هو ممانعة الجسم لأي تغيير في حالته من حيث السكون أو الحركة. فإذا كان الجسم ساكنًا فإنه يميل إلى أن يبقى كذلك، وإذا كان متحركًا بسرعة متجهة ثابتة فإنه يميل إلى الاستمرار في اتجاه حركته نفسه وبالسرعة نفسها.

الاتزان وفقًا لقانون نيوتن الأول، فإن القوة المحصلة هي السبب في تغيير السرعة المتجهة لجسم ما، فإذا كانت القوة المحصلة المؤثرة في جسم ما تساوي صفرًا كان الجسم في حالة **اتزان**. وهكذا يكون الجسم في حالة اتزان إذا كان ساكنًا، أو متحركًا بسرعة منتظمة. لاحظ أن سكون الجسم هو حالة خاصة من حركته بسرعة منتظمة تكون سرعته فيها صفرًا. يُعرِّف قانون نيوتن الأول القوة المحصلة على أنها كل ما يُحدث اضطرابًا في حالة الاتزان. لذلك فإنه إذا كان مقدار القوة المحصلة التي تؤثر في جسم يساوي صفرًا فإنه لن يتعرض لأي تغيير في مقدار سرعته أو اتجاهه، ومن ثم يبقى في حالة اتزان.

عند فهم وتطبيق قانوني نيوتن الأول والثاني ستتمكن من تحديد مقادير القوى التي تتعامل معها نسبيًّا، حتى في الحالات التي لا يوجد فيها أرقام. راجع **الجدول 2–4** الذي يحتوي على بعض أنواع القوى التي ستتعامل معها في دراستك للفيزياء.

تطبيق الفيزياء

دفع محرك المكوك كلّ محرك من محركات مكوك الفضاء الرئيسة يزوّد المكوك بقوة دفع تقدر بـ 1.6 million N. وتستمد هذه المحركات طاقتها من عملية احتراق الهيدروجين والأكسجين.

تطبيق الفيزياء

تُعد محركات الصواريخ SSMEs ذات كفاءة كبيرة بالنسبة لوزنها، وتعطي قوة دفع أكبر مقارنة بأي من المحركات الموجودة. وهناك ثلاثة مستويات رئيسة للدفع في هذه المحركات (الأدنى والمتوسط والدفع الكامل) والتي يمكن السيطرة عليها وتغييرها بواسطة الحاسوب. تعتمد المراحل المختلفة من الدفع في هذه المحركات على حجم الحمولة والمهمة المطلوب تنفيذها. يحتاج المكوك إلى دفع هائل حتى يتغلب على قوة جذب الأرض، بينما يحتاج إلى مستوى آخر من الدفع لبقائه في المدار

عرض سريع

تأثير الكتلة

الزمن المقدر 10 دقائق

المواد والأدوات قارورتان فارغتان سعة كل منهما لتران، ورباط مطاطي، وخيط، ومسطرة، وماء.

الخطوات اربط الخيط بالرباط المطاطي، ثم ضع الرباط المطاطي حول القارورة بعد ملئها بلتر من الماء، على أن تكون القارورة في وضع رأسيّ وعليها الغطاء. اسحب الخيط حتى تبدأ القارورة في الحركة، استعمل المسطرة لقياس مقدار استطالة الرباط المطاطي وسجل القياسات، ثم أضف مزيدًا من الماء إلى القارورة وأعد الخطوات، ثم قارن بين القياسات.

عندما تتغير سرعة القارورة أو تسارعها فإن القوة المحصلة لا تساوي الصفر. وعند إضافة كمية أخرى من الماء إلى القارورة تزداد كتلتها، ومن ثم يجب أن تزداد القوة التي يؤثر بها الرباط المطاطي في القارورة. أيْ أن زيادة الكتلة يتطلب زيادة القوة لإحداث تغير في التسارع.

نشاط — مساعدة الطلاب ذوي صعوبات التعلّم

نشاط جماعي دع الطلاب يعملوا في مجموعات صغيرة، ويعرضوا أمثلة على كل نوع من أنواع القوى التي في الجدول 2–4. ويمكنك أن تقدم بعض الأمثلة للطلاب بحيث يصنفونها حسب أنواع القوى الواردة في الجدول 2–4. واطلب إليهم رسم مخطط الجسم الحر لكل مثال وتسمية القوى عليه. ويمكن أن تشتمل الأمثلة على: كرة تتدحرج على طريق غير معبد، وكتاب على سطح طاولة، وكرة جولف تضرب بالعصا، ومظلي يسقط سقوطًا حرًّا، وجرس معلق بواسطة حبل، وخروج الهواء من بالون. م2 **متفاعل**

تعزيز الفهم

خريطة المفاهيم اطلب إلى الطلاب رسم خريطة مفاهيم تشتمل على القوة والسرعة المتجهة والتسارع. بحيث يصفوا العلاقات التي تربط بين المفاهيم المتصلة بعضها ببعض بخطوط. م1 **لغوي**

3. التقويم

التحقق من الفهم

مخططات الجسم الحر اطلب إلى الطلاب رسم مخطط الجسم الحر لحالات مختلفة تشتمل على أجسام غير متحركة، وتكون في حالة تماس مع أجسام أخرى ثابتة، مثل كرسي يجلس عليه شخص ما. تأكد أن الطلاب يرسمون فقط القوة المؤثرة في كل جسم وليس القوى التي يؤثر بها الجسم. م2 **بصريّ - مكاني**

إعادة التدريس

عرض سريع للقوى اطلب إلى أحد الطلاب أن يقف ويمد ذراعيه ثم ضع كتابًا على يده. واسأل الطلاب: هل تؤثر اليد بقوة في الكتاب؟ للتأكد من ذلك اطلب إلى الطالب أن يغمض عينيه، وأزل الكتاب عن يده. سوف تتسارع يد الطالب إلى الأعلى مما يثبت أنها بالفعل كانت تؤثر بقوة إلى الأعلى. م1 **حسي - حركي**

الجدول 2–4

بعض أنواع القوى

القوة	الرمز	التعريف	الاتجاه
الاحتكاك (*Friction*)	f_f	قوة تلامُس تؤثر في اتجاه معاكس للحركة الانزلاقية بين السطوح.	موازية للسطح في عكس اتجاه الحركة الانزلاقية.
العمودية (*Normal*)	F_N	قوة تلامُس يؤثر بها سطح في جسم ما.	عمودية على سطحي التلامس بين السطح والجسم في اتجاه الخارج.
النابض (*Spring*)	F_{sp}	قوة النابض (الإرجاع): أي قوة الدفع أو السحب التي يؤثر بها نابض في جسم ما.	في عكس اتجاه إزاحة الجسم.
الشد (*Tension*)	F_T	قوة يؤثر بها خيط أو حبل أو سلك في جسم متصل به، وتؤدي إلى سحبه.	تؤثر عند نقطة الاتصال في اتجاه مواز للخيط أو الحبل أو السلك، ومبتعدة عن الجسم.
الدفع (*Thrust*)	F_{thrust}	قوى تحرك أجسامًا مثل الصاروخ والطائرة والسيارة والأشخاص.	في اتجاه تسارع الجسم عند إهمال المقاومة.
الوزن (*Weight*)	F_g	قوة مجال تنتج عن الجاذبية الأرضية بين جسمين.	إلى أسفل في اتجاه مركز الأرض.

4–1 مراجعة

9. **القوة** صَنِّفْ كلًّا من الوزن، الكتلة، القصور الذاتي، والدفع باليد، والدفع، والمقاومة، ومقاومة الهواء، وقوة النابض، والتسارع إلى :
   a. قوة تلامس b. قوة مجال c. ليست قوة
10. **القصور الذاتي** هل يمكن أن تشعر بالقصور الذاتي لقلم رصاص أو كتاب؟ إذا كنت تستطيع فصف ذلك.
11. **مخطط الجسم الحر** ارسم مخطط الجسم الحر لكيس مليء بالسكر ترفعه بيدك بسرعة منتظمة. حدد النظام، وسمّ جميع القوى مع مسبباتها، وارسم أسهمًا بأطوال صحيحة.
12. **مخطط الجسم الحر** ارسم مخطط الجسم الحر لدلو ماء تُرفع بحبل بسرعة متناقصة. حدد النظام، وسمّ جميع القوى مع مسبباتها، وارسم أسهمًا بأطوال صحيحة.
13. **اتجاه السرعة المتجهة** إذا دفعت كتابًا إلى الأمام، فهل يعني هذا أن سرعته المتجهة ستكون في الاتجاه نفسه؟
14. **التفكير الناقد** تؤثر قوة مقدارها 1 N في مكعب خشبي فتكسبه تسارعًا معلومًا. عندما تؤثر القوة نفسها في مكعب آخر فإنها تكسبه ثلاثة أمثال تسارعه. ماذا تستنتج حول كتلة كل من هذين المكعبين؟

الفيزياء عبر المواقع الإلكترونية لمزيد من الاختبارات القصيرة ارجع إلى الموقع الإلكتروني www.obeikaneducation.com

4–1 مراجعة

9. الوزن (b)، الكتلة (c)، القصور الذاتي (c)، الدفع باليد (a)، الدفع (a)، المقاومة (b)، مقاومة الهواء (a)، قوة النابض (a)، التسارع (c).
10. نعم، يمكن أن تشعر بالقصور الذاتي لكلا الجسمين، وذلك باستعمال يدك لإعطاء الجسم تسارعًا، في محاولة لتغيير سرعته المتجهة.
11. انظر دليل حلول المسائل.
12. انظر دليل حلول المسائل.
13. لا، من الممكن أنه يتحرك إلى الخلف وتقوم بتقليل سرعته عند دفعه إلى الأمام.
14. بما أن $m = \frac{F}{a}$ والقوى هي نفسها، فإن كتلة المكعب الثاني تساوي $\frac{1}{3}$ كتلة المكعب الأول.

4-2 استخدام قوانين نيوتن

1. التركيز

نشاط

الكتلة والوزن اعرض على الطلاب العديد من الأجسام المختلفة (أسطوانات معدنية... إلخ). واسألهم أي الأجسام التي عُرضت عليهم وزنها أكبر؟ لماذا؟ علق هذه الأجسام بواسطة موازين زنبركية نابضة لتتحقق من توقعات الطلاب.

واسألهم: هل يكون لهذه الأجسام الوزن نفسه على الكواكب الأخرى أو على القمر؟ لا، تختلف أوزان الأجسام بسبب اختلاف قوة جاذبية القمر أو الكواكب الأخرى عن قوة جاذبية الأرض.

م 1 بصريّ - مكاني

الربط مع المعرفة السابقة

القوى المؤثرة في الأجسام يجب أن يكون الطلاب على اطلاع تام على مفهوم التسارع (الفصل الثالث)، حيث يتعرفون في هذا القسم على قانوني نيوتن الأول والثاني بصورة أوسع.

2. التدريس

المناقشة

سؤال على فرض أنك تقف في مصعد يتسارع إلى الأعلى، فهل مقدار القوة العمودية التي تؤثر بها أرضية المصعد فيك تساوي مقدار وزنك، أو أكبر من ذلك، أو أقل.

الجواب يجب أن يكون مقدار القوة العمودية أكبر من الوزن، واتجاه القوة المحصلة إلى الأعلى؛ لأن التسارع يكون في هذا الاتجاه. وهذا يعني أن محصّلة قوة الوزن والقوة العمودية يجب أن يكون اتجاهها إلى الأعلى، أي أن المحصلة في اتجاه القوة العمودية نفسه. م 1

4–2 استخدام قوانين نيوتن Using Newton's laws

الأهداف
- تصف العلاقة بين وزن الجسم وكتلته.
- تقارن بين الوزن الحقيقي والوزن الظاهري.

المفردات
الوزن الظاهري
القوة المعيقة
السرعة الحدية

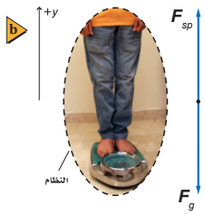
يربط قانون نيوتن الثاني بين السبب في تغير السرعة المتجهة للجسم ومقدار الإزاحة الناتجة، ويحدد كذلك العلاقة بين القوة المحصلة التي تؤثر في جسم وتسارع هذا الجسم.

استخدام قانون نيوتن الثاني Using Newton's Second Law

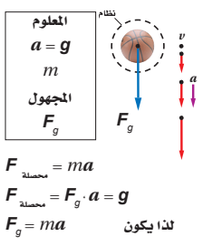
تأمَّل كلًّا من النموذجين: التصويري والفيزيائي لكرة تسقط سقوطًا حرًّا في **الشكل 6–4**. ما القوى التي تؤثر في الكرة؟ بما أن الكرة لا تلمس أي شيء، ولأن مقاومة الهواء مهملة فإن القوة الوحيدة التي تؤثر فيها هي F_g، وحيث إن تسارع الكرة هو g (كما درست في الفصل الثالث) فإن القانون الثاني لنيوتن يصبح $F_g = mg$. ولعلك تلاحظ من خلال العلاقة السابقة أن القوة والتسارع يؤثران إلى أسفل، وأن مقدار وزن الجسم يساوي كتلته مضروبة في التسارع الذي يكتسبه نتيجةً للسقوط الحر. ومن الضروري أن تدرك أن قوة الجاذبية الأرضية تؤثر في الجسم حتى لو لم يسقط سقوطًا حرًّا.

هذه النتيجة صحيحة على الأرض، وعلى أي كوكب آخر، بالرغم من أن مقدار g يختلف على الكواكب الأخرى. وبسبب أن قيمة g على سطح القمر أقل كثيرًا من قيمتها على سطح الأرض، لذا فإن وزن رواد الفضاء على سطح القمر يصبح أقل كثيرًا منه على سطح الأرض رغم أن كتلهم لم تتغير.

الموازين تحتوي بعض الموازين المنزلية على نوابض، وعندما تقف على الميزان يؤثر فيك بقوة إلى أعلى لأنك تلامسه. ولأنك لا تتسارع فإن القوة المحصلة المؤثرة فيك تساوي صفرًا، وهذا يعني أن قوة النابض F_{sp} التي تدفعك إلى أعلى تساوي مقدار قوة وزنك F_g التي تؤثر فيك إلى أسفل، كما هو مبين في **الشكل 7–4**. وتُحدد قراءة الميزان بواسطة القوة التي تؤثر بها نوابضه فيك. لذا فإن ما يقيسه الميزان المنزلي هو الوزن، ولسهولة التحويل بين الكتلة والوزن فإن الميزان يُدرّج بحيث يُعطينا الكتلة. أما إذا كنت على كوكب آخر فإن مقدار انضغاط النابض سيختلف، وستكون قراءته مختلفة. تذكر أن الكيلوجرام هو الوحدة الدولية للتعبير عن الكتلة، ولأن الوزن قوة فإن الوحدة الدولية المستخدمة للتعبير عنه هي النيوتن.



الشكل 7–4
a. إن قوة النابض التي تؤثر إلى أعلى في الميزان المنزلي تساوي مقدار قوة وزنك عندما تقف فوقه.
b. يبين مخطط الجسم الحر أن النظام متزن؛ لأن قوة النابض تساوي وزنك.



$F_{\text{محصلة}} = ma$

$F_{\text{محصلة}} = F_g \cdot a = g$

لذا يكون $F_g = ma$

الشكل 6–4 القوة المحصلة المؤثرة في الكرة هي قوة الوزن F_g.

4–2 إدارة المصادر

الملف الخاص بمصادر الفصول 4 – 1
دليل مراجعة الفصل، ص 115–109
اختبار قصير 2 – 4، ص 117

شريحة التدريس 2–4 ص 125
تعزيز الفهم ص 119
الإثراء ص 121

ربط الرياضيّات مع الفيزياء

مثال صفي

سؤال يريد عمر أن يرفع صخرة كتلتها 35.0 kg. فإذا أثر فيها بقوة مقدارها 502 N إلى الأعلى، فما تسارع الصخرة؟

الجواب

$$F_{\text{المحصلة}} = F_{\text{كتلة الأرض على الصخرة}} - F_{\text{عمر على الصخرة}}$$
$$= 502\ \text{N} - (35.0\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2)$$
$$= 502\ \text{N} - 343\ \text{N}$$
$$= 159\ \text{N}$$
$$a = F_{\text{المحصلة}}/m$$
$$= 159\ \text{N}/35.0\text{kg} = 4.54\ \text{m/s}^2$$
$$a = 4.54\ \text{m/s}^2$$

مسائل تدريبية

15. 39 N
16. 22 N
17. 17 N
18. الميزان السفلي 29 N والميزان العلوي 41 N

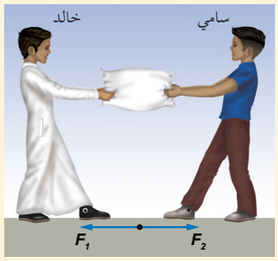
مصادر الفصول 1–4

شريحة التدريس 2–4

الموقع الإلكتروني www.obeikaneducation.com.sa

مثـــال 1

كان خالد يمسك وسادة كتلتها 0.30 kg عندما حاول سامي أن يأخذها منه . فإذا سحب سامي الوسادة أفقيًّا بقوة 10.0 N، وسحبها خالد بقوة أفقية تساوي 11.0 N، فما التسارع الأفقي للوسادة؟



1 تحليل المسألة ورسمها

- ارسم مخطط الحالة.
- حدد الوسادة باعتبارها "النظام"، واعتبر الاتجاه الذي يسحبها فيه خالد هو الاتجاه الموجب.
- ارسم مخطط الجسم الحر، وسمّ جميع القوى.

المعلوم	المجهول
$m = 0.30\ \text{kg}$	$a = ?$
$F_{\text{خالد في الوسادة}} = 11.0\ \text{N}$	
$F_{\text{سامي في الوسادة}} = 10.0\ \text{N}$	

2 إيجاد الكمية المجهولة

$$F_{\text{المحصلة}} = F_{\text{خالد في الوسادة}} + (-F_{\text{سامي في الوسادة}})$$

استخدم قانون نيوتن الثاني

$$a = \frac{F_{\text{المحصلة}}}{m}$$
$$= \frac{11.0\ \text{N} - 10.0\ \text{N}}{0.30\ \text{kg}}$$
$$= 3.3\ \text{m/s}^2$$

بالتعويض $F_{\text{خالد في الوسادة}} = 11.0\ \text{N}$، $m = 0.30\ \text{kg}$، $F_{\text{سامي في الوسادة}} = 10.0\ \text{N}$

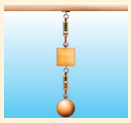
في الاتجاه الموجب

دليل الرياضيات
إجراء العمليات الحسابية باستعمال الأرقام المعنوية 134، 135

3 تقويم الجواب

- **هل الوحدات صحيحة؟** m/s^2 هي الوحدة الصحيحة للتسارع.
- **هل للإشارات معنى؟** التسارع في الاتجاه الموجب، وهو متوقع لأن خالدًا يسحب نحو الاتجاه الموجب بقوة أكبر من القوة التي يسحب فيها سامي نحو اليمين.
- **هل الجواب منطقي؟** إن مقدار التسارع منطقي بالنسبة إلى وسادة خفيفة.

مسائل تدريبية


الشكل 8–4

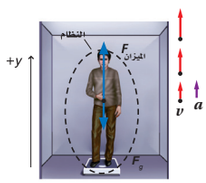
15. ما وزن بطيخة كتلتها 4.0 kg؟
16. يتعلم أحمد التزلج على الجليد، ويساعده أبوه بأن يسحبه بحيث يكتسب تسارعًا مقداره $0.80\ \text{m/s}^2$. فإذا كانت كتلة أحمد 27.2 kg فما مقدار القوة التي يسحبه بها أبوه؟ (أهمل المقاومة بين الجليد وحذاء التزلج).
17. تمسك أمل وسارة معًا بقطعة حبل كتلتها 0.75 kg، وتشد كل منهما في الاتجاه المعاكس للأخرى. فإذا سحبت أمل بقوة 16.0 N، وتسارع الحبل بالمقدار $1.25\ \text{m/s}^2$ مبتعدًا عنها، فما القوة التي تسحب بها سارة الحبل؟
18. يبين الشكل 8–4 مكعبًا خشبيًّا كتلته 1.2 kg، وكرة كتلتها 3.0 kg. ما قراءة كل من الميزانين؟ (أهمل كتلة الميزانين).

نشاط **متقدم**

استكشاف القوة والتسارع اطلب إلى الطلاب العمل في مجموعات يستعمل فيها كاميرا فيديو لتصوير أحدهم وهو يقف فوق ميزان في داخل مصعد. أكد على الطلاب أن تركز الكاميرا يجب أن يكون على مؤشر الميزان قبل تحرك المصعد، وفي أثناء حركته، ولحظة توقفه. اطلب الى الطلاب مشاهدة الشريط وتحديد أكبر قراءة للميزان وأقلها. واسألهم: ما مقدار التسارع وما اتجاهه لكل قوة، وأي المراحل يكون عندها تسارع المصعد صفرًا؟

م 3 حسي - حركي

الوزن الظاهري ما الوزن؟ تُعرف قوة الوزن على أنها $F_g = mg$، وتتغير F_g كلما تغيرت g. وتعد قيمة g ثابتة تقريبًا على سطح الأرض أو بالقرب منه، ولذلك فإن وزن جسم ما لا يتغير كثيرًا من مكان إلى آخر على سطح الأرض. تعلمت أن الميزان المنزلي يقرأ وزنك بشكل صحيح إذا كانت القوة الوحيدة التي تؤثر فيك إلى أعلى ناتجة عنه. لكن، ماذا يقرأ الميزان لو وقفت عليه بقدم واحدة بينما القدم الأخرى على الأرض، أو إذا ضغط زميلك على كتفيك إلى أسفل، أو ضغط على مرفقيك إلى أعلى؟ في هذه الحالات ستكون هناك قوى تلامس أخرى تؤثر فيك، لذا فإن الميزان لن يقرأ وزنك الحقيقي. ماذا يحدث إذا وقفت على ميزان داخل مصعد؟ ما دام المصعد متزنًا فإن الميزان يقرأ وزنك، وماذا يقرأ الميزان إذا تسارع المصعد إلى أعلى؟ يبين **الشكل 9–4** النموذجين التصويري والفيزيائي لهذه الحالة، فأنت تمثل النظام، والاتجاه الموجب إلى أعلى.



الشكل 9–4 إذا وقفت على ميزان داخل مصعد يتسارع إلى أعلى فإن الميزان يؤثر إلى أعلى بقوة أكبر من قوة وزنك التي تكون إلى أسفل.

ولأن النظام يتسارع إلى أعلى فإن القوة التي يؤثر بها الميزان إلى أعلى يجب أن تكون أكبر من وزنك، وستكون قراءة الميزان أكبر من وزنك وستشعر بأنك أثقل، وأن أرضية المصعد تضغط على قدميك. من جهة أخرى إذا ركبت في مصعد يتسارع إلى أسفل فستشعر أنك أخف، وستكون قراءة الميزان أقل من وزنك. وتسمى القوة التي يؤثر بها الميزان **الوزن الظاهري**.

استراتيجيات حل المسألة

القوة والحركة

عند حل مسائل القوة والحركة استخدم الاستراتيجيات التالية:

1. اقرأ المسألة بعناية وارسم نموذجًا تصويريًّا.
2. ضع دائرة حول النظام واختر نظامًا إحداثيًّا.
3. حدد الكميات المعلومة والمجهولة.
4. اعمل نموذجًا فيزيائيًّا؛ وذلك برسم مخطط توضيحي للحركة يبين اتجاه التسارع، وارسم مخطط الجسم الحر لبيان القوة المحصلة.
5. استخدم قوانين نيوتن للربط بين كل من التسارع والقوة المحصلة.
6. أعد ترتيب المعادلة لحل المسألة وإيجاد المجهول.
7. عوض الكميات المعلومة مع وحداتها في المعادلة، وأوجد الإجابة.
8. اختبر نتائجك للتأكد من أنها منطقية.

المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

سبب الوزن الظاهري قد يعتقد بعض الطلاب أن الوزن الظاهري يرتبط بالحركة بسرعة متجهة منتظمة. ولكن في الواقع تتم ملاحظة الوزن الظاهري عادة، عندما يتسارع الجسم رأسيًّا؛ لذا ذكّر الطلاب أن الجسم يبدو أثقل أو أخف من وزنه الحقيقي معتمدًا على اتجاه التسارع، لا سرعة الجسم المتجهة.

تطوير المفهوم

عرض سريع للسقوط الحر المتزامن اثقب قارورة بلاستيكية فارغة من أحد جوانبها، ثم صبّ الماء فيها إلى مستوى أعلى من مستوى الثقب بدرجة كافية. أغلق فوهة القارورة بسرعة، ولاحظ توقف تسرب الماء تقريبًا من الثقب. ثم انزع الغطاء فيعود الماء يتسرب من الثقب. اسأل الطلاب: إذا كان مستوى الماء في القارورة أعلى من الثقب وأسقطت القارورة سقوطًا حرًا والغطاء منزوع عن الثقب فهل يستمر تسرب الماء من الثقب؟ لا، في حالة السقوط الحر لا يمكن للماء أن يخرج من الثقب، لأن كلًّا من القارورة والماء يسقطان سقوطًا حرًّا في اللحظة نفسها (بشكل متزامن). أي أن لهما التسارع نفسه، مقدارًا واتجاهًا.

م 2 بصري - مكاني

نشاط

مساعدة الطلاب ذوي صعوبات التعلّم

نشاط جماعي وزّع الطلاب في مجموعات، واطلب إليهم إعطاء زوجين من الأمثلة تساعدهم على تذكر قانون نيوتن الثاني، على أن يبقى مقدار الكتلة أو التسارع أو القوة ثابتًا في كل زوج. فعلى سبيل المثال، إذا كان لديك كرتا بولينج متماثلتان، ودفعت إحداهما بقوة كبيرة، ودفعت الأخرى بقوة أصغر، فإن الكرة التي دفعت بقوة كبيرة ستكتسب تسارعًا أكبر من الكرة الأخرى. م 1 متفاعل

مثال صفي

سؤال لاحظت في أثناء وقوفك على ميزان داخل مصعد أن قراءة الميزان أقل من وزنك الحقيقي.

a. هل يتحرك المصعد بسرعة منتظمة، أم يتسارع؟

b. ما اتجاه التسارع؟

الجواب

a. المصعد يتسارع

b. إلى أسفل.

تعزيز الفهم

عرض سريع للوزن الظاهري اربط جسمًا بميزان زنبركي (نابض)، وارفعه ببطء وبسرعة منتظمة، سوف يلاحظ الطلاب أن القراءة تبقى ثابتة. ثم حرك الميزان بهزة سريعة ومفاجئة إلى الأعلى أو الأسفل، بحيث يتمكن الطلاب من ملاحظة تغير قراءة الميزان. م 1

بصري - مكاني

التفكير الناقد

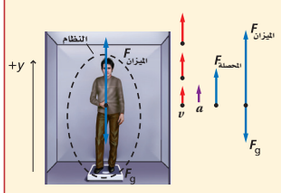
السقوط الحر اعرض على الطلاب النص (السيناريو) التالي: أفلت مظلي عند لحظة قفزه من الطائرة قطعة نقد معدنية من يده للتأكد من فتح المظلة عند ارتفاع ما، فبقيت قطعة النقد المعدنية محاذية له طيلة الفترة الزمنية للسقوط. هل تتوقع أن مظلة المظلي فتحت؟ فسر. مظلة المظلي لم تفتح، وبقي كلاهما (المظلي وقطعة النقد المعدنية) متحركين في المستوى نفسه.

م 2 **منطقي - رياضي**

مثـــال 2

الوزن الحقيقي والوزن الظاهري افترض أن شخصًا ما يقف على ميزان في مصعد، وأن كتلته تساوي 75.0 kg. في البداية كان المصعد ساكنًا، ثم تسارع إلى أعلى بمقدار $2.00\ m/s^2$ لمدة 2.00 s، ثم تابع حركته إلى أعلى بسرعة منتظمة. هل تكون قراءة الميزان في أثناء تسارع المصعد أكبر، أم مساوية، أم أقل من القراءة التي سجلها عندما كان المصعد ساكنًا؟

1 تحليل المسألة ورسمها



- ارسم مخطط الحالة للمسألة.
- اختر نظامًا إحداثيًا يكون فيه الاتجاه الموجب كما هو موضح في الرسم.
- ارسم مخطط الحركة لكل من a و v.
- ارسم مخطط الجسم الحر. لاحظ أن اتجاه القوة المحصلة في اتجاه التسارع نفسه، وهذا يعني أن القوة إلى أعلى أكبر من القوة إلى أسفل.

المعلوم	المجهول
$m = 75.0\ kg$ $a = 2.00\ m/s^2$	$F_{\text{الميزان}} = ?$
$t = 2.00\ s$ $g = 9.80\ m/s^2$	

2 إيجاد الكمية المجهولة

$F_{\text{المحصلة}} = ma$

$F_{\text{المحصلة}} = F_{\text{الميزان}} + (-F_g)$

$F_{\text{الميزان}} = F_{\text{المحصلة}} + F_g$

F_g سالبة لأنها في الاتجاه السالب للنظام الإحداثي

لحساب $F_{\text{الميزان}}$ نستخدم

عندما يكون المصعد في حالة سكون

المصعد لا يتسارع لذلك $F_{\text{المحصلة}} = 0.00\ N$

بالتعويض $F_{\text{المحصلة}} = 0.0\ N$

$F_{\text{الميزان}} = F_{\text{المحصلة}} + F_g$

$= F_g$

بالتعويض $F_g = mg$

$= mg$

بالتعويض $m = 75.0\ kg$، $g = 9.80\ m/s^2$

$= (75.0\ kg)\ (9.80\ m/s^2)$

$= 735\ N$

عندما يتسارع المصعد

$F_{\text{الميزان}} = F_{\text{المحصلة}} + F_g$

$= ma + mg$

$= m\,(a + g)$

$= 75.0\ kg\ (2.00\ m/s^2 + 9.80\ m/s^2)$

$= 885\ N$

قراءة الميزان في أثناء تسارع المصعد أكبر من قراءته عندما كان المصعد ساكنًا.

نشاط — مشروع فيزياء

الحركة في خط مستقيم رافق طلابك في جولة حول المدرسة واطلب إليهم تسجيل أمثلة عن أجسام مختلفة تتحرك خلال جولتهم. ثلاثة منها يمكن وصف حركتها باستخدام الفيزياء الواردة في هذا الفصل، وينبغي كذلك تسجيل ثلاث حركات أخرى لا يستطيعون وصفها بشكل صحيح. ويجب أن يوضح الطلاب لماذا لا يستطيعون تطبيق نماذج الحركة التي درسوها على هذه الأجسام. فعلى سبيل المثال: تتوافق حركة كرة تتدحرج على أرض أفقية مع نماذج الحركة في هذا الفصل. بينما لا تتوافق معها حركة كرة تقفز مرتدة في أثناء نزولها الدرج. م 1 **حسي - حركي**

3 تقويم الجواب

- **هل الوحدات صحيحة؟** $kg.m/s^2$ هي وحدة القوة (النيوتن).
- **هل للإشارات معنى؟** تتفق الإشارة الموجبة مع النظام الإحداثي.
- **هل الجواب منطقي؟** إن قراءة الميزان $F_{\text{الميزان}}$ في أثناء تسارع المصعد أكبر من قيمتها عندما يكون المصعد ساكنًا، لذلك فإن الجواب منطقي.

مسائل تدريبية

19. يبين ميزانك المنزلي أن وزنك 585 N.

a. ما كتلتك؟

b. كيف تكون قراءة الميزان نفسه على سطح القمر؟ (تسارع الجاذبية على القمر $= 1.6\ m/s^2$).

20. استخدم نتائج **المثال 2** للإجابة عن مسائل حول ميزان داخل مصعد. ما القوة التي يؤثر بها الميزان في شخص يقف داخله في الحالات التالية؟

a. يتحرك المصعد بسرعة منتظمة.

b. يتباطأ المصعد بمقدار $2.00\ m/s^2$ في أثناء حركته إلى أعلى.

c. تزداد سرعته بمقدار $2.00\ m/s^2$ في أثناء حركته إلى أسفل.

d. يتحرك المصعد إلى أسفل بسرعة منتظمة.

e. يتباطأ المصعد بمقدار ثابت حتى يتوقف.

القوة المعيقة والسرعة الحدّية
Drag Force and Terminal Velocity

تؤثر دقائق الهواء في الأجسام التي تتحرك خلاله. وفي الحقيقة يؤثر الهواء بقوة كبيرة في الأجسام المتحركة، ونظرًا لأنه في أكثر الحالات يؤثر في جميع جوانب الجسم بقوة متوازنة فإن تأثيره يكون غير واضح.

من باب التبسيط أهملنا تأثير قوة الهواء في جسم يتحرك خلاله، إلاّ أنه في الواقع عندما يتحرك جسم خلال وسط مائع مثل الهواء أو الماء، فإن المائع يؤثر فيه بقوة معيقة في اتجاه يعاكس حركته. ويمكن تعريف **القوة المعيقة** بأنها قوة الممانعة التي يؤثر بها مائع في جسم يتحرك خلاله. وتعتمد هذه القوة على حركة الجسم؛ فكلما زادت سرعة الجسم زاد مقدار هذه القوة، كما تعتمد على خصائص الجسم، ومنها شكله وحجمه، وخصائص المائع، ومنها لزوجته ودرجة حرارته.

مسائل تدريبية

19.
a. 59.7 kg
b. 95.5 N

20.
a. 735 N
b. 585 N
c. 585 N
d. 735 N
e. $(75.0\ kg)(a) + 735N$

عرض سريع

قوى معيقة

الزمن المقدر 10 دقائق

المواد والأدوات كرة رخامية ومكعب (أو أسطوانة فلزية) كتلتاهما متساويتان، وكأس عميقة، وزيت محرّك، ومصباح كهربائي، ومقياس درجة حرارة، وساعة رقمية.

الخطوات املأ الكأس بالزيت عند درجة حرارة الغرفة. وسجل درجة حرارة الزيت في الكأس، ثم أمسك بالكرة والمكعب فوق سطح الزيت مباشرة، واتركهما في الوقت نفسه ليسقطا معًا في الزيت (إذا كنت تستخدم الأسطوانة الفلزية فأسقطها من طرفها المستوي). واطلب إلى الطلاب مراقبة الجسمين في أثناء هبوطهما خلال السائل في الكأس. وتسجيل المعدل الذي يسقط به كل جسم. ثم ضع الكأس تحت المصباح الكهربائي، واتركه حتى يصبح الزيت دافئًا، وذلك لتغيير خواص السائل. سجل درجة حرارة السائل، وأعد الخطوات السابقة. واطلب إلى الطلاب تسجيل المعدل الذي يسقط به كل جسم، ثم ارسم جدولًا على السبورة للمقارنة بين البيانات. سيلاحظ الطلاب ما يدل على القوة المعيقة.

المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

قوة الهواء قد يعتقد بعض الطلاب أن الهواء يؤثر بقوة إلى الأسفل فقط. و الحقيقة أنه يدفع في كل الاتجاهات.

تجربة إضافية

السرعة الحدّية

الهدف استكشاف مقاومة الهواء.

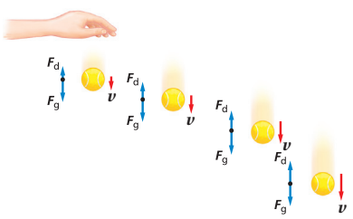
المواد والأدوات ساعة ايقاف، ومسطرة مترية، وأوراق ترشيح القهوة.

الخطوات

اطلب إلى الطلاب تحديد الزمن الذي تستغرقه ورقة واحدة من أوراق ترشيح القهوة، ثم ورقتين منها للوصول إلى السرعة الحدية في أثناء سقوطها سقوطًا حرًّا، ساعد الطلاب على تصميم إجراء ما، وذلك بسؤالهم عن كيفية معرفتهم أن ورقة الترشيح تتحرك بسرعة ثابتة، وماذا يفعلون لقياس السرعة بدقة؟

التقويم ما مقدار السرعة الحدّية؟ وهل تعتمد تلك السرعة على كتلة الجسم الساقط؟

يجب أن تتضمن إجابات الطلاب أن السرعة الحدّية تعتمد على الجذر التربيعي لكتلة الجسم الساقط.



الشكل 10–4 تزداد القوة المعيقة للجسم الذي يسقط سقوطًا حرًّا كلما زادت سرعته. وعندما تصل القوة المعيقة إلى الحد الذي تصبح فيه مساوية لقوة الجاذبية يصبح تسارع الجسم صفرًا.

إذا سقطت كرة تنس الطاولة، كما هو موضح في **الشكل 10–4**، فإن سرعتها المتجهة تكون صغيرة في البداية، لذا تكون القوة المعيقة F_d المؤثرة فيها صغيرة. ولأن قوة الجاذبية الأرضية (اتجاهها إلى أسفل) أكبر كثيرًا من القوة المعيقة (اتجاهها إلى أعلى) فإن الكرة تتسارع إلى أسفل. وكلما ازدادت السرعة المتجهة للكرة ازدادت معها القوة المعيقة، إلى أن تتساوى القوتان فتصبح القوة المحصلة المؤثرة في الكرة مساوية صفرًا، وكذلك تسارعها، وهنا تتابع الكرة هبوطها بسرعة منتظمة. وهذه السرعة المنتظمة التي تصل إليها الكرة عندما تتساوى القوة المعيقة مع قوة الجاذبية الأرضية تسمى **السرعة الحدّية**.

وفي حالات سقوط الأجسام الخفيفة ذات السطوح الكبيرة يكون للقوة المعيقة تأثير ملحوظ في حركتها، وسرعان ما تصل هذه الأجسام إلى السرعة الحدّية.

أما الأجسام الثقيلة ذات السطوح الصغيرة فيكون تأثرها بالقوة المعيقة أقل كثيرًا. فعلى سبيل المثال تكون السرعة الحدّية لكرة تنس في الهواء 9 m/s، ولكرة السلة 20 m/s، أما في حالة كرة البيسبول فتصل إلى 42 m/s. ولا بد أنك قد لاحظت كيف يقوم المظليون بزيادة أو تقليل سرعتهم الحدية قبل أن تُفتح مظلاتهم، من خلال تغيير اتجاه حركة أجسامهم وهيئاتها.

أما الجسم الذي يتخذ هيئة الصقر المجنح فله سرعة حدّية صغيرة جدًّا قد تصل إلى 6 m/s. وعندما يفتح المظلي مظلته فإن هيئته تتغير، ويصير جزءًا من جسم كبير (المظلي + المظلة)، وتؤثر فيه قوة معيقة كبيرة، وتصبح سرعته الحدية قليلة (5 m/s تقريبًا).

مسألة تحفيز

تنطلق عربة كتلتها 0.50 kg، وتعبر من خلال بوابة كهروضوئية (PHOTOELECTRIC GATE) بسرعة ابتدائية مقدارها 0.25 m/s، وتؤثر فيها لحظة عبورها قوة ثابتة مقدارها 0.40 N في اتجاه حركتها نفسه.

1. ما تسارع العربة؟
2. إذا استغرقت العربة 1.3 s حتى عبورها إلى البوابة الثانية، فما المسافة بين البوابتين؟
3. إذا أثرت القوة 0.40 N في العربة عن طريق ربط خيط بالعربة، ومُرّر طرف الخيط الآخر فوق بكرة عديمة الاحتكاك، ثم ربط بكتلة تعليق m، فما مقدار كتلة التعليق m؟
4. اشتق معادلة الشد في الخيط بدلالة كل من كتلة العربة M، وكتلة التعليق m، وتسارع الجاذبية الأرضية g.

مسألة تحفيز

1. $F = ma$

$$a = \frac{F}{m} = \frac{0.40\ \text{N}}{0.50\ \text{kg}} = 0.80\ \text{m/s}^2$$

2. $d_f = d_i + v_i t + \frac{1}{2}at^2$

$$= 0.0\ \text{m} + (0.25\ \text{m/s})(1.3\ \text{s}) + \frac{1}{2}(0.80\text{m/s}^2)(1.3\ \text{s})^2$$

$$= 1.0\ \text{m}$$

3. $F_g = m_{\text{التعليق}}\, g$

$$m_{\text{التعليق}} = \frac{F_g}{g} = \frac{0.40\ \text{N}}{9.80\ \text{m/s}^2} = 4.1\times10^{-2}\ \text{kg}$$

4. $T = mg = Ma$

3. التقويم

التحقق من الفهم

السرعة الحدّية اعرض على الطلاب ثلاثة مخططات للحركة تُظهر أجسامًا بسرعات حدية مختلفة. ثم اسألهم: إذا كانت هذه الأجسام هي: قطرة مطر، وكرة برد، وندفة ثلج، فحدِّد المخطط الذي يتوافق مع حركة كل جسم من هذه الأجسام؟ م 2 **منطقي-رياضي**

إعادة التدريس

مقاومة الهواء أعط الطلاب العديد من الكرات المتنوعة، واطلب إليهم توقع ترتيب الكرات حسب الزمن الذي تحتاج إليه كل كرة لتسقط من ارتفاع محدد. اطلب إليهم إجراء التجربة لمشاهدة الترتيب الحقيقي للكرات؟ م 1 **حسي - حركي**

2–4 مراجعة

21. **جاذبية القمر** قارن بين القوة اللازمة لرفع صخرة كتلتها 10 kg على سطح الأرض، وتلك اللازمة لرفع الصخرة نفسها على سطح القمر. علمًا بأن تسارع الجاذبية على القمر يساوي $1.62\ m/s^2$.

22. **الوزن الحقيقي والظاهري** إذا كنت تقف على ميزان في مصعد سريع يصعد بك إلى أعلى بناية، ثم يهبط بك إلى حيث انطلقت. خلال أي مراحل رحلتك كان وزنك الظاهري مساويًا لوزنك الحقيقي، أكثر من وزنك الحقيقي، أقل من وزنك الحقيقي؟ ارسم مخطط الجسم الحر لكل حالة لدعم إجاباتك.

23. **التسارع** يقف شخص كتلته 65 kg فوق لوح تزلج على الجليد. إذا اندفع هذا الشخص بقوة 9.0 N فما تسارعه؟

24. **حركة المصعد** ركبت مصعدًا وأنت تمسك بميزان علّق فيه جسم كتلته 1 kg، وعندما نظرت إلى الميزان كانت قراءته 9.3 N. ماذا تستنتج بشأن حركة المصعد في تلك اللحظة؟

25. **كتلة** تلعب نورة مع زميلتها لعبة شد الحبل مستخدمةً دميةً. في لحظة ما خلال اللعبة سحبت نورة الدمية بقوة 22 N وسحبت زميلتها الدمية بقوة معاكسة مقدارها 19.5 N، فكان تسارع الدمية $6.25\ m/s^2$. ما كتلة الدمية؟

26. **تسارع** هبط مظلّي بسرعة منتظمة متخذًا هيئة الصقر المجنح. هل يتسارع المظلي بعد فتح مظلته؟ إذا كانت إجابتك نعم ففي أي اتجاه؟ فسر إجابتك باستخدام قوانين نيوتن.

27. **التفكير الناقد** يعمل حسن في مستودع، ومهمته تحميل المخزون في شاحنات حمولة كل منها 10000 N. يتم وضع الصناديق الواحد تلو الآخر فوق حزام متحرك قليل الاحتكاك لينقلها إلى الميزان، وعند وضع أحد الصناديق الذي يزن 1000 N تعطَّل الميزان. اذكر طريقة يمكن بها تطبيق قوانين نيوتن لتحديد الكتل التقريبية للصناديق المتبقية.

الفيزياء عبر المواقع الإلكترونية لمزيد من الاختبارات القصيرة ارجع إلى الموقع الإلكتروني www.obeikaneducation.com

2–4 مراجعة

21. الأرض: 98.0 N والقمر 16.2 N

22. يتساوى الوزن الحقيقي والوزن الظاهري في أثناء حركة المصعد بسرعة ثابتة إلى الأعلى أو إلى الأسفل. والوزن الظاهري يصبح أقل من الوزن الحقيقي عندما يتباطأ المصعد في أثناء حركته إلى الأعلى أو عند زيادة سرعته في أثناء حركته إلى الأسفل. والوزن الظاهري يصبح أكبر من الوزن الحقيقي عند زيادة سرعته في أثناء حركته إلى الأعلى أو عندما يتباطأ في أثناء حركته إلى الأسفل. انظر دليل حلول المسائل.

23. $0.14\ m/s^2$ بعيدًا عن الألواح الجانبية.

24. يتحرك بتسارع $0.5\ m/s^2$ إلى الأسفل.

25. 0.40 kg

26. نعم، يتسارع إلى الأعلى لبرهة من الزمن، وذلك بسبب تأثير قوة إضافية في اتجاه الأعلى، وهي ناتجة عن مقاومة الهواء التي تؤثر في المظلة. التسارع إلى الأعلى يقلل من السرعة إلى الأسفل.

27. أهمل مقاومة الهواء إذا كنت تستخدم الحزام المتحرك. استخدم الصندوق الذي وزنه 1000 N مقياسًا، اسحب الصندوق بقوة معينة لمدة ثانية، ثم قدِّر سرعته، واحسب التسارع. اسحب صندوقًا كتلته مجهولة بالقوة السابقة نفسها ولمدة ثانية، ثم قدِّر سرعته، واحسب تسارعه. إن القوة التي سحبت بها كل صندوق تمثل القوة المحصلة.

4-3 قوى التأثير المتبادل

1. التركيز

نشاط

قـوى التأثير المتبادل اطلب إلى اثنين من الطلاب أن يقف كل منهما على مزلاجه أمام غرفة الصف مع الأخذ باحتياطات السلامة. ثم اطلب إلى أحدهما أن يدفع الآخر. سوف يرى طلاب الصف أن الطالبين كليهما يتحرك على الرغم من أن واحدًا منهما فقط هو الذي قام بدفع الآخر. م 1 **حسي - حركي**

الربط مع المعرفة السابقة

مخططات الجسم الحر يقوم الطلاب بتطبيق مهاراتهم في عمل مخططات الجسم الحر من الجزء الأول وحتى هذا الجزء. وهذا يُمكّن الطلاب من دراسة أزواج قوى التأثير المتبادل. يساعد رسم المخطط الحر الطلاب أيضًا على الربط بين قانوني نيوتن الثاني والثالث، بالإضافة إلى زيادة فهمهم للقوة العمودية.

4–3 قوى التأثير المتبادل Interaction Forces

الأهداف
- **تُعرّف** قانون نيوتن الثالث.
- **تُوضّح** قوى الشد التي تنشأ في الحبـوط والحبـال من خلال قانون نيوتن الثالث.
- **تُعرّف** القوة العمودية.
- **تُحدّد** مقـدار القوة العمودية من خـلال تطبيـق قانون نيوتن الثاني.

المفردات
أزواج التأثير المتبادل
قانون نيوتن الثالث
قوة الشد
القوة العمودية

عرفتَ أنه إذا أثر مسبّب بقوة محصلة في جسـم فإن الجسـم يتسارع. وعرفتَ أيضًا أن هذه القـوة يمكـن أن تكـون قوة مجال أو قـوة تلامس. لكن ما الذي يسـبب القـوة؟ إذا قربت مغناطيسـين أحدهما إلى الآخر فإنك تشعر بأن كلًّا منهما يسحب الآخر أو يدفعه، وكذلك إذا ضغطـت بقدمـك عـلى عتلـة فإنها تضغط عـلى قدمك في الاتجـاه المعاكـس، لكن أيهما المسبب وأيهما الجسم؟

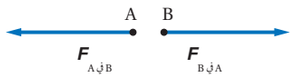
تمييز قوى التأثير المتبادل
Identifying Interaction Forces

تصور أنك ارتديت حذاء التزلج بالإضافة إلى جميع ملابس الأمان المناسـبة، وكذلك فعلَ صديقـك. فـإذا دفعت ظهـره بيديك لكـي يبدأ التزلـج إلى الأمام، فما الـذي يحدث لك؟ سـوف تتحرك إلى الخلف. لماذا؟ تذكر أن القوة تنتج عن تأثير متبادل بين جسـمين، فأنت حـين تدفـع صديقك تتلامـس معه وتؤثر فيه بقـوة تجعله يتحرك إلى الأمـام. لأنه في حالة تلامس معك فإنه يؤثر فيك بقوة تؤدي إلى تغير في حركتك.

تكون القوى دائمًا على شـكل أزواج. اعتبر نفسـك (الطالب A) تمثل نظامًا، وأن صديقك (الطالب B) يمثل نظامًا آخر. ما القوى الأفقية التي تؤثر في كل من هذين النظامين؟ يبين **الشـكل 11–4** مخطط الجسـم الحر للنظامين. وبتأمل هذا المخطط سـتلاحظ أن كل نظام يتلقى من النظام الآخر قوة تؤثر فيه.

القوتان $F_{A\text{ على }B}$ و $F_{B\text{ على }A}$ نسـميهما **زوجي التأثير المتبادل**، وهما قوتان متسـاويتان في المقدار ومتعاكسـتان في الاتجـاه، ويطلق عليهـما أحيانًا قوتا الفعل ورد الفعـل؛ حيث لا يمكن أن تظهـر إحداهمـا دون الأخرى. وقد يشـير ظاهر هذه العبارة إلى أن أحدهما يسـبب الآخر، لكن هذا غير صحيح. فعلى سـبيل المثال، لم تُنتج القوة التي دفعت بها صديقك القوةَ التي أثرت فيك ودفعتك إلى الخلف؛ فكلتا القوتين نتجت عن التلامس بينكما.

الشـكل 11–4 عندمـا تؤثر بقـوة في صديقك لتدفعه إلى الأمـام فإنه يؤثر فيك بقـوة مساوية ومعاكسة تدفعك إلى الخلف.



4–3 إدارة المصادر

الملـف الخاص بمصادر الفصول 4 – 1
دليل مراجعة الفصل، ص 115–109
اختبار قصير 3 – 4، ص 118

شريحة التدريس 3–4 ص 127
شريحة التدريس 4–4 ص 129
ورقة عمل التجربة ص 104
ورقة عمل مختبر الفيزياء ص 105
ربط الرياضيّات مع الفيزياء
دليل التجارب العمليّة، ص 28

قانون نيوتن الثالث Newton's Third Law

إن القوة التي تؤثر بها في صديقك تساوي في المقدار وتعاكس في الاتجاه القوة التي يؤثر بها صديقك فيك، وهذا يتلخص في **قانون نيوتن الثالث** الذي ينص على أن جميع القوى تظهر على شكل أزواج، وتؤثر قوتا كل زوج في جسمين مختلفين، وهما متساويتان في المقدار، ومتضادتان في الاتجاه.

قانون نيوتن الثالث

$$F_{\text{A في B}} = -F_{\text{B في A}}$$

القوة التي يؤثر بها A في B تساوي في المقدار وتعاكس في الاتجاه القوة التي يؤثر بها B في A.

افترض أنك تمسك كتابًا بيدك، وارسم مخطط الجسم الحر الخاص بك، ومخططًا آخر للكتاب. هل هناك أزواج تأثير متبادل؟ عند تمييز أزواج التأثير المتبادل في مخططات الجسم الحر يجب أن تدرك أن كلًّا منها يؤثر في جسم مختلف. ففي هذه الحالة هناك فقط زوجا تفاعل هما: $F_{\text{الكتاب في اليد}}$ و $F_{\text{اليد في الكتاب}}$.

لاحظ أيضًا أن لكل جسم وزنًا. فإذا كانت قوة الوزن نتيجة للتأثير المتبادل بين كل من الجسم وكتلة الأرض فلا شك أن الجسم يؤثر بقوة في الأرض، وإذا كان الأمر كذلك أفلا يجب أن تتسارع الأرض؟

ضع كرة قدم بحيث تستقر فوق الطاولة، والطاولة بدورها تستقر على الأرض، كما في **الشكل 12–4**. حلل أولاً القوى المؤثرة في الكرة: تؤثر الطاولة في الكرة بقوة إلى أعلى، وتؤثر كتلة الأرض في الكرة بقوة الجاذبية الأرضية. وعلى الرغم من أن هاتين القوتين متعاكستان في الاتجاه، وتؤثران في الجسم نفسه، إلا أنهما ليستا زوجي تأثير متبادل، بل مجرد قوتين تؤثران في الجسم نفسه.

لننظر الآن إلى الكرة والطاولة، فبالإضافة إلى القوة التي تؤثر بها الطاولة في الكرة إلى أعلى، فإن الكرة تؤثر في الطاولة بقوة إلى أسفل، وهذا يشكل زوجي تأثير متبادل، كما تشكل الكرة والأرض زوجي تأثير متبادل. لذلك فإن أزواج التأثير المتبادل للكرة في الطاولة هي:

$$F_{\text{الطاولة في الكرة}} = -F_{\text{الكرة في الطاولة}}$$

كذلك

$$F_{\text{الأرض في الكرة}} = -F_{\text{الكرة في الأرض}}$$

إن التسارع الذي تكتسبه الكرة الأرضية من قوة جسم يتفاعل معها يكون عادة متناهيًا في الصغر بحيث يتم التعامل مع الأرض باعتبارها جزءًا من المحيط الخارجي لذلك الجسم، لا باعتبارها نظامًا آخر.

الشكل 12–4 كرة قدم على طاولة موضوعة على الأرض. لاحظ أن الكرة والطاولة تشكلان زوجي تأثير متبادل وكذلك الطاولة والأرض والكرة والأرض.

تجربة

لعبة شد الحبل

إذا كنت تلعب لعبة شد الحبل، وكان خصمك يكتفي بالإمساك بطرف الحبل دون أن يشده، فكم تتوقع أن يكون مقدار القوة التي تؤثر بها في الحبل مقارنة بقوة خصمك؟

1. **توقع** كيف تقارن بين القوتين إذا تحرك الحبل في اتجاهك؟
2. **اختبر توقعك.** *تحذير، لا تترك الحبل فجأة.*

التحليل والاستنتاج

3. **قارن** بين القوة عند طرف الحبل من جهتك، والقوة في طرف الحبل الذي يمسك به خصمك. ما الذي حدث عندما بدأت بتحريك خصمك؟

2. التدريس

المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

أزواج التأثير المتبادل هناك انطباع راسخ لدى بعض الطلاب أن الفعل أو رد الفعل الأسرع أو الأكبر أو الأشد في التأثير المتبادل سوف يؤثر بقوة أكبر. وحسب القانون الثالث لنيوتن فإن ذلك غير صحيح. ففي التأثير المتبادل تؤثر الأجسام بعضها في بعض بقوى متساوية في المقدار. م 2 **بصري - مكاني**

استخدام النماذج

زوجا التأثير المتبادل اطلب إلى الطلاب رسم مخططين للجسم الحر لتوضيح أن الجسم هو جزء من زوجي التأثير المتبادل كما في الشكل 12–4. يجب أن يوضح على كل مخطط للجسم الحر قوتين متساويتين في المقدار ومتعاكستين في الاتجاه. ويمكن للطلاب تقديم أمثلتهم الخاصة. م 2 **بصري - مكاني**

تجربة

لعبة شد الحبل

الهدف قياس القوى بحيث يتمكن الطلاب من التخلص من المفاهيم الشائعة غير الصحيحة.

المواد والأدوات عدد 2 ميزان زنبركي نابض، وخيط طوله 15 cm.

النتائج المتوقعة قراءتا الميزانين دائما متساويتان.

التحليل والاستنتاج

3. إن القوة التي يتم التأثير بها في الحبل لتحقيق الثبات تساوي تلك التي تسحب الحبل من الطرف الآخر. وحتى عندما يبدأ خصمك في الحركة فإن القوى في الحبل تبقى متساوية.

مصادر الفصول 4–1

شريحة التدريس 3–4

الموقع الإلكتروني www.obeikaneducation.com.sa

استراتيجيات حل المسألة

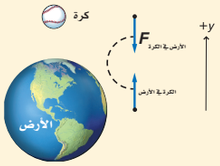
أزواج التأثير المتبادل

يمكنك الاستعانة بالاستراتيجيات الآتية في حل مسائل التأثير المتبادل بين نظامين مختلفين:

1. اعزل النظام أو الأنظمة عن المحيط الخارجي.
2. ارسم لكل نظام نموذجًا تصويريًّا، ونموذجًا فيزيائيًّا يشتمل على مخطط الجسم الحر، مع تحديد النظام الإحداثي.
3. صل بين كل زوجين من أزواج التأثير المتبادل بخط متقطع.
4. لإيجاد الإجابة، استخدم قانون نيوتن الثاني الذي يربط بين كل من القوة المحصلة والتسارع لكل نظام.
5. استخدم قانون نيوتن الثالث لكتابة معادلة تجمع بين مقادير قوى التأثير المتبادل، وبيّن اتجاه كل قوة.
6. حل المسألة واختبر الوحدات والإشارات والمقادير؛ للتأكد من أنها منطقية.

مثـــال 3

تسارع الأرض عندما تسقط كرة كتلتها 0.18 kg يكون تسارعها في اتجاه الأرض مساويًا لتسارع الجاذبية الأرضية. ما القوة التي تؤثر بها الكرة في الأرض؟ وما التسارع الذي تكتسبه الأرض، علمًا بأن كتلة الأرض 6.0×10^{24} kg ؟



1 تحليل المسألة ورسمها

- ارسم مخطط الجسم الحر لكلا النظامين: الكرة والأرض.
- صل بين زوجي التأثير المتبادل بخط متقطع.

المعلوم	المجهول
$m_{\text{الكرة}} = 0.18\ \text{kg}$	$F_{\text{الكرة في الأرض}} = ?$
$m_{\text{الأرض}} = 6.0 \times 10^{24}\ \text{kg}$	$a_{\text{الأرض}} = ?$
$g = 9.80\ \text{m/s}^2$	

2 إيجاد الكمية المجهولة

استخدم القانون الثاني لنيوتن لإيجاد القوة التي تؤثر بها الأرض في الكرة:

$$\begin{aligned} F_{\text{الأرض في الكرة}} &= m_{\text{الكرة}}\, a \\ &= m_{\text{الكرة}}\,(-g) \\ &= (0.18\ \text{kg})(-9.80\ \text{m/s}^2) \\ &= -1.8\ \text{N} \end{aligned}$$

بالتعويض $a = -g$

بالتعويض $m_{\text{الكرة}} = 0.18\ \text{kg}, g = 9.80\ \text{m/s}^2$

معلومة للمعلم

الفيزياء في الحياة

فنون القتال تطور فن الكاراتيه – ويعني اليد الفارغة – في مدينة أوكيناوا اليابانية في بداية القرن السابع عشر كنوع من الدفاع عن النفس، حيث منع الحكام استخدام الأسلحة في هذه المناطق. ويحتاج الشخص عادة إلى سنوات من التدريب ليتعلم مهارات الكاراتيه، فبالتدريب المتواصل يمكن لليد الفارغة كسر قطع خرسانية. يستطيع الخبير المتدرب كسر قطعة خرسانية سماكتها 3.8 cm، وذلك بتحريك يده بسرعة 11 m/s ليؤثر بقوة مقدارها 3069 N، وبالطبع تؤثر القطعة بالمقدار نفسه من القوة التي تؤثر به اليد. وقد تندهش إذا علمت أن عظام يد الإنسان تتحمل قوة تعادل 40 ضعفًا من القوة التي تتحملها الخرسانة.

استخدم القانون الثالث لنيوتن لإيجاد القوة التي تؤثر بها الكرة في الأرض:

بالتعويض $F_{\text{الأرض في الكرة}} = -1.8\ \text{N}$

دليل الرياضيات
إجراء العمليات الرياضية بدلالتها العلمية 138،137

$$F_{\text{الكرة في الأرض}} = -F_{\text{الأرض في الكرة}}$$
$$= -(-1.8\ \text{N})$$
$$= +1.8\ \text{N}$$

استخدم القانون الثاني لنيوتن لإيجاد التسارع الذي تكتسبه الأرض:

بالتعويض $m_{\text{الأرض}} = 6.0 \times 10^{24}\ \text{kg}$ ، $F_{\text{المحصلة}} = 1.8\ \text{N}$

$$a_{\text{الأرض}} = \frac{F_{\text{المحصلة}}}{m_{\text{الأرض}}}$$
$$= \frac{1.8\ \text{N}}{6.0 \times 10^{24}\ \text{kg}}$$
$$= 2.9 \times 10^{-25}\ \text{m/s}^2 \quad \text{في اتجاه الكرة}$$

3 تقويم الجواب

- **هل الوحدات صحيحة؟** يثبت تحليل الوحدات أن القوة تقاس بـ N والتسارع بـ m/s^2.
- **هل للإشارات معنى؟** يجب أن تكون إشارة كل من القوة والتسارع موجبة.
- **هل الجواب منطقي؟** بما أن كتلة الأرض كبيرة فالتسارع يجب أن يكون قليلاً.

مسائل تدريبية

28. ترفع بيدك كرة بولنج خفيفة نسبيًّا وتُسارعها إلى أعلى. ما القوى المؤثرة في الكرة؟ وما القوى التي تؤثر بها الكرة؟ وما الأجسام التي تؤثر فيها هذه القوى؟

29. تسقط طوبة من فوق سقالة بناء. حدد القوى التي تؤثر في الطوبة، وتلك التي تؤثر بها الطوبة، ثم حدد الأجسام التي تؤثر فيها هذه القوى (مع إهمال تأثير مقاومة الهواء).

30. قذفت كرة إلى أعلى في الهواء. ارسم مخطط الجسم الحر الذي يمثل الكرة في أثناء حركتها إلى أعلى، وحدد القوى التي تؤثر في الكرة، والقوى التي تؤثر بها الكرة، والأجسام التي تؤثر فيها هذه القوى.

31. وضعت حقيبة سفر على عربة أمتعة ساكنة، كما في **الشكل 13–4**. ارسم مخطط الجسم الحر لكل جسم، وبيّن أزواج التأثير المتبادل حيثما وجدت.

الشكل 13–4

مثال صفي

سؤال إذا حدث في أثناء سيرك على الجليد أن انزلقت ووقعت، ففي لحظة ما يكون سقوطك حرًّا. خلال هذه اللحظة، ما القوة التي تؤثر بها في الأرض إذا كانت كتلتك 55.0 kg؟

تؤثر الأرض فيك بقوة:

$$F = ma = (55\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2)$$
$$= 539\ \text{N}$$

الجواب

إن مقدار القوة التي تؤثر بها في الأرض يساوي:

$$F = ma = (55\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2)$$
$$= 539\ \text{N}$$

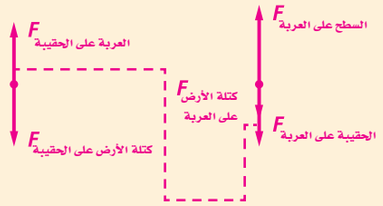
مسائل تدريبية

28. القوى التي تؤثر في الكرة، هي: قوة يدك وقوة الجاذبية الأرضية الناتجة عن كتلة الأرض. تؤثر الكرة بقوة في يدك وقوة الجاذبية في الأرض. تؤثر جميع هذه القوى في يدك وفي الكرة وفي الأرض.

29. القوة الوحيدة التي تؤثر في الطوبة هي قوة الجاذبية الأرضية الناتجة عن كتلة الأرض. وتؤثر الطوبة في الأرض بقوة مساوية لها في المقدار ومضادة في الاتجاه.

30. القوة الوحيدة المؤثرة في الكرة هي قوى الجاذبية الناتجة عن كتلة الأرض. وتؤثر الكرة بقوة مساوية ومضادة في الاتجاه في الأرض.

31.



تؤثر الحقيبة بقوة مساوية لوزنها في العربة، وبما أن النظام ساكن فإن العربة تؤثر في الحقيبة بقوة مساوية ومضادة في الاتجاه.

نشاط

مساعدة الطلاب ذوي صعوبات التعلّم

قانون نيوتن الثالث اسأل الطلاب كيف تعرفوا على فكرة أن لكل قوةٍ قوةً أخرى مساوية لها في المقدار ومضادة لها في الاتجاه. اطلب إلى الطالب الذي يجيب عن هذا السؤال بسهولة وبشكل صحيح أن يوضح ما يفهمه للطلاب من خلال نموذج. فعلى سبيل المثال، يمكن للطالب أن يوضح أنه عند رمي كرة ثقيلة إلى الأعلى في الهواء ثم التقاطها، فإنه سيشعر بتأثير التسارع أكثر من الحالة التي يرمي فيها كرة أقل وزنًا. وأنه إذا كانت القوة التي تؤثر بها الأرض في الكرة غير متساوية في المقدار في الحالتين، فلن يكون هناك اختلاف في الوزن عند التقاط الطالب للكرة. وإذا لم تكن القوة التي تؤثر بها الأرض في الكرة غير مضادة في الاتجاه، فلن تعود الكرة إلى الأرض. **ف ١ حسي - حركي**

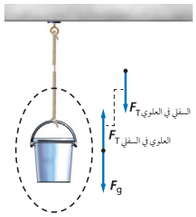
تطوير المفهوم

عرض سريع لقوة الشد ضع ميزانًا زنبركيًّا نابضًا بشكل أفقي بين بكرتين. أحضر كتلتين متساويتين واربط كلًّا منهما بحبل، ثم اربط الطرف الحر لكل حبل في إحدى نهايتي الميزان. مرِّر الحبلين فوق البكرتين بحيث تصبح الكتلتان معلقتين في الهواء. احرص على أن تكون قراءة الميزان الزنبركي النابض غير مرئية أي في الجهة البعيدة عن طلاب الصف. واطلب إليهم توقع قراءة الميزان. بعد مناقشة مع الطلاب أدر الميزان ليتمكنوا من قراءته. قد يتوقع بعض الطلاب أن تكون قراءة الميزان مجموع الوزنين. وفي الحقيقة إن قراءة الميزان هي مقدار قوة الشد، إذ يؤثر الوزنان في الميزان بقوى متساوية ومتضادة في الاتجاه، وهكذا، فإن قوة الشد في الميزان تساوي مقدار القوة التي يسحب بها كل وزن. م 2

استخدام الشكل 14–4

أخبر الطلاب أن الحبل المبين في الشكل 14–4 لن ينقطع مادامت قوة الشد فيه أقل من 500 N والتي تمثل وزن الدلو. اطلب إليهم تقدير قيمة الشد في الحبل إذا علّقت جرسًا وزنه 300 N بالحبل بدلاً من الدلو. إن الشد في الحبل يساوي مجموع أوزان الأجسام المعلقة به أي 300 N. ما الذي يحدث إذا علّق الطلاب في الحبل وزنًا إضافيًّا قيمته 300 N؟ ينقطع الحبل م 2

بصري - مكاني



الشكل 14–4 الشد في الحبل يساوي مجموع أوزان جميع الأجسام المعلقة به.

قوى الشد في الحبال والخيوط
Forces of Ropes and Strings

قوة الشد اسم يطلق على القوة التي يؤثر بها خيط أو حبل. وللتبسيط سنفترض في هذا الكتاب أن كتل الحبال والخيوط مهملة.

ومن أجل فهم أكثر عمقًا لمصطلح الشد سندرس الحالة المبينة في **الشكل 14–4**؛ حيث يعلّق دلو في نهاية حبل مثبت في السقف. تلاحظ أن الحبل يوشك أن ينقطع عند المنتصف، وإذا انقطع الحبل فسوف يسقط الدلو. وهذا يعني وجود قوى تجعل طرف الحبل العلوي (قبل أن ينقطع) متماسكًا مع طرفه السفلي.

نرمز إلى القوة التي يؤثر بها الطرف العلوي للحبل في الطرف السفلي بـ $F_{\text{العلوي في السفلي}}$، وهي بحسب قانون نيوتن الثالث جزء من زوجي تأثير متبادل، أما الزوج الآخر فهو القوة التي يؤثر بها الطرف السفلي للحبل في الطرف العلوي: $F_{\text{السفلي في العلوي}}$، وهاتان القوتان متساويتان في المقدار ومتعاكستان في الاتجاه، كما هو موضح في **الشكل 14–4**.

يمكن أن تفكر في هذه الحالة بطريقة أخرى، فقبل أن ينقطع الحبل كان الدلو متزنًا، وهذا يعني أن قوة وزنه إلى أسفل يجب أن تساوي في المقدار وتعاكس في الاتجاه قوة الشد فيه إلى أعلى. الآن دعنا ننظر إلى تلك النقطة من الحبل التي تقع مباشرة فوق الدلو، وهي أيضًا في حالة اتزان. قوة الشد في الحبل أسفل هذه النقطة تسحب في اتجاه الأسفل، وهي تساوي قوة الشد فيه أعلى هذه النقطة، وهي في اتجاه الأعلى. وينطبق هذا على أي نقطة في الحبل. ولأن الشد في الطرف السفلي للحبل يساوي وزن الدلو، فإن الشد في كل مكان في الحبل يساوي وزن الدلو كذلك. وهكذا فإن الشد في الحبل يساوي وزن جميع الأجسام التي تعلق في أسفله. ولأن كتلة الحبل مهملة لذلك فإن الشد في أي مكان في الحبل يساوي وزن الدلو.

توجد قوى الشد أيضًا في لعبة شد الحبل، مثل تلك المبينة في **الشكل 15–4**. فإذا أثر الفريق (A) الذي عن اليسار بقوة 500 N ولم يتحرك الحبل(R) فهذا يعني أن الفريق (B) الذي عن اليمين يسحب الحبل أيضًا بقوة 500 N. ما الشد في الحبل في مثل هذه الحالة؟ وإذا سحب كل فريق بقوة 500 N، فهل سيكون الشد الكلي في الحبل 1000 N؟ للإجابة عن ذلك سندرس كلًّا من نصفي الحبل على حدة. الطرف الأيسر لا يتحرك، وهذا يعني أن القوة المحصلة المؤثرة فيه تساوي صفرًا، لذلك فإن:

$$F_{\text{في A}} = F_{\text{اليسار في اليمين}} = 500\ \text{N}$$

كما أن:

$$F_{\text{في B}} = F_{\text{اليمين في اليسار}} = 500\ \text{N}$$

ولكن

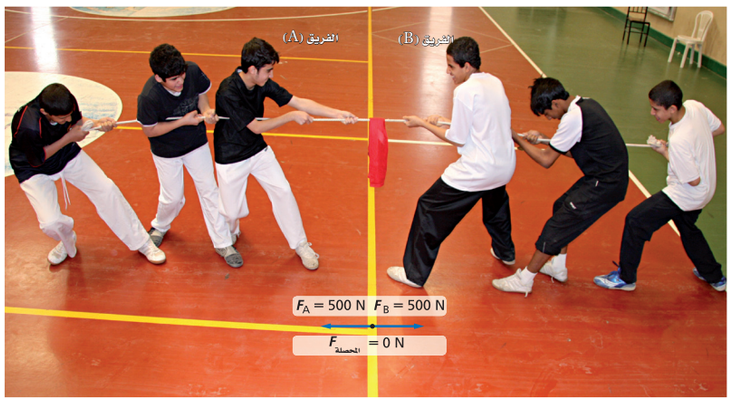
$$F_{\text{اليسار في اليمين}} = F_{\text{اليمين في اليسار}}$$

تمثل كل من $F_{\text{اليسار في اليمين}}$، $F_{\text{اليمين في اليسار}}$ أحد زوجي التأثير المتبادل، لذلك فهما متساويتان في المقدار ومتعاكستان في الاتجاه؛ أي أن الشد الكلي في الحبل يساوي القوة التي يسحب بها كل فريق، وتساوي 500 N.

تجربة عملية

ما القوى المؤثرة في القطار؟

ارجع إلى دليل التجارب العملية



الشكل 15–4 في لعبة شد الحبل يؤثر كل فريق (من خلال الشد في الحبل) بقوة مساوية ومعاكسة للقوة التي يؤثر بها الفريق الآخر.

التفكير الناقد

الإخلال بالاتزان اطلب إلى الطلاب أن يتخيلوا سيارة علقت في الوحل. هل يمكن سحبها باستخدام حبل قوي وشجرة مجاورة أو عمود الهاتف؟ نعم. بيِّن كيف يحدث ذلك؟ اربط نهاية الحبل بالسيارة، واربط الطرف الآخر للحبل بالشجرة، ثم اسحب الحبل بقوة عمودية من منتصفه. م2

استخدام التشابه

قوة الشد تشبه الأوضاع التي وصفت في الفقرتين السابقتين لعبة شد الحبل، حيث يؤثر كل فريق بقوة مساوية في المقدار ومضادة في الاتجاه للقوة التي يؤثر فيها الفريق الآخر من خلال الحبل.إن مقدار قوة الشد في الحبل يساوي القوة التي يؤثر فيها أحد الفريقين.

نشاط

مشروع فيزياء

لعبة شد الحبل اطلب إلى الطلاب البحث في تاريخ لعبة شد الحبل، حيث يقال إن اللعبة وجدت منذ آلاف السنين وانتشرت من إفريقيا إلى آسيا وأوربا، وقد عثر على رسوم تمثل هذه المسابقات مرسومة داخل الأبنية الأثرية المصرية ويعود تاريخها إلى ما قبل 4500 سنة. اطلب إلى الطلاب عرض قواعد لعبة شد الحبل وبيان أهميتها. وعليهم أن يعرضوا أشكالًا مختلفة منها، بالإضافة إلى ذكر قواعدها. م2 حسي - حركي

المناقشة

سؤال يقف طالب على مزلجة ويمسك بطرف حبل ويقابله طالب آخر يقف أيضًا على مزلجة ويمسك بالطرف الآخر للحبل، ماذا يحدث إذا سحب أحد الطالبين الحبل؟

الجواب سيتسارع الطالبان في اتجاه بعضهما البعض. وسيؤثر الحبل في كل طالب بقوة مساوية في المقدار ومضادة في الاتجاه، بحيث إن الطالب الذي كتلته أقل سيتسارع أكثر من الطالب الذي كتلته أكبر. م 2

مثال صفي

سؤال في أثناء صيده للسمك أمسك صياد بسمكة كتلتها 6 kg، فإذا كان أقصى قوة شد يتحملها خيط الصنارة 30 N، فما أقصى قيمة للتسارع الذي يمكن أن يسحب به الصياد تلك السمكة؟

الجواب

$$F = ma$$

$$30\ \text{N} = (6\ \text{kg})a$$

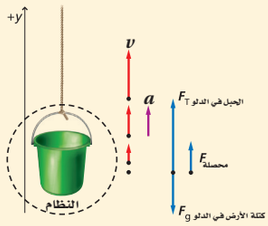
$$a = 5\ \text{m/s}^2$$

مثال 4

يُرفع دلو كتلته 50.0 kg بحبل يتحمّل قوة شد قصوى مقدارها 525 N. وبدأ الدلو حركته من السكون، وعندما كان على ارتفاع 3.0 m كانت سرعته 3.0 m/s. إذا كان التسارع ثابتًا، فهل هناك احتمال أن ينقطع الحبل؟

1 تحليل المسألة ورسمها

- ارسم مخطط الحالة وبيّن القوى التي تؤثر في النظام.
- كوّن نظامًا إحداثيًا يكون فيه الاتجاه الموجب إلى أعلى.
- ارسم مخططًا توضيحيًا للحركة يشتمل على كلٍّ من v و a.
- ارسم مخطط الجسم الحر، وسمّ القوى.



المعلوم	المجهول
$m = 50.0\ \text{kg}$ $v = 3.0\ \text{m/s}$	$F_T = ?$
$v_i = 0.0\ \text{m/s}$ $d = 3.0\ \text{m}$	

2 إيجاد الكمية المجهولة

تمثل $F_{\text{محصلة}}$ مجموع القوة الموجبة (F_T) التي يسحب بها الحبل إلى أعلى، وقوة الوزن السالبة ($-F_g$) التي تؤثر إلى أسفل.

$$F_{\text{محصلة}} = F_T + (-F_g)$$

$$F_T = F_{\text{محصلة}} + F_g$$

$$= ma + mg$$

بالتعويض $F_{\text{محصلة}} = ma$ ، $F_g = mg$

$$= m(a + g)$$

وبما أن قيم كل من v_i و v_f و d معلومة فإنه يمكننا استخدام معادلة الحركة التالية لإيجاد التسارع a:

$$v_f^2 = v_i^2 + 2ad$$

$$a = \frac{v_f^2 - v_i^2}{2d}$$

بالتعويض $v_i = 0.0\ \text{m/s}$

$$= \frac{v_f^2}{2d}$$

بالتعويض $a = \frac{v_f^2}{2d}$

$$F_T = m(a + g)$$

$$= m\left(\frac{v_f^2}{2d} + g\right)$$

بالتعويض $m = 50.0\ \text{kg}$ ، $v_f = 3.0\ \text{m/s}$ ، $d = 3.0\ \text{m}$ ، $g = 9.80\ \text{m/s}^2$

$$= (50.0\ \text{kg})\left(\frac{(3.0\ \text{m/s})^2}{2(3.0\ \text{m})} + (9.80\ \text{m/s}^2)\right)$$

$$= 565\ \text{N}$$

سوف ينقطع الحبل؛ لأن قوة الشد أكبر من 525 N.

دليل الرياضيات

فصل المتغير 140

3 تقويم الجواب

- **هل الوحدات صحيحة؟** وحدة القوة هي kg.m/s^2، وهي وحدة N.
- **هل للإشارات معنى؟** نعم؛ إذ يجب أن تكون القوة المؤثرة إلى أعلى موجبة.
- **هل الجواب منطقي؟** المقدار أكثر قليلاً من 490 N الذي يمثل وزن الدلو.

$$F_g = mg = (50.0\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2) = 490\ \text{N}$$

مسائل تدريبية

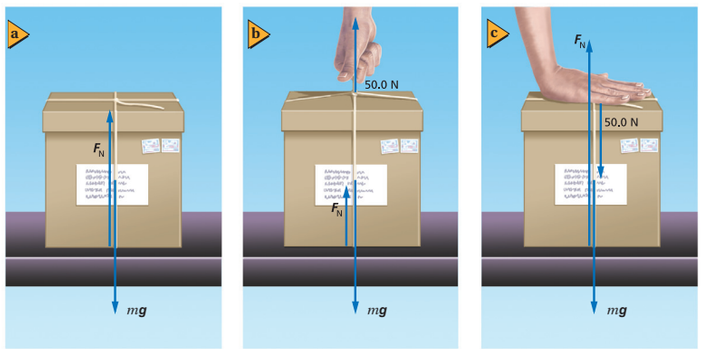
32. وضعت معدات في دلو، فأصبحت كتلته 42 kg، فإذا رفع الدلو إلى سطح منزل بحبل يتحمل شدًّا لا يتجاوز 450 N، فما أقصى تسارع يمكن أن يكتسبه الدلو في أثناء سحبه إلى أعلى السطح؟

33. حاول سالم وأحمد إصلاح إطار السيارة، لكنهما واجها صعوبة كبيرة في نزع الإطار المطاطي عن الدولاب، فقاما بسحبه معًا؛ حيث سحب أحمد بقوة 23 N، وسالم بقوة 31 N، وعندئذٍ تمكنا من زحزحة الإطار. ما مقدار القوة بين الإطار المطاطي والدولاب؟

القوة العمودية The Normal Force

عندما يتلامس جسمان يؤثر كل منهما في الآخر بقوة؛ فالصندوق الموضوع على سطح الطاولة تؤثر فيه الجاذبية الأرضية بقوة إلى أسفل، وفي المقابل تؤثر فيه الطاولة بقوة إلى أعلى، وهذه القوة موجودة بالضرورة؛ لأن الصندوق متزن. إن **القوة العمودية** هي قوة تلامس يؤثر بها سطح في جسم آخر، وتكون دائمًا عمودية على مستوى التلامس بين الجسمين. ولكن هل تكون هذه القوة دائمًا مساوية لوزن الجسم، كما هو موضح في **الشكل 4–16a**؟ ماذا يحدث إذا ربطت الصندوق بخيط وسحبته قليلاً إلى أعلى بقوة شد لاتكفي لرفع الصندوق عن الطاولة؟ انظر **الشكل 4–16b**. بتطبيق قانون نيوتن الثاني على الصندوق نجد أن:

$$F_N + F_{\text{الخيط في الصندوق}} - F_g = ma = 0$$



الشكل 4–16 القوة العمودية المؤثرة في جسم لا تساوي دائمًا وزنه. a. القوة العمودية تساوي وزن الجسم. b. القوة العمودية أقل من وزن الجسم. c. القوة العمودية أكبر من وزن الجسم.

مسائل تدريبية

32. $0.91 m/s^2$

33. 54 N

تعزيز الفهم

عرض سريع للقوة العمودية اطلب إلى كل طالب رسم مخطط الجسم الحر لتمثيل القوى التي تؤثر في عربة موضوعة على سطح مستوى مائل مهمل الاحتكاك. هناك قوتان تؤثران في العربة: القوة العمودية، وترسم عمودية على مستوى السطح المائل، ووزن العربة، ويرسم عموديًّا إلى الأسفل نحو الخط الأفقي الممثل لسطح الأرض. **م 2 بصري - مكاني**

مصادر الفصول 4–1

شريحة التدريس 4–4

الموقع الإلكتروني www.obeikaneducation.com.sa

نشاط

طرائق تدريس متنوعة

إعاقة سمعية ضع صندوقًا على ميزان منزلي، واطلب إلى الطلاب قراءة الوزن، ثم اطلب إليهم الضغط على الصندوق في اتجاه الأسفل ثم السحب في اتجاه الأعلى، ومراقبة تغير قراءة الميزان. اسأل الطلاب عن سبب ذلك؟ تتغير قراءة الميزان؛ لأن التغير في القوة العمودية يغير الوزن الظاهري للصندوق. **م 1 حسي - حركي**

3. التقويم

التحقق من الفهم

القوة العمودية ضع صندوقًا على دعائم مختلفة: مرة فوق نقطة مفردة، وأخرى فوق ثلاث نقاط، وثالثة فوق سطح مستو. واسأل الطلاب: هل تتغير القوة العمودية؟ نعم واسألهم كذلك: هل يتغير وزن الصندوق أو كتلته؟ لا. بيِّن للطلاب أن مقدار القوة العمودية المؤثرة في الجسم يعتمد على التأثير المتبادل بين الجسم والسطح الذي يؤثر بالقوة العمودية في الجسم. م2 بصري - مكاني

التوسع

قوى الشد حتى يفوز فريق بلعبة شد الحبل يجب أن يؤثر في فريق الخصم بقوة أكبر من القوة التي يؤثر بها الفريق الخصم فيه. اطلب إلى الطلاب تقويم هذه العبارة. تكمن المسألة في الفريق الذي يسحب لفترة زمنية أطول وبقوة أكبر؛ لأنه في النهاية سيحدث عدم اتزان للقوى، يؤدي إلى أن ينزلق أحد الفريقين، بحيث يفوز الفريق الذي ما زال واقفًا وممسكًا بالحبل. م2

وبترتيب المعادلة نجد أن:

$$F_N = F_g - F_{\text{الجذب في الصندوق}}$$

تلاحظ في هذه الحالة أن القوة العمودية التي تؤثر بها الطاولة في الصندوق أقل من وزن الصندوق F_g، أما إذا ضغطت على الصندوق إلى أسفل، كما في **الشكل 4–16c**، فستصبح القوة العمودية أكبر من وزن الصندوق.

4–3 مراجعة

34. **القوة** مُدّ ذراعك أمامك في الهواء، وأسند كتابًا إلى راحة يدك بحيث يكون مستقرًّا. حدد القوى، وأزواج التأثير المتبادل التي تؤثر في الكتاب.

35. **القوة** إذا خفضتَ الكتاب الوارد في المسألة السابقة بتحريك يدك إلى أسفل بسرعة متزايدة، فهل يتغير أي من القوى، أو أزواج التأثير المتبادل المؤثرة في الكتاب؟ وضح ذلك.

36. **قوة الشد** تتدلى من السقف قطعة طوب مربوطة بحبل مهمل الكتلة، ومربوط بها من أسفل قطعة طوب أخرى بحبل مهمل الكتلة أيضًا. ما قوة الشد في كل من الحبلين إذا كانت كتلة كل قطعة 5.0 kg؟

37. **قوة الشد** إذا كانت كتلة قطعة الطوب السفلية الواردة في المسألة السابقة 3.0 kg، وقوة الشد في الحبل العلوي 63.0 N، فاحسب كلًّا من قوة الشد في الحبل السفلي، وكتلة قطعة الطوب.

38. **القوة العمودية** يُسلم صالح صندوقًا كتلته 13 kg إلى شخص كتلته 61 kg يقف على منصة. ما القوة العمودية التي تؤثر بها المنصة في هذا الشخص؟

39. **التفكير الناقد** توضع ستارة بين فريقين لشد الحبل بحيث تمنع كل فريق من رؤية الفريق الآخر. فإذا ربط أحد الفريقين طرف الحبل الذي من جهته بشجرة، فما قوة الشد المتولدة في الحبل إذا سحب الفريق الآخر بقوة 500 N؟ وضِّح ذلك.

الفيزياء عبر المواقع الإلكترونية لمزيد من الاختبارات القصيرة ارجع إلى الموقع الإلكتروني www.obeikaneducation.com

4–3 مراجعة

34. القوة التي تؤثر في الكتاب هي قوة الجاذبية الأرضية التي تؤثر إلى أسفل بتأثير كتلته وقوة اليد التي تؤثر إلى أعلى. القوة التي يؤثر بها الكتاب في قوة الجاذبية الأرضية والقوة التي يؤثر بها الكتاب في اليد هي الأنصاف الأخرى لأزواج التأثير المتبادل.

35. نعم، تصبح القوة التي تؤثر بها اليد في الكتاب أصغر ولذلك يوجد تسارع إلى أسفل، كما أن القوة التي يؤثر بها الكتاب تصبح أصغر، ويمكن أن تشعر بذلك. وتبقى كل قوة تشترك في أزواج التأثير المتبادل كما هي.

36. الحبل السفلي: 49 N، والحبل العلوي: 98 N.

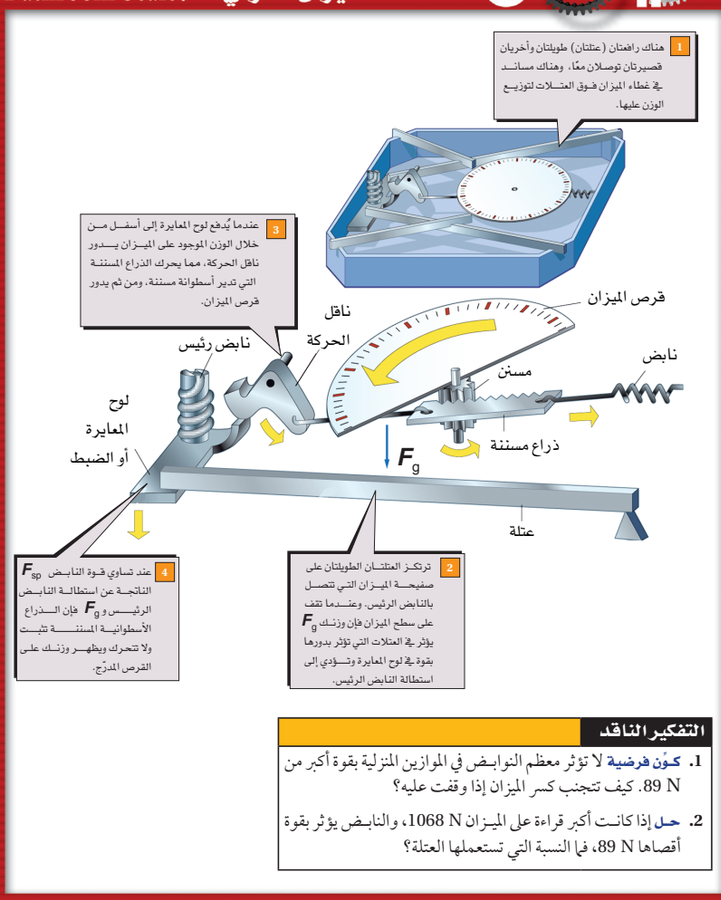
37. الحبل السفلي: 29 N وكتلة القطعة العلوية : 3.5 kg

38. 7.3×10^2 N

39. يجب أن يكون الشد 500 N. الحبل متزن؛ لذلك فإن القوة المحصلة المؤثرة فيه تساوي صفرًا. يؤثر الفريق والشجرة بقوتين متساويتين في المقدار ومتعاكستين في الاتجاه.

How it Works

Bathroom Scale? الميزان المنزلي؟



التفكير الناقد

1. **كوْن فرضية** لا تؤثر معظم النوابض في الموازين المنزلية بقوة أكبر من 89 N. كيف تتجنب كسر الميزان إذا وقفت عليه؟
2. **حل** إذا كانت أكبر قراءة على الميزان 1068 N، والنابض يؤثر بقوة أقصاها 89 N، فما النسبة التي تستعملها العتلة؟

التوسع

اسأل الطلاب عن كيفية تغيير وحدات قياس النتائج التي يعرضها الميزان من وحدة باوند إلى وحدة أخرى مثل الكيلوجرام. بتغيير الأرقام الموجودة على القرص فقط.

التفكير الناقد

1. عندما تؤثر قوة كبيرة في ميزان إلى أسفل تكون أقرب كثيرًا إلى المحور منها إلى النابض. فتضاعف العتلة المسافة التي يستطيلها النابض، وبالتالي يمكن أن يوازن نابض صغير قوة كبيرة.
2. 12:1.

الهدف

يتعرف الطلاب القوى في الميزان المنزلي.

الخلفيّة النظرية

أسهل طريقة لقياس قوة هي مقارنتها مع قوة معلومة. يقارن الميزان ذو الكفتين قوة سحب الجاذبية الأرضية لكتلة معلومة مع قوة جذبها لكتلة أخرى مجهولة. ولقياس كتل كبيرة من دون استعمال نوابض كبيرة، يجب أن تضاعف قوة النابض بواسطة نظام يحتوي عتلتين أو أكثر كما في نظام عتلات الميزان المنزلي.

وتتم معايرة الميزان المنزلي بحيث تتوافق القراءة بشكل صحيح مع وحدات القياس المعروفة. فيمكن معايرة الميزان المنزلي بوضع كتلة مقدارها 0.10 kg، ووضع علامة عند مؤشر الميزان لتحديد 0.10 kg على تدريجه، وهكذا تكرر العملية لتحديد فترات مقدارها 0.10 kg على تدريج الميزان.

وفي الموازين الحديثة لا حاجة إلى هذه المعايرة، حيث إنها متطابقة، إلا أن تصحيح الأخطاء الطفيفة فيها يتم بضبط القرص قليلاً.

الموازين الإلكترونية تحوي جهازًا يسمى "خلية الحمل"، يعمل على توليد جهد كهربائي يتناسب مع القوة المؤثرة فيه. ويتم عرض القراءة بواسطة الفولتميتر بعد معايرتها بوحدة النيوتن.

التعليم البصري

اصنع ميزانًا نابضيًّا باستخدام مسطرة خشبية مرنة تثبت أحد طرفيها واستعمل مسطرة أخرى بشكل رأسي لعرض القراءة. عاير قياس مسطرة الميزان باستعمال كتل معلومة وتكرار المحاولة للتأكد من النتائج. وناقش الطرق الممكنة لزيادة مدى هذا الميزان مستعملاً أنظمة ميكانيكية مناسبة مثل العتلات والبكرات.

مختبر الفيزياء

الزمن المقدر حصة مختبر كاملة.

المهارات العملية استخدام التفسيرات العلمية، والملاحظة والاستنتاج، والوصف، والقياس، وإنشاء الرسوم البيانية واستخدامها، وجمع البيانات وتنظيمها، واستخلاص النتائج، والمقارنة.

احتياطات السلامة يجب الإشراف على الطلاب في أثناء تنفيذ التجربة. وعليهم الانتباه في أثناء التعامل مع القطع الخشبية حتى لا تسقط على أقدامهم. ضع دائمًا واقية عيون مناسبة وملابس وقاية في المختبر.

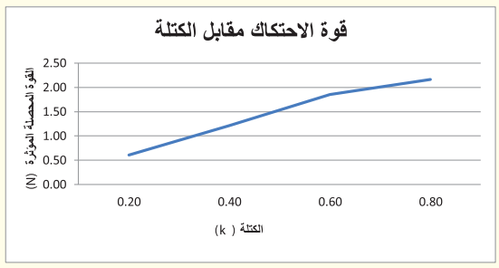
المواد والأدوات البديلة يمكن تنفيذ التجربة باستعمال بوابات ضوئية بدلًا من ساعة الإيقاف، أو يمكن تنفيذها باستعمال مجسات الحركة لتعطيك القراءات التي تحتاجها مباشرة.

استراتيجيات التدريس

- **شجع الطلاب أن يقيسوا بأكبر درجة دقة ممكنة.**
- **قم بمعايرة ساعة الإيقاف، وتأكد من عدم وجود قطع في شريط القياس المتري.**

التحليل

1. ارجع إلى عينة البيانات.
2. كما هو موضح في عينة البيانات. قيم التسارع متساوية تقريبًا.
3. ارجع إلى عينة البيانات.
4.



5. العلاقة بين الكتلة والقوة المحصلة المؤثرة فيها في أثناء انزلاقها علاقة خطية طردية، كما يتضح من الرسم البياني. وهذا يعني أنه كلما زادت الكتلة زادت القوة المحصلة (قوة الاحتكاك) المؤثرة فيها.

مختبر الفيزياء

القوة والكتلة

عندما تؤثر قوة في جسم فإنه يتسارع إذا كانت هذه القوة أكبر من قوة الاحتكاك المؤثرة فيه، وتكون القوة المحصلة في اتجاه حركته. وعندما يتوقف تأثير هذه القوة في هذا الجسم مع وجود الاحتكاك يأخذ الجسم في التباطؤ حتى يتوقف؛ لأن القوة المحصلة (قوة الاحتكاك) تؤثر في اتجاه معاكس لاتجاه الحركة.

سوف تستقصي في هذه التجربة تأثير الكتلة في قوة الاحتكاك، والعلاقة بين القوة المحصلة المؤثرة في جسم ينزلق وكتلة هذا الجسم..

سؤال التجربة

ما العلاقة بين القوة المحصلة المؤثرة في جسم ينزلق وكتلة هذا الجسم عند ثبات التسارع؟

الأهداف

- **تستنتج** العلاقة بين القوة المحصلة المؤثرة في جسم ينزلق وكتلته.
- **تحلل** النتائج لحساب التسارع المتوسط للجسم.
- **تحسب** القوة المحصلة المؤثرة في جسم.
- **تنشئ رسومًا بيانية وتستخدمها** لتبين العلاقة بين القوة المحصلة المؤثرة في جسم ينزلق وكتلته.

احتياطات السلامة

- **احذر من سقوط القطع الخشبية عند التعامل معها لئلا تؤذيك.**

المواد والأدوات

ساعة إيقاف	ورق رسم بياني
شريط قياس متري	ميزان
قطع خشبية مختلفة الكتل	

الخطوات

1. اختر مساحة كافية بحيث يمكنك دفع قطعة خشبية لكي تنزلق مسافة لا تقل عن 4 m.
2. حدد نقطة في مسار انزلاق القطعة الخشبية لكي تبدأ حساب زمن انزلاق القطعة منها، وضع عندها علامة.
3. اختر قطعة خشبية، وقس كتلتها. ثم اطلب إلى زميلك أن يدفع هذه القطعة، بحيث يجعلها تنزلق في مسار مستقيم مارة بالعلامة التي حددتها، وكررا ذلك عدة مرات لتحقيق ذلك.
4. اطلب إلى زميلك الآن أن يدفع هذه القطعة بحيث تنزلق على المسار الذي حددته، وشغّل ساعة الإيقاف لحظة مرورها بالعلامة التي حددتها.

عينة بيانات

هذه القيم لانزلاق قطع خشب على سيراميك

جدول البيانات

مجموعة البيانات	كتلة القطعة الخشبية (kg)	الزمن Δt (s)				المسافة Δd (m)				التسارع المتوسط $\bar{a}_A$ (m/s^2)	القوة المحصلة $F_{محصلة}$ (N)
		Δt_1	Δt_2	Δt_3	Δt	$\bar{\Delta} d_1$	Δd_2	Δd_3	Δd	–	
1	0.20	1.8	1.5	1.7	1.7	4.50	3.3	5.38	4.39	- 3.04	- 0.61
2	0.40	1.7	1.3	1.9	1.6	3.9	3.26	4.50	3.89	- 3.03	- 1.21
3	0.60	1.3	1.5	1.8	1.5	2.4	4.16	3.85	3.47	- 3.08	- 1.85
4	0.80	2.3	2.1	2	2.1	6.37	5.75	5.58	5.9	- 2.7	- 2.16

جدول البيانات

مجموعة البيانات	كتلة القطعة الخشبية (kg)	الزمن Δt (s)				المسافة Δd (m)				التسارع المتوسط $\overline{a}_A$ (m/s^2)	القوة المحصلة $F_{محصلة}$ (N)
		Δt_1	Δt_2	Δt_3	$\Delta \overline{t}$	Δd_1	Δd_2	Δd_3	$\Delta \overline{d}$		
1											
2											
3											
4											

5. بمساعدة زميل آخر يتابع حركة القطعة الخشبية، أوقف ساعة الإيقاف لحظة توقف القطعة. سجل الزمن في جدول البيانات لمجموعة البيانات 1 للمحاولة 1.
6. باستخدام شريط القياس المتري قس المسافة التي قطعتها القطعة الخشبية. سجل هذه المسافة Δd في جدول البيانات لمجموعة البيانات 1 للمحاولة 1.
7. كرّر الخطوات 6–4 مرتين إضافيتين للكتلة نفسها لمجموعة البيانات 1 للمحاولتين 2 و3.
8. كرّر الخطوات 7–3 ثلاث مرات، على أن تغير القطعة الخشبية في كل مرة. سجل البيانات الخاصة بهذه الخطوات في جدول البيانات..

التحليل

1. احسب متوسط الزمن ومتوسط المسافة لكل مجموعة بيانات، وسجلها في جدول البيانات.
2. احسب التسارع المتوسط لكل كتلة في أثناء انزلاقها باستخدام العلاقة $\overline{a}_A = -2\Delta d/(\Delta t)^2$. ماذا تلاحظ على قيم تسارع الكتل المختلفة؟
3. احسب القوة المحصلة المؤثرة في كل كتلة في أثناء انزلاقها.
4. **أنشئ الرسوم البيانية واستخدمها** مثّل بيانيًا العلاقة بين كتل القطعة الخشبية (على المحور الأفقي) والقوة المحصلة المؤثرة في كل منها (على المحور الرأسي)
5. **لاحظ واستنتج** ما نوع العلاقة التي حصلت عليها من الرسم البياني؟ ماذا تستنتج؟

الاستنتاج والتطبيق

1. **فسر البيانات** ما العلاقة بين كتلة القطعة الخشبية والتسارع الذي اكتسبته في أثناء انزلاقها؟
2. **استنتج** ما العلاقة بين قوة الاحتكاك (القوة المحصلة) المؤثرة في القطعة الخشبية والتسارع المتوسط الذي تكتسبه؟ وضح إجابتك.
3. **استنتج** ما العلاقة بين قوة الاحتكاك (القوة المحصلة) المؤثرة في القطعة الخشبية وكتلة القطعة؟
4. ما مصادر الخطأ في تجربتك؟
5. اشتق العلاقة الرياضية المعطاة في جزء التحليل.

التوسع في البحث

هل تؤثر سرعة إطلاق القطعة الخشبية في القوة المحصلة المؤثرة فيها؟

الفيزياء في الحياة

اعتمادًا على نتائج هذه التجربة، هل يؤثر زيادة عرض إطار السيارة في قوة الاحتكاك المؤثرة فيه؟

الفيزياء عبر المواقع الإلكترونية

لمزيد من المعلومات عن القوة والتسارع ارجع إلى شبكة الانترنت أو قم بزيارة الموقع الالكتروني obeikaneducation.com

تجربة استقصاء بديلة

لتحويل هذه التجربة إلى تجربة استقصائية اسأل الطلاب: هل يمكن أن ينقص وزن شخص ما في أثناء استخدامه المصعد؟ اطلب إليهم استكشاف، القوة والكتلة في المصاعد. وتأكد من خطوات الطلاب قبل بدء الاستكشاف وذكرهم بأن تشتمل النتائج على تفسيرات. وأخبرهم بعد انتهائهم من البحث وتسليم نتائجهم أن الفوارق التي شاهدوها مبنية على الوزن الحقيقي مقابل الوزن الظاهري.

الاستنتاج والتطبيق

1. لا يوجد علاقة بين كتلة القطعة الخشبية والتسارع الذي اكتسبته، حيث يكون التسارع ثابتًا تقريبًا، ويعتمد على طبيعة السطحين المتلامسين في أثناء الانزلاق.
2. لا يوجد علاقة بين قوة الاحتكاك والتسارع المتوسط، حيث يكون التسارع ثابتًا تقريبًا.
3. كلما زادت كتلة القطعة الخشبية زادت قوة الاحتكاك المؤثرة؛ لذا يبقى التسارع ثابتًا تقريبًا.
4. ستختلف الإجابات. إجابات محتملة: خطأ في قياس بداية الفترة الزمنية ونهايتها، خطأ في قياس المسافة، خطأ في عدم حركة الجسم في مسار مستقيم.
5. باستخدام معادلة الحركة الأولى بتسارع ثابت

$$v_f = v_i + a\,\Delta t$$

بالتعويض عن $v_f = 0$

$$v_i = -a\Delta t$$

باستخدام معادلة الحركة الثالثة بتسارع ثابت

$$v_f^2 = v_i^2 + 2a\,\Delta d$$

بالتعويض عن $v_f = 0$

$$v_i^2 = -2a\,\Delta d$$

بالتعويض عن $v_i = -a\Delta t$

$$(-a\Delta t)^2 = -2a\,\Delta d$$

$$a = \frac{-2\Delta d}{(\Delta t)^2}$$

التوسع في البحث

لا، لا تؤثر سرعة قذف القطعة الخشبية في القوة المحصلة (قوة الاحتكاك) المؤثرة فيها؛ حيث تعتمد قوة الاحتكاك المؤثرة في القطعة الخشبية على طبيعة السطحين المتلامسين وكتلة القطعة الخشبية.

الفيزياء في الحياة

لا، لا تؤثر زيادة عرض إطار السيارة في قوة الاحتكاك المؤثرة فيه؛ لأن قوة الاحتكاك لا تعتمد على مساحة السطحين المتلامسين.

دليل مراجعة الفصل

المفاهيم الرئيسة

يمكـن أن يسـتخدم الطلاب العبـارات التلخيصية لمراجعة المفاهيم الرئيسة في الفصل.

قم بزيارة الموقع الإلكتروني التالي:
www.obeikaneducation.com

الفصل 4
دليل مراجعة الفصل

4–1 القوة والحركة Force and Motion

المفردات

- القوة
- قوة التلامس (التماس)
- قوة المجال
- مخطط الجسم الحر
- القوة المحصلة
- قانون نيوتن الثاني
- قانون نيوتن الأول
- القصور الذاتي
- الاتزان

المفاهيم الرئيسة

- الجسم الذي يعاني من دفع أو سحب تؤثر فيه قوة.
- للقوة مقدار واتجاه.
- تقسم القوى إلى: قوى تلامس، وقوى مجال.
- في مخطط الجسم الحر، ارسم دائمًا متجهات القوة بحيث تشير بعيدًا عن الجسم، حتى لو كانت تمثل قوى دفع.
- لإيجاد القوة المحصلة نجمع القوى التي تؤثر في الجسم باعتبارها متجهات.
- ينص قانون نيوتن الثاني على أن تسارع نظام ما يساوي ناتج قسمة القوة المحصلة المؤثرة فيه على كتلته. $a = \frac{F_{\text{المحصلة}}}{m}$
- ينص قانون نيوتن الأول على أن الجسم الساكن يبقى ساكنًا، والجسم المتحرك يبقى متحركًا في خط مستقيم وبسرعة منتظمة فقط إذا كانت القوة المحصلة المؤثرة في الجسم تساوي صفرًا.
- الجسم الذي تؤثر فيه قوة محصلة مقدارها صفر يكون متزنًا.

4–2 استخدام قوانين نيوتن Using Newton's Law

المفردات

- الوزن الظاهري
- القوة المعيقة
- السرعة الحدية

المفاهيم الرئيسة

- الوزن الظاهري لجسم ما هو الوزن الذي نحس به أو نقيسه نتيجة تأثير قوة تلامس في الجسم تكسبه تسارعًا.
- يعتمد وزن جسم ما على التسارع الناتج عن الجاذبية الأرضية وكتلة الجسم.
- تأثير القوة المعيقة على جسم تحدده حركة الجسم، وخصائص كل من الجسم والمائع.
- إذا وصلت سرعة جسم ساقط إلى حد أن القوة المعيقة تساوي وزنه فإن الجسم يحتفظ بسرعة منتظمة تسمى السرعة الحدية.

4–3 قوى التأثير المتبادل Interaction Forces

المفردات

- أزواج التأثير المتبادل
- قانون نيوتن الثالث
- قوة الشد
- القوة العمودية

المفاهيم الرئيسة

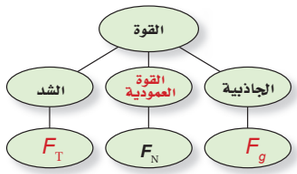
- في زوجي التأثير المتبادل القوة $F_{B \text{ على } A}$ ليست سببًا في نشوء القوة $F_{A \text{ على } B}$؛ فهما إما أن تكونا معًا وإما لا توجدان أبدًا.
- لكل قوة فعلٍ تؤثر في جسم قوةُ رد فعل تُؤثر في جسم آخر، وهاتان القوتان متساويتان في المقدار ومتضادتان في الاتجاه. $F_{B \text{ على } A} = -F_{A \text{ على } B}$
- الشد اسم يطلق على القوة التي يؤثر بها حبل أو خيط في جسم ما.
- القوة العمودية قوة ناتجة عن تلامس جسمين، وتكون دائمًا عمودية على مستوى التلامس بينهما.

الفيزياء عبر المواقع الإلكترونية لمزيد من الاختبارات القصيرة ارجع إلى الموقع الإلكتروني www.obeikaneducation.com

الفصل 4 التقويم

خريطة المفاهيم

40. أكمل خريطة المفاهيم أدناه باستخدام المصطلحات والرموز التالية : القوة العمودية، F_T ،F_g



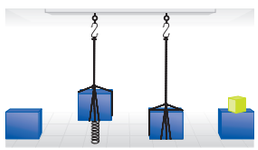
إتقان المفاهيم

41. افترض أن تسارع جسم يساوي صفرًا، فهل يعني هذا عدم وجود أي قوى تؤثر فيه؟ (4-2)

42. إذا كان كتابك متزنًا فما القوى التي تؤثر فيه؟(4-2)

43. سقطت صخرة من جسر إلى وادٍ، فتسارعت نتيجة قوة جذب الأرض لها إلى أسفل. وبحسب قانون نيوتن الثالث فإن الصخرة تؤثر أيضًا في الأرض بقوة جذب، ولكن لا يبدو أن الأخيرة تتسارع إلى أعلى. فسّر ذلك. (4-3)

44. يبين **الشكل 17-4** كتلة في أربعة أوضاع مختلفة. رتب هذه الأوضاع بحسب مقدار القوة العمودية بين الكتلة والسطح، من الأكبر إلى الأصغر. أشر إلى أي علاقة بين نتائج الإجابة. (4-3)



الشكل 17-4

45. فسر لماذا يكون الشد ثابتًا في كل نقاط حبل مهمل الكتلة؟ (4-3)

46. يقف طائر على قمة مبنى. ارسم مخطط الجسم الحر لكل من الطائر والمبنى. وأشر إلى أزواج التأثير المتبادل بين المخططين. (4-3)

تطبيق المفاهيم

47. قذفت كرة في الهواء إلى أعلى في خط مستقيم:

a. ارسم مخطط الجسم الحر للكرة عند ثلاث نقاط في مسار حركتها: في طريقها إلى أعلى، وعند القمة، وفي طريقها إلى أسفل، وحدد القوى التي تؤثر في الكرة.

b. ما سرعة الكرة عند أعلى نقطة وصلت إليها؟

c. ما تسارع الكرة عند هذه النقطة؟

إتقان حل المسائل

4-1 القوة والحركة

48. ما القوة المحصلة التي تؤثر في كرة كتلتها 1.0 kg وتسقط سقوطًا حرًا؟

49. تتباطأ سيارة كتلتها 2300 kg بمقدار $3.0\ m/s^2$ عندما تقترب من إشارة مرور. ما مقدار القوة المحصلة التي تجعلها تتباطأ وفق المقدار المذكور؟

4-2 استخدام قوانين نيوتن

50. ما وزنك بوحدة النيوتن؟

51. تزن دراجتك النارية 2450 N، فما كتلتها بالكيلوجرام؟

52. وضع تلفاز كتلته 7.50 kg على ميزان نابض. إذا كانت قراءة الميزان 78.4 N، فما تسارع الجاذبية الأرضية في ذلك المكان؟

التقويم

خريطة المفاهيم

40. انظر الصفحة العلوية من كتاب الطالب والمتضمنة في هذا الدليل.

إتقان المفاهيم

41. لا، هذا يعني فقط أن القوى المؤثرة فيه متزنة، وأن القوة المحصلة تساوي صفرًا. فعلى سبيل المثال، إذا وضع كتاب على سطح طاولة، فإنه يبقى ساكنًا على الرغم من أن قوة الجاذبية تسحبه إلى أسفل والقوة العمودية التي تؤثر بها الطاولة في الكتاب تدفعه إلى أعلى وهذه القوى متزنة.

42. إذا كان الكتاب متزنًا فإن القوة المحصلة تساوي صفرًا، أي أن القوى المؤثرة في الكتاب متزنة والمتمثلة في وزنه والقوة العمودية.

43. إن الصخرة تسحب الأرض، ولكن بسبب كتلة الأرض الضخمة فإنها تكتسب تسارعًا قليلًا جدًا نتيجة لهذه القوة الصغيرة؛ ولذلك لا يمكن أن نلحظ مثل هذا التسارع على عكس الصخرة.

44. الرابع > الأول > الثالث> الثاني

45. إذا رسمت مخطط الجسم الحر لأي نقطة في الحبل، ستكون هناك قوتا شد تؤثران في اتجاهين متضادين (لأنه مهمل الكتلة)

$F_{محصلة} = F_{أعلى} - F_{أسفل} = ma = 0$

لذلك فإن $F_{أعلى} = F_{أسفل}$، وبحسب قانون نيوتن الثالث فإن القوة التي تؤثر بها قطعة من الحبل في هذه النقطة تساوي وتعاكس القوة التي تؤثر بها هذه النقطة في القطعة بحيث تبقى القوة ثابتة خلال الحبل.

46. انظر دليل حلول المسائل.

تطبيق المفاهيم

47. a. انظر دليل حلول المسائل.

b. 0 m/s

c. لأن القوة الوحيدة التي تؤثر فيها هي قوة جذب الأرض لها، لذا: $a = 9.80\ m/s^2$

إتقان حل المسائل

4 – 1 القوة والحركة

48. 9.8 N

49. 6.9×10^3 N

4 – 2 استخدام قوانين نيوتن

50. ستختلف الإجابات.

51. 2.50×10^2 N

52. $10.5\ m/s^2$

التقويم

53. a. 5.2×10^2 N

b. 4.1×10^2 N

c. 4.1×10^2 N

d. 5.2×10^2 N

e. يعتمد ذلك على مقدار التسارع.

$$F_{\text{الميزان}} = (53\ \text{Kg})(9.80\ \text{m/s}^2 + a)$$

54. a. 22 N

b. 2.1 N

55. a. 14.0 m/s

b. -3.2×10^3 N

56. 6.3×10^3 N

3 – 4 قوى التأثير المتبادل

57. a. 59 N إلى أعلى

b. 59 N إلى أسفل

58. 2.40×10^{-2} N

59. 1.4 N

60. 5.3×10^4 N

مراجعة عامة

61. a. $2.3\ \text{m/s}^2$ إلى اليمين (في اتجاه القوة نفسه).

b. 12 N إلى اليمين.

c. 12 N إلى اليسار.

تقويم الفصل 4

53. وضع ميزان داخل مصعد. ما القوة التي يؤثر بها الميزان في شخص يقف عليه كتلته 53 kg، في الحالات الآتية؟

a. إذا تحرك المصعد بسرعة منتظمة إلى أعلى.

b. إذا تباطأ المصعد بمقدار $2.0\ \text{m/s}^2$ في أثناء حركته إلى أعلى.

c. إذا تسارع المصعد بمقدار $2.0\ \text{m/s}^2$ في أثناء حركته إلى أسفل.

d. إذا تحرك المصعد إلى أسفل بسرعة منتظمة.

e. إذا تباطأ المصعد في أثناء حركته إلى أسفل بتسارع ثابت حتى يتوقف.

54. فلك إذا كان تسارع الجاذبية على سطح عطارد يعادل 0.38 من قيمته على سطح الأرض:

a. فما وزن جسم كتلته 6.0 kg على سطح عطارد؟

b. إذا كان تسارع الجاذبية على سطح بلوتو يساوي 0.08 من مثيله على سطح عطارد، فما وزن كتلة 7.0 kg على سطح بلوتو؟

55. قفز غواص كتلته 65 kg من قمة برج ارتفاعه 10.0 m.

a. أوجد سرعة الغواص لحظة ارتطامه بسطح الماء.

b. إذا توقف الغواص على بُعد 2.0 m تحت سطح الماء، فأوجد محصلة القوة التي يؤثر بها الماء في الغواص.

56. بدأت سيارة سباق كتلتها 710 kg حركتها من السكون وقطعت مسافة 40.0 m في 3.0 s. فإذا كان تسارع السيارة ثابتًا خلال هذه الفترة، فما القوة المحصلة التي تؤثر فيها؟

4–3 قوى التأثير المتبادل

57. وضع مكعب من الحديد كتلته 6.0 kg على سطح مكعب آخر كتلته 7.0 kg يستقر بدوره على سطح طاولة أفقية. احسب:

a. مقدار واتجاه القوة التي يؤثر بها المكعب الذي كتلته 7.0 kg في المكعب الآخر.

b. مقدار واتجاه القوة التي يؤثر بها المكعب الذي كتلته 6.0 kg في المكعب الذي كتلته 7.0 kg.

58. تسقط قطرة مطر كتلتها 2.45 mg على الأرض. ما مقدار القوة التي تؤثر بها في الأرض في أثناء سقوطها؟

59. يلعب شخصان لعبة شد الحبل. أحدهما كتلته 90.0 kg يشد الحبل بحيث يكتسب الشخص الآخر وكتلته 55 kg تسارعًا مقداره $0.025\ \text{m/s}^2$. ما القوة التي يؤثر بها الحبل في الشخص ذي الكتلة الكبرى؟

60. تتسارع طائرة مروحية كتلتها 4500 kg إلى أعلى بمقدار $2.0\ \text{m/s}^2$. احسب القوة التي يؤثر بها الهواء في المراوح؟

مراجعة عامة

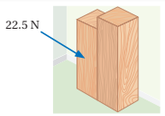
61. يُدفع جسمان كتلة أحدهما 4.3 kg، وكتلة الآخر 5.4 kg بقوة أفقية مقدارها 22.5 N، على سطح مهمل الاحتكاك (انظر **الشكل 18–4**).

a. ما تسارع الجسمين؟

b. ما القوة التي يؤثر بها الجسم الذي كتلته 4.3 kg في الجسم الذي كتلته 5.4 kg؟

c. ما القوة التي يؤثر بها الجسم الذي كتلته 5.4 kg في الجسم الذي كتلته 4.3 kg؟

تقويم الفصل 4



الشكل 4–18

62. جسمان كتلة الأول 5.0 kg، والثاني 3.0 kg، مربوطان بحبل مهمل الكتلة (انظر **الشكل 19–4**). يمرر الحبل على بكرة ملساء مهملة الكتلة. فإذا انطلق الجسمان من السكون فأوجد ما يأتي:

a. قوة الشد في الحبل.

b. تسارع الجسمين.

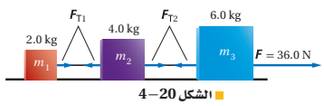
الشكل 4–19

التفكير الناقد

63. ثلاث كتل متصلة بخيوط مهملة الكتل. سحبت الكتل بقوة أفقية على سطح أملس، كما في **الشكل 20–4**. أوجد:

a. تسارع كل كتلة.

b. قوة الشد في كل خيط.



الشكل 4–20

الكتابة في الفيزياء

64. ابحث عن إسهامات نيوتن في الفيزياء، واكتب عن ذلك موضوعًا. هل تعتقد أن قوانينه الثلاثة في الحركة كانت من أهم إنجازاته؟ وضح إجابتك.

مراجعة تراكمية

65. يبين **الشكل 21–4** الرسم البياني لمنحنى (الموقع–الزمن) لحركة سيارتين على طريق.

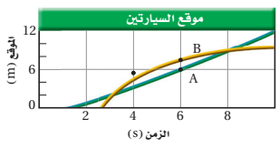
a. عند أي لحظة تتجاوز إحدى السيارتين الأخرى؟

b. أي السيارتين كانت تتحرك أسرع عند الزمن 7.0 s؟

c. ما الزمن الذي تتساوى عنده السُّرعتان المتجهتان للسيارتين؟

d. ما الفترة الزمنية التي تتزايد خلالها سرعة السيارة B؟

e. ما الفترة الزمنية التي تتناقص خلالها سرعة السيارة B؟



الشكل 4–21

66. بالرجوع إلى الشكل السابق، احسب السرعة اللحظية لكل مما يأتي:

a. السيارة B عند اللحظة 2.0 s.

b. السيارة B عند اللحظة 9.0 s.

c. السيارة A عند اللحظة 2.0 s.

التقويم

62.a $F_T = 37$ N

62.b $a = 2.4\ m/s^2$

التفكير الناقد

63.a $3.0\ m/s^2$

63.b $F_{T1}=6.0$ N ، $F_{T2}=18$ N

الكتابة في الفيزياء

64. ستختلف الإجابات، يجب أن تشمل إسهامات نيوتن أعمالـه في الضوء واللون، والتلسكوبات، والفلك، وقوانين الحركة، والجاذبية، والحساب. وتعدُّ قوانين نيويتن الثلاثة من أعظم إنجازته، إذ إنها الأساس الذي يبنى عليه علم الميكانيكا، وقد تكون محاولاته لفهم الجاذبية من أعظم إنجازته.

مراجعة تراكمية

65.a 3 s، 8 s

65.b السيارة A

65.c 5 s

65.d لا يوجد، لأن ميل المنحنى يتناقص باستمرار

65.e من 3 s إلى 10 s

66.a 0 m/s

66.b 0 m/s

66.c 1 m/s

سلّم تقدير

يمثّل الجدول الآتي نموذجًا لسلم تقدير إجابات الأسئلة الممتدة.

العلامات	الوصف
4	يُظهر الطالب فهمًا كاملًا لموضوع الفيزياء الذي يدرسه، وقد تتضمّن الاستجابة أخطاءً ثانوية لا تعيق إظهار الفهم الكامل.
3	يُظهر الطالب فهمًا للموضوعات الفيزيائية التي درسها. واستجابته صحيحة وتظهر فهمًا أساسيًّا، لكن دون الفهم الكامل للفيزياء.
2	يُظهر الطالب فهمًا جزئيًّا للموضوعات الفيزيائية. وربما استعمل الطريقة الصحيحة للوصول إلى الحلّ، أو قدّم حلًّا صحيحًا، لكن العمل يفتقر إلى استيعاب المفاهيم الفيزيائية الرئيسة.
1	يُظهر الطالب فهمًا محدودًا جدًّا للموضوعات الفيزيائية، والاستجابة غير تامة (ناقصة)، وتظهر أخطاء كثيرة.
0	يقدّم الطالب حلًّا غير صحيح تمامًا، أو لا يستجيب أبدًا.

اختبار مقنن

أسئلة الاختيار من متعدد

اختر رمز الإجابة الصحيحة فيما يلي:

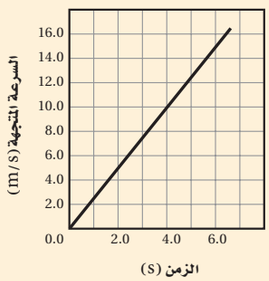
1. ما تسارع السيارة الموضح بالرسم أدناه؟

Ⓐ $0.20\ m/s^2$

Ⓑ $0.40\ m/s^2$

Ⓒ $1.0\ m/s^2$

Ⓓ $2.5\ m/s^2$



2. بالاعتماد على الرسم البياني أعلاه، ما المسافة التي قطعتها السيارة بعد 4 s؟

Ⓐ 13 m

Ⓑ 40 m

Ⓒ 80 m

Ⓓ 90 m

3. إذا تحركت السيارة في الرسم البياني السابق بتسارع ثابت، فكم تكون سرعتها المتجهة بعد 10 s؟

Ⓐ 10 km/h

Ⓑ 25 km/h

Ⓒ 90 km/h

Ⓓ 120 km/h

4. ما وزن مجس فضائي كتلته 225 kg على سطح القمر؟ (مع افتراض أن مقدار تسارع الجاذبية على القمر $1.62\ m/s^2$).

Ⓐ 139 N

Ⓑ 364 N

Ⓒ 1.35×10^3 N

Ⓓ 2.21×10^3 N

5. يجلس طفل كتلته 45 kg في أرجوحة كتلتها 3.2 kg مربوطة إلى غصن شجرة، ما مقدار قوة الشد في حبل الأرجوحة؟

Ⓐ 3.1×10^2 N

Ⓑ 4.4×10^2 N

Ⓒ 4.5×10^2 N

Ⓓ 4.7×10^2 N

أسئلة الاختيار من متعدد

1. D **2.** B **3.** C
4. B **5.** D **6.** B
7. D

اختبار مقنن

6. إذا تدلى غصن الشجرة في المسألة السابقة إلى أسفل بحيث تستند قدمًا الطفل على الأرض، وأصبحت قوة الشد في حبل الأرجوحة 220 N، فما مقدار القوة العمودية المؤثرة في قدمي الطفل؟

Ⓐ 2.2×10^2 N

Ⓑ 2.5×10^2 N

Ⓒ 4.3×10^2 N

Ⓓ 6.9×10^2 N

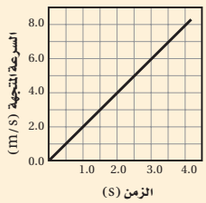
7. اعتمادًا على الرسم البياني أدناه، ما مقدار القوة المؤثرة في عربة كتلتها 16 kg؟

Ⓐ 4 N

Ⓑ 8 N

Ⓒ 16 N

Ⓓ 32 N



الأسئلة الممتدة

8. ارسم مخطط الجسم الحر لطفل يقف على ميزان في مصعد، ثم صف باستخدام الكلمات والمعادلات الرياضية ما يحدث لوزن الطفل الظاهري عندما: يتسارع المصعد إلى أعلى، يهبط المصعد بسرعة منتظمة إلى أسفل، عندما يهبط المصعد في حالة سقوط حر .

✓ إرشاد

حسّن نتائجك

لكي تحقق أفضل النتائج في اختبارك المقنن فإنك تحتاج إلى توقع إجابة منطقية للسؤال، ثم أعد قراءة السؤال، وبعد التوصل إلى الإجابة النهائية قارنها بالنتيجة التي توصلت إليها وتوقعتها.

الأسئلة الممتدة

8. عندما يتسارع المصعد إلى أعلى سيزداد الوزن الظاهري للطفل $F_{\text{محصلة}} = F_{g} + F_{\text{مصعد}}$

وعندما ينزل المصعد بسرعة منتظمة إلى أسفل، لا يتغير الوزن الظاهري للطفل.

$F_{\text{مصعد}} = F_{g}$

وعندما يهبط المصعد بشكل حر إلى أسفل يكون الوزن الظاهري للطفل مساويًا للصفر

$F_{\text{محصلة}} = F_{\text{مصعد}} + F_{g}$

لكن $F_{\text{مصعد}} = F_{g}$

لذلك: $F_{\text{محصلة}} = F_{g} - F_{g} = 0$

الفصل الأول

1. $I = \frac{V}{R} = \frac{9.0\ V}{50.0\ \Omega} = 0.18\ A$

3. $t = \frac{v}{a} = \frac{4.00\ m/s}{0.400\ m/s^2} = 10.0\ s$

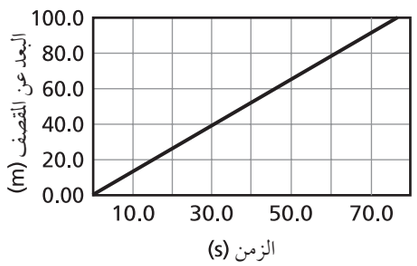
9. $750\ kHz\left(\frac{1000\ Hz}{1kHz}\right)\left(\frac{1MHz}{1{,}000{,}000\ Hz}\right) = 0.75\ MHz$

11. $366\ day\left(\frac{24\ h}{1\ day}\right)\left(\frac{60\ min}{1\ h}\right)\left(\frac{60\ s}{1\ min}\right) = 31622400\ s$

الفصل الثاني

9. انطلقت السيارة من موقع على بعد 125.0 m، وتحركت في اتجاه نقطة الأصل، فوصلت نقطة الأصل بعد 5.0 s من بدء الحركة، واستمرت في حركتها لما بعد نقطة الأصل.

13.a



b. 19 s

37 s

15. العدّاء B

17. 30 m تقريبًا

25.a $\bar{v} = \left|\frac{\Delta d}{\Delta t}\right| = \left|\frac{d_2 - d_1}{t_2 - t_1}\right| = \left|\frac{-1.0\ m - 0.0\ m}{3.0\ s - 0.0\ s}\right| = 0.33\ m/s$

b. السرعة المتوسطة هي ميل الخط للرسم البياني مع أخذ الإشارة في الاعتبار وتكون 0.33 m /s– أو 0.33 m /s نحو الشمال.

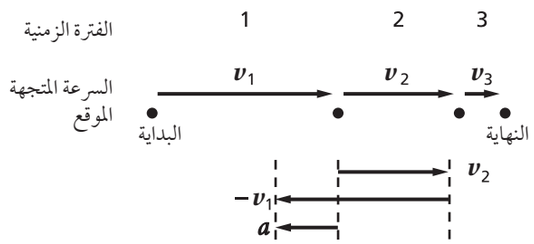
27. بما أن الدّراجة تتحرك في الاتجاه الموجب، فإن السرعة المتوسطة والسرعة المتجهة المتوسطة هي نفسها، باستخدام الإحداثيات التالية (0.00min, 0.0km), (15.0 min, 10.0km)، نجد

$\bar{v} = \left(\frac{\Delta d}{\Delta t}\right) = \left(\frac{d_2 - d_1}{t_2 - t_1}\right) = \left(\frac{-1.0\ m - 0.0\ m}{3.0\ s - 0.0\ s}\right) = 0.67\ km/min$

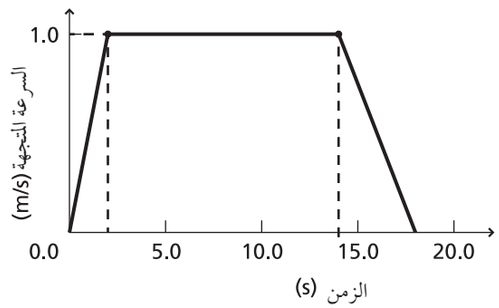
تسير الدراجة في الاتجاه الموجب بسرعة متوسطة تساوي 0.67 km/min

الفصل الثالث

1.



5.



7. $\bar{a} = \frac{\Delta d}{\Delta t} = \frac{15\ m/s - 36\ m/s}{3.0\ s} = -7.0\ m/s^2$

9.a $\bar{a} = \frac{\Delta d}{\Delta t} = \frac{0.0\ m/s - 25\ m/s}{3.0\ s} = -8.3\ m/s^2$

b. النصف كحد أقصى $(-4.2\ m/s^2)$

11. $\bar{a} = \frac{\Delta d}{\Delta t} = \frac{0.5\ cm/yr - 1.0\ cm/yr}{1.0\ yr} = -0.5\ cm/yr^2$

19. $v_f = v_i + at$

$= (30.0\ km/h)\left(\frac{1000\ m}{60 \times 60\ s}\right) + (3.5\ m/s^2)(6.8\ s)$

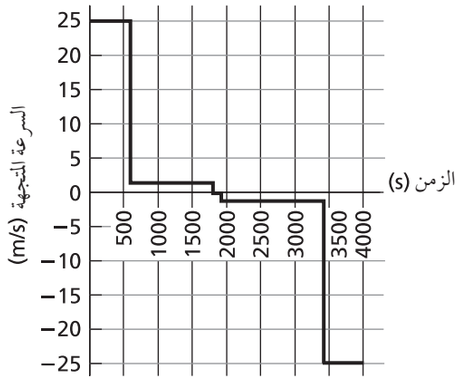
$= 32\ m/s$

21. $v_f = v_i + at$

ومنها $t = \frac{v_f - v_i}{a}$

$= \frac{3.0\ m\ s - 22\ m\ s}{-2.1\ m/s^2} = 9.0\ s$

23. a.



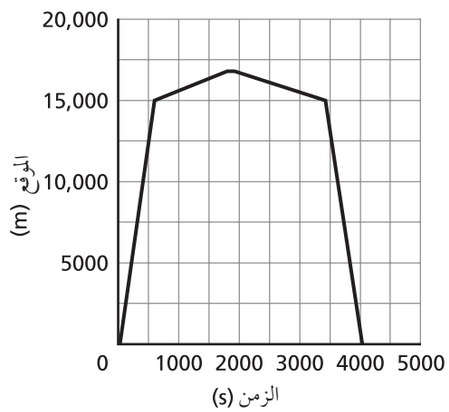
المسافة التي قطعها السائق إلى محطة الوقود:

$$\boldsymbol{d} = \boldsymbol{v}t = (1.5\ \text{m/s})\ (20.0\ \text{min})\left(\frac{60\ \text{s}}{1\ \text{min}}\right)$$
$$= 1800\ \text{m} = 1.8\ \text{km}$$

الزمن الذي استغرقه حتى يعود إلى السيارة:

$$t = \frac{\boldsymbol{d}}{\boldsymbol{v}} = \frac{1800\ \text{m}}{1.2\ \text{m/s}} = 1500\ \text{s} = 25\ \text{min}$$

b.



26.

$$\overline{\boldsymbol{v}} = \frac{\boldsymbol{v}_f + \boldsymbol{v}_i}{2}$$
$$\Delta\boldsymbol{d} = \overline{\boldsymbol{v}}\,\Delta t$$
$$= \left(\frac{\boldsymbol{v}_f + \boldsymbol{v}_i}{2}\right)\Delta t$$
$$= \frac{(22\ \text{m/s} + 44\ \text{m/s})(11\ \text{s})}{2}$$
$$= 363\ \text{m}$$

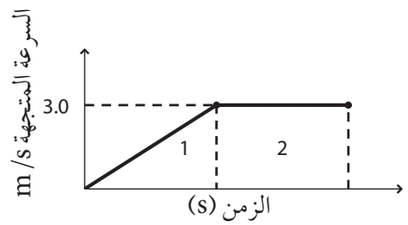
28.

$$\overline{\boldsymbol{v}} = \frac{\boldsymbol{v}_f + \boldsymbol{v}_i}{2}$$
$$\Delta\boldsymbol{d} = \overline{\boldsymbol{v}}\,\Delta t = \left(\frac{\boldsymbol{v}_f + \boldsymbol{v}_i}{2}\right)\Delta t$$

ومنها

$$\boldsymbol{v}_i = \frac{2\,\Delta\boldsymbol{d}}{\Delta t} - \boldsymbol{v}_f$$
$$= \frac{2(19\ \text{m})}{4.5\ \text{s}} - 7.5\ \text{m/s} = 0.94\ \text{m/s}$$

30.



الجزء الأول: تسارع ثابت:

$$\boldsymbol{d}_1 = \frac{1}{2}(3.0\text{m/s})\ (6.0\text{s}) = 9.0\ \text{m}$$

الجزء الثاني: سرعة متجهة منتظمة:

$$\boldsymbol{d}_2 = (3.0\text{m/s})\ (12.0\text{s} - 6.0\text{s}) = 18\ \text{m}$$

تكون إزاحة خالد:

$$\boldsymbol{d} = \boldsymbol{d}_1 + \boldsymbol{d}_2 = 9.0\ \text{m} + 18\ \text{m} = 27\ \text{m}$$

32. الجزء الأول: سرعة منتظمة:

$$\boldsymbol{d} = \boldsymbol{v}t = (4.3\ \text{m/s})\ (19\ \text{min})\ (\frac{60\text{s}}{1\text{min}}) = 4902\ \text{m}$$

الجزء الثاني: تسارع ثابت:

$$\boldsymbol{d}_f = \boldsymbol{d}_i + \boldsymbol{v}_i t + \frac{1}{2}\boldsymbol{a}\,t^2$$
$$\boldsymbol{a} = \frac{2(\boldsymbol{d}_f - \boldsymbol{d}_i - \boldsymbol{v}_i t)}{t^2}$$
$$= \frac{2(5.0\times10^3\text{m} - 4902\text{m} - (4.3\text{m/s})\ (19.4\text{s}))}{(19.4\text{s})^2}$$
$$= 0.077\text{m/s}^2$$

33.

$$v_f^2 = v_i^2 + 2\boldsymbol{a}\,(\boldsymbol{d}_f - \boldsymbol{d}_i)$$
$$\boldsymbol{a} = v_f^2 - v_i^2/2(\boldsymbol{d}_f - \boldsymbol{d}_i) = \frac{0.0\text{m/s} - (23\text{m/s})^2}{2(210\text{m})}$$
$$= -1.3\text{m/s}^2$$

41. باعتبار الاتجاه الموجب نحو الأعلى:

a.

$$\boldsymbol{v}_f = \boldsymbol{v}_i + \boldsymbol{a}\,t,\ \boldsymbol{a} = -\boldsymbol{g} = -9.80\ \text{m/s}^2$$
$$= 0.0\ \text{m/s} + (-9.80\ \text{m/s}^2)\ (4.0\text{s})$$
$$= -39\ \text{m/s}$$

b.

$$\boldsymbol{d} = \boldsymbol{v}_i t + \frac{1}{2}\boldsymbol{a}t^2$$
$$= 0 + \frac{1}{2}(-9.80\ \text{m/s}^2)\ (4.0\text{s})^2 = -78\ \text{m}$$

c. باعتبار الاتجاه الموجب نحو الأسفل:

$$\boldsymbol{v}_f = \boldsymbol{v}_i + \boldsymbol{a}\,t,\ \boldsymbol{a} = \boldsymbol{g} = 9.80\ \text{m/s}^2$$
$$\boldsymbol{v}_f = 0.0\ \text{m/s} + (9.80\ \text{m/s}^2)\ (4.0\text{s}) = +39\ \text{m/s}$$
$$\boldsymbol{d} = \boldsymbol{v}_i t + \frac{1}{2}\boldsymbol{a}t^2,\ \boldsymbol{a} = \boldsymbol{g} = 9.80\ \text{m/s}^2$$
$$= (0.0\,\text{m/s})\ (4.0\,\text{s}) + \frac{1}{2}(9.80\,\text{m/s}^2)\ (4.0\,\text{s})^2 = +78\ \text{m}$$

43. a. $\boldsymbol{a} = -\boldsymbol{g}$, وعند أقصى ارتفاع $\boldsymbol{v}_f = 0$

المعادلة $\boldsymbol{v}_f^2 = \boldsymbol{v}_i^2 + 2\boldsymbol{ad}$

تصبح $\boldsymbol{v}_i^2 = 2\boldsymbol{gd}$

$$\boldsymbol{d} = \frac{\boldsymbol{v}_i^2}{2\boldsymbol{g}} = \frac{22.5\ \text{m/s}}{9.80\ \text{m/s}^2} = 25.8\ \text{m}$$

b. نحسب زمن الصعود باستخدام المعادلة $\boldsymbol{v}_f = \boldsymbol{v}_i + \boldsymbol{at}$,

وتعويض $\boldsymbol{a} = -\boldsymbol{g}$ و $\boldsymbol{v}_f = 0$.

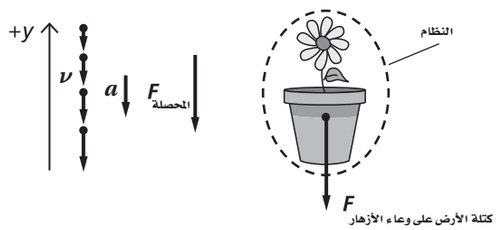
$$t = \frac{\boldsymbol{v}_i}{\boldsymbol{g}} = \frac{22.5\ \text{m/s}}{9.80\ \text{m/s}^2} = 2.30\ \text{s}$$

يكون زمن صعود الكرة مساويًا لزمن هبوطها؛ لذلك يكون الزمن الذي استغرقته في الهواء هو

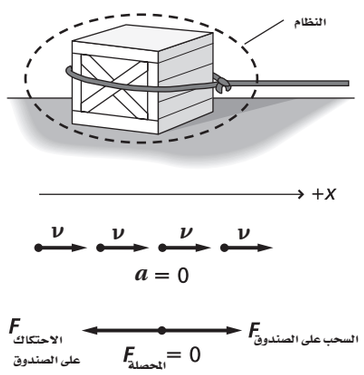
$$t_{\text{الهواء}} = 2t_{\text{الصعود}} = (2)(2.30\ \text{s}) = 4.60\ \text{s}$$

الفصل الرابع

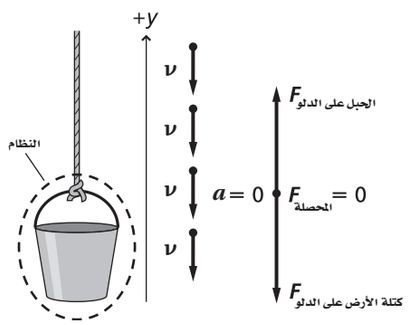
1.



3.



5.



7.

$$\boldsymbol{F}_{\text{المحصلة}} = 225\ \text{N} - 165\ \text{N}$$

$$= 6.0 \times 10^1\ \text{N}$$ في اتجاه القوة الأكبر

15. يقرأ الميزان وزن البطيخة

$$\boldsymbol{F}_g = m\boldsymbol{g} = (4.0\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2) = 39\ \text{N}$$

17. نعتبر الاتجاه الموجب باتجاه سارة، والنظام هو الحبل

$$\boldsymbol{F}_{\text{المحصلة}} = \boldsymbol{F}_{\text{سارة على الحبل}} - \boldsymbol{F}_{\text{أمل على الحبل}} = m\boldsymbol{a}$$

$$\boldsymbol{F}_{\text{سارة على الحبل}} = m\boldsymbol{a} + \boldsymbol{F}_{\text{أمل على الحبل}}$$

$$= (0.75\ \text{kg})(1.25\ \text{m/s}^2) + 16.0\ \text{N}$$

$$= 17\ \text{N}$$

19. a. قراءات الميزان 585 N ، ولأنه لا يوجد تسارع فإن وزنك يساوي قوة الجذب الأرضية

$$\boldsymbol{F}_g = m\boldsymbol{g}$$

ومنها $m = \frac{\boldsymbol{F}_g}{\boldsymbol{g}}$

$$= \frac{585\ \text{N}}{9.80\ \text{m/s}^2} = 59.7\ \text{kg}$$

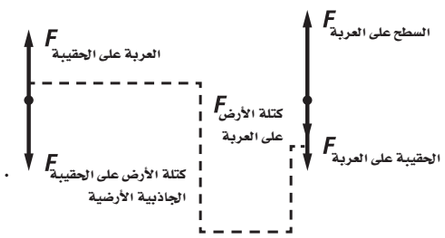
b. قيمة $\boldsymbol{g}$ على القمر مختلفة

$$\boldsymbol{F}_g = m\boldsymbol{g}_{\text{القمر}}$$

$$= (59.7\ \text{kg})(1.60\text{m/s}^2)$$

$$= 95.5\ \text{N}$$

31.



33. على اعتبار أن الإطار هو النظام واتجاه السحب هو الاتجاه الموجب.

$$\boldsymbol{F}_{\text{المحصلة}} = \boldsymbol{F}_{\text{الدولاب على الإطار}} - \boldsymbol{F}_{\text{سالم على الإطار}} - \boldsymbol{F}_{\text{أحمد على الإطار}}$$

$$= m\boldsymbol{a} = 0$$

$$\boldsymbol{F}_{\text{الدولاب على الإطار}} = \boldsymbol{F}_{\text{سالم على الإطار}} + \boldsymbol{F}_{\text{أحمد على الإطار}}$$

$$= 23\ \text{N} + 31\ \text{N}$$

$$= 54\ \text{N}$$

المصطلحات

المصطلحات

أ

الاتزان Equilibrium
إذا كانت القوة المحصلة المؤثرة في جسم ما تساوي صفرًا فإن هذا الجسم في حالة اتزان.

الإزاحة Displacement
كمية فيزيائية متجهة تمثل مقدار التغير الذي يحدث لموقع الجسم في اتجاه معين خلال فترة زمنية محددة.

أزواج التأثير المتبادل
Interaction pair
زوجان من القوى متساويان في المقدار ومتعاكسان في الاتجاه.

ت

تحليل الوحدات
Dimensional analysis
طريقة التعامل مع الوحدات بوصفها كميات جبرية؛ بحيث يمكن إلغاؤها، ويمكن أن تستخدم للتأكد من أن وحدات الإجابة صحيحة.

التسارع acceleration
المعدل الزمني لتغير السرعة المتجهة للجسم.

التسارع اللحظي
Instantaneous acceleration
التغير في السرعة المتجهة للجسم خلال فترة زمنية صغيرة جدًّا.

التسارع المتوسط
average acceleration
التغير في السرعة المتجهة للجسم خلال فترة زمنية مقيسة، مقسومًا على هذه الفترة الزمنية، ويقاس بوحدة m/s^2.

التسارع الناشئ عن الجاذبية الأرضية
acceleration due to gravity
تسارع الجسم في حالة السقوط الحر، وينتج عن تأثير جاذبية الأرض، ويساوي $g = 9.80\ m/s^2$ واتجاهه نحو مركز الأرض.

د

الدقة precision
خاصية من خصائص الكمية المقيسة، التي تصف درجة الإتقان في القياس.

س

السرعة الحدية
terminal velocity
سرعة منتظمة يصل إليها الجسم الساقط سقوطًا حرًّا عندما تتساوى القوة المعيقة مع قوة الجاذبية.

السرعة المتجهة اللحظية
instantaneous velocity
مقدار سرعة الجسم واتجاه حركته عند لحظة معينة.

السرعة المتجهة المتوسطة
average velocity
التغير في موقع الجسم مقسومًا على الفترة الزمنية التي حدث التغير خلالها. وهي تساوي ميل الخط البياني في منحنى (الموقع –الزمن).

السرعة المتوسطة
average speed
القيمة الحسابية لسرعة الجسم؛ وهي القيمة المطلقة لميل الخط البياني في منحنى (الموقع–الزمن) .

المصطلحات

السقوط الحر free fall
حركة جسم تحت تأثير الجاذبية الأرضية فقط، وبإهمال تأثير مقاومة الهواء.

ض

الضبط Accuracy
من خصائص الكمية المقيسة، وهو يصف مدى اتفاق نتائج القياس مع القيمة الحقيقية؛ أي القيمة المعتمدة المقيسة من خلال تجارب مخصصة ومن قبل خبراء مؤهلين.

ط

الطريقة العلمية scientific method
عملية منظمة للمشاهدة والتجريب والتحليل؛ للإجابة عن الأسئلة حول العالم الطبيعي.

ف

الفترة الزمنية time interval
الزمن النهائي مطروحًا منه الزمن الابتدائي.

الفرضيـــة hypothesis
تخمين علمي عن كيفية ارتباط المتغيرات معًا.

الفيـــزياء physics
فرع العلوم المعنيّ بدراسة العالَم الطبيعي: الطاقة والمادة وكيفية ارتباطهما.

ق

القانون العلمي scientific law
قاعدة طبيعية تجمع المشاهدات المترابطة لوصف ظاهرة طبيعية متكررة.

قانون نيوتن الأول Newton's first law
الجسم الساكن يبقى ساكنًا، والجسم المتحرك يبقى متحركًا في خط مستقيم وبسرعة منتظمة فقط إذا كانت محصلة القوى المؤثرة فيه تساوي صفرًا.

قانون نيوتن الثاني Newton's secand law
تسارع الجسم يساوي محصلة القوى المؤثرة فيه مقسومة على كتلة الجسم.

قانون نيوتن الثالث Newton's third law
جميع القوى تظهر على شكل أزواج، وقوَّتا كل زوج تؤثران في جسمين مختلفين، وهما متساويتان في المقدار ومتعاكستان في الاتجاه.

القصور الذاتي inertia
خاصية للجسم لممانعة أي تغيير في حالته الحركية.

القوة force
سحب أو دفع يؤثر في الأجسام ويسبب تغيرًا في الحركة مقدارًا واتجاهًا.

قوة التلامُس contact force
قوة تتولد عندما يلامس جسم من المحيط الخارجي النظام.

قوة الشد tension
اسم يطلق على القوة التي يؤثر بها خيط أو حبل في جسم ما.

القوة العمودية normal force
قوة تلامُس يؤثر بها سطح في جسم آخر.

المصطلحات

قوة المجال field force
قوة تؤثر في الأجسام بغض النظر عن وجود تلامس فيما بينها؛ كالمغناطيسات التي تؤثر في الأجسام دون ملامستها.

القوة المحصلة net force
قوة تعمل عمل مجموعة من القوى مقدارًا واتجاهًا وتساوي ناتج جمع متجهات جميع القوى المؤثرة في الجسم.

القوة المعيقة drag force
هي قوة ممانعة يؤثر بها المائع في جسم يتحرك خلاله، وتعتمد على حركة الجسم وعلى خصائص كل من الجسم والمائع.

القياس measurement
المقارنة بين كمية مجهولة وأخرى معيارية.

ك

الكميات العددية (القياسية) scalars
كميات فيزيائية لها مقدار، وليس لها اتجاه.

الكميات المتجهة vectors
كميات فيزيائية لها مقدار واتجاه.

م

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

المخطط التوضيحي للحركة motion diagram
صور متتابعة تُظهر مواقع جسم متحرك في فترات زمنية متساوية.

مخطط الجسم الحر free-body diagram
نموذج فيزيائي يمثل القوى المؤثرة في نظام ما.

المسافة distance
كمية عددية تصف بعد الجسم عن نقطة الأصل.

منحنى (السرعة المتجهة-الزمن) velocity-time graph
رسم بياني يمثل تغير السرعة المتجهة بدلالة الزمن، وتحديد إشارة تسارع الجسم المتحرك.

منحنى (الموقع-الزمن) position - time graph
رسم بياني يستخدم في تحديد موقع الجسم وحساب سرعته المتجهة، وتحديد نقاط التقاء جسمين متحركين. ويرسم بتثبيت بيانات الزمن على المحور الأفقي وبيانات الموقع على المحور الرأسي.

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

الموقع اللحظي instantaneous position
موقع الجسم عند لحظة زمنية معينة.

ن

النظام الإحداثي coordinate system
نظام يستخدم لوصف الحركة، بحيث يحدد موقع نقطة الصفر للمتغير المدروس، والاتجاه الذي تتزايد فيه قيم المتغير.

النظرية العلمية scientific theory
تفسير يعتمد على عدة مشاهدات مدعومة بنتائج تجريبية. تفسر النظريات القوانين وكيفية عمل الأشياء.

نقطة الأصل origin
نقطة تكون عندها قيمة كل من المتغيرين صفرًا.

نموذج الجسيم النقطي particle model
تمثيل لحركة الجسم بسلسلة متتابعة من النقاط المفردة.

و

الوزن الظاهري apparent weight
قراءة الميزان لوزن جسم يتحرك بتسارع.