KINGDOM OF BAHRAIN

Ministry of Education

مَمْلَكَةُ البَحْرَيْنِ

وَزَارَةُ التَّرْبِيَةِ وَالتَّعْلِيمِ

جيز 102

الفيزياء 1

للمرحلة الثانوية

دليل المعلم

فيز102

قررت وزارة التربية والتعليم بمملكة البحرين اعتماد هذا الدليل لتدريس الفيزياء 1 بمدارسها الثانوية

إدارة سياسات وتطوير المناهج

الفيزياء1

للمرحلة الثانوية

دليل المعلم

الطبعة الثالثة
1442 هـ-2020 م

منهاجي
متعة التعليم الهادف

التأليف والتطوير
فريق متخصّص من وزارة التربية والتعليم بمملكة البحرين.

حضرة صاحب الجلالة الملك حمد بن عيسى آل خليفة

ملك مملكة البحرين المعظم

المقدمة

بسم الله الرحمن الرحيم

أخي المعلم/ أختي المعلمة

يأتي دليل المعلم لكتاب الفيزياء١ للمرحلة الثانوية في إطار مشروع تطوير مناهج الرياضيات والعلوم وتحديثها في مملكة البحرين، والذي يهدف إلى إحداث تطور نوعي في تعليم تلك المادتين وتعلمهما.

لقد وضع هذا الدليل بحيث يرتبط مباشرة بكتاب الطالب، ويتضمن كمًّا كبيرًا من المعلومات والإرشادات المتعلقة باستراتيجيات التدريس والتقويم والمعلومات الإضافية، والعروض العملية بأشكالها المختلفة، فضلاً عن المصادر التقنية واستعمال الإنترنت، مما يوفر لك خيارات لا حصر لها في إنجاح عملية التعليم والتعلم وتنفيذها وفق أحدث الأساليب التربوية. وإننا نرجو منك خلال تنفيذك للدروس التركيزَ على مشاركة الطلبة الفاعلة، ومنها التعلم الذاتي، والعمل في مجموعات، والمشاركة في النقاشات، والنشاطات العملية، والعروض الصفية، والمشاريع البحثية وغيرها.

ونحن إذ نضع بين يديك هذا الدليل، فإننا نأمل أن يكون لك مرشدًا ومصدرًا مهمًّا في تخطيط الدروس، وتنفيذها، بما يتلاءم مع مستويات الطلبة، والبيئة الصفية، وأهداف المنهاج، وفي الوقت نفسه نرجو ألا يقيدك هذا الدليل، بل يكون مساعدًا على تنمية مهاراتك التعليمية، وإبراز قدراتك الإبداعية في وضع البدائل، حيثما رأيت ذلك مناسبًا.

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 بالانسان.	بعض المواد الكيميائية، والمخلوقات حية.	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، والبس قناعاً (كمامة) وقفازات.	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 طلباً 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 ارشادات استعمالها.	اذهب إلى معلمك طلباً 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، وارتدي قناعًا (كمامة).	اترك المنطقة، وأخبر معلمك فوراً.
الكهرباء	خطر محتمل من الصعقة الكهربائية أو الحريق.	تأريض غير صحيح، سوائل، التماس الكهربائي منسكبة، أسلاك معرّاة.	تأكد من التوصيلات الكهربائية للأجهزة بالتعاون مع معلمك.	لا تحاول إصلاح الأعطال الكهربائية، واستعن بمعلمك فوراً.
المواد المهيّجة	مواد قد تهيج الجلد أو الغشاء المخاطي للقناة التنفسية.	حبوب اللقاح، كرات العث، الصوف الفولاذي، ألياف الزجاج، برمنجنات البوتاسيوم.	ضع واقيًا للغبار وارتد القفازات وتعامل مع المواد بحرص شديد.	اذهب إلى معلمك طلباً للإسعاف الأولي.
المواد الكيميائية	المواد الكيميائية التي يمكن أن تتفاعل مع الأنسجة والمواد الأخرى وتتلفها.	المبيضات، مثل فوق اكسيد الهيدروجين والأحماض كحمض الكبريتيك، القواعد كالأمونيا، وهيدروكسيد الصوديوم.	ارتد نظارات واقية، وقفازات، 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 طلباً للإسعاف الأولي.
مواد قابلة للاشتعال	بعض الكيماويات يسهل اشتعالها بوساطة اللهب، أو الشرر، أو عند تعرضها للحرارة.	الكحول، الكيروسين، الاسيتون، برمنجنات البوتاسيوم ، الملابس، الشعر.	تجنب مناطق اللهب المشتعل عند استخدام هذه الكيماويات.	أبلغ معلمك طلبًا للاسعاف الأولي واستخدم مطفأة الحريق إن وجدت.
اللهب المشتعل	ترك اللهب مفتوحاً يسبب الحريق.	الشعر، الملابس، الورق، المواد القابلة للاشتعال.	اربط الشعر إلى الخلف، ولا تلبس الملابس الفضفاضة، واتبع تعليمات المعلم عند إشعال اللهب أو إطفائه.	أبلغ معلمك طلبًا للاسعاف الأولي واستخدم مطفأة الحريق إن وجدت.

سلامة العين
يجب دائماً ارتداء نظارات واقية عند العمل في المختبر.

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

سلامة الحيوانات
يشير هذا الرمز للتأكيد على سلامة المخلوقات الحية.

نشاط اشعاعي
يظهر هذا الرمز عند استعمال مواد مشعة.

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

أدوات تدريس الفيزياء

جدول المحتويات

نسخة الطالب 2T

نسخة دليل المعلم 6T

مصادر المعلم في غرفة الصف 8T

السلامة في المختبر 10T

قائمة التجهيزات 12T

جدول توزيع الحصص 14T

التهيئة

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

يتوقع بعد الانتهاء من دراسة هذا الفصل أن أكون قادرًا على تقديم لكفايات الفصل.

الفكرة العامة تساعد الطلبة على فهم البناء المفاهيمي للفصل.

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

تطوير المهارات الرياضية

استراتيجية حل المسائل تُركز انتباه الطلبة 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 التالية 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.

مثـال 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 تساوي 60×10^{24} kg

1 تحليل المسألة ورسمها

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

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

2 إيجاد الكمية المجهولة

- استخدم القانون الثاني لنيوتن لإيجاد القوة التي تؤثر بها الأرض على الكرة: $F_{\text{الأرض على الكرة}} = m_{\text{كرة}} a = m_{\text{كرة}}(-g)$

مسائل تدريبية

25. ترفع بيدك كرة بولينج خفيفة نسبيًّا بتسارع في اتجاه الأعلى، ما القوى المؤثرة في الكرة؟ وما القوى التي تؤثر بها الكرة على يدك؟

26. 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 (بإهمال تأثير مقاومة الهواء).

27. وضعت حقيبة سفر على عربة أمتعة ساكنة كما في **الشكل 13–4**، ارسم مخطط الجسم الحر لكل من الحقيبة والعربة، وبين أزواج التأثير المتبادل بينهما.

الشكل 13–4

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

ربط الفيزياء بالحياة الواقعية

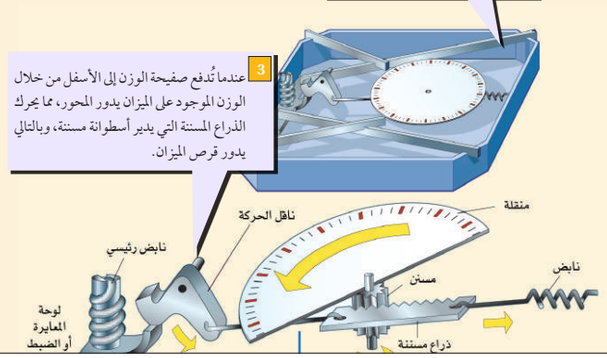
الإثراء العلمي يتناول الموضوعات التي يراها الطالب مثيرة للاهتمام، وتحتوي مواد هذه الموضوعات على مفاهيم فيزيائية متقدمة.
كيف تعمل الأشياء نصوص توضح للطالب كيف تُستخدم مبادئ الفيزياء في الأدوات والأجهزة المألوفة.

كيف تعمل الأشياء؟

How it Works — **الميزان المنزلي** Bathroom Scale

1 هناك رافعتان (عتلتان) طويلتان وأخريان قصيرتان توصلان معًا، وهناك مساند في غطاء الميزان فوق العتلات لتوزيع الوزن عليها.

3 عندما تُدفع صفيحة الوزن إلى الأسفل من خلال الوزن الموجود على الميزان يدور المحور، مما يحرك الذراع المسننة التي يدير أسطوانة مسننة، وبالتالي يدور قرص الميزان.



تثرية

الإلكترون والنواة معًا، بحيث تصطف كل من الأقطاب المتشابهة لهما مرة، والأقطاب المختلفة مرة أخرى. فإذا اصطفت الأقطاب المتشابهة تكون ذرة السيزيوم في مستوى من مستويات الطاقة، بينما إذا اصطفت الأقطاب المختلفة تكون الذرة في مستوى طاقة آخر.

كيف تعمل ساعة السيزيوم؟ تتركب ساعة السيزيوم من ذرات السيزيوم، وجهاز للذبذبات مصنوع من كريستال الكوارتز يولد موجات ميكروية، وعندما يتساوى تردد الموجات الميكروية للجهاز مع تردد ذرات السيزيوم فإن عددًا كبيرًا من ذرات السيزيوم تغير من مستويات طاقتها. ولما كان تردد السيزيوم يعادل 9192631770 ذبذبة فهذا يعني أنه يوجد 9192631770 تغيرًا بين مستويات طاقة ذرات السيزيوم في كل ثانية. ومن هنا تأتي دقة قياس الوقت بهذه الساعة.

التجارب العملية

يوفر كتاب الفيزياء خبرة عملية من خلال عدة تجارب مختارة، تعكس طبيعة العلم بصورة عامة، وتزداد معها ثقة طلبتك 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.

تجربة

قياس التغير

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

1. **قس** طول النابض الأصلي ثم عند تعليق: 1 ثم، 2 ثم، 3 حلقات معدنية به.
2. **ارسم بيانيًا** العلاقة بين طول النابض والكتلة المعلقة به.
3. **توقع** طول النابض عند تعليق 4 و5 حلقات به.
4. **اختبر** توقعاتك.

التحليل والاستنتاج

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

تجربة استهلالية

هل تسقط جميع الأجسام بالمعدل نفسه؟

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. اعتقد أرسطو أن الوزن عامل مؤثر في سرعة سقوط الجسم، وأن سرعة سقوط الجسم تزداد مع ازدياد وزنه.

1. ألصق أربع قطع نقد معدنية (من فئة 100 فلسًا) معًا باستخدام شريط لاصق.
2. ضع القطع النقدية الملتصقة على راحة يدك، ثم ضع إلى جوارها قطعة نقد منفردة.
3. لاحظ من خلال دفع القطع لراحة يدك، أيها أثقل: القطع الملتصقة أم القطعة المنفردة؟
4. لاحظ أسقط القطع جميعها من يدك في الوقت نفسه، ثم لاحظ حركتها. أيهما يصل سطح الأرض أولًا؟

التحليل

وفقًا لنظرية أرسطو، ما سرعة سقوط قطعة النقد المنفردة مقارنة بالنقود 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

الفيزياء في حياتك

إذا رميت كرة نحو الأعلى فكيف تحدد الارتفاع الذي تصله والزمن الذي تستغرقه وهي في الهواء؟ وكيف تحدد سرعة المظلي في أثناء قفزه في الهواء؟ يستخدم الفيزيائيون الرياضيات لمساعدتهم للإجابة عن هذه الأسئلة وغيرها حول الحركة، والقوى، والطاقة والمادة.

تساؤلات جوهرية:

- لماذا يستخدم العلماء النظام الدولي للوحدات؟
- كيف يساعد التحليل البُعدي في تقييم الإجابة؟

المفردات:

- الفيزياء
- النظام الدولي للوحدات
- التحليل البُعدي
- معامل التحويل

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

$$d = \frac{1}{2}at^2 + v_i t + d_i \quad I = \frac{V}{R} \quad E = mc^2$$

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

9

التقويم

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

المراجعة

تشير مسائل المراجعة إلى مدى استعداد طلبتك للانتقال إلى الدرس اللاحق.

دليل الدراسة

مراجعة سريعة تلخص المفردات والمفاهيم الأساسية، بالإضافة إلى أهم المعادلات في كل جزء 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 للطلبة.

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 على 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

نظرة عامة على الفصل

إن التأثير بقوة محصلة في جسم ما يتسبب في تغير سرعته، ويمكن أن تؤثر القوى بالتماس المباشر مع جسم آخر، أو من خلال مجال مثل الجاذبية الأرضية، وتصف قوانين نيوتن كيف تؤثر القوة في تغير السرعة المتجهة لجسم ما.

فكّر

عندما يتوقف جسم عن الحركة، أو يبدأ جسم ساكن في الحركة أو يغير اتجاهه، فإنه يتم ذلك بسبب وجود قوة محصلة تؤثر فيه. والقوة المحصلة في صورة غلاف الفصل ناتجة عن التفاعل المتبادل بين رأس اللاعب والكرة.

المفردات الرئيسة

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

86

الفصل 4

القوى في بُعد واحد

Forces in One Dimension

الفكرة العامة

القوة المحصلة تسبب التغير في الحركة.

4-1 القوة والحركة

الفكرة الرئيسة القوة دفع أو سحب.

4-2 الوزن والقوة المعيقة

الفكرة الرئيسة يمكن استخدام قانون نيوتن الثاني لتوضيح حركة الأجسام الساقطة.

4-3 قانون نيوتن الثالث

الفكرة الرئيسة تتواجد القوى دائماً بشكل أزواج تأثير متبادل.

يتوقع بعد الانتهاء من دراسة هذا الفصل أن أكون قادراً على:

- توضيح المفاهيم والمصطلحات (القوة، قوة التلامس، قوة المجال، مخطط الجسم الحر، القوة المحصلة، قانون نيوتن الثاني، قانون نيوتن الأول، القصور الذاتي، الاتزان، الوزن الظاهري، القوة المعيقة، السرعة الحدية، أزواج التأثير المتبادل، قانون نيوتن الثالث، قوة الشد، القوة العمودية) المتعلقة بالقوة في بعد واحد وارتباطها بقوانين نيوتن.
- تطبيق علاقات رياضية لحل مسائل تتعلق بقوانين نيوتن في الحركة في بعد واحد.
- استخدام الأدوات والأجهزة المتعلقة بالقوى في بعد واحد لإجراء التجارب وتمثيل البيانات وتحليلها لاستخلاص النتائج.
- تصميم تجارب وبناء نماذج تتعلق بالقوى في بعد واحد.
- إدراك دور القوى في بعد واحد وأنواعها وتطبيقاتها في الحياة اليومية.

فكّر

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

الفيزياء مع أبيكان الإلكترونية obeikaneducation.com

86

تجربة استهلالية

الهدف توضح تأثير مجموعة من القوى في جسم ما.

المواد والأدوات كتاب، حبل سميك طوله 0.5 m، خيطان خفيفان.

استراتيجيات التدريس

- يمكن أن يقترح الطلبة طريقة 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 التالي:

$$F_{g} + F_{\text{السبب الكتاب إلى أسفل}} = m_{\text{الكتاب}} \times a + F_{\text{السبب الكتاب إلى الأعلى}}$$

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. إن زيادة التسارع تجعل الكمية $(m_{\text{الكتاب}} \times a)$ كبيرة مما يجعل القوة المؤثرة في الجهة السفلية من الخيط كبيرة نسبيًّا.

86

مستويات وأنماط التعلم

طرائق تدريس متنوعة

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

المستوى 1 : م1 أنشطة مناسبة للطلبة ذوي صعوبات التعلّم.

المستوى 2 : م2 أنشطة مناسبة للطلبة ذوي المستوى المتوسط.

المستوى 3 : م3 أنشطة مناسبة للطلبة المتفوقين (فوق المتوسط)

وقد أُدرجت أنماط التعلم المناسبة بعد الرموز م ، م2 ، م3 ، وهي:

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

نشاط **طرق تدريس متنوعة**

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

نشاط **تحدٍّ**

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

نشاط **مساعدة الطلبة ذوي صعوبات التعلم**

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

دورة التعليم الفعّال

تم ترتيب عناصر نسخة المعلم بما يتناسب مع كل درس 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 للطلبة.
3. **التقويم** عناصر تساعدك على مراقبة تطور معرفة الطلبة.

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

1. التركيز

نشاط محفّز

السرعة اطلب إلى أحد الطلبة أن يمشي عبر الغرفة مرتين؛ الأولى ببطء، والثانية بسرعة أكبر. ثم اسأل الطلبة الآخرين عما إذا قام الطالب الأول بما طُلب إليه. واسألهم: كيف عرفوا ذلك؟ وما الدليل الذي استخدموه لاتخاذ قراراتهم؟ اطلب إلى الطلبة كتابة قائمة بالكميات الفيزيائية التي يحتاجون إلى معرفتها حتى يحددوا سرعة حركة الجسم.

الكميات الفيزيائية هي: الموقع الابتدائي، والموقع النهائي، والزمن الذي استغرقه الطالب في الحركة من الموقع الابتدائي إلى الموقع النهائي. 1-2 بصري - مكاني

الربط مع المعرفة السابقة

السرعة سيكون الطلبة على علم بمفهوم السرعة؛ ومع ذلك، ربما لا يعرفون الفرق بين السرعة القياسية والسرعة المتجهة، وقد يستخدمون المصطلحين للتعبير عن الشيء نفسه. إذا استخدم الطلبة مصطلح السرعة المتجهة في النقاش قبل أن تكون مستعدًا لعرضه وتطويره، فاسألهم ما الذي يقصدونه بهذا المصطلح.

2. التدريس

تطوير المفاهيم

السرعة 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 الطلبة مباشرة بأخذ بيانات وحساب سرعة اللعبتين. 1-2 حركي

التفكير الناقد

التفسير اسأل الطلبة 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. 3-2

1. التركيز

نشاط محفّز عرض قصير أو نشاط يوضح محتوى الدرس، ويجذب انتباه الطلبة.

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 تكونت لدى الطلبة حول بعض المفاهيم العلمية.

استخدام الشكل التركيز على الأشكال التي تتطلب مساعدة المعلم في تفسيرها، أو التي تصلح أن تكون موضوع للمناقشة، أو النشاط بين الطلبة.

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 الطلبة على تحليل المفاهيم التي يعرفونها، أو يقرؤون عنها، واستخلاص نتائج جديدة حولها.

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

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 الطلبة.

المناقشة تشتمل على سؤال يمكن أن يناقش من قبل مجموعات صغيرة أو من طلبة 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 معقدة كثيرًا لتقدمها للطلبة، 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 الطلبة لمفهوم معين.

إعادة التدريس يقترح استراتيجية لعرض المادة بطريقة مختلفة لمساعدة الطلبة 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 سيارتا لعبة تتحركان ببطء، مساطر مترية، ساعة وقف أو ساعة حائط لها مؤشر ثوانٍ.

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

ضع سيارتين لعبة إحداهما مقابل الأخرى، واطلب إلى الطلبة أن يتوقعوا مكان تصادمهما.

3. التقويم

التحقق من الفهم

السرعة المتوسطة والسرعة المتجهة المتوسطة

اسأل الطلبة:

مشيتَ إلى المتجر الذي يبعد عن منزلك 0.5 km، ثم استدرت فورًا عائدًا 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 2↑

التوسع

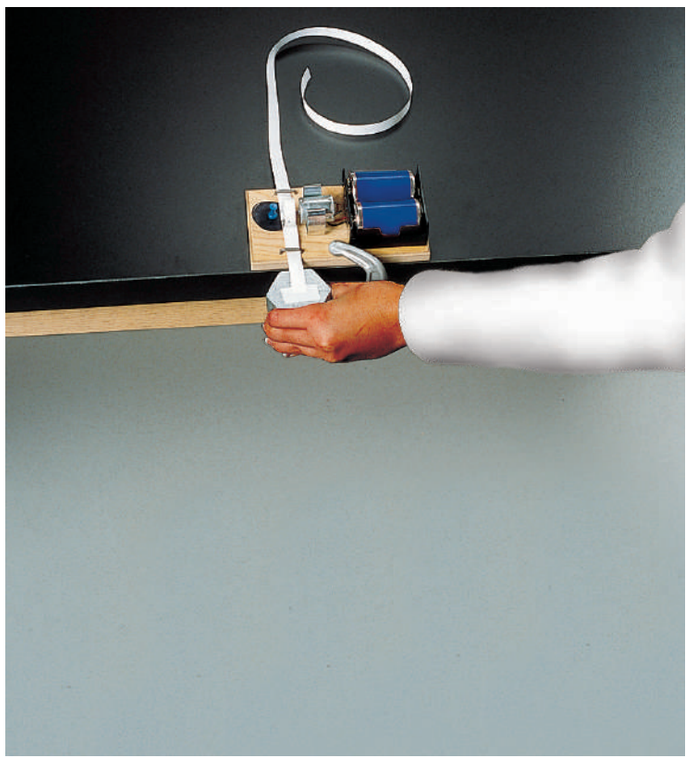
السرعة المتجهة المنتظمة وزّع الطلبة في مجموعات صغيرة، واطلب إلى كل مجموعة أن تصمم تجربة يمكن من خلالها تحديد ما إذا كان شخص ما يسير بسرعة متجهة منتظمة أم لا. اجمع التصاميم التجريبية، ثم قدّم بعض المقترحات الأكثر شيوعًا في بداية الحصة التالية حتى يقوّمها الطلبة ويختبروها.

3↑ متفاعل

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 طلبتك، 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. ارتد دائمًا أدوات السلامة المناسبة كالنظارات الواقية، ومريول المختبر، وانتعل أحذية السلامة.
6. بلّغ معلمك على الفورعن 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 بوساطة أنبوب زجاجي باستخدام الفم، واحفظ المواد القابلة للاشتعال بعيدًا عن مصادر اللهب.
9. ضع الزجاج المكسور والمواد الصلبة 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 فسيشار إلى ذلك من خلال رموز السلامة، انظر رموز السلامة في بداية الكتاب.

إطلب إلى الطلبة تقديم تقرير بالحوادث والجروح والمواد المسكوبة جميعها اينما لزم

وعلى الطالب أن يعرف:

- أساليب السلامة في العمل المخبري.
- كيف تقدم تقريرًا بحادث، أو إصابة أو جرح أو مادة مسكوبة؟ ومتى تقدمه؟
- معرفة مكان مواد الإسعافات الأولية ومستلزماتها، وإنذار الحريق، والهاتف، ومكتب الممرض في المدرسة.

ويعرض الجدول الآتي بعض المواقف وطرائق الاستجابة الآمنة لها:

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 ضروريًّا، وتغطية المصاب ببطانية ليبقى دافئًا.
الإغماء أو الانهيار	استدعاء الاسعاف فورًا.
الحريق	إغلاق صنابير الغاز وإخماد ألسنة اللهب جميعها، ولف الشخص المحترق ببطانية الحريق، واستعمال طفاية الحريق لإخماد النار. واستدعاء رجال الاطفاء إن لزم. لا يجب 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 الطلبة لعام كامل والكميات الخاصة بالتجارب الاستهلالية هي الكميات القصوى التي ستحتاج إليها لعمل كافة العروض. الأجزاء التي يلزمك استخدام الأداة فيها موضوعة بين قوسين في القائمة. ارجع إلى مخطط الفصل قبل الحصول على قائمة بالأجهزة والأدوات لكل نشاط مخبري في كل فصل.

مواد غير مستهلكة

المادة الكمية لكل مجموعة أو تجربة عرض	كراسة التجارب	التجربة أو التجربة الإضافية أو العرض السريع	تجربة استهلالية
كرات فولاذية (كتل مختلفة)		ف (3) (1–3)	
ماسك على شكل حرف C	ف (2) ف (3)		
حبل			ف (4)
لوح ورق مقوى	ف (2)		
كتلة قابلة للتعليق	ف (1) ف (4)	ف (2) (2–4)	
كتلة للتعليق 1kg	ف (3)		
شريط متري	ف (2)	ف (1) (1–1)	
حلقات معدنية متماثلة		ف (1) (1–1)	
قطع نقد معدنية			ف (1)
مسطرة مترية	ف (1) ف (2)	ف (1) (1–1) ف (2) (2–4) ف (3) (1–3) ف (3) (3–3) ف (4) (1–4)	ف (2)
ميزان منزلي	ف (1) ف (4)		
نابض	ف (1)	ف (1) (1–1)	
ميزان زنبركي	ف (1) ف (4)	ف (4) (3–4)	
ساعة وقف	ف (1) ف (2)	ف (2) (2–4)	
سيارتا لعبة تعملان بانضغاط النابض	ف (2)	ف (2) (2–4)	ف (2) – ف (3)
قناة على شكل حرف U		ف (3) (2–3)	
كاميرا فيديو	ف (2)	ف (2) (1–2)	
ورق رسم بياني			ف (3)
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)
مخبار مدرج	ف (1)		

المادة الكمية لكل مجموعة أو تجربة عرض	كراسة التجارب	التجربة أو التجربة الإضافية أو العرض السريع	تجربة استهلالية
حقيبة البوابة الضوئية	ف (2)		
شريط المؤقت	ف (3)		ف (3)
شريط لاصق	ف (2) ف (3)		ف (1) – ف (3)
كرة	ف (2)	ف (2) (2–4) ف (3) (2–3) ف (3) (3–3)	
جرس مؤقت	ف (3)		ف (3)
خلية شمسية		ف (1) (1–1)	
ملتيميتر		ف (1) (1–1)	
مسجل فيديو VCR		ف (2) (1–2)	
تلفاز		ف (2) (1–2)	
شفافيات		ف (2) (1–2)	
جهاز عرض الشفافيات		ف (2) (1–2)	
قطع صلصال		ف (2) (2–2)	
ألعاب تركيبية وقطع ربط		ف (2) (2–2)	
عربة ذات سرعة منتظمة	ف (2)	ف (3) (2–3)	
مستوى مائل	ف (2)	ف (3)(1–3) (2–3)	
قارورتان فارغتان سعة 2 لتر		ف (4) (1–4)	
كرة رخامية ومكعب معدني أو اسطوانة معدنية ذات كتل متساوية	ف (1)	ف (4) (2–4)	
رباط مطاطي		ف (4) (1–4)	
ساعة رقمية		ف (4) (2–4)	
كأس كبيرة		ف (4) (2–4)	
زيت محرك		ف (4) (2–4)	
مصباح كهربائي		ف (4) (2–4)	
مقياس درجة الحرارة		ف (4) (2–4)	
لوح خشبي			ف (3)
القدمة ذات الورنية	ف (1)		
مربط	ف (2)		
حامل	ف (2)		
كمبيوتر	ف (1)		

إرشادات لدمج التقنية في التعليم

- التخطيط للتعليم المدمج من خلال تحديد الأهداف المراد تحقيقها، واستراتيجات التعليم والتعلم، والأدوات الرقمية التي سيتم توظيفها، وآليات التقويم وأدواته.
- تحديد أدوات التعليم والتعلم التي سيتم توظيفها في التعليم أو التقويم، واختيار البرنامج أو التطبيق المناسب.
- التمكن من استخدام البرامج والتطبيقات، وتدريب الطلبة على الاستخدام الفاعل والآمن لهذه التطبيقات.
- تقديم التكليفات والتطبيقات بشكل إلكتروني للطلبة، ويمكن أن تكون فردية أو تشاركية، وتشجيعهم على إنجازها وتسليمها إلكترونيًا.
- مراجعة الأداء دوريًا للوقوف على نقاط القوة لتنميتها، ونقاط الضعف لتحسينها.
- اختيار آليات وأدوات التقويم المناسبة، وتدريب الطلبة على التعامل معها.

■ توجيه الطلبة وأولياء الأمور على الاستفادة من الأدوات الرقمية التي توفرها وزارة التربية والتعليم، وذلك من خلال زيارة الموقع الإلكتروني https: / /www.edunet.bh/

أو مسح رمز الاستجابة السريعة QR التالي:

■ يمكن الحصول على:

- الدروس الإلكترونية لمختلف الموضوعات
- الكتب الإلكترونية لمقررات الفيزياء
- كراسات التجارب العملية
- نماذج لامتحانات سابقة

من خلال زيارة الموقع الإلكتروني : https: / /www.moe.gov.bh /moeecontent.aspx

أو مسح رمز الاستجابة السريعة QR التالي:

جدول توزيع الحصص لمقرر الفيزياء 1

الفصل	الدروس	عدد الحصص	المجموع
الفصل الأول مدخل إلى علم الفيزياء	1-1 الرياضيات والفيزياء	2	5
	1-2 القياس	2	
	تقويم الفصل	1	
الفصل الثاني تمثيل الحركة	2-1 تصوير الحركة	1	7
	2-2 الموقع والزمن	1	
	2-3 منحنى (الموقع – الزمن)	2	
	2-4 السرعة المتجهة	2	
	تقويم الفصل	1	
امتحان منتصف الفصل الدراسي			

الفصل	الدروس	عدد الحصص	المجموع
الفصل الثالث الحركة المتسارعة	3-1 التسارع (العجلة)	2	7
	3-2 الحركة بتسارع منتظم	2	
	3-3 السقوط الحر	2	
	تقويم الفصل	1	
الفصل الرابع القوى في بُعد واحد	4-1 القوة والحركة	2	6
	4-2 الوزن والقوة المعيقة	1	
	4-3 قانون نيوتن الثالث	1	
	تقويم الفصل	1	
المجموع			25

قائمة المحتويات

الفصل 1

مدخل إلى علم الفيزياء 8

تجربة استهلالية 9

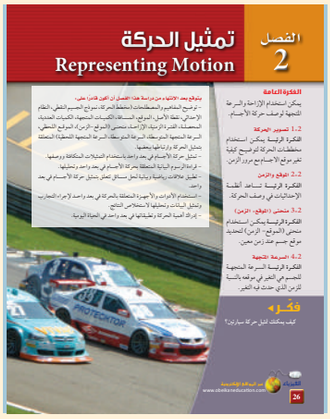
هل تسقط جميع الأجسام بالمعدل نفسه؟

1-1 الرياضيات والفيزياء 9

1-2 القياس 16

التقويم 22

الفصل 2



تمثيل الحركة 26

تجربة استهلالية 27

أي السيارتين أسرع؟

2-1 تصوير الحركة 27

2-2 الموقع والزمن 30

2-3 منحنى (الموقع- الزمن) 34

2-4 السرعة المتجهة 39

التقويم 48

الفصل 3

الحركة المتسارعة 52

تجربة استهلالية 53

هل تبدو جميع أنواع الحركة بالشكل نفسه عند تمثيلها بيانيا؟

3-1 التسارع (العجلة) 53

3-2 الحركة بتسارع منتظم 64

3-3 السقوط الحر 73

التقويم 79

الفصل 4

القوى في بعد واحد 86

تجربة استهلالية 87

ما القوة الأكبر؟

4-1 القوة والحركة 87

4-2 الوزن والقوة المعيقة 97

4-3 قانون نيوتن الثالث 104

التقويم 115

مصادر تعليمية 119

مخطط الفصل

التساؤلات الجوهرية	المواد والأدوات
افتتاحية الفصل	
1-1 1. لماذا يستخدم العلماء النظام الدولي للوحدات؟ 2. كيف يساعد التحليل البُعدي في تقييم الإجابة؟	**تجارب الطالب** تجربة استهلالية خمس قطع نقدية معدنية، شريط لاصق. تجربة خمس حلقات معدنية متماثلة، نابض، مسطرة مترية. **عرض المعلم** عرض سريع خلية شمسية، مقياس متعدد (ملتيميتر).
1-2 1. ما الفرق بين الدقة والضبط؟ 2. ما المصدر المشترك للأخطاء التي تنتج في القياس؟	

طرائق تدريس متنوعة

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

الفصل الأول

الفصل

مدخل إلى علم الفيزياء

نظرة عامة على الفصل

الرياضيات لغة الفيزياء، يحتاج الطلبة إلى معرفة كيفية استخدامها بوصفها أداة لمعظم دراساتهم. والدرس الأول من هذا الفصل سيقود الطلبة الى إدراك المتغيرات بأنواعها المختلفة، المتغير المستقل منها، والمتغير التابع، إضافة الى خط التطابق الأفضل. ويتعلم الطلبة في الدرس الثاني القياسات والثوابت الفيزيائية، والدقة والضبط.

فكّر

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
- النظام الدولي للوحدات
- التحليل البعدي
- معامل التحويل
- القياس
- دقة القياس
- الضبط
- اختلاف زاوية النظر

الفصل 1

مدخل إلى علم الفيزياء
A Physics Toolkit

الفكرة العامة

علم الفيزياء يبحث في الظواهر الطبيعية ويحاول تمثيلها وإيجاد تفاسير لها باستخدام علم الرياضيات.

1-1 الرياضيات والفيزياء

الفكرة الرئيسة تستخدم الرياضيات للتعبير عن المفاهيم في الفيزياء.

1-2 القياس

الفكرة الرئيسة تكرار التجارب ومقارنة النتائج يسمح للعلماء بأخذ قياسات دقيقة ومضبوطة.

يتوقع بعد الإنتهاء من دراسة هذا الفصل أن أكون قادرًا على:

- توضيح المفاهيم والمصطلحات (الفيزياء، النظام الدولي للوحدات، التحليل البُعدي، معامل التحويل، القياس، الدقة، الضبط) المتعلقة بالقياس وارتباطها ببعضها.
- التمييز بين الكميات الأساسية والكميات المشتقة واشتقاق وحداتها وإجراء التحويلات بينها.
- تطبيق نماذج رياضية لحل مسائل تتعلق بالفيزياء واستخدام التحليل البُعدي لتقييم الإجابات.
- المقارنة بين دقة الجهاز وضبطه وتضمين خطأ القياس في قيمة القياس.
- معايرة أجهزة وأدوات القياس واستخدامها بطريقة صحيحة.
- استخدام الأدوات والأجهزة المتعلقة بالقياس لإجراء التجارب وتمثيل البيانات وتحليلها لاستخلاص النتائج.
- الوعي بأهمية القياس وأدواته في الحياة اليومية.

فكر

قادت أبحاث الفيزياء إلى العديد من الاكتشافات 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، شريط لاصق

استراتيجيات التدريس

- سادت نظرية أرسطو التي تنص على أن الأجسام الأثقل تسقط أسرع من الأجسام الأخف وزنًا لمدة 1900 عام حتى اكتشافات جاليليو التي غيرت المفهوم السائد في هذا المجال.
- أعد التجربة مع كتلة أكبر مقدارها 1kg بدلاً من القطع المعدنية الأربع.
- هل يتوقع الطلبة وجود فرق بين سقوط القطع المعدنية معًا عندما تكون ملتصقة وبسقوطها عندما لا تكون ملتصقة؟ قُدِ النقاش إذا لزم الأمر باتجاه يبين عدم وجود فرق.

تجربة استهلالية

هل تسقط جميع الأجسام بالمعدل نفسه؟

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. اعتقد أرسطو أن الوزن عامل مؤثر في سرعة سقوط الجسم، وأن سرعة سقوط الجسم تزداد مع ازدياد وزنه.

1. ألصق أربع قطع نقد معدنية (من فئة 100 فلسًا) معًا باستخدام شريط لاصق.
2. ضع القطع النقدية الملتصقة على راحة يدك، ثم ضع إلى جوارها قطعة نقد منفردة.
3. **لاحظ** من خلال دفع القطع لراحة يدك، أيها أثقل: القطع الملتصقة أم القطعة المنفردة؟
4. **لاحظ** أسقط القطع جميعها من يدك في الوقت نفسه، ثم لاحظ حركتها. أيهما يصل سطح الأرض أولًا؟

التحليل

وفقاً لنظرية أرسطو، ما سرعة سقوط قطعة النقد المنفردة مقارنة بالنقود الملتصقة؟ ماذا تستنتج؟

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

الفيزياء في حياتك

إذا رميت كرة نحو الأعلى فكيف تحدد الارتفاع الذي تصله والزمن الذي تستغرقه وهي في الهواء؟ وكيف تحدد سرعة المظلي في أثناء قفزه في الهواء؟ يستخدم الفيزيائيون الرياضيات لمساعدتهم للإجابة عن هذه الأسئلة وغيرها حول الحركة، والقوى، والطاقة والمادة.

تساؤلات جوهرية:

- لماذا يستخدم العلماء النظام الدولي للوحدات؟
- كيف يساعد التحليل البُعدي في تقييم الإجابة؟

المفردات:

- الفيزياء
- النظام الدولي للوحدات
- التحليل البُعدي
- معامل التحويل

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

$$d = \frac{1}{2}at^2 + v_o t + d_o \text{ ،} I = \frac{V}{R} \text{ ،} E = mc^2$$

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

1. التركيز

نشاط محفز

أنظمة الوحدات اطلب إلى الطلبة قياس بعض الأشياء (طول أو عرض الغرفة، عرض الطاولة..إلخ) دون استخدام أي أداة قياس. سوف يحتاجون إلى استخدام بعض أطرافهم مثل الذراع أو القدم أو الشبر في عملية القياس. وبعد ذلك، دع أحدهم يسجل نتائج الطلبة، واشرح مدى صعوبة تماثل النتائج عند استخدام وحدات قياس مختلفة كهذه. **حركي**

الربط مع المعرفة السابقة

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

- لاحظ أن قياس أزمنة السقوط للأجسام المتماثلة سهل نسبيًّا، أما قياس سرعة سقوطها فهو أكثر صعوبة. استخدم جاليليو الأسطح المائلة لتقليل سرعة الأجسام الساقطة عموديًا. خلال عدة 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 في الزمن نفسه.

التحليل توقع أرسطو أن معدل سقوط كومة القطع المعدنية الملتصقة أكبر بأربع مرات من القطعة المنفردة، 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 على شكل الجسم، وكثافة الهواء، ونسق الجسم وسرعته بالنسبة للهواء.

2. التدريس

استخدام النماذج

المعادلات زوّد الطلبة بمثال على كيفية استخدام المعادلات لتمثيل الظواهر. هل يستطيع الطلبة تفسير معنى المعادلة $V=IR$.
المعادلة $V=IR$ تعني أن فرق الجهد V (المقيس بوحدة الفولت) ينتج عن حاصل ضرب شدة التيار (المقيس بوحدة الأمبير) في المقاومة (المقيسة بوحدة الأوم). 2 منطقي-رياضي

تطوير المفهوم

- **المعادلات** نلاحظ أن $V = IR$، وأن $R=\frac{V}{I}$ اسأل الطلبة ما المعادلة التي تعطي مقدار شدة التيار I. $I = \frac{V}{R}$
- **التحكم في شدة التيار** وضح للطلبة كيفية تفسير المعادلة $I = \frac{V}{R}$. هناك طريقتان للتحكم في شدة التيار في دائرة كهربائية، إما بتغيير فرق الجهد V، أو بتغيير المقاومة R (أو بتغير كليهما). 2 منطقي-رياضي

عرض سريع

الضوء والخلايا الشمسية

الزمن المقدر 15 دقيقة

المواد والأدوات خلية شمسية، مقياس متعدد (ملتيمتر).

الخطوات اسأل الطلبة كيف تتناسب 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 انظر ماذا تستنتج من البيانات؟

What is Physics? ما الفيزياء؟

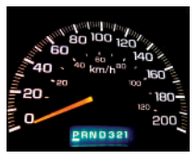
الفيزياء فرع من فروع العلم يُعنى بدراسة العالَم الطبيعي: الطاقة، والمادة، وكيفية ارتباطهما. فعلماء الفيزياء يدرسون طبيعة حركة الجسيمات الصغيرة مثل الإلكترونات وحركة الأجسام الكبيرة مثل الصواريخ، والطاقة، وتركيب المادة بدءًا بالإلكترون وانتهاءً بالكون. إن الهدف من دراسة هذا الكتاب هو مساعدتك على فهم العالم الفيزيائي من حولك.

يعمل دارسو الفيزياء في مجالات ومهن عديدة؛ فالبعض منهم 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.

Mathematics in Physics الرياضيات في الفيزياء

تستخدم الفيزياء الرياضيات باعتبارها 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 بأية سرعة تسقط؟ وعلام تعتمد؟ يمكن التعبير عن سقوط القطع المعدنية بنماذج مختلفة يعطي كل منها إجابة مختلفة عن تغير السرعة في أثناء السقوط؟ وبحساب سرعة الجسم الساقط يمكنك مقارنة نتائج التجربة بما توقعته في النماذج السابقة، مما يتيح لك اختيار أفضلها، والشروع في تطوير نموذج رياضي جديد يستطيع التعبير عن الظاهرة الفيزيائية بشكل أفضل.

التجربة العملية
ما نوع القياسات التي يمكن إجراؤها لإيجاد سرعة مركبة؟



الشكل 1–1 ما مدى القيم المنطقية لسرعة سيارة؟

هل هذا منطقي؟ تستخدم أحيانًا وحدات غير مألوفة، 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؟ كلا الإجابتين غير منطقية.

معلومة للمعلم — الفيزياء في الحياة

أنظمة تحديد المواقع العالمية
Global Positioning Systems (GPS)

تسمح هذه الأنظمة للبحارة والمسافرين والسائقين بتحديد مواقعهم على الأرض بدقه تصل إلى بضعة أمتار. ذكّر الطلبة أن الإحداثيات ثلاثية الأبعاد. واسأل عما إذا كان لدى أحدهم جهاز GPS، واطلب إليه أن يوضح طريقة عمله لزملاء صفه.

النظام الدولي للوحدات SI Units

لتعميم النتائج بشكل مفهوم من قبل جميع الناس من المفيد استخدام وحدات قياس متفق عليها. ويعد **النظام الدولي للوحدات** النظامَ الأوسع انتشارًا في جميع أنحاء العالم، ويرمز له بـ (SI) وهي الأحرف الأولى للمصطلح الفرنسي Système international d'unités. ويتضمن هذا النظام سبع كميات أساسية موضحة في **الجدول 1–1**. وقد حددت وحدات هذه الكميات الأساسية باستخدام القياس المباشر، معتمدة على وحدات معيارية لكل من الطول، والزمن، والكتلة، كما هو موضح في **الشكل 2–1**. أما الوحدات الأخرى التي تسمى الوحدات المشتقة فيمكن اشتقاقها من وحدات الكميات الأساسية بطرائق مختلفة. فمثلًا تقاس الطاقة باستخدام وحدة جول Joule (J) حيث $1\ J = 1\ kg.m^2/s^2$، وتقاس الشحنة الكهربائية بوحدة كولومب Coulombs (C)، حيث $1C = 1\ A.s$.

جدول 1–1

الكميات الأساسية ووحدات قياسها ورموزها وأبعادها في النظام الدولي

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

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 عشرة مرفوعًا إلى قوة ملائمة. وهنالك مجموعة "بادئات" تُستَخدم في تحويل وحدات النظام الدولي باستخدام قوة مناسبة للعدد 10 كما هو موضح في **الجدول 2–1**.

الشكل 2-1 الوحدات المعيارية القديمة للكيلوجرام والمتر. وحاليًا يعرّف المتر بأنه المسافة التي يقطعها الضوء خلال $\frac{1}{299,792,458}$ ثانية، وتعرف الثانية بأنها 9,192,631,770 تذبذباً لتردد معين لإشعاع من ذرة السيزيوم. ويعتمد التعريف الجديد للكيلوجرام على ثابت بلانك وسرعة الضوء ووحدة الثانية. كما تم إعادة تعريف الأمبير، والكلفن، والمول، والكانديلا باستخدام القيم العددية الدقيقة لبعض الثوابت الفيزيائية.

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. 2م

تطوير المفهوم

أنظمة الوحدات اسأل الطلبة ما أهمية وجود إتفاق حول نظام الوحدات. هذا يجعل المقارنة بين المجموعات المختلفة أسهل، كما أنه يساعد على أخذ فكرة عن مقادير القياسات المختلفة، فمثلاً معظم الطلبة لديهم فكرة عن مقدار السرعة 25 كيلو مترًا في الساعة، أو 25 مترًا في الثانية ولكنهم لا يستطيعون تقدير السرعة 10 أميال في أسبوعين. 2م

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 عن الأولى الصفر، وعن الثانية الأرقام العربية واللوغاريتمات. إضافة إلى مساهمتهما 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 ساهم العالم المسلم البتاني في تطوير علم المثلثات.

11

تعزيز الفهم

معاملات التحويل والوحدات المكعّبة يعاني بعض الطلبة من مشاكل في التحويل عند التعامل مع الوحدات المكعبة. فعلى سبيل المثال، يعرف الطلبة أن 100 cm تساوي 1m، ومن ثم يستنتجون أن $100\ cm^3$ تساوي $1m^3$، وهذا خطأ، والصحيح هو أن $1m^3$ تساوي $1x10^6\ cm^3$، زوّد طلبة الصف بنموذج مكعب. هل يستطيع الطلبة إيجاد حجم المكعب بوحدة cm^3 و mm^3، وهل ابتكروا من حساباتهم معاملات للتحويل.

أنشطة لعبة البادئات اكتب البادئات التي تنوي استخدامها باستمرار في الصف على بطاقات، واعمل منها عدة مجموعات، قسم الطلبة إلى فرق وأعط كل فريق مجموعة من البطاقات. ودع كل طالب في الفريق يختار بطاقة بشكل عشوائي، ثم أجر مسابقة لمعرفة أي الفرق يصطف أسرع بحسب قيمة البادئة الموجودة على بطاقة كل طالب في الفريق. متفاعل 1

جدول 2–1

البادئات المستخدمة مع وحدات النظام الدولي

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

التحليل البُعدي Dimensional Analysis

تتميز الكميات الفيزيائية الواصفة لظاهرة معينة بـ البُعد، فبُعد مقدار ما يشرح الطبيعة الفيزيائية لهذا المقدار، ومن الضروري التحكم بالمفاهيم الفيزيائية وأبعادها، ويكون ذلك باستخدام **التحليل البعدي**، إذ يسمح لنا بإيجاد العلاقات التي تربط بين هذه المفاهيم، أي وضع العلاقات والقوانين وتدارك الأخطاء المرتكبة عند كتابتها من خلال دراسة تجانسها، ويتم كتابة معادلة الأبعاد للتعبير الرمزي عن العلاقات بين الكميات الفيزيائية المختلفة، فالبعد أو معادلة الأبعاد للكتلة m تكتب على الشكل [m].

والكميات الفيزيائية مشتقة في الأصل من سبع كميات أساسية، وسنعطي لكل منها رمزًا كبعد خاص لها، وباقي أبعاد الكميات الأخرى تعطى بدلالتها لاحظ **الجدول 1–1**.

وحتى تكون العلاقة الرياضية أو القانون ممكناً، يجب أن تتساوى أبعاد طرفي المعادلة، مع مراعاة أن القيم العددية الثابتة ليس لها أبعاد، وعدم ارتباط أبعاد الكميات الفيزيائية بمقاديرها، فمثلاً في معادلة المسافة $d=v\times t$ تكون أبعاد الطرف الأيسر:

$[d]=L$

وأبعاد الطرف الأيمن:

$[v]\times[t]=(L/T)\times T=L$

بما أن أبعاد طرفي المعادلة متساوية، فإن المعادلة قد تكون ممكنة.

نشاط مساعدة الطلبة ذوي صعوبات التعلم

الطريقة العلمية لدى الكثير من الطلبة فهم بوجود نظام بحث صارم مكون من خطوات متسلسلة يتّبعها جميع الباحثين العلميين دون استثناء.

أخبر الطلبة 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 الطلبة هنا هي أن العلم لايختلف عن باقي النشاطات الإنسانية المعرفية فيما يتعلق بحل الألغاز واستكشاف المجهول.

مثـال 1

استخدام المسافة والزمن لقياس السرعة قطعت سيارة مسافة 434 km خلال زمن مقداره 4.5 h، احسب متوسط سرعة السيارة.

1 تحليل المسألة

سرعة السيارة غير معلومة، الكميات المعلومة هي المسافة التي قطعتها السيارة والزمن اللازم لذلك، استخدم العلاقة التي تربط بين السرعة والمسافة والزمن لإيجاد سرعة السيارة.

المعلوم	المجهول
المسافة = 434 km	السرعة= ؟؟؟
الزمن= 4.5 h	

2 إيجاد الكمية المجهولة

اكتب العلاقة كمعادلة رياضية: $d = v \times t$

اكتب العلاقة لإيجاد السرعة: $v = \frac{d}{t}$

بالتعويض عن d=434 km ، t=4.5 h: $v = \frac{434\ \text{km}}{4.5\ \text{h}}$

احسب الناتج: $v = 96.4\ \text{km/h}$

3 تقويم الجواب

افحص جوابك عن طريق استخدام جوابك لمعرفة المسافة التي قطعتها السيارة

$d = v \times t = 96.4\ \text{km/h} \times 4.5\ \text{h} = 434\ \text{km}$

المسافة المقطوعة ووحدة قياسها توافق ما ذكر في نص المثال، وهذا يعني أن حساب السرعة كان صحيحًا.

مسائل تدريبية

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

1. إذا تحرك جسم من السكون بتسارع منتظم a فإن سرعته v تُعْطَى بعد زمن مقداره t بالعلاقة $v_f = at$. ما تسارع دراجة تتحرك من السكون فتصل سرعتها إلى 6 m/s خلال زمن قدره 4 s؟
2. يُحسب الضغط P المؤثر في سطح ما بقسمة مقدار القوة F على مساحة السطح A حيث $P = \frac{F}{A}$. فإذا أثر رجل وزنه 520 N يقف على الأرض بضغط مقداره $632500\ \text{N/m}^2$، فما مساحة نعلي الرجل؟

مثال صفي

سؤال: وُصلت بطارية سيارة فرق جهدها 12 V بمصباح الكوابح الذي مقاومته 3Ω. ما شدة التيار الذي يحمل الطاقة للمصباح.

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

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

مسائل تدريبية

1. $1.5\ \text{m/s}^2$
2. $0.016\ \text{m}^2$

المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

العلم والعلماء اكتشف التصورات السابقة التي يحملها طلبتك 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.

المناقشة

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

اسأل الطلبة: هل من الممكن أن يمشي السباح في البركة ورأسه مرفوعًا لأعلى؟ نعم. واسألهم أيضًا: هل يمكن أن يكون ارتفاع البركة في بعض الأماكن ٣م؟ نعم، واسألهم: هل اللافتة مفيدة أم لا؟

الجواب لا يعطي المتوسط بشكل مضبوط عمق أخفض نقطة أو أقلها عمقا. **م 2** منطقي-رياضي

3- التقويم

التحقق من الفهم

زود الطلبة بقائمة من الأرقام العلمية واطلب إليهم ترتيبها تصاعديًا. احرص على احتواء القائمة بعض الأرقام السالبة وبعض الأرقام التي تحتوي على أسس سالبة.

التوسع - تطبيقات العلم

أعرض على الطلبة مؤشر الليزر أخبرهم أن الليزر تطور بشكل كبير لأنه وسيلة لتوضيح خاصية الإنبعاث المحفز للمادة. ولليزر اليوم العديد من التطبيقات المفيدة كنتيجة للبحث والتطوير خلال سنوات عديدة. قسم الطلبة إلى مجموعات واطلب إليهم إعداد قائمة بتطبيقات الليزر اليوم. واطلب إليهم كذلك مقارنة قوائمهم والتحقق منها.

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

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

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

نستطيع اختيار معامل التحويل الذي يجعل الوحدات تشطب 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:

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

مثـال 2

معامل التحويل حوّل 1.8 h إلى وحدة الثواني (s).

1 تحليل المسألة

تحديد عدد الدقائق في 1 h

تحديد عدد الثواني في 1 min

المعلوم — المجهول

الزمن بوحدة h — الزمن بوحدة s

2 إيجاد معامل التحويل

معامل التحويل الأول $1 = \frac{1\ \text{h}}{60\ \text{min}}$ أو $1 = \frac{60\ \text{min}}{1\ \text{h}}$

معامل التحويل الثاني $1 = \frac{1\ \text{min}}{60\ \text{s}}$ أو $1 = \frac{60\ \text{s}}{1\ \text{min}}$

إيجاد عدد الثواني

نختار معامل التحويل الذي يجعل الوحدات تشطب بعضها مقابل بعض

$$1.8\ \text{h} = 1.8\ \text{h}\left(\frac{60\ \text{min}}{1\ \text{h}}\right)\left(\frac{60\ \text{s}}{1\ \text{min}}\right)$$

$$= 6480\ \text{s}$$

3 تقويم الجواب

هل جوابك منطقي؟ من المنطقي أن يكون عدد الثواني أكبر من عدد الساعات.

مسائل تدريبية

3. كم MHz في 750 kHz ؟

4. كم ثانية في السنة الكبيسة (السنة الكبيسة تساوي 366 يومًا)؟

5. حوّل السرعة 5.30 m/s إلى km/h.

1-1 مراجعة

6. **رياضيات** لماذا توصف المفاهيم في الفيزياء بوساطة المعادلات الرياضية؟

7. **مغناطيسية** تحسب القوة المؤثرة على شحنة تتحرك في مجال مغناطيسي من العلاقة $F = Bqv$

حيث:

F القوة المؤثرة بوحدة $kg.m/s^2$

q الشحنة بوحدة A.s

v السرعة بوحدة m/s

B شدة المجال المغناطيسي بوحدة T (tesla) .

ما وحدة **T** مُعبرًا عنها بالوحدات أعلاه؟

8. **مغناطيسية** أعد كتابة المعادلة: $F = Bqv$ للحصول على v بدلالة كل من F ، و q ، و B.

9. **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.

مسائل تدريبية

3. 0.75 MHz

4. 31622400 s

5. 19.08 km/h

1-1 مراجعة

6. المعادلة الرياضية مختصرة ونستطيع استخدامها لتوقع قيم بيانات جديدة.

7. $kg/A.s^2$

8. $v = F/Bq$

9. 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 محفز

آلية القياس أطلب إلى طالبين القيام بتمثيل دور أخذ قياسات، على أن يقوم أحدهما باختيار تقنية قياس جيدة بينما الآخر يرتكب أخطاء واضحة. أسأل طلبة الصف أي النتيجتين أكثر مصداقية؟ ولماذا؟ م2 حركي

الربط مع المعرفة السابقة

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

1-2 القياس Measurement

الفيزياء في حياتك

هناك العديد من الأدوات التي تستخدم في القياس؛ فالساعة تقيس الزمن، والمسطرة تقيس المسافة، ومقياس السرعة في المركبة يقيس سرعتها، ما الأدوات الأخرى التي تستخدمها في قياساتك؟

تساؤلات جوهرية:

- ما الفرق بين الدقة والضبط؟
- ما المصدر المشترك للأخطاء التي تنتج في القياس؟

المفردات:

- القياس
- دقة القياس
- الضبط
- اختلاف زاوية النظر.

عندما تزور الطبيب لإجراء الفحوصات الطبيّة فإنه يقوم بإجراء عدّة قياسات، منها درجة حرارة جسمك، وطولك، 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 تحول مشاهداتنا إلى مقادير كمية يمكن التعبير عنها بوساطة الأرقام ؛ فلا يقال إن ضغط الدم –عند شخص– جيدٌ إلى حد ما، بل يقال إن ضغط دمه $\frac{110}{60}$، وهو الحد الأدنى المقبول لضغط الدم في الإنسان.

القياس عبارة عن مقارنة كمية مجهولة بأخرى مرجعية (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 النابضي أو الميزان ذي الكفتين. وفي تجربة قياس التغير الواردة لاحقًا، يمثل التغير في طول النابض الكمية المجهولة بينما يمثل meter (m) الكمية المعيارية.

الدقة مقابل الضبط Precision Versus Accuracy

تمثل كل من الدقة والضبط خاصيتين من خصائص القيم المقيسة. ففي تجربة قياس التغير قام ثلاثة طلاب بإجراء التجربة أكثر من مرة، مستخدمين نوابض متشابهة، ولها الطول نفسه، حيث علق كل منهم حلقتين معدنيتين وكرر التجربة مسجلا عدة قياسات.

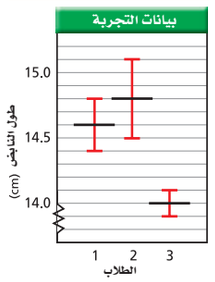
عندما أجرى الطالب الأول التجربة مرتان كانت قياسات طول النابض cm 14.8 ، cm 14.4، ومتوسط قياساته cm 14.6 (**انظر الشكل 3–1**).

كرر 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.

وتعتمد الدقة على كل من الأداة والطريقة المستخدمة في القياس. وعمومًا، كلما كانت الأداة ذات تدريجات بقيم أصغر كانت القياسات أكثر دقة، ودقة قياس الأداة تساوي نصف قيمة أصغر تدريج في الأداة.



الشكل 3–1 نتائج قياس طول النابض، حيث تمثل الأعمدة الحمراء هامش الخطأ. فهل تتطابق هذه القياسات؟

16

نشاط مشروع فيزياء

المعايير القديمة طوّرت جميع الحضارات معايير للقياس فمثلاً كان العرب قديمًا يستخدمون وحدة الذراع لقياس الطول، وهي المسافة من طرف المرفق إلى طرف الأصبع الوسطى وفي المتوسط تساوي 64 cm تقريبًا.

كلف الطلبة بكتابة 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. م2 لغوي

توجد إشارات في بعض الأحاديث النبوية عن وحدات للقياس مثل الشبر، والذراع، والـمُدّ، والصاع...إلخ، اكتب تقريرًا عن هذه الوحدات وعلاقتها بوحدات النظام الدولي.

تجربة

قياس التغير

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

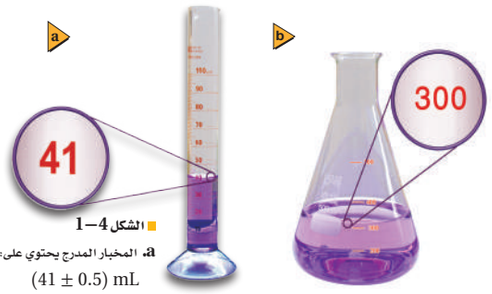
1. **قس** طول النابض الأصلي، وطوله عند تعليق: حلقة، ثم حلقتين، ثم ثلاث حلقات معدنية به.
2. **ارسم بيانيًّا** العلاقة بين طول النابض والكتلة المعلقة به.
3. **توقع** طول النابض عند تعليق أربع ثم خمس حلقات به.
4. **اختبر** توقعاتك.

التحليل والاستنتاج

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

فعلى سبيل المثال، يقسم المخبار المدرج في **الشكل a 1–4** إلى تدريجات يساوي كل منها 1 mL، وتستطيع من خلال هذه الأداة أن تقيس بدقة تصل إلى 0.5 mL، ومن جهة أخرى فإن أصغر تدريج في الدورق المبيّن في **الشكل b 1–4** هو 100 mL، ما دقة القياس لهذا الدورق؟

ما دقة قياساتك عندما أجريت تجربة النابض مع الحلقات المختلفة؟



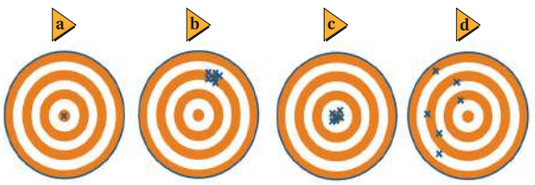
الشكل 1–4

a. المخبار المدرج يحتوي على: (41 ± 0.5) mL

b. الدورق يحتوي على: (300 ± 50)mL.

يصف **الضبط** اتفاق نتائج القياس مع القيمة المرجعية في القياس؛ أي القيمة المعتمدة من قبل خبراء مؤهلين، فإذا كانت القياسات متقاربة مع بعضها تكون الدقة عالية، وإذا كانت بعيدة عن القيمة المرجعية يكون الضبط قليلًا، ففي تجربة قياس التغير السابقة وعلى إفتراض أن طول النابض 14.9 cm وفقًا لقياس المعلم، فإن قياس الطالب الثاني سيكون الأكثر ضبطًا.

يمكن تمثيل الدقة والضبط باستخدام لعبة رمي السهام فعندما يكون السهم في المركز فهذا يشير إلى ضبط كبير لاحظ **الشكل 5a–1**، وعندما تكون الأسهم متقاربة وبعيدة عن المركز تكون الدقة عالية والضبط قليل لاحظ **الشكل 5b–1**، وإذا كانت الأسهم متقاربة وقريبة من المركز، تكون الدقة عالية وكذلك الضبط لاحظ **الشكل 5c–1**، أما إذا كانت الأسهم متباعدة وبعيدة عن المركز، فإن الدقة تكون قليلة وكذلك الضبط لاحظ **الشكل 5d–1**.



الشكل 5–1

a. السهم في المركز = ضبط عالي

b. الأسهم بعيدة عن المركز= ضبط قليل
الأسهم متقاربة من بعضها = دقة عالية

c. الأسهم في المركز = ضبط عالي
الأسهم متقاربة من بعضها = دقة عالية

d. الأسهم بعيدة عن المركز= ضبط قليل
الأسهم متباعدة عن بعضها = دقة قليلة

2- التدريس

استخدام الشكل 1-3

دع ثلاثة إلى ستة طلاب 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 مخططا للقياسات يتضمن هوامش الخطأ. كرر مع ثلاث مجموعات أخرى أو ثلاثة صفوف أخرى عمل مخطط شبيه بالرسم في **الشكل 3–1** 2ع حركي

تطوير المفهوم

الدقة مقابل الضبط اسأل الطلبة كيف يتم تعميم مفهومي الدقة والضبط على الشكل **5–1**.

ستختلف إجابات الطلبة، وجه الطلبة إلى المفهوم الصحيح من خلال المقارنة بين هذين المفهومين في كل شكل.

المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

أنظمة الوحدات والضبط يعتقد بعض الطلبة أن النظام المتري أكثر ضبطًا من النظام الإنجليزي لأنه معتمد للاستخدام من قبل الباحثين... وفي الحقيقة فإن النظامين متعادلان من ناحية الضبط، إلا أن النظام المتري أكثر سهولة في الاستخدام من الناحية العملية. 2م

استخدام الشكل 7-1

اطلب إلى الطلبة أن ينظرو إلى جسم معيّن موجود على بعد مسافة منهم مع إغلاق إحدى العينين، ويشيروا إلى الجسم بأصابعهم، ثم دعهم ينظروا إلى الجسم بالعين الأخرى مع إغلاق العين الأولى، 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. 2م حركي

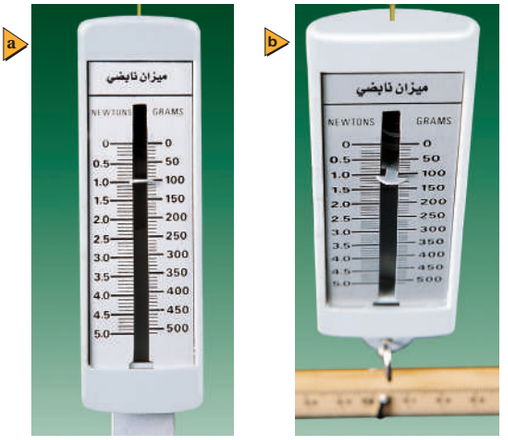
تطبيق الفيزياء

قدم عالم الفيزياء الامريكي كينيث نورتفت عام 1960م أقتراحًا الى 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 مرات. كما أُرسلت مجموعتان أخريان إحداهما روسية، الأخرى فرنسية في مركبات خاليه من البشر استخدمت كلها للغرض نفسه

والطريقة الشائعة لاختبار الضبط في الجهاز تسمى معايرة النقطتين، وتتم أولاً بمعايرة صفر التدريج للجهاز، ثم بمعايرة الجهاز بحيث يعطي قيمة مضبوطة عندما يقيس كمية ذات قيمة معتمدة، انظر **الشكل 6–1**. ومن المستحسن إجراء الضبط الدوري للأجهزة في المختبر مثل الموازين والجلفانومترات وغيرها من أدوات القياس.

تقنيات القياس الجيد للوصول إلى مستوى الضبط المطلوب والدقة التي يسمح بها الجهاز، يجب أن تستخدم الأجهزة بصورة صحيحة، حتى لا يتم الوقوع في الخطأ المنتظم (الناتج عن أداة القياس) أو الخطأ غير المنتظم(الناتج عن الشخص المنفذ لعملية القياس) ومن أكثر الأخطاء غير المنتظمة شيوعاً ما ينتج عن الزاوية التي تؤخذ القراءة من خلالها؛ حيث يجب أن تقرأ التدريجات بالنظر عمودياً وبعين واحدة، كما هو موضح في **الشكل 7a–1** . أما إذا قرئ التدريج بشكل مائل كما هو موضح في **الشكل 7b–1** فإننا نحصل على قيمة مختلفة وغير مضبوطة، وينتج هذا عند النظر إليه من زوايا مختلفة. ويسمى " **اختلاف زاوية النظر Parallax** " وهو التغير الظاهري في موقع الجسم عند النظر إليه من زوايا مختلفة.

الشكل 6–1 يختبر الضبط عن طريق قياس قيمة معلومة.



الشكل 7–1 عند النظر إلى التدريج بشكل عمودي كما في **a** تكون قراءتك أضبط مما لو نظرت بشكل مائل كما في **b**.

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 وضع على سطح القمر وترتد عائدة إلى الأرض، مما مكن العلماء من قياس متوسط المسافة بين القمر والأرض وهي 385000 km، بدقة تزيد عن واحد بالمليار.

وباستخدام تقنية الليزر هذه اكتشف العلماء أن القمر يبتعد عن الأرض سنويًا بمعدل 3.8 cm/yr تقريبًا.

نشاط — طرائق تدريس متنوعة

تقدير المسافات اطلب إلى الطلبة 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 إليهم تقدير سمك إصبع اليد، وأخبرهم أن سمك 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. 2م حركي

1-2 مراجعة

10. مغناطيسية بروتون شحنته 1.6×10^{-19} A.s يتحرك بسرعة 2.4×10^{5} m/s عموديًا على مجال مغناطيسي شدته 4.5 T، لحساب القوة المغناطيسية المؤثرة في البروتون:

a. عوض بالقيم في المعادلة $F = Bqv$، وتثبَّت من صحة المعادلة باستخدام التحليل البعدي.

b. احسب مقدار القوة المغناطيسية المؤثرة في البروتون.

11. الأدوات مسطرتان الأولى معدنية ساخنة مدرجة بالملّيمترات، والأخرى معدنية في درجة حرارة الغرفة ومدرجة بالسنتميترات، كيف تقارن بينهما من حيث الدقة والضبط؟

12. التفكير الناقد كتب زميلك في تقريره أن متوسط الزمن اللازم لحركة 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 بالنتيجة المدوّنة في التقرير؟ وضح إجابتك.

التجربة العملية:
كيف تؤثر أداة القياس في دقة وضبط القياس؟

3- التقويم

التحقق من الفهم

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

1-2 مراجعة

10. a. نعم صحيحة.

b. 1.7×10^{-13} kg.m/s^2

11. المسطرة الأولى اكثر دقة والمسطرة الثانية أكثر ضبطًا.

12. النتيجة المدونة في التقرير ليست موثوقة لأن دقة النتيجة لن تتجاوز أقل دقة للقياسات. متوسط زمن الدورة المحسوب يتجاوز دقة القياس المتوقعة من الساعة.

تقنية المستقبل

الخلفية النظرية

يوصف الحاسوب بأنه الجهاز الذي يؤدي جميع العمليات بالأرقام. لن نتطرق الى 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، الأصوات، النصوص، اضافة الى العمليات الرياضية والهندسية. يفترض النص فهما للنظام الثنائي للأرقام : فإذا تم تمثيل نوتة موسيقية بأرقام من (8–bit)، فانه بامكانك تأليف 256 (2^8) نغمة محتملة باستخدامه.

ان بناء الدوائر التكاميلة أكثر ارتباطا بالطباعة من ارتباطه بأي نظام اخر لترتيب الحروف. فكر مثلا في عملية اختزال صورة كبيرة الى حجم ميكروسكوبي من خلال النظر اليها بميكروسكوب عاكس. حيث يتم اسقاط هذه الصورة على رقاقة الكترونية (chip)، وتمر بعمليات معالجة لنقش الصورة على هذه الرقائق.

استراتيجيات التدريس

- التأكيد على أن البرامج– مثل البريد الالكتروني ،أنظمة التشغيل، مشغلات الصوت والصورة– تتكون أصلا من عمليات رياضية كبيرة ،مثل حلول مصفوفات كبيرة وأنظمة لمعادلات تفاضلية.
- بعض الطلبة قد لا يكون لديه 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 الالكترونيات اجعل الطلبة يختبروا القدرات الحاسوبية لبعض الألعاب الالكترونية الشائعة. ان أكبر وأسرع الحواسيب المستخدمه في أغلب البيوت هي ألعاب الفيديو.

شرية

تقنية المستقبل

تاريخ تطور الحاسوب

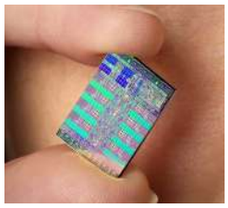
Computer History and Growth

عندما تستخدم برامج الحاسوب أو تبعث برسائل إلكترونية فإن كل بكسل (pixel) منها يتطلب من الحاسوب حل عدة مئات من المعادلات الرياضية بسرعة هائلة، والتي لا تستغرق إلا أجزاء من المليار من الثانية.

الجيل الأول من الحواسيب كان بمقدرة الحواسيب الأولى حل المعادلات المعقدة، لكنها كانت تستغرق وقتًا طويلا؛ حيث كان علماء الحاسوب آنذاك يواجهون تحديات حقيقية في تحويل الصور إلى صيغ يستطيع الحاسوب معالجتها.

لقد كان حجوم الحواسيب ضخمة جدًّا، فهي تحوي الكثير من الأسلاك والترانزستورات كما هو موضح بالصورة أعلاه. إن سرعة مرور التيار الكهربائي خلال هذه الأسلاك لا يتجاوز $\frac{2}{3}$ سرعة الضوء، ونظرًا لطول الأسلاك المستخدمة فإنه يلزم التيار الكهربائي فترة زمنية طويلة ليمر خلالها.

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



ولعله من الطريف أن تعلم أن سعة ذاكرة الحاسوب الذي كان على متن سفينة أبوللو الفضائية والتي هبطت على سطح القمر كانت لا تتجاوز 64 kb.

في عام 1960م قام مجموعة من العلماء باختراع الدوائر التكاملية التي ساهمت في تقليل حجم الدوائر الحاسوبية وتكلفتها كثيرًا، وصغر حجم الحاسوب مع زيادة سعته. واليوم تصنع ترانزستورات الرقاقات الإلكترونية بأحجام صغيرة جدًّا، كما تقلص حجم الحاسوب وقل سعره، حتى أن الهاتف المتحرك يحتوي على تقنيات حاسوبية أكبر كثيرًا من الكمبيوترات المركزية العملاقة التي كانت تستخدم خلال عام 1970م.

1–1 الرياضيات والفيزياء Mathematics and Physics	
المفردات	**الفكرة الرئيسة: تستخدم الرياضيات للتعبير عن المفاهيم في الفيزياء.**
• الفيزياء	• علم دراسة المادة والطاقة والعلاقة بينهما.
• النظام الدوليّ للوحدات	• يستخدم العلماء النظام الدولي للوحدات لمشاركة الآخرين نتائج تجاربهم.
• التحليل البُعدي	• يستخدم التحليل البُعدي للتحقق من أن وحدات الإجابة صحيحة.
• معامل التحويل	• يختار معامل التحويل بحيث يجعل الوحدات تشطب بعضها البعض.

1–2 القياس Measurement	
المفردات	**الفكرة الرئيسة: تكرار التجارب ومقارنة النتائج يسمح للعلماء بأخذ قياسات دقيقة ومضبوطة.**
• القياس	• عبارة عن مقارنة كمية مجهولة بأخرى معيارية.
• دقة القياس	• درجة الإتقان في القياس.
• الضبط	• يصف الضبط كيف تتفق نتائج القياس مع القيمة المرجعيّة (المعيارية) في القياس.
• اختلاف زاوية النظر	• التغير الظاهري في موقع الجسم عند النظر إليه من زوايا مختلفة.

الأفكار الرئيسة

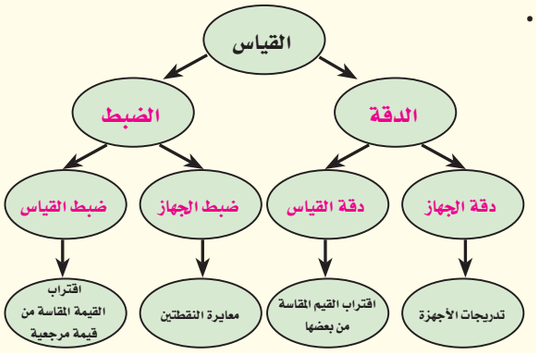
يمكن للطلبة استخدام ملخص الأفكار الرئيسة لمراجعة المعلومات التي وردت في الفصل وتثبيتها في أذهانهم.

الفيزياء عبر المواقع الإلكترونية
قم بزيارة الموقع الإلكتروني التالي:
www. obeikaneducation.com

التقويم

خريطة المفاهيم

13.



إتقان المفاهيم

14. 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.

15. هو نظام دولي للقياس يحوي سبع كميات أساسية للقياس المباشر معتمدًا على وحدات معيارية لكل منها.

16.a cm

b. mm

c. km

17.a [m]+[s]

b. [m]-[s]

c. [m].[s]

d. $\frac{[s]}{[m]}$

حيث أن $v = \frac{d}{t}$

$v = \frac{[s]}{[m]}$

فلا يوجد أي من العلاقات السابقة تصف السرعة.

تطبيق المفاهيم

18.a kg/m^3

b. مشتقة

19.a الطالب الأول

b. الطالب الثاني

20. أ. راما

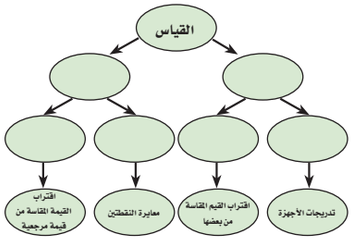
ب. سارا

ج. رهف

خريطة المفاهيم

13. أكمل خريطة المفاهيم الآتية باستخدام المصطلحات التالية:

الدقة – الضبط – دقة الجهاز – دقة القياس – ضبط الجهاز – ضبط القياس



إتقان المفاهيم

14. ما أهمية الرياضيات في علم الفيزياء؟

15. ما النظام الدولي للوحدات؟

16. ماذا يطلق على قيم المتر التالية:

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

17. اختبر المعادلات التالية واشرح سبب عدم امتلاك كل منها للخصائص اللازمة لوصف مفهوم السرعة:

a. $\Delta x + \Delta t$

b. $\Delta x - \Delta t$

c. $\Delta x \times \Delta t$

d. $\frac{\Delta t}{\Delta x}$

تطبيق المفاهيم

18. **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؟

19. 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: 2.99792458×10^8 m/s

20. قاست ثلاث طالبات كل منهما على حدة كثافة قطعة من الرصاص ثلاث مرات، وكانت نتائجهن على النحو الآتي:

1 – سارا: $11.32\ g/cm^3$، $11.35\ g/cm^3$، $11.33\ g/cm^3$

2 – راما: $11.42\ g/cm^3$، $11.44\ g/cm^3$، $11.43\ g/cm^3$

3 – رهف: $11.04\ g/cm^3$، $11.34\ g/cm^3$، $11.55\ g/cm^3$

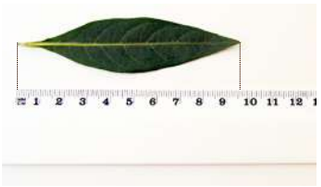
إذا علمت أن كثافة الرصاص المرجعية(المعيارية) $11.34\ g/cm^3$، أجب عما يلي:

أ– أي القياسات كانت الأكثر دقة؟

ب– أي القياسات كانت الأكثر ضبطًا؟

ج– أي القياسات ليست مضبوطة وغير دقيقة؟

21. مـا طول ورقة الشـجر المبينة في **الشـكل 8–1**، ضمِّن إجابتك خطأ القياس؟



الشكل 8–1

إتقان حل المسائل

1-1 الرياضيات والفيزياء

22. يُعبَّر عن مقدار قوة جذب الأرض للجسـم بالعلاقة $F = mg$ ، حيث تمثل m كتلة الجسـم 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 كـانـت القـــوة المـؤثـــرة فـي جسـم هـي 632 kg .m /s²، فما كتلة هذا الجسم؟

23. يـقـاس الضـغـط بـوحـدة الباسـكـال Pa حيث $1\ Pa = 1\ kg/m.s^2$، هـل التعبير التالي يمثل قياسًا للضغط بوحدات صحيحة؟

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

24. ما معامل التحويل اللازم لتحويل كلٍ مما يلي:

a. dm إلى mm

b. min إلى وحدة s

c. km /h إلى وحدة m /s

1-2 القياس

25. 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

26. مـا دقـة القياس التي تسـتطيع الحصـول عليها من الميزان الموضح في **الشكل 9–1**؟

الشكل 9–1

27. اقـرأ القيـاس الموضح في **الشـكل 10–1**، وضمِّن خطأ القياس في الإجابة.

الشكل 10–1

التقويم

إتقان حل المسائل

1-1 الرياضيات والفيزياء

21. $(9.5cm \pm 0.05)cm$

أو $(95mm \pm 0.5)mm$

22. **a.** 408 N

b. 64.5 kg

23. لا

1-2 القياس

24. **a.** $1 = \frac{100mm}{1dm}$

b. $1 = \frac{60s}{1min}$

c. $1 = \frac{10m}{36s}$

25. **a.** 0.423 m

b. $6.2 \times 10^{-12}m$

c. $2.1 \times 10^{4}m$

d. $2.3 \times 10^{-5}m$

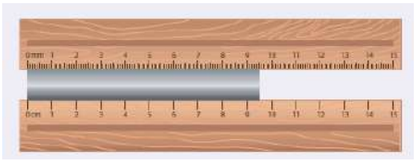
e. $2.14 \times 10^{-4}m$

f. $5.7 \times 10^{-8}m$

26. ± 0.05 g

27. (3.6 ± 0.1) A

28. إقرأ القياس الموضح في الشكل 11–1، وضمن خطأ القياس في إجابتك لكل مقياس.



الشكل 11– 1

مراجعة عامة

29. 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

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

الكتابة في الفيزياء

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

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

التقويم

مراجعة عامة

28. $(95 \pm 0.5)\text{mm}$

$(9.5 \pm 0.5)\text{cm}$

29. $1.7 \times 10^{15}\text{s}$

التفكير الناقد

30. ستختلف الإجابات. زاوية القذف، كتلة الكرة، موضع القدم، التدريب، الأحوال الجوية.

الكتابة في الفيزياء

31. ستختلف الإجابات.

32. كمثال، يمكن أن يقترح الطلبة أن تحسين دقة قياس الزمن ستؤدي إلى أن تكون الملاحظات أفضل.

أسئلة اختيار من متعدد

1. استخدم عالمًا مختبر تقنية التأريخ بالكربون المشع، لتحديد عمر رمحين خشبيين اكتشفاهما في الكهف نفسه. وجد العالم A أن عمر الرمح الأول هو 40 years ± 2250، ووجد العالم B أن عمر الرمح الثاني هو 50 years ± 2215 أي الخيارات التالية صحيح؟

Ⓐ قياس العالم A أكثر ضبطًا من قياس العالم B

Ⓑ قياس العالم A أقل ضبطًا من قياس العالم B

Ⓒ قياس العالم A أكثر دقة من قياس العالم B

Ⓓ قياس العالم A أقل دقة من قياس العالم B

2. أي القيم أدناه تساوي 86.2 cm؟

Ⓐ 8.62 m Ⓒ 8.62×10^{-4} km

Ⓑ 0.862 mm Ⓓ 862 dm

3. إذا أعطيت المسافة بوحدة km والسرعة بوحدة m/s أي العمليات أدناه تعبر عن ايجاد الزمن بالثواني (s)؟

Ⓐ ضرب المسافة في السرعة، ثم ضرب الناتج في 1000

Ⓑ قسمة المسافة على السرعة، ثم ضرب الناتج في 1000

Ⓒ قسمة المسافة على السرعة، ثم قسمة الناتج على 1000

Ⓓ ضرب المسافة في السرعة، ثم قسمة الناتج على 1000

4. أي الصيغ الآتية مكافئة للعلاقة $d = \frac{m}{V}$؟

Ⓐ $V = \frac{m}{d}$ Ⓒ $V = \frac{md}{V}$

Ⓑ $V = dm$ Ⓓ $V = \frac{d}{m}$

الأسئلة الممتدة

5. تُريد حساب التسارع بوحدة m/s^2، فإذا كانت القوة مقيسة بوحدة N، والكتلة بوحدة g، حيث $1\ N = 1\ kg.m/s^2$، اجب عما يلي:

a. أعد 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، ما المعادلة التي تستخدمها في حساب التسارع، مضمنًا معامل التحويل؟

✓ إرشاد

حاول أن تتخطى

قد ترغب في تخطي المسائل الصعبة وتعود إليها لاحقًا، إن إجابتك عن الأسئلة السهلة، قد تساعدك على الإجابة عن الأسئلة التي تخطيتها، كما تضمن لك الحصول على المزيد من الدرجات في نتيجتك النهائية.

سلم تقدير

يمثل الجدول التالي نموذجًا لسلم تقدير لإجابات الأسئلة الممتدة.

العلامات	الوصف
4	يُظهر الطالب فهمًا شاملاً لموضوع الفيزياء الذي يُدرّس. يمكن أن تتضمن الاستجابة أخطاءً ثانوية لا تعيق إظهار الفهم الكامل.
3	يظهر الطالب فهمًا للمواضيع الفيزيائية التي درسها، الاستجابة صحيحة وتظهر فهمًا أساسيًّا، ولكن دون الفهم الكامل للفيزياء.
2	يُظهر الطالب فهمًا جزئيًّا فقط للمواضيع الفيزيائية، وربما استخدم الطريقة الصحيحة للوصول إلى الحل، أو قدّم حلاً صحيحًا، لكن العمل يعوزه استيعاب المفاهيم الفيزيائية الرئيسة.
1	يظهر الطالب فهمًا محدودًا جدًّا للمواضيع الفيزيائية، والاستجابة غير تامة (ناقصة)، وتظهر أخطاء كثيرة.
0	يقدم الطالب حلاً غير صحيح تمامًا، أو لا يستجيب على الإطلاق.

أسئلة الاختيار من متعدد

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

5. a. $a = F/m$

b. $1\ kg/1000\ g$

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

$= 7.7\ m/s^2$

مخطط الفصل

التساؤلات الجوهرية	المواد والأدوات
افتتاحية الفصل	
2–1 1. كيف تمثل حركة الأجسام بمخططات الحركة؟ 2. كيف يُستخدم نموذج الجسيم النقطي لتمثيل حركة الأجسام؟	**تجارب الطالب** تجربة استهلالية سيارتان لعبة تعملان بإنضغاط النابض، ساعة وقف، مسطرة مترية. **عرض المعلم** عرض سريع كاميرا فيديو، مسجل فيديو (VCR) يتحكم في عرض اللقطات، تلفاز، شفافيات بلاستيكية، قلم شفافيات، جهاز عرض الشفافيات.
2–2 3. ما أنظمة الإحداثيات؟ 4. كيف يؤثر اختيار أنظمة الإحداثيات في إشارة موقع الجسم؟ 5. كيف تقاس الفترة الزمنية؟ 6. ما الإزاحة؟ 7. كيف تساعد مخططات الحركة في الإجابة عن الأسئلة المتعلقة بموقع الجسم أو إزاحته؟	**تجارب الطالب** تجربة إضافية بعض قطع صغيرة من الصلصال، مسطرة، ألعاب تركيبية.
2–3 8. ما المعلومات التي يقدمها منحنى (الموقع – الزمن)؟ 9. كيف يستخدم منحنى (الموقع – الزمن) لتفسير إزاحة الجسم أو موقعه؟ 10. ما الغرض من استخدام التمثيلات المتكافئة للحركة؟	
2–4 11. ما السرعة المتجهة؟ 12. ما الفرق بين السرعة المتجهة والسرعة المنتظمة؟ 13. كيف يمكن تحديد السرعة المتجهة لجسم من منحنى (الموقع – الزمن)؟	**تجارب الطالب** تجربة خيط طوله 1 m، كتلة لها خطاف 100 g أو 200 g. **عرض المعلم** عرض سريع سيارتان لعبة لهما سرعة منتظمة، مساطر مترية، ساعة وقف.

طرائق تدريس متنوعة

م ١ أنشطة مناسبة للطلبة ذوي صعوبات التعلّم.	م ٢ أنشطة مناسبة للطلبة ذوي المستوى المتوسط.	م ٣ أنشطة مناسبة للطلبة المتفوقين (فوق المتوسط).

الفصل الثاني

الفصل 2

تمثيل الحركة

نظرة عامة على الفصل

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

فكّر

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

المفردات الرئيسة

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

الفصل 2

تمثيل الحركة
Representing Motion

يتوقع بعد الإنتهاء من دراسة هذا الفصل أن أكون قادرًا على:

- توضيح المفاهيم والمصطلحات (مخطط الحركة، نموذج الجسيم النقطي، النظام الإحداثي، نقطة الأصل، الموقع، المسافة، الكميات المتجهة، الكميات العددية، المحصلة، الفترة الزمنية، الإزاحة، منحنى (الموقع–الزمن)، الموقع اللحظي، السرعة المتجهة المتوسطة، السرعة المتوسطة، السرعة المتجهة اللحظية) المتعلقة بتمثيل الحركة وارتباطها ببعضها.
- تمثيل حركة الأجسام في بعد واحد باستخدام التمثيلات المتكافئة ووصفها.
- قراءة الرسوم البيانية المتعلقة بحركة الأجسام في بعد واحد وتحليلها.
- تطبيق علاقات رياضية وبيانية لحل مسائل تتعلق بتمثيل حركة الأجسام في بعد واحد.
- استخدام الأدوات والأجهزة المتعلقة بالحركة في بعد واحد لإجراء التجارب وتمثيل البيانات وتحليلها لاستخلاص النتائج.
- إدراك أهمية الحركة وتطبيقاتها في بعد واحد في الحياة اليومية.

الفكرة العامة

يمكن استخدام الإزاحة والسرعة المتجهة لوصف حركة الأجسام.

2-1 تصوير الحركة

الفكرة الرئيسة يمكن استخدام مخططات الحركة لتوضيح كيفية تغير موقع الاجسام مع مرور الزمن.

2-2 الموقع والزمن

الفكرة الرئيسة تساعد أنظمة الإحداثيات في وصف الحركة.

2-3 منحنى (الموقع- الزمن)

الفكرة الرئيسة يمكن استخدام منحنى (الموقع- الزمن) لتحديد موقع جسم عند زمن معين.

2-4 السرعة المتجهة

الفكرة الرئيسة السرعة المتجهة للجسم هي التغير في موقعه بالنسبة للزمن الذي حدث فيه التغير.

فكّر

كيف يمكنك تمثيل حركة سيارتين؟

الفيزياء عبر المواقع الإلكترونية
www.obeikaneducation.com

تجربة استهلالية

الهدف تستنتج أن المسافة والزمن يحددان السرعة المتوسطة لجسم.

المواد والأدوات سيارتان لعبة تعملان بانضغاط النابض، ساعة وقف، مسطرة مترية.

استراتيجيات التدريس

- تأكد أن جميع الطلبة يقيسون كمية فيزيائية واحدة عند أخذ القراءات (البيانات)، وهي إما مسافة أو زمن.
- عند انتهاء التجربة أجر مناقشة حول الكمية الفيزيائية التي تم قياسها. مثال: أي من 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.

2-1 تصوير الحركة

1. التركيز

نشاط محفّز

تصنيف الحركة اعرض على الطلبة تشكيلة من الألعاب والأجسام التي تظهر أنواعًا مختلفة للحركة، 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 الطلبة تصنيف الألعاب في مجموعات حسب طريقة حركتها. 1 حركي

الربط مع المعرفة السابقة

الوحدات هناك العديد من أنواع الحركة التي ألفها الطلبة من خلال خبراتهم الحياتية ودراستهم في صفوف سابقة. تهدف فقرة (النشاط المحفّز) والأنشطة الأخرى التي تهتم بحركة الأشياء إلى مساعدة الطلبة بحيث يصبحون قادرين على وصف الحركة بأنفسهم.

يمكنك أن تسألهم: كيف تعرفون أن شيئًا ما يتحرك؟ أو ما الدليل الذي يلزم للإقناع بأن شيئًا ما في حالة حركة؟ 2 لغوي

الفيزياء في حياتك

يمكن للفيزيائيين توظيف اللقطات المتتابعة لحركة جسم في حساب التغيرات الحادثة في الموقع والسرعة.

تساؤلات جوهرية:

- كيف تُمثل حركة الأجسام بمخططات الحركة؟
- كيف يُستخدم نموذج الجسيم النقطي لتمثيل حركة الأجسام؟

المفردات:

- مخطط الحركة التصويري
- نموذج الجسيم النقطي

إن البحث في حركة الأجسام من الموضوعات المهمة التي شغلت أذهان العلماء منذ أقدم العصور، حيث تشكل الحركة عنصرًا مهمًا في حياة الإنسان وبيئته، وستقوم في هذا الفصل بدراسة أنماط الحركة باستخدام الرسوم ومخططات الحركة والرسوم البيانية، وكذلك المعادلات الرياضية. إن هذه المفاهيم تساعدك في تحديد سرعة الجسم، وإلى أي بُعد سيتحرك؟ وما إذا كان الجسم يتسارع أو يتباطأ، أو كان ساكنًا أو متحركًا بسرعة منتظمة. إن إدراك الحركة أمر غريزي؛ فعيناك تنتبهان غريزيًّا للأجسام المتحركة أكثر مما تنتبه للأجسام الساكنة؛ فالحركة موجودة في كل مكان حولنا، بدءًا من القوارب السريعة إلى النسمات الخفيفة والغيوم البطيئة. علمًا بأن مفهومي الحركة والسكون هما مفهومان نسبيان وليس هناك سكون مطلق أو حركة مطلقة.

تجربة استهلالية

أي السيارتين أسرع؟

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

الخطوات

1. أحضر سيارتي لعبة تعملان بانضغاط النابض، وضعهما على طاولة المختبر، أو على أي سطح آخر يقترحه المعلم.
2. حدد خطًا لبداية السباق.
3. قم بتعبئة نابضي السيارتين، ثم أطلقهما من خط البداية في اللحظة نفسها.
4. لاحظ حركة السيارتين عن قرب لتحدد أيهما أسرع.
5. كرر الخطوات السابقة، لدعم استنتاجك في تحديد السيارة الأسرع.

التحليل

ما البيانات التي جمعتها لتثبت أيّ السيارتين كانت أسرع؟ ما البيانات الأخرى التي يمكن أن تجمعها لإثبات الفكرة السابقة؟

التفكير الناقد اكتب تعريفًا إجرائيًّا (عمليًّا) للسرعة المتوسطة.

التحليل يجب أن يحصل الطلبة على بيانات المسافة أو الزمن، فالسرعة المتوسطة لجسم تساوي ناتج قسمة المسافة المقطوعة على الزمن المستغرق في قطعها. وتكون للجسم سرعة أكبر إذا احتاج إلى زمن أقل لقطع المسافة نفسها، أو أنه 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 عشر دقائق

المواد والأدوات كاميرا فيديو، مسجل فيديو (VCR) يتحكم في عرض اللقطات، تلفاز، شفافيات، قلم شفافيات، جهاز 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 الطلبة، 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 (ثلاث إلى ست لقطات تكون مناسبة، وهذا يعتمد على سرعة الحركة)، وعين موقع الجسم على الشفافية نفسها مرة أخرى، ثم كرر الخطوات حتى تنهي جميع حركات الجسم. يمكنك أن تعرض مخطط الحركة بسهولة بوضع الشفافية على جهاز عرض الشفافيات. كما يمكنك استخدام المؤقت لعمل مخطط الحركة في حالة عدم توافر كاميرا فيديو: اربط الجسم بشريط مؤقت، ثم دع الجسم يتحرك، واستخدم النقاط التي عملها المؤقت كمخطط للحركة.

الشكل 1–2 يغير راكب الدراجة الهوائية موقعه في أثناء حركته. وفي هذه الصورة كانت آلة التصوير مركزة على الراكب، لذا فالخلفية غير الواضحة 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 الدوارة في متنزه 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**، ويمكن أن يحدث هذا التغير وفق مسار في خط مستقيم وتسمى الحركة في خط مستقيم، أو دائرة وتسمى الحركة الدائرية، أو على شكل اهتزاز (تأرجح) وتسمى الحركة الاهتزازية.

بعض أنواع الحركة التي تم ذكرها سابقًا تبدو أكثر تعقيدًا من غيرها. وعند البدء في دراسة مجال جديد فيُحَسن أن نبدأ بالأمور التي تبدو أقل تعقيدًا. لذا سنبدأ هذا الفصل بدراسة الحركة في خط مستقيم.

ولوصف حركة أي جسم يجب معرفة أين ومتى شغل الجسم مكانًا ما؟ فوصف الحركة يرتبط بالمكان والزمان.

مخططات الحركة Motion Diagrams

مخطط الحركة التصويري يمكن تمثيل حركة عداء بالتقاط سلسلة من الصور المتتابعة التي تظهر مواقع العداء في فترات زمنية متساوية، يظهر **الشكل 2–2** كيف تبدو الصور المتتابعة لعداء. لاحظ أن العداء يظهر 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 لما حوله.

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

الشكل 2–2 إذا ربطت موقع العداء مع الخلفية في كل صورة في فترات زمنية متساوية، ستستنتج أنه في حالة حركة.

تطوير المفهوم

مخطط الحركة من المفيد للطلبة أن يفكروا في مخططات الحركة باعتبارها صورًا متلاحقة (ستروبية). يجب أن يشتمل العرض على المصباح الومضي (الاستروبوسكوب) وعربة ذات سرعة منتظمة. وينبغي التركيز هنا على الفترات الزمنية المتساوية التي تفصل بين ومضات المصباح والصور المتقطعة التي تظهر خلال الومضات.

نموذج الجسيم النقطي 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. 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 بنجاح فإن حجم الجسم يجب أن يكون 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 مخطط الحركة التصويري للعدّاء. كما أن اختزال حركة العدّاء إلى نقاط مفردة متتابعة ينتج لنا نموذجًا جسيميًا نقطيًا لحركته.

2-1 مراجعة

1. **مخطط الحركة لدرّاج** ارسم نموذج الجسيم النقطي لراكب دراجة هوائية يتحرك بسرعة منتظمة.
2. **مخطط الحركة لطائر** ارسم نموذج الجسيم النقطي لطائر في أثناء طيرانه كما في **الشكل 4–2**، ما النقطة التي اخترتها على جسم الطائر لتمثله؟

الشكل 4–2

3. **مخطط الحركة لسيارة** ارسم نموذج الجسيم النقطي لسيارة ستتوقف عند إشارة مرورية، كما في **الشكل 5–2**. حدد النقطة التي اخترتها على جسم السيارة لتمثيلها.

الشكل 5–2

4. **التفكير الناقد** ارسم نموذج الجسيم النقطي لعدّاءين في سباق في الحالة التي يصل فيها الأول خط النهاية ويكون الآخر قد قطع ثلاثة أرباع مسافة السباق فقط.

استخدام الشكل 3-2

من المفيد عمل مراجعة لطلبتك عن مخططات الحركة باستخدام نموذج الجسيم النقطي للتحقق من فهمهم لمميزاته. لذا، ذكّرهم بأن الفترات الزمنية بين كل نقطتين متجاورتين متساوية دائمًا، وبذلك حيث تعطي مخططات الحركة صورة سريعة عن حركة جسم دون الاستعانة بالمعادلات الرياضية. 2م

تعزيز الفهم

نموذج الجسيم النقطي اطلب إلى الطلبة أن يشرحوا النموذج الجسيمي النقطي، وأن يعطوا مثالاً على حالة لا يمكن تطبيق هذا النموذج عليها. وضح لهم أن النموذج المبسط لن يكون مفيدًا في تمثيل حركات الأجسام ذات الأشكال غير المنتظمة، خلال مسافات قصيرة، وخصوصًا عندما يكون الهدف المقارنة بين هذه الحركات. ولعل أوضح مثال على ذلك حصان السباق الذي يفوز لحظة بلوغ أنفه خط النهاية. بإمكان الطلبة القيام بهذا النشاط على الورق، أو بالتحدث والحوار ضمن مجموعات صغيرة قبل تبادل الأفكار مع الصف. تمثل النقاط في النموذج الجسيمي النقطي مواقع الجسم في أزمنة مختلفة. 1م متفاعل

التفكير الناقد

مخططات الحركة اسأل الطلبة كيف سيبدو الشكل 3–2 إذا تحرك العدّاء بشكل أسرع. ستكون المسافات بين صور العدّاء أكبر، وكذلك المسافات بين النقاط. 2م

3. التقويم

التحقق من الفهم

مخطط الحركة اعرض على الطلبة مخططًا للحركة يحوي سبع نقاط ويمثل جسمًا متحركًا بسرعة منتظمة، وأخبر الطلبة أن الفترة الزمنية تمثل 12 s، ثم اسألهم عن الزمن الذي يستغرقه الجسم المتحرك لقطع المسافة بين نقطتين متجاورتين. 2 s. 1م

إعادة التدريس

مخطط الحركة اطلب إلى الطلبة أن يتخيلوا أنهم 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

الفيزياء في حياتك

هل استخدمت الخرائط الموجودة في جوالك للوصول لوجهة معينة؟ تظهر هذه الخرائط المسافة والاتجاه والزمن للوصول لموقع معين، إنك تحتاج إلى اتجاهات واضحة للوصول إلى وجهتك.

تساؤلات جوهرية:

- ما أنظمة الإحداثيات؟
- كيف يؤثر اختيار أنظمة الإحداثيات في إشارة موقع الجسم؟
- كيف تقاس الفترة الزمنية؟
- ما الإزاحة؟
- كيف تساعد مخططات الحركة في الإجابة عن الأسئلة المتعلقة بموقع الجسم أو إزاحته؟

المفردات:

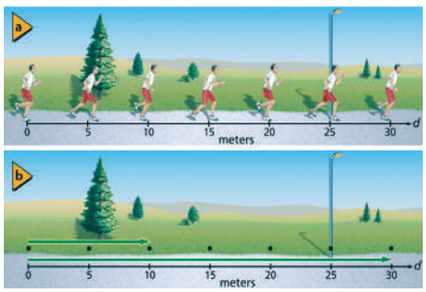
- النظام الاحداثي
- نقطة الأصل
- الموقع
- المسافة
- الكميات المتجهة
- الكميات العددية
- المحصلة
- الفترة الزمنية
- الإزاحة

هل من الممكن أخذ قياسات المسافة والزمن من مخططات الحركة كمخطط حركة العدّاء؟ قبل التقاط الصور يمكنك وضع شريط قياس متري على الأرض على طول مسار العدّاء، ليرشدك إلى مكان العدّاء في كل صورة، ووضع ساعة وقف ضمن المنظر الذي تصوره الكاميرا ليعيّن لك الزمن. لكن أين يجب أن تضع بداية شريط القياس؟ ومتى يجب أن تبدأ تشغيل ساعة الوقف؟

أنظمة الإحداثيات Coordinate Systems

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

يمكنك أن تعيِّن بُعد العدّاء عن نقطة الأصل عند لحظة معينة على مخطط الحركة، وذلك برسم سهم من نقطة الأصل إلى النقطة التي تمثل موقع العدّاء في هذه اللحظة، كما هو مبين في **الشكل b 6–2**. وهذا السهم يمثل **موقع** العدّاء، حيث يدل طول السهم على بعد الجسم عن نقطة الأصل، وهو يتجه دوما من نقطة الأصل إلى موقع الجسم المتحرك.



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

2-2 الموقع والزمن

التركيز

نشاط محفّز

أين اسأل الطلبة كيف يحددون مكان جسم ما، ثم اسألهم عن موقع مكان محدد، الكافتيريا مثلاً. لكي يصف الطلبة موقع الكافتيريا بدقة عليهم أن يحددوا نقطة مرجعية، وهذه نقطة انطلاق مفيدة يمكن أن نبدأ منها الحديث حول أنظمة الإحداثيات ونقاط الأصل 1 بصريّ - مكاني

الربط مع المعرفة السابقة

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

التدريس

المناقشة

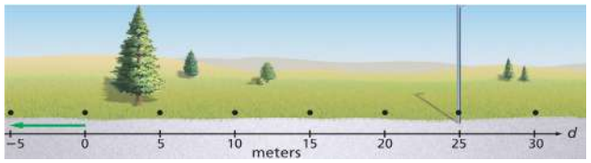
سؤال اعرض أمام الطلبة مخططًا توضيحيًّا لجسم يتحرك بسرعة منتظمة باستخدام نموذج الجسيم النقطي، دون تعيين نقطة البداية أو النهاية، واسألهم: ما المعلومات الضرورية التي لم يتم تمثيلها في المخطط؟

الجواب اتجاه حركة الجسم غير واضح، وكذلك نقطة بداية الحركة، ونقطة النهاية، والزمن المستغرق بين النقاط، أو المسافة بينها. 2 بصريّ - مكاني

تطوير المفهوم

أنظمة الإحداثيات ما أهمية أنظمة الإحداثيات؟ اسأل الطلبة أن يوضحوا كيف يمكن لشخص من خارج مناطق سكنهم أن يجد منازلهم؟ وعند انتهاء الطلبة اسألهم أين اختار كل منهم نقطة مرجعية لتحديد منزله، وهل تشابهت نقاطهم المرجعية؟ 1

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



المختبر الافتراضي:
توضيح مفهوم الموقع – الزمن.

الشكل 7–2 السهم المرسوم على مخطط الحركة يشير إلى موقع سالب.

الكميات الفيزيائية المتجهة والكميات الفيزيائية العددية

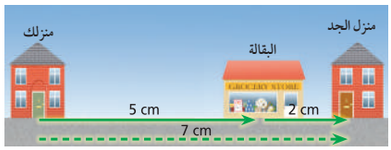
الكميات الفيزيائية التي يتطلب تعيينها تحديد مقدارها واتجاهها وفقًا لنقطة الإسناد، مثل الإزاحة والقوة تسمى **كميات متجهة**، ويمكن تمثيلها بواسطة الأسهم. وغالبًا ما يُعبّر عن هذه الكميات بوضع سهم فوق رمز الكمية الفيزيائية للدلالة على أنها متجهة مثل: ($\vec{a}$ و $\vec{F}$). وسنعتمد في هذا الكتاب حروف البنط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

جمع وطرح الكميات المتجهة فكر في حل المسألة التالية: طلبت إليك والدتك شراء بعض الأشياء وأخذها إلى منزل جدك، فمشيت مسافة 0.5 km نحو الشرق من بيتك إلى البقالة، وقمت بالشراء، ثم مشيت مسافة 0.2 km نحو الشرق إلى منزل جدك. ما بعدك عن نقطة الأصل (منزلك) في نهاية رحلتك؟ الجواب هو:

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

يسمى المتجه الذي يمثل مجموع متجهين آخرين متجه **المحصلة**، وهو يتجه دائمًا من ذيل المتجه الأول إلى رأس المتجه الآخر.

ويمكنك حل المسألة بيانيًّا، وذلك 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. يوضح **الشكل 8–2** كلا المتجهين في رحلتك إلى منزل جدك، وهما مرسومان بمقياس 1 cm لكل 0.1 km، والمتجه الذي يمثل مجموع المتجهين مبين بخط متقطع طوله 7 cm، ووفق مقياس الرسم فإنك على بعد 0.7 km إلى الشرق من نقطة الأصل عند نهاية رحلتك.



التجربة العملية:
كيف يختلف مخطط الحركة لسيارة سريعة عنه لسيارة بطيئة.

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

نشاط — طرائق تدريس متنوعة

صعوبات التعلّم إذا كان لدى بعض الطلبة 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 طوليًّا إلى نصفين حتى لا تتدحرج، واجعل إحدى النهايتين على شكل سهم، ودوّن طولها عليها. اطلب إلى الطلبة جمع المتجهات (الماصات) وفق خط مستقيم (يمكن اختيار أية نسب بين أطوال الماصات مثل 13 :12 :5)، ثم جمعها من جديد بحيث تشكل زوايا فيما بينها (يجب اختيار النسب بين أطوال الماصات بحيث يستطيع الطالب تشكيل مثلث ذي زاوية قائمة، مثل نسبة 5 :4 :3). هذا النشاط سيساعد الطلبة جميعًا على إدراك مفهوم جمع المتجهات بشكل حسي، ويهيئهم لفهم عملية طرحها.

حركي 1م

تجربة إضافية

لعبة المتجهات

الهدف مساعدة الطلبة على تصور اتجاه الكميات المتجهة، وجمع المتجهات، وإيجاد محصلة المتجهات، 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). على الطلبة أن يجمعوا المتجهات باستخدام عجينة إضافية، أو قطع الربط، ثم قياس المتجهات وجمعها لإيجاد محصّلة المتجهات وحساب الإزاحة.

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

التفكير الناقد

الموقع والمسافة اسأل الطلبة: ما الفرق بين موقع جسم وبعده عن نقطة الأصل؟ موقع جسم ما يحدد بالضبط الموضع الذي يوجد فيه الجسم. فعلى سبيل المثال: عندما نقول إن مدينة المحرق تقع على بعد 3.72 km شمال شرق مدينة المنامة، فإننا نعطي موقعها، وعندما نقول إن مدينة المحرق تبعد 3.72 km عن مدينة المنامة، فإننا نعطي المسافة بينهما. 2م

تعزيز الفهم

للتأكيد على التمييز بين الكميات العددية والكميات المتجهة، قدم للصف قائمة بكلمات أو أمثلة من الحياة اليومية على الكميات العددية أو الكميات المتجهة. واسأل كلًّا منهم أن يصف الطبيعة العددية أو المتجهة للكميات، مثال: 98.6° F، كيلوجرام طحين، الرياح شرقية من 10 إلى 25 عقدة. لغوي 1م

المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

المسافة والإزاحة ربما يفكر الطلبة في أن المسافة والإزاحة تعنيان الشيء نفسه. 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

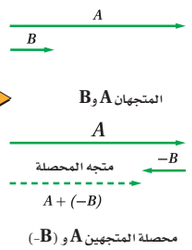
طرح المتجهات اطلب إلى كل طالب أن يعبّر كتابة عن الخطوات المتسلسلة الواجب اتباعها في عملية طرح المتجهات. ثم اطلب إليهم أن يبينوا بالرسوم التوضيحية خطواتهم المكتوبة، ثم تحقق من صحة ما قاموا به. فعلى سبيل المثال: سار شخص في خط مستقيم مبتعدًا عن المخيم مسافة 5 km، ثم توقف ليستريح، وبعد ذلك سار في الاتجاه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

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

الشكل 9–2

a. المتجهان A و B.

b. محصلة (A-B).



كيف تطرح الكميات المتجهة؟ لطرح متجه من آخر اعكس اتجاه المتجه المراد طرحه، ثم اجمعهما. وذلك لأن:

$$A - B = A + (-B)$$

يبين الشكل a 9–2 متجهين، الأول A طوله 4 cm ويتجه نحو الشرق، والثاني **B** طوله 1 cm ويتجه نحو الشرق أيضًا. أما **الشكل b 9–2** فيبين المتجه $-B$ وطوله 1cm، والذي يتجه نحو الغرب. وتظهر محصلة المتجهين **A** و $(-B)$ ويمثلها متجه طوله 3 cm ويتجه نحو الشرق.

الفترة الزمنية والإزاحة Time Interval and Displacement

عند تحليل حركة العدّاء كما هو مبين في **الشكل 10–2** تحتاج إلى معرفة الزمن الذي استغرقه العداء للانتقال من الشجرة إلى عمود الإنارة. يمكن إيجاد هذه الفترة الزمنية بحساب الفرق بين قراءتي ساعة الوقف في كل موقع. اختر الرمز t_i للزمن عندما كان العدّاء عند الشجرة، والرمز t_f للزمن عندما صار عند عمود الإنارة. الفرق بين زمنين يسمى **فترة زمنية** ويرمز لها بالرمز Δt حيث:

دلالة اللون

• متجهات الإزاحة تظهر باللون **الأخضر**.

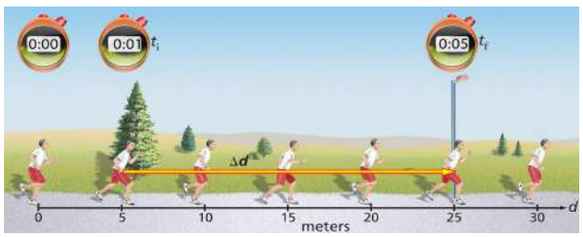
الفترة الزمنية $\Delta t = t_f - t_i$

الفترة الزمنية تساوي الزمن النهائي مطروحًا منه الزمن الابتدائي.

وفي مثال العدّاء، يكون الزمن الذي يستغرقه العدّاء 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؟ يستخدم الرمز ***d*** لتمثيل موقع العداء.



الشكل 10–2 يمكنك أن تلاحظ أن العدّاء استغرق أربع ثوانٍ ليركض من الشجرة إلى عمود الإنارة. المتجه من الموقع 1 إلى الموقع 2 يشير إلى اتجاه ومقدار الإزاحة خلال هذه الفترة الزمنية.

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 (90000–95000) فترة.

الموقع في الفيزياء يعبر عنه بسهم ذيله في نقطة الأصل ورأسه في مكان الجسم؛ أما **الإزاحة** فهي كمية فيزيائية متجهة، وتمثل مقدار التغير الذي يحدث لموقع الجسم في اتجاه معين. ويرمز للإزاحة بالرمز Δd وتمثل بسهم يشير ذيله إلى موقع بداية الحركة، بينما يشير رأسه إلى موقع نهايتها، كما أن طول السهم يمثل مقدار المسافة التي قطعها الجسم في اتجاه معين، وهو الاتجاه الذي يشير إليه السهم.

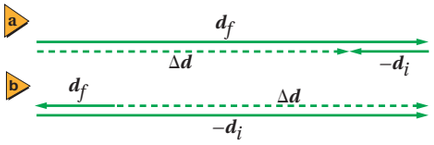
كما تحسب الإزاحة رياضيًّا بالعلاقة:

$$\Delta d = d_f - d_i$$

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

ويمكن إيجاد طول واتجاه متجه الإزاحة Δd برسم متجه الموقع d_f، ومتجه الموقع $-d_i$ والذي يكون اتجاهه بعكس اتجاه متجه الموقع d_i، لاحظ **الشكل 11–2**، ثم نقله بحيث يكون ذيله عند رأس متجه الموقع d_f ويتم جمعهما معًا.

فإزاحة العداء Δd في أثناء حركته من الشجرة إلى عمود الإنارة تساوي $25.0\text{m} - 5.0\text{ m} = 20.0\text{ m}$، والإزاحة بوصفها متجهًا تختلف عن المسافة بوصفها كمية عددية؛ فالإزاحة تعبر عن كل من المسافة والاتجاه.



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

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** قارن طالبان بين متجهي الموقع اللذين قاما برسمهما 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 استخدمت 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.obeikaneduction.com

استخدام الشكل

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

3. التقويم

التحقق من الفهم

الكميات المتجهة والكميات العددية اطلب إلى الطلبة 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؟ 1م

التوسع

الفترات الزمنية اطلب إلى الطلبة 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. 2م منطقي - رياضي

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 مقدار الموقع يقاس من نقطة الأصل في النظام الإحداثي إلى موضع السيارة.

2-3 منحنى (الموقع– الزمن)

1. التركيز

نشاط محفّز

بيانات (الموقع - الزمن) اعرض على الطلبة سيارة لعبة تتحرك بسرعة منتظمة، واطلب إليهم تسجيل بيانات كل من موقع السيارة والزمن.

استخدم هذه البيانات في رسم منحنى(الموقع–الزمن)، بحيث يمكنك الرجوع إليه والاستفادة من بياناته خلال هذا الدرس. 1م بصريّ - مكاني

الربط مع المعرفة السابقة

الرسوم البيانية والمسائل اللفظية يألف الطلبة الرسوم البيانية من دروس الرياضيات، لكن قد لا يرتبط هذا التمثيل البياني بمحتوى علمي ما. سبق للطلبة مراجعة المتغيرات الأساسية للمنحنيات والتمثيل البياني في دراستهم السابقة ويمكن الرجوع لها في دليل الرياضيات، لذلك يجب أن يكونوا ملمين بكل من المتغيرات المستقلة والمتغيرات التابعة، وتحديد النقاط بيانيًّا، وخط التطابق الأفضل، وغيرها. وكذلك يجب أن تكون لديهم مهارات حل المسائل اللفظية.

2. التدريس

تطوير المفاهيم

منحنيات (الموقع–الزمن) لمساعدة الطلبة على فهم عملية التمثيل البياني تمامًا وربطها بالبيانات، دعهم يشاركوك في رسم منحنى (الموقع–الزمن) باستخدام البيانات التي سبق لهم جمعها في فقرة "نشاط محفّز"، أو باستخدام بيانات حصلت عليها مسبقًا قبل الدرس من معادلات الحركة. 1م منطقي - رياضي

التفكير الناقد

منحنى (الموقع–الزمن) اسأل الطلبة: كيف يبدو الشكل 12–2 إذا بدأ العدّاء من الموقع نفسه ولكنه تحرك في الاتجاه المعاكس؟ سيكون المنحنى في الربع الرابع، وستكون كل نقطة لاحقة مبتعدة عن نقطة الأصل. 3م

الفيزياء في حياتك

تظهر الرسوم البيانية التغيرات عبر الزمن، فعلى سبيل المثال، فيمكن لرسم بياني أن يظهر التغيرات في أسعار النفط خلال سنوات عدة، وبالمثل يمكن لمنحنى (الموقع- الزمن) أن يظهر تغير موقع عداء مع الزمن خلال مشاركته في سباق لتحليل أدائه.

تساؤلات جوهرية:

- ما المعلومات التي يقدمها منحنى (الموقع- الزمن)؟
- كيف يستخدم منحنى(الموقع - الزمن) لتفسير إزاحة الجسم أو موقعه؟
- ما الغرض من استخدام التمثيلات المتكافئة للحركة؟

المفردات:

- منحنى (الموقع- الزمن)
- الموقع اللحظي

عندما نقوم بتحليل الحركة من نوع 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 Where and When

يمكن استخدام مخطط حركة العداء في **الشكل 10–2** لتحديد موقع العدَّاء في كل لحظة من حركته، وتجسيدها كما في **الجدول 1–2**.

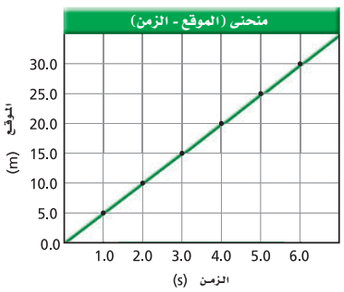
كما يمكن عرض البيانات الواردة في **الجدول 1–2** في رسم بياني بتحديد إحداثيات الزمن على المحور الأفقي (x)، وإحداثيات الموقع على المحور الرأسي (y)، وهو ما يُسمى **منحنى(الموقع–الزمن)**. ويُظهر الرسم البياني في **الشكل 12–2** حركة العدّاء. ولرسم هذا الخط البياني نحدد أولًا مواقع العدّاء بدلالة الزمن، ثم نرسم أفضل خط مستقيم يمر بأغلب النقاط.

يبين الخط البياني مواقع العدَّاء في الأزمنة المبينة في الجدول، وحتى لو لم تتوافر بيانات مباشرةً تبين متى كان العدّاء على بعد 30.0 m من نقطة البداية، أو أين كان عند الزمن $t = 4.5\ s$، فيمكنك استخدام الرسم البياني لتحديد قيم تقريبية لذلك.

ما الزمن الذي مكثه العدّاء في كل موقع؟ ربما تجيب: لحظة واحدة. لكن ما طول هذه اللحظة؟ إذا اعتبرنا اللحظة مقدارًا زمنيًّا متناهيًا في الصغر (تقارب الصفر) فعندئذ نستطيع القول إن العدّاء لم يكن يتحرك خلالها. والرمز ***d*** يمثل **الموقع اللحظي** للعدّاء.

الجدول 1–2

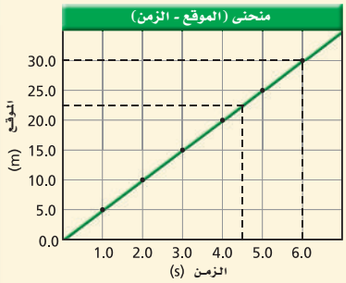
الموقع-الزمن	
الزمن t (s)	الموقع d (m)
0.0	0.0
1.0	5.0
2.0	10.0
3.0	15.0
4.0	20.0
5.0	25.0
6.0	30.0



الشكل 12–2 يمكننا رسم منحنى الموقع-الزمن للعدّاء بتحديد نقطة موقعه في كل فترة زمنية في أثناء حركته، وبعد تعيين هذه النقاط نرسم خط التطابق الأفضل.

مثـال 1

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



1 تحليل المسألة

أعد صياغة الأسئلة.

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

السؤال 2: ما موقع العدّاء بعد مضي 4.5 s؟

2 إيجاد الكمية المجهولة

السؤال الأول

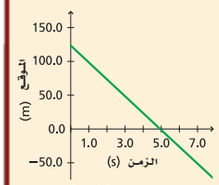
تفحص الرسـم البياني، وحدد نقطة تقاطع محور الموقع مع خط أفقي يمر بالنقطة 30.0 m، ثم حدد نقطة تقاطع الخط العمودي المرسوم من تلك النقطة مع محور الزمن، تجد أن مقدار t هو 6.0 s

السؤال الثاني

حدد نقطة تقاطع محور الزمن 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 في حل المسائل من 9 إلى 11:



الشكل 13–2

9. صف حركة السيارة الممثلة في الرسم البياني.

10. ارسم نموذج الجسيم النقطي الذي يتوافق مع الرسم البياني.

11. أجب عن الأسئلة الآتية حول حركة السيارة:

(افترض أن الاتجاه الموجب في اتجاه الشرق والاتجاه السالب في اتجاه الغرب).

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

b. أين كانت السيارة عند 1.0 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. وتُسمى المسافة المتغير التابع. وغالبًا ما يتم رسم المتغير المستقل على المحور الأفقي، ورسم المتغير التابع على المحور الرأسي.

المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

منحنى (الموقع–الزمن) ربما يخلط بعض الطلبة بين منحنى (الموقع–الزمن) ومخطط الحركة باستخدام نموذج الجسيم النقطي.

اسألهم عن المعلومات الموجودة في الرسم البياني لمنحنى (الموقع–الزمن) والتي لا توجد في مخطط الحركة. يجب أن تشير إجاباتهم إلى أن الرسم البياني هو تمثيل تصويري لجدول البيانات. أرشدهم إلى أن جدول البيانات يحوي معلومات أكثر مما في مخطط الحركة؛ لأن المسافات قيست بشكل فعلي على الواقع قبل تدوينها. 1 م

مثال صفي

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

الإجابة: 10.0 m

مسائل تدريبية

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.

10. انظر دليل حلول المسائل.

11. a. عند 4.0 s

b. 100.0 m

استخدام الشكل 2-15

يجب أن يفهم الطلبة الطرائق المختلفة لتمثيل الحركة. لذا، اطلب إليهم أن يتفحصوا طرائق التمثيل المبينة في الشكل 2–15، ويناقشوا كيف تعرض كل طريقة منها حركة الجسم.

يعطي كل من الجدول والرسم البياني المعلومات نفسها تمامًا. أما نموذج الجسيم النقطي فيعطي معلومات أقل منهما. وربما ترغب في العودة إلى هذا في الجزء 4–2، بعد أن تتعرف مفهوم السرعة المتجهة . م2

تطوير المفاهيم

تمثيل الحركة يقع منزل أحد الطلبة ومدرسته على الشارع نفسه، وتفصل بينهما عشر مجمعات سكنية، بعد 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 الطلبة أن يمثلوا الحركة بثلاث طرائق مختلفة.

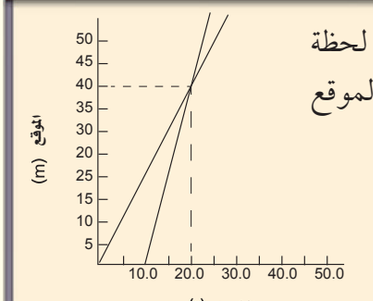
قد يختار الطلبة عمل مخططات للحركة، أو منحنيات (الموقع–الزمن)، أو جداول بيانات. م2

استخدام النماذج

تمثيل (الموقع–الزمن) عند السكون جداول البيانات ومنحنيات (الموقع–الزمن) عبارة عن نماذج لوصف الحركة. لذا كلف الطلبة أن يمثلوا بوساطة هذه الطرائق المتكافئة 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 للطلبة لماذا يكون المماس لمنحنى (الموقع–الزمن) أفقيًّا عندما يكون الجسم ساكنًا.

مثال صفي



سؤال: عند أي لحظة يكون للعدّاءين الموقع نفسه؟

الإجابة: 20s

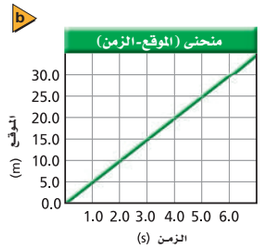
التمثيلات المتكافئة كما هو مبين في **الشكل 14–2** هناك طرائق مختلفة لوصف الحركة: بالكلمات، والصور (مخططات الحركة التصويرية)، ونموذج الجسيم النقطي، وجداول البيانات، ومنحنيات (الموقع–الزمن)، وهذه جميعها طرائق متكافئة، أي أنها تحتوي على المعلومات نفسها حول حركة العدّاء. ومع ذلك فقد يكون بعض هذه الطرائق أكثر فائدة من الأخرى، وفقًا لما تريد معرفته عن الحركة.

a

الجدول 2–2

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

b



c

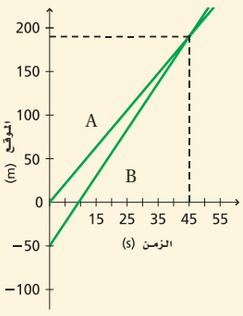
البداية • • • • • • النهاية

الشكل 14–2
a. جدول البيانات.
b. منحنى (الموقع - الزمن).
c. النموذج الجسيمي النقطي لحركة الجسم نفسه.

دراسة حركة عدة أجسام يمكنك استخدام منحنى (الموقع – الزمن) لتمثيل حركة عدة أجسام، ويظهر في **المثال 2** منحنى (الموقع – الزمن) لعداءين في سباق، ويكون العداءان في الموقع نفسه عندما يتقاطع الخطان الممثلان لحركتيهما.

مثال 2

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



1 تحليل المسألة

أعد صياغة السؤال

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 بعد حوالي 190 m، وهذا يعني أن العدّاء B يتجاوز العدّاء A على بعد 190 m من نقطة الأصل، وبعد 45 s من مرور العدّاء A بها.

نشاط متقدم

أنظمة الإحداثيات اطلب إلى الطلبة الرجوع إلى الشكل 10–2 في الصفحة 35، واسألهم عن النظام الإحداثي فيه. النظام الإحداثي يضع الشجرة على بعد 5.2 m من نقطة البدء. اسأل الطلبة: ماذا يحدث لمواقع العدّاء وإزاحاته إذا تم تغيير النظام الإحداثي. سوف تتغير المواقع، لكن الإزاحات ستبقى كما هي. م3

مسائل تدريبية

للإجابة عن المسائل 13–12 ارجع إلى الشكل في مثال 2.

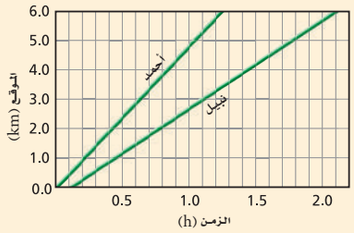
12. أين كان العدّاء B عندما كان العدّاء A عند النقطة 0.0 m؟

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

14. خرج أحمد في نزهة مشيًا على الأقدام في ممشى دوحة عراد، وبعد وقت ما بدأ صديقه نبيل السير خلفه، وقد تم تمثيل حركتهما بمنحنى (الموقع–الزمن) المبين في الشكل المجاور.

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

b. هل سيلحق نبيل بأحمد ؟ فسر ذلك.



مسألة تحدٍّ

يستمتع كل من ماجد ويوسف وناصر بممارسة الرياضة على طريق يمتد بمحاذاة منتزه الأمير خليفة بن سلمان، حيث بدأ يوسف الركض بسرعة منتظمة مقدارها 8 km /h من أمام بوابة المنتزه باتجاه إشارة ميناء الشيخ سلمان بن حمد في تمام الساعة 11:30 صباحًا، وفي اللحظة ذاتها ومن المكان نفسه بدأ ناصر المشي بسرعة منتظمة مقدارها 6 km /h باتجاه المنتزه، أما ماجد فانطلق بدراجته عند الساعة 11:36 صباحًا من موقع إشارة ميناء الشيخ سلمان بن حمد باتجاه المنتزه الذي يبعد 2.5 km عن المنتزه بسرعة منتظمة مقدارها 12km /h، أجب عما يلي:

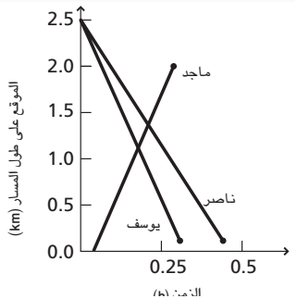
1. ارسم منحنى (الموقع–الزمن) لكلٍ من الأشخاص الثلاثة.

2. متى يلتقي يوسف وماجد؟

3. ما المسافة التي تفصل ناصر عن يوسف وماجد عند التقائهما؟

مسألة تحدّ

1.



2. عند الساعة 11: 41 صباحًا.

3. 0.37 km.

مسائل تدريبية

12. $-50.0\ m$ ، $t=0.0\ s$

13. 30 m تقريبًا

14. a. 6.0 min (0.1 h)

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

تعزيز الفهم

تجاوز الأجسام المتحركة اسأل الطلبة 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. **1م 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 تحت محور الزمن. أيُّ العدّاءين سيعتبر 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.

2م منطقي - رياضي

3. التقويم

التحقق من الفهم

الرسوم البيانية ومخططات الحركة قدم للطلبة رسمًا بيانيًّا لجسم يتحرك مبتعدًا عن نقطة الأصل بسرعة منتظمة، واطلب إليهم أن يرسموا مخططا للحركة ينسجم مع الرسم البياني. تأكد أنهم حددوا نظامهم الإحداثي، ونقطة انطلاق الجسم بشكل دقيق. سيكون مخطط الحركة سلسلة من النقاط التي تفصلها مسافات متساوية. ويجب أن يكتب على النقطة الأولى نقطة الأصل. ع2 منطقي - رياضي

التوسع

منحنيات (الموقع–الزمن) اطلب إلى الطلبة أن يستخدموا **الشكل 18–2** ليعينوا موقع قرص الهوكي عند الثانية العاشرة (على اعتبار أن القرص بقي متحركًا بالطريقة نفسها) 200 m ع1 منطقي - رياضي

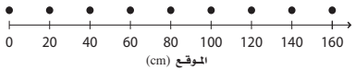
التجربة العملية

ما العلاقة بين المسافة والزمن في حالة جسم يتحرك بسرعة منتظمة؟

كما لاحظت سابقًا، يمكنك 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.

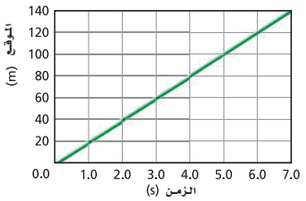
2-3 مراجعة

15. منحنى (الموقع-الزمن) يمثل النموذج الجسيمي النقطي في **الشكل 15–2** طفلًا يزحف على أرضية غرفة. مثِّلْ حركته باستخدام منحنى (الموقع–الزمن)، علمًا بأن الفترة الزمنية بين كل نقطتين متتاليتين تساوي 1s .



الشكل 15–2

16. مخطط الحركة يبين **الشكل 16–2** منحنى (الموقع–الزمن) لحركة قرص مطاطي ينزلق على بركة متجمدة في لعبة الهوكي.



الشكل 16–2

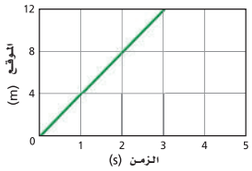
*استخدم الرسم البياني في **الشكل 16–2** لرسم النموذج الجسيمي النقطي لحركة قرص وحل المسائل 19–17.*

17. الزمن متى كان القرص على بعد 10.0 m عن نقطة الأصل؟

18. المسافة حدد المسافة التي قطعها القرص بين اللحظتين 0.0 s و 5.0 s

19. الفترة الزمنية حدد الزمن الذي استغرقه القرص ليتحرك من موقع يبعد 40 m عن نقطة الأصل إلى موقع يبعد 80 m عنها.

20. التفكير الناقد تفحص كلًّا من النموذج الجسيمي النقطي ومنحنى (الموقع–الزمن) الموضحين في **الشكل 17–2**. هل يصفان الحركة نفسها؟ كيف تعرف ذلك؟ علمًا بأن الفترات الزمنية في النموذج الجسيمي النقطي تساوي 2 s .



الشكل 17–2

2-3 مراجعة

15. انظر دليل حلول المسائل.

16. انظر دليل حلول المسائل.

17. 0.5 s

18. 100 m

19. 2.0 s

20. لا، إنهما لا يصفان الحركة نفسها، فبالرغم من أن الجسمين يسيران في الاتجاه الموجب، إلا أن أحدهما يسير أسرع من الآخر. شجع الطلبة على إثبات أن الرسم البياني والنموذج الجسيمي النقطي لا يمثلان نفس الحركة بعدة أمثلة.

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

السرعة المتجهة Velocity

افترض أنك مثلت حركة عدّاءين على مخطط حركة واحد، كما هو مبين في **الشكل a 18–2** ، وبالانتقال من صورة إلى الصورة التي تليها، يمكنك أن ترى أن موقع العدّاء ذي السروال الأحمر يتغير بمقدار أكبر من تغير موقع العدّاء ذي السروال الأبيض؛ بمعنى أن مقدار الإزاحة للعداء ذي السروال الأحمر أكبر لأنه يتحرك بسرعة أكبر، أي يقطع مسافة أكبر من تلك التي يقطعها اللاعب ذي السروال الأبيض خلال المدة الزمنية نفسها. وإذا افترضنا أن كلًا منهما قد قطع مسافة 100.0 m، فإن الفترة الزمنية Δt التي استغرقها العدّاء ذي السروال الأحمر ستكون أقل من تلك التي استغرقها زميله.

السرعة المتجهة المتوسطة Average velocity من مثال العدّاءين، يمكنك أن تلاحظ أننا نحتاج إلى معرفة كلٍّ من الإزاحة Δd والفترة الزمنية Δt من أجل حساب السرعة المتجهة لجسم متحرك. ولكن كيف يمكن الربط بينهما؟ تفحص الخطين البيانيين اللذين يمثلان حركتي العدّاءين في منحنى (الموقع–الزمن). انظر **الشكل b 18–2**، ستلاحظ أن ميل الخط البياني للعدّاء ذي السروال الأحمر أكثر انحدارًا من ميل الخط البياني للعدّاء ذي السروال الأبيض، ويدل الميل أو الانحدار الأكبر على أن مقدار التغير في الإزاحة أكبر خلال الفترة الزمنية نفسها.

الشكل a 18–2 إزاحة العدّاء ذي السروال الأحمر أكبر من إزاحة العدّاء ذي اللباس الأبيض خلال الفترات الزمنية الثلاث، لأن الأول يتحرك أسرع من الثاني.

الفيزياء في حياتك

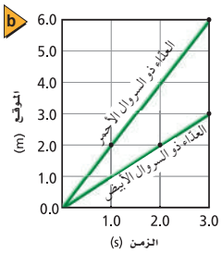
تتحرك الحلزونات بسرعة أقل بكثير من سرعة أنثى النمر، ويمكن ملاحظة ذلك من خلال رصد حركتها خلال فترة زمنية معينة، فأنثى النمر تقطع 30 m خلال الثانية الواحدة، في حين يقطع الحلزون 1 cm في الوقت نفسه.

تساؤلات جوهرية:

- ما السرعة المتجهة؟
- ما الفرق بين السرعة المتجهة والسرعة المنتظمة؟
- كيف يمكن تحديد السرعة المتجهة لجسم من منحنى (الموقع – الزمن)؟

المفردات:

- السرعة المتجهة المتوسطة
- السرعة المتوسطة
- السرعة المتجهة اللحظية



الشكل b 18–2 يمثل منحنى (الموقع–الزمن) حركة كل من العدّاءين، والنقاط المستخدمة لحساب ميل كل خط.

معلومة للمعلم

سرعة الضوء في الفراغ هي ثابت فيزيائي هام في العديد من مجالات الفيزياء، يرمز له في العادة بالرمز c وتساوي قيمته 299,792,458m /s ، وهي أقصى سرعة تستطيع أن تنتقل بها كل أشكال الطاقة، أو المادة، أو المعلومات في الفضاء.

1. التركيز

نشاط محفّز

السرعة اطلب إلى أحد الطلبة أن يمشي عبر الغرفة مرتين؛ الأولى ببطء، والثانية بسرعة أكبر. ثم اسأل الطلبة الآخرين عما إذا قام الطالب الأول بما طُلب إليه. واسألهم: كيف عرفوا ذلك؟ وما الدليل الذي استخدموه لاتخاذ قراراتهم؟ اطلب إلى الطلبة كتابة قائمة بالكميات الفيزيائية التي يحتاجون إلى معرفتها حتى يحددوا سرعة حركة الجسم.

الكميات الفيزيائية هي: الموقع الابتدائي، والموقع النهائي، والزمن الذي استغرقه الطالب في الحركة من الموقع الابتدائي إلى الموقع النهائي. 1م بصريّ - مكاني

الربط مع المعرفة السابقة

السرعة سيكون الطلبة على علم بمفهوم السرعة؛ ومع ذلك، ربما لا يعرفون الفرق بين السرعة القياسية والسرعة المتجهة، وقد يستخدمون المصطلحين للتعبير عن الشيء نفسه. إذا استخدم الطلبة مصطلح السرعة المتجهة في النقاش قبل أن تكون مستعدًا لعرضه وتطويره، فاسألهم ما الذي يقصدونه بهذا المصطلح.

2. التدريس

تطوير المفاهيم

السرعة 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 الطلبة مباشرة بأخذ بيانات وحساب سرعة اللعبتين. 1م حركي

التفكير الناقد

التفسير اسأل الطلبة 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. 3م

عرض سريع

أين يحدث التصادم؟

الزمن المقدر 10–15 دقيقة.

المواد والأدوات سيارتا لعبة تتحركان ببطء، مساطر مترية، ساعة وقف أو ساعة حائط لها مؤشر ثوانٍ.

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

ضع سيارتين لعبة إحداهما مقابل الأخرى، واطلب إلى الطلبة أن يتوقعوا مكان تصادمهما. قم بإجراء العرض لترى إذا كانت التوقعات صحيحة. ووضح للطلبة أنه إذا كانت سرعتا السيارتين متساويتين فإنهما ستصطدمان عند منتصف المسافة بينهما، بينما إذا كانت إحداهما أسرع فإنهما ستصطدمان في نقطة أقرب إلى موقع السيارة الأبطأ.

دلالة اللون

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

يمكن إيجاد كل من مَيلي الخطين البيانيين الممثلين لحركة العدّاءين في الشكل **2–18b** كما يلي:

العداء ذو اللباس الأحمر	العداء ذو اللباس الأبيض
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 متوسط السرعة المتجهة، وكذلك متوسط السرعة.

ثانيًا: وحدات الميل هي (m/s)، وبكلمات أخرى، فإن 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 لحركة العدّاءين الأحمر والأبيض.

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

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

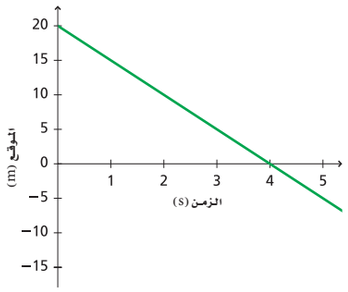
وتُعرف السرعة المتجهة المتوسطة بأنها التغير في الموقع مقسومًا على مقدار الفترة الزمنية التي حدث خلالها هذا التغير.

نشاط

مساعدة الطلبة ذوي صعوبات التعلم

الوحدات في العادة توجد صعوبة في تفسير الوحدة m/s بشكل كافٍ، وتوجد صعوبة بشكل خاص في فهم فكرة أن سرعة الجسم تخبرك بعدد الأمتار التي يقطعها خلال ثانية واحدة. لتوضيح هذه الفكرة اطلب إلى الطلبة 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 الطلبة على استخدام هذه المعلومات لتفسير السرعة بشكل تام. **1 م** منطقي - رياضي

من الأخطاء الشائعة القول بأن ميل الخط البياني لمنحنى (الموقع–الزمن) يمثل السرعة المنتظمة للجسم. تأمل ميل هذا الخط البياني في **الشكل 19–2**. إن ميله يساوي (−5.0 m/s)، وهو كمية تشير إلى كلٍّ من المقدار والاتجاه (تذكر أن السرعة المتجهة المتوسطة هي كمية لها مقدار واتجاه). وفي الحقيقة إن ميل الخط البياني لمنحنى (الموقع–الزمن) يدل على السرعة المتجهة المتوسطة للجسم وليس على سرعته المنتظمة. عند تأمل **الشكل 19–2** مرة أخرى، تجد أن ميل الخط البياني هو (−5.0 m/s)، وبذلك، فإن السرعة المتجهة للجسم 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

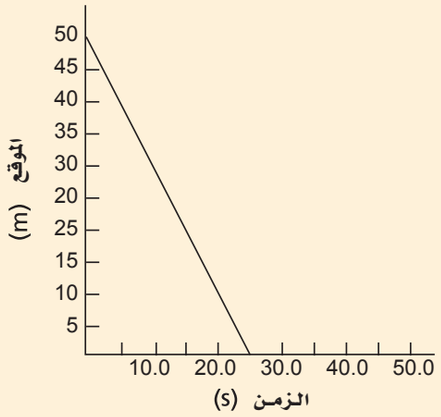


■ **الشكل 19–2** يتحرك الجسم الممثلة حركته هنا في الاتجاه السالب بمعدل 5.0 m/s

السرعة المتوسطة Average speed تعبّر القيمة المطلقة لميل الخط البياني لمنحنى (الموقع–الزمن) عن **السرعة المتوسطة** للجسم، أي مقدار سرعة الجسم، و يرمز لها بالرمز $\bar{v}$. أما السرعة المتجهة المتوسطة $\bar{\boldsymbol{v}}$ فتعبّر عن كل من قيمة السرعة المتوسطة للجسم والإتجاه الذي يتحرك فيه. وهي في المثال الموضح في **الشكل 19–2** إما 5.0 m/s (في الاتجاه السالب) أو −5.0 m/s ، وبذلك تكون السرعة المتوسطة 5.0 m/s =|−5.0 m/s|، تذكر أنه إذا تحرك جسم ما في الاتجاه السالب، فإن إزاحته تكون سالبة، وسرعته المتجهة المتوسطة تكون سالبة وهذا يعني أن سرعة الجسم المتجهة يكون لها إشارة إزاحة الجسم نفسها دائمًا.

مثال صفي

سؤال ما متوسط السرعة المتجه للجسم المعَبَّر عن حركته في الرسم البياني الموضح وما سرعته المتوسطة؟



الإجابة

$$\bar{v} = \frac{0.0 - 50}{25 - 0.0}$$

$$= -2.00 \text{ m/s}$$

السرعة المتوسطة = 2.00 m/s

نشاط

مشروع فيزياء

الحركة في خط مستقيم رافق طلبتك في جولة حول المدرسة يسجلوا خلالها أمثلة عن أجسام مختلفة تتحرك. ثلاثة منها يمكن وصف حركتها باستخدام الفيزياء الواردة في هذا الفصل، وينبغي كذلك تسجيل ثلاث حركات أخرى لا يستطيعون وصفها بشكل صحيح.

يجب أن يوضح الطلبة 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 كرة تقفز مرتدة في أثناء نزولها الدرج. **2م** حركي

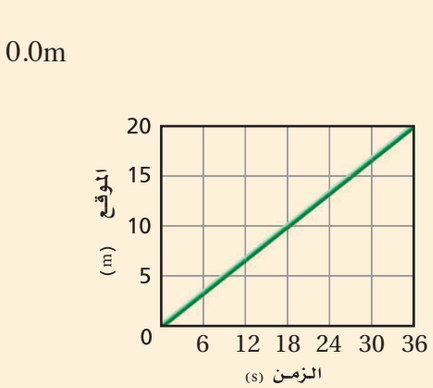
مسائل تدريبية

21. a. 0.33 m /s

b. 0.33 m /s– أو 0.33 m/s نحو الشمال

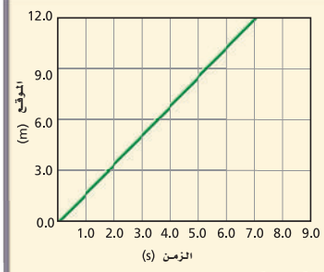
22. بما أن الدّراجة تتحرك في الاتجاه الموجب، فإن السرعة المتوسطة والسرعة المتجهة المتوسطة هي نفسها، وقيمة كل منهما 0.67 km/min تسير الدراجة في الاتجاه الموجب بسرعة متوسطة تساوي 0.67 km/min إلا أنه لايطلب تحديد اتجاه السرعة على عكس السرعة المتجهة التي يُطلب تحديد الاتجاه فنقول بالاتجاه الموجب.

23. t_0=0 s t_6=36 s



مثـال 3

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



1 تحليل المسألة ورسمها

تفحص النظام الإحداثي للرسم البياني.

المعلوم	المجهول
متغير=d	$\overline{v}$=? $\overline{v}$=?

2 إيجاد الكمية المجهولة

أوجد السرعة المتجهة المتوسطة باستخدام نقطتين على الخط البياني.

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

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

$$\overline{v} = \frac{12.0 - 6.0}{7.0 - 3.5}$$

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

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

3 تقويم الجواب

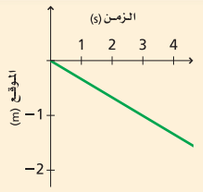
- **هل الوحدات صحيحة؟** نعم؛ فالوحدة m/s هي وحدة قياس كل من السرعة المتجهة والسرعة.
- **هل للإشارات أي معنى؟** نعم. الإشارة الموجبة للسرعة المتجهة المتوسطة تتفق مع النظام الإحداثي. ولا يحدد اتجاه للسرعة المتوسطة.

مسائل تدريبية

21. يصف الرسم البياني في **الشكل 20–2** حركة سفينة في البحر. اعتبر الاتجاه الموجب للحركة هو اتجاه الجنوب.

a. ما السرعة المتوسطة للسفينة؟

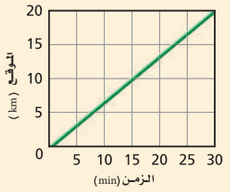
b. ما السرعة المتجهة المتوسطة للسفينة؟



الشكل 20–2

22. الرسم البياني في **الشكل 21–2** يمثل حركة دراجة هوائية، احسب كلًّا من السرعة المتوسطة، والسرعة المتجهة المتوسطة للدراجة، ثم صف حركتها بالكلمات.

23. تتحرك دراجة بسرعة منتظمة مقدارها 0.55 m/s، ارسم نموذج الجسيم النقطي للدراجة، ومنحنًى بيانيًّا للموقع–الزمن، تبين فيهما حركة الدراجة لمسافة 19.8 m.



الشكل 21–2

المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

العبور وضح الفرق بين السرعة المتجهة اللحظية والسرعة المتجهة المتوسطة، واسأل الطلبة كيف يعرفون السرعة التي يسيرون بها عندما يكونون داخل سيارة متحركة. يشير عدّاد السرعة إلى مقدار السرعة اللحظية.

اسألهم أيضًا ما السرعة المتوسطة لسيارة إذا كانت تسير ثم تقف لتسير ثانية وهكذا دواليك، إذا قطعت 8 km في ساعتين؟ 4 km/h.

السرعة المتجهة اللحظية Instantaneous Velocity

لماذا أطلقنا على الكمية $\frac{\Delta d}{\Delta t}$ السرعة المتجهة المتوسطة، ولم نسمِّها ببساطة السرعة المتجهة؟ لا تتحرك معظم الأجسام بسرعة منتظمة، فمثلاً يبدأ القارب رحلته من السكون ثم تزداد سرعته، ويمكن لهذه السرعة أن تبقى منتظمة فترة ما ثم تبدأ بالتباطؤ، إن من الممكن هنا تحديد السرعة المتجهة المتوسطة. والتي يمكن حسابها بقسمة الإزاحة الكلية على الفترة الزمنية التي حدثت الإزاحة خلالها. أما السرعة المتجهة للجسم عند لحظة معينة فتسمى **السرعة المتجهة اللحظية**. وسنرمز لها بالرمز v، ومن الجدير بالذكر أن مقياس السرعة في السيارة يشير إلى مقدار السرعة اللحظية.

تمثيل السرعة المتجهة المتوسطة على مخططات الحركة

Average Velocity on Motion Diagrams

كيف يمكنك تعيين السرعة المتجهة المتوسطة على مخطط الحركة؟ إن مخطط الحركة ليس رسمًا بيانيًا دقيقًا للسرعة المتجهة المتوسطة، وإنما يمكن استخدامه في تعيين اتجاه ومقدار السرعة المتجهة المتوسطة. تخيل سيارتين تسيران على طريق بسرعتين منتظمتين مختلفتين، وتقوم كاميرا فيديو بتسجيل حركتهما بمعدل صورة كل ثانية، وتخيل أنه في مؤخرة كل سيارة فرشاة دهان تهبط آليًا كل ثانية، لترسم خطًا على الأرض لمدة نصف ثانية. من المنطقي أن تستطيع السيارة الأسرع رسم خط أطول، وتشبه الخطوط التي رسمتها فرشاتا الدهان على الأرض المتجهاتِ التي نرسمها على مخطط الحركة لتمثيل السرعة.

استخدام المعادلات عندما ترسم خطًا بيانيًا مستقيمًا فإنك تستطيع التعبير عنه بوساطة معادلة، ومن الأفضل أحيانًا استخدام مثل هذه المعادلة بدلاً من الرسم البياني من أجل حل المسائل. تفحص مرة أخرى الرسم البياني في **الشكل 19–2** 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 نُعينها على المحور الرأسي، و m هي ميل الخط المستقيم، و x هي الكمية التي نُعينها على المحور الأفقي، و b هي نقطة تقاطع الخط المستقيم مع المحور الرأسي.

المختبر الافتراضي:
متجهات السرعة اللحظية.

تجربة

متجهات السرعة اللحظية

1. اربط خيطًا طوله 1m مع كتلة ذات خطاف.
2. أمسك بيدك طرف الخيط الذي تتعلق الكتلة في نهايته.
3. اسحب الكتلة بحذر إلى أحد الجوانب، ثم اتركها.
4. **لاحظ** الحركة، والسرعة، واتجاه حركة الكتلة لعدة اهتزازات.
5. أوقف الكتلة عن الاهتزاز.
6. ارسم شكلًا توضيحيًّا تبين فيه متجهات السرعة اللحظية عند النقاط التالية: قمة الاهتزازة، نقطة المنتصف بين القمة والقاع، قاع الاهتزازة، نقطة 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 الطلبة حركة جسم ما ويصفونها.

المواد والأدوات خيط طوله 1 m، كتلة لها خطّاف (100 g، أو 200 g).

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

التحليل والاستنتاج

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

نشاط متقدم

السباقات اطلب إلى الطلبة 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

نشاط

■ **السرعة المتجهة اللحظية** ضع كرة عند قمة مستوى مائل طويل واتركها. ثم اسأل الطلبة أن يصفوا السرعة المتجهة اللحظية للكرة في أثناء تدحرجها من قمة المستوى المائل. ووضح لهم أن السرعة المتجهة عند القمة تكون صفرًا، وتتزايد في أثناء نزول الكرة إلى أسفل المستوى المائل حيث تبلغ قيمتها العظمى.

اطلب إلى الطلبة أن يستعينوا بمسطرة وساعة وقف أو ساعة حائط لتحديد السرعة المتجهة المتوسطة للكرة في أثناء هبوطها المستوى المائل.

1م بصري-مكاني

تعزيز الفهم

الموقع اطلب إلى الطلبة أن يتوزعوا في مجموعات صغيرة تتكون كل منها من اثنين، واطلب إلى كل طالب أن يشرح لزميله في المجموعة الطرائق الأربع لتمثيل حركة جسم يتحرك بسرعة متوسطة منتظمة (يشرح كل طالب طريقتين). إذا لم يفهم أحد الطلبة الطريقة المشروحة، يُطلب إليه أن يطرح أسئلة. 1م متفاعل

الجدول 3–2

مقارنة الخطوط المستقيمة مع منحنيات الموقع-الزمن

المتغير العام	المتغير المعين للحركة	القيمة في شكل 19-2
y	d	
m	$\overline{v}$	-5.0 m/s
x	t	
b	d_i	20.0 m

في **الشكل 19–2** الكمية المُعيّنة على المحور الرأسي هي الموقع، وتُمثَّلُ بالمتغير d. والكمية المُعينة على المحور الأفقي هي الزمن، وتُمثَّلُ 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؟ من تفحص الرسم البياني والتفكير في كيفية تحرك الجسم تستنتج أن الجسم كان في موقع يبعُد 20.0 m عن نقطة الأصل عندما $t = 0.0$ ، ويُعرف هذا **بالموقع الابتدائي للجسم**، ويرمز له بالرمز d_i .

يبين **الجدول 3–2** مقارنة بين المتغيرات العامة لمعادلة الخط المستقيم، والمتغيرات الخاصة بالحركة، وتُبين كذلك القيم العددية لكل من الثابتين في هذه المعادلة، وبالإعتماد على المعلومات المبينة في **الجدول 3–2** فإن المعادلة y=mx+b أصبحت $d = \overline{v}\,t + d_i$، وبتعويض قيم الثوابت تصبح:

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

تصف هذه المعادلة الحركة الممثلة **بالشكل 19–2** . ويمكنك أن تختبر هذه المعادلة بإعطاء قيمة لـ t في المعادلة وحساب d . ويجب أن تحصل على القيمة نفسها لـ d عندما تعوض القيمة السابقة لـ t في الرسم البياني.

معادلة الحركة للسرعة المتجهة المتوسطة هي:

$$d = \overline{v}\,t + d_i$$

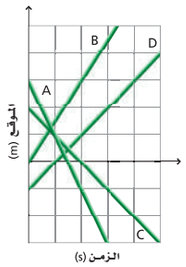
موقع الجسم المتحرك يساوي حاصل ضرب السرعة المتجهة المتوسطة في الزمن مضافًا إليه قيمة الموقع الابتدائي للجسم.

تستطيع الآن تمثيل الحركة باستخدام الكلمات، ومخططات الحركة التصويرية، ومخططات الجسيم النقطية، وجداول البيانات، ومنحنيات (الموقع–الزمن)، وكذلك باستخدام معادلة الحركة.

2-4 مراجعة

استخدم الشكل 22–2 في حل المسائل 24–26

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



■ الشكل 22–2

25. السرعة المتجهة المتوسطة رتب المنحنيات وفق السرعة المتجهة المتوسطة من السرعة الأكبر إلى السرعة الأقل.

26. الموقع الابتدائي رتب 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؟

27. السرعة المتوسطة، والسرعة المتجهة المتوسطة وضح العلاقة بين السرعة المتوسطة والسرعة المتجهة المتوسطة.

28. التفكير الناقد في حل المسائل الفيزيائية، من المهم عمل نماذج مصورة ونماذج فيزيائية قبل البدء في حل معادلة ما. لماذا؟

3. التقويم

التحقق من الفهم

السرعة المتوسطة والسرعة المتجهة المتوسطة

اسأل الطلبة:

مشيتَ إلى المتجر الذي يبعد عن منزلك 0.5 km، ثم استدرت فورًا عائدًا 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 المنتظمة وزّع الطلبة في مجموعات صغيرة، واطلب إلى كل مجموعة أن تصمم تجربة يمكن من خلالها تحديد ما إذا كان شخص ما يسير بسرعة متجهة منتظمة أم لا. اجمع التصاميم التجريبية، ثم قدّم بعض المقترحات الأكثر شيوعًا في بداية الحصة التالية حتى يقوّمها الطلبة ويختبروها.

م3 متفاعل

2-4 مراجعة

24. A, B, C = D

25. B, D, C, A

26. A, C, B, D

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

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

28. 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.

الخلفية النظرية

الثانية هي الوحدة الأساسية للزمن، فمدة كل من الدقائق، والساعات، والأيام، والشهور، والسنوات، وحتى القرون تعتمد في أساسها على الفترة الزمنية للثانية. 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 بمكان 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 كافة الجهات الحكومية والخاصة بالمملكة، ودول مجلس التعاون الخليجي.

استراتيجيات التدريس

- ناقش الطلبة في التقنيات التي تعمل وفقها مختلف أنواع الساعات. ومزايا ومساوئ كل منها.
- اطلب إلى الطلبة 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 الطلبة 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. 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.

شرية

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 أضبط في تحديد الوقت؟ إن تحديد الوقت أمر ضروري في حياتنا اليومية؛ فالجرس المدرسي الذي يقرع كل صباح وفي نهاية كل حصة دراسية، يتم التحكم فيه بالساعة. لذا إذا أردت أن تكون في الصف في الوقت المحدد، فلابد أن تضبط ساعتك مع الساعة التي يتم بها التحكم في هذا الجرس، إن عمليات السفر عبر الفضاء والنقل والاتصالات والملاحة بأنظمة GPS تعتمد على ساعات ذات دقة وضبط متناهيين، 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، والتي تحدث بسرعة كبيرة وبانتظام، وهي بذلك تستخدم لتعيين الثانية المعيارية 1s التي تساوي الزمن الذي تستغرقه 9192631770 ذبذبة.

إن مستوى الطاقة الخارجي لذرة السيزيوم يحتوي إلكترونًا واحدًا يدور مغزليًّا، ويسلك سلوك مغناطيس متناه في الصغر. وكذلك الحال بالنسبة 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 من مستويات الطاقة، بينما إذا اصطفت الأقطاب المختلفة تكون الذرة في مستوى طاقة آخر.

كيف تعمل ساعة السيزيوم؟ تتركب ساعة السيزيوم من ذرات السيزيوم، وجهاز للذبذبات مصنوع من كريستال الكوارتز يولد موجات ميكروية، وعندما يتساوى تردد الموجات الميكروية للجهاز مع تردد ذرات السيزيوم فإن عددًا كبيرًا من ذرات السيزيوم تغير من مستويات طاقتها. ولما كان تردد السيزيوم يعادل 9192631770 ذبذبة فهذا يعني أنه يوجد 9192631770 تغيرًا بين مستويات طاقة ذرات السيزيوم في كل ثانية. ومن هنا تأتي دقة قياس الوقت بهذه الساعة.

التوسع في البحث

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

التوسع في البحث

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 بدقة 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.

2-1 تصوير الحركة Picturing Motion

المفردات
- مخطط الحركة التصويري
- نموذج الجسيم النقطي

الفكرة الرئيسة: يمكن استخدام الإزاحة والسرعة المتجهة لوصف حركة الأجسام.
- يبين مخطط الحركة التصويري موقع جسم خلال أزمنة متعاقبة.
- في نموذج الجسيم النقطي يستبدل الجسم في مخطط الحركة بمجموعة من النقاط المفردة المتتالية.

2-2 الموقع والزمن Position and Time

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

الفكرة الرئيسة: تساعد أنظمة الإحداثيات في وصف الحركة.
- نظام يستخدم لوصف الحركة، بحيث يحدد لك موقع نقطة الأصل للمتغير الذي تدرسه، والاتجاه الذي تتزايد فيه قيم المتغير.
- الفترة الزمنية تمثل الفرق بين زمنين $\Delta t = t_f - t_i$
- المتجه المرسوم من نقطة الأصل إلى الجسم يشير إلى موقع الجسم.
- الإزاحة هي كمية فيزيائية متجهة تمثل مقدار التغير الذي يحدث لموقع 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

الفكرة الرئيسة: يمكن استخدام منحنى (الموقع- الزمن) لتحديد موقع جسم عند زمن معين.
- يمكن استخدام منحنيات الموقع-الزمن لإيجاد السرعة المتجهة، وموقع الجسم، وكذلك في معرفة أين ومتى يتقابل جسمان.
- موقع الجسم عند لحظة زمنية معينة.

2-4 السرعة المتجهة Velocity

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

الفكرة الرئيسة: السرعة المتجهة للجسم هي التغير في موقعه بالنسبة للزمن الذي حدث فيه التغير.
- ميل الخط البياني لمنحنى (الموقع-الزمن) لجسم هو السرعة المتجهة المتوسطة لحركة الجسم.

$$\overline{\boldsymbol{v}} = \frac{\Delta \boldsymbol{d}}{\Delta t} = \frac{\boldsymbol{d}_f - \boldsymbol{d}_i}{t_f - t_i}$$

- القيمة المطلقة للسرعة المتجهة المتوسطة. تمثل السرعة المتوسطة للجسم.
- الموقع الابتدائي للجسم $\boldsymbol{d}_i$ وسرعته المتجهة المتوسطة $\overline{\boldsymbol{v}}$ وإزاحته $\boldsymbol{d}$ والزمن t ويرتبطان بعضهما ببعض بالمعادلة: $\boldsymbol{d} = \overline{\boldsymbol{v}} t + \boldsymbol{d}_i$
- مقدار سرعة الجسم واتجاه حركته عند لحظة معينة.

الأفكار الرئيسة

يمكن للطلبة استخدام ملخص الأفكار الرئيسة لمراجعة المعلومات التي وردت في الفصل وتثبيتها في أذهانهم.

الفيزياء عبر المواقع الإلكترونية
قم بزيارة الموقع الإلكتروني التالي:
www.obeikaneducation.com

خريطة المفاهيم

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

إتقان المفاهيم

30. يعطي مخطط الحركة صورة عن الحركة تساعدك على تصور كل من الإزاحة والسرعة المتجهة.

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

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

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

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

35. 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

36. 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.

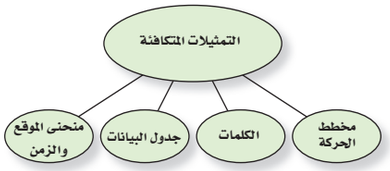
37. جمال، فواز، أحمد، أنور.

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

خريطة المفاهيم

29. أكمل خريطة المفاهيم المبينة باستخدام المصطلحات التالية:

الكلمات، التمثيلات المتكافئة، منحنى (الموقع-الزمن).



إتقان المفاهيم

30. ما الهدف من رسم مخطط الحركة؟

31. متى يمكن معاملة الجسم كجسيم نقطي؟

32. كيف يمكنك استخدام ساعة حائط لتعيين فترة زمنية؟

33. **خط التزلج** وضح كيف يمكنك أن تستخدم منحنى (الموقع-الزمن) لمتزلجين على مسار التزلج؛ لتحديد ما إذا كان أحدهما سيتجاوز الآخر؟ ومتى؟

34. **المشي و الركض** إذا غادر منزلكم شخصان في الوقت نفسه، أحدهما يركض والآخر يمشي، وتحركا في الاتجاه نفسه بسرعتين متجهتين منتظمتين. صف منحنى (الموقع-الزمن) لكل منهما.

35. إذا علمت موقع جسم متحرك عند نقطتين في مسار حركته، وكذلك الزمن الذي استغرقه الجسم للوصول من النقطة الأولى إلى الأخرى، هل يمكنك تعيين سرعته المتجهة اللحظية، وسرعته المتجهة المتوسطة؟ فسر ذلك.

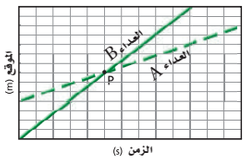
تطبيق المفاهيم

36. يمثل **الشكل 23-2** رسمًا بيانيًّا لحركة عدّاءين.

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

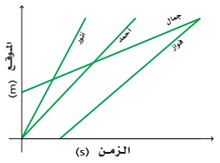
b. أي العدّاءين أسرع؟

c. ماذا يحدث عند النقطة P وما يليها؟



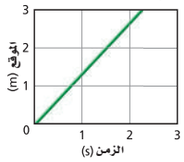
الشكل 23-2

37. يبين منحنى (الموقع-الزمن) في **الشكل 24-2** حركة أربعة من الطلبة في طريق عودتهم من المدرسة. رتب الطلبة حسب السرعة المتجهة المتوسطة من الأبطأ إلى الأسرع.



الشكل 24-2

38. يمثل الشكل **25-2** منحنى (الموقع-الزمن) لأرنب يهرب من كلب.



الشكل 25-2

a. وضح كيف يختلف هذا الرسم البياني إذا ركض الأرنب بضعفي سرعته.

b. صف كيف يختلف هذا الرسم إذا ركض الأرنب في الاتجاه المعاكس.

إتقان حل المسائل

39. تقود الطالبة أسماء دراجتها الهوائية بسرعة منتظمة مقدارها 4.0 m/s مدة 5.0 s، ما المسافة التي قطعتها خلال هذه المدة؟

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

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

42. **قيادة السيارة** إذا قاد والدك سيارته بسرعة 90.0 km/h، بينما قاد صديقه سيارته بسرعة 95.0 km/h، فسبق والدَك في الوصول إلى نهاية الرحلة. فما الزمن الذي سينتظره صديق والدك في نهاية الرحلة التي يبلغ طولها 50.0 km ؟

مراجعة عامة

43. يبين **الشكل 26–2** نموذجًا جسيميًّا نقطيًّا لحركة ولد يعبر طريقًا بصورة عرضية. ارسم منحنى (الموقع–الزمن) المكافئ للنموذج، واكتب المعادلة التي تصف حركة الولد، علمًا بأن الفترات الزمنية هي 0.1 s .

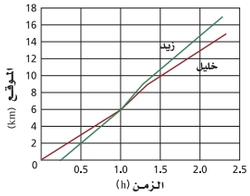
الشكل 26–2

44. يبين **الشكل 27–2** منحنى (الموقع–الزمن) لحركة كل من زيد وخليل وهما يجدفان في قاربين عبر نهر.

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

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

c. في أي موقع من النهر يوجد تيار سريع؟



الشكل 27–2

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

a. ارسم منحنى (الموقع–الزمن) لحركة كل من السيارتين. ما بعد كل منهما عن المدرسة عندما تشير ساعة الوقف إلى 2.0 h؟ حدد ذلك على رسمك البياني.

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

46. ارسم منحنى (الموقع–الزمن) لسيارتين A و B تسيران نحو الشاطئ الذي 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؟

التقويم

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

إتقان حل المسائل

39. 20 m

40. 1.5×10^{11} m

41. 11 m

42. 1.8 min (0.03 h)

مراجعة عامة

43. انظر دليل حلول المسائل

المعادلة هي $\Delta d=\bar{v}\Delta t$

44. **a.** 1.0 h

b. 45 min

c. من 6.0 km إلى 9.0 km من نقطة الأصل.

45. **a.** انظر دليل حلول المسائل.

السيارة A : 150 km

السيارة B : 170 km

b. السيارة A : 1.6 h

السيارة B : 1.4 h

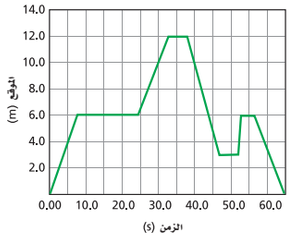
46. انظر دليل حلول المسائل. السيارتان تصلان إلى الشاطيء الساعة الواحدة.

47. يبين **الشكل 28–2** منحنى (الموقع–الزمن) لحركة علي ذهابا وإيابا 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 أدناه.

b. متى كان موقع علي على بعد 6.0 m عن نقطة الأصل؟

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



الشكل 28–2

48. 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.

49. تفسير الرسوم البيانية هل يمكن أن تُمَثل العلاقة البيانية بين الموقع والزمن لجسم بخط أفقي أو رأسي؟ إذا كانت إجابتك "نعم" فصف بالكلمات هذه الحركة.

التفكير الناقد

50. وقف طلبة شعبة الفيزياء في صف واحد، وكانت المسافة بين كل طالبين 25 m، واستخدموا ساعات وقف لقياس الزمن الذي تمر عنده سيارة تتحرك على طريق رئيس أمام كل منهم. وتم تدوين البيانات في **الجدول 4–2**.

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

الجدول 4-2

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

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

52. اكتب تقريراً حول مشاركات وإنجازات الرياضيين البحرينيين في سباق الرجل الحديدي.

مراجعة تراكمية

53. حول كلًا من قياسات الزمن التالية إلى ما يعادلها بالثواني:

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

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

التقويم

47. a. ستختلف الإجابات. (إجابة مقترحة) تحرك علي بسرعة منتظمة لمدة 8 ثوان من نقطة البداية فقطع مسافة 6 أمتار ثم توقف حتى الثانية 24. ثم تحرك بسرعة منتظمة لمدة 8 ثوان تقريبًا فقطع مسافة 6 أمتار أخرى، ثم توقف لمدة 6 ثوان تقريبًا، ثم تحرك بسرعة منتظمة في الإتجاه المعاكس لمدة 8 ثوان فقطع مسافة 9 أمتار، ثم توقف لمدة 5 ثوان، ثم عاد للحركة بسرعة منتظمة في الإتجاه الأول لمدة ثانية واحدة تقريبًا فقطع مسافة 3 أمتار، ثم توقف لمدة ثانيتين ثم تحرك بسرعة منتظمة فقطع مسافة 6 أمتار في الإتجاه المعاكس، فعاد الى نقطة البداية.

b. من 8.0 إلى 25.0s

عند 44.0s

من 53.0 إلى 58.0s

c. -1.00m/s ؛ 33.0 s

48. ستختلف الإجابات. من الحلول الممكنة أن تجعل عدة أشخاص يقفون على جانب الطريق وعلى مسافات متساوية بعضهم من بعض، وتعطي كل واحد منهم ساعة وقف، 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.

49. انظر دليل حل المسائل تفسير الرسوم البيانية.

50. انظر دليل حل المسائل. ميل الخط البياني في المنحنى وسرعة السيارة 19.7 m/s

الكتابة في الفيزياء

51. 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.

52. تقرير يحقق المطلوب

مراجعة تراكمية

53.

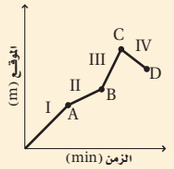
a. 5.8×10^{-8} s **b.** 4.6×10^{7} s

c. 9.27s **d.** 1.23×10^{4} s

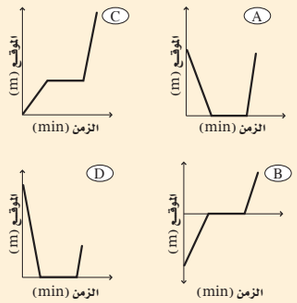
أسئلة اختيار من متعدد

1. أي العبارات التالية تعبر بشكل صحيح عن النموذج الجسيمي النقطي لحركة طائرة تقلع من مطار؟
   - (A) تكوِّنُ النقاط نمطًا وتفصل بينها مسافات متساوية.
   - (B) تكون النقاط متباعدة في البداية، ثم تتقارب مع تسارع الطائرة.
   - (C) تكون النقاط متقاربة في البداية، ثم تتباعد مع تسارع الطائرة.
   - (D) تكون النقاط متقاربة في البداية، ثم تتباعد ثم تتقارب مرة أخرى عندما تستوي الطائرة وتتحرك بالسرعة العادية للطيران.

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



2. متى بلغت السرعة المتجهة للدراجة أقصى قيمة لها ؟
   - (A) في الفترة I
   - (C) عند النقطة C
   - (B) في الفترة III
   - (D) عند النقطة B
3. ما الموقع الذي تكون عنده الدراجة أبعد ما يمكن عن نقطة البداية؟
   - (A) النقطة A
   - (C) النقطة C
   - (B) النقطة B
   - (D) النقطة D
4. في أي فترة زمنية قطع راكب الدراجة المسافة الأكبر؟
   - (A) الفترة I
   - (C) الفترة III
   - (B) الفترة II
   - (D) الفترة IV
5. هبط سنجاب عن شجرة ارتفاعها 8 m بسرعة منتظمة خلال 1.5 min، وانتظر عند أسفل الشجرة مدة 2.3 min، فجأة صدر صوت مرتفع سبب 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 المسار التالي داخل المتاهة:
   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.

اختبار مقنن الفصل - 2

سلّم تقدير

يمثّل الجدول التالي نموذجًا لسلم تقدير لأسئلة الإجابات الممتدة:

العلامات	الوصف
4	يُظهر الطالب فهمًا شاملاً لموضوع الفيزياء الذي يُدرّس. يمكن أن تتضمن الاستجابة أخطاءً ثانوية لا تعيق إظهار الفهم الكامل.
	يظهر الطالب فهمًا للمواضيع الفيزيائية التي درسها. الاستجابة صحيحة وتظهر فهمًا أساسيًّا، ولكن دون الفهم الكامل للفيزياء.
2	يُظهر الطالب فهمًا جزئيًّا للمواضيع الفيزيائية، وقد يكون قادرًا على استعمال الطريقة الصحيحة للوصول إلى الحل أو يقدّم حلًّا صحيحًا، لكن العمل يفتقر إلى استيعاب المفاهيم الفيزيائية الرئيسة.
1	يظهر الطالب فهمًا محدودًا جدًّا للمواضيع الفيزيائية، والاستجابة غير تامة (ناقصة)، وتظهر أخطاء كثيرة.
	يقدم الطالب حلًّا غير صحيح تمامًا، أو لا يستجيب على الإطلاق.

أسئلة الاختيار من متعدد

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

الأسئلة الممتدة

6. الإزاحة = 0.73 m، 16° شمال الشرق

الفصل 3 مخطط الفصل

التساؤلات الجوهرية	المواد والأدوات
افتتاحية الفصل	
3–1 1. كيف يختلف التسارع عن السرعة المتجهة؟ 2. ما المعلومات التي يوفرها منحنى (السرعة المتجهة – الزمن)؟	**تجارب الطالب** تجربة استهلالية جرس توقيت (مؤقت)، شريط مؤقت، عربة ذات سرعة منتظمة، عربة ميكانيكية، ورق لاصق، ورقة رسم بياني. تجربة مستوى مائل، كتاب، مسطرة مترية، كرتان فولاذيتان.
3–2 3. كيف توضح منحنيات (الموقع – الزمن) و (السرعة المتجهة – الزمن) الحركة بتسارع منتظم؟ 4. كيف تحدد إزاحة جسم متحرك من منحنى (السرعة المتجهة – الزمن)؟ 5. ما العلاقة بين الموقع، السرعة المتجهة، والتسارع مع الزمن؟	**عرض سريع** عربة ذات سرعة منتظمة، مستوى مائل طوله 100 cm، كرة. **عرض سريع** أنبوب على شكل حرف (U)، كرة فولاذية .
3–3 6. ما تسارع السقوط الحر؟ 7. كيف يتحرك الجسم الساقط سقوطًا حرًا؟	**تجربة إضافية** مسطرة مترية، كرة.

طرق تدريس متنوعة

م ١ أنشطة مناسبة للطلبة ذوي صعوبات التعلّم.	م ٢ أنشطة مناسبة للطلبة ذوي المستوى المتوسط.	م ٣ أنشطة مناسبة للطلبة المتفوقين (فوق المتوسط).

الفصل الثالث

الفصل 3

الحركة المتسارعة

نظرة عامة على 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 المنتظم. يستخدم الطلبة هذه المعادلات لحل مسائل تتضمن الحركة بتسارع منتظم، وينتهي الفصل بمناقشة السقوط الحر كمثال على الحركة بتسارع منتظم.

فكّر

عندما تزيد سرعة السيارة فإن المسافة التي تقطعها تصبح أكبر خلال زمن محدد. وكذلك تزداد المسافة التي تقطعها في كل ثانية.

المفردات الرئيسة

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

الفصل 3

الحركة المتسارعة
Accelerated Motion

يتوقع بعد الإنتهاء من دراسة هذا الفصل أن أكون قادرًا على:

- توضيح المفاهيم والمصطلحات (منحنى (السرعة المتجهة–الزمن)، التسارع، التسارع المنتظم، التسارع المتوسط، التسارع اللحظي، السقوط الحر، التسارع الناتج عن الجاذبية الأرضية) المتعلقة بالحركة المتسارعة وارتباطها ببعضها.
- استخدام التمثيلات المتكافئة لوصف الحركة المتسارعة وتحليل بياناتها واستخلاص النتائج.
- تطبيق علاقات بيانية ورياضية لحل مسائل تتعلق بالحركة المتسارعة.
- استخدام الأدوات والأجهزة المتعلقة بالحركة المتسارعة لإجراء التجارب وتمثيل البيانات وتحليلها لاستخلاص النتائج.
- إدراك أهمية الحركة المتسارعة وتطبيقاتها في الحياة اليومية.

الفكرة العامة

التسارع هو المعدل الزمني للتغير في السرعة المتجهة للجسم.

3-1 التسارع (العجلة)

الفكرة الرئيسة يتسارع الجسم عندما تتغير سرعته المتجهة مع الزمن، وهذا يعني؛ عندما تزداد سرعته، أو تقل، أو يتغير اتجاهها.

3-2 الحركة بتسارع منتظم

الفكرة الرئيسة يمكن وصف حركة الجسم المتحرك بتسارع منتظم من خلال المنحنيات ومعادلات الحركة.

3-3 السقوط الحر

الفكرة الرئيسة تسارع الجسم الذي يسقط سقوطاً حراً ينتج عن الجاذبية فقط.

فكر

يقف سائق سيارة السباق عند خط البداية، وعندما يضيء اللون الأخضر ينطلق السائق بأقصى سرعة. كيف يتغير موقع السيارة في أثناء تزايد سرعتها؟ وكيف تتغير سرعة السيارة بمرور الزمن؟

الفيزياء عبر المواقع الإلكترونية
obeikaneducation.com

تجربة استهلالية

الهدف يساعد هذا النشاط الطلبة على أن يدركوا الفرق بين الحركة المنتظمة والحركة المتسارعة.

المواد والأدوات جرس توقيت، شريط مؤقت، سيارتان لعبة تعملان بنابض، شريط لاصق، ورقة 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 الطلبة عن تكوين أفكار سابقة عن النشاط لا تذكر لهم أن العربة 1 ذات سرعة منتظمة.
- يمكن أن تتشارك المجموعات في العربات؛ إذ يستغرق الحصول على البيانات بضع دقائق.

تجربة استهلالية

هل تبدو جميع أنواع الحركة بالشكل نفسه عند تمثيلها بيانيًا؟

سؤال التجربة كيف يمكن مقارنة الرسم البياني الذي يبين حركة سيارة ذات سرعة منتظمة بالرسم البياني لحركة سيارة تتزايد سرعتها؟

الخطوات

1. أحضر سيارتي لعبة تعملان بنابض، وضع لوحًا خشبيًّا مناسبًا فوق سطح الطاولة لتمثيل مسار تتحرك عليه السيارتان.
2. ثبت جرس توقيت في أحد طرفي اللوح الخشبي.
3. قص قطعة من الشريط الورقي (للمؤقت) طولها 50 cm وأدخلها في المؤقت، ثم ألصق الطرف الآخر بالسيارة رقم 1.
4. دوِّن رقم السيارة على الشريط، وشغِّل جرس التوقيت، وأطلق السيارة.
5. ارفع الطرف الثاني للوح الخشبي بمقدار 8–10 cm بوضع مكعبات خشبية أسفل طرفه.
6. كرر الخطوات 5–3 باستخدام السيارة رقم 2، وإطلاقها بعد تشغيل الجرس.
7. **تسجيل البيانات وتنظيمها** حدد ثاني نقطة داكنة (سوداء) على شريط المؤقت على أنها الصفر. قم بقياس المسافة بين نقطة الصفر، وكلٍّ من النقاط الأخرى خلال عشر فترات زمنية، ثم دوِّن القراءات.
8. **عمل الرسوم البيانية واستخدامها** مثِّل بيانيًّا المسافة الكلية مع رقم الفترة الزمنية. عين القراءات لكلتا السيارتين على الرسم نفسه. دوّن رقم السيارة على الرسم البياني الذي يمثلها.

التحليل

أي السيارتين تحركت بسرعة منتظمة؟
أيهما ازدادت سرعتها؟ وضح كيف توصلت إلى ذلك من خلال تفحصك شريط المؤقت.

التفكير الناقد صف شكل كل من الرسمين البيانيين. ماعلاقة شكل الخط البياني بنوع الحركة التي تمت مشاهدتها؟

الفيزياء في حياتك

حينما تبدأ الطائرة حركتها على المدرج تتغير سرعتها من 5 m/s إلى 300 m/s، وحين تبدأ بالإقلاع فإنك تشعر بضغط المقعد على ظهرك خلال التسارع الكبير للطائرة.

تساؤلات جوهرية:

- كيف يختلف التسارع عن السرعة المتجهة؟
- ما المعلومات التي يوفرها منحنى (السرعة المتجهة–الزمن)؟

المفردات:

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

الحركة المنتظمة من أبسط أنواع الحركة. وكما درست في الفصل الثاني فإن الجسم الذي يتحرك حركة منتظمة، يسير في خط مستقيم وبسرعة منتظمة. 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 أكثر تعقيدًا للحركة. وستدرس حالات تتغير خلالها سرعة الجسم، بينما يبقى مساره مستقيمًا. وستدرس كذلك أمثلة السيارات التي تتزايد أو تتناقص سرعتها، والأجسام في أثناء سقوطها، والأجسام المقذوفة رأسيًّا إلى أعلى.

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

التحليل يجب أن يدرك الطلبة أن النقاط تمثل موقع كلٍّ من العربتين عند فترات زمنية محددة. وسيكشف تحليل المسافات بين النقاط عن العربة التي تتحرك بسرعة منتظمة (لا تتسارع) وعن العربة التي تتسارع. تحركت العربة 1 بسرعة منتظمة. العربة 2 ازدادت سرعتها. تكون المسافات بين النقاط على الشريط 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.

3-1 التسارع (العجلة)

1. التركيز

نشاط محفّز

نوع جديد من الحركة اعرض على الطلبة مثالًا على الحركة المتسارعة، مثل: سيارة لعبة تعمل بشد النابض وتتباطأ بسرعة، أو عربة تتدحرج على ورقة صنفرة. تجنب استخدام السقوط الحر كمثال؛ لأنه يصعب ملاحظة الحركة المتسارعة. اطلب إلى الطلبة أن يصفوا الفرق بين هذا النوع من الحركة وأشكال الحركة المنتظمة التي نوقشت في الفصل السابق. 1م بصري - مكاني

الربط مع المعرفة السابقة

مخططات الحركة والرسوم البيانية ارسم مخطط الحركة، ثم ارسم منحنى (الإزاحة–الزمن) لشخص يتحرك بسرعة منتظمة، واطلب إلى الطلبة تفسير كلٍّ منهما. واسألهم: ما الكمية التي يمثلها فيزيائيًا 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.

2م بصري - مكاني

2. التدريس

تجربة

سباق الكرة الفولاذية

الهدف استقصاء تسارع كرة فولاذية تتدحرج على مستوى مائل.

المواد والأدوات مستوى مائل طوله 1m، كتاب، مسطرة مترية، كرتان فولاذيتان.

النتائج المتوقعة سيتوقع الطلبة الذين يخلطون بين السرعة والتسارع أن الكرة الثانية ستفوز في البداية. ومع ذلك، فستبقى المسافة بين كرتي الفولاذ في الخطوة 4 ثابتة، وتزداد 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 الخطوة 4؛ 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 (0.4m) 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.

تجربة

سباق الكرة الفولاذية

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

1. اعمل منحدرًا طوله 1 متر (مستوىً مائلاً)
2. **حدد** علامة على بعد 40 cm من قمة المنحدر، وعلامة أخرى على بعد 80 cm من القمة أيضًا.
3. **توقع** ما إذا كانت الكرتان ستتقاربان أو تتباعدان في أثناء هبوطهما المنحدر.
4. أطلق الكرة الأولى من قمة المنحدر، وفي الوقت نفسه أطلق الأخرى من العلامة التي تبعد 40 cm عن القمة.
5. ثم أطلق إحدى الكرتين من قمة المنحدر، وعندما تصل عند العلامة 40 cm، أطلق الأخرى من القمة أيضًا.

التحليل والاستنتاج

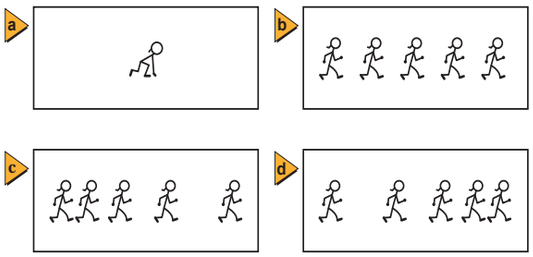
6. **فسِّر** مشاهداتك مستخدمًا مصطلحات السرعة.
7. هل كان للكرتين الفولاذيتين السرعة نفسها في أثناء تدحرجهما على المنحدر؟ وضح ذلك.
8. هل كان لهما التسارع نفسه؟ وضح ذلك.

الحركة غير المنتظمة Non-uniform Motion

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 الدوارة في متنزه الألعاب تشعر بأنك تُدفع أو تُسحب.

تأمل مخططات الحركة المبينة في **الشكل 1–3**. كيف تصف حركة العداء في كل حالة؟ ما المعلومات التي تتضمنها مخططات الحركة التي يمكن استخدامها للتمييز بين الحالات المختلفة للحركة؟

إن أهم ما يجب عليك ملاحظته في هذه المخططات هو المسافة بين المواقع المتعاقبة للعدّاء. وكما درست في الفصل الثاني أن الأجسام غير المتحركة في خلفية مخططات الحركة لا تغير مواقعها، وحيث إنه توجد صورة واحدة فقط للعدّاء في **الشكل a 1–3** فإنك تستنتج أن الجسم في حالة سكون. وفي **الشكل b 1–3** يظهر مخطط الحركة للجسم أن المسافات بين صور العدّاء في الرسم متساوية؛ لذا فإن العدَّاء يتحرك بسرعة منتظمة. أما في مخططي الحركة الآخرين، فتتغير المسافة بين المواقع المتتالية؛ فإذا كان التغير في الموقع يكبر تدريجيًّا فهذا يعني أن العدّاء يزيد من سرعته كما في **الشكل c 1–3**. أما إذا كان التغير في الموقع يقل، كما في الشكل **d 1–3**، فإن العدَّاء يتباطأ.



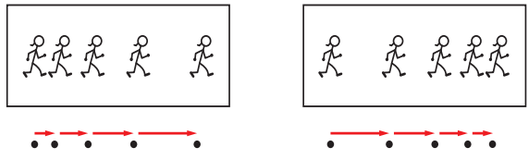
الشكل 1–3 بملاحظة المسافة التي يتحركها العداء خلال فترات زمنية متساوية يمكنك أن تحدد إن كان العداء:

a. يقف ساكنًا

b. يتحرك بسرعة منتظمة

c. يتسارع

d. يتباطأ



الشكل 2–3 النموذج الجسيمي النقطي الذي يمثل مخطط الحركة لعداء 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** مخطط الحركة باستخدام النموذج الجسيمي النقطي أسفل مخططات الحركة لتمثيل حالة العدَّاء عندما تزداد سرعته، وعندما تتباطأ سرعته. هناك مؤشران رئيسان يعبِّران عن التغير في السرعة في هذا النمط من مخططات الحركة، هما: التغير في أطوال المسافات بين النقاط، والفرق بين أطوال متجهات السرعة. فإذا كان الجسم يزيد من سرعته، فإن النقاط تتباعد أكثر ويكون متجه السرعة التالي أطول من سابقه. أما إذا كان الجسم يُبطئ من سرعته فإن النقاط تتقارب ويكون المتجه التالي أقصر. إن كلا النوعين من مخططات الحركة يعطي تصورًا عن كيفية تغير سرعة جسم ما.

التسارع في مخططات الحركة

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. لتحديد طول واتجاه متجه التسارع المتوسط اطرح متجهي سرعة متتاليين (Δv)، ثم اقسم على الفترة الزمنية (Δt). فكما هو مبين في الشكلين **3–3 a،b** فإن:

$$\Delta v = v_f - v_i = v_f + (-v_i)$$

وبالقسمة على Δt نحصل على :

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

في الشكلين **3–3 a،b** تكون الفترة الزمنية (Δt) مساوية 1 s، لذلك يكون التسارع المتوسط $\bar{a} = \frac{(v_f - v_i)}{1\ s}$

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

دلالة اللون

- متجهات التسارع تظهر باللون البنفسجي.
- متجهات السرعة تظهر باللون الأحمر.
- متجهات الإزاحة تظهر باللون الأخضر.

تطوير المفهوم

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

استخدام الشكل 2-3

كلّف الطلبة 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 أن الحركة تتزايد سرعتها، مع أن اتجاه الحركة في الشكل معاكس لاتجاه الحركة في المرآة؟ يزداد طول متجهات السرعة. دع الطلبة يثبتوا أن المخطط الأيمن وصورته في المرآة يُظهران أن الحركة تتباطأ في اتجاهين متعاكسين؛ لأن متجهات السرعة يتناقص طولها). 1م بصري - مكاني

التفكير الناقد

تفسير المنحنيات البيانية اسأل الطلبة تفسير معنى أن يكون الرسم البياني لمنحنى (السرعة المتجهة–الزمن) على شكل خط أفقي. تكون حركة الجسم بسرعة منتظمة. واسألهم 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. 2 م بصري - مكاني

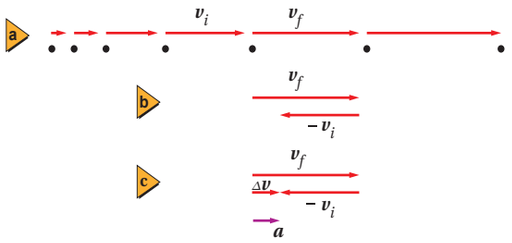
استخدام الشكل 3-3

اطلب إلى الطلبة أن يتذكروا كيف حدّدوا Δd في الفصل الثاني، مشيرًا إلى أنهم يستطيعون استخدام الأسلوب نفسه لتحديد Δv في **الشكل 3–3**، 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 2 م

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 قيمة سرعته المتجهة لحظة تغير اتجاه حركته؟ وهل سيكون تسارعه في تلك اللحظة موجبًا أم سالبًا أم صفرًا ؟

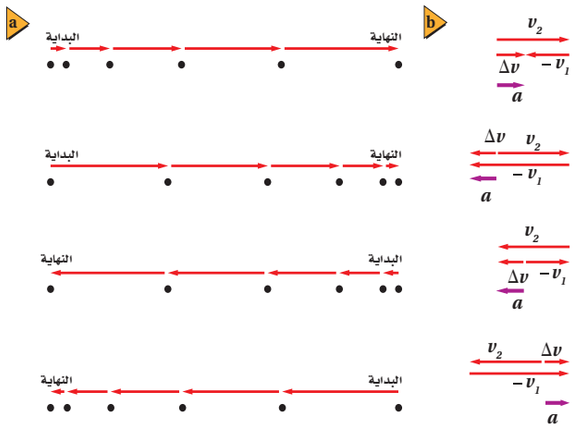
عند اللحظة التي يغير فيها زميلك اتجاه حركته، تكون سرعته المتجهة اللحظية تساوي صفرًا. وإذا كان الاتجاه الابتدائي لحركة زميلك موجبًا فإن اتجاه تسارعه سيكون سالبًا، والعكس صحيح. 2 م



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

التسارع الموجب والتسارع السالب
Positive and Negative Acceleration

تأمل الحالات الأربع الموضحة في **الشكل a 3–4**، حيث يبين مخطط الحركة الأول حركة جسم تزداد سرعته في الاتجاه الموجب المتمثل بالاتجاه نحو اليمين، ويبين المخطط الثاني حركة جسم تتناقص سرعته في الاتجاه الموجب، ويبين المخطط الثالث حركة جسم تتزايد سرعته في الاتجاه السالب، بينما المخطط الرابع يبين جسمًا تتناقص سرعته ويتحرك في الاتجاه السالب. ويبين **الشكل b 3–4** متجهات السرعة خلال الفترة الزمنية الثالثة في كل مخطط للحركة، والاتجاه العكسي لمتجهات السرعة خلال الفترة الثانية ومتجهات التسارع المتوافقة معها. بافتراض أن الفترة الزمنية Δt تساوي 1s.



الشكل 3–4

a. تمثل النماذج الجسمية النقطية أربع طرائق محتملة للحركة في مسار مستقيم بتسارع منتظم.

b. عندما تكون متجهات السرعة ومتجهات التسارع تشير إلى الاتجاه نفسه تزداد سرعة الجسم. أما عندما تشير إلى اتجاهات متعاكسة فإن الجسم يتباطأ.

استخدام التشابه

وحدات معدل "تغير المعدل" بيّن للطلبة أن وحدة قياس التسارع m/s^2 تقيس معدل تغير المعدل. اكتب الوحدة بصورة $(m/s)/s$، ثم اعمل مقارنة بين أكثر معدلات تغير المعدل شيوعًا في الحياة اليومية. وأشر إلى الطلبة أنه خلال التدريب الرياضي يتزايد معدل نبض الشخص، واكتب التعبير $\frac{\frac{\text{نبضة}}{\text{دقيقة}}}{\text{دقيقة}}$ على السبورة، واكتب الوحدة بالكلمات على النحو التالي " نبضة في الدقيقة لكل دقيقة". واطلب إليهم أن يفسّروا ما تقيسه وحدة نبضة/ (دقيقة)^2. معدل تغير معدل النبض. 2 م

في الوضعين الأول والثالث عندما يزيد الجسم سرعته، يكون لكل من متجهات السرعة والتسارع الاتجاه نفسه. أما في الوضعين الآخرين عندما يكون متجه التسارع في الاتجاه المعاكس لمتجهات السرعة فإن الجسم يتباطأ. ولكي تحدد ما إذا كان الجسم سيتسارع أم سيتباطأ، أنت بحاجة إلى معرفة كل من اتجاه سرعة الجسم واتجاه تسارعه.

وعليه، يكون للجسم تسارع موجب عندما يكون اتجاه متجه التسارع في الاتجاه الموجب للحركة، وقد يكون الجسم متسارعًا أو متباطئًا، ويكون للجسم تسارع سالب عندما يكون اتجاه متجه التسارع في الاتجاه السالب للحركة، وقد يكون الجسم متسارعًا أو متباطئًا.

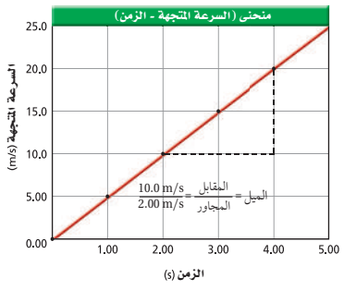
منحنى السرعة المتجهة–الزمن Velocity-Time Graph

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

يبين **الشكل 5–3** 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 5–3 يمثل ميل الخط البياني لمنحنى (السرعة المتجهة – الزمن) تسارع الجسم.

كما 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 $5.00\ m/s$، ويعرف المعدل الزمني الذي تتغير فيه سرعة جسم **بتسارع الجسم**، ويرمز له بالرمز $\boldsymbol{a}$. وعندما تتغير سرعة جسم بمعدل منتظم يكون له تسارع منتظم.

استخدام الشكل 3-4

اطلب إلى الطلبة أن يلاحظوا تزايد أطوال متجهات السرعة في مخططات الحركة الأول والثالث، مما يشير إلى أن الجسم يكتسب سرعة. واطلب إليهم أن يلاحظوا أن $\boldsymbol{v}_1$ و$\boldsymbol{v}_2$، و$\Delta \boldsymbol{v}$ و $\boldsymbol{a}$ لها الاتجاه نفسه. وأشر إلى أنه يمكن للشخص أن يتوقع أن الجسم ستزداد سرعته إذا كان تسارعه في اتجاه حركته نفسه. واطلب إلى الطلبة أن يتوصلوا من خلال مناقشة مشابهة إلى الشروط التي يتباطأ عندها الجسم . م 2

نشاط

مساعدة الطلبة ذوي صعوبات التعلم

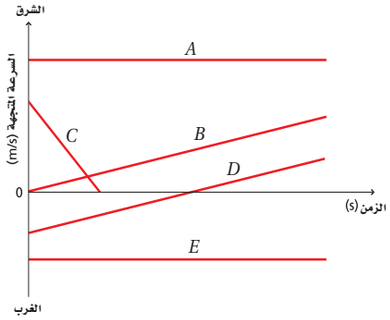
اتجاه $\Delta \boldsymbol{v}$ أكد على أن $\Delta \boldsymbol{v}$ تساوي التغير في السرعة من $\boldsymbol{v}_i$ إلى $\boldsymbol{v}_f$. فعلى سبيل المثال في **الشكل 4–3**، اطلب إلى الطلبة أن يلاحظوا أن سرعة جسم ما تزداد في اتجاه اليمين، وطول متجه السرعة يمتد من $\boldsymbol{v}_i$ إلى $\boldsymbol{v}_f$ بمقدار يساوي $\Delta \boldsymbol{v}$، وأن اتجاه المتجه $\Delta \boldsymbol{v}$ يكون في اتجاه الحركة. واطلب إليهم أن يرسموا مخطط حركة جسم يتباطأ في اتجاه اليمين، وملاحظة أن متجه السرعة يتناقص في الطول من $\boldsymbol{v}_i$ إلى $\boldsymbol{v}_f$ بمقدار $\Delta \boldsymbol{v}$. وبما أن المتجه قد نقص طوله، فسيكون اتجاه التغير في متجه السرعة $\Delta \boldsymbol{v}$ نحو اليسار وفي عكس اتجاه الحركة. م 2 بصري - مكاني

المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

التسارع الموجب والتسارع السالب يربط الطلبة 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 أيضا. **م2**

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 6–3** تشتمل على معلومات عن سرعة وتسارع كل عدّاء. وبملاحظة التغير في سرعة كل عدّاء، ستجد أن العدّاءين *A* و *E* لا تتغير سرعتهما في أثناء الحركة، هذا يعني أن تسارع كل منهما يساوي صفرًا، بينما سرعة العدّاء *B* تتزايد بانتظام، وهذا يعني أنه يتحرك بتسارع موجب في عكس حركة العداء *C* الذي تلاحظ أن سرعته موجبة وتتناقص بانتظام؛ أي أنه يتحرك بتسارع سالب. أما العداء *D* فتلاحظ أن سرعته تتغير بانتظام، حيث تتناقص سرعته من قيمة سالبة إلى الصفر، ثم تتزايد سرعته عندما تصبح موجبة.



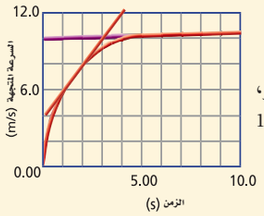
الشكل 6–3 الرسمان البيانيان *A* و *E* يبينان الحركة بسرعة منتظمة في اتجاهين متعاكسين (التسارع يساوي صفرًا)، والرسم *B* يبين سرعةَ متجهةً موجبةً وتسارعًا موجبًا. والرسم *C* يبين سرعةً متجهةً موجبةً وتسارعًا سالبًا. والرسم *D* يبين حركة **بتسارع** موجب منتظم، بحيث يخفض السرعة المتجهة عندما تكون سالبةً، ويزيدها عندما تكون موجبةً.

نشاط — طرائق تدريس متنوعة

إعاقة بصرية لمساعدة الطلبة على فهم **الشكل 7–3**، اعمل متجهات يستطيع الطلبة الذين يعانون من ضعف البصر تمييزها بوساطة حاسة اللمس. فمثلاً، شكّل سهمين من الورق المقوى (كرتون)، طولاهما: 10 cm، و20 cm لتمثيل متجهين مختلفين لِـ $\Delta \vec{v}$. بعد ذلك ألصق قطعة من ورق الصنفرة على لوح الكرتون، ثم اقطع سهمًا بطول 15 cm. بعد ذلك ألصق قطعة صغيرة من اللباد (الجوخ) على قطعة أخرى من الكرتون، واقطع سهمًا طوله 5cm. كوّن مجموعة من طالبين، أحدهما مبصر، والآخر لديه صعوبة بصرية، واطلب إلى الفريق استخدام الأسهم لإنشاء كل واحدة من الحالات في **الشكل 7–3**. في كل حالة يستطيع الطالب المصاب أن يتعرف بوساطة اللمس مقدار واتجاه كل من المتجهات: $\vec{v}_1$ ، $\vec{v}_2$ ، $\Delta \vec{v}$ **م1** حركي

مثـال 1

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



1 تحليل المسألة

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

المعلوم	المجهول
متغير = v	a = ?

2 إيجاد الكمية المجهولة

ارسم مماسًّا للمنحنى عند الزمن $t = 1.0$ s ، ثم ارسم مماسًّا آخر عند الزمن $t = 5.0$ s

أوجد التسارع a عند 1.0 s

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

ميل الخط عند 1.0 s يساوي التسارع

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

أوجد التسارع عند 5.0 s

ميل الخط عند 5.0 s يساوي التسارع

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

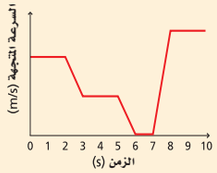
التسارع غير منتظم لأنه يتغير من $2.0\ \text{m/s}^2$ في اللحظة 1.0 s ، إلى $0.03\ \text{m/s}^2$ في اللحظة 5.0 s ، في الاتجاه الموجب لأن كلتا القيمتين موجبة.

3 تقويم الجواب

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

مسائل تدريبية

1. يبين **الشكل 7–3** منحنى (السرعة المتجهة –الزمن) لجزء من حركة أحمد في حديقة الأمير خليفة الكبرى بالرفاع الشرقي. ارسم مخطط الحركة للحركة الممثلة في الرسم البياني، وأكمله برسم متجهات السرعة.

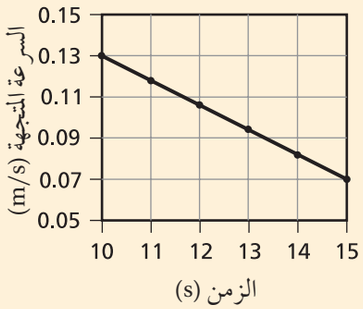


الشكل 7–3

2. تركض قطة داخل منزل، ثم تبطئ من سرعتها وتنزلق على أرضية خشنة بتسارع منتظم حتى تتوقف، ارسم نموذج الجسيم النقطي لحركة القطة، واستخدم متجهات السرعة لرسم متجه التسارع.

مثال صفي

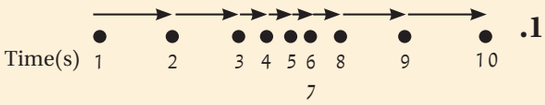
سؤال: صف السرعة والتسارع المتوسط لسيارة لعبة تعمل بشد النابض من خلال الرسم البياني الموضح في الشكل أدناه.



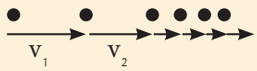
الإجابة: تتناقص السرعة المتجهة للسيارة بانتظام وفق تسارع متوسط مقداره $-0.012\ \text{m/s}^2$ ، والتسارع سالب (تباطؤ) لأنه في عكس اتجاه السرعة (الحركة) الموجب الذي تم اختياره.

مسائل تدريبية

.1



.2



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

معلومة للمعلم

الخلفية النظرية للمحتوى

التباطؤ لا يستخدم مصطلح "تباطؤ" في الكتاب المقرر؛ وذلك بسبب غموضه. فهو يعني بالنسبة إلى البعض (التمهل أو خفض السرعة)، وبالنسبة للبعض الآخر (التسارع السالب). وكما يؤكد هذا الدرس فإن التسارع السالب يمكن أن يسبب خفض السرعة أو زيادتها، وذلك بحسب اختيار النظام الإحداثي.

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. **1م** حركي

تعزيز الفهم

اتجاه التسارع اطلب إلى الطلبة رسم مخطط الحركة للحالات التالية، مفترضين أن الاتجاه نحو الأمام هو الاتجاه الموجب: سيارة متوقفة (a) بدأت ترجع إلى الخلف. ثم (b) تقف. (c) تتحرك نحو الأمام. ثم (d) تقف. واسأل الطلبة أن يحددوا أي الحركات ذات تسارع موجب، وأيّها ذات تسارع سالب؟ الحركة (a) و (c) ذات تسارع موجب، بينما الحركتان (b) و(d) ذات تسارع سالب. **1م** بصريّ - مكاني

التسارع المتوسط والتسارع اللحظي

Average and Instantaneous Acceleration

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

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 $\bar{a}$.

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

التسارع المتوسط يساوي التغير في السرعة مقسومًا على الزمن الذي حدث خلاله هذا التغير.

افترض أنك تتحرك باتجاه جدار بسرعة 4 m/s، ثم تحركت بعيدًا عن الجدار بالاتجاه المعاكس بسرعة 4 m/s واستغرق ذلك زمنًا مقداره 10 s، ما تسارعك المتوسط بافتراض أن الاتجاه الموجب في اتجاه الجدار؟

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

$$= \frac{(-4.0\ m/s) - (4.0\ m/s)}{10.0\ s} = \frac{-8\ m/s}{10.0\ s} = -0.80\ m/s^2$$

تشير الإشارة السالبة إلى أن اتجاه التسارع بعيدًا عن الجدار.

مسائل تدريبية

3. استعن **بالشكل 8–3** الذي يوضح منحنى (السرعة المتجهة – الزمن) لقطار لعبة، للإجابة عن الأسئلة التالية:

a. متى كان القطار يتحرك بسرعة منتظمة؟

b. خلال أي فترات زمنية كان تسارع القطار موجبًا؟

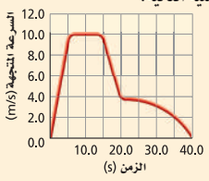
c. متى اكتسب القطار أكبر تسارع سالب؟

4. استعن **بالشكل 8–3** 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



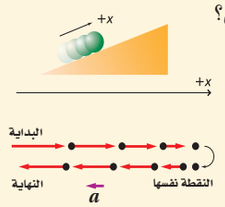
الشكل 8–3

مثـال 2

التسـارع صـف حركـة كرة تتدحرج صاعدة مستوى مائلاً بسـرعة ابتدائيـة 2.50 m/s، وتتباطأ لمـدة 5.00 s، ثم تقف للحظة، ثم تتدحرج هابطة المسـتوى المائل، فتزداد سـرعتها تدريجيًّا. فإذا تم اختيار الاتجاه الموجب في اتجاه المسـتوى المائل إلى أعلى، ونقطة الأصل عند نقطة بدء الحركة، فما تسـارع الكرة عندما تتدحرج صاعدة المستوى المائل؟ وما إشارة تسارعها عند تدحرجها هابطة من أعلى المستوى؟

1 تحليل المسألة ورسمها

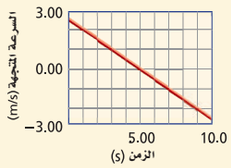
- ارسم النموذج الجسمي النقطي للحركة.
- ارسم نظامًا إحداثيًا بالاعتماد على النموذج الجسيمي للحركة.



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 تسارع الكرة أثناء صعودها المستوى المائل.



61

مسائل تدريبية

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. $2.0\ \text{m/s}^2$
   b. $-1.2\ \text{m/s}^2$
   c. $0.0\ \text{m/s}^2$

مثال صفي

سـؤال: ينزلـق لاعـب هوكـي بسـرعة منتظمة 1.25 m/s في الاتجاه الموجب فـوق جـزء غير أملـس من الجليـد، مما يسـبب إبطـاء حركته. فـإذا توقف خلال 5.0 s، فما مقدار واتجاه تسارعه؟

الإجابة: $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{-1.25\ \text{m/s}}{5.0\text{s}}$

$a = 0.25\ \text{m/s}^2$ في الاتجاه السالب

نشاط

مشروع فيزياء

الحركة ذات التسارع الأبطأ وزع الطلبة في عدة مجموعات، ثم اطلب إلى كل مجموعة تقديم عروض إيمائية تمثل حركات تتسارع في اتجاه الحركة بمعدل ثابت وضئيل للغاية (على ألا يساوي الصفر). يمكن أن تتضمن العروض حركة جسم على مستوى مائل، أو حركته في حالة السقوط الحر. على كل فريق أن يبرهن لطلبة الصف أن الحركة تستمر ثلاث ثوانٍ على الأقل، وأن يدعم ما توصل إليه ببيانات مناسبة تدل على أن التسارع يكون منتظمًا خلال هذا الزمن. م 2 حركي

مسائل تدريبية

.5 $3.0\ m/s^2$

.6 **a.** $-8.3\ m/s^2$

b. النصف كحد أقصى $-4.2\ m/s^2$

.7 $-0.28\ m/s^2$

تابع مثـال 2

عوض لإيجاد التغير في السرعة والزمن المستغرق لحدوث هذا التغير

$$\Delta v = v_f - v_i$$
$$= 0.00\ m/s - 2.50\ m/s = -2.50\ m/s$$

بالتعويض عن $v_f = 0.00\ m/s$ ، $v_i = 2.50\ m/s$

$$\Delta t = t_f - t_i$$
$$= 5.00\ s - 0.00\ s = 5.00\ s$$

بالتعويض عن $t_i = 0.00\ m/s$ ، $t_f = 5.00\ s$

أوجد التسارع

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$
$$= \frac{-2.5\ m/s}{5.00\ s} = -0.500\ m/s^2$$

بالتعويض عن $\Delta t = 5.00\ s$ ، $\Delta v = -2.50\ m/s$

3 تقويم الجواب

- **هل الوحدات صحيحة؟** التسارع يقاس بوحدة m/s^2.
- **هـل للاتجاهـات معنى؟** خـلال الثواني الخمس الأولـى (0.00 s–5.00 s)، كان اتجاه التسـارع في عكس اتجاه السرعة المتجهة، والكرة تتباطأ.

وتكون إشارة التسارع موجبة أي أن التسارع $0.500\ m/s^2$ في اتجاه أسفل المستوى المائل

مسائل تدريبية

.5 تتحرك سيارة بسرعة 3.0 m/s باتجاه الشرق وبعد مرور 2.50 s استدار السائق وتحرك باتجاه الغرب بسرعة 4.5 m/s، فما التسارع المتوسط للسيارة باعتبار اتجاه الغرب هو الاتجاه الموجب؟

.6 حافلة تسير بسرعة 25 m/s، ضغط السائق على الفرامل فتوقفت بعد 3.0 s. أجب عما يلي:

a. ما التسارع المتوسط للحافلة في أثناء الضغط على الفرامل؟

b. كيف يتغير التسارع المتوسط للحافلة إذا استغرقت ضعف الفترة الزمنية السابقة للتوقف؟

.7 كان خالد يعدو بسرعة 3.5 m/s نحو موقف حافلة لمدة 2.0 min، وفجأة نظر إلى ساعته فلاحظ أن لديه متسـعًا من الوقت قبل وصول الحافلة، فأبطأ سـرعة عدوه خلال الثواني العشر التالية إلى 0.75 m/s، ما تسارعه المتوسط خلال هذه الثواني العشر؟

تتشابه السرعة المتجهة والتسارع في أنهما عبارة عن معدل تغيّر؛ فالتسارع هو المعدل الزمنيّ لتغيّر السرعة، والسرعة هي المعدل الزمني لتغيّر الإزاحة، ولكن لكل من السرعة والتسارع قيم متوسطة وقيم لحظية، وستتعلم لاحقًا في هذا الفصل أن المساحة تحت منحنى (السرعة المتجهة – الزمن) تمثل إزاحة الجسم، وأن المساحة تحت منحنى (التسارع – الزمن) تمثل سرعة الجسم.

3-1 مراجعة

8. **منحنى (السرعة-الزمن)** ما المعلومات التي يمكن استخلاصها من منحنى (السرعة–الزمن).

9. **منحنيات الموقع-الزمن، والسرعة المتجهة-الزمن** انطلق عدّائين من مكانين مختلفين بسرعة منتظمة لكل منهما مقدارها 7.5 m/s في اتجاه الشرق، وعند الزمن $t = 0$، كان أحدهما على بعد 15 m إلى الشرق من نقطة الأصل، والآخر على بعد 15m غربها، أجب عما يلي:

   a. ارسم الخطين البيانيين الممثلين لحركة العدّاءين في منحنى (الموقع–الزمن)؟

   b. ارسم الخطين البيانيين الممثلين لحركة العدّاءين في منحنى (السرعة المتجهة –الزمن)؟ ثم وضح الفرق بينهما.

10. **السرعة** وضح كيف يمكنك استخدام منحنى (السرعة المتجهة– الزمن)، لتحديد الزمن الذي يتحرك عنده الجسم بسرعة معينة.

11. **منحنى (السرعة-الزمن)** مثّل بيانيًا منحنى (السرعة المتجهة–الزمن) لحركة سيارة تسير في اتجاه الشرق بسرعة 25 m/s لمدة 100 s، ثم في اتجاه الغرب بسرعة 25 m/s لمدة 100 s أخرى.

12. **السرعة المتوسطة والتسارع المتوسط** يتحرك قارب بسرعة 2.0 m/s في عكس اتجاه جريان نهر، ثم يدور حول نفسه وينطلق في اتجاه جريان النهر بسرعة 4.0 m/s، فإذا كان الزمن الذي استغرقه القارب في الدوران 8.0 s، ما التسارع المتوسط للقارب؟

13. **التفكير الناقد** ضبط شرطي مرور سائقًا يسير بسرعة تزيد بمقدار 32 km/h عن حد السرعة المسموح به لحظة تجاوزه سيارة أخرى تنطلق بسرعة أقل. سجل الشرطي 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 خلف الثانية.

هل كان كل من القاضي وشرطي المرور على صواب؟ وضح ذلك برسم مخطط للحركة، ورسم منحنى (الموقع–الزمن).

3. التقويم

إعادة التدريس

الحركة والمتجهات ارسم على السبورة متجهي سرعة متتابعين يتزايد طولاهما ولهما الاتجاه نفسه، وسمهما v_1، v_2 على الترتيب. بيّن للطلبة أن السرعتين المتجهتين موجبتان. واطلب إليهم أن يفسّروا كيف يستخدمون متجهات السرعة لإيجاد اتجاه متجه التسارع. ايجاد Δv بوساطة طرح المتجه v_1 من المتجه v_2 . اتجاه التسارع a هو اتجاه Δv . 2م بصري - مكاني

التوسع

الخبرات اليومية مع الحركة المتسارعة اسأل الطلبة أن يصفوا الخبرات التي مرت بهم عن الحركة المتسارعة خلال الأيام القليلة الماضية، واطلب إليهم أن يقدروا قيمة التسارعات التي اختبروها، أو أن يشرحوا كيف يمكنهم قياس كلٍّ منها. 2م

3-1 مراجعة

8. مقدار السرعة المتجهة عند أي وقت، والزمن الذي يكون للجسم عنده سرعة معينة، وإشارة كلٍّ من السرعة المتجهة، والإزاحة.

9. **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.

10. ارسم خطًّا أفقيًا عند السرعة المحددة. وأوجد النقطة التي يتقاطع فيها المنحنى مع هذا الخط. ثم أسقط خطًّا عموديًّا من نقطة التقاطع على محور الزمن t فتحصل على الزمن المطلوب.

11. انظر دليل حلول المسائل.

12. باعتبار أن الاتجاه الموجب هو اتجاه جريان النهر. فإن التسارع المتوسط للقارب $0.8\ m/s^2$

13. 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.

3-2 الحركة بتسارع منتظم

1. التركيز

نشاط محفّز

الحركة على مستوى مائل ضع مستويين مائلين بزاويتي ميل مختلفتين، واطلب إلى الطلبة أن يلاحظوا حركة كرة فولاذية تنطلق من السكون وتتدحرج من أعلى كلٍّ منهما إلى الأسفل. اطلب إليهم تقديم دليل على أن للكرتين تسارعًا مختلفًا. تستغرق الكرتان زمنًا مختلفًا لتقطعا المسافة نفسها من السكون. 1P بصري - مكاني

الربط مع المعرفة السابقة

الميل والتسارع المتوسط ذكّر الطلبة بما تعلموه في الجزء 1-3، حيث توصلوا إلى أن ميل منحنى (السرعة المتجهة – الزمن) هو معادلة التسارع المتوسط.

2. التدريس

الفيزياء في حياتك

تخيل سيارة تسير في طريق معبد، وفجأة شاهد السائق عائقاً يسد طريقه، هل بإمكان السائق أن يتوقف في التوقيت المناسب؟ إن كل ذلك يعتمد على فعالية كوابح السيارة في إبطاء حركتها.

تساؤلات جوهرية:

- كيف توضح منحنيات (الموقع- الزمن) و (السرعة المتجهة-الزمن) الحركة بتسارع منتظم؟
- كيف تحدد إزاحة جسم متحرك من منحنى (السرعة المتجهة-الزمن)؟
- ما العلاقة بين الموقع، السرعة المتجهة، التسارع مع الزمن؟

مسائل تدريبية

14. a. 1.0 m/s b. -1.0 m/s

c. تتناقص سرعة الكرة في الحالة الأولى. تتباطأ الكرة في الحالة الثانية حتى تقف، ثم تتدحرج إلى الخلف هابطة التل بتسارع (مقدار التباطؤ نفسه). انظر دليل حلول المسائل.

15. 9.0 s

لقد تعلمت أنه يمكن إيجاد الموقع الجديد لجسم متحرك بعد مرور فترة زمنية من خلال معرفة الموقع الإبتدائي للجسم وسرعته المتجهة المتوسطة، ويمكن بالطريقة نفسها إيجاد السرعة المتجهة للجسم بعد مضي فترة زمنية من معرفة السرعة المتجهة الإبتدائية والتسارع المتوسط للجسم.

السرعة بدلالة التسارع المتوسط

Velocity with Average Acceleration

يمكنك استخدام التسارع المتوسط لجسم خلال فترة زمنية، لتعيين مقدار التغير في سرعته 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 النهائية والتسارع المتوسط يمكن كتابتها على النحو التالي:

$$v_f = v_i + \bar{a}\,\Delta t$$

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

في الحالات التي يكون فيها التسارع منتظمًا، يكون التسارع المتوسط $\bar{a}$ هو التسارع اللحظي a نفسه. وهناك حالات يكون فيها التسارع غير منتظم، من مثل حركة البندول أو غيرها من الحركات التي تخضع لقوى غير منتظمة.

مسائل تدريبية

14. تتحرك كرة جولف إلى أعلى تل في اتجاه حفرة الجولف، افترض أن الاتجاه نحو الحفرة هو الاتجاه الموجب، أجب عما يلي:

a. إذا انطلقت كرة الجولف بسرعة 2.0m/s، وتباطأت بمعدل منتظم $0.50\,m/s^2$، فما سرعتها بعد مضي 2.0s؟

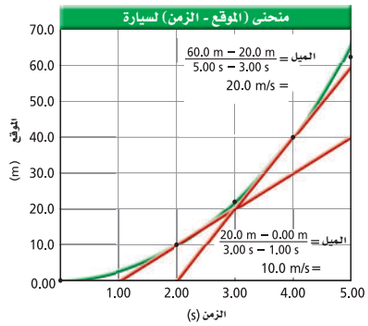
b. ما سرعة كرة الجولف إذا استمر التسارع المنتظم لمدة 6.0 s؟

c. صف حركة كرة الجولف بالكلمات، ثم باستخدام مخطط الحركة.

15. تتباطأ سرعة سيارة من 22 m/s بمعدل منتظم مقداره $2.1\,m/s^2$. ما الزمن الذي تحتاج إليه السيارة قبل أن تسير بسرعة 3.0 m/s؟

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	62.5



■ **الشكل 9–3** يزداد ميل الخط البياني في منحنى (الموقع-الزمن) لسيارة تتحرك بتسارع منتظم، كلما زاد زمن الحركة.

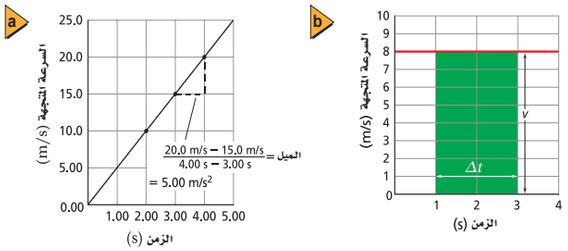
الموقع بدلالة التسارع المنتظم

Position with Constant Acceleration

توصلت إلى أن الجسم الذي يتحرك بتسارع منتظم يغير سرعته بمعدل منتظم. ولكن كيف يتغير موقع الجسم المتحرك بتسارع منتظم؟ يبين **الجدول 2–3** بيانات الموقع عند فترات زمنية مختلفة لسيارة تتحرك بتسارع منتظم، وقد مثلت بيانات الجدول بالرسم البياني الموضح في **الشكل 9–3**، حيث يظهر من الرسم البياني أن حركة السيارة غير منتظمة؛ فالإزاحات خلال فترات زمنية متساوية على الرسم تصير 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 الخطوط الموضحة في **الشكل 9–3** يطابق السرعة الممثلة بيانيًّا في **الشكل 10a–3**. لكن لا تستطيع رسم منحنى الموقع–الزمن باستخدام منحنى (السرعة المتجهة–الزمن)؛ لأن الأخير لا يحتوي على أي معلومات حول موقع الجسم. ومع ذلك فهو يحتوي على معلومات عن إزاحته.

التجربة العملية:
كيف تتدحرج الكرة؟



■ **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 $d_f = \left(\frac{1}{2}\right) a t_f^2$ اطلب إلى الطلبة أن يستخدموا نتيجة العرض السريع. (السرعة النهائية لجسم يتحرك بتسارع منتظم من السكون تساوي ضعفي سرعته المتوسطة خلال تلك الفترة الزمنية). وتعريف التسارع المتوسط $\bar{a}$ لإثبات أن $d_f = \left(\frac{1}{2}\right) a t_f^2$ لجسم يتحرك مبتدئًا من السكون. فإذا كانت $v_i = 0$ ، $t_i = 0$ ، $d_i = 0$ فإن:

$$v_f = a t_f = 2 v_{ave} = 2 \frac{d_f}{t_f}$$

أو

$$a t_f = 2 \frac{d_f}{t_f}$$

وبحلها ووضع d_f على طرف وحدها.

$$d_f = \frac{a\left(t_f\right)^2}{2} = \frac{1}{2} a t_f^2$$

3 م منطقي-رياضي

عرض سريع

السرعة المتجهة المتوسطة والنهائية

الزمن المقدر 15 دقيقة.

المواد والأدوات عربة ذات سرعة منتظمة، مستوى مائل طوله 1 m، كرة.

الخطوات ركب المستوى المائل بحيث تسير العربة والكرة مسافة 100 cm في الزمن نفسه. أكد للطلبة أن كلًّا من العربة والكرة ستتحركان مسافة 100 cm خلال الزمن نفسه. أطلق الكرة من السكون من قمة المستوى المائل في اللحظة نفسها التي تتحرك فيها العربة مسافة 100 cm، واطلب إلى الطلبة أن يلاحظوا أن العربة والكرة تصلان إلى نهاية المنحدر في الوقت نفسه. تأكد أن تكلف أحد الطلبة بإيقاف الكرة قبل أن تنطلق عند نهاية المنحدر.

بيّن للطلبة 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 المنحدر، ثم أوقف الكرة والعربة في اللحظة نفسها مبينًا لهم أن الكرة تحركت من نهاية المنحدر مسافة تساوي ضعفي المسافة التي قطعتها العربة من نهاية المنحدر. اسأل الطلبة كم كانت سرعة تحرك الكرة مقارنة بسرعة العربة. ضعفي سرعة العربة، لأن الكرة قطعت مسافة تساوي ضعفي المسافة التي قطعتها العربة من نهاية المنحدر في الزمن نفسه. اشرح لهم أن السرعة النهائية للجسم الذي يتحرك بتسارع منتظم من السكون تساوي ضعفي السرعة المتجهة المتوسطة خلال الفترة الزمنية نفسها.

المناقشة

سؤال بالعودة إلى فقرة "نشاط محفز"، اسأل الطلبة عن الطرائق التي يمكن أن تصل فيها الكرتان إلى نهايتي المستويين المائلين في الوقت نفسه. صنف استنتاجات الطلبة وفقًا إلى: تغيير الانحدار، v_i أو d، ثم اختبر استنتاجاتهم.

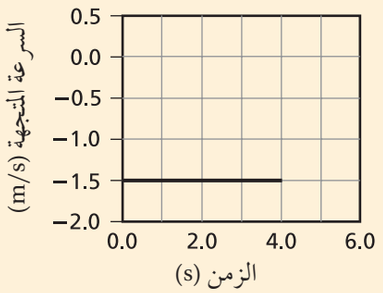
يجب أن تتضمن الإجابات تغيير ميل أحد المستويين حتى يتساويا، تغيير السرعة الابتدائية، أو تغيير نقطة انطلاق إحدى الكرتين. 2 م

استخدام الشكل 3-10a

اطلب إلى الطلبة أن يستخدموا البيانات في **الجدول 2–3** لرسم منحنى (الإزاحة–الزمن)، ثم دعهم يعينوا الميل عند أزمنة مختلفة، فمثلاً عندما $t=1.0\ s$ و$t=3.0\ s$، ثم تأكد من حساباتهم مقارنة بالقيم المرسومة في **الشكل 10a–3**. 2م

مثال صفي

سؤال: يمثل منحنى (السرعة المتجهة–الزمن) المبين أدناه حركة سيارة. ما مقدار إزاحة السيارة عند $t=4.0s$؟



الإجابة:

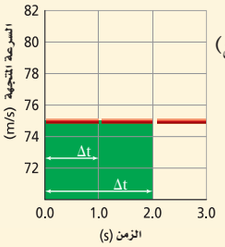
$d = vt = (-1.5\text{m/s})\ (4.0\ \text{s})$

$d = -6.0\ \text{m}$

يوضح **الشكل 10b–3** منحنى (السرعة المتجهة– الزمن) لجسم يتحرك بسرعة منتظمة، وبدراسة الشكل تحت الخط البياني للمنحنى (المستطيل المظلل) تجد أن سرعة الجسم v تمثل طول المستطيل، بينما الفترة الزمنية 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

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

- الإزاحة عدديًا تساوي المساحة تحت منحنى (السرعة المتجهة –الزمن)
- تبدأ الفترة الزمنية من اللحظة $t = 0.0$

المعلوم	المجهول
$v = +75\ \text{m/s}$	$\Delta d = ?$
$t = 1.0\ \text{s}$	
$t = 2.0\ \text{s}$	

2 إيجاد الكمية المجهولة

أوجد الإزاحة خلال 1.0 s

بالتعويض عن $v = +75\text{m/s},\ \Delta t = 1.0\ \text{s}$

$d = vt$

$= (+75\ \text{m/s})\ (1.0\ \text{s}) = +75\text{m}$

أوجد الإزاحة خلال 2.0 s

بالتعويض عن $v = +75\ \text{m/s},\ \Delta t = 2.0\ \text{s}$

$\Delta d = v\Delta t$

$= (+75\ \text{m/s})\ (2.0\ \text{s}) = +150\ \text{m}$

3 تقويم الجواب

- **هل الوحدات صحيحة؟** الإزاحة تقاس بالأمتار.
- **هل للإشارات معنى؟** الإشارات الموجبة تتفق مع الرسم البياني.
- **هل الجواب منطقي؟** قطع مسافة مساوية تقريبًا لطول ملعب كرة قدم خلال ثانيتين واقعي بالنسبة لسرعة الطائرة.

المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

المساحة تحت منحنى (السرعة المتجهة–الزمن) ربما يعتبر الطلبة في المثال 3 أن ارتفاع المساحة سيتراوح بين 75 m/s و 70 m/s، لذا ذكرهم أن v هي ارتفاع الخط المرسوم فوق محور الزمن t ويقطع المحور v عند $v = 0$.

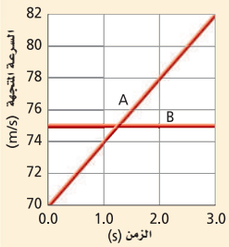
نشاط — مساعدة الطلبة ذوي صعوبات التعلم

مساحة منحنى (السرعة المتجهة–الزمن) سبق لمعظم الطلبة حساب مساحة سطح كتلة خشبية بضرب قيمة أحد أبعادها في آخر متعامد عليه. وضح للطلبة أن وحدات المساحة تساوي حاصل ضرب الوحدة الممثلة على المحور السيني، في الوحدة الممثلة على المحور الصادي. وفي 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 الطلبة أن يأخذوا بعين الاعتبار منحنى آخر يمثل العلاقة بين (المعدل– والزمن) مثل معدل أجر العمل(دينار/ 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 بالدينار). 1م بصري–مكاني

16. استخدم **الشكل 11–3** لتعيين سرعة كل من الطائرتين A و B عند كل من الأزمنة التالية:

a. 1.0 s **b.** 2.0 s **c.** 2.5 s



الشكل 11–3

17. تسير سيارة بسرعة منتظمة قدرها 25 m/s لمدة 10.0 min، ثم ينفد منها الوقود، فيسير السائق على قدميه في الاتجاه نفسه بسرعة 1.5 m/s لمدة 20.0 min ليصل إلى أقرب محطة وقود. فإذا 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، اجب عما يلي:

a. ارسم منحنى (السرعة المتجهة –الزمن) معتمدًا الثانية وحدة للزمن.

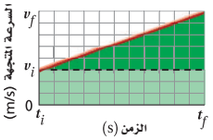
إرشاد: احسب المسافة التي قطعها السائق إلى محطة الوقود، لإيجاد الزمن الذي استغرقه حتى يعود إلى السيارة.

b. ارسم منحنى (الموقع–الزمن) باستخدام المساحات تحت منحنى (السرعة المتجهة –الزمن).

توصلت سابقًا أنه يمكن إيجاد الإزاحة من منحنى (السرعة المتجهة– الزمن) لجسم يتحرك بتسارع منتظم مبتدئًا بسرعة ابتدائية v_i، وذلك بحساب المساحة تحت المنحنى. ففي **الشكل 12–3** تحسب الإزاحة Δd بتقسيم المساحة تحت المنحنى إلى مستطيل ومثلث .

يمكن إيجاد مساحة المستطيل بوساطة العلاقة: $\Delta d_{\text{مستطيل}} = v_i \Delta t$

وإيجاد مساحة المثلث بالعلاقة: $\Delta d_{\text{مثلث}} = \frac{1}{2} \Delta v \Delta t$



الشكل 12–3 يمكن إيجاد إزاحة جسم يتحرك بتسارع منتظم بحساب المساحة تحت منحنى (السرعة المتجهة – الزمن).

ولأن التسارع المتوسط $\bar{a}$ يساوي $\frac{\Delta v}{\Delta t}$، فإن المساحة الكلية تحت المنحنى تساوي:

$$\Delta d = \Delta d_{\text{مستطيل}} + \Delta d_{\text{مثلث}} = v_i (\Delta t) + \frac{1}{2} \bar{a} (\Delta t)^2$$

وعندما يكون الموقع الإبتدائي d_i أو النهائي d_f للجسم معلومًا، فإن المعادلة يمكن كتابتها بالصورة التالية:

$$d_f - d_i = v_i (\Delta t) + \frac{1}{2} \bar{a} (\Delta t)^2$$

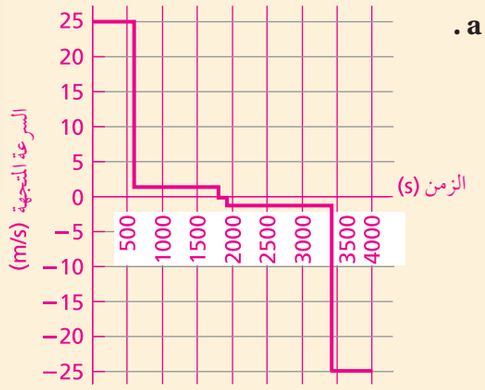
أو

$$d_f = d_i + v_i (\Delta t) + \frac{1}{2} \bar{a} (\Delta t)^2$$

مسائل تدريبية

16. **a.** 74 m/s **b.** 78 m/s **c.** 80 m/s

17. **a.**



المسافة التي قطعها السائق إلى محطة الوقود:

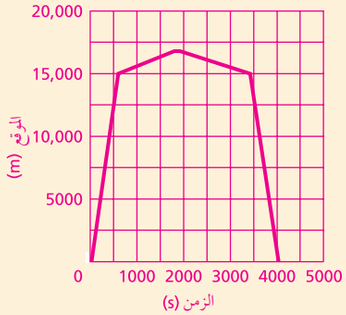
$$d = vt = (1.5 \text{ m/s})(20.0 \text{ min})\left(\frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}}\right)$$

$$= 1800 \text{ m} = 1.8 \text{ km}$$

الزمن الذي استغرقه حتى يعود إلى السيارة:

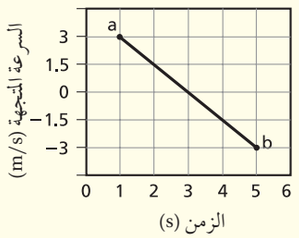
$$t = \frac{d}{v} = \frac{1800 \text{ m}}{1.2 \text{ m/s}} = 1500 \text{ s} = 25 \text{ min}$$

b.



التفكير الناقد

المساحات الموجبة والسالبة في منحنى (السرعة المتجهة–الزمن) ارسم الشكل البياني المبين أدناه على السبورة.



اطلب إلى الطلبة أن يوضحوا مقدار الإزاحة خلال الفترة الزمنية $(t_a - t_b)$. الإزاحة تساوي صفرًا. المساحات المحصورة بين 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 الصفر. م3 بصري - مكاني

فإذا كان الزمن الابتدائي هو $t_i = 0$ فإن الموقع بدلالة التسارع المتوسط يُحسب بالعلاقة التالية:

$$d_f = d_i + v_i t_f + \frac{1}{2} \bar{a} \, t_f^2$$

ويمكن ربط الموقع والسرعة، والتسارع المنتظم في علاقة لا تتضمن الزمن. وذلك بإعادة ترتيب المعادلة $v_f = v_i + \bar{a} \, t_f$ لتعطي (t_f):

$$t_f = \frac{v_f - v_i}{\bar{a}}$$

وبالتعويض عن قيمة (t_f) في المعادلة $d_f = d_i + v_i t_f + \frac{1}{2} \bar{a} \, t_f^2$ تحصل على:

$$d_f = d_i + v_i \left(\frac{v_f - v_i}{\bar{a}} \right) + \frac{1}{2} \bar{a} \left(\frac{v_f - v_i}{\bar{a}} \right)^2$$

وهذه المعادلة يمكن حلها لإيجاد السرعة النهائية v_f عند أي زمن t_f، حيث إن السرعة بدلالة التسارع المنتظم:

$$v_f^2 = v_i^2 + 2 \bar{a} \, (d_f - d_i)$$

ويمكن تلخيص المعادلات الثلاث للحركة بتسارع منتظم كما في **الجدول 3–3**:

الجدول 3–3
معادلات الحركة في حالة التسارع المنتظم

المعادلة	المتغيرات	الشروط الابتدائية
$v_f = v_i + \bar{a} \, t_f$	t_f , v_f , $\bar{a}$	v_i
$d_f = d_i + v_i t_f + \frac{1}{2} \bar{a} \, t_f^2$	t_f , d_f, $\bar{a}$	d_i , v_i
$v_f^2 = v_i^2 + 2 \bar{a} \, (d_f - d_i)$	d_f , v_f , $\bar{a}$	d_i , v_i

معلومة للمعلم

مهن في الحياة اليومية

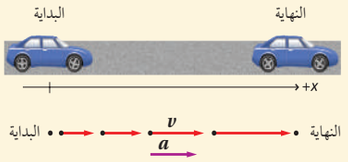
هندسة ضبط الحركة (الروبوتات) تستخدم الكثير من الشركات الصناعية الروبوتات لتصنيع منتجاتها وتغليفها عبر أنظمة نقل متقدمة. ويتولى مهندسو ضبط الحركة مسؤولية تصميم أنظمة الروبوتات الأوتوماتيكية، بحيث تتكامل مع عمل عدد كبير من الوسائط الميكانيكية، والبصرية، والإلكترونية الأخرى، وذلك للتأكد من أن المنتجات تصنع بشكل مناسب. يعالج مهندسو ضبط الحركة أسئلة مثل: بأي سرعة؟ ما 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، والموقع لجسم عند زمن معين خلال عمل نظام ما.

مثال 4

انطلقت سيارة من السكون بتسارع منتظم مقداره $3.5\ m/s^2$، ما المسافة التي تكون قد قطعتها عندما تصل سرعتها إلى $25\ m/s$؟

1 تحليل المسألة ورسمها

- مثّل المسألة بالرسم.
- عين محاور الإحداثيات.
- ارسم مخططًا للحركة.



المعلوم	المجهول
$d_i = 0.00\ m$	$d_f = ?$
$v_i = 0.00\ m/s$	
$v_f = 25\ m/s$	
$\bar{a} = a = 3.5\ m/s^2$	

2 إيجاد الكمية المجهولة

لإيجاد : d_f

$$v_f^2 = v_i^2 + 2\bar{a}\,(d_f - d_i)$$

$$d_f = d_i + \frac{v_f^2 - v_i^2}{2\bar{a}}$$

$$= 0.00\ m + \frac{(25\ m/s)^2 - (0.00\ m/s)^2}{2(3.5\ m/s^2)} = 89\ m$$

$$= 89\ m$$

بالتعويض عن $d_i = 0.00\ m$, $v_f = 25\ m/s$
$v_i = 0.00\ m/s$, $\bar{a} = 3.5\ m/s^2$

3 تقويم الجواب

- **هل الوحدات صحيحة؟** تقاس الإزاحة بوحدة المتر m.
- **هل للإشارة دلالة؟** الإشارة الموجبة تتفق مع كل من النموذج التصويري، والنموذج الجسيمي النقطي.
- **هل الجواب منطقي؟** تبدو الإزاحة كبيرةً ولكن السرعة (25 m/s) كبيرة أيضًا، لذلك فالنتيجة معقولة.

69

مثال صفي

سؤال يركض وليد بسرعة $2.50\ m/s$ بتسارع منتظم يساوي $-0.01\ m/s^2$، ما مقدار السرعة التي كان يتحرك بها لحظة اجتيازه مسافة $10.0\ m$؟

الإجابة

$$v_f^2 = v_i^2 + 2a\,(d_f - d_i)$$
$$v_f^2 = (2.5)^2 + 2(-0.01)(10)$$
$$= 6.25 - 0.2$$
$$= 6.05$$
$$v_f = 2.5\ m/s$$

عرض سريع

متجها التسارع a والسرعة v

الزمن المقدر عشر دقائق

المواد والأدوات أنبوب (قناة) مجوف مقطعه على شكل U، كرة فولاذية.

الخطوات اثن الأنبوب بحيث يأخذ شكل حوض ذي جانبين متساويين في ميلهما. قبل أن تترك الكرة الفولاذية تتدحرج من السكون هابطة المستوى المائل في الجهة اليسرى(المقابلة للطلبة). اطلب إليهم توقع المسافة التي ستقطعها الكرة صاعدة المستوى المائل الأيمن.

أطلق الكرة، واطلب إلى الطلبة أن يلاحظوا 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 الطلبة 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 الطلبة 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 تحتاج إليه الكرة لتجتاز المستوى المائل الأول، ثم بعد ذلك الزمن اللازم لاجتياز المستوى المائل الثاني. م3 منطقي-رياضي

تطوير المفهوم

الحركة بتسارعات مختلفة ذكّر الطلبة بضرورة تجزئة مسائل الحركة إلى أجزاء كلما تغير التسارع. فمثلاً في المثال 5، الجزء 1 ، a تساوي $0\ m/s^2$؛ وفي الجزء 2، a تساوي $8.5\ m/s^2$.

تعزيز الفهم

صلاحية المعادلات اطلب إلى الطلبة الرجوع إلى المعادلات في **الجدول 3–3** واسألهم تحت أي الظروف تمثل هذه المعادلات الحركة؟ تمثل هذه المعادلات الحركة بتسارع منتظم، ومنها الحالة التي يكون التسارع فيها مساويًا للصفر.

مثال صفي

سؤال تَركض قطة بسرعة منتظمة $2.0\ m/s$ مدة $3.0\ s$، ثم تتباطأ بتسارع $-0.80\ m/s^2$ حتى تقف، فما إزاحة القطة خلال هذه الحركة؟

الإجابة

$$d_i = (2.0\ m/s)\ (3.0\ s) = +6.0\ m,$$

$$d_f = \frac{v_f^2 - v_i^2}{2a} = \frac{(0.0\ m/s)^2 - (2.0\ m/s)^2}{2\ (-0.80\ m/s^2)}$$

$$= +2.5\ m$$

$$d_{total} = d_i + d_f = +6.0\ m + 2.5\ m$$

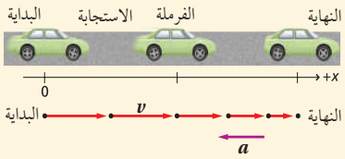
$$= +8.5\ m$$

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 على الفرامل هو $0.45\ s$، فتباطأت السيارة بتسارع منتظم $8.5\ m/s^2$ 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 للحركة، وعيّن عليه v و a.



المعلوم	المجهول
$v_{\text{الاستجابة}} = 25\ m/s$	$d_{\text{الاستجابة}} = ?$
$t_{\text{الاستجابة}} = 0.45\ s$	$d_{\text{الفرملة}} = ?$
$\overline{a} = a_{\text{الكلية}} = (-8.5\ m/s^2)$	$d_{\text{الكلية}} = ?$
$v_{i\text{الفرملة}} = 25\ m/s$	
$v_{f\text{الفرملة}} = 0.00\ m/s$	

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.

$$v_{f\text{الفرملة}}^2 = v_{\text{الاستجابة}}^2 + 2a_{\text{الفرملة}}\ (d_{\text{الفرملة}})$$

$$d_{\text{الفرملة}} = \frac{v_{\text{الفرملة}}^2 - v_{\text{الاستجابة}}^2}{2a_{\text{الفرملة}}}$$

$$= \frac{(0.00\ m/s)^2 - (25\ m/s)^2}{2(-8.5\ m/s^2)} = 37\ m$$

بالتعويض عن $v_{f\text{الفرملة}} = 0.00\ m/s$, $a_{\text{الفرملة}} = (-8.5\ m/s^2)$

$v_{\text{الاستجابة}} = 25\ m/s$

المسافة الكلية تساوي مجموع مسافة الاستجابة ومسافة الفرملة

أوجد المسافة الكلية ($d_{\text{الكلية}}$):

$$d_{\text{الكلية}} = d_{\text{الاستجابة}} + d_{\text{الفرملة}}$$
$$= 11m + 37\ m = 48\ m$$

بالتعويض عن $d_{\text{الفرملة}} = 37\ m$, $d_{\text{الاستجابة}} = 11\ m$

3 تقويم الجواب

- **هل الوحدات صحيحة؟** تقاس المسافة بوحدة المتر(m).
- **هل للإشارات معنى؟** كل من $d_{\text{الاستجابة}}$ و $d_{\text{الفرملة}}$ موجبة؛ لأنها في اتجاه الحركة نفسه.
- **هل الجواب منطقي؟** مسافة الفرملة صغيرة، لكنها منطقية؛ لأن مقدار التسارع كبير.

معلومة للمعلم

الفيزياء في الحياة

التسارعات في الحياة اليومية يمكنك إعطاء الطلبة بيانات وأرقاما واقعية تعطيهم فكرة عن المقادير المختلفة للتسارع مثل 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

18. يتحرك متزلج على لوح تزلج بسرعة منتظمة 1.75 m/s ، وعندما بدأ يصعد مستوى مائلاً تباطأت حركته وفق تسارع منتظم $0.20\ m/s^2$ إلى أن توقف، ما الزمن الذي استغرقه في صعود المستوى المائل؟

19. تسير سيارة سباق في حلبة بسرعة 44 m/s، وتتباطأ بمعدل منتظم بحيث تصل سرعتها إلى 22 m/s خلال 11 s، ما المسافة التي اجتازتها السيارة خلال هذا الزمن؟

20. يتحرك راكب دراجة هوائية وفق تسارع منتظم ليصل إلى سرعة مقدارها 7.5 m/s خلال 4.5 s، فإذا كانت إزاحة الدراجة خلال فترة التسارع تساوي 19 m، أوجد السرعة الابتدائية.

21. يتدرب خالد على ركوب الدراجة الهوائية، حيث يدفعه والده فيكتسب تسارعًا منتظمًا مقداره $0.50\ m/s^2$ لمدة 6.0 s، ثم يقود بعد ذلك خالد الدراجة بمفرده بسرعة 3.0 m/s مدة 6.0 s قبل أن يسقط أرضًا، ما مقدار إزاحة خالد؟

إرشاد: لحل هذه المسألة ارسم منحنى (السرعة المتجهة–الزمن)، ثم احسب المساحة المحصورة تحته.

22. بدأت ركوب دراجتك الهوائية من قمة تل، ثم هبطت منحدرها بتسارع منتظم $2.00\ m/s^2$ ، وعندما وصلت إلى قاعدة التل كانت سرعتك قد بلغت 18.0 m/s ، ثم واصلت استخدام دواسات الدراجة لتحافظ على هذه السرعة لمدة 1.00 min، ما بُعدك عن قمة التل منذ لحظة مغادرتها؟

كما تعلمت سابقًا، هناك عدة وسائل يمكنك استخدامها في حل مسائل الحركة في بعدٍ واحد، منها: مخططات الحركة، والرسوم البيانية، والمعادلات الرياضية. وكلما اكتسبت المزيد من الخبرة، سيسهل عليك أن تقرر أي هذه الوسائل أكثر ملاءمة لحل مسألة ما.

مسائل تدريبية

18. 8.8 s

19. 363 m

20. 0.94 m/s

21. 27m.

22. 1.16×10^3 m

3. التقويم

التحقق من الفهم

معادلات الحركة اكتب المعادلة: $v_f = v_i + at_f$ على السبورة. واسأل الطلبة أن يوضحوا إذا كان بالإمكان استخدامها لحل المسألة التالية:

احسب السرعة المتجهة النهائية لسيارة تتحرك بتسارع منتظم مقداره $2.0\ m/s^2$ لمدة $4\ s$. لا يمكن استخدامها لأنها تحتوي على مجهولين هما: اتجاه التسارع، والسرعة الابتدائية للسيارة م1

إعادة التدريس

معادلات الحركة ناقش الطلبة في معادلة الفقرة السابقة، ووضح لهم أنه من الممكن استخدامها لحساب مقدار Δv. وأنه بسبب عدم معرفة اتجاه كل من Δv و a، لا يمكن تحديد ما إذا كانت سرعة السيارة تزداد أو تنقص. والآن اعرض عليهم المسألة التالية: ما السرعة المتجهة النهائية لسيارة تسير نحو الشرق بتسارع منتظم مقداره $2.0\ m/s^2$، وله اتجاه الحركة نفسه مدة $4.0\ s$، إذا كانت سرعتها الابتدائية $3.0\ m/s$ باتجاه الشرق أيضًا؟ أرشد الطلبة لرسم مخططات للحركة وتعويض القيم الجبرية الصحيحة في المعادلة.

$11\ m/s$ **نحو الشرق.** م2 بصري - مكاني

3-2 مراجعة

23. التسارع أثناء قيادة رجل سيارته بسرعة $23\ m/s$ شاهد غزالاً يجتاز الطريق، فاستخدم الفرامل عندما كان على بعد $210\ m$ من الغزال. فإذا لم يتحرك الغزال، وتوقفت السيارة تمامًا قبل أن تمس جسمه، ما مقدار التسارع الذي أحدثته فرامل السيارة؟

24. الإزاحة إذا أُعطيت السرعة الابتدائية والنهائية والتسارع المنتظم لجسم، وطلب منك إيجاد الإزاحة، فما المعادلة التي ستستخدمها؟

25. المسافة بدأ متزلج حركته من السكون في خط مستقيم، وزادت سرعته إلى $5.0\ m/s$ خلال $4.5\ s$، ثم استمر بالتزلج بهذه السرعة المنتظمة لمدة $4.5\ s$ أخرى. ما المسافة الكلية التي تحركها المتزلج على مسار التزلج؟

26. السرعة النهائية تسارع طائرة بانتظام من السكون بمعدل $5.0\ m/s^2$، ما سرعة الطائرة بعد قطعها مسافة $5.0 \times 10^2\ m$؟

27. السرعة النهائية تسارعت طائرة بانتظام من السكون بمعدل $5.0\ m/s^2$، لمدة $14\ s$، ما السرعة النهائية التي تكتسبها الطائرة؟

28. المسافة بدأت طائرة حركتها من السكون، وتسارعت بمقدار منتظم $3.00\ m/s^2$ لمدة $30.0\ s$ قبل أن ترتفع عن سطح الأرض. احسب:

a. المسافة التي قطعتها الطائرة؟

b. سرعة الطائرة لحظة إقلاعها ؟

29. الرسوم البيانية يسير عداء نحو خط البداية بسرعة منتظمة، ويأخذ موقعه قبل بدء السباق، وينتظر حتى يسمع صوت طلقة البداية، ثم ينطلق فيتسارع حتى يصل إلى سرعة منتظمة. ثم يحافظ على هذه السرعة حتى يجتاز خط النهاية. وبعد ذلك 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.

30. التفكير الناقد صف كيف يمكنك أن تحسب تسارع سيارة، مبينًا أدوات القياس التي ستستخدمها.

3-2 مراجعة

23. $-1.3\ m/s^2$

24. $v_f^2 = v_i^2 + 2a(d_f - d_i)$

25. $34\ m$

26. $71\ m/s$

27. $7.0 \times 10^1\ m/s$

28. a. $1.35 \times 10^3\ m$

b. $90.0\ m/s$

29. انظر دليل حلول المسائل.

30. يقرأ شخص قياس ساعة الوقف ويعلن بصوت مرتفع الفترات الزمنية، ويقرأ شخص آخر قياس عداد السرعة عند كل زمن ويسجله. يرسم منحنى (السرعة المتجهة-الزمن)، ثم يوجد الميل.

أسقط ورقة صحيفة على الأرض. ثم لفها على شكل كرة متماسكة وأعد إسقاطها. أسقط حصاة بالطريقة نفسها، هل تسقط جميع الأجسام بالسرعة نفسها؟

لا يسقط الجسم الخفيف والمنبسط، مثل: ورقة الصحيفة المستوية أو ريشة الطائر، بالكيفية نفسها التي يسقط بها شيء ثقيل ومساحة سطحه صغيرة، مثل الحصاة. لماذا؟ عند سقوط جسم فإنه يصطدم بجزيئات الهواء، وتؤثر هذه التصادمات الضئيلة في سرعة هبوط الجسم الخفيف مثل الريشة بشكل أكبر من تأثيرها في هبوط أجسام أثقل نسبيًا مثل الحصاة. إن المصطلح المستخدم لوصف حركة مثل هذه الأجسام هو **السقوط الحر**، وهو حركة جسم تحت تأثير الجاذبية الأرضية فقط، وبإهمال تأثير مقاومة الهواء.

الفيزياء في حياتك

في العروض الجوية، قبل أن يفتح المظليون مظلاتهم يقومون بالإمساك بأيدي بعضهم لتشكيل حلقات أفقية أثناء سقوطهم نحو الأرض. لماذا تكون الحلقات أفقية على الرغم من اختلاف كتلهم؟

تساؤلات جوهرية:

- ما هو تسارع السقوط الحر؟
- كيف يتحرك الجسم الساقط سقوطاً حراً؟

المفردات:

- السقوط الحر
- التسارع الناتج عن الجاذبية الأرضية
- زمن التحليق

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 أو سرعة الأجسام الساقطة؛ لذا قام بدحرجة كرات على مستويات مائلة. ومع تخفيف الجاذبية الأرضية، استطاع الحصول على قياسات دقيقة باستخدام أدواته البسيطة.

استنتج جاليليو أن جميع الأجسام التي تسقط سقوطًا حرًا يكون لها التسارع نفسه، بإهمال 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***، وتزداد قيمة ***g*** بزيادة خط العرض وتقل عند الارتفاعات الكبيرة، والقيمة المتوسطة لها $9.80\ m/s^2$، كما يختلف تسارع الجاذبية من كوكب إلى آخر.

التسارع الناتج عن الجاذبية الأرضية هو تسارع جسم يسقط سقوطًا حرًا نتيجة تأثير جاذبية الأرض عليه. فعند إسقاط صخرة تزداد سرعتها بمعدل 9.80 m/s كل 1s، ويعتمد اعتبار التسارع موجبًا أو سالبًا على النظام الإحداثي الذي يتم اتخاذه؛ فإذا كان النظام يعتبر الاتجاه إلى الأعلى موجبًا، فإن التسارع الناتج عن الجاذبية الأرضية عندئذ يساوي (***g*** -)، أما إذا اعتبر الاتجاه إلى الأسفل هو الاتجاه الموجب، فإن التسارع الناتج عن الجاذبية يساوي (***g***+) .

التجربة العملية:

كيف تتغير قيمة g من مكان لآخر؟

يبين **الشكل 13–3** صورة لبيضة تسقط سقوطًا حرًا التقطت باستخدام تقانة خاصة، حيث الفترة الزمنية بين لقطتين متتاليتين هي 0.06s، وكما يظهر من الشكل أن الإزاحة

3-3 السقوط الحُر

1. التركيز

نشاط محفّز

مستوى مائل رأسيًا ضع أنبوبًا (قناة) مقطعه على شكل حرف U بحيث يميل على المستوى الأفقي بزاوية 30°، ثم قم بزيادة الميل تدريجيًا ليصل إلى 60°. واسأل الطلبة على أيٍّ من المستويين المائلين ستكتسب كرة مطاطية متدحرجة تسارعًا منتظمًا أكبر؟ الأكثر ميلاً. ضع الأنبوب بشكل رأسي، وأسقط كرة بداخله، واطلب إلى الطلبة أن يبينوا اعتمادًا على المثالين السابقين ما إذا كان للكرة تسارع منتظم نحو الأسفل. الجواب لا 2م بصريّ - مكاني

الربط مع المعرفة السابقة

تحليل السقوط الحرّ ووصفه جميع الطرائق البيانية والمعادلات التي استخدمناها في تحليل الحركة ذات التسارع المنتظم، التي درسناها في الجزأين 1–3 و 2–3 ، يمكن تطبيقها على السقوط الحر.

2. التدريس

المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

المنحنيات والمسارات وضّح للطلبة غير الواثقين من صحة الإجابة في فقرة استخدام **الشكل 14–3** ، أن القطع المكافئ يمثل المعادلة التي تربط الإزاحة بالزمن. وللتأكيد على هذه النقطة اطلب إلى الطلبة الرجوع إلى **الشكل 14–3**، واسألهم ما الشكل الذي ينتج فيما لو عدلنا مواقع الصور المتعاقبة للبيضة بأن نزيح كل صورة قليلاً إلى يمين الصورة التي قبلها، ثم رسمنا خطًا يصل بين المواقع الجديدة للصور. سنحصل على نصف قطع مكافئ. وضح لهم كذلك أن منحنيات (الإزاحة–الزمن) المبينة في **الشكل 14–3** تمثل سلسلة صور التقطت بفاصل زمني ثابت، لجسم يتحرك في خط مستقيم. 2م

استخدام الشكل 3-14

اسأل الطلبة هل خط القطع المكافئ في منحنى (الإزاحة- الزمن) هو مسار الكرة المتحركة؟ لا، تتحرك الكرة رأسيًّا في خط مستقيم. 2م

تجربة إضافية

السقوط الحر

الزمن المقدر عشر دقائق.

الهدف يستخدم الطلبة السقوط الحرّ لتقدير التسارع الناتج عن الجاذبية الأرضية.

المواد والأدوات مسطرة مترية، كرة.

الخطوات أسقط الكرة من ارتفاع 1.0 m عن أرض الغرفة، واحسب زمن السقوط، ثم احسب تسارع الكرة التقريبي من خلال المعادلة $d_f = \frac{1}{2} a t_f^2$

إذا كان الزمن $t_f = 0.5$ s فإن $a = 8$ m/s²

التقويم اطلب إلى الطلبة أن يتوقعوا ما إذا كانت الأجسام الأخرى ستكتسب قيمة التسارع نفسها في حالة سقوطها سقوطًا حرًّا. بإمكانهم اختبار صحة توقعاتهم بتكرار التجربة السابقة مستخدمين أجسامًا أخرى. وأخيرًا اطلب إليهم إعطاء أمثلة على جسم يسقط سقوطًا حرًّا، فيكتسب تسارعًا تختلف قيمته عن تلك التي قاموا بحسابها.

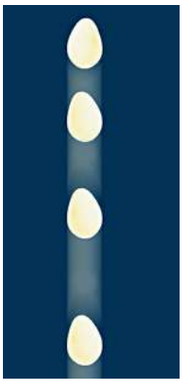
تطوير المفهوم

حالة خاصة للتأكيد على أن السقوط الحرّ حالة خاصة من الحركة بتسارع منتظم، دائمًا ابدأ بكتابة الصيغة العامة لمعادلة الحركة ذات التسارع المنتظم قبل التعويض بأي قيمة (كتعويض g، أو g- في a)، وشجع الطلبة على عمل الخطوة نفسها.

نشاط متقدم

صور الحركة التقطت صور البيضة الساقطة في الصفحة 78 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 1μs

قدم للطلبة عدة صور لأجسام في حالة السقوط الحر مماثلة لصورة البيضة الساقطة، وزودهم بالبيانات المتعلقة بالموقع والفترة الزمنية، ثم اطلب إليهم حساب سرعة الجسم وتسارعه. 3م منطقي-رياضي



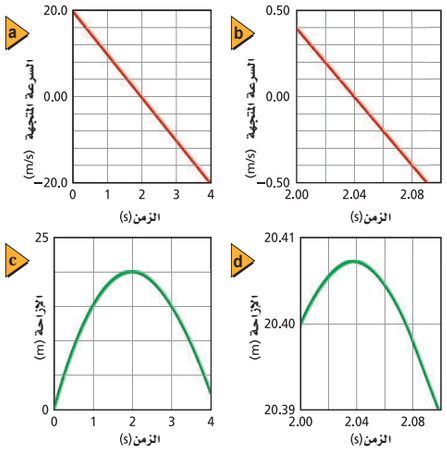
الشكل 13-3 صورة ستروبية لبيضة تتسارع بمقدار 9.80 m/s² في أثناء السقوط الحر. فإذا تم اختيار الاتجاه إلى أسفل موجبًا، فإن كلاً من السرعة والتسارع لهذه البيضة التي تسقط سقوطًا حرًا يكون موجبًا.

بين كل زوج من اللقطات تزداد، وهذا يعني أن السرعة تزداد. فإذا اعتبر الاتجاه إلى الأسفل الاتجاه الإحداثي الموجب، فإن السرعة تزداد بقيمة موجبة أكثر فأكثر.

قذف كرة إلى الأعلى بدلاً من بيضة ساقطة، هل يمكن لهذه الصورة أن تعبر عن حركة كرة مقذوفة رأسيًّا إلى الأعلى؟ إذا اختير الاتجاه إلى الأعلى على أنه الموجب، فإن الكرة تغادر اليد بسرعة موجبة مثلاً 20.0 m/s، أما التسارع فيكون إلى الأسفل، أي أن التسارع يكون سالبًا، وهو يساوي $\boldsymbol{a} = (-\boldsymbol{g}) = (-9.80\ \text{m/s}^2)$، ولأن السرعة والتسارع في اتجاهين متعاكسين، فإن سرعة الكرة تتناقص، وهذا يتفق مع الصورة.

يبين منحنى (السرعة المتجهة - الزمن) في **الشكل a 3-14** تناقص سرعة الكرة بمعدل 9.80 m/s كل 1s، حتى تصل إلى الصفر عند 2.04 s، ثم يتحول اتجاه حركة الكرة إلى الأسفل، وتزداد سرعتها تدريجيًّا إلى أن تصل 20.0 m/s بعد 4.08 s من لحظة قذفها، ويسمى هذا الزمن **بزمن التحليق**، وهو الزمن الذي يقضيه الجسم المقذوف في الهواء من لحظة قذفه إلى لحظة وصوله المستوى الذي قذف منه. **والشكل b 3-14** يظهر لقطة مقربة لهذه الحركة .

لكن ما العلاقة بين إزاحة الكرة وسرعتها؟ يتبين من **الشكلين c ،d 3-14** أن الكرة تصل إلى أقصى ارتفاع لها في اللحظة التي تصبح فيها سرعتها مساوية للصفر. وإن تسارع الكرة عند أي نقطة يساوي مقدارًا ثابتًا 9.80 m/s² واتجاهه دائمًا نحو الأسفل.



الشكل 14-3 في نظام إحداثي اتجاهه الموجب نحو الأعلى:
a و **b** تتناقص سرعة الكرة المقذوفة إلى الأعلى حتى تصبح صفرًا بعد زمن 2.04 s ثم تتزايد سرعتها في الاتجاه السالب أثناء سقوطها.
c و **d** يُظهر الرسمان البيانيان لمنحنى (الإزاحة - الزمن) ارتفاع الكرة في فترات زمنية مماثلة.

عندما يُسأل الناس عن تسارع جسم عند أقصى ارتفاع له أثناء تحليقه، فإنهم في العادة لا يأخذون وقتًا كافيًا لتحليل الموقف، فتكون إجابتهم بأن التسارع يساوي صفرًا، وهذا ليس صحيحًا بالطبع. فعند أقصى ارتفاع تكون سرعة الكرة مساوية للصفر، ولكن ماذا يحدث لو كان تسارعها أيضًا يساوي صفرًا؟ عندئذ لن تتغير سرعة الكرة، وستبقى 0.0 m/s، وإذا كانت هذه هي الحالة، فإن الكرة لن تكسب أي سرعة إلى الأسفل بل ستبقى ببساطة معلقة في الهواء عند أقصى ارتفاع لها. وبما أن الأجسام المقذوفة إلى أعلى لا تبقى معلقة، فسوف تستنتج أن تسارع الجسم عند نقطة أقصى ارتفاع لطيرانه يجب أن لا يساوي صفرًا، وأن اتجاهه يجب أن يكون إلى الأسفل.

مسائل تدريبية

31. أسقط عامل بناء عَرَضًا قطعة قرميد من سطح بناية، اجب عما يلي:

a. ما سرعة القطعة بعد 4.0 s؟

b. ما المسافة التي تقطعها القطعة خلال هذا الزمن؟

c. كيف تختلف إجابتك عن المسألة السابقة إذا قمت باختيار النظام الإحداثي بحيث يكون الاتجاه المعاكس هو الاتجاه الموجب.

32. يُسقط طالب كرة من نافذة ترتفع 3.5 m عن الرصيف. ما سرعتها لحظة ملامستها أرضية الرصيف؟

33. قذفت كرة تنس رأسيًّا إلى أعلى بسرعة ابتدائية 22.5 m/s، احسب:

a. الارتفاع الذي وصلت اليه الكرة.

b. الزمن الذي استغرقته الكرة في الهواء للوصول إلى أقصى ارتفاع.

معلومة للمعلم

الخلفية النظرية للمحتوى

الحركة وفق تسارع غير منتظم على الرغم من افتراض أن التسارع الناتج عن الجاذبية الأرضية ثابت عند سطح الأرض، إلا أن قيمته في الواقع تتغير، و هي تتناسب عكسيًّا مع مربع البُعد عن مركز الأرض. لذا لا يمكن اعتبار g ثابتة ضمن مدى المسافات الطويلة جدًا.

من الأمثلة على الحركة ذات التسارع غير المنتظم (ضمن مدى المسافات القصيرة): حركة جسم يهتز فوق نابض، وسقوط قطرة مطر، و حركة الدقائق المشحونة كهربائيًّا. 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

مخططات الحركة الرأسية أطلب إلى الطلبة رسم مخطط الحركة لجسم يتحرك أفقيًّا بتسارع منتظم في اتجاه الحركة، واطلب إليهم أن يُديروا رسومهم بحيث تشير متجهات السرعة نحو الأسفل.

الفت انتباههم إلى أن المخطط الناتج يمثل حركة السقوط الحر حيث يكون التسارع دائمًا نحو الأسفل (وعادة ما يساوي 9.80 m/s² على سطح الأرض). م2 بصري - مكاني

تعزيز الفهم

g ± وزّع الطلبة في مجموعتين، واطلب إلى إحدى المجموعتين حساب الزمن اللازم لسقوط جسم بشكل حر من ارتفاع 2.0 m، باعتبار الاتجاه الموجب نحو الأعلى. واطلب إلى المجموعة الأخرى إجراء الحساب نفسه باعتبار الاتجاه الموجب نحو الأسفل. ينبغي على كل مجموعة شرح عملية الحساب التي قامت بها والمقارنة بين القيمتين والتوصل إلى أنهما متساويتان في الحالتين. م1 متفاعل

التفكير الناقد

التسارع اقذف كرة رأسيًّا في الهواء، واسأل الطلبة عن مقدار تسارعها عندما تصل إلى أقصى ارتفاع (أعلى نقطة في طيرانها). إن تسارع الكرة طوال تحليقها وصولًا إلى أعلى نقطة في مسارها ثابت ويساوي 9.80 m/s²، إذا واجه الطلبة صعوبة في استيعاب المفهوم، فاطلب إليهم وصف التغير في السرعة والتسارع في أثناء صعود الكرة ثم خلال سقوطها، وكذلك عندما تكون الكرة عند أعلى نقطة. سرعة الكرة عند أعلى نقطة تساوي 0m/s، هل يتغير التسارع في أي وقت؟ لا – وهو دائمًا يساوي 9.80 m/s² م3

مسائل تدريبية

31. a. 39 m/s– (باعتبار الاتجاه الموجب نحو الأعلى) **b.** 78 m **c.** تنعكس

32. 8.3 m/s

33. a. 25.8 m **b.** 4.60 s

مسألة تحدٍّ

شاهدت بالونًا مملوءًا بالماء يسقط أمام نافذة صفك. فإذا استغرق البالون t(s)، ليسقط مسافة تساوي ارتفاع النافذة ومقدارها y(m)، وبفرض أن البالون بدأ حركته من السكون، ما الارتفاع الذي سقط منه قبل أن يصل إلى الحافة العليا للنافذة بدلالة كل من g و y و t وثوابت عددية.

3-3 مراجعة

34. أقصى ارتفاع، وزمن التحليق إذا كان تسارع الجاذبية على سطح المريخ يساوي $(\frac{1}{3})$ تسارع الجاذبية على سطح الأرض، فإذا قذفت كرة إلى أعلى من على سطح كلٍّ من المريخ والأرض بالسرعة نفسها، قارن بين:

a. أقصى ارتفاع تصله الكرة على كل من سطح المريخ وسطح الأرض.

b. زمني التحليق؟

35. السرعة والتسارع افرض أنك قذفت كرة إلى أعلى. صف التغيرات في كل من سرعة الكرة وتسارعها.

36. السرعة النهائية أسقط أخوك كرة من نافذة الطابق الثاني. فإذا التقطتها على بعد 4.3 m أسفل نقطة السقوط، احسب سرعة الكرة لحظة التقاطك لها؟

37. السرعة الابتدائية يتدرب طالب على ركل كرة رأسيًّا إلى أعلى. فإذا استغرقت الكرة من لحظة ركلها حتى عودتها واصطدامها بقدمه 3.0 s ، فما:

a. السرعة الابتدائية للكرة؟

b. الارتفاع الذي وصلت إليه الكرة؟

38. التفكير الناقد عند قذف كرة رأسيًّا إلى أعلى، تستمر في الارتفاع حتى تصل إلى موقع معين، ثم تسقط إلى أسفل، وتكون سرعتها اللحظية عند أقصى ارتفاع صفرًا. هل تتسارع الكرة عند أقصى ارتفاع؟ صمم تجربة لإثبات صحة أو خطأ إجابتك.

مسألة تحدّ

الاتجاه الموجب نحو الأسفل. يتم حلّ هذه المسألة على مرحلتين. الأولى: سقوط البالون المسافة D إلى مستوى أعلى النافذة. و الثانية: سقوط البالون المسافة y من أعلى النافذة إلى أسفلها.

الخطوة الأولى: نقطة الأصل عند قمة المبنى.

$$v_{f1}^2 = v_{i1}^2 + 2a(d_{f1} - d_{i1})$$

$$= 0 + 2g(D - 0)$$

$$v_{f1} = \sqrt{2gD}$$

الخطوة الثانية: نقطة الأصل عند قمة النافذة:

$$d_{f2} = d_{i1} + v_{i1}t_{f2} + \frac{1}{2}a t_{f2}^2$$

$$y = 0 + v_{f1}t + \frac{1}{2}g t^2$$

$$= 0 + \left(\sqrt{2gD}\right)t + \frac{1}{2}gt^2$$

$$\sqrt{2gD} = \frac{y}{t} - \frac{gt}{2}$$

أو:

$$D = \frac{1}{2g}\left(\frac{y}{t} - \frac{gt}{2}\right)^2$$

3. التقويم

التحقق من الفهم

حركة السقوط الحرّ والشروط الابتدائية ارسم مخططًا توضيحيًّا مماثلًا **للشكل 14–3**، وأخبر الطلبة 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 2م

إعادة التدريس

حركة السقوط الحر استعن بمخطط الحركة السابق لرسم متجهات السرعة لكرة تسقط سقوطًا حرًّا من السكون. ووضح للطلبة أنه تم اختيار الاتجاه الموجب إلى الأعلى. والفت انتباههم إلى أن التسارع الناتج عن الجاذبية الأرضية يتجه إلى الأسفل؛ لأن متجهات السرعة المتجهة يتزايد طولها كلما تحركت الكرة نحو الأسفل، وأن قيمة هذا التسارع $-9.80\ m/s^2$

ساعد الطلبة في تحليل حركة صعود كرة إلى أعلى في حالة السقوط الحر 2م

3-3 مراجعة

34. a. ثلاثة أمثال الارتفاع فوق سطح الأرض.

b. ثلاثة أمثال زمن التحليق فوق سطح الأرض.

35. تتناقص السرعة بمعدل ثابت في أثناء صعود الكرة إلى أعلى. وتكون 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 السرعة نفسها التي اكتسبتها عندما قذفت إلى الأعلى. أما التسارع فيبقى منتظمًا طيلة فترة تحليق الكرة.

36. 9.2 m/s

37. a. 15 m/s **b.** 11 m

38. الكرة تتسارع؛ وسرعتها تتغير. التقط صورا للكرة في أثناء سقوطها باستخدام تقنية خاصة (المصباح الوماض)، ثم استخدم الصورة 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؟

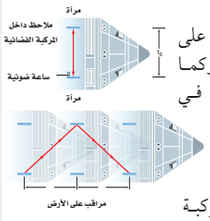
الساعة الضوئية Light Clock تأمل فكرة التجربة التالية باستعمال الساعة الضوئية.

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 بوساطة تحديد عدد ارتدادات النبضة.

الساعة الضوئية مضبوطة لأن سرعة النبضة الضوئية(c) منتظمة دومًا، وهي تساوي $3\times10^8\,m/s$ بغض النظر عن سرعة المصدر الضوئي أو المشاهد.

افرض أن هذه الساعة الضوئية قد وضعت في مركبة فضائية سريعة جدًا... عندما تسير المركبة الفضائية بسرعات منخفضة، يرتد الشعاع الضوئي عموديًا في داخل الأنبوب. وإذا تحركت المركبة بسرعة أكبر، سيستمر الشعاع الضوئي في الارتداد رأسيًا كما يراه المراقب في المركبة الفضائية، أما بالنسبة لمراقب يقف ساكنًا على سطح الأرض، فإن النبضة الضوئية تتحرك وفق مسار مائل بسبب حركة المركبة الفضائية، وهكذا فإن الشعاع الضوئي - بالنسبة للمراقب الأرضي الساكن- يتحرك مسافة أكبر. ولما كانت المسافة تعطى بالعلاقة المسافة=السرعة × الزمن، وسرعة النبضة الضوئية c، أو سرعة الضوء منتظمة دومًا بالنسبة لأي مراقب، فإن ازدياد المسافة بالنسبة للمراقب الأرضي الساكن تعني أن الزمن هو الذي يجب أن يزداد في الطرف الثاني للمعادلة حتى تبقى صحيحة. أي أن المراقب الأرضي الساكن يرى أن الساعة في المركبة المتحركة تسير أبطأ من الساعة نفسها على الأرض!

افرض أن زمن (نبضة) تكة الساعة الضوئية كما يراها المراقب على الأرض هي t_s، وكما يراها المراقب في المركبة الفضائية t_0، وطول أنبوب الساعة الضوئية ct_0 وسرعة المركبة الفضائية v وسرعة الضوء c.



في كل تكة 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 للمراقب الساكن، كلما اقتربت قيمة v من c، أصبح زمن التكة أبطأ. أما بالنسبة للمراقب في المركبة، فإن الساعة تحافظ على وقتها الصحيح (المضبوط).

التمدد الزمني Time Dilation تدعى هذه الظاهرة تمدد الزمن، وهي تنطبق على كل العمليات المرتبطة بالزمن على متن السفن الفضائية. وعلى سبيل المثال سيمضي العمر الحيوي بشكل أكثر بطئًا في المركبة الفضائية عما هو عليه 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.

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 جدًا قد تصبح ممكنة لأنها ستستغرق بضع سنوات فقط بالنسبة لرواد الفضاء الذين على متنها.

الخلفية النظرية

يعتبر مفهوم تمدد الزمن إحدى نتائج نظرية آينشتاين في النسبية، والتي تم تأييدها بنتائج آلاف التجارب. ومع أن تمدد الزمن ضمن أي إطار إسناد متحرك، إلا أن دلالته فقط عند السرعات التي تم الوصول إليها في مسارعات الجسيمات النووية. والمفهوم أصلاً غير مدرك بالمس. لاحظ أن إطار إسناد (صاروخ مثلاً) خضع لتمدد الزمن أو لنتائج أخرى للنسبية فإن ذلك سيكون بسيطًا وغير مؤثر (لن يشعر رجال الفضاء بأي اختلاف).

استراتيجيات التدريس

- راجع مع الطلبة مفاهيم السرعة، والمسافة، وأطر الإسناد .
- إن عمر مفهوم تمدد الزمن حوالي مئة سنة، وتم تأييده بأنواع كثيرة من التجارب، وفي أحد أنواع التجارب، عندما تم تسريع دقائق تحت ذرية لتصل إلى سرعات قريبة من سرعة الضوء c؛ لوحظ نقص في معدل انحلالها.

المناقشة

حدود السرعة هل يمكن أن تصل سرعة جسم إلى سرعة الضوء $(v = c)$؟ واسأل الطلبة أن يوضحوا لماذا يمكن أن تساوي سرعة الجسم سرعة الضوء أو لا تساويه؟ قد تتضمن المناقشة: إذا كانت السرعة يمكن أن تساوي سرعة 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.

الأفكار الرئيسة

يمكن أن يستخدم الطلبة العبارات التلخيصية لمراجعة الأفكار الرئيسة في الفصل.

قم بزيارة الموقع الإلكتروني التالي:
www.obeikaneducation.com

الفصل 3
دليل الدراسة

3-1 التسارع (العجلة) Acceleration

المفردات
- منحنى (السرعة المتجهة–الزمن)
- التسارع المنتظم
- التسارع المتوسط
- التسارع اللحظي

الفكرة الرئيسة: يتسارع الجسم عندما تتغير سرعته المتجهة، وهذا يعني: عندما تزداد سرعته، أو تقل، أو يتغير اتجاهه.

- يمكن استخدام منحنى (السرعة المتجهة–الزمن) لإيجاد سرعة وتسارع جسم.
- يمكن استخدام كل من منحنيات (السرعة المتجهة–الزمن) ومخططات الحركة لتحديد إشارة تسارُع الجسم.
- عندما تتغير سرعة جسم بمعدل منتظم فإن له تسارعًا منتظمًا.
- التسارع المتوسط لجسم يساوي ميل الخط البياني لمنحنى السرعة المتجهة –الزمن.

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

- 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.

3-2 الحركة بتسارع منتظم Motion with Constant Acceleration

الفكرة الرئيسة: يمكن وصف حركة الجسم المتحرك بتسارع منتظم من خلال المنحنيات ومعادلات الحركة.

- إذا عُلم التسارع المنتظم للجسم خلال فترة زمنية ما، أمكن إيجاد التغير في السرعة خلال هذا الزمن $v_f = v_i + a\,\Delta t$
- المساحة تحت منحنى (السرعة المتجهة –الزمن) لجسم متحرك تساوي مقدار إزاحته.
- في الحركة بتسارع منتظم، توجد علاقة بين كل من الموقع، والسرعة، والتسارع، والزمن، وهي: $d_f = d_i + v_i t_f + \frac{1}{2} a t_f^2$
- يمكن إيجاد سرعة جسم يتحرك بتسارع منتظم باستخدام المعادلة التالية:

$$v_f^2 = v_i^2 + 2a(d_f - d_i)$$

3-3 السقوط الحر Free Fall

المفردات
- السقوط الحر
- التسارع الناتج عن الجاذبية الأرضية
- زمن التحليق

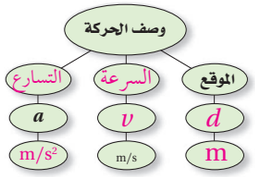
الفكرة الرئيسة: تسارع الجسم الذي يسقط سقوطاً حراً ينتج عن الجاذبية فقط.

- التسارع الناتج عن الجاذبية الأرضية يساوي $9.80\ m/s^2$ في اتجاه الأسفل، وتعتمد إشارته في المعادلات على النظام الإحداثي الذي تم اختياره.
- يمكن استخدام معادلات الحركة بتسارع منتظم في حل مسائل تشمل الأجسام التي تسقط سقوطًا حرًّا.

78

خريطة المفاهيم

39. أكمل خريطة المفاهيم التالية باستعمال الرموز والمصطلحات التالية: m ، m/s^2 ، v ، d، التسارع، السرعة.



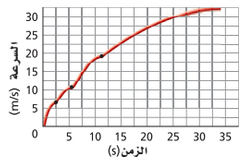
إتقان المفاهيم

40. أعط مثالاً على كل مما يلي:

a. جسم تتناقص سرعته وله تسارع موجب.

b. جسم تتزايد سرعته، و له تسارع سالب.

41. يبين **الشكل 15–3** منحنى (السرعة المتجهة–الزمن) لسيارة تتحرك على طريق. صف كيف تتغير السرعة مع الزمن.



الشكل 15–3

42. هل يمكن أن يكون لسيارة تتحرك على طريق عام سرعة سالبة وتسارع موجب في الوقت نفسه؟ وضح ذلك. وهل يمكن أن تتغير إشارة سرعة السيارة في أثناء حركتها بتسارع منتظم؟ وضح ذلك.

43. هل يمكن أن تتغير سرعة جسم عندما يكون تسارعه منتظمًا؟ إذا أمكن ذلك فأعط مثالًا، وإذا لم يمكن، فوضح ذلك.

44. إذا كان منحنى (السرعة المتجهة–الزمن) لجسم ما خطًّا مستقيمًا يوازي محور الزمن، ماذا يمكنك أن تستنتج عن تسارع الجسم؟

45. عند إسقاط كرتين متماثلتين في الحجم إحداهما من الألومنيوم والأخرى من الفولاذ من الارتفاع نفسه، فإنهما تصلان سطح الأرض عند اللحظة نفسها. لماذا؟

46. اذكر بعض الأمثلة على أجسام تسقط سقوطًا حرًّا ولا يمكن إهمال تأثير مقاومة الهواء عليها.

47. اذكر بعض الأمثلة لأجسام تسقط سقوطًا حرًّا يمكن إهمال تأثير مقاومة الهواء عليها.

تطبيق المفاهيم

48. هل للسيارة التي تتباطأ تسارع سالب دائمًا؟ فسر إجابتك.

49. تتدحرج كرة الكريكيت بعد ضربها بالمضرب، ثم تتباطأ وتتوقف، هل لسرعة الكرة وتسارعها الإشارة نفسها؟

خريطة المفاهيم

39. انظر الصفحة المقابلة من كتاب الطالب والمتظمنة في هذا الدليل.

إتقان المفاهيم

40. a. سيارة تتحرك إلى الخلف بسرعة متناقصة، باعتبار الاتجاه نحو الأمام موجبًا.

b. سيارة تتحرك للخلف بسرعة متزايدة في النظام الإحداثي نفسه.

41. تبدأ السيارة حركتها من السكون وتزيد من سرعتها. ومع ازدياد سرعة السيارة يغير السائق ناقل الحركة (الجير).

42. 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 منتظم. فمثلاً، ربما تكون سائرة نحو اليمين، بينما التسارع نحو اليسار. تخفض السيارة من سرعتها، ثم تتوقف، ثم تأخذ بالتسارع في اتجاه اليسار.

43. نعم، يمكن أن تتغير السرعة المتجهة للجسم عندما يكون تسارعه منتظمًا. مثال: إسقاط كتاب. كلما زاد زمن السقوط، ازدادت سرعته أكثر، ويبقى التسارع ثابتًا **g**.

44. عندما يكون منحنى (السرعة المتجهة–الزمن) خطًّا مستقيمًا موازيًا لمحور الزمن t فإن التسارع يكون صفرًا، والجسم يتحرك بسرعة منتظمة.

45. تتسارع الأجسام جميعها نحو الأرض بالمقدار نفسه.

46. ستختلف إجابات الطلبة. بعض الأمثلة: ورق، مظلة هبوط، أوراق الشجر، الريش.

47. ستختلف إجابات الطلبة. بعض الأمثلة: كرة فولاذية. صخرة، وشخص يسقط من ارتفاع منخفض.

تطبيق المفاهيم

48. لا، إذا كان يشير المحور الموجب باتجاه يعاكس السرعة المتجهة، فإن التسارع سيكون موجبًا.

49. لا، لأن لهما اتجاهان مختلفان.

التقويم

50. لا، عندما تكون السرعة منتظمة فإن التسارع يساوي صفرًا.

51. لا، عندما تتدحرج الكرة صاعدة تلة، تكون سرعتها المتجهة لحظة تغيير اتجاه تدحرجها صفرًا ولكن تسارعها لا يساوي صفرًا.

52. أرسم منحنى (السرعة المتجهة–الزمن) وألاحظ فيما إذا كان المنحنى خطًّا مستقيمًا، أو أحسب التسارع باستخدام $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ وأقارن بين الإجابات لأرى إذا كانت متساوية.

53. الشكل الأيسر: أتحرك في الاتجاه الموجب بسرعة منتظمة، الشكل الأيمن: 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.

54. 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 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 (الجير) وتُعشّق التروس، يزداد التسارع و يزداد ميل المنحنى.

55. يكون التسارع أكبر ما يمكن في الفترة الزمنية التي تبدأ من $t=0$ وتنتهي عند $\frac{1}{2}$ s، وأقل ما يمكن عند $t = 33$ s.

56. انظر دليل حلول المسائل.

57. a. لا، ستصطدم الكرة بسطح القمر بسرعة أقل لأن التسارع الناتج عن الجاذبية الأرضية على سطح القمر أقل.

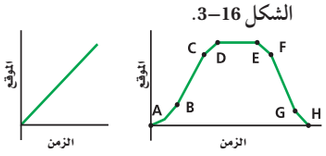
b. ستستغرق الكرة زمنًا أكبر في سقوطها على سطح القمر.

50. إذا كان تسارع جسم يساوي صفرًا، فهل هذا يعني أن سرعته تساوي صفرًا؟ أعط مثالًا.

51. إذا كانت سرعة جسم عند لحظة ما تساوي صفرًا، فهل من الضروري أن يساوي تسارعه صفرًا؟ أعط مثالًا.

52. إذا أعطيت جدولاً يبين سرعة جسم عند أزمنة مختلفة، كيف يمكنك أن تكتشف إذا كان التسارع منتظمًا أم غير منتظم؟

53. وضح كيف ستسير بحيث تمثل حركتك كل من منحنيي (الموقع–الزمن) الموضحين في الشكل 16–3.

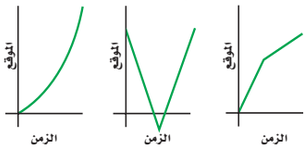


الشكل 16–3

54. تظهر في منحنى (السرعة المتجهة – الزمن) في الشكل 15–3 ثلاثة مقاطع نتجت عندما غير السائق ناقل الحركة. صف التغيرات في سرعة السيارة المتجهة وتسارعها أثناء المقطع الأول. هل التسارع قبل لحظة تغيير الناقل أكبر أم أصغر من التسارع في اللحظة التي تلي التغيير؟ وضح إجابتك.

55. استخدم الرسم البياني في الشكل 15–3 لتعيين الفترة الزمنية التي يكون التسارع خلالها أكبر ما يمكن، والفترة الزمنية التي يكون التسارع خلالها أصغر ما يمكن.

56. ارسم منحنى (السرعة المتجهة–الزمن) لكل من الرسوم البيانية في الشكل 17–3.



الشكل 17–3

57. التسارع الناتج عن جاذبية القمر (g_m) يساوي $\frac{1}{6}$ التسارع الناتج عن الجاذبية الأرضية (g).

a. إذا أسقطت كرة من ارتفاع ما على سطح القمر، فهل ستصطدم بسطح القمر بسرعة أكبر، أو تساوي، أو تقل عن سرعة الكرة نفسها إذا أسقطت من الارتفاع نفسه على سطح الأرض؟

b. هل الزمن الذي تستغرقه الكرة لتصل إلى سطح القمر سيكون أكبر، أم أقل، أم مساويًا للزمن الذي تستغرقه للوصول إلى سطح الأرض؟

58. أسـقطت الصخرة A من تلة، وفي اللحظة نفسـها قذفت الصخرة B للأعلى من الموقع نفسه، اجب عما يلي:

a. أي الصخرتيـن سـتكون سـرعتها أكبـر لحظة الوصول إلى قاع التلة؟

b. أي الصخرتين لها تسارع أكبر؟

c. أيهما تصل أولًا؟

اتقان حل المسائل

3–1 التسارع

59. تحركت سـيارة لمـدة 2.0 h بسـرعة 40.0 km/h، ثم تحركت لمدة 2.0 h أخرى بسرعة 60.0 km/h وبالاتجاه نفسه، اجب عما يلي:

a. ما السرعة المتجهة المتوسطة للسيارة؟

b. ما السـرعة المتجهة المتوسـطة للسـيارة إذا قطعـت مسـافة 1.0×10^2 km بسـرعة 40.0 km/h ومسـافة أخرى 1.0×10^2 km بسرعة 60.0 km/h؟

60. سيارة سـرعتها 22 m/s تسـارعت بانتظام بمعدل $1.6\ m/s^2$ لمدة 6.8 s، ما سرعتها النهائية؟

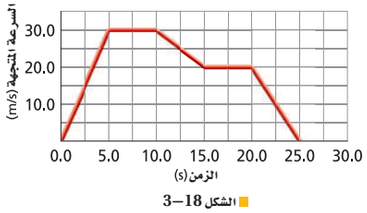
61. بالاسـتعانة **بالشـكل 3–18** أوجد تسـارع الجسم المتحرك في الأزمنة التالية:

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 3–18

62. احسـب السـرعة النهائيـة لبروتـون سـرعته الابتدائيـة 2.35×10^5 m/s تـم التأثيـر عليـه بحيـث يتسـارع بانتظام في مجـال كهربائي بمعدل $(-1.10 \times 10^{12}\ m/s^2)$ ولمدة 1.50×10^{-7} s

63. إذا كانت السـيارة A تسـتطيع أن تزيد سـرعتها من 0 m/s إلـى 17.9 m/s خـلال 4.0 s ، والسـيارة B يمكنها أن تتسارع 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، رتـب السـيارات الثلاث من الأكبر تسـارعًا إلى الأقل، مع الإشـارة إلى أي علاقة قد تربط بين تسارع كل منها.

التقويم

58. a. ستصطدم الصخرة B بالأرض بسرعة أكبر.

b. لهما التسارع نفسه (التسارع الناتج عن الجاذبية الأرضية).

c. الصخرة A.

إتقان حل المسائل

التسارع

59. a. 5.0×10^1 km /h

b. 48 km /h

60. 33 m /s

61. a. $6.0\ m/s^2$

b. $0.0\ m/s^2$

c. $-2.0\ m/s^2$

d. $-4.0\ m/s^2$

62. 7.0×10^4 m /s

63. للسـيـارة B أكبـر تسـارع $6.0\ m/s^2$، وباسـتـخدام الأرقام المعنوية، السيارة A، والسيارة C ترتبطان بتسارع $4.0\ m/s^2$

التقويم

64. 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 و2.0 s التسارع $4.0\ m/s^2$، وبين 7.0 s و12.0 s التسارع $-4.0\ m/s^2$

الحركة بتسارع منتظم

65. a. 75 m **b.** 150 m
c. 125 m **d.** 5.0×10^2 m

66. a. 1.4×10^2 m

b. 550 m ، وهي تساوي أربعة أضعاف المسافة في الفرع ***a***.

67. 1.6×10^3 m

68. 6.0×10^1 m/s

69. a. 5.0×10^1 m ، نعم، ستصطدم بالحاجز.

b. 22 m/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

64. 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 و2.0 s عن التسارع المتوسط في الفترة الزمنية بين 7.0 s و12.0 s؟

3–2 الحركة بتسارع منتظم

65. استعن **بالشكل 18–3** لإيجاد المسافة 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

66. سيارة سباق يمكنها أن تتباطأ بتسارع منتظم ($11\ m/s^2$). 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 ضعفي السرعة السابقة؟

67. ما المسافة التي تطيرها طائرة خلال 15 s، بينما تتغير سرعتها بمعدل منتظم من 145 m/s إلى 75 m/s ؟

68. تتحرك سيارة شرطة من السكون وبتسارع منتظم مقداره $7.0\ m/s^2$ لتلحق بسيارة تتجاوز الحد المسموح به، وتسير بسرعة منتظمة مقدارها 30.0 m/s، كم تكون سرعة سيارة الشرطة عندما تلحق بالسيارة المخالفة؟

69. شاهد سائق سيارة تسير بسرعة 90.0 km/h فجأة أضواء حاجز على بعد 40.0 m أمامه، فإذا استغرق السائق 0.75 s حتى يضغط على الفرامل، وكان التسارع المتوسط للسيارة في أثناء ضغطه على الفرامل يساوي $-10.0\ m/s^2$

a. حدد إذا كانت السيارة ستصطدم بالحاجز أم لا؟

b. ما أقصى سرعة يمكن أن تسير بها السيارة دون أن تصطدم بالحاجز؟ (بفرض أن التسارع لم يتغير).

3–3 السقوط الحر

70. أسقط رائد فضاء ريشة من نقطة على ارتفاع 1.2 m فوق سطح القمر. فإذا كان تسارع الجاذبية على سطح القمر $1.62\ m/s^2$، ما الزمن الذي تستغرقه الريشة حتى تصطدم بسطح القمر؟

71. يسقط حجر سقوطًا حرًّا، ما سرعته بعد 8.0 s؟ وما إزاحته؟

72. قذفت كرة بسرعة 2.0 m/s رأسيًّا في اتجاه الأسفل من نافذة منزل، ما سرعتها حين تصل إلى رصيف المشاة الذي يبعد 2.5 m عن نقطة القذف؟

73. في السؤال السابق، إذا قذفت الكرة رأسيًّا إلى أعلى بدلاً من الأسفل، فما السرعة التي تصل بها الكرة إلى الرصيف؟

74. إذا قذفت كرة مضرب في الهواء والتقطتها بعد 2.2 s، فأجب عما يأتي:

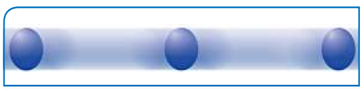
a. ما الارتفاع الذي وصلت إليه الكرة؟

b. ما السرعة الابتدائية للكرة؟

مراجعة عامة

75. سفينة فضائية تتحرك بتسارع منتظم وتتغير سرعتها من 65.0 m/s إلى 162.0 m/s خلال 10.0 s، ما المسافة التي ستقطعها؟

76. يبين **الشكل 19–3** صورة ستروبية لكرة تتحرك أفقيًّا. ما المعلومات التي تحتاجها حول الصورة وما القياسات التي ستجريها حتى تقدر التسارع؟



الشكل 19–3

77. بالون أرصاد جوية يطير على ارتفاع ثابت فوق سطح الأرض، سقطت منه بعض الأدوات نحو الأرض. فإذا اصطدمت بالأرض بسرعة (−73.5 m/s)، ما الارتفاع الذي سقطت منه هذه الأدوات؟

78. تتغير سرعة سيارة خلال فترة زمنية مقدارها 8.0 s كما يبين ذلك **الجدول 5–3**.

a. مثّل بيانيًّا العلاقة بين السرعة المتجهة–الزمن.

b. ما إزاحة السيارة خلال ثمان 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 5–3

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

التقويم

السقوط الحر

70. 1.2 s

71. 78.4m /s– نحو الأسفل. 3.1×10^2 m

72. 7.3 m/s

73. 7.3 m/s

74. a. 6.2 m

b. 11 m/s

75. 1.14×10^3 m

76. 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.

77. 276 m–

78. a. انظر دليل حلول المسائل.

b. 110 m

c. $4\ m/s^2$، التسارع

d. صفر، يدل على أن السرعة منتظمة.

التقويم

79. تلحق بها بعد 12 ثانية وعلى بعد 180 مترًا من الإشارة.

80.a $-15\ \text{m/s}$ (باعتبار $a = -g$)

b. $1.0 \times 10^{1}\ \text{m}$

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

التفكير الناقد

81. ستكون تجارب الطلبة مختلفة، وعليهم أن يجدوا أن تغير الكتلة فوق حافة الطاولة لن يغير المسافة التي تتحركها العربة، لأن التسارع دائمًا متساوٍ ويساوي g.

82. سيكون التغير في السرعة متساويًا وبالتالي التسارع.

الكتابة في الفيزياء

83. ستختلف إجابات الطلبة. يجب أن تتضمن الإجابات ما توصل إليه هبة الله بن ملكا 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.

84. 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.

85. تقرير يحقق المطلوب.

79. توقفت شاحنة عند إشارة ضوئية، وعندما تحولت الإشارة إلى اللون الأخضر تسارعت الشاحنة بمقدار $2.5\ \text{m/s}^2$، وفي اللحظة نفسها تجاوزتها سيارة تتحرك بسرعة منتظمة $15\ \text{m/s}$، أين ومتى ستلحق الشاحنة بالسيارة؟

80. ترتفع طائرة مروحية رأسيًّا بسرعة $5.0\ \text{m/s}$، إذا أسقط كيس من حمولتها حتى وصل إلى سطح الأرض خلال $2\ \text{s}$، فاحسب:

a. سرعة الكيس لحظة وصوله إلى الأرض.

b. بُعد الكيس عن نقطة الإسقاط.

c. بُعد الكيس عن الطائرة لحظة وصوله إلى سطح الأرض.

التفكير الناقد

81. صمم تجربة لقياس المسافة التي يتحركها جسم متسارع خلال فترات زمنية متساوية باستخدام الأدوات التالية:

كاشف للحركة (CBL) (أو بوابة ضوئية)، عربة مختبر، خيط، بكرة، ماسك على شكل حرف C. ثم ارسم منحنى (السرعة المتجهة- الزمن) ومنحنى (الموقع - الزمن) باستخدام أثقال مختلفة. وضح كيف يؤثر الثقل في رسمك البياني.

82. أيهما له تسارع أكبر: سيارة تزيد سرعتها من $50\ \text{km/h}$ إلى $60\ \text{km/h}$، أم دراجة هوائية تنطلق من $0\ \text{km/h}$ إلى $10\ \text{km/h}$ خلال الفترة الزمنية نفسها؟ وضح إجابتك.

الكتابة في الفيزياء

83. ابحث في مساهمات جاليليو في الفيزياء.

84. ابحث في الحد الأقصى للتسارع الذي يتحمله الإنسان دون أن يفقد وعيه. ناقش كيف يؤثر هذا في تصميم ثلاثٍ من وسائل التسلية أو النقل.

85. اكتب تقريراً يتعلق بتمثيل المفاهيم الفيزيائية المرتبطة بالحركة المستقيمة، من مثل : المسافة، ومتجه الموقع، والإزاحة،.....) المرتبطة بحركة عداء في خط مستقيم ينحرك في أحد الأماكن المخصصة للمشي أو الجري في مملكة البحرين، من مثل : دوحة عراد، أو ستاد البحرين الوطني، مع إرفاق صور أو فيديوهات تبين ما تم إنجازه.

مراجعة تراكمية

86. المعادلة أدناه تصف حركة جسم:

$$d = (35.0\ \text{m/s})\ t - 5.0\ \text{m}$$

ارسم منحنى (الموقع-الزمن) ومخطط الحركة، ثم اكتب مسألة فيزياء يمكن حلها باستخدام المعادلة.

مراجعة تراكمية

86. يشير كل من الرسم البياني والشكل التخطيطي إلى الحركة بسرعة متجهة منتظمة مقدارها $35\ \text{m/s}$ وموقع ابتدائي $-5.0\ \text{m}$

انظر دليل حلول المسائل

ستختلف إجابات الطلبة في كتابة المسائل.

أسئلة اختيار من متعدد

1. تتدحرج كرة إلى أسفل تلّ بتسارع منتظم $2.0\ m/s^2$ فإذا بدأت الكرة حركتها من السكون واستغرقت $4.0\ s$ قبل أن تتوقف، ما المسافة التي قطعتها الكرة قبل أن تتوقف؟ وما سرعتها؟

A) $8.0\ m$ ، $2.0\ m/s$
B) $12\ m$ ، $12\ m/s$
C) $16\ m$ ، $8.0\ m/s$
D) $20\ m$ ، $16\ m/s$

2. تتحرك سيارة بسرعة ابتدائية $80\ km/h$ ، ثم تزداد سرعتها لتصل إلى $110\ km/h$، بعد أن تقطع مسافة $500\ m$، ما معدل تسارعها؟

A) $0.44\ m/s^2$
B) $8.4\ m/s^2$
C) $0.60\ m/s^2$
D) $9.80\ m/s^2$

3. سقط إصيص زهور 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) $17\ s$

4. أسقط متسلق جبال حجرًا، ولاحظ زميله عند أسفل الجبل أن الحجر يحتاج إلى $3.20\ s$ حتى يصل إلى سطح الأرض، ما الارتفاع الذي كان عنده المتسلق لحظة إسقاطه الحجر؟

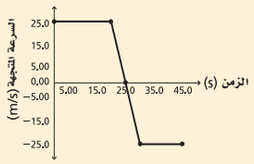
A) $15.0\ m$
B) $31.0\ m$
C) $50.0\ m$
D) $1.00 \times 10^2\ m$

5. اقتربت سيارة منطلقة بسرعة $91.0\ km/h$ من مطعم على بعد $30\ m$ أمامها، وعندما ضغط السائق على الفرامل بقوة اكتسبت السيارة تسارعًا مقداره $(-6.40\ m/s^2)$. ما المسافة التي قطعها السائق حتى توقف؟

A) $14.0\ m$
B) $29.0\ m$
C) $50.0\ m$
D) $1.00 \times 10^2\ m$

6. يمثل الرسم البياني التالي حركة شاحنة، ما الإزاحة الكلية للشاحنة؟ افرض أن الاتجاه الموجب نحو الشمال.

A) $150\ m$ جنوبًا
B) $125\ m$ شمالًا
C) $300\ m$ شمالًا
D) $600\ m$ جنوبًا



7. 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

8. مثّل النتائج في الجدول أدناه بيانيًا، ثم أوجد من الرسم كلًا 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، وبداية الصف، ثم اقرأ السؤال، وفسّر البيانات الموجودة في الجدول.

أسئلة الاختيار من متعدد

1. C
2. A
3. A
4. C
5. C
6. B
7. D

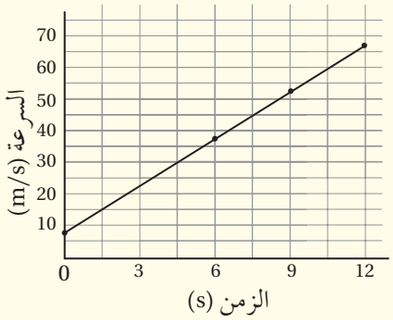
اختبار مقنن الفصل 3-

سلّم تقدير

يمثّل الجدول التالي نموذجًا لسلم تقدير لأسئلة الإجابات المفتوحة:

العلامات	الوصف
4	يُظهر الطالب فهمًا كاملاً لموضوع الفيزياء الذي يُدرّس. يمكن أن تتضمن الاستجابة أخطاءً ثانوية لا تعيق إظهار الفهم الكامل.
3	يظهر الطالب فهمًا للمواضيع الفيزيائية التي درسها، الاستجابة صحيحة وتظهر فهمًا أساسيًّا، ولكن دون الفهم الكامل للفيزياء.
2	يظهر الطالب فهمًا جزئيًّا فقط للمواضيع الفيزيائية، وربما استخدم الطالب الطريقة الصحيحة للوصول إلى الحل أو قدّم حلًّا صحيحًا، لكن العمل يعوزه استيعاب المفاهيم الفيزيائية الرئيسة.
1	يظهر الطالب فهمًا محدود جدًّا للمواضيع الفيزيائية. والاستجابة غير تامة (ناقصة). وتظهر أخطاء كثيرة.
0	يقدم الطالب حلًّا غير صحيح تمامًا، أو لا يستجيب على الإطلاق.

الأسئلة الممتدة



$$\text{الميل (m)} = \frac{(36.9)\ m/s - (8.10)\ m/s}{6.00\ s} = m$$

التسارع $= 4.80\ m/s^2$

الإزاحة = المساحة تحت المنحنى $= 443\ m$

الفصل 4 مخطط الفصل

التساؤلات الجوهرية	المواد والأدوات
افتتاحية الفصل	
4–1 1. ما القوة؟ 2. ما العلاقة بين القوة والتسارع؟ 3. كيف تتأثر حركة الجسم عندما تكون محصلة القوى المؤثرة فيه صفرًا؟	**تجارب الطالب** تجربة استهلالية كتاب، حبل سميك طوله 0.5 m، خيطان خفيفان. عرض سريع قارورتان فارغتان سعة كل منهما لتران، رباط مطاطي، خيط، مسطرة، ماء.
4–2 4. كيف يرتبط الوزن مع كتلة الجسم؟ 5. كيف يختلف الوزن الظاهري عن الوزن الحقيقي؟ 6. ما تأثير مقاومة الهواء على حركة الاجسام الساقطة؟	**عرض المعلم** عرض سريع كرة رخامية ومكعب معدني (أو اسطوانة معدنية) كتلتاهما متساويتان، كأس كبيرة، زيت محرك، مصباح كهربائي، مقياس درجة حرارة، ساعة رقمية.
4–3 7. فيما يبحث قانون نيوتن الثالث؟ 8. ما القوة العمودية؟	**تجارب الطالب** تجربة عدد 2 ميزان زنبركي نابض، حبل طوله 15 cm. عرض سريع دلو ، حبل، خطاف.

طرائق تدريس متنوعة

م ١ أنشطة مناسبة للطلبة ذوي صعوبات التعلّم.	م ٢ أنشطة مناسبة للطلبة ذوي المستوى المتوسط.	م ٣ أنشطة مناسبة للطلبة المتفوقين (فوق المتوسط).

الفصل الرابع

الفصل 4

القوى في بُعد واحد

نظرة عامة على الفصل

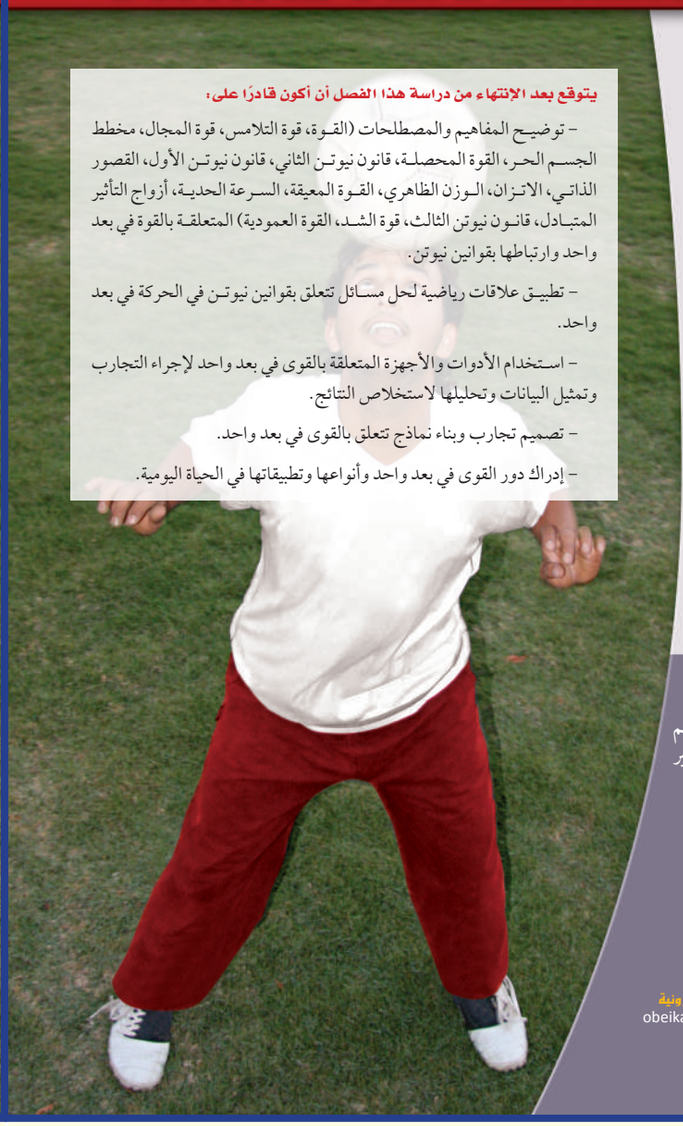
إن التأثير بقوة محصلة في جسم ما يتسبب في تغيير سرعته، ويمكن أن تؤثر القوى بالتماس المباشر مع جسم آخر، أو من خلال مجال مثل الجاذبية الأرضية، وتصف قوانين نيوتن كيف تؤثر القوة في تغيير السرعة المتجهة لجسم ما.

فكّر

عندما يتوقف جسم عن الحركة، أو يبدأ جسم ساكن في الحركة أو يغير اتجاهه، فإنه يتم ذلك بسبب وجود قوة محصلة تؤثر فيه. والقوة المحصلة في صورة غلاف الفصل ناتجة عن التفاعل المتبادل بين رأس اللاعب والكرة.

المفردات الرئيسة

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



يتوقع بعد الإنتهاء من دراسة هذا الفصل أن أكون قادرًا على:

- توضيح المفاهيم والمصطلحات (القوة، قوة التلامس، قوة المجال، مخطط الجسم الحر، القوة المحصلة، قانون نيوتن الثاني، قانون نيوتن الأول، القصور الذاتي، الاتزان، الوزن الظاهري، القوة المعيقة، السرعة الحدية، أزواج التأثير المتبادل، قانون نيوتن الثالث، قوة الشد، القوة العمودية) المتعلقة بالقوة في بعد واحد وارتباطها بقوانين نيوتن.
- تطبيق علاقات رياضية لحل مسائل تتعلق بقوانين نيوتن في الحركة في بعد واحد.
- استخدام الأدوات والأجهزة المتعلقة بالقوى في بعد واحد لإجراء التجارب وتمثيل البيانات وتحليلها لاستخلاص النتائج.
- تصميم تجارب وبناء نماذج تتعلق بالقوى في بعد واحد.
- إدراك دور القوى في بعد واحد وأنواعها وتطبيقاتها في الحياة اليومية.

الفكرة العامة

القوة المحصلة تسبب التغير في الحركة.

4-1 القوة والحركة

الفكرة الرئيسة القوة دفع أو سحب.

4-2 الوزن والقوة المعيقة

الفكرة الرئيسة يمكن استخدام قانون نيوتن الثاني لتوضيح حركة الأجسام الساقطة.

4-3 قانون نيوتن الثالث

الفكرة الرئيسة تتواجد القوى دائماً بشكل أزواج تأثير متبادل.

فكر

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

تجربة استهلالية

الهدف توضح تأثير مجموعة من القوى في جسم ما.

المواد والأدوات كتاب، حبل سميك طوله 0.5 m، خيطان خفيفان.

استراتيجيات التدريس

- يمكن أن يقترح الطلبة طريقة 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 التالي:

$$F_{g} + F_{\text{تسحب الكتاب إلى أسفل}} = m_{\text{الكتاب}} \times a + F_{\text{تسحب الكتاب إلى الأعلى}}$$

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. إن زيادة التسارع تجعل الكمية ($m_{\text{الكتاب}} \times a$) كبيرة مما يجعل القوة المؤثرة في الجهة السفلية من الخيط كبيرة نسبيًّا.

1 . التركيز

نشاط محفّز

القوى اطلب إلى كل طالب وضع جسم صغير مستوٍ مثل عملة معدنية أو مشبك ورق على سطح طاولته. واطلب إلى الطلبة استخدام الطرائق المختلفة التي تمكنهم من تحريك الجسم على سطح الطاولة دون رفعه عنها، وبعد أن يقوم الطلبة بهذا العمل مدة دقيقة اطلب إلى كل طالب أن يصف كيف تمكن من تحريك الجسم؟ إن جميع الأفعال التي قام بها الطلبة تنحصر في مجموعتين: الدفع والسحب. وهناك طريقة واحدة لوصف القوة، هي السحب أو الدفع. م

حركي

الربط مع المعرفة السابقة

القوى والتسارع تعلم الطلبة في الفصل الثالث كيف يمكن وصف الحركة بتسارع منتظم باستخدام علم الكينماتيكا. يقدم هذا الفصل القوة التي تتسبب في حدوث التسارع. ويجيب هذا الفصل أيضًا عن السؤال التالي: لماذا تتسارع الأجسام؟

الفيزياء في حياتك

لبدء حركة لوح التزلج على سطح مستوٍ ينبغي أن تدفع الأرض بقدمك، أما إذا كنت على منحدر فأنك ستتحرك نحو أسفل المنحدر بفعل الجاذبية، في كلا الحالتين فإن قوى غير متوازنة سببت حركة اللوح.

تساؤلات جوهرية:

- ما القوة؟
- ما العلاقة بين القوة والتسارع؟
- كيف تتأثر حركة الجسم عندما تكون محصلة القوى المؤثرة فيه صفراً؟

المفردات:

- القوة
- قوة التلامس
- قوة المجال
- مخطط الجسم الحر
- القوة المحصلة
- قانون نيوتن الثاني
- قانون نيوتن الأول
- القصور الذاتي
- الاتزان

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، وبما أن الفرامل تتسبب في تسارع معاكس لاتجاه السرعة، فإن القطار يبطئ سرعته. واستطاع السائق أن يوقف القطار قبل اصطدامه 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؟ إن التسارع الذي تحدثه فرامل القطار يجب أن يكون أكبر حتى يقف خلال زمن أقل، وهذا الاحتمال يشبه الحالة التي يسير فيها القطار بسرعة 80 km/h، ويكون أكثر قربًا من الشاحنة عندما يبدأ سائقه باستعمال الفرامل.

تجربة استهلالية

ما القوة الأكبر؟

سؤال التجربة ما القوى التي يمكن أن تؤثر في جسم معلق بخيط؟

الخطوات

1. اربط قطعة من حبلٍ 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 أدناه.
2. أمسك نهاية الخيط العلوي ودع الكتاب يتدلى في الهواء، ثم اطلب إلى زميلك أن يسحب نهاية الخيط السفلي ببطء وثبات لأسفل. سجل ملاحظاتك. **تحذير: قف بحيث تكون قدماك بعيدتين عن مكان سقوط الكتاب.**
3. استبدل الخيط الذي انقطع وكرر الخطوة 2، لكن في هذه المرة اطلب إلى زميلك سحب الخيط السفلي بسرعة وبقوة أكبر. سجل ملاحظاتك.

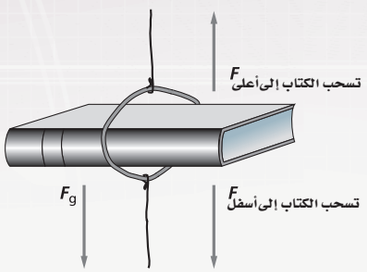
التحليل

أي الخيطين انقطع في الخطوة 2؟ لماذا؟ أي الخيطين انقطع في الخطوة 3؟ لماذا؟

التفكير الناقد ارسم مخططًا توضيحيًّا للتجربة، واستخدم الأسهم لتوضيح القوى المؤثرة في الكتاب.

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 يتسبب السحب المفاجئ في قطع الخيط السفلي؛ لأن هناك قوة كبيرة تؤثر فيه.

التفكير الناقد



2. التدريس

المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

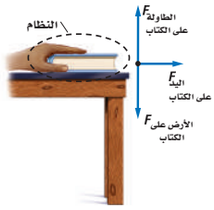
القوة والتسارع يخلط العديد من الطلبة بين المفاهيم التالية: القوة، والتسارع، والسرعة المتجهة. تُعرّف القوة بأنها سحب أو دفع يؤدي إلى تغير الحركة. القوة المُحصّلة تسبب التسارع، وهو عبارة عن التغير في السرعة المتجهة خلال وحدة زمن. حينما يغير جسم متحرك اتجاه حركته أو يسرعها أو يبطئها أو يوقفها فإنه يقوم بذلك بسبب قوة ما تؤثر فيه. وضح للطلبة 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.

القوة والحركة Force and Motion

مـا الذي جعـل القطار يبطئ حركته؟ تؤثر القوة في الجسـم إما بدفعه أو بسـحبه، فتزيد سـرعته أو تبطئها أو تغير اتجاه حركته. وعندما يسـتخدم سائق القطار الفرامل فإنهـا تؤثر في عجلات القطـار بقوة تجعله يبطئ حركته. وبنـاءً على تعريف كلٍّ من السـرعة والتسـارع، يمكن القول أن القوة المؤثرة في جسـم ما تغير سرعته؛ أي أنها تكسبه تسارعًا.

افترض أن كتابًا يسـتقر على سـطح طاولة، كيف يمكنك أن تجعله يتحرك؟ هناك احتمالان: فإما أن تدفعه وإما أن تسحبه. الدفع أو السحب قوتان تؤثران في الكتاب، وكلمـا زاد الدفـع عليه أثر بشـكل أكبر في حركته. ولاتجاه القـوة المؤثرة أيضًا تأثير رئيس في حركة الجسم ، فإذا دفعت الكتاب نحو اليمين سيتحرك في اتجاه يختلف عـن الاتجاه الـذي كان سـيتحرك فيه فيما لو دفعته نحو اليسـار. وسـوف نسـتخدم الرمز ***F*** للتعبير عن القوة المتجهة (مقدار القوة واتجاهها).

مـن الضروري عند دراسـة تأثير القوة فـي الحركة، تحديد الجسـم الذي تؤثر فيه القوى. ويطلق على هذا الجسم اسم "النظام"، وكل ما يحيط به ويؤثر فيه بقوة يسمى المحيـط الخارجـي. فالكتاب المبين في **الشـكل 1–4** يمثل النظـام، في حين تمثل اليـد، والجاذبيـة الأرضيـة أجزاءً من المحيـط الخارجي الذي يمكـن أن يتفاعل مع الكتاب عن طريق الدفع أو السحب، ويؤدي إلى احتمال تغيير حركته.



■ **الشكل 1–4** الكتاب هنا يُمثل النظام، وتؤثر كل من الطاولة واليـد والأرضـ (مـن خلال الجاذبية الأرضية) بقوى في الكتاب.

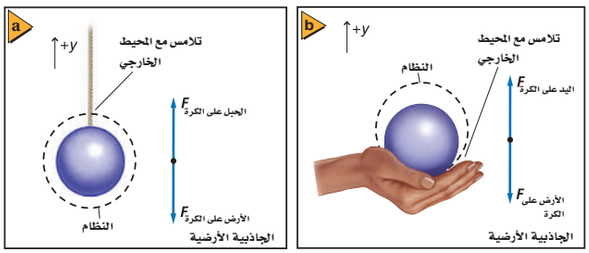
قوى التلامس وقوى المجال
Contact Forces and Field Forces

تتولـد **قوة التلامس** عندما يلامس جسـم منِ المحيـط الخارجي النظام، ويؤثر فيه بقـوة. فعندما تحمـل كتاب الفيزياء تؤثر يـدكَ فيه بقوة تلامس، أمـا إذا وضعته على الطاولـة، فـإن قوة التلامس بين يدك والكتاب تتلاشـى، بينمـا الطاولة الآن هي التي تؤثر في الكتاب بقوة تلامس.

وهنـاك طرائق أخـرى لتغيير حركة الكتـاب، فمن الممكن أن تجعله يسـقط نحو الأرض، وفـي هـذه الحالـة فإنه يتسـارع بسـبب الجاذبيـة الأرضية كما درسـت في الفصـل الثالـث. إن قوة الجاذبية الأرضية هي التي تتسـبب في هذا التسـارع، وتؤثر في الكتاب سـواء كان في حالة تلامس مع الأرض أم لا، ويطلق على مثل هذه القوة ومثيلاتها اسم **قوة المجال**، وهي تؤثر في الأجسام بقوى جذب أو تنافر بغض النظر عـن وجـود تلامـس فيما بينهـا أم لا. وهناك أمثلة أخـرى على هذا النـوع من القوى كالقوى المغناطيسية.

ولكل قوة سـبب معين يمكن تحديده يسـمى المسبب. وحتى يمكن تحديد القوة يجب معرفة المسبب الذي يولدها ، والنظام الذي تؤثر فيه هذه القوة.

فعلى سبيل المثال: عندما تدفع الكتاب فإن يدك (المسبب) تؤثر بقوة في الكتاب (النظام)، وهكذا فإن عدم وجود كل من المسبب والنظام يعني عدم وجود قوة. فماذا عن الجاذبية الأرضية؟ إذا تركت الكتاب يسقط من يدك فإن المسبب هو كتلة الأرض التي تؤثر بقوة مجال في الكتاب.



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.

مخططات الجسم الحر إذا كان استخدام النماذج التصويرية ومخططات الحركة مهمًّا في حل مسائل الحركة، فإنه مهم أيضًا في تحليل الكيفية التي تؤثر بها القوى في حركة الأجسام. وأول خطوة في حل أي مسألة هي عمل نموذج تصويري. فعلى سبيل المثال، لتمثيل القوى المؤثرة في كرة مربوطة بوساطة خيط، أو تستند إلى راحة يدك، ارسم مخططات توضح كل حالة، كما في **الشكلين a 2–4 و b 2–4** ، ثم ارسم دائرة حول النظام وحدد المواقع التي تؤثر فيها قوى التلامس، وقوى المجال.

لتمثيل القوى المؤثرة في الكرة الموضحة في **الشكلين a 2–4 و b 2–4** فيزيائيًّا، استخدم نموذج الجسيم النقطي: مثّل الجسم بنقطة، ومن ثم مثّل كل قوة بسهم أزرق يشير إلى الاتجاه الذي تؤثر فيه هذه القوة، مراعيًا أن يكون طول كل سهم متناسبًا مع مقدار القوة. غالبًا يتم رسم هذه المخططات قبل معرفة مقدار جميع القوى، وبإمكانك 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 الأكبر، فهذا يُسهِّل 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**.

استخدام الشكل 2–4

اطلب إلى الطلبة تحديد النظام، والمسبب واتجاهات القوى جميعها التي تؤثر في النظام لكلا **الشكلين 2b–4 و 2a–4**.

a. الكرة هي النظام.فيه قوتان: الجاذبية الأرضية (أو كتلة الأرض هي مسبب الجاذبية الأرضية) نحو الأسفل، والحبل نحو الأعلى.

b. الكرة هي النظام. فيه قوتان: الجاذبية الأرضية نحو الأسفل (أو كتلة الأرض هي مسبب الجاذبية الأرضية)، واليد نحو الأعلى.

بيّن أن القوى في **الشكلين 2b–4** و **2a–4** متساوية في المقدار ومتضادة في الاتجاه. وهكذا، فإن القوة المُحصَّلة تساوي صفرًا، ولا يوجد تغير في السرعة المتجهة للجسم. **ف 2** بصري - مكاني

نشاط

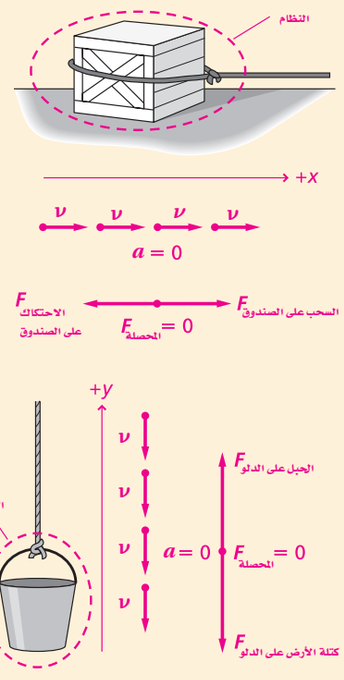
مساعدة الطلبة ذوي صعوبات التعلم

مخطط الجسم الحر ساعد الطلبة على عمل نماذج فيزيائية للقوى المؤثرة في جسم ما. واطلب إلى كل طالب أن يرسم مخطط الجسم الحر لكتاب موضوع على سطح طاولة. وذكّر الطلبة أن النقطة (مركز الثقل) في مخطط الجسم الحر تمثل الجسم. وقبل أن يبدأ الطلبة الرسم اطلب إليهم تحديد النظام، وأين يكون في حالة تماس مع المحيط الخارجي؟ يمثل الكتاب النظام ويكون في حالة تماس مع المحيط الخارجي على سطح الطاولة. اطلب إلى الطلبة أن يحددوا القوى الأخرى التي تؤثر في الكتاب، الجاذبية الأرضية أو كتلة الأرض على الكتاب. هل يمكنهم مشاهدة هذه القوى؟ لا. ذكّر الطلبة أن كل سهم يمثل اتجاه القوة. **ف 1** بصري - مكاني

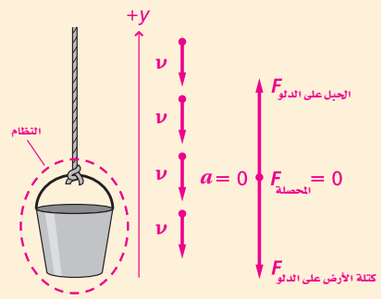
مسائل تدريبية

1. انظر دليل حلول المسائل.

2.



3.



تطوير المفهوم

القوة 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 الطلبة على 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. 1م

مسائل تدريبية

حدد النظام، وارسم نموذج الجسيم النقطي، ومخطط الجسم الحر لكل من الحالات الآتية بتمثيل جميع القوى، وتعيين اتجاه التسارع، والقوة المحصلة، مراعيًا رسم المتجهات بأطوال مناسبة:

1. هبوط مظلي خلال الهواء، وبسرعة متجهة منتظمة (يؤثر الهواء في المظلي بقوة نحو الأعلى).

2. سلك يسحب صندوقًا بسرعة منتظمة، على سطح أفقي (يؤثر السطح بقوة تقاوم حركة الصندوق).

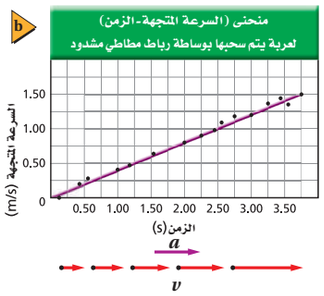
3. إنزال دلو بوساطة حبل بسرعة منتظمة (أهمل مقاومة الهواء).

القوة والتسارع Force and Acceleration

كيف يتحرك الجسم عندما تؤثر فيه قوة أو أكثر؟ إحدى الطرائق للإجابة عن هذا السؤال هي إجراء التجارب. ابدأ بقوة وحيدة تؤثر أفقيًا في جسم. بإمكانك 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 عجلات تدور بسهولة، مما يقلل من مقاومة الحركة.

ولتحديد العلاقة بين كل من القوة والتسارع، والسرعة المتجهة، تحتاج إلى التأثير في جسم ما بقوة ثابتة باتجاه 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 a 3–4** رباطًا مطاطيًا مشدودًا بمقدار ثابت 1 cm، يسحب عربة ذات مقاومة قليلة. بإجراء هذه التجربة وتحديد السرعة المتجهة للعربة خلال فترة زمنية محددة، تستطيع عمل رسم بياني يشبه ذلك الموضح في **الشكل b 3–4**، هل يختلف هذا الرسم البياني عما توقعته؟ ماذا تلاحظ بالنسبة للسرعة المتجهة؟ لاحظ أن الزيادة الثابتة في السرعة المتجهة هي نتيجة للتسارع المنتظم الذي منحه الرباط المطاطي المشدود للعربة.



الشكل 3–4

a. يؤثر الرباط المطاطي المشدود بقوة ثابتة في العربة التي صممت لتكون مقاومتها قليلة.

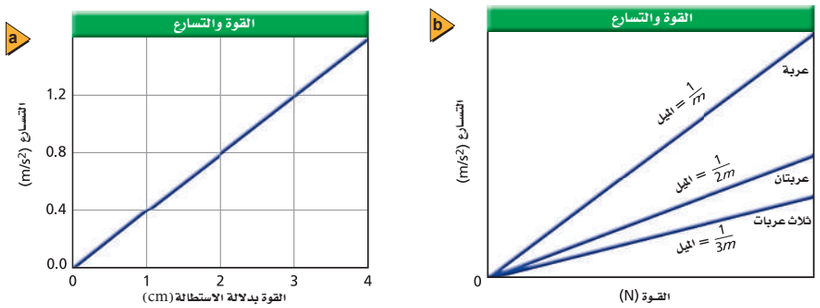
b. يمكنك رسم حركة العربة بيانيًا والتي يتضح أنها علاقة خطية.

نشاط

من معلم لآخر

الأجسام الساقطة لتوضيح قوى المجال وكيف أن جميع الأجسام (عند إهمال مقاومة الهواء) تسقط بالسرعة نفسها. دع أحد الطلبة يمسك كتابًا بحيث يوازي أرض 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 الطلبة 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 نسبيًا. 1م حركي

90



الشكل 4–4

a. يبين الرسم البياني أنه كلما زادت القوة زاد التسارع.

b. ميل الرسم البياني (القوة – التسارع) يعتمد على عدد العربات.

كيف يعتمد هذا التسارع على القوة؟ للإجابة عن ذلك؛ أعد التجربة بحيث يكون الرباط المطاطي مشدودًا بمقدار ثابت 2 cm. ثم كرر التجربة مع شد الرباط المطاطي أكثر في كل مرة. مثّل بيانيًا منحنى (السرعة المتجهة– الزمن) لكل من التجارب السابقة، ستلاحظ أن تلك المخططات تشبه ذاك المبين في **الشكل 4–3 b** . احسب التسارع، ثم مثّل بيانيًا قيمة كل من التسارع والقوة، لكل المحاولات التي قمت بها، وبذلك تحصل على الرسم البياني للقوة–التسارع كما في **الشكل 4–4 a** . ما العلاقة بين القوة والتسارع؟ العلاقة خطية؛ فكلما كانت القوة أكبر كان التسارع الناتج أكبر، ويمكن التعبير عن هذه العلاقة باستخدام معادلة الخط المستقيم $y = mx + b$.

ما المعنى الفيزيائي لميل كل من الخطوط البيانية في **الشكل 4–4 b** ؟ وماذا يحدث إذا تغير الجسم؟ يبين **الشكل 4–4 b** العلاقة البيانية بين القوة والتسارع لعربة واحدة، ولعربتين فوق بعضهما، ولثلاث عربات فوق بعضها. ويظهر الرسم البياني أنه إذا لم تتغير القوة المؤثرة، فإن تسارع العربتين سينخفض إلى $\frac{1}{2}$ تسارع العربة الواحدة، و تسارع العربات الثلاث إلى $\frac{1}{3}$ تسارع العربة الواحدة. وهذا يعني أنه كلما زاد عدد العربات، فإننا نحتاج إلى قوة أكبر للحصول على التسارع نفسه، ويعتمد ميل كل من الخطوط في **الشكل 4–4b** على عدد العربات؛ أي أنه يعتمد على مجموع كتلها، فإذا عُرِّف الميل k بأنه مقلوب الكتلة $\frac{1}{m}$ ، ومن العلاقة الخطية بين القوى والتسارع نجد أن:

$$a \propto F$$

$$a = k \times F \quad \text{وبالتعويض عن قيمة } k$$

$$a = \frac{1}{m} \times F$$

$$F = ma \quad \text{أي أن}$$

معلومة للمعلم

الخلفية النظرية للمحتوى

قياس القوة اعتبر 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، وتسمى بالقوة المعيقة. وسوف يتعلم الطلبة أكثر عن القوة المعيقة والسرعة الحدّية في نهاية هذا الفصل.

المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

القوة والسرعة المتجهة والتسارع قد يخلط بعض الطلبة بين السرعة المتجهة المنتظمة، والتسارع المنتظم، لذا اسأل الطلبة هل يمكن لجسم أن يستمر في تسارعه عندما تزول القوة المؤثرة فيه؟ لا. ذكّر الطلبة 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. وبيِّن 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 منتظمة ما لم تؤثر فيه قوة أخرى.

م

تطوير المفهوم

القوى اطلب إلى الطلبة 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 وقوة الشد في الحبل متساويتان ومتعاكستان. اطلب إلى الطلبة تخيل أن الدلو بدأ يسقط للأسفل ويسحب الحبل الذي يمرّ خلال البكرة. اطلب إليهم مرة أخرى المقارنة بين القوى. بما أن الدلو يتسارع إلى أسفل فإن قوة الجاذبية– 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 الطلبة. 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 غرب يمكن أن يكون متجهًا، و مقدار هذا المتجه هو"10 km"، أما اتجاهه فهو " شمال غرب". وسرعة الرياح مثال آخر على المتجهات. اسأل الطلبة: إذا كانت الرياح تهب بسرعة 8 km/h نحو الشرق فما مقدار سرعة الرياح واتجاهها؟ 8 km/h، الشرق. 2م منطقي - رياضي

التفكير الناقد

القوى ليفترض الطلبة أن عربة تتدحرج على مسار ما بسرعة متجهة منتظمة، وبما أن السرعة المتجهة لا تتغير، فاسأل الطلبة: هل هذا يعني عدم وجود قوى تؤثر في العربة؟ لا، حيث إن كلاً من الأرض والمسار يؤثران في العربة بقوة. واسألهم أيضًا: لماذا لا تتغير السرعة إذا أثرت في العربة مسببات محدودة؟ على افتراض أن مقاومة الهواء مهملة، فإن القوى المحصلة المؤثرة في العربة تساوي صفرًا. 2

ما الوحدات المستخدمة لقياس القوة؟ تعلم أن $F = ma$، أي أن وحدة القوة هي $1\ kg.m/s^2$، أو ما اصطلح على تسميته "نيوتن"، ويرمز له بالرمز N، ويعرف بالقوة التي تؤثر في جسم كتلته 1 kg فتكسبه تسارعًا مقداره $1\ m/s^2$ في اتجاهها. يوضح **الجدول 1–4** مقادير بعض القوى.

الجدول 1-4

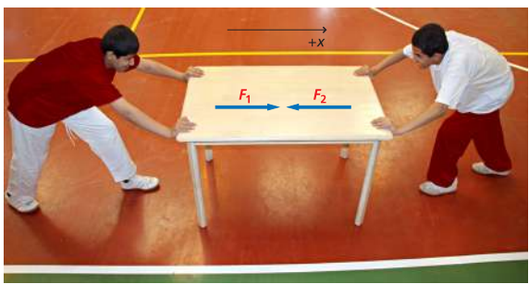
القوى الشائعة

الوصف	F (N)
قوة الجاذبية الأرضية المؤثرة في قطعة معدنية صغيرة	0.05
قوة الجاذبية الأرضية المؤثرة في 0.45 kg من السكر	4.4
قوة الجاذبية الأرضية المؤثرة في شخص كتلته 70 kg	686
القوة المؤثرة في سيارة تتسارع	3000
قوة محرك صاروخ	5,000,000

جمع (تركيب) القوى Combining Forces

ماذا يحدث إذا دفعت أنت وزميلك طاولة، فأثر كلٌّ منكما فيها بقوة مقدارها 100 N ؟ إذا دفع كلاكما الطاولة في الاتجاه نفسه، فإنها ستكتسب تسارعًا أكبر مما لو دفعها كل منكما في اتجاه ضد اتجاه الآخر. وفي الحقيقة، عندما تدفعان الطاولة في الاتجاه نفسه فإنها تكتسب ضعفي التسارع الذي يمكن أن تحصل عليه لو أثر فيها أحدكما بمفرده بقوة 100 N، أما عندما تدفعان الطاولة في اتجاهين متعاكسين، وبالمقدار نفسه من القوة (كما هو موضح في **الشكل a 5–4**) فلن تتحرك.

a



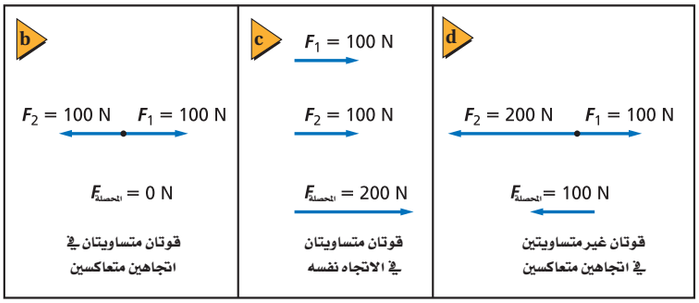
الشكل 5–4

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.



يبين كل من **الشكلين b 4–5 و c 4–5** مخطط الجسم الحر لكلتا الحالتين، كما يبين **الشكل d 4–5** 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 تكون متجهات القوة في الاتجاه نفسه يمكنك استبدالها بمتجه واحد طوله يساوي مجموع أطوالها، وعندما تكون القوى في اتجاهات متعاكسة، فإن طول المتجه الناتج يساوي الفرق بين طولي المتجهين. ويطلق على مجموع المتجهات لجميع القوى التي تؤثر في الجسم اسم **القوة المحصلة** ($F_{\text{المحصلة}}$).

بإمكانك كذلك تحليل الحالة رياضيًا. لنفترض أنك دفعت الطاولة في الاتجاه الموجب بقوة 100 N، في **الشكل b 4–5** يقوم زميلك بالدفع بقوة سالبة مقدارها 100 N، وبجمع القوتين نحصل على قوة محصلة مقدارها 0 N، وهذا يعني أن الجسم لا يتحرك (لا يتسارع)، أما في **الشكل c 4–5** فإن قوة الدفع التي يؤثر بها كل منكما تساوي 100 N، وبالتالي فإن القوة المحصلة تساوي 200 N وهي تؤثر بالاتجاه الموجب، وهو اتجاه تسارع الطاولة. وأما في **الشكل d 4–5** فإن القوة التي يؤثر بها زميلك تساوي (200 N–)، ولذلك فإن القوة المحصلة تساوي (100 N–)، وبالتالي فإن الطاولة ستتسارع في الاتجاه السالب.

معلومة للمعلم

الخلفية النظرية للمحتوى

القوة المحصّلة المجموع الاتجاهي لجميع القوى التي تؤثر في جسم ما يعرف بالقوة المحصلة. 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 منتظمة نسبيًّا لأن القوة المُحصَّلة قريبة جدًّا من الصفر.

نشاط

■ **القوة والحركة** قسم طلبة الصف إلى مجموعتين، ثم أقرأ عليهم العبارة التالية "تتطلب الحركة بسرعة منتظمة قوة ثابتة في اتجاه الحركة".

اطلب إلى الطلبة 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.

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 منتظمة مع بقاء القوة ثابتة.

مسائل تدريبية

4. 3.90×10^{2} N في اتجاه القوتين
5. 6.0×10^{1} N في اتجاه القوة الأكبر
6. $F_{\text{محصلة}} = 24$ N نحو الغرب

قانون نيوتن الثاني Newton's Second Law

بإمكانك 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، وهو ما يُعرف **بقانون نيوتن الثاني**، الذي يُمثل بالمعادلة التالية:

قانون نيوتن الثاني $a = \frac{F_{\text{المحصلة}}}{m}$

تسارع الجسم يساوي محصلة القوى المؤثرة فيه مقسومة على كتلة الجسم.

لاحظ أن قانون نيوتن الثاني يمكن إعادة صياغته بالشكل: $F = ma$ والذي درسته سابقًا. إذا كانت كتلة الطاولة التي دفعتها أنت وزميلك 15.0 kg، ودفع كلٌّ منكما بقوة 50.0 N وفي 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 $6.67\ \text{m/s}^2$

هناك إستراتيجية مفيدة لتحديد كيف تعتمد حركة جسم ما على القوى المؤثرة فيه، أولاً، حدد 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.

تطبيق الفيزياء

مصادم الهيدرونات الكبير

معجل جسيمات يستخدم دراسة الجسيمات ما ون الذرية، حيث يتم سريع (تعجيل) شعاعين من جسيمات إلى طاقات عالية صبح سرعتها قريبة جداً من رعة الضوء، ثم توجه نحو لقة المسرّع بوساطة حقل غناطيسي قوي لتتصادم مع ضها البعض.

مسائل تدريبية

4. قوتان أفقيتان إحداهما 225 N والأخرى 165 N، تؤثران في قارب في الاتجاه نفسه. أوجد القوة الأفقية المحصلة التي تؤثر في القارب مقدارًا واتجاهًا.
5. إذا أثرت القوتان السابقتان في القارب في اتجاهين متعاكسين، ما القوة الأفقية المحصلة التي تؤثر فيه؟ تأكد من تحديد اتجاه القوة المحصلة.
6. يحاول ثلاثة كلاب سحب مزلجة على الثلج؛ أحدها يسحب نحو الغرب بقوة 35 N، والثاني يسحب نحو الغرب أيضًا بقوة 42 N، أما الأخير فيسحب نحو الشرق بقوة 53 N، احسب القوة المحصلة التي تؤثر في المزلجة.

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. اعتبر على سبيل المثال المتغيرات التي تتغير عند حساب تسارع مركبة الفضاء من مثل إطلاق صاروخ، فتتغير 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 صفرًا؟ من المعروف أن الجسم الساكن يبقى في موقعه؛ لأن القوة المحصلة المؤثرة فيه تساوي صفرًا.

افترض كرة تتدحرج على سطح أفقي، ما الفترة الزمنية التي تستمر فيها بالدحرجة؟ تعتمد هذه الفترة على نوع السطح، فإذا دُحرجت الكرة على سجادة خشنة مقاومتها كبيرة، فإنها سرعان ما تتوقف عن الحركة، وتصبح في حالة سكون، أما إذا كان السطح أملس ذا مقاومة قليلة مثل أرضية لعبة البولينج، فإنها ستتدحرج لفترة زمنية أطول، مع تناقص تدريجي في سرعتها المتجهة، وقد قام نيوتن بصياغة ماسبق في ما يسمى **قانون نيوتن الأول** يبقى الجسم على حالته من حيث السكون أو الحركة المنتظمة في خط مستقيم ما لم تؤثر عليه قوة محصلة تغير من حالته.

القصور الذاتي يسمى قانون نيوتن الأول أحيانًا قانون القصور الذاتي، 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، يكون 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 فيها سرعته مساوية للصفر، يُعرّف قانون نيوتن الأول القوة المحصلة على أنها كل ما يُحدث اضطرابًا في حالة الاتزان، لذلك، فإنه إذا كان مقدار القوة المحصلة التي تؤثر على جسم يساوي صفرًا، فإنه لن يتعرض لأي تغيير في مقدار سرعته أو اتجاهه، وبالتالي سيبقى في حالة اتزان.

عند فهم وتطبيق قانوني نيوتن الأول والثاني ستتمكن من تحديد مقادير القوى التي تتعامل معها نسبيًا، حتى في الحالات التي لا يوجد فيها أرقام، راجع **الجدول 2–4**، الذي يحتوي على بعض أنواع القوى التي ستتعامل معها في دراستك للفيزياء، ويرجع أصل جميع هذه القوى إلى القوة الكهرومغناطيسية باستثناء قوة الوزن.

تطبيق الفيزياء

دفع محرك المكوك

تقوم محركات مكوك الفضاء الرئيسة بتزويد المكوك بقوة دفع تقدر بـ 1.6 million N، وتستمد هذه المحركات طاقتها من عملية احتراق الهيدروجين والأكسجين.

عرض سريع

تأثير الكتلة

الزمن المقدر 10 دقائق.

المواد والأدوات قارورتان فارغتان سعة كل منهما لتران، رباط مطاطي، خيط، مسطرة، ماء.

الخطوات اربط الخيط بالرباط المطاطي، ثم ضع الرباط المطاطي حول القارورة بعد ملئها بحوالي لتر من الماء. على أن تكون القارورة في وضع عمودي 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.

تعزيز المفهوم

خريطة المفاهيم اطلب إلى الطلبة رسم خريطة مفاهيم تشتمل على القوة والسرعة المتجهة والتسارع. ويجب أن يصفوا العلاقات التي تربط بين المفاهيم المتصلة بعضها ببعض بخطوط. لغوي

تطبيق الفيزياء

تُعد محركات الصواريخ SSMEs ذات كفاءة كبيرة بالنسبة لوزنها، وتعطي أكبر دفع مقارنة بأي من المحركات الموجودة. وهناك ثلاثة مستويات رئيسة للدفع في هذه المحركات (الأدنى والمتوسط والدفع الكامل) والتي يمكن السيطرة عليها وتغييرها بوساطة 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.

نشاط مساعدة الطلبة ذوي صعوبات التعلم

نشاط جماعي دع الطلبة يعملوا في مجموعات صغيرة، ويعرضوا أمثلة على كل نوع من القوى التي في **الجدول 2–4**. ويمكنك أن تقدم بعض الأمثلة للطلبة 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 بوساطة حبل، وخروج الهواء من بالون. 2م متفاعل

3 . التقويم

التحقق من الفهم

مخططات الجسم الحر اطلب إلى الطلبة 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 الطلبة يرسمون فقط القوة المؤثرة في كل جسم وليس القوى التي يؤثر بها الجسم. 2م بصريّ - مكاني

إعادة التدريس

القوى اطلب إلى أحد الطلبة أن يقف ويمد ذراعيه ثم ضع كتابًا على يده. واسأل الطلبة: 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 نحو الأعلى. 1م حركي

الجدول 2–4

بعض أنواع القوى

القوة	الرمز	التعريف	الاتجاه
الاحتكاك (*Friction*)	F_f	قوة تلامس بين الأسطح تؤثر في اتجاه معاكس للحركة الانزلاقية.	موازية للسطح في عكس اتجاه الحركة الانزلاقية.
العمودية (*Normal*)	F_N	قوة تلامس يؤثر بها سطح عموديًّا على جسم ما	عمودية على السطح.
النابض (*Spring*)	F_{sp}	قوة الاسترداد: أي قوة الدفع أو السحب التي يؤثر بها نابض في جسم ما.	في عكس اتجاه إزاحة الجسم.
الشد (*Tension*)	F_T	القوة التي يؤثر بها خيط أو حبل أو سلك في جسم متصل به، وتؤدي إلى سحبه.	تؤثر عند نقطة الاتصال باتجاه مواز للخيط أو الحبل أو السلك، ومبتعدة عن الجسم.
الدفع (*Thrust*)	F_{thrust}	القوى التي تحرك أجسامًا مثل الصاروخ والطائرة والسيارة والأشخاص.	في اتجاه تسارع الجسم عند إهمال المقاومة.
الوزن (*Weight*)	F_g	قوة مجال تنتج عن جاذبية الكوكب للجسم مثلاً الأرض والجسم.	نحو الأسفل باتجاه مركز الكوكب.

4-1 مراجعة

7. **القوة** حدد إذا كان كل من الوزن، والكتلة، والقصور الذاتي، والدفع باليد، والدفع، والمقاومة، ومقاومة الهواء، وقوة النابض، والتسارع:
   a. قوة تلامس **b**. قوة مجال **c**. ليست قوة
8. **القصور الذاتي** هل يمكن أن تشعر بالقصور الذاتي لقلم رصاص أو كتاب؟ إذا كنت تستطيع، فصف ذلك.
9. **مخطط الجسم الحر** ارسم مخطط الجسم الحر لكيس مليء بالسكر ترفعه بيدك بسرعة منتظمة. حدد النظام، وسمّ جميع القوى مع مسبباتها، وارسم أسهمًا بأطوال مناسبة.
10. **مخطط الجسم الحر** ارسم مخطط الجسم الحر لدلو ماء يُرفع بوساطة حبل بسرعة متناقصة. حدد النظام، ثم سمّ جميع القوى مع مسبباتها، وارسم أسهمًا بأطوال مناسبة.
11. **اتجاه السرعة المتجهة** إذا دفعت كتابًا متحركًا، فهل يعني هذا أن سرعته المتجهة ستكون في اتجاه القوة التي أثرت بها؟
12. **التفكير الناقد** تؤثر قوة مقدارها 1 N في مكعب خشبي وتكسبه تسارعًا معلومًا تحت تأثيرها، وعندما تؤثر القوة نفسها في مكعب آخر تكسبه تسارعًا أكبر بثلاثة أمثال. ماذا تستنتج عن النسبة بين كتلتي هذين المكعبين؟

4-1 مراجعة

7. الوزن (b)، الكتلة(c) ، القصور الذاتي (c)، الدفع باليد (a)، الدفع (a)، المقاومة (b)، مقاومة الهواء (a)، قوة النابض (a)، التسارع (c).
8. نعم، يمكن أن تشعر بالقصور الذاتي لكلا الجسمين، وذلك باستخدام يدك لإعطاء الجسم تسارعًا، في محاولة لتغيير سرعته المتجهة.
9. انظر دليل حلول المسائل.
10. انظر دليل حلول المسائل.
11. لا، لانه قد يكون في حالة حركة للخلف أصلاً وعن دفعك له للأمام فإنك تقوم بتقليل سرعته.
12. بما أن $m = \frac{F}{a}$ والقوى هي نفسها، لذلك فإن كتلة المكعب الثاني تساوي $\frac{1}{3}$ كتلة المكعب الأول.

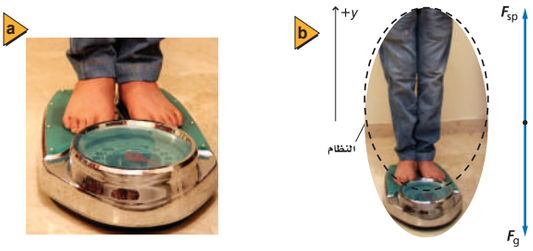
4-2 الوزن والقوة المعيقة Weight and Drag Force

الوزن Weight

تأمّل كلًّا من النموذجين: التصويري والفيزيائي لكرة معدنية تسقط سقوطًا حرًّا في **الشكل 6–4**. ما القوى التي تؤثر في الكرة؟ بما أن الكرة لا تلمس أي شيء، وبافتراض أن مقاومة الهواء مهملة، فإن القوة الوحيدة التي تؤثر فيها هي وزنها F_g، وحيث إن تسارع الكرة هو تسارع الجاذبية الأرضية g، فإن القانون الثاني لنيوتن يصبح $F_g = mg$. ولعلك لاحظت من خلال العلاقة السابقة أن القوة والتسارع يؤثران نحو الأسفل، 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.

وهذه النتيجة صحيحة على الأرض، وعلى أي كوكب آخر، بالرغم من أن مقدار تسارع الجاذبية يختلف من كوكب لآخر، ونظرًا لأن قيمته على سطح القمر أقل بكثير منها على سطح الأرض؛ لذا فإن وزن رواد الفضاء على سطح القمر يصبح أقل بكثير منه على سطح الأرض رغم أن كتلهم لم تتغير، لأن الكتلة هي مقدار ما في الجسم من مادة.

الموازين تحتوي بعض الموازين المنزلية على نوابض، وعندما تقف على الميزان، يؤثر فيك بقوة نحو الأعلى لأنك تلامسه. وبما أنك لا تتسارع، إذن فالقوة المحصلة المؤثرة فيك تساوي صفرًا، وهذا يعني أن قوة النابض F_{sp} التي تدفعك نحو الأعلى تساوي مقدار قوة وزنك F_g التي تؤثر فيك نحو الأسفل، كما هو مبين في **الشكل 7–4**، وتُحدد قراءة الميزان بوساطة القوة التي تؤثر بها نوابضه فيك، وبالتالي فإن ما يقيسه الميزان المنزلي هو الوزن لا الكتلة، فإذا كنت على كوكب آخر فإن مقدار انضغاط النابض سيختلف، وبالتالي ستكون قراءته مختلفة. ولأن الوزن قوة فإن الوحدة المستخدمة للتعبير عنه هي النيوتن N.



الفيزياء في حياتك

إذا ركبت مرة لعبة الافعوانية، فإ
ستشعر بفقدان وزنك عند مرو
أعلى المرتفع، ولكن قوة الجاذبية
قمة المرتفع هي نفسها عند قاعه، إ
لماذا نشعر بفقدان الوزن.

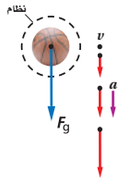
تساؤلات جوهرية:

- كيف يرتبط الوزن مع كتلة الجس
- كيف يختلف الوزن الظاهر
عن الوزن الحقيقي؟
- ما تأثير مقاومة الهواء على حر
الاجسام الساقطة؟

المفردات:

- الوزن الظاهري
- القوة المعيقة
- السرعة الحدية

الشكل 6–4 القوة المحصلة المؤثرة في الكرة هي قوة الوزن F_g.



الشكل 7–4

a. إن قوة النابض التي تؤثر نحو الأعلى في الميزان المنزلي تساوي مقدار قوة وزنك عندما تقف فوقه.

b. يبين مخطط الجسم الحر أن النظام متزن لأن قوة النابض تساوي وزنك.

4-2 استخدام قوانين نيوتن

1. التركيز

نشاط محفّز

الكتلة والوزن اعرض على الطلبة العديد من الأجسام المختلفة (أسطوانات معدنية... إلخ). واسألهم أي الأجسام التي عُرضت عليهم وزنها أكبر؟ لماذا؟ علق هذه الأجسام بوساطة موازين زنبركية نابضة لتتحقق من توقعات الطلبة.

واسألهم: هل هذه الأجسام لها الوزن نفسه على الكواكب الأخرى أو على القمر؟ لا، تختلف أوزان الأجسام وذلك بسبب اختلاف جاذبية القمر أو الكواكب الأخرى عن جاذبية الأرض. ١م بصري-مكاني

الربط مع المعرفة السابقة

القوى المؤثرة في الأجسام يجب أن يكون الطلبة على اطلاع تام على مفهوم التسارع (الفصل الثالث)، حيث يستكشفون في هذا الدرس 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 نحو الأعلى، أي أن المحصلة في اتجاه القوة العمودية نفسه. ١م

معلومة للمعلم

القوى الأساسية في الطبيعة هي مجموعة من القوى التي تحكم تفاعل الجسيمات الأولية مع بعضها البعض، وهناك أربعة قوى أساسية في الطبيعة وهي:

١. قوة الجاذبية (Gravitational Force) وهي قوى جذب تعمل بين جسمين أو أكثر.

٢. القوة الكهرومغناطيسية (Electromagnetic Force) وهي قوى جذب أو تنافر تعمل بين الشحنات الكهربائية أو الأقطاب المغناطيسية.

٣. القوة النووية القوية (Strong Nuclear Force) وهي القوة التي تحافظ على تماسك نواة الذرة وتعمل بين الأجسام دون الذرية.

٤. القوة النووية الضعيفة (Weak Nuclear Force) وهي المسؤولة عن النشاط الإشعاعي المصاحب لتحلل الأجسام دون الذرية.

مثال 1

يتعرض مركب شراعي لقوتين الأولى 1000 باتجاه الشرق، والثانية 2400 N باتجاه الغرب، فإذا كانت كتلة المركب وما فيه 200 kg، ما التسارع الذي يتحرك به المركب؟

1 تحليل المسألة ورسمها

- ارسم مخطط الحالة.
- حدد المركب باعتبارها "النظام"، واعتبر اتجاه الشرق هو الاتجاه الموجب.
- ارسم مخطط الجسم الحر، وسمّ جميع القوى.

$F_1 = 2400$ N $F_2 = 1000$ N

المعلوم	المجهول
$m = 200$ kg	$a = ?$
$F_1 = 1000$ N	
$F_2 = 2400$ N	

2 إيجاد الكمية المجهولة

$F_{\text{المحصلة}} = F_1 + (-F_2)$

استخدم قانون نيوتن الثاني $a = \frac{F_{\text{المحصلة}}}{m}$

$$a = \frac{F_1 + (-F_2)}{m}$$

بالتعويض عن $F_2 = 2400$ N، $F_1 = 1000$ N، $m = 200$ kg

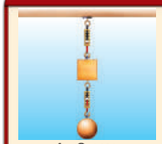
$$a = \frac{1000\text{ N} - 2400\text{ N}}{200\text{ kg}}$$

$= -7\text{ m/s}^2$ (7 m/s² في اتجاه الغرب)

3 تقويم الجواب

- **هل الوحدات صحيحة؟** m/s² هي الوحدة الصحيحة للتسارع.
- **هل الإشارات منطقية؟** التسارع في الاتجاه السالب، وهو متوقع لأن مقدار القوة نحو الغرب أكبر من مقدار القوة نحو الشرق.
- **هل الجواب منطقي؟** إن مقدار التسارع منطقي.

مسائل تدريبية



الشكل 8–4

13. يتعلم أحمد التزلج على الجليد، ويساعده أبوه بأن يسحبه بحيث يكتسب تسارعًا مقداره 0.80 m/s²، فإذا كانت كتلة أحمد 27.2 kg، فما قوة الأب التي يسحبه بها؟ (أهمل المقاومة بين الجليد وحذاء التزلج).

14. 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 m/s² مبتعدًا عنها، ما القوة التي تسحب بها سارة الحبل؟

15. يبين **الشكل 8–4** قطعة مكعب كتلتها 1.2 kg، وكرة كتلتها 3.0 kg، ما قراءة كل من الميزانين؟ (أهمل كتلة الميزانين).

مثال صفي

يريد عمر أن يرفع صخرة كتلتها 35.0 kg. فإذا أثر فيها بقوة مقدارها 502 N نحو الأعلى، فما تسارع الصخرة؟

الجواب

$F_{\text{المحصلة}} = F_{\text{عمر على الصخرة}} - F_{\text{كتلة الأرض على الصخرة}}$

$= 502\text{ N} - (35.0\text{ kg})(9.80\text{ m/s}^2)$

$= 159\text{ N}$

$a = F_{\text{المحصلة}} / m$

$= 159\text{ N} / 35.0\text{kg} = 4.54\text{ m/s}^2$

$a = 4.54\text{ m/s}^2$

مسائل تدريبية

13. 22 N

14. 17 N

15. الميزان السفلي 29 N والميزان العلوي 41 N

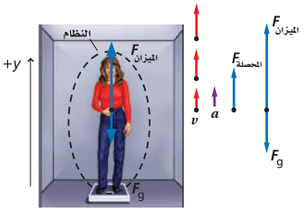
نشاط

متقدم

دراسة القوة والتسارع اطلب إلى الطلبة العمل في مجموعات يتم فيها استعمال كاميرا فيديو لتصوير أحدهم وهو يقف فوق ميزان في داخل مصعد. أكد على الطلبة أن تركز الكاميرا على مؤشر الميزان قبل تحرك المصعد، وفي أثناء حركته، ولحظة توقفه.

اطلب الى الطلبة مشاهدة الشريط وتحديد أكبر وأقل قراءة للميزان. واسألهم ما مقدار التسارع واتجاهه لكل قوة، وأي النقاط يكون عندها تسارع المصعد صفرًا ؟ 3م حركي

الوزن الظاهري ما الوزن؟ تُعرف قوة الوزن على أنها $F_g = mg$، وتعتبر قيمة g ثابتة تقريبًا على سطح الأرض أو بالقرب منه، ولذلك فإن وزن الجسم لا يتغير كثيرًا بالقرب من سطح الأرض. تعلمت أن الميزان المنزلي يقرأ وزنك بشكل صحيح، إذا كانت القوة الوحيدة التي تؤثر فيك نحو الأعلى ناتجة عنه. لكن، ماذا يقرأ الميزان لو وقفت عليه بقدم واحدة بينما القدم الأخرى على الأرض؟ أو إذا ضغط زميلك على كتفيك نحو الأسفل أو ضغط على مرفقيك نحو الأعلى؟ في هذه الحالات ستكون هناك قوى تلامس أخرى تؤثر فيك، وبالتالي فإن قراءة الميزان غير صحيحة.



الشكل 9–4 إذا وقفت على ميزان داخل مصعد يتسارع نحو الأعلى، فإن الميزان يؤثر نحو الأعلى بقوة أكبر من قوة وزنك التي تكون نحو الأسفل.

ماذا يحدث لوزنك إذا وقفت على ميزان داخل مصعد؟ مادام المصعد متزنًا فإن الميزان يقرأ وزنك، وماذا يقرأ الميزان إذا تسارع المصعد نحو الأعلى؟ يبين **الشكل 9–4** النموذجين التصويري والفيزيائي لهذه الحالة، فأنت تمثل النظام، والاتجاه الموجب نحو الأعلى.

بما أن النظام يتسارع نحو الأعلى، فإن القوة التي يؤثر بها الميزان نحو الأعلى يجب أن تكون أكبر من القوة التي يؤثر بها وزنك نحو الأسفل، لذلك فإن قراءة الميزان ستكون أكبر من وزنك وستشعر بأنك أثقل، وأن أرضية المصعد تضغط على قدميك. من جهة أخرى إذا كنت في مصعد يتسارع نحو الأسفل ستشعر أنك أخف، و ستكون قراءة الميزان أقل من وزنك الحقيقي. وتسمى القوة التي يؤثر بها الميزان **الوزن الظاهري**.

التجربة العملية.
ما القوى المؤثرة في جسم يتحرك في الاتجاه الرأسي بالنسبة لسطح الأرض؟

استراتيجية حل المسائل

القوة والحركة

عند حل مسائل القوة والحركة استخدم الاستراتيجيات التالية:

1. اقرأ المسألة بعناية وارسم نموذجًا تصويريًا.
2. ضع دائرة حول النظام واختر نظامًا إحداثيًا.
3. حدد الكميات المعلومة والمجهولة.
4. اعمل نموذجًا فيزيائيًا، وذلك برسم مخطط 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، ولإيجاد 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 الطلبة أن الوزن الظاهري يرتبط بالحركة بسرعة منتظمة. ولكن في الواقع تتم ملاحظة الوزن الظاهري عادة، عندما يتسارع الجسم عموديًا. لذا، ذكّر الطلبة أن الجسم يبدو أثقل أو أخف من وزنه الحقيقي بحسب اتجاه التسارع، لا سرعة الجسم.

تطوير المفهوم

السقوط 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 الطلبة: هل يستمر تسرب الماء من الثقب إذا سقطت القارورة سقوطًا حرًّا؟ لا، في حالة السقوط الحر لا يمكن للماء أن يخرج من الثقب، لأن كلاً من القارورة والماء يسقطان سقوطًا حرًّا في اللحظة نفسها (بشكل متزامن). أي أن لهما التسارع نفسه، مقدارًا واتجاهًا. **م 2** بصري - مكاني

نشاط **مساعدة الطلبة ذوي صعوبات التعلم**

نشاط جماعي قسم الطلبة إلى 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 صغيرة، فإن الكرة التي دفعت بقوة كبيرة ستكتسب تسارعًا أكبر من الكرة الأخرى.

م 1 متفاعل

مثال صفي

تلاحظ في أثناء وقوفك على الميزان 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. نحو الأسفل.

تعزيز الفهم

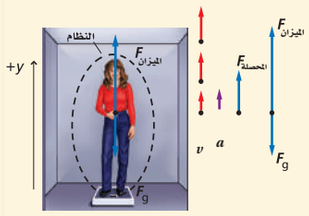
الوزن الظاهري اربط جسمًا بميزان زنبركي نابض، وارفعه ببطء وبسرعة منتظمة، سوف يلاحظ الطلبة أن القراءة تبقى ثابتة. ثم حرك الميزان بهزة سريعة ومفاجئة نحو الأعلى أو الأسفل، بحيث يتمكن الطلبة من ملاحظة تغير قراءة الميزان. 1م بصري - مكاني

التفكير الناقد

السقوط الحر اعرض على الطلبة 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. 2م منطقي - رياضي

مثال 2

الوزن الحقيقي والوزن الظاهري بفرض أن شخصًا ما يقف على ميزان في مصعد، وأن كتلته تساوي 75.0 kg، في البداية كان المصعد ساكنًا، ومن ثَمّ تسارع للأعلى بمقدار 2.00 m/s² لمدة 2.00 s، ومن ثم تابع حركته باتجاه الأعلى بسرعة منتظمة. هل ستكون قراءة الميزان 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 إحداثيًّا، يكون فيه الاتجاه الموجب كما هو موضح في الرسم.
- ارسم مخطط الحركة لكل من a و v.
- ارسم مخطط الجسم الحر. لاحظ أن اتجاه محصلة القوى في اتجاه التسارع نفسه، وهذا يعني أن القوة للأعلى أكبر من القوة للأسفل.

المعلوم: $m = 75.0\ \text{kg}$ ، $a = 2.00\ \text{m/s}^2$ ، $g = 9.80\ \text{m/s}^2$ ، $t = 2.00\ \text{s}$

المجهول: $F_{\text{الميزان}} = ?$

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 $F_{\text{المحصلة}} = 0.00\ \text{N}$

بالتعويض عن $F_{\text{المحصلة}} = 0.0$

بالتعويض عن $F_g = mg$

بالتعويض عن $g = 9.80\ \text{m/s}^2$ ، $m = 75.0\ \text{kg}$

$$F_{\text{الميزان}} = F_{\text{المحصلة}} + F_g = F_g = mg = (75.0\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2) = 735\ \text{N}$$

- عندما يتسارع المصعد

$$F_{\text{الميزان}} = F_{\text{المحصلة}} + F_g = ma + mg = m(a + g) = 75.0\ \text{kg}\,(2.00\ \text{m/s}^2 + 9.80\ \text{m/s}^2) = 885\ \text{N}$$

3 تقويم الجواب

- **هل الوحدات صحيحة؟** kg.m/s^2 هي وحدة القوة (النيوتن).
- **هل الإشارة معقولة؟** تتفق الإشارة الموجبة مع النظام الإحداثي.
- **هل الجواب منطقي؟** إن قراءة الميزان $F_{\text{الميزان}}$ أثناء تسارع المصعد أكبر من قيمتها عندما يكون المصعد ساكنًا، لذلك فإن المقدار واقعي.

نشاط — مشروع فيزياء

عرض يبين الوزن الظاهري دع الطلبة يعملوا في مجموعات صغيرة لاستكشاف مفهوم الوزن الظاهري. حيث يمكنهم استخدام الأرجوحة لإحداث التسارع والشعور بتأثير الوزن الظاهري. يستخدم الميزان الزنبركي النابض كمقياس للتسارع حتى يتمكنوا من مراقبة التغير في الوزن الظاهري عند التأرجح إلى الأعلى وإلى الأسفل. يمكن لأحد أفراد المجموعة أن يقرأ الوزن بصوت عالٍ عند أعلى نقطة وعند أخفض نقطة حتى يتمكن أحد أعضاء الفريق من تسجيلها. اطلب إلى كل فريق أن يضع فرضية عن الموقع الذي سيشعر الشخص المتأرجح عنده بأقصى تغيير في الوزن الظاهري، ثم يعرض البيانات التي تثبت صحة فرضيته أو عدم صحتها. 1م حركي

عرض سريع

قوى معيقة

الزمن المقدر 10 دقائق.

المواد والأدوات كرة رخامية ومكعب (أو أسطوانة فلزية) كتلتاهما متساويتان، كأس عميقة، زيت محرّك، مصباح كهربائي، مقياس درجة حرارة، ساعة 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 الطلبة 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 الطلبة تسجيل المعدل الذي يسقط به كل جسم، ثم ارسم جدولاً على السبورة للمقارنة بين البيانات. سيلاحظ الطلبة ما يدل على القوة المعيقة.

المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

قوة الهواء قد يعتقد بعض الطلبة أن الهواء يؤثر بقوة نحو الأسفل فقط. وفي الحقيقة هو يدفع في كل الاتجاهات.

مسائل تدريبية

16.

a. 59.7 kg

b. 95.5 N

17.

a. 735 N

b. 585 N

c. 585 N

d. 735 N

e. $(75.0\ \text{kg})(a) + 735\text{N}$

مسائل تدريبية

16. يبين ميزانك المنزلي أن وزنك 585 N، أجب عما يأتي:

a. ما كتلتك؟

b. كم ستكون قراءة الميزان نفسه على سطح القمر؟ (تسارع الجاذبية على القمر = $1.6\ \text{m/s}^2$) .

17. 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 بمعدل $2.00\ \text{m/s}^2$ في أثناء حركته نحو الأعلى.

c. تزداد سرعته بمعدل $2.00\ \text{m/s}^2$ في أثناء حركته نحو الأسفل.

d. يتحرك المصعد في اتجاه الأسفل بسرعة منتظمة.

e. يتباطأ المصعد بمقدار ثابت حتى يتوقف.

القوة المعيقة Drag Force

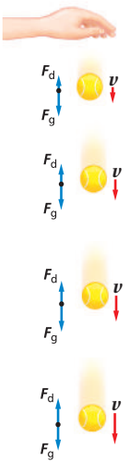
تؤثر دقائق الهواء في الأجسام التي تتحرك خلاله بقوى كبيرة، ويمكن في حالات معينة اهمال هذه القوى والتعامل مع الجسم بمعزل عنها.

إلاّ أنه في الواقع عندما يتحرك جسم خلال وسط مائع مثل الهواء أو الماء، فإن المائع يؤثر فيه بقوة معيقة وفي اتجاه يعاكس حركته. و يمكن تعريف **القوة المعيقة** F_d 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 مثل شكله وحجمه، وخصائص المائع مثل لزوجته ودرجة حرارته.

مسألة تحدٍّ

تنطلق عربة كتلتها 0.50 kg، وتعبر من خلال بوابة ضوئية بسرعة ابتدائية مقدارها 0.25 m/s، وتؤثر فيها لحظة عبورها قوة ثابتة مقدارها 0.4 N في اتجاه حركتها نفسه.

1. ما تسارع العربة؟
2. إذا استغرقت العربة 1.3 s لحين عبورها للبوابة الثانية، ما المسافة بين البوابتين؟
3. إذا أثرت قوة مقدارها 0.40 N على العربة بوساطة خيط رُبط بالعربة، ومرر طرفه الآخر فوق بكرة عديمة الاحتكاك، ثم ربط بكتلة تعليق m. ما مقدار كتلة التعليق m؟
4. اشتق معادلة الشد في الخيط بدلالة كل من كتلة العربة m، وكتلة التعليق M، وتسارع الجاذبية الأرضية g.



الشكل 10–4 تزداد القوة المعيقة F_d للجسم الذي يسقط سقوطًا حرًا كلما زادت سرعته. وعندما تصل القوة المعيقة إلى الحد الذي تصبح فيه مساوية لقوة الجاذبية، يصبح تسارع الجسم صفرًا.

السرعة الحدية إذا سقطت كرة تنس الطاولة كما في **الشكل 10–4**، فإن سرعتها المتجهة تكون صغيرة في البداية، وبالتالي تكون القوة المعيقة المؤثرة فيها صغيرة. وبما أن قوة الجاذبية الأرضية (اتجاهها نحو الأسفل)، أكبر بكثير من القوة المعيقة (اتجاهها نحو الأعلى)، فإن الكرة تتسارع نحو الأسفل. وكلما ازدادت السرعة المتجهة للكرة، ازدادت معها القوة المعيقة، إلى أن تتساوى القوتان فتصبح قيمة القوة المحصلة المؤثرة على الكرة مساوية للصفر، 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، على سبيل المثال فإن 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.

مسألة تحدّ

1. $F = ma$

$$a = \frac{F}{m} = \frac{0.40\ N}{0.50\ kg} = 0.80\ m/s^2$$

2. $d_f = d_i + v_i t + \frac{1}{2} a t^2$

$$= 0.0\ m + (0.25\ m/s)(1.3\ s) + \frac{1}{2}(0.80\ m/s^2)(1.3\ s)^2$$

$$= 1.0\ m$$

3. $F_g = m_{mass} g$

$$m_{mass} = \frac{F_g}{g} = \frac{0.40\ N}{9.80\ m/s^2} = 4.1 \times 10^{-2}\ kg$$

4. $T = mg = Ma$

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، وسرعته الحدية قليلة (5 m/s تقريبًا).

4-2 مراجعة

18. **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 $1.62\ m/s^2$

19. **الوزن الحقيقي والظاهري** إذا كنت تقف على ميزان في مصعد سريع يصعد بك إلى أعلى بناية، ثم يهبط بك إلى حيث انطلقت. خلال أي من مراحل رحلتك كان وزنك الظاهري مساويًا لوزنك الحقيقي؟ وأكثر من وزنك الحقيقي؟ وأقل من وزنك الحقيقي؟ ارسم مخطط الجسم الحر لكل حالة لدعم إجاباتك.

20. **التسارع** يقف شخص كتلته 65 kg فوق لوح تزلج على الجليد، فإذا اندفع هذا الشخص بقوة 9.0 N، فما تسارعه؟

21. **حركة المصعد** ركبت مصعدًا وأنت تمسك بميزان علق فيه جسم كتلته 1 kg، وعندما نظرت إلى الميزان كانت قراءته 9.3 N، ماذا تستنتج بشأن حركة المصعد في تلك اللحظة؟

22. **كتلة** تلعب نورة مع زميلتها لعبة شد الحبل. في لحظة ما خلال اللعبة سحبت نورة الحبل بقوة 22 N وسحبت زميلتها الطرف الآخر من الحبل بقوة معاكسة تساوي 19.5 N، فكان تسارع الحبل $6.25\ m/s^2$، ما كتلة الحبل؟

23. **تسارع** هبط مظلي بسرعة منتظمة متخذًا هيئة الصقر المجنح. هل يتسارع المظلي بعد فتح مظلته ؟ إذا كانت إجابتك نعم ففي أي اتجاه؟ فسر إجابتك باستخدام قوانين نيوتن.

24. **التفكير الناقد** يعمل حسن في مستودع، ومهمته تحميل المخزون في شاحنات حمولة كل منها 10000 N، يتم وضع الصناديق واحدًا تلو الآخر فوق حزام متحرك قليل الاحتكاك لينقلها إلى الميزان، وعند وضع أحد الصناديق الذي يزن 1000 N، تعطّل الميزان. اذكر طريقة يمكن بوساطتها تطبيق قوانين نيوتن لتحديد الكتل التقريبية للصناديق المتبقية .

3. التقويم

التحقق من الفهم

السرعة الحدّية اعرض على الطلبة 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؟ 2م منطقي-رياضي

إعادة التدريس

مقاومة الهواء أعط الطلبة 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؟ 1م حركي

4-2 مراجعة

18. الأرض: 98 N والقمر 16.2 N

19. يتساوى الوزن الحقيقي والوزن الظاهري في أثناء حركة المصعد بسرعة منتظمة 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 أثناء حركته إلى الأعلى أو عندما يتباطأ أثناء حركته إلى الأسفل. انظر دليل حلول المسائل.

20. $14.0\ m/s^2$.

21. يتحرك بتسارع $0.5\ m/s^2$ إلى الأسفل.

22. 0.40 kg

23. 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.

التفكير الناقد

24. أهمل مقاومة الهواء إذا كنت تستخدم الحزام المتحرك. استخدم الصندوق الذي وزنه 1000 N كمقياس لمدة ثانية.اسحب الصندوق بقوة معينة، 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 محفّز

قوى التأثير المتبادل اطلب إلى اثنين من الطلبة أن يقف كل منهما على مزلاجه أمام غرفة الصف مع الأخذ باحتياطات السلامة.

ثم اطلب إلى أحدهما أن يدفع الآخر. سوف يشاهد طلبة الصف أن كلا الطالبين يتحرك بالرغم من أن واحدًا منهما فقط هو الذي قام بدفع الآخر. 1م حركي

الربط مع المعرفة السابقة

مخططات الجسم الحر يقوم الطلبة بتطبيق مهاراتهم في عمل مخططات الجسم الحر من الدرس الأول وحتى هذا الدرس. وهذا يُمكّن الطلبة من دراسة أزواج قوى التأثيرالمتبادل. يساعد رسم المخطط الطلبة أيضًا على الربط بين قانوني نيوتن الثاني والثالث، هذا بالإضافة إلى زيادة فهمهم للقوة العمودية.

الفيزياء في حياتك

إذا جلست على كرسي بعجلات قريباً من حائط، ودفعت الحائط بقدميك، فإنك ستتحرك مبتعداً عن الحائط بتسارع، ما القوى غير المتوازنة التي سببت تسارعك؟

تساؤلات جوهرية:

- فيما يبحث قانون نيوتن الثالث؟
- ما القوة العمودية؟

المفردات:

- أزواج التأثير المتبادل
- قانون نيوتن الثالث
- قوة الشد
- القوة العمودية

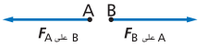
عرفتَ أنه إذا أثر مسبب بقوة محصلة في جسم فإنه يتسارع، وعرفتَ أيضًا أن هذه القوة يمكن أن تكون قوة مجال أو قوة تلامس. لكن ما الذي يسبب القوة؟ إذا قربت مغناطيسين من بعضهما فإنك تشعر بأن كلًا منهما يسحب الآخر أو يدفعه، وكذلك إذا ضغطت بقدمك على عتلة، فإنها تضغط على قدمك في الاتجاه المعاكس، لكن أيهما المسبب وأيهما الجسم؟

أزواج التأثير المتبادل Interaction Pairs

تصور أنك ارتديت حذاء التزلج بالإضافة إلى جميع ملابس الأمان المناسبة، وكذلك فعلَ صديقك، وتصور أنه يقف أمامك وقد أدار إليك ظهره، فإذا دفعته بيديك لكي يبدأ بالتزلج إلى الأمام، ما الذي يحدث لك؟ سوف تتحرك للخلف، لماذا؟ تذكر أن القوة تنتج عن تأثير متبادل بين جسمين، فأنت حين تدفع صديقك تتلامس معه، وتؤثر فيه بقوة تجعله يتحرك إلى الأمام، ونظرًا لأنه في حالة تلامس معك فإنه يؤثر فيك بقوة تؤدي إلى تغير في حركتك.

تكون القوى دائمًا على شكل أزواج. اعتبر نفسك (الطالب A) تمثل نظامًا، وأن صديقك (الطالب B) يمثل نظاماً آخر، ما القوى الأفقية التي تؤثر في كل من هذين النظامين؟ يبين **الشكل 11–4** مخطط الجسم الحر للنظامين، وبتأمل هذا المخطط ستلاحظ أن كل نظام يتلقى من النظام الآخر قوة تؤثر فيه.

القوتان $F_{\text{A على B}}$ و $F_{\text{B على A}}$ نسميهما **زوجي التأثير المتبادل**، وهما عبارة عن قوتين متساويتين في المقدار ومتعاكستين في الاتجاه، ويطلق عليهما أحيانًا قوتا: الفعل ورد الفعل، حيث لايمكن أن تظهر إحداهما دون الأخرى، وقد يشير ظاهر هذه العبارة إلى أن أحدهما يسبب الآخر، لكن هذا غير صحيح. فعلى سبيل المثال: لم تُنتج القوة التي دفعت بها صديقك القوةَ التي أثرت فيك ودفعتك إلى الخلف. فكلا القوتين نتجت عن التلامس بينكما.



الشكل 11–4 عندما تؤثر بقوة في صديقك لتدفعه للأمام، فإنه يؤثر فيك بقوة مساوية ومعاكسة، تحركك إلى الخلف.

معلومة للمعلم

إن قانون نيوتن الثالث مبني في الأساس على مبدأ حفظ كمية التحرك (الزخم)، والإثبات الرياضي لقانون نيوتن الثالث ينبثق من قانون حفظ كمية التحرك، فالأخير يمكن التوصل إليه من خلال نتائج تجريبية يصعب الوصول إليها وقياسها في حالة قانون نيوتن الثالث، إذًا يقود كل منهما إلى الآخر.

استخدام قانون نيوتن الثالث Using 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 $F_{A\text{ على }B} = -F_{B\text{ على }A}$

القوة التي يؤثر بها A في B تساوي في المقدار وتعاكس في الاتجاه القوة التي يؤثر بها B في A.

لنفترض أنك تمسك كتابًا بيدك، ارسم 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 كلًا منها يؤثر في جسم مختلف، ففي هذه الحالة يوجد فقط زوجا تفاعل $F_{\text{الكتاب على اليد}}$ و $F_{\text{اليد على الكتاب}}$.

لاحظ أيضًا أن لكل جسم وزنًا، وإذا كانت قوة الوزن نتيجة للتأثير المتبادل بين كل من الجسم وكتلة الأرض، فلاشك 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**. أولاً، حلّل القوى المؤثرة في الكرة: تؤثر الطاولة في الكرة بقوة نحو الأعلى، وتؤثر كتلة الأرض في الكرة بقوة الجاذبية الأرضية، وبالرغم من أن هاتين القوتين متعاكستان في الاتجاه، وتؤثران في الجسم نفسه، إلا أنهما ليستا زوجي تأثير متبادل، بل مجرد قوتين تؤثران في الجسم نفسه.

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، كم تتوقع أن يكون مقدار القوة التي تؤثر بها في الحبل مقارنة بقوة خصمك؟

1. **توقع** كيف تقارن بين القوتين إذا تحرك الحبل نحوك؟
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 الطلبة 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. 2م بصري - مكاني

استخدام النماذج

زوجا التأثير المتبادل اطلب إلى الطلبة 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 ومتضادتين في الاتجاه. ويمكن للطلبة تقديم أمثلتهم الخاصة. 2م بصري - مكاني

تجربة

لعبة شد الحبل

الهدف قياس القوى بحيث يتمكن الطلبة من التخلص من المفاهيم الشائعة غير الصحيحة.

المواد والأدوات عدد 2 ميزان زنبركي نابض، خيط طوله 15 cm

النتائج المتوقعه تكون قراءتا الميزانين متساويتين دائما.

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.

لننظر الآن إلى الكرة والطاولة، فبالإضافة إلى القوة التي تؤثر بها الطاولة في الكرة نحو الأعلى، فإن الكرة تؤثر في الطاولة بقوة نحو الأسفل، وهذا يشكل زوجي تأثير متبادل، كما تشكل الكرة والأرض زوجي تأثير متبادل؛ لذلك فإن أزواج التأثير المتبادل للكرة على الطاولة هي:

$$F_{\text{الكرة على الطاولة}} = -F_{\text{الطاولة على الكرة}}$$

كذلك

$$F_{\text{الكرة على الأرض}} = -F_{\text{الأرض على الكرة}}$$

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.

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 لكتابة معادلة تجمع بين مقادير قوى التأثير المتبادل، وَبيّن اتجاه كل قوة.
6. حل المسألة واختبر الوحدات والإشارات والمقادير للتأكد من كونها منطقية.

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.

مثـال 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 تساوي 60×10^{24} kg

1 تحليل المسألة ورسمها

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

المعلوم	المجهول
$m_{\text{الكرة}} = 0.18\ \text{kg}$	$F_{\text{الكرة على الأرض}} = ?$
$m_{\text{الأرض}} = 6.0\times10^{24}\ \text{kg}$	$a_{\text{الأرض}} = ?$
$g = 9.80\ \text{m/s}^2$	

2 إيجاد الكمية المجهولة

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

$$F_{\text{الأرض على الكرة}} = m_{\text{كرة}}\,\boldsymbol{a} = m_{\text{كرة}}(-\boldsymbol{g})$$

بالتعويض عن $m_{\text{كرة}} = 0.18\ \text{kg},\ g = 9.80\ \text{m/s}^2$

$$= (0.18\ \text{kg})\,(-9.80\ \text{m/s}^2) = -1.8\ \text{N}$$

- استخدم القانون الثالث لنيوتن لإيجاد القوة التي تؤثر بها الكرة على الأرض:

بالتعويض عن $F_{\text{الأرض على الكرة}} = -1.8\ \text{N}$

$$F_{\text{الكرة على الأرض}} = -F_{\text{الأرض على الكرة}}$$
$$= -(-1.8\ \text{N}) = +1.8\ \text{N}$$

- استخدم القانون الثاني لنيوتن لإيجاد التسارع الذي تكتسبه الأرض:

بالتعويض عن $m_{\text{الأرض}} = 6.0\times10^{24}\ \text{kg}$، $F_{\text{المحصلة}} = 1.80\ \text{N}$

$$a_{\text{الأرض}} = \frac{F_{\text{محصلة}}}{m_{\text{الأرض}}}$$
$$= \frac{1.8\ \text{N}}{6.0\times10^{24}\ \text{kg}}$$
$$= 2.9\times10^{-25}\ \text{m/s}^2 \quad \text{في اتجاه الكرة}$$

تقويم الجـواب

- **هل الوحدات صحيحة؟** يثبت تحليل الوحدات أن القوة تقاس بـ N والتسارع بـ m/s^2.
- **هل الإشارات منطقية؟** يجب أن تكون إشارة كل من القوة والتسارع موجبة.
- **هل الجواب منطقي؟** بما أن كتلة الأرض كبيرة فالتسارع يجب أن يكون قليلاً.

مثال صفي

سؤال إذا حدث في أثناء سيرك على الجليد أن انزلقت ووقعت، ففي لحظة ما يكون سقوطك حراً. 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:

$$F = ma = (55.0\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2) = 539\ \text{N}$$

نشاط

مساعدة الطلبة ذوي صعوبات التعلم

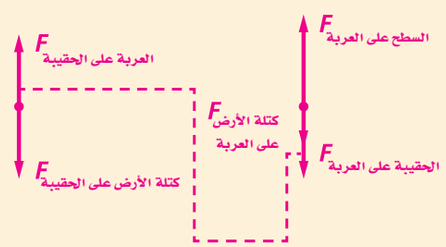
قانون نيوتن الثالث اسأل الطلبة كيف تعرفوا على فكرة أن لكل قوة، قوة أخرى مساوية لها في المقدار ومضادة لها في الاتجاه. اطلب إلى الطالب الذي يجيب عن هذا السؤال بسهولة وبشكل صحيح أن يوضح ما يفهمه للطلبة من خلال نموذج. فعلى سبيل المثال، يمكن للطالب أن يوضح أنه عند رمي كرة ثقيلة نحو الأعلى في الهواء ثم التقاطها، فإنه سيشعر بتأثير التسارع أكثر من الحالة التي يرمي فيها كرة أقل وزنًا. وأنه إذا لم تكن 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، فيجب ألا تعود الكرة إلى الأرض. 1-4 حركي

مسائل تدريبية

25. إن القوى التي تؤثر في الكرة، هي: قوة يدك وقوة الجاذبية الأرضية الناتجة عن كتلة الأرض. تؤثر الكرة بقوة في يدك وقوة الجاذبية في الأرض.

26. 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.

27.



تؤثر الحقيبة بقوة مساوية لوزنها في العربة، وبما أن النظام ساكن فإن العربة تؤثر في الحقيبة بقوة مساوية ومضادة في الاتجاه.

تطوير المفهوم

قوة الشد ضع ميزانًا زنبركيًّا نابضا 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 وفي الجهة البعيدة عن طلبة الصف. واطلب إليهم توقع قراءة الميزان. بعد مناقشة مع الطلبة أدر الميزان بحيث يتمكنون من قراءته. قد يتوقع بعض الطلبة 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. م2

■ **استخدام الشكل 4-14**

أخبر الطلبة 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 علقت 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 علق الطلبة في الحبل وزنًا إضافيًّا قيمته 300 N؟ ينقطع الحبل م2 بصري - مكاني

مسائل تدريبية

25. ترفع بيدك كرة بولينج خفيفة نسبيًّا بتسارع في اتجاه الأعلى، ما القوى المؤثرة في الكرة؟ وما القوى التي تؤثر بها الكرة؟

26. 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 (بإهمال تأثير مقاومة الهواء).

■ الشكل 13–4

27. وضعت حقيبة سفر على عربة أمتعة ساكنة كما في **الشكل 13–4**، ارسم مخطط الجسم الحر لكل من الحقيبة والعربة، وبين أزواج التأثير المتبادل بينهما.

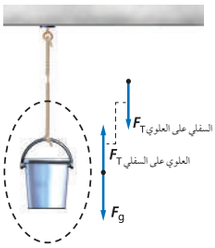
التجربة العملية:
ما القوى المؤثرة في عربات القطار؟

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 يعلق دلو في نهاية حبل مثبت في السقف، ستلاحظ أن الحبل يوشك أن ينقطع عند المنتصف، وإذا انقطع الحبل، سيسقط 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 العلوي على 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 السفلي على العلوي، وهاتان القوتان متساويتان في المقدار ومتعاكستان في الاتجاه كما في **الشكل 14–4**.

يمكن أن تفكر في هذه الحالة بطريقة أخرى، فقبل أن ينقطع الحبل كان الدلو متزنًا، وهذا يعني أن قوة وزنه نحو الأسفل يجب أن تساوي في المقدار وتعاكس في الاتجاه قوة الشد فيه نحو الأعلى. 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 باتجاه الأسفل، وهي تساوي قوة الشد فيه أعلى هذه النقطة، وهي في اتجاه الأعلى. وينطبق ذلك على أي نقطة في الحبل، وبما أن 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، وبما أن كتلة الحبل مهملة لذلك فإن الشد في أي مكان في الحبل يساوي وزن الدلو.



■ **الشكل 14–4** الشد في الحبل يساوي مجموع أوزان جميع الأجسام المعلقة به.

تعمل قوى الشد أيضًا في لعبة شد الحبل مثل تلك المبينة في **الشكل 15–4**، إذا أثر الفريق (A) الذي إلى اليسار بقوة 500 N ولم يتحرك الحبل (R)، فهذا يعني أن الفريق (B) الذي إلى اليمين يسحب الحبل أيضًا بقوة 500 N ما الشد في الحبل في مثل هذه الحالة؟ وإذا سحب كل فريق بقوة 500 N، هل سيكون الشد في الحبل 1000 N؟ للإجابة عن ذلك سندرس كلًا من نصفي الحبل على حدة. الطرف الأيسر لا يتحرك وهذا يعني أن القوة المحصلة المؤثرة فيه تساوي صفرًا، لذلك فإن:

$$F_{\text{A على R}} = F_{\text{اليسار على اليمين}} = 500\ \text{N}$$

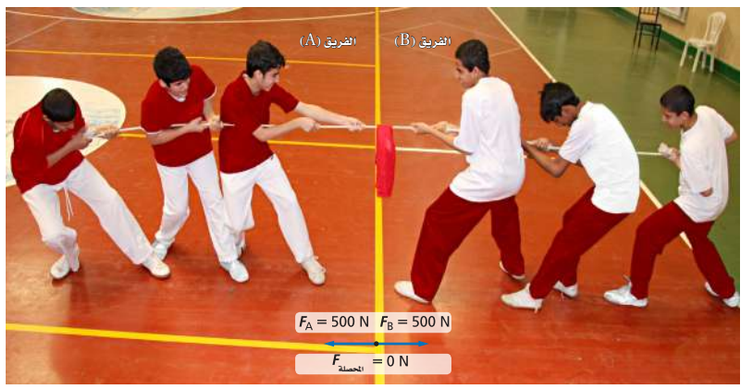
كما أن:

$$F_{\text{B على R}} = F_{\text{اليمين على اليسار}} = 500\ \text{N}$$

ولكن

$$F_{\text{اليسار على اليمين}} = F_{\text{اليمين على اليسار}}$$

تمثل كل من $F_{\text{اليسار على اليمين}}$ ، $F_{\text{اليمين على اليسار}}$ أحد زوجي التأثير المتبادل، لذلك فهما متساويتان في المقدار، ومتعاكستان في الاتجاه؛ أي أن الشد في كل طرفٍ من الحبل يساوي القوة التي يسحب بها كل فريق وتساوي 500 N



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 الطلبة 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 أثر على الحبل بقوة عمودية في منتصفه. 2م

استخدام التشابه

قوة الشد تشبه الأوضاع التي وصفت في الفقرتين السابقتين لعبة شد الحبل، حيث يؤثر كل فريق بقوى 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 الطلبة 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 مرسومه داخل الأبنية الأثرية المصرية ويعود تاريخها إلى ما قبل 4500 سنة. اطلب إلى الطلبة عرض قواعد لعبة شد الحبل وبيان أهميتها. وعليهم أن يعرضوا أشكالًا مختلفة منها، بالإضافة إلى ذكر قواعدها. 2م 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. 2م

مثال صفي

سؤال في أثناء صيدك السمك أمسكت بسمكة كتلتها 6kg، فإذا كان أقصى قوة شد يتحملها خيط الصنارة 30N، فما أقصى قيمة للتسارع الذي يمكن أن تسحب به السمكة؟

الجواب

$$F = ma$$

$$30\ \text{N} = (6\ \text{kg})a$$

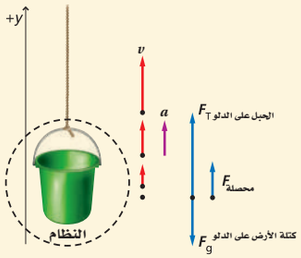
$$a = 5\text{m/s}^2$$

مثال 4

يُرفع دلو كتلته 50.0 kg بوساطة حبل يستطيع تحمل قوة شد قصوى مقدارها 525 N، فإذا بدأ الدلو حركته من السكون، وأصبحت سرعته على ارتفاع 3.0 m تساوي 3.0 m/s، فهل هناك احتمال لانقطاع الحبل؟

1 تحليل المسألة ورسمها

- ارسم مخطط الحالة وبيِّن القوى التي تؤثر في النظام.
- كون نظامًا إحداثيًّا يكون فيه الاتجاه الموجب نحو الأعلى.
- ارسم مخططًا توضيحيًّا للحركة يشتمل على كلٍّ من v و a.
- ارسم مخطط الجسم الحر، وسمّ القوى.



المعلوم	المجهول
$m = 50.0\ kg$, $v_f = 3.0\ m/s$	$F_T = ?$
$v_i = 0.0\ m/s$, $d = 3.0m$	

2 إيجاد الكمية المجهولة

تمثل $F_{محصلة}$ مجموع القوة الموجبة (F_T) التي يسحب بها الحبل في اتجاه الأعلى، وقوة الوزن السالبة ($-F_g$) التي تؤثر في اتجاه الأسفل.

$$F_{محصلة} = F_T + (-F_g)$$

$$F_T = F_{محصلة} + F_g$$

$$= ma + mg$$

$$= m(a + g)$$

بالتعويض عن $F_{محصلة} = ma$, $F_g = mg$

وبما أن قيم كل من v_i و v_f و d معلومة، يمكننا استخدام معادلة الحركة التالية لإيجاد التسارع a:

$$v_f^2 = v_i^2 + 2ad$$

$$a = \frac{v_f^2 - v_i^2}{2d}$$

$$a = \frac{v_f^2}{2d}$$

بالتعويض عن $v_i = 0.0\ \text{m/s}$

بالتعويض عن $a = \frac{v_f^2}{2d}$

$$F_T = m(a + g) = m\left(\frac{v_f^2}{2d} + g\right)$$

$$F_T = (50.0\ kg)\left(\frac{(3.0\ \text{m/s})^2}{2(3.0\ \text{m})} + (9.8\ \text{m/s}^2)\right) = 565\ \text{N}$$

بالتعويض عن $m = 50.0\ \text{kg}$, $v_f = 3.0\ \text{m/s}$
$d = 3.0\ \text{m}$, $g = 9.80\ \text{m/s}^2$

وبالتالي فإن احتمال انقطاع الحبل وارد؛ لأن الشد تجاوز 525 N

3 تقويم الجواب

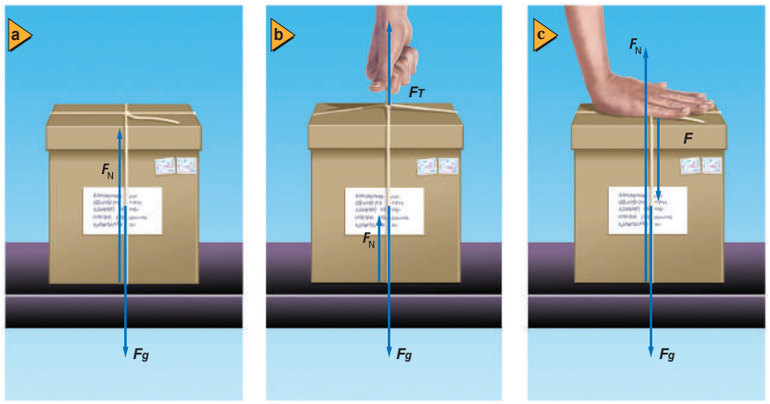
- **هل الوحدات صحيحة؟** وحدة القوة هي kg.m/s^2 ، وهي وحدة الـ N .
- **هل الإشارة منطقية؟** نعم؛ إذ يجب أن تكون القوة المؤثرة للأعلى موجبة.
- **هل الجواب منطقي؟** المقدار أكثر قليلاً من 490 N الذي يمثل وزن الدلو

$$F_g = mg = (50.0\ kg)(9.80\ m/s^2) = 490\ N$$

مسائل تدريبية

28. وضعت معدات في دلو فأصبحت كتلته 42 kg، فإذا رفع الدلو إلى سطح منزل بواسطة حبل يتحمل شدًّا لا يتجاوز 450 N، فما أقصى تسارع يمكن أن يكتسبه الدلو أثناء سحبه إلى أعلى السطح؟

29. حاول سالم وأحمد إصلاح عجلة دراجة، لكنهما واجها صعوبة كبيرة في نزع الإطار المطاطي عن العجلة، فقاما بسحبه معًا حيث سحب أحمد بقوة 23 N، وسالم بقوة 31 N، عندها تمكنا من زحزحة الإطار. ما مقدار القوة بين الإطار والعجلة؟



القوة العمودية The Normal Force

عندما يتلامس جسمان فإن كلًّا منهما يؤثر في الآخر بقوة، فالصندوق الموضوع على سطح الطاولة، تؤثر فيه الجاذبية الأرضية بقوة في اتجاه الأسفل، وبالمقابل تؤثر فيه الطاولة بقوة في اتجاه الأعلى، 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؟ انظر **الشكل 16a–4**، وماذا يحدث إذا ربطت الصندوق بخيط وسحبته قليلاً إلى الأعلى بقوة شد لاتكفي لرفع الصندوق عن الطاولة؟ انظر **الشكل 16b–4**. بتطبيق قانون نيوتن الثاني على الصندوق نجد أن:

$$F_N + F_T - F_g = ma = 0$$

■ **الشكل 16–4** 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

28. $0.91\ m/s^2$

29. 54 N

تعزيز الفهم

القوة العمودية اطلب إلى كل طالب رسم مخطط الجسم الحر لتمثيل القوى التي تؤثر في عربة موضوعة على سطح منحدر مهمل الاحتكاك. هناك قوتان تؤثران في العربة: القوة العمودية، وترسم عمودية على مستوى سطح المنحدر، ووزن العربة، ويرسم عموديًّا إلى الأسفل نحو الخط الأفقي الممثل لسطح الأرض. **م 2** بصري - مكاني

نشاط **طرائق تدريس متنوعة**

إعاقة سمعية ضع صندوقًا على ميزان منزلي، واطلب إلى الطلبة قراءة الوزن، ثم اطلب إليهم الضغط على الصندوق في اتجاه الأسفل ثم السحب إلى الأعلى، ومراقبة تغير قراءة الميزان. اسأل الطلبة عن سبب ذلك؟ تتغير قراءة الميزان؛ لأن التغير في القوة العمودية يغير الوزن الظاهري للصندوق. **م 1** 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 الطلبة: هل تتغير القوة العمودية؟ نعم

واسألهم كذلك: هل يتغير وزن الصندوق أو كتلته؟ لا

بيِّن للطلبة أن مقدار القوة العمودية المؤثرة في الجسم يعتمد على التأثير المتبادل بين الجسم والسطح الذي يؤثر بالقوة العمودية في الجسم. م 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 الطلبة تقويم هذه العبارة. تكمن المسألة في الفريق الذي يسحب 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:

$$F_N = F - F_T$$

تلاحظ في هذه الحالة أن القوة العمودية التي تؤثر بها الطاولة في الصندوق أقل من وزن الصندوق F_g ، أما إذا ضغطت على الصندوق باتجاه الأسفل كما في **الشكل 4–16c** فستصبح القوة العمودية أكبر من وزن الصندوق، وبتطبيق قانون نيوتن الثاني على الصندوق وترتيب المعادلة تجد أن:

$$F_N = F + F_g$$

4-3 مراجعة

30. القوة أسند كتابًا إلى راحة يدك بحيث يكون مستقرًا ساكنًا. حدد القوى، وأزواج التأثير المتبادل التي تؤثر في الكتاب ؟

31. القوة إذا خفضتَ الكتاب الوارد في المسألة 30 بتحريك يدك للأسفل بسرعة متزايدة، هل يتغير أي من القوى، أو أزواج التأثير المتبادل المؤثرة في الكتاب؟ وضح ذلك.

32. الشد تتدلى من السقف قطعة طوب مربوطة بحبل مهمل الكتلة، ومربوط بها من الأسفل قطعة طوب أخرى بوساطة حبل مهمل الكتلة أيضًا. ما الشد في كل من الحبلين إذا كانت كتلة كل قطعة 5.0 kg ؟

33. الشد في المسألة 32 غيّرت قطع الطوب بأخرى، وكانت كتلة قطعة الطوب السفلية تساوي 3.0 kg، والشد في الحبل العلوي 63.0 N، فاحسب كل من الشد في الحبل السفلي، وكتلة قطعة الطوب.

34. 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؟

35. 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، ما الشد المتولد في الحبل إذا سحب الفريق الآخر بقوة 500 N ؟ وضح ذلك.

4-3 مراجعة

30. القوة التي تؤثر في الكتاب هي قوة الجاذبية الأرضية التي تؤثر إلى الأسفل وقوة اليد التي تؤثر إلى الأعلى. القوة التي يؤثر بها الكتاب في الأرض والقوة التي يؤثر بها الكتاب في اليد هي الأنصاف الأخرى لأزواج التأثير المتبادل.

31. نعم، تصبح القوة التي تؤثر بها اليد في الكتاب أصغر ولذلك يوجد تسارع نحو الأسفل، كما أن القوة التي يؤثر بها الكتاب تصبح أصغر، ويمكن أن تشعر بذلك. وتبقى كل قوة تشترك في أزواج التأثير المتبادل كما هي.

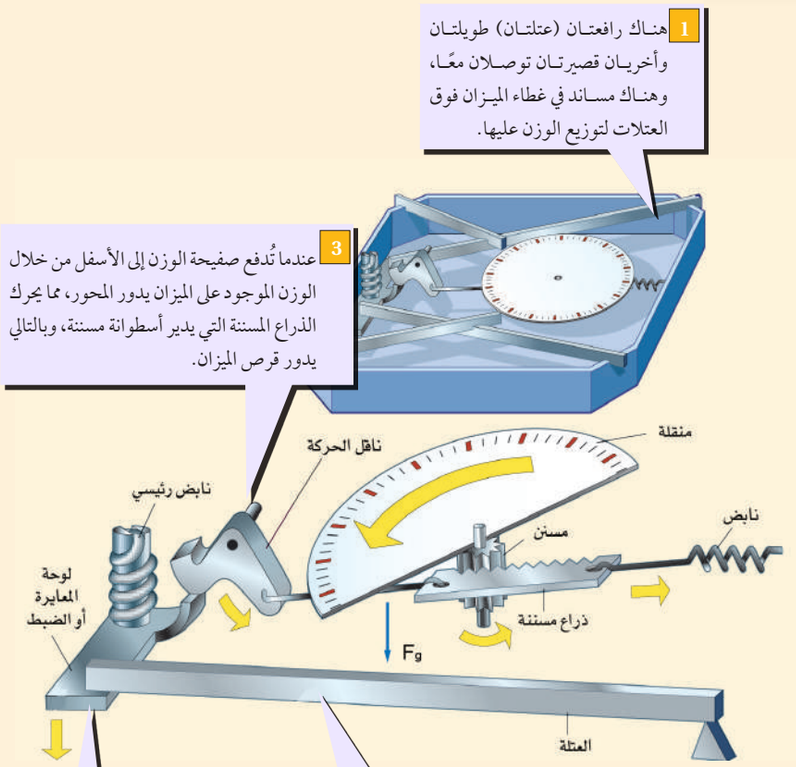
32. الحبل السفلي: 49 N ، والحبل العلوي: 98 N

33. الحبل السفلي: 29 N وكتلة القطعة العلوية: 3.5 kg

34. 7.3×10^2 N

35. يجب أن يكون الشد 500 N حتى يكون الحبل متزنًا، لذلك فإن القوة المحصلة المؤثرة فيه تساوي صفرًا. يؤثر الفريق والشجره بقوتين متساويتين في المقدار ومتضادتين في الاتجاه.

How it Works
Bathroom Scale الميزان المنزلي



تفكير ناقد

1. كوِّن فرضية لا تؤثر معظم النوابض في الموازين المنزلية بقوة أكبر من 98 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؟

التفكير الناقد

1. عندما تؤثر قوة كبيرة في ميزان نحو الأسفل تكون أقرب كثيرًا إلى المحور منها إلى النابض. وتضاعف العتلة المسافة التي يستطيلها النابض، وبالتالي يمكن أن يوازن نابض صغير القوة الكبيرة.
2. 12:1

كيف تعمل الأشياء؟

الهدف

يتعرف الطلبة القوى في الميزان المنزلي.

الخلفية 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 بوساطة 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 أنه تصحح الأخطاء الطفيفة فيها بضبط القرص قليلًا.

الموازين الإلكترونية تحوي جهازًا يسمى "خلية الحمل"، يعمل على توليد جهد كهربائي يتناسب مع القوة المؤثرة فيه. ويتم عرض القراءة بوساطة الفولتميتر بعد معايرتها بوحدة النيوتن.

التعلم البصري

اصنع ميزانًا نابضيًّا باستخدام مسطرة خشبية مرنة 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.

التوسع

اطلب إلى الطلبة توضيح كيفية تغيير وحدات قياس النتائج التي يعرضها الميزان لتكون بوحدة أخرى كالباوند. بتغيير الأرقام الموجودة على القرص فقط.

الأفكار الرئيسة

يمكن للطلبة استخدام ملخص الأفكار الرئيسة لمراجعة المعلومات التي وردت في الفصل وتثبيتها في أذهانهم.

قم بزيارة الموقع الإلكتروني التالي:
www. obeikaneducation.com

4-1 القوة والحركة Force and Motion

المفردات

- القوة
- قوة التلامس
- قوة المجال
- مخطط الجسم الحر
- القوة المحصلة
- قانون نيوتن الثاني
- قانون نيوتن الأول
- القصور الذاتي
- الاتزان

الفكرة الرئيسة: القوة دفع أو سحب.

- الجسم الذي يعاني من دفع أو سحب تؤثر فيه قوة لها 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 الوزن والقوة المعيقة Weight and Drag Force

المفردات

- الوزن الظاهري
- القوة المعيقة
- السرعة الحدية

الفكرة الرئيسة: يمكن استخدام قانون نيوتن الثاني لتوضيح حركة الأجسام الساقطة.

- يعتمد وزن جسم ما على التسارع الناتج عن الجاذبية الأرضية وكتلته.
- تأثير القوة المعيقة على جسم يحدد بوساطة 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 قانون نيوتن الثالث Newton's Third Law

المفردات

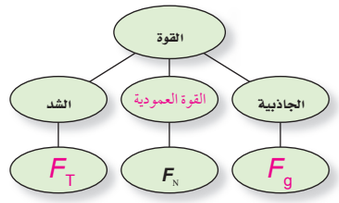
- أزواج التأثير المتبادل
- قانون نيوتن الثالث
- قوة الشد
- القوة العمودية

الفكرة الرئيسة: تتواجد القوى دائماً بشكل أزواج تأثير متبادل.

- في زوجي التأثير المتبادل القوة $F_{A\text{ على }B}$ ليست سببًا في نشوء القوة $F_{B\text{ على }A}$ فهما إما أن تكونا معًا أو لا توجدان على الإطلاق.
- لكل قوة فعل تؤثر في جسم قوة رد فعل تُؤثر في جسم آخر، وهاتان القوتان متساويتان في المقدار ومتضادتان في الاتجاه. $F_{A\text{ على }B} = -F_{B\text{ على }A}$
- الشد اسم يطلق على القوة التي يؤثر بها حبل أو خيط في جسم ما.
- قوة ناتجة عن تلامس جسمين، وتكون دائمًا عمودية على مستوى التلامس بينهما.

خريطة المفاهيم

36. أكمل خريطة المفاهيم التالية باستخدام ما يلي من المصطلحات والرموز: القوة العمودية، F_T، F_g



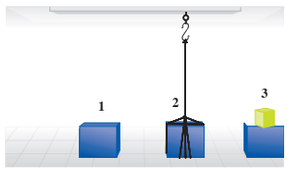
إتقان المفاهيم

37. افترض أن تسارع جسم ما يساوي صفرًا، فهل يعني هذا عدم وجود أية قوى تؤثر فيه؟

38. إذا كان كتابك متزنًا، ما القوى التي تؤثر فيه؟

39. تسقط صخرة من جسر إلى واد، فتؤثر الأرض فيها بقوة جذب وتجعلها تتسارع إلى أسفل، وحسب قانون نيوتن الثالث فإن الصخرة تؤثر أيضًا في الأرض بقوة جذب، ولكن لا يبدو أن الأخيرة تتسارع إلى أعلى. فسر ذلك.

40. يبين **الشكل 17–4** كتلة في ثلاثة أوضاع مختلفة. رتب هذه الأوضاع حسب مقدار القوة العمودية بين الكتلة والسطح وذلك من الأكبر إلى الأصغر. أشر إلى أية علاقة بين نتائج الإجابة.



الشكل 17–4

41. **فسر** لماذا يكون الشد ثابتًا في كل نقاط حبل مهمل الكتلة؟

42. يقف طائر على قمة مبنى. ارسم مخطط الجسم الحر لكل من الطائر والمبنى. وأشر إلى أزواج التأثير المتبادل بين المخططين.

تطبيق المفاهيم

43. قذفت كرة في الهواء إلى الأعلى في خط مستقيم:

a. ارسم مخطط الجسم الحر للكرة عند ثلاث نقاط في مسار حركتها: في طريقها إلى الأعلى، وعند القمة، وفي طريقها إلى الأسفل، 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

44. ما القوة المحصلة التي تؤثر في كرة كتلتها 1.0 kg وتسقط سقوطًا حرًا؟

45. تباطأ سيارة كتلتها 2300 kg بمعدل $3.0\ m/s^2$ عندما تقترب من إشارة مرور. ما مقدار القوة المحصلة التي تجعلها تتباطأ وفق المعدل المذكور؟

4-2 استخدام قوانين نيوتن

46. ما وزنك بوحدة النيوتن؟

47. تزن دراجتك النارية الجديدة 2450 N، فما كتلتها بالكيلوجرام؟

48. وضع تلفاز كتلته 7.50 kg على ميزان نابض. إذا كانت قراءة الميزان 78.4 N، فما تسارع الجاذبية الأرضية في ذلك المكان؟

خريطة المفاهيم

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

إتقان المفاهيم

37. 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 الأسفل والقوة العمودية التي تؤثر بها الطاولة في الكتاب تدفعه إلى الأعلى وهذه القوى متزنة.

38. إذا كان الكتاب متزنًا فإن القوة المحصلة تساوي صفرًا، أي أن القوى المؤثرة في الكتاب متزنة والمتمثلة في وزنه والقوة العمودية.

39. 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.

40. الثالث > الأول > الثاني

41. إذا رسمت مخطط الجسم الحر لأي نقطة في الحبل، ستكون هناك قوتا شد تؤثران في اتجاهين متضادين

$$F_{\text{محصلة}} = F_{\text{أعلى}} - F_{\text{أسفل}} = ma = 0 \quad \text{(لأنه مهمل الكتلة)}$$

لذلك فإن $F_{\text{أعلى}} = F_{\text{أسفل}}$، 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.

42. انظر دليل حلول المسائل.

تطبيق المفاهيم

43. 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

44. 9.8 N

45. 6.9×10^3 N

46. ستختلف الإجابات.

47. 2.50×10^2 kg

48. $10.5\ m/s^2$

49. وضع ميزان داخل مصعد. ما القوة التي يؤثر بها الميزان في شخص يقف عليه كتلته 53 kg، وذلك في الحالات الآتية:

a. إذا تحرك المصعد بسرعة منتظمة إلى أعلى.

b. إذا تباطأ المصعد بمعدل $2.0\ m/s^2$ في أثناء حركته إلى أعلى.

c. إذا تسارع المصعد بمعدل $2.0\ m/s^2$ في أثناء حركته إلى أسفل.

d. إذا تحرك المصعد إلى أسفل بسرعة منتظمة.

e. إذا تباطأ المصعد في أثناء حركته إلى أسفل بتسارع منتظم حتى يتوقف.

50. **فلك** إذا كان تسارع الجاذبية على سطح عطارد يعادل 0.38 من قيمته على سطح الأرض:

a. ما 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؟

51. 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 بعد 2.0 m تحت سطح الماء، فأوجد محصلة القوة التي يؤثر بها الماء في الغواص.

52. بدأت سيارة سباق كتلتها 710 kg حركتها من السكون وقطعت مسافة 40.0 m في 3.0 s، فإذا كان تسارع السيارة منتظمًا خلال هذه الفترة، فما القوة المحصلة التي تؤثر فيها؟

4-3 قوى التأثير المتبادل

53. 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

54. تسقط قطرة مطر كتلتها 2.45 mg على الأرض. فما مقدار القوة التي تؤثر بها في الأرض؟

55. يلعب شخصان لعبة شد الحبل، يقوم أحدهما وكتلته 90.0 kg بشد الحبل بحيث يكتسب الشخص الآخر وكتلته 55 kg تسارعًا مقداره $0.025\ m/s^2$ ، ما القوة التي يؤثر بها الحبل في الشخص ذي الكتلة الأكبر؟

56. تتسارع طائرة مروحية كتلتها 4500 kg إلى أعلى بمعدل $2.0\ m/s^2$ ، احسب القوة التي يؤثر بها الهواء في المراوح؟

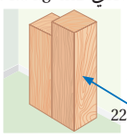
مراجعة عامة

57. 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؟



الشكل 18–4

التقويم

49.

a. $5.2\times10^{2}\ N$

b. $4.1\times10^{2}\ N$

c. $4.1\times10^{2}\ N$

d. $5.2\times10^{2}\ N$

e. يعتمد ذلك على مقدار التسارع.

$$F_{\text{الميزان}} = (53\ \text{Kg})\ (9.80\ m/s^2 + a)$$

50. a. 22 N

b. 2.1 N

51. a. 14.0 m/s

b. $-3.2\times10^{3}\ N$

52. $6.3\times10^{3}\ N$

53. a. 59 N إلى الأعلى

b. 59 N إلى الأسفل

54. $2.40\times10^{-2}\ N$

55. 1.4 N

56. $5.3\times10^{4}\ N$

مراجعة عامة

57. a. $2.3\ m/s^2$ نحو اليمين (في اتجاه القوة نفسه).

b. 12 N نحو اليمين.

c. 12 N نحو اليسار.

58. جسمان كتلة الأول 5.0 kg، والثاني 3.0 kg ، مربوطان بحبل مهمل الكتلة (انظر **الشكل 19–4**). يمرر الحبل فوق بكرة ملساء مهملة الكتلة. فإذا انطلق الجسمان من السكون، أوجد ما يأتي:

a. الشد في الحبل.

b. تسارع الجسمين.

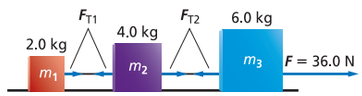
الشكل 19–4

التفكير الناقد

59. ثلاث كتل متصلة بوساطة خيوط 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 20–4

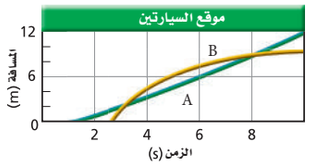
الكتابة في الفيزياء

60. 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

61. يبين **الشكل 21–4** الرسم البياني لمنحنى (الموقع–الزمن) لحركة سيارتين على الطريق.

a. عند أية لحظة تتجاوز إحدى السيارتين الأخرى؟



الشكل 21–4

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؟

62. 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

58.a $F_T = 37\ N$

58.b $a = 2.4\ m/s^2$

التفكير الناقد

59.a $3.0\ m/s^2$

59.b $F_{T1} = 6.0\ N$, $F_{T2} = 18\ N$

الكتابة في الفيزياء

60. ستختلف الإجابات، يجب أن تشمل إسهامات نيوتن أعماله في الضوء واللون، والتلسكوبات، والفلك، وقوانين الحركة، والجاذبية، والحساب.

مراجعة تراكمية

61.a 3 s , 8 s

61.b السيارة A

61.c 5 s

61.d لا يوجد، لان ميل المنحني يتناقص باستمرار

61.e من 3 s إلى 10 s

62.a 0 m/s

62.b 0 m/s

62.c 1 m/s

اختبار مقنن الفصل - 4

سلّم تقدير

يمثّل الجدول التالي نموذجًا لسلم تقدير لأسئلة الإجابات المفتوحة:

العلامات	الوصف
	يُظهر الطالب فهمًا كاملاً لموضوع الفيزياء الذي يُدرَّس. يمكن أن تتضمن الاستجابة أخطاءً ثانوية لا تعيق إظهار الفهم الكامل.
3	يظهر الطالب فهمًا للمواضيع الفيزيائية التي درسها، الاستجابة صحيحة وتظهر فهمًا أساسيًّا، ولكن دون الفهم الكامل للفيزياء.
2	يظهر الطالب فهمًا جزئيًّا فقط للمواضيع الفيزيائية، وربما استخدم الطالب الطريقة الصحيحة للوصول إلى الحل أو قدّم حلًّا صحيحًا، لكن العمل يعوزه استيعاب المفاهيم الفيزيائية الرئيسة.
1	يظهر الطالب فهمًا محدود جدًّا للمواضيع الفيزيائية. والاستجابة غير تامة (ناقصة). وتظهر أخطاء كثيرة.
	يقدم الطالب حلًّا غير صحيح تمامًا، أو لا يستجيب على الإطلاق.

أسئلة الاختيار من متعدد :

1. D
2. B
3. C
4. B
5. D
6. B
7. D

الأسئلة الممتدة

عندما يتسارع المصعد إلى الأعلى سيزداد الوزن الظاهري للطفل

$$F_{\text{محصلة}} = F_g + F_{\text{مصعد}}$$

وعندما ينزل المصعد بسرعة منتظمة نحو الأسفل، لا يتغير الوزن الظاهري للطفل.

$$F_{\text{محصلة}} = F_g$$

وعندما يهبط المصعد بشكل حر نحو الأسفل يكون الوزن الظاهري للطفل مساويًا للصفر. $F_{\text{محصلة}} = F_g = F_{\text{مصعد}}$

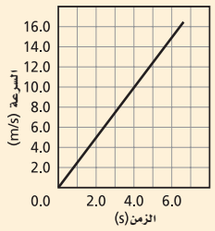
لكن $F_{\text{مصعد}} = F_g$

لذلك: $F_{\text{محصلة}} = F_g - F_g = 0$

أسئلة اختيار من متعدد

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 Ⓑ 20 m Ⓒ 80 m Ⓓ 90 m

3. إذا تحركت السيارة في الرسم البياني أعلاه بتسارع منتظم، كم ستكون سرعتها المتجهة بعد 10 s؟

Ⓐ 90 km/h Ⓑ 120 km/h Ⓒ 10 km/h Ⓓ 25 km/h

4. ما وزن مجس فضائي كتلته 225 kg على سطح القمر؟ (بفرض 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؟

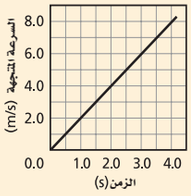
Ⓐ 3.1×10^2 N Ⓑ 4.4×10^2 N Ⓒ 4.5×10^2 N Ⓓ 4.7×10^2 N

6. إذا تدلى غصن الشجرة في المسألة السابقة إلى أسفل بحيث تستند قدما الطفل على الأرض، وأصبحت قوة الشد في حبل الأرجوحة 220 N، ما 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، ينزل المصعد بسرعة منتظمة إلى أسفل، وعندما يهبط المصعد بشكل حر إلى أسفل.

✓ إرشاد

حسن نتائجك

كي تحقق أفضل النتائج في اختبارك المقنن؛ فإنك بحاجة إلى توقع إجابة منطقية للسؤال. بعد ذلك أعد قراءة السؤال، وبعد التوصل إلى الإجابة النهائية قارنها بالنتيجة التي توصلت إليها وتوقعتها.

مصادر تعليمية

- دليل الرياضيات
- حلول بعض المسائل التدريبية
- المصطلحات

الرموز symbols

Δ	التغير في الكمية	$a \times b$ ab $a(b)$	a مضروبة في b
$\pm$	زائد أو ناقص الكمية	$a \div b$ a/b $\frac{a}{b}$	a مقسومة على b
$\propto$	يتناسب مع	$\sqrt{a}$	الجذر التربيعي لـ a
$=$	يساوي	$\lvert a \rvert$	القيمة المطلقة لـ a
$\approx$	تقريبًا يساوي	$\log_b x$	لوغاريتم x بالنسبة إلى الأساس b
$\cong$	تقريبًا يساوي		
$\leq$	أقل من أو يساوي		
$\geq$	أكبر من أو يساوي		
$<<$	أقل بكثير من		
$\equiv$	يعرف كـ		

القياسات والأرقام المعنوية Measurement and significant Digits

ارتباط الرياضيات بالفيزياء تعتبر الرياضيات لغة الفيزياء، فباستخدام الرياضيات يستطيع الفيزيائيون وصف العلاقات بين مجموعة من القياسات عن طريق المعادلات. ويرتبط كل قياس برمز معين في المعادلات الفيزيائية، وتسمى هذه الرموز بالمتغيرات.

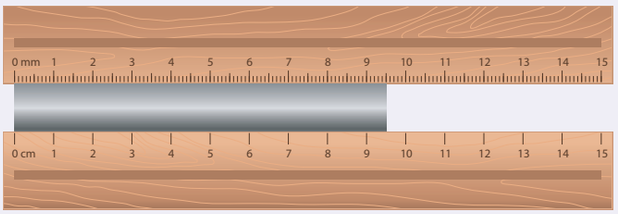
الأرقام المعنوية Significant Digits

إن جميع القياسات تقريبية وتُمثل بأرقام معنوية، بحيث يعبر عدد الأرقام المعنوية عن الدقة في القياس، وتعتبر الدقة مقياسًا للقيمة الحقيقية. ويعتمد عدد الأرقام المعنوية في القياس على الوحدة الأصغر في أداة القياس، بحيث يتم تقدير الرقم الأبعد إلى اليمين في نتيجة القياس.

مثال: ما الرقم المقدَّر لكل من مساطر القياس الموضحة في الشكل أدناه والمستخدمة لقياس طول القضيب؟

باستخدام أداة القياس السفلية نجد أن طول القضيب بين 9 cm و 10 cm. لذلك فإن القياس سوف يقدَّر إلى أقرب جزء عشري من السنتمتر، وإذا كان الطول المقيس يقع تمامًا عند 9 cm أو 10 cm فإنه يجب عليك تسجيل نتيجة القياس 9.0 cm أو 10.0 cm.

وعند استخدام أداة القياس العليا، فإن نتيجة القياس تقع بين 9.5 cm و 9.6 cm لذلك فإن القياس سوف يقدر إلى أقرب جزء مئوي من السنتمتر، وإذا كان الطول المقيس يقع تمامًا عند 9.5 cm أو 9.6 cm، فيجب عليك تسجيل القياس 9.50 cm أو 9.60 cm .



120

كل الأرقام غير الصفرية في القياسات أرقام معنوية. بعض الأصفار أرقام معنوية وبعضها ليست أرقامًا معنوية، وكل الأرقام من اليسار وحتى الرقم الأخير من اليمين والمتضمنة الرقم الأول غير الصفري تعتبر أرقامًا معنوية.

استخدم القواعد التالية عند تحديد عدد الأرقام المعنوية.

1. الأرقام غير الصفرية أرقام معنوية.
2. الأصفار الأخيرة بعد الفاصلة العشرية أرقام معنوية.
3. الأصفار بين رقمين معنويين أرقام معنوية.
4. الأصفار التي تستخدم بهدف حجز منازل فقط هي أرقام ليست معنوية.

مثال: حدد عدد الأرقام المعنوية في كل من القياسات التالية:

5.0 g يتضمن رقمين معنويين	استخدم القواعد 1و2
14.90 g يتضمن أربعة أرقام معنوية	استخدم القواعد 1و2
0.0 يتضمن رقمًا معنويًا واحدًا	استخدم القواعد 2و4
300.00 mm يتضمن خمسة أرقام معنوية	استخدم القواعد 1و2و3
5.06s يتضمن ثلاثة أرقام معنوية	استخدم القواعد 1و3
304s يتضمن ثلاثة أرقام معنوية	استخدم القواعد 1و3
0.0060 mm يتضمن رقمين معنويين (6 والصفر الأخير)	استخدم القواعد 1و2و4
140 mm يتضمن رقمين معنويين (1و4 فقط)	استخدم القواعد 1و4

مسائل تدريبية

1. حدد عدد الأرقام المعنوية في كل من القياسات التالية:

a. 1405 m	d. 12.007 kg
b. 2.50 km	e. 5.8×10^{6} kg
c. 0.0034 m	f. 3.03×10^{-5} ml

هناك حالتان تُعتبر الأعداد فيهما دقيقة:

1. الأرقام الحسابية، وهي تتضمن عددًا لا نهائيًا من الأرقام المعنوية.
2. معادلات التحويل، وهي تتضمن عددًا لا نهائيًا من الأرقام المعنوية.

1. a. 4
b. 3
c. 2
d. 5
e. 2
f. 3

التقريب Rounding

يمكن تقريب العدد إلى خانة (منزلة) معينة (مثل المنزلة المئوية أو العشرية) أو إلى عدد معين من الأرقام المعنوية. وحتى تقوم بذلك حدد المنزلة المراد تقريبها، ثم استخدم القواعد التالية:

1. عندما يكون الرقم الواقع على يسار العدد والمراد إسقاطه أقل من 5 يجب إسقاطه هو والأرقام الأخرى التي تليه، ومن ثَم فإن الرقم الأخير في العدد المقرّب يبقى دون تغيير.
2. عندما يكون الرقم على يسار العدد والمراد إسقاطه أكبر من 5، يجب إسقاطه هو والأرقام الأخرى التي تليه، ومن ثم زيادة الرقم الأخير في العدد المقرّب بمقدار واحد.
3. عندما يكون الرقم الواقع على يسار العدد والمراد إسقاطه هو 5 متبوعًا برقم غير صفري، فإن ذلك الرقم والأرقام الأخرى التي تتبعه يتم إسقاطها، ومن ثم زيادة الرقم الأخير في العدد المقرب بمقدار واحد.
4. إذا كان الرقم الواقع عن يمين الرقم المعنوي الأخير يساوي 5 متبوعًا بالصفر، أو لا يتبعه أي أرقام أخرى فانظر إلى الرقم المعنوي الأخير، فإذا كان فرديًّا فقم بزيادته بمقدار واحد، وإذا كان زوجيًّا فلا تقربه.

أمثلة: قرّب الأرقام التالية للعدد المعيّن إلى الأرقام المعنوية

8.7645 فإن تقريبه إلى ثلاثة أرقام معنوية ينتج 8.76	استخدم القاعدة 1
8.7676 فإن تقريبه إلى ثلاثة أرقام معنوية ينتج 8.77	استخدم القاعدة 2
8.7519 فإن تقريبه إلى رقمين معنويين ينتج 8.8	استخدم القاعدة 3
92.350 فإن تقريبه إلى ثلاثة أرقام معنوية ينتج 92.4	استخدم القاعدة 4
92.25 فإن تقريبه إلى ثلاثة أرقام معنوية ينتج 92.2	استخدم القاعدة 4

مسائل تدريبية

2. قرّب كل رقم إلى عدد الأرقام المعنوية المتضمنة بين الأقواس.

a. (2)1405 m b. (2) 2.50 km c. (1) 0.0034 m d. (3)12.007 kg

إجراء العمليات الحسابية باستخدام الأرقام المعنوية Operations with Significant Digits

عندما تستخدم الآلة الحاسبة، نفّذ العمليات الحسابية بأكبر قدر من الدقة التي تسمح بها الآلة الحاسبة، ثم قرّب النتيجة إلى العدد الصحيح من الأرقام المعنوية. يعتمد عدد الأرقام المعنوية في النتيجة على القياسات وعلى العمليات التي تجريها.

2. a. 1400 m
b. 2.5 km
c. 0.003 m
d. 12.0 kg

الجمع والطرح Addition and subtraction

انظر إلى الأرقام عن يمين الفاصلة العشرية، وقرّب النتيجة إلى أصغر قيمة دقيقة بين القياسات، وهو العدد الأصغر من الأرقام الواقعة عن يمين الفاصلة العشرية.

مثال: اجمع الأعداد 1.456 m ، 4.1 m و 20.3 m

القيم الأقل دقة هي 4.1 m و 20.3 m لأن كليهما يتضمن رقمًا معنويًا واحدًا فقط عن يمين الفاصلة العشرية.

اجمع الأعداد

$$\begin{array}{r} 1.456\ \text{m} \\ 4.1\ \text{m} \\ +20.3\ \text{m} \\ \hline 25.856\ \text{m} \end{array}$$

وفي النتيجة فإن دقة حاصل عملية الجمع هي دقة الرقم المُضاف الأقل دقة.

قرب النتيجة إلى القيمة الأكبر 25.9m

الضرب و القسمة Multiplication and division

حدد عدد الأرقام المعنوية في كل عملية قياس. ونفذ العملية الحسابية، ثم قرّب النتيجة بحيث يكون عدد الأرقام المعنوي فيها مساويًا لتلك الموجودة في قيمة القياس ذي الأرقام المعنوية الأقل.

مثال: جد حاصل ضرب الكميتين 20.1m و 3.6m

$$(20.1\ \text{m})(3.6\ \text{m}) = 72.36\ \text{m}^2$$

القيمة الصغرى الدقيقة هي 3.6m التي تتضمن رقمين معنويين. وحاصل عملية الضرب يجب أن يتضمن فقط عدد الأرقام المعنوية التي في العدد ذي الأرقام المعنوية الأقل.

قرّب النتيجة إلى رقمين معنويين 72m

مسائل تدريبية

3. بسّط التعابير الرياضية التالية مستخدمًا العدد الصحيح من الأرقام المعنوية

a. $2.33\text{km} + 3.4\ \text{km} + 5.012\ \text{km}$

b. $3.40\ \text{cm} \times 7.125\ \text{cm}$

c. $45\text{g} - 8.3\text{g}$

d. $54\text{m} \div 6.5\text{s}$

3. a. 10.7 km
b. 24.2 cm
c. 37 g
d. 8.3 m/s

المجاميع Combination

عند إجراء الحسابات التي تتضمن عمليات الجمع والطرح والضرب والقسمة استخدم قاعدة عملية الضرب/ عملية القسمة.

أمثلة:

$$d = 19\text{m} + (25.0\ \text{m/s})(2.50\ \text{s}) + \frac{1}{2}(-10.0\ \text{m/s}^2)(2.50\ \text{s})^2$$
$$= 5.0 \times 10^1\ \text{m}$$

المقدار 19 m يتضمن رقمين معنويين فقط، لذلك فإن النتيجة يجب أن تتضمن رقمين معنويين .

$$\text{الميل} = \frac{70.0\text{m} - 10.0\text{m}}{29\text{s} - 11\text{s}}$$
$$= 3.3\ \text{m/s}$$

29 s و 11s يتضمنان رقمين معنويين فقط في كل منهما، لذلك يجب أن تتضمن الإجابة رقمين معنويين فقط.

الحسابات المتعددة الخطوات Multistep Calculation

لا تُجرِ عملية تقريب الأرقام المعنوية خلال إجراء الحسابات المتعددة الخطوات. وبدلاً من ذلك، قم بالتقريب إلى العدد المعقول من المنازل العشرية، بشرط ألا تفقد دقة إجابتك. وعندما تصل إلى الخطوة النهائية في الحل فعليك أن تقرّب الجواب إلى العدد الصحيح من الأرقام المعنوية.

لا تجر التقريب إلى $580N^2$ و $1300N^2$

لا تجر التقريب إلى $1800N^2$

النتيجة النهائية، هنا يجب أن نقرّب إلى رقمين معنويين

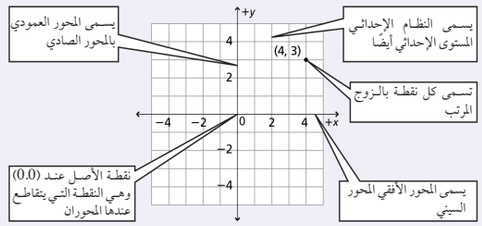
$$F = \sqrt{(24\ \text{N})^2 + (36\ \text{N})^2}$$
$$= \sqrt{576\ \text{N}^2 + 1296\ \text{N}^2}$$
$$= \sqrt{1872\ \text{N}^2}$$
$$= 43\ \text{N}$$

التمثيل البياني للعلاقات Graphs of Relations

المستوى الإحداثي (الديكارتي) The Coordinate Plane

تعين النقاط بالنسبة إلى خطين مدرجين متعامدين يطلق على كل منهما اسم المحور، و يسمى خط الأعداد الأفقي المحور السيني (x). أما خط الأعداد العمودي فيسمى المحور الصادي (y). ويمثل المحور السيني عادة المتغير المستقل، فيما يمثل المحور العمودي المتغير التابع، بحيث تُمثّل النقطة بإحداثيين (x,y) اللذين يسميان أيضًا الزوج المرتب.

تَرد دائمًا قيمة المتغير التابع (x) أولاً في الزوج المرتب، ويمثل الزوج المرتب (0.0) نقطة الأصل، وهي النقطة التي يتقاطع عندها المحوران.



استخدام التمثيل البياني لتحديد العلاقة الرياضية Grahping Data to Determine Relationships

استخدم الخطوات التالية لعمل رسوم بيانية

1. ارسم محورين متعامدين.
2. حدّد المتغيرات المستقلة والمتغيرات التابعة، وعيّن محور كل منهما مستخدمًا أسماء المتغيرات.
3. عيّن مدى البيانات لكل متغير، لتحديد المقياس المناسب لكل محور، ثم حدّد ورقّم المقاييس.
4. عيّن كل نقطة بيانيًا.
5. عندما تبدو لك البيانات واقعة على خط مستقيم واحد ارسم الخط الأكثر ملاءمة خلال مجموعة النقاط. وعندما لا تقع النقاط على خط واحد ارسم منحنًى بيانيًا بسيطًا، بحيث يمر بأكبر عدد ممكن من النقاط. وعندما لا يبدو هناك أي ميل لاتجاه معين فلا ترسم خطًا أو منحنًى.
6. اكتب عنوانًا يصف بوضوح ماذا يمثل الرسم البياني؟

نوع الخدمة	دينار	الدولار
الفندق (الإقامة)	150	398
الوجبات	85	225
الترفيه	67	178
المواصلات	22	58

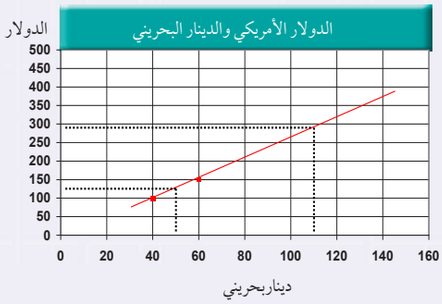
الاستيفاء والاستقراء Interpolating and Extrapolating

تستخدم طريقة الاستيفاء في تقدير قيمة تقع بين قيمتين معلومتين على الخط الممثل لعلاقة ما، في حين أن عملية تقدير قيمة تقع خارج مدى القيم المعلومة تسمى الاستقراء. إن معادلة الخط الممثل لعلاقة ما تساعدك في عمليتي الاستيفاء والاستقراء.

مثال: مستعينًا بالرسم البياني استخدم طريقة الاستيفاء لتقدير القيمة (السّعْر) المقابلة لـ 50 دينارًا.

حدد نقطتين على كل من جانبي القيمة 50 (40 دينارًا، 60 دينارًا)، ثم ارسم خطًّا مستمرًّا يصل بينهما.

ارسم الآن خطًّا متقطعًا عموديًّا من النقطة (50دينارًا) على المحور الأفقي حتى يتقاطع مع الخط المرسوم، ثم ارسم من نقطة التقاطع خطًّا متقطعًا أفقيًّا يصل إلى المحور الرأسي. سوف تجد أنه سيتقاطع معه عند القيمة 131 أو 132 دولارًا.



مثال2: استخدم الاستقراء لتحديد القيمة المقابلة

لـ 110 دنانير.

ارسم خطًّا متقطعًا من النقطة (110 دنانير) على المحور الأفقي حتى يتقاطع مع الخط المستمر الذي رسمته في المثال (1)، ثم ارسم من نقطة التقاطع خطًّا متقطعًا أفقيًّا. ستجد أنه يتقاطع مع المحور الرأسي عند النقطة 290 دولارًا.

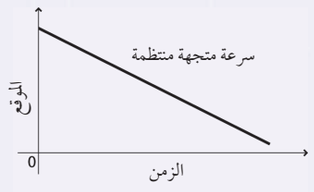
تفسير الرسم البياني الخطي Interpreting Line Graphs

يوضح الرسم البياني الخطي العلاقة الخطية بين متغيرين، وهناك نوعان من الرسوم البيانية الخطية التي تصف الحركة، والتي تستخدم عادة في الفيزياء.

ارتباط الرياضيات بالفيزياء

يوضح الرسم البياني أدناه علاقة بين المتغيرين الممثلين بيانيًّا.

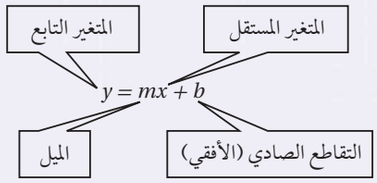
الخط البياني يوضح علاقة خطية ثابتة بين متغيرين ممثلين بيانيًّا



المعادلة الخطية Linear Equation

يمكن كتابة المعادلة الخطية بالشكل: $y = mx + b$.

حيث m ، b أعداد حقيقية، و(m) يمثل ميل الخط، و(b) يمثل التقاطع الصادي؛ وهي نقطة تقاطع الخط البياني مع المحور الصادي.



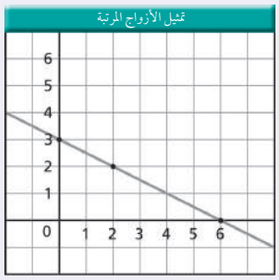
تمثل المعادلة الخطية بخط مستقيم. ولتمثيلها بيانيًّا. قم باختيار ثلاث قيم للمتغير المستقل (يلزم نقطتان فقط، والنقطة الثالثة تستخدم لإجراء اختبار). احسب القيم المقابلة للمتغير التابع، ثم عيّن زوجين مرتبين $(y \, ، \, x)$، وارسم أفضل خط يمر بجميع النقاط.

مثال: مثّل بيانيًّا المعادلة

$$y = -\left(\frac{1}{2}\right)x + 3$$

احسب ثلاثة أزواج مرتبة للحصول على نقاط لتعيينها.

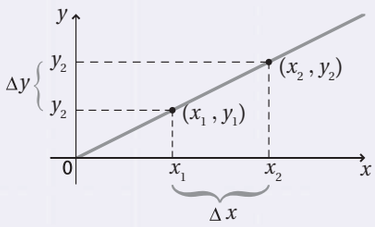
الأزواج المرتبة	
y	x
3	0
2	2
0	6



الميل Slope

ميل الخط هو النسبة بين التغير في الإحداثيات الصادية والتغير في الإحداثيات السينية، أو النسبة بين التغير العمودي (المقابل) والتغير الأفقي (المجاور). وهذا الرقم يخبرك عن كيفية انحدار الخط البياني، ويمكن أن يكون رقمًا موجبًا أو سالبًا.

ولإيجاد ميل الخط قم باختيار نقطتين $(x_1 ، y_1)$ ، $(x_2 ، y_2)$، ثم احسب الاختلاف (الفرق) بين الإحداثيين السينيين ، واحسب الاختلاف (الفرق) بين الإحداثيين الصاديين $\Delta y = (y_2 - y_1)$، ثم أوجد النسبة بين Δy و Δx .



$$m = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

التغير الطردي Direct variation

إذا احتوت المعادلة على ثابتٍ غير صفري m، بحيث كانت $y = mx$، فإن y تتغير طرديًّا بتغير x؛ وهذا يعني أنه عندما يزداد المتغير المستقل x فإن المتغير التابع y يزداد أيضًا، ويقال عندئذٍ إن المتغيرين x و y يتناسبان تناسبًا طرديًّا. هذه معادلة خطية على الصورة $y = mx + b$ حيث قيمة b صفر، ويمر الخط البياني من خلال نقطة الأصل $(0,0)$

ارتباط الرياضيات بالفيزياء في معادلة قوة الاسترداد للنابض المثالي $F = -kx$ ، حيث F قوة استرداد النابض، k ثابت النابض و x استطالة النابض. تتغير قوة استرداد النابض طرديًّا مع تغير استطالته؛ ولذلك فإن قوة استرداد النابض تزداد عندما تزداد استطالة النابض.

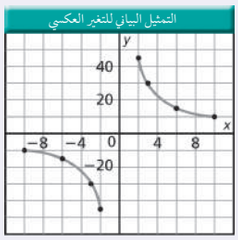
التغير العكسي Inverse Variation

إذا احتوت المعادلة على ثابتٍ غير صفري m، بحيث كانت $y=m/x$ ، فإن y تتغير عكسيًّا بتغير x ؛ وهذا يعني أنه عندما يزداد المتغير المستقل x فإن المتغير التابع y يتناقص، ويقال عندئذ إن المتغيرين x و y يتناسبان تناسبًا عكسيًّا. هذه ليست معادلة خطية لأنها تشتمل على حاصل ضرب متغيرين، والتمثيل البياني لعلاقة التناسب العكسي عبارة عن قطع زائد. ويمكن كتابة هذه العلاقة على الشكل:

$$xy = m$$
$$y = m\,\frac{1}{x}$$
$$y = \frac{m}{x}$$

مثال: مثل المعادلة $xy = 90$ بيانيًّا

الأزواج المرتبة	
x	y
-10	-9
-6	-15
-3	-30
-2	-45
2	45
3	30
6	15
10	9



ارتباط الرياضيات بالفيزياء في معادلة سرعة الموجة $\lambda = \frac{v}{f}$ ، حيث λ الطول الموجي، f التردد، و v سرعة الموجة. نجد أن الطول الموجي يتناسب عكسيًّا مع التردد؛ وهذا يعني أنه كلما ازداد تردد الموجة فإن الطول الموجي يتناقص، وأما v فتبقى قيمتها ثابتة.

التمثيل البياني للمعادلة التربيعية Quadratic Graph

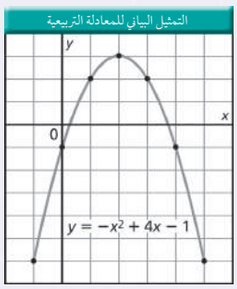
الصيغة العامة للعلاقة التربيعية هي:

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

حيث $a \neq 0$

التمثيل البياني للعلاقة التربيعية يكون على صورة قطع مكافئ، ويعتمد اتجاه فتحة هذا القطع على معامل مربع المتغير المستقل(a)، إذا كان موجبًا أو سالبًا.

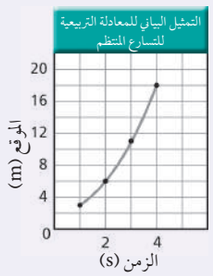
مثال: مثّل بيانيًّا المعادلة $y = -x^2 + 4x - 1$



الأزواج المرتبة	
y	x
−6	−1
−1	0
2	1
3	2
2	3
−1	4
−6	5

ارتباط الرياضيات بالفيزياء عندما يكون منحنى (الموقع – الزمن) على شكل المنحنى البياني للمعادلة التربيعية فهذا يعني أنه يمثل جسمًا يتحرك بتسارع منتظم.

الأزواج المرتبة	
الزمن (s)	الموقع (m)
1	3
2	6
3	11
4	18



130

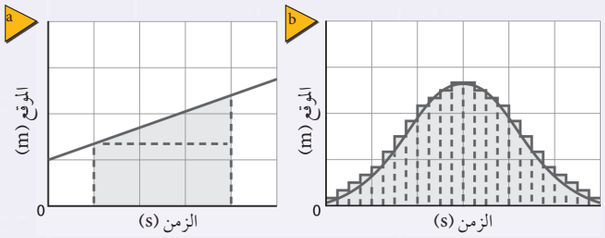
علم الهندسة والمثلثات (Geometry and Trigonometry)
المحيط (Perimeter)، والمساحة (Area)، والحجم (Volume)

	المحيط وحدات خطية	المساحة وحدات مربعة	مساحة السطح وحدات مربعة	الحجم وحدات مكعبة
المربع الضلع a	$P=4a$	$A=a^2$		
المستطيل الطول l العرض w	$P=2l+2w$	$A=lw$		
المثلث القاعدة b الارتفاع h		$A=(\frac{1}{2})bh$		
المكعب الضلع a			$SA=6a^2$	$V=a^3$
الدائرة نصف القطر r	$C=2\pi r$	$A=\pi r^2$		
الأسطوانة نصف القطر r الارتفاع h			$SA=2\pi rh+2\pi r^2$	$V=\pi r^2h$
الكرة نصف القطر r			$SA=4\pi r^2$	$V=(\frac{4}{3})\pi r^3$

ارتباط الرياضيات بالفيزياء ابحث في مسائل الفيزياء التي درستها عن أشكال هندسية، يمكن أن تكون هذه الأشكال ثلاثية الأبعاد أو ذات بعدين. يمكن أن تمثل الأشكال ذات البعدين السرعة المتجهة أو متجهات الموقع.

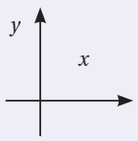
المساحة تحت المنحنى البياني Area Under a Graph

لحساب المساحة التقريبية الواقعة تحت المنحنى البياني، قسم المساحة إلى عدة أجزاء أصغر، ثم أوجد مساحة كل جزء مستخدمًا الصيغ الرياضية في الجدول السابق، لإيجاد المساحة التقريبية الواقعة تحت الخط البياني، قسم المساحة إلى مستطيل ومثلث، كما هو موضح في الشكل a. ولإيجاد المساحة تحت المنحنى ارسم عدة مستطيلات من المحور السيني لغاية المنحنى كما في الشكل b. إن رسم مستطيلات أكثر ذات قاعدة أصغر تمنحنا دقة أكثر في حساب المساحة المطلوبة.



المساحة الإجمالية تساوي
المساحة 1 + المساحة 2 + المساحة 3 + ...

المساحة الإجمالية تساوي
مساحة المستطيل + مساحة المثلث

جدول دلالات الألوان	
متجهات الإزاحة ($\boldsymbol{d}$) Displacement vectors	
متجهات السرعة ($\boldsymbol{v}$) Velocity vectors	
متجهات التسارع ($\boldsymbol{a}$) Acceleration vectors	
متجهات القوة ($\boldsymbol{F}$) Force vectors	
المحاور الإحداثية Coordinates Axes	

حلول بعض
المسائل التدريبية

الفصل الأول

3. $750\ \text{khz}\left(\frac{100\ \text{Hz}}{1\text{khz}}\right)\left(\frac{1\ \text{MHz}}{1{,}000{,}000\ \text{Hz}}\right)=0.75\text{MHz}$

4. $366\ \text{day}\left(\frac{24\ \text{h}}{1\text{day}}\right)\left(\frac{60\ \text{min}}{1\ \text{h}\ 60}\right)\left(\frac{\text{s}}{1\ \text{min}}\right)=31{,}622{,}400\text{s}$

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.

21. a $\bar{v}=\left|\frac{\Delta d}{\Delta t}\right|=\left|\frac{d_2-d_1}{t_2-t_1}\right|=\left|\frac{-1.0\ \text{m}-0.0\ \text{m}}{3.0\ \text{s}-0.0\ \text{s}}\right|$

$=|-0.33\ \text{m/s}|=0.33\ \text{m/s}$

b. السرعة المتوسطة هي ميل الخط للرسم البياني مع أخذ الإشارة في الاعتبار وتكون $-0.33\ \text{m/s}$ أو $0.33\ \text{m/s}$ نحو الشمال.

22. بما أن الدّراجة تتحرك في الاتجاه الموجب، فإن السرعة المتوسطة والسرعة المتجهة المتوسطة هي نفسها، باستخدام الإحداثيات التالية (0.00 min, 0.0 km) , (15.0 min, 10.0 km)، نجد .

$\bar{v}=\left|\frac{\Delta d}{\Delta t}\right|=\left|\frac{d2-d1}{t1-t1}\right|=\left|\frac{10.0\ \text{km-0.0 km}}{15.0\ \text{min-0.0 min}}\right|=0.67\ \text{km/min}$

تسير الدراجة في الاتجاه الموجب بسرعة متوسطة تساوي 0.67 km/min

الفصل الثالث

5. a $\bar{a}=\frac{\Delta v}{\Delta t}=\frac{0.0\ \text{m/s}-25\ \text{m/s}}{3.0\ \text{s}}=-8.3\ \text{m/s}^2$

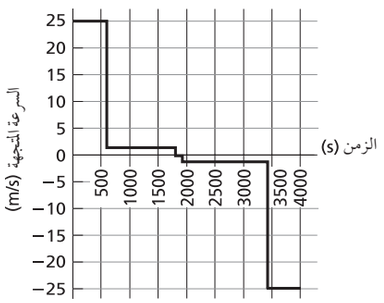
b. النصف كحد أقصى $(-4.2\ \text{m/s}^2)$

15. $v_f=v_i+at$

ومنها $t=\frac{v_f-v_i}{a}$

$=\frac{3.0\ \text{m s}-22\ \text{m s}}{-2.1\text{m s}^2}=9.0\ \text{s}$

17. a.



المسافة التي قطعها السائق إلى محطة الوقود:

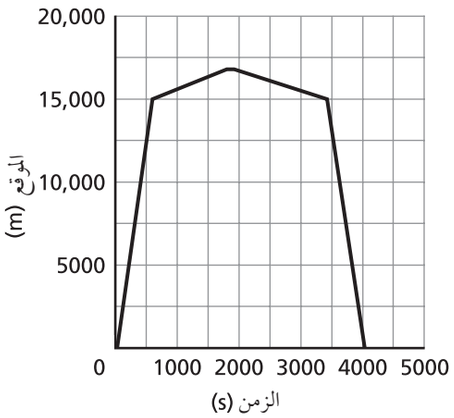
$d=vt=(1.5\ \text{m/s})\ (20.0\ \text{min})\ \frac{60\ \text{s}}{1\text{min}}$

$=1800\ \text{m}=1.8\ \text{km}$

الزمن الذي استغرقه حتى يعود إلى السيارة:

$t=\frac{1800\ \text{m}}{1.2\ \text{m/s}}=1500\ \text{s}=25\ \text{min}$

b.



19. $v_f=v_i+a\Delta t$

$a=\frac{v_f-v_i}{\Delta t}=\frac{22\ \text{m/s}-44\ \text{m/s}}{11s}$

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

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

$\Delta d=\frac{v_f^2-v_i^2}{2a}=\frac{(22\ \text{m/s})^2-(44\ \text{m/s})^2}{2(-2\ \text{m/s})^2}$

$=363\ \text{m}$

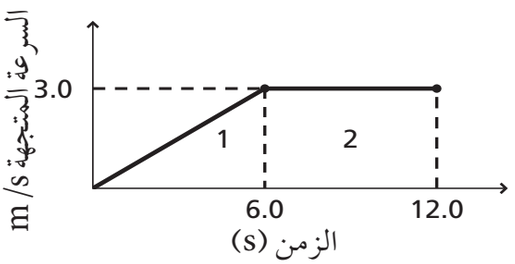
20. $\bar{v}=\frac{v_i+v_f}{2}$

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

ومنها $v_i=\frac{2\Delta d}{\Delta t}\ v_f$

$=\frac{2(19\ \text{m})}{4.5s}-7.5\ \text{m/s}=0.94\ \text{m/s}$

21.



الجزء الأول: تسارع منتظم:

$$d_1 = \frac{1}{2}(3.0\ \text{m/s})(6.0\ s) = 9.0\ \text{m}$$

الجزء الثاني: سرعة متجهة منتظمة:

$$d_2 = (3.0\ \text{m/s})(12.0\ s - 6.0\ s) = 18\ \text{m}$$

تكون إزاحة خالد:

$$d_1 = d_1 + d_2 = 9.0\ \text{m} + 18\ \text{m} = 27\ \text{m}$$

23. $v_f^2 = v_i^2 + 2a(d_f - d_i)$

$$a = \frac{v_f^2 - v_i^2}{2(d_f - d_i)} = \frac{0.0\ \text{m/s} - (23\ \text{m/s})^2}{2(210\ \text{m})} = -1.3/s^2$$

31. a. باعتبار الاتجاه الموجب نحو الأعلى:

$$v_f = v_i + at,\ a = -g = -9.80\ \text{m/s}^2$$

$$= 0.0\ \text{m/s} + (-9.80\ \text{m/s}^2)(4.0\ s) = -39\ \text{m/s}$$

b. $d = v_i t + \frac{1}{2}at^2$

$$= 0 + \frac{1}{2}(-9.80\ \text{m/s}^2)(4.0\ s)^2 = -78\ \text{m}$$

c. باعتبار الاتجاه الموجب نحو الأسفل:

$$v_f = v_i + at,\ a = g = 9.80/\text{ms}^2$$

$$v_f = 0.0\ \text{m/s} + (9.80\ \text{m/s}^2)(4.0\ s) = +39\ \text{m/s}$$

$$d = v_i t + \frac{1}{2}at^2,\ a = g = 9.8\ \text{m/s}^2$$

$$= (0.0\ \text{m/g})(4.0\ s) + \frac{1}{2}(9.80\ \text{m/s}^2)(4.0\ s)$$

$$= +78m$$

33. a. $a = -g$ ، باعتبار أقصى ارتفاع $v_f = 0$

المعادلة $v_f^2 = v_i^2 + 2ad$ تصبح

$$d = \frac{v_i^2}{2g} = \frac{(22.5\ \text{m}\ s)^2}{2(9.80\ \text{m}\ s^2)} = 25.8\ \text{m}$$

b. نحسب زمن الصعود باستخدام المعادلة $v_f^2 = v_i + at$

وتعويض $a = -g$ و $v_f = 0$

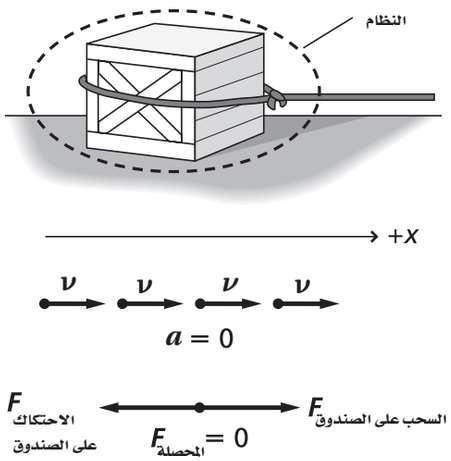
$$t = \frac{v_i}{g} = \frac{22.5\ \text{m/s}}{9.80\ \text{m/s}^2} = 2.30\ s$$

يكون زمن صعود الكرة مساويًا لزمن هبوطها، لذلك يكون الزمن الذي استغرقته في الهواء هو

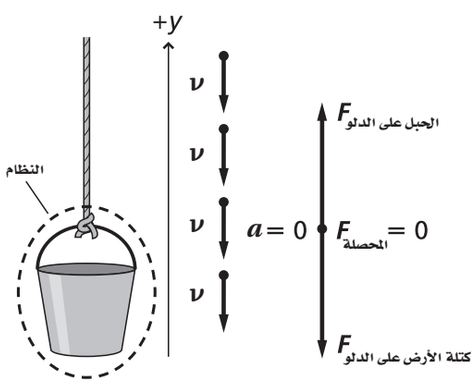
$$t_{\text{اهواء}} = 2t_{\text{الصعود}} = (2)(2.30\ s) = 4.60\ s$$

الفصل الرابع

2.



3.



4. $F_{\text{المحصلة}} = 225\ \text{N} - 165\ \text{N}$

$$= 6.0 \times 10^1\ \text{N}$$

في اتجاه القوة الأكبر

14. نعتبر أن الاتجاه الموجب باتجاه سارة، والنظام هو الحبل

$$F_{\text{المحصلة}} = F_{\text{سارة على الحبل}} - F_{\text{أمل على الحبل}} = ma$$

$$F_{\text{سارة على الحبل}} = ma + F_{\text{أمل على الحبل}}$$

$$= (0.75\ \text{kg})(1.25\ \text{m/s}^2) + 16.0\ \text{N}$$

$$= 17\ \text{N}$$

16. a. قراءة الميزان 55 N، ولأنه لا يوجد تسارع فإن وزنك يساوي قوة الجاذبية الأرضية

$$F_g = mg$$

ومنها $$m = \frac{F_g}{g}$$

$$= \frac{585\text{N}}{9.80\ \text{m/s}^2} = 59.7\ \text{kg}$$

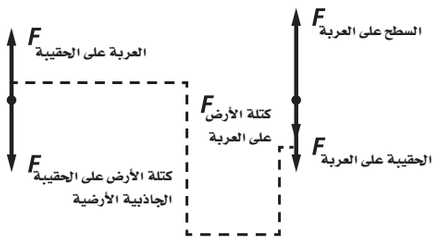
b. قيمة g على القمر مختلفة .

$$F_{g\ \text{القمر}} = mg$$

$$= (59.7\ \text{kg})(1.60\ \text{m/s}^2)$$

$$= 95.5\ \text{N}$$

27.



29. على اعتبار أن الإطار هو النظام واتجاه السحب هو الاتجاه الموجب.

$$F_{\text{المحصلة}} = F_{\text{الدولاب على الإطار}} - F_{\text{سالم على الإطار}} - F_{\text{أحمد على الإطار}}$$

$$= ma = 0$$

$$F_{\text{الدولاب على الإطار}} = F_{\text{سالم على الإطار}} + F_{\text{أحمد على الإطار}}$$

$$= 23\ \text{N} + 31\ \text{N}$$

$$= 54\ \text{N}$$

المصطلحات

المصطلحات

أ

الاتزان Equilibrium إذا كانت القوة المحصلة على جسم ما تساوي صفرًا، كان هذا الجسم في حالة اتزان.

الإزاحة Displacement كمية فيزيائية متجهة تمثل مقدار التغير الذي يحدث لموقع الجسم في اتجاه معين.

أزواج التأثير المتبادل Interaction pair زوجان من القوى المتساوية في المقدار والمتعاكسة في الاتجاه.

ت

تحليل الوحدات Dimensional analysis طريقة التعامل مع الوحدات ككميات جبرية، بحيث يمكن إلغاؤها، ويمكن أن تستخدم للتأكد من أن وحدات الإجابة صحيحة.

التسارع اللحظي Instantaneous acceleration مقدار التغير في السرعة المتجهة للجسم في لحظة زمنية معينة.

التسارع المتوسط Average acceleration مقدار التغير في السرعة المتجهة للجسم خلال الفترة الزمنية المقيسة، وتقاس بوحدة

التسارع المنتظم Constant acceleration معدل تغير السرعة المتجهة للجسم بمعدل زمني منتظم.

التسارع الناشئ عن الجاذبية الأرضية Acceleration due to gravity تسارع الجسم في حالة السقوط الحر، والناتج عن تأثير جاذبية الأرض، وهو يساوي g واتجاهه نحو مركز الأرض.

د

دقة القياس Precision خاصية من خصائص الكمية المقيسة، التي تصف درجة الإتقان في القياس.

س

السرعة الحدية Terminal velocity السرعة المنتظمة التي يصل إليها الجسم الساقط سقوطًا حرًّا، عندما تتساوى القوة المعيقة مع قوة الجاذبية.

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) .

السقوط الحر Free fall حركة جسم تحت تأثير الجاذبية الأرضية فقط، وبإهمال تأثير مقاومة الهواء.

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.

ف

الفترة الزمنية Time interval الزمن النهائي مطروحًا منه الزمن الابتدائي.

الفيـــزياء physics فرع العلوم المعنّي بدراسة العالَم الطبيعي: الطاقة والمادة وكيفية ارتباطهما.

ق

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 الثالث Newton's third law جميع القوى تظهر على شكل أزواج، وقوّتا كل زوج تؤثران في جسمين مختلفين، وهما متساويتان في المقدار، ومتعاكستان في الاتجاه.

قانون نيوتن الثاني Newton's secand law تسارع الجسم يساوي محصلة القوى المؤثرة فيه مقسومة على كتلة الجسم.

القصور الذاتي Inertia خاصية للجسم لممانعة أي تغيير في حالته الحركية.

قوة الشد Tension اسم يطلق على القوة التي يؤثر بها خيط أو حبل في جسم ما.

القوة Force سحب أو دفع يؤثر في الأجسام ويسبب تغيرًا في الحركة مقدارًا واتجاهًا.

قوة التلامس Contact force قوة تتولد عندما يلامس جسم من المحيط الخارجي النظام.

القوة العمودية Normal force قوة تلامس يؤثر بها سطح بشكل عامودي في جسم آخر.

القوة المحصلة Net force القوة التي تعمل عمل مجموعة من القوى مقدارًا واتجاهًا وتساوي ناتج جمع متجهات جميع القوى المؤثرة في الجسم.

قوة المجال Field force قوة تؤثر في الأجسام بغض النظر عن وجود تلامس فيما بينها؛ كالمغناطيسات التي تؤثر في الأجسام دون ملامستها.

القوة المعيقة Drag force هي قوة الممانعة التي 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 (قياسية) Scalar quantities كميات فيزيائية تكون أعدادًا لا اتجاه لها.

الكميات المتجهة Vector quantities كميات فيزيائية لها مقدار واتجاه.

المصطلحات

م

المتجهات Vectors كميات لها مقدار واتجاه مثل: الموقع والسرعة.

المحصلة Resultant المتجه الناتج عن جمع متجهين آخرين أو أكثر، وهو يشير دائماً من ذيل المتجه الأول إلى رأس المتجه الآخر.

مخطط الحركة التصويري Picturing Motion diagram الصور المتتابعة التي 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 الرسم البياني الذي 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 البعد 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.

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

نموذج الجسيم النقطي Particle model تمثيل لحركة الجسم بوساطة سلسلة متتابعة من النقاط المفردة.

التعليم
مستقبل البحرين

ارابيان امبريشنز
طباعة • نشر • تواصل
arabian impressions
PRINT • PUBLISH • COMMUNICATE