

الفيزياء

الصف الحادي عشر

كتاب الطالب

الفصل الدراسي الأول





سَلْطَنَةُ عُومَانِ
وَزَارَةُ التَّرْبِيَةِ وَالتَّعْلِيمِ

الفيزياء

الصف الحادي عشر

كتاب الطالب

الفصل الدراسي الأول - الجزء الأول

مطبوعة جامعة كامبريدج، الرمز البريدي CB2 8BS، المملكة المتحدة.

تشكل مطبعة جامعة كامبريدج جزءاً من الجامعة.
وللمطبعة دور في تعزيز رسالة الجامعة من خلال نشر المعرفة، سعياً وراء
تحقيق التعليم والتعلم وتوفير أدوات البحث على أعلى مستويات التميز العالمية.

© مطبعة جامعة كامبريدج ووزارة التربية والتعليم في سلطنة عُمان.

يخضع هذا الكتاب لقانون حقوق الطباعة والنشر، ويخضع للاستثناء التشريعي
المسموح به قانوناً ولأحكام التراخيص ذات الصلة.
لا يجوز نسخ أي جزء من هذا الكتاب من دون الحصول على الإذن المكتوب من
مطبعة جامعة كامبريدج ومن وزارة التربية والتعليم في سلطنة عُمان.

الطبعة التجريبية ٢٠٢٢ م، طُبعت في سلطنة عُمان

هذه نسخة تمّت مواءمتها من كتاب الطالب - الفيزياء للصف الحادي عشر - من سلسلة كامبريدج للفيزياء
لمستوى الدبلوم العام والمستوى المتقدم AS & A Level للمؤلفين دايفيد سانغ، وغراهام جونز، وغوريندر تشادا،
وريتشارد وودسيد.

تمت مواءمة هذا الكتاب بناءً على العقد الموقع بين وزارة التربية والتعليم ومطبعة
جامعة كامبريدج.

لا تتحمل مطبعة جامعة كامبريدج المسؤولية تجاه المواقع الإلكترونية
المستخدمة في هذا الكتاب أو دقتها، ولا تؤكد أن المحتوى الوارد على تلك المواقع دقيق
وملائم، أو أنه سيبقى كذلك.

تمت مواءمة الكتاب

بموجب القرار الوزاري رقم ٢٠٢٢/١٢١ واللجان المنبثقة عنه



جميع حقوق الطبع والتأليف والنشر محفوظة لوزارة التربية والتعليم

ولا يجوز طبع الكتاب أو تصويره أو إعادة نسخه كاملاً أو مجزئاً أو ترجمته
أو تخزينه في نطاق استعادة المعلومات بهدف تجاري بأي شكل من الأشكال
إلا بإذن كتابي مسبق من الوزارة، وفي حال الاقتباس القصير يجب ذكر المصدر.



حضرة صاحب الجلالة
السلطان هيثم بن طارق المعظم
-حفظه الله ورعاه-



المغفور له
السلطان قابوس بن سعيد
-طيب الله ثراه-

سلطنة عُمان





النشيد الوطني



يا رَبَّنَا احْفَظْ لَنَا
وَالشَّعْبَ فِي الْأَوْطَانِ
وَلِيَدُمُ مَوَئِدًا
جَلَالَةَ السُّلْطَانِ
بِالْعِزِّ وَالْأَمَانِ
عَاهِلًا مُمَجِّدًا

بِالنُّفُوسِ يُفْتَدَى

يا عُمانُ نَحْنُ مِنْ عَهْدِ النَّبِيِّ
فَارْتَقِي هَامَ السَّمَاءِ
أَوْفِياءُ مِنْ كِرَامِ الْعَرَبِ
وَأَمْلئي الْكُونَ الضِّياءِ

وَاسْعِدِي وَانْعَمِي بِالرَّخَاءِ

الحمد لله رب العالمين، والصلاة والسلام على خير المرسلين، سيّدنا مُحَمَّد، وعلى آله وصحبه أجمعين. وبعد:

لقد حرصت وزارة التربية والتعليم على تطوير المنظومة التعليمية في جوانبها ومجالاتها المختلفة كافة؛ لتُلَبِّي مُتطلّبات المجتمع الحالية، وتطلّعاته المستقبلية، ولتتواءم مع المُستجَدّات العالمية في اقتصاد المعرفة، والعلوم الحياتية المختلفة؛ بما يؤدّي إلى تمكين المخرجات التعليمية من المشاركة في مجالات التنمية الشاملة للسلطنة.

وقد حظيت المناهج الدراسية، باعتبارها مكوّنًا أساسيًا من مكوّنات المنظومة التعليمية، بمراجعة مستمرة وتطوير شامل في نواحيها المختلفة؛ بدءًا من المقرّرات الدراسية، وطرائق التدريس، وأساليب التقويم وغيرها؛ وذلك لتناسب مع الرؤية المستقبلية للتعليم في السلطنة، ولتتوافق مع فلسفته وأهدافه.

وقد أولت الوزارة مجال تدريس العلوم والرياضيات اهتمامًا كبيرًا يتلاءم مع مستجدات التطور العلمي والتكنولوجي والمعرفي. ومن هذا المنطلق اتّجهت إلى الاستفادة من الخبرات الدولية؛ اتساقًا مع التطوّر المتسارع في هذا المجال، من خلال تبني مشروع السلاسل العالمية في تدريس هاتين المادّتين وفق المعايير الدولية؛ من أجل تنمية مهارات البحث والتقّصي والاستنتاج لدى الطلبة، وتعميق فهمهم للظواهر العلمية المختلفة، وتطوير قدراتهم التنافسية في المسابقات العلمية والمعرفية، وتحقيق نتائج أفضل في الدراسات الدولية.

إن هذا الكتاب، بما يحويه من معارف ومهارات وقيّم واتجاهات، جاء مُحَقَّقًا لأهداف التعليم في السلطنة، وموائمًا للبيئة العمانية، والخصوصية الثقافية للبلد، بما يتضمّن من أنشطة وصور ورسوم. وهو أحد مصادر المعرفة الداعمة لتعلّم الطالب، بالإضافة إلى غيره من المصادر المختلفة.

نتمنّى لأبنائنا الطلبة النجاح، ولزملائنا المعلّمين التوفيق فيما يبذلونه من جهود مُخلصة، لتحقيق أهداف الرسالة التربوية السامية؛ خدمة لهذا الوطن العزيز، تحت ظل القيادة الحكيمة لمولانا حضرة صاحب الجلالة السلطان هيثم بن طارق المعظم، حفظه الله ورعاه.

والله ولي التوفيق

د. مديحة بنت أحمد الشيبانية

وزيرة التربية والتعليم

المحتويات

الوحدة الثالثة: الحركة المتسارعة

- ١-٣ معنى التسارع ٦٠
- ٢-٣ وحدات قياس التسارع ٦١
- ٣-٣ استنتاج التسارع ٦١
- ٤-٣ استنتاج الإزاحة ٦٢
- ٥-٣ قياس السرعة المتجهة والتسارع ٦٤
- ٦-٣ تحديد السرعة المتجهة والتسارع في المختبر ٦٤
- ٧-٣ معادلات الحركة الخطية ٦٦
- ٨-٣ اشتقاق معادلات الحركة الخطية ٦٩
- ٩-٣ التسارع المنتظم وغير المنتظم ٧١
- ١٠-٣ التسارع بسبب الجاذبية الأرضية ٧٣
- ١١-٣ تحديد تسارع السقوط الحر (g) ٧٤
- ١٢-٣ الحركة في بُعدين: المقذوفات ٧٧
- ١٣-٣ فهم المقذوفات ٧٩

الوحدة الرابعة: القوى

- ١-٤ قانون نيوتن الثاني للحركة ٩٣
- ٢-٤ التعرف على أنواع القوى ٩٤
- ٣-٤ الكتلة والقصور الذاتي ٩٦
- ٤-٤ الحركة في الموائع ٩٩
- ٥-٤ قوى التلامس والطفو ١٠١
- ٦-٤ قانون نيوتن الثالث للحركة ١٠٣
- ٧-٤ الوحدات الأساسية والنيوتن ١٠٤
- ٨-٤ جمع القوى ١٠٦
- ٩-٤ مركبات المتجهات ١٠٨

قائمة المصطلحات ١١٩

- المقدمة xi
- كيف تستخدم هذه السلسلة xii
- كيف تستخدم هذا الكتاب xiv
- الأمان والسلامة في مختبر الفيزياء ١٦

الوحدة الأولى: المهارات العملية

- ١-١ استخدام الأدوات وأتباع التعليمات ١٩
- ٢-١ جمع الأدلة ٢١
- ٣-١ الدقة والضبط والأخطاء وعدم اليقين ٢٢
- ٤-١ إيجاد قيمة عدم اليقين ٢٥
- ٥-١ النسبة المئوية لعدم اليقين ٢٩
- ٦-١ تسجيل النتائج ٣٠
- ٧-١ جمع قيم عدم اليقين ٣٢
- ٨-١ فهم الوحدات في النظام الدولي للوحدات (SI) ٣٣

الوحدة الثانية: السرعة والسرعة المتجهة

- ١-٢ المسافة والإزاحة ٤٣
- ٢-٢ السرعة والسرعة المتجهة ٤٣
- ٣-٢ التمثيل البياني (الإزاحة-الزمن) ٤٧
- ٤-٢ جمع الإزاحات ٤٩
- ٥-٢ جمع السرعات المتجهة ٥١
- ٦-٢ طرح المتجهات ٥٢
- ٧-٢ أمثلة أخرى للكميات العددية والكميات المتجهة ٥٤

المقدمة

يغطي هذا الكتاب منهج الفيزياء للفصل الدراسي الأول للصف الحادي عشر بما يلبي السياسة التعليمية وغاياتها في سلطنة عُمان.

ي طرح هذا الكتاب المفاهيم الفيزيائية المختلفة ويشرحها ويعمق فهمك حولها، كما يزودك بالأمثلة والأسئلة التي ستساعدك على اختبار فهمك، وعلى تطوير المهارات الأساسية اللازمة للنجاح في هذه المادة. كما توضح صفحات «كيف تستخدم هذا الكتاب» مكونات وميزات هذا الكتاب.

خلال دراستك لمادة الفيزياء، ستجد أن بعض المفاهيم الأساسية قد تتكرر؛ وذلك لأن موضوعات الفيزياء مترابطة في المجالات المختلفة. وسوف تمضي قدماً في دراستها بتعمق أكثر في الصفين الحادي عشر والثاني عشر، بذلك ستكتسب المزيد من الثقة في فهم مادة الفيزياء إذا تعمقت في هذه الموضوعات. ويشمل هذا الكتاب المفاهيم الأساسية الآتية:

- نماذج الأنظمة الفيزيائية كنموذج الرياضي للجاذبية الأرضية
- اختبار التنبؤات مقابل الأدلة
- الرياضيات كلغة وأداة لحل المسائل الفيزيائية
- المادة والطاقة
- القوى والمجالات

تُعدّ دراسة الفيزياء تجربة مثيرة وممتعة وجديرة بالاهتمام؛ فالفيزياء مادة أساسية للعديد من المجالات والتخصصات العلمية المختلفة كالطب والهندسة وغيرهما، ومتكاملة مع مواد العلوم المختلفة كالجيولوجيا والكيمياء والأحياء. وتُعدّ تدريباً مفيداً لاكتشاف كيف أسهم مختلف العلماء في تطوير معرفتنا ورفاهيتنا، وذلك من خلال أبحاثهم التي أجروها في مفاهيم الفيزياء وتطبيقها. نأمل ألا يساعدك هذا الكتاب على النجاح في دراساتك ومهنتك المستقبلية فحسب، بل أن يحفز فضولك وخيالك العلمي أيضاً؛ فقد يصبح طلبة اليوم من العلماء والمهندسين المبدعين غداً. كما نأمل أن تكون التجارب التي أجراها الفيزيائيون في الماضي درجة من درجات سلم التطور، فنمضي بالفيزياء قدماً نحو مستويات أعلى وأرقى.

كيف تستخدم هذه السلسلة

تقدّم هذه المكوّنات (أو المصادر) الدعم للطلبة في الصف الحادي عشر في سلطنة عمان لتعلم مادة الفيزياء واستيعابها، حيث تعمل كتب هذه السلسلة جميعها معاً لمساعدة الطلبة على تطوير المعرفة والمهارات العلمية اللازمة لهذه المادة. كما تقدّم الدعم للمعلمين لإيصال هذه المعارف للطلبة وتمكينهم من مهارات الاستقصاء العلمي.

يقدم «كتاب الطالب» دعماً شاملاً لمنهج الفيزياء للصف الحادي عشر في سلطنة عمان، ويقدم شرحاً للحقائق والمفاهيم والتقنيات العلمية بوضوح، كما يستخدم أمثلة من العالم الواقعي للمبادئ العلمية. والأسئلة التي تتضمنها كل وحدة تساعد على تطوير فهم الطلبة للمحتوى، في حين أن الأسئلة الموجودة في نهاية كل وحدة تحقق لهم مزيداً من التطبيقات العلمية الأساسية.



يحتوي «كتاب التجارب العملية والأنشطة» على أنشطة وأسئلة نهاية الوحدة، والتي تمّ اختيارها بعناية، بهدف مساعدة الطلبة على تطوير المهارات المختلفة التي يحتاجون إليها أثناء تقدمهم في دراسة كتاب الفيزياء. كما تساعد هذه الأسئلة الطلبة على تطوير فهمهم لمعنى الأفعال الإجرائية المستخدمة في الأسئلة، إضافة إلى دعمهم في الإجابة عن الأسئلة بشكل مناسب.

كما يحقق هذا الكتاب للطلبة الدعم الكامل الذي سوف يساعدهم على تطوير مهارات الاستقصاء العملية الأساسية جميعها. وتشمل هذا المهارات تخطيط الاستقصاءات، واختيار الجهاز وكيفية التعامل معه، وطرح الفرضيات، وتدوين النتائج وعرضها، وتحليل البيانات وتقييمها.

يدعم دليل المعلم «كتاب الطالب» و «كتاب التجارب العملية والأنشطة»، ويعزز الأسئلة والمهارات العملية الموجودة فيهما. ويتضمن هذا الدليل أفكاراً تفصيلية للتدريس وإجابات عن كل سؤال ونشاط وارد في «كتاب الطالب» وفي «كتاب التجارب العملية والأنشطة»، فضلاً عن الإرشادات التعليمية لكل موضوع، بما في ذلك خطة التدريس المقترحة، وأفكار للتعليم النشط والتقويم التكويني، والمصادر المرتبطة بالموضوع، والأنشطة التمهيدية، والتعليم المتمايز (تفريد التعليم) والمفاهيم الخاطئة وسوء الفهم. كما يتضمن أيضاً دعماً مفصلاً لإجراء الاستقصاءات العملية وتنفيذها في «كتاب التجارب العملية والأنشطة»، بما في ذلك فقرات «مهم» لجعل الأمور تسير بشكل جيد، إضافة إلى مجموعة من عينات النتائج التي يمكن استخدامها إذا لم يتمكن الطلبة من إجراء التجربة، أو أخفقوا في جمع النتائج النموذجية.



كيف تستخدم هذا الكتاب

خلال دراستك هذا الكتاب، ستلاحظ الكثير من الميزات المختلفة التي ستساعدك في التعلم. هذه الميزات موضحة على النحو الآتي:

أهداف التعلم

تُمثّل هذه الأهداف مضمون كل وحدة دراسية، وتساعد على إرشاد الطلبة خلال دراسة «كتاب الطالب»، كما تشير إلى المفاهيم المهمة المطروحة في كل موضوع، ويتم التركيز عليها عند تقويم الطالب.

قبل أن تبدأ بدراسة الوحدة

تحتوي هذه الميزة على أسئلة وأنشطة تتمحور حول المعرفة القبلية للموضوعات التي ستحتاج إليها قبل البدء بدراسة الوحدة.

العلوم ضمن سياقها

تقدّم هذه الميزة أمثلة وتطبيقات واقعية للمحتوى الموجود في كل وحدة دراسية، ما يعني أنها تشجع الطلبة على إجراء المزيد من البحث في الموضوعات المختلفة.

مهارة عملية

لا يحتوي هذا الجزء من الكتاب على تعليمات مفصلة لإجراء تجارب معيّنّة، لكنك ستجد، في مربّعات النص هذه، توجيهات أساسية حول النشاط العملي الذي تحتاج إلى تطبيقه.

مصطلحات علمية

يتم تمييز المصطلحات الأساسية في النص عند تقديمها لأول مرة. ثم يتم تقديم تعريفات لها في الهامش تشرح معاني هذه المصطلحات. سوف تجد أيضاً تعريفات لهذه المصطلحات في قائمة المصطلحات الواردة في نهاية هذا الكتاب.

أفعال إجرائية

لقد تم إبراز الأفعال الإجرائية الواردة في المنهج الدراسي بلون غامق في أسئلة نهاية الوحدة، ويمكن استخدامها في الاختبارات، خصوصاً عندما يتم تقديمها للمرة الأولى. وستجد في الهامش تعريفاً لها. سوف تجد أيضاً التعريفات نفسها في قائمة المصطلحات الواردة في نهاية هذا الكتاب.

المعادلة: يتم تمييز المعادلات الأساسية في النص عند تقديم المعادلة لأول مرة. تعريف للمعادلة ومزيد من المعلومات ترد في الهامش.

ترد التعريفات للمفاهيم العلمية والمبادئ والقوانين والنظريات العلمية المهمة في الهامش، ويتم إبرازها في النص بلون غامق عند تقديمه لأول مرة. وستجد هذه التعريفات أيضاً في قائمة المصطلحات الموجودة في نهاية هذا الكتاب.

مهم

يتم في مربّعات النص هذه إدراج حقائق وإرشادات مهمة للطلبة.

أسئلة

يتخلّل النص أسئلة تمنحك فرصة للتحقق من أنك قد فهمت الموضوع الذي قرأت عنه.

أمثلة

تحتوي على أمثلة محلولة توضّح كيفية استخدام صيغة رياضية معيّنة لإجراء عملية حسابية.

ملخص

تحتوي مربّعات النص هذه على ملخص للنقاط الرئيسية في نهاية كل وحدة.

أسئلة نهاية الوحدة

تقيس هذه الأسئلة مدى تحقّق الأهداف التعليمية في الوحدة، وقد يتطلب بعضها استخدام معارف علمية من وحدات سابقة. تتوافر إجابات هذه الأسئلة في دليل المعلم.

قائمة تقييم ذاتي

تلي الملخص عبارات تتضمن عناوين منها: «أستطيع أن» التي تتطابق مع أهداف التعلم الموجودة في بداية الوحدة؛ و «أحتاج إلى بذل المزيد من الجهد»، أو «متمكّن إلى حدّ ما» اللتين تشيران إلى وجوب مراجعة ما تراه ضروريًا في هذا المجال. وقد تجد أنه من المفيد تقييم مدى ثقتك بكل من هذه العبارات أثناء عملية المراجعة.

أستطيع أن	أراجع الموضوع	أحتاج إلى بذل المزيد من الجهد	متمكّن إلى حدّ ما	مستعدّ للمضي قدماً

الآمان والسلامة في مختبر الفيزياء

- العمل بآمان في مختبر الفيزياء جانب أساسي من جوانب التعلّم الذي يتميّز به العمل التجريبي.
- كن دائماً مستمعاً جيداً للتعليمات، وملتزماً بالتوجيهات وقواعد السلوك بعناية.
- إذا لم تكن متأكّداً من أي جانب من جوانب عملك التجريبي، فلا تتوان في سؤال معلّمك، وإذا كنت تودّ تصميم استقصاءٍ خاصّ بك، فاطلب إلى معلّمك أن يتحقّق من خطّتك قبل تنفيذها.
- العديد من احتياطات الآمان والسلامة في مختبر الفيزياء تُعنى بمنع حدوث ضرر يلحق بالطالب أو بالأجهزة والأدوات.

استخدام السوائل في العمل	ضع كل الأدوات في حوض بحيث إذا انسكب شيء منها لا يؤثّر على أوراق العمل. فإذا كنت تستخدم الماء الساخن أو المغلي؛ فاستخدم ماسكاً لحمل الأوعية مثل الكؤوس.
استخدام ميزان الحرارة الزجاجي المعبأ بسائل	ضع ميزان الحرارة بشكل آمن على الطاولة فور الانتهاء من استخدامه، وتأكّد من موقعه بحيث لا يتدحرج، وإذا تعرّض للكسر؛ فأبلغ معلّمك فوراً، ولا تلمس الزجاج المكسور أو السائل المتسرّب منه.
تعليق موادّ على أسلاك رفيعة	ارتد نظّارات واقية تحسّباً لحدوث انقطاع في السلك، واحذر من سقوط أثقال في حال انقطاع السلك؛ وضع وسادة أو ما شابه على الأرض.
توصيل مكّونات كهربائية	لا تتجاوز فرق الجهد الكهربائي الموصى به للمكوّن الكهربائي، على سبيل المثال: فرق الجهد الكهربائي لمصباح ما هو (6 V).
استخدام الحوامل المعرضة للانقلاب	إذا كان الحامل متحرّكاً أو معرّضاً لخطر الانقلاب، فثبّته على الطاولة بإحكام.
استخدام الأجسام القابلة للتدحرج كالأسطوانات	ضع شيئاً مناسباً مثل صندوق لجمع الأجسام القابلة للتدحرج، بحيث لا تسقط على الأرضية أو تؤثّر على تجربة شخص آخر.
الخلايا الجافة 1.5 V	لا توصل قطبيّ الخلية أو البطارية أحدهما بالآخر بسلك كهربائي.

الجدول ١ احتياطات الآمان والسلامة في مختبر الفيزياء

الوحدة الأولى <

المهارات العملية

Practical skills

أهداف التعلم

- ١-١ يستخدم المسطرة، والقلم ذات الورنية، والميكروميتر لقياس الأطوال المختلفة ويصف طريقة استخدامها.
- ٢-١ يفهم تأثير الأخطاء النظامية (بما فيها الأخطاء الصفرية) والأخطاء العشوائية على القياس ويشرحها.
- ٣-١ يميز الفرق بين مصطلحي الضبط (Accuracy) والدقة (Precision).
- ٤-١ يفهم الفرق بين الخطأ وعدم اليقين عند القياس.
- ٥-١ يصف كيفية تقدير قيمة عدم اليقين المطلق في القراءة.
- ٦-١ يفهم عدم اليقين في القياس ويحدده كقيمة مطلقة أو نسبة مئوية ويحول بينهما.
- ٧-١ يجمع بين قيم عدم اليقين المطلقة عند جمع الكميات أو طرحها ويجمع النسب المئوية لعدم اليقين عند ضرب الكميات أو قسمتها.
- ٨-١ يتذكر الكميات الأساسية للنظام الدولي للوحدات (SI) ووحداتها القياسية: الكتلة (kg)، الطول (m)، الزمن (s)، شدة التيار الكهربائي (A)، درجة الحرارة (K).
- ٩-١ يعبر عن الوحدات المشتقة كناتج ضرب أو قسمة للوحدات الأساسية للنظام الدولي للوحدات، ويستخدم الوحدات المشتقة للكميات المدرجة في هذا المنهج حسب الحاجة.
- ١٠-١ يتذكر البادئات الآتية ورموزها للإشارة إلى المضاعفات أو الأجزاء العشرية لكل من الوحدات الأساسية والمشتقة ويستخدمها.
- بيكو (p)، نانو (n)، مايكرو (μ)، ميلي (m)، سنتي (c)، ديسي (d)، كيلو (k)، ميغا (M)، جيجا (G)، تيرا (T).

قبل أن تبدأ بدراسة الوحدة

- ما الخصائص الفيزيائية للمواد؟
- ما الكميات التي تقيسها كل من الأدوات الآتية: المنقلة، مسطرة 30 cm، المسطرة المترية، الميكروميتر، القدمة ذات الورنية، الميزان الزنبركي، الموازين، المخبر المدرج، مقياس الحرارة، ساعة الإيقاف، الأميتر، الفولتميتر؟
- هل يمكنك أن تقترح مدى قياس كل أداة من الأدوات السابقة، وأصغر تدرج لمقياسها، والصعوبات التي تواجهك عند استخدام كل أداة؟

العلوم ضمن سياقها

العمل المختبري

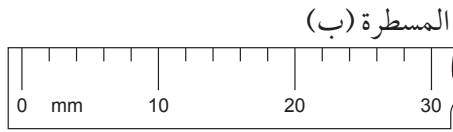
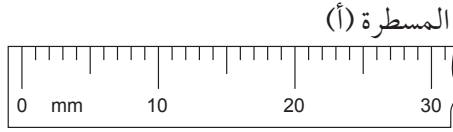


الصورة ١-١ تجميع وضبط الأدوات الإلكترونية للقياسات الفيزيائية الدقيقة

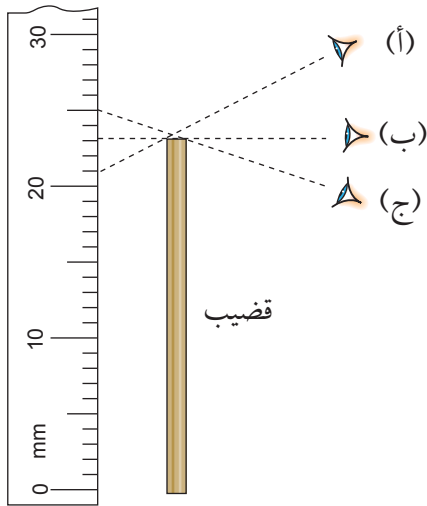
يُعدّ العمل المختبري (الصورة ١-١) جانباً أساسياً لإحراز التقدم في الفيزياء، حيث يتم اختبار الفرضيات الجديدة من خلال التخطيط للتجارب، ثم إجرائها لمعرفة ما إذا كانت نتائج التجربة تدعم الفرضية الجديدة. تعرض هذه الوحدة بعض المهارات العملية اللازمة لتخطيط التجارب وتنفيذها وتقييمها مع مراعاة الأخطاء وعدم اليقين.

١-١ استخدام الأدوات واتباع التعليمات

من خلال دراستك للفيزياء في الصفين الحادي عشر والثاني عشر سيتم تطوير وقياس مهاراتك في العمل المختبري. فالعلوم تختلف عن معظم المواد الأخرى في أنها لا تشتمل على مواضيع نظرية فقط، بل على عمل تجريبي أيضاً؛ لأن جوهر العلوم هو أن النظرية يمكن اختبارها عملياً بالتجربة؛ لذلك تعدّ القدرة على تنفيذ التجارب العملية بطريقة منطقية وعلمية أمراً أساسياً.



الشكل ١-١ تأكد عند قراءة تدريج ما من أنك تعرف ما يمثله كل قسم من التدريج



الشكل ٢-١ خطأ اختلاف المنظر

ستحتاج إلى معرفة استخدام أدوات وأجهزة قياس بسيطة مثل المساطر المترية، والموازين، والمناقل، وساعات الإيقاف، والأميترات والفولتميترات، أو تلك الأدوات الأكثر تعقيداً مثل الميكروميترات والقدمات ذوات الورنية. عند استخدامك أدوات القياس هذه؛ فإنه يتوجب عليك أن تكون على معرفة تامة بما يمثله كل قسم على التدريج، فإذا نظرت إلى الشكل ١-١ فإنك ستري أن كل قسم من التدريج على المسطرة (أ) يمثل (1 mm)، وكل قسم من التدريج على المسطرة (ب) يمثل (2 mm).

ولكن إذا كنت تستخدم الأدوات بطريقة غير صحيحة؛ فاحتمال الوقوع في خطأ تقدير القياس يكون كبيراً، على سبيل المثال: عند أخذ القراءة يجب أن يكون خطّ نظرك عمودياً على تدريج أداة أو جهاز القياس، وإلا فستقع في خطأ اختلاف المنظر؛ وهذا الخطأ موضح في الشكل ٢-١. فعند النظر من النقطة (أ)، يبدو أن طول القضيب (21 mm)، وعند النظر من النقطة (ج) فإن طوله يبدو (25 mm) في حين أن النظر من النقطة (ب)، وهو الموقع الصحيح، فيكون الطول (23 mm).

تعدّ المسطرة المترية، أو المسطرة العادية التي طولها (30 cm) الموضح جزء من طولها في الشكل ٢-١ أدوات قياس بسيطة، وأصغر قسم عليها هو (1 mm). تتميز بعض الأدوات الأخرى بدقة أكبر لأن أصغر قسم لها يكون أقل من (1 mm)، وسندرس أداتين منها.

القدمة ذات الورنية

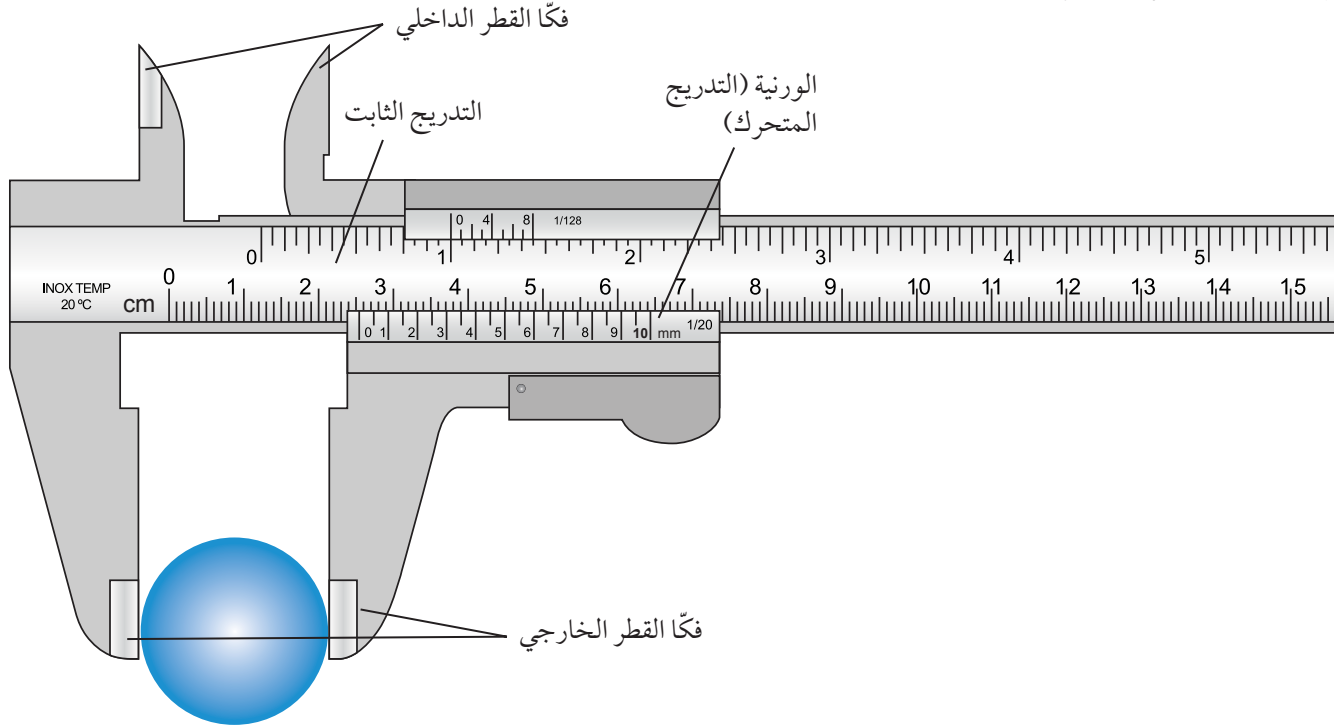
صُممت القدمة ذات الورنية بفكّين لإمساك الجسم المُراد قياسه، وفي الشكل ٣-١ أُستُخدمت القدمة ذات الورنية لقياس قطر جسم كروي، كما يمكن استخدامها لقياس العمق والقطر الداخلي لأنبوب أيضاً. فعلى سبيل المثال: إذا وُضع فكّ القطر الداخلي داخل الأنبوب وضُبط الجزء المتحرك من القدمة بحيث يُمسك الفكّان الجزء الداخلي من الأنبوب، عندها يمكن قياس القطر الداخلي له.

القدمة ذات الورنية المُبيّنة في الشكل ٣-١ هي القدمة ذات الورنية العادية، تتم قراءة القدمة من خلال النظر أولاً في الورنية (التدريج المتحرك) وتحديد مكان وقوع الصفر على هذا التدريج بالنسبة إلى التدريج الثابت من القدمة

مهم

يختلف أصغر تدريج في التدريج المتحرك وفقاً للقدمة ذات الورنية. في الشكل ٣-١، أصغر تدريج على القدمة ذات الورنية هو (0.05 mm).

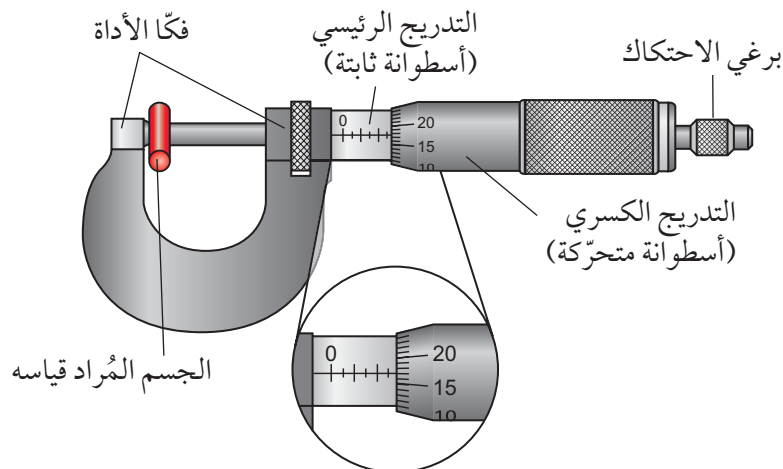
(بين 2.5 cm و 2.6 cm). بعد ذلك، يجب تحديد الخط على الورنية والذي يتطابق مع خط ما من التدريج الثابت -تدريج الورنية المقسم إلى 20 قسم يمثل (0.100 cm)، وهذا يعني أن كل قسم يمثل (0.005 cm) أو (0.05 mm) - الخط على تدريج الورنية الذي ينطبق مع التدريج الثابت هو عند (0.40 mm)، وهو يساوي (0.040 cm)، وأخيراً يتم جمع القراءتين للحصول على القياس المطلوب وهو (2.540 cm). تُستخدم في بعض الأحيان أنواع أخرى مثل القدمة ذات ورنية القرص والقدمة ذات الورنية الرقمية.



الشكل ١-٣ استخدام القدمة ذات الورنية

الميكروميتر

الميكروميتر هو أداة القياس المبيّنة في الشكل ١-٤، ولهذه الأداة تدريجان أيضاً. التدريج الرئيسي (أسطوانة ثابتة) مثبت على محور الأداة والتدريج الكسري (أسطوانة متحركة) مثبت على أسطوانة دوّارة. وفي كل دورة للأسطوانة الدوّارة يتحرّك طرف الأسطوانة على طول التدريج الرئيسي (0.50 mm). وبما أن التدريج الكسري على الأسطوانة يتكوّن من 50 قسم، فيمثّل كلّ قسم (0.01 mm = $\frac{0.50}{50}$).



الشكل ١-٤ استخدام الميكروميتر

يستخدم الميكروميتر بتحريك الأسطوانة المتحركة بحيث يضغط فكاً الأداة على الجسم المُراد قياسه. بعض الميكروميترات لها برغي احتكاك أو آلية انزلاق لمنع المُستخدم من الضغط القوي ما يسبب إتلاف الميكروميتر أو الجسم المُراد قياسه. اقرأ التدرج الرئيسي إلى أقرب (0.5 mm)، ثم اقرأ عدد الأقسام الموجودة على الأسطوانة المتحركة والتي سيكون كل واحد منها (0.01 mm)، وأخيراً اجمع القراءتين (التدرج الرئيسي + التدرج الكسري). ومن المهم أن تعرف أن أصغر قسم على الميكروميتر هو (0.01 mm). ولإيجاد سمك القضيب في الشكل ١-٤ مثلاً، نجد أنه يساوي (2.5 + 0.17 = 2.67 mm).

قبل البدء باستخدام الميكروميتر أو القدم ذات الورنية، فإنه من المعتاد التحقق ممّا إذا كان هناك خطأ صفري، وهذا يُكشف بواسطة انطباق الفكّين من دون وجود أي جسم بينهما، وبالتأكيد يجب أن تكون القراءة عندئذ صفراً، ولكن إذا كانت الأداة بالية أو مُستخدمة بشكل سيئ فربما لا تكون القراءة صفراً؛ بل يكون للقراءة مقدار معيّن، وعند قراءة قياس جسم ما باستخدام هذه الأداة؛ عليك أن تأخذ في الحسبان هذا المقدار للخطأ الصفري، وبالتالي عليك جمعه أو طرحه من كل قراءة أخرى تأخذها بواسطة هذه الأداة، فإذا كانت قراءة الخطأ الصفري سالبة، فيجب إضافة هذا الخطأ إلى كل قراءة يتم إجراؤها باستخدام الأداة؛ أما إذا كانت قراءة الخطأ الصفري موجبة، فيجب طرح هذا الخطأ من كل قراءة يتم أخذها بواسطة الأداة، والخطأ الصفري هو مثال على الخطأ النظامي الذي ستدرسه لاحقاً في هذه الوحدة.

٢-١ جمع الأدلة

يجب أن تأخذ في الحسبان عند جمع الأدلة مدى النتائج التي ستحصل عليها، فإذا كنت تستقصي استطالة زنبرك معلق به ثقل، (للأثقال ما بين 0 N و 20 N)، فيجب أن تأخذ قراءات موزعة بعدالة على طول هذا المدى. على سبيل المثال، ستّ قراءات بين (12 N و 20 N) لن تكون منطقية لأنك لم تستقص ما يحدث للأثقال الصغيرة بين (0 N و 12 N). وبالمثل أخذ ثلاث قراءات بين (0 N و 5 N) وثلاث قراءات أخرى بين (15 N و 20 N) ليس منطقياً لأنك لم تستقص القراءات التي في الوسط.

قد تكون القراءات عند الأثقال (0 N، 4 N، 8 N، 12 N، 16 N، 20 N) منطقية لأنها تغطي المدى كاملاً بفواصل متساوية.

سؤال

ثم طُلب إليك إجراء قياسات باستخدام ستّ من هذه المقاومات فقط، فأَيّ ستّ مقاومات ستختار؟ وضح إجابتك.

١) إذا كنت تستقصي كيفية اعتماد شدة التيار الكهربائي الذي يمرّ عبر مقاومة على مقدار تلك المقاومة عند توصيلها في دائرة كهربائية، وأعطيت مقاومات بالقيم الآتية:

50 Ω، 100 Ω، 150 Ω، 200 Ω، 250 Ω، 300 Ω،
350 Ω، 400 Ω، 450 Ω، 500 Ω

٣-١ الدقة والضبط والأخطاء وعدم اليقين

عندما تُجرى قياسات لكمية ما، فأنت تحاول إيجاد القيمة الحقيقية للكمية، وهذه القيمة ستجدها إذا كان قياسك مثاليًا، ولكن لا يمكن أن يكون أي قياس مثاليًا على الإطلاق؛ حيث يكون هناك دائمًا مقدار من **عدم اليقين** Uncertainty، فقد تكون أدواتك غير سليمة، أو قد تكون طريقتك تحتاج إلى التحسين. لذلك، عندما تجري عملًا تجريبيًا، فإنه يجب عليك التفكير في أمرين:

- كيف يمكن تحسين الأدوات أو التقنية التي تستخدمها لإعطاء نتائج أفضل، مع قدر أقل من عدم اليقين؟
 - كيف ستعبر عن عدم اليقين في النتائج التي ستحصل عليها؟
- يجب أن ينعكس هذان الأمران على الطريقة التي ستعرض بها نتائجك، كما ستري لاحقًا في هذه الوحدة.

أولاً **الدقة Precision**: يكون مستوى الدقة مرتفعًا إذا أجريت عدة قياسات لكمية ما وكانت كلها متقاربة جدًا، وسيكون القياس أقرب إلى الدقة إذا حصلنا على القيمة نفسها أو على قيمة قريبة جدًا منها عند تكرار القياس؛ أمّا إذا كانت القياسات منتشرة على مدى واسع حول القيمة المتوسطة، فإنها تكون أقل دقة، وهذا قد يحدث بسبب الصعوبات العملية في إجراء القياسات.

تتبعك الدقة على كيفية تسجيل النتائج؛ فإذا سجّلت المسافة هكذا «15 m» فهذا يعني أن المسافة قيست إلى أقرب متر فقط، بينما إذا سجّلت المسافة هكذا «15.0 m» فهذا يشير إلى أن المسافة قيست إلى أقرب (0.1 m).

أحرص على عدم الخلط بين الدقة **والضبط Accuracy**. يوصف القياس بأنه «مضبوط» إذا كانت القيمة المُقاسة قريبة من القيمة الحقيقية، ولنفترض أن القياس دقيق، وأعطى النتيجة نفسها؛ فهذا لا يعني أن القياس مضبوط، لأن كل قراءة قد يكون فيها الخطأ نفسه؛ على سبيل المثال: يمكنك أن تجعل قياساتك دقيقة جدًا لقطر سلك باستخدام ميكروميتر إلى أقرب (0.01 mm)، ولكن قد تكون كل قراءة غير مضبوطة إذا كان للميكروميتر خطأ صفري.

عادة ما تكون مصادر عدم الضبط خطأ في الإجراءات التجريبية؛ على سبيل المثال: إن توصيل أميتر في دائرة بطريقة غير صحيحة سيؤدي إلى قراءة غير مضبوطة لشدة التيار الكهربائي؛ كذلك يتسبب زمن رد فعل الإنسان في عدم ضبط قياسات الزمن؛ أو تكون مصادر عدم الضبط خطأ في أداء القياس مثل: ميزان الحرارة الذي يحتوي سائله على فقاعات هواء، يعطي قياسات غير مضبوطة لدرجة الحرارة.

يوضح الشكل ١-٥ محاولتين لعمل ثقب في مركز لوحة التصويب، تخيل أن مواقع الثقب

مصطلحات علمية

عدم اليقين

Uncertainty: عدم اليقين في القراءة هو تقدير الفرق بين القراءة والقيمة الحقيقية للكمية المقاسة.

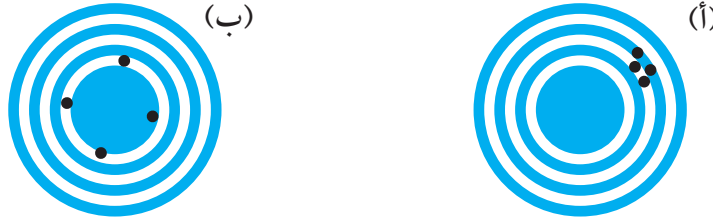
الدقة Precision

مدى تقارب نتائج القياس عند تكرار قياس الكمية نفسها عدة مرات. والقياس الدقيق هو القياس الذي يعطي القيمة نفسها عدّة مرّات، أو قد تكون متقاربة جدًا، مع فارق بسيط حول القيمة المتوسطة.

الضبط Accuracy

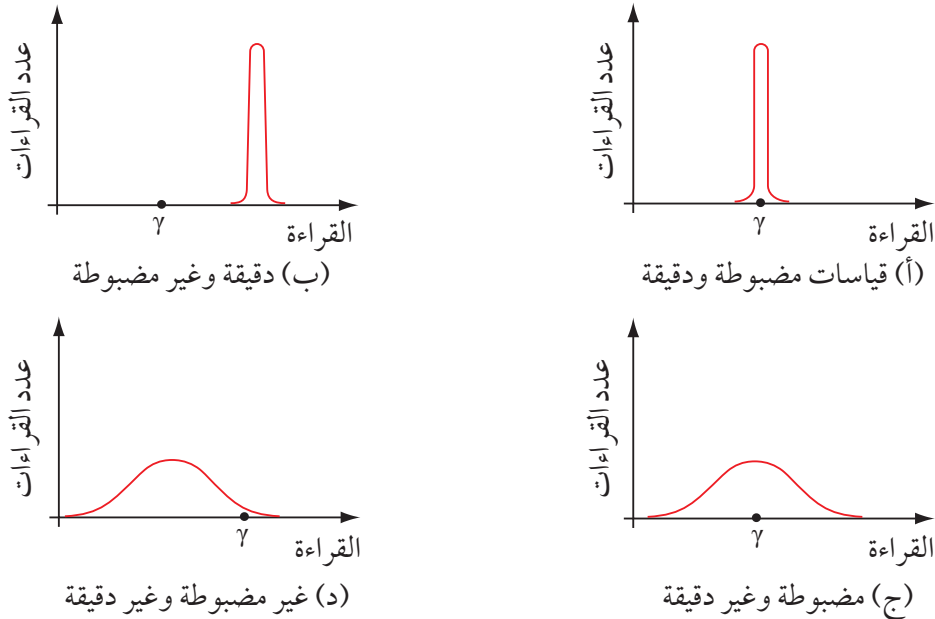
مدى قرب القيمة المُقاسة من القيمة الحقيقية.

تمثل قراءات، وتكون القيمة الحقيقية في المركز، عندما تكون القراءات متقاربة كما في الشكل ١-٥ (أ) يمكننا القول إنها دقيقة. ومع ذلك، فهي ليست مضبوطة، لأن متوسط موقع الثقوب بعيد عن المركز. وبالمقابل يمكن القول إن القياس في الشكل ١-٥ (ب) مضبوط، لأن متوسط موقع الثقوب قريب من المركز، ولكن القراءات ليست دقيقة إذ تنتشر الثقوب بعيدة بعضها عن بعض.



الشكل ١-٥ يمثل المخطّط (أ) قراءات دقيقة ولكنها غير مضبوطة؛ ويمثل المخطّط (ب) قراءات مضبوطة ولكنها ليست دقيقة

كما يوضح الشكل ١-٦ متى يكون قياس ما مضبوطاً أو غير مضبوط ودقيقاً أو غير دقيق عندما تكون قيمة القراءة الحقيقية (γ).



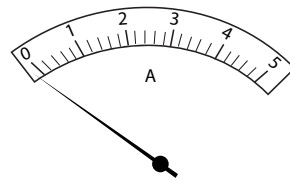
الشكل ١-٦ الاختلاف بين الدقة والضبط لقراءات متكررة

عندما تقوم بإجراء قياس، يجب أن تكون على معرفة بمقدار عدم اليقين في القياس؛ وغالباً ما يُحدّد مقدار عدم اليقين بواسطة التدرّج الأصغر على أداة القياس. ويجب أن نكون قادرين على القراءة إلى أقرب نصف ملّيمتر على المسطرة المترية المدرّجة بالملّيمترات، ولكن إذا كنا نقيس طول قضيب ما فهناك قراءتان يجب أخذهما في الحسبان لكل نهاية من نهايتي القضيب، ولكل من هاتين القراءتين عدم يقين مقداره (0.5 mm)، الأمر الذي يعطي عدم يقين إجمالي قدره (1 mm).

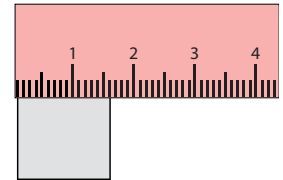
يعتمد عدم اليقين على دقة معايرة الأدوات التي تستخدمها، وكذلك على قدرتك على الملاحظة أيضاً وعلى الأخطاء التي أدخلت بواسطة الأدوات الأقل دقة أو التقنية السيئة في أخذ الملاحظات. فيما يأتي بعض الأمثلة على المواضيع التي يمكن أن يظهر فيها عدم اليقين:

الخطأ النظامي Systematic error :

- فقاعة الهواء المحصورة في سائل ميزان الحرارة تجعل قراءة ميزان الحرارة أعلى من القيمة الحقيقية.
- المغناطيس في الأميتر قد يصبح أضعف مع مرور الزمن، وربما لا تتحرك الإبرة تماماً حول التدرج كما هو متوقع.
- قد تكون أخطاء اختلاف المنظر الموضحة سابقاً مثلاً آخر على الخطأ النظامي، كأن ينظر الشخص في كل مرة يكرّر فيها القياس من الزاوية غير العمودية نفسها على تدرج أداة القياس.
- **الخطأ الصفري Zero error**، إذا لم يكن الصفر موجوداً بالضبط في بداية تدرج الأداة، فسيؤدي ذلك إلى وجود خطأ ثابت في أية قراءة. وهذا نوع من الخطأ النظامي. يبيّن الشكل ٧-١ أن ضلع المربع يساوي (1.6 cm)، ولكن في الحقيقة القياس هو (1.5 cm). كما نلاحظ في الشكل ٨-١ أن الأميتر يقيس (-0.2 A) دون أن يمرّ عبره تيار كهربائي، لذلك يجب إضافة (0.2 A) لكل قياس لشدة التيار الكهربائي بواسطة هذا الأميتر.



الشكل ٨-١ هذا الأميتر له خطأ صفري تقريباً -0.2 A



الشكل ٧-١ خطأ صفري مع مسطرة مترية. صفر المسطرة هو +0.1 cm

من حيث المبدأ، يمكن تصحيح الأخطاء النظامية عبر إعادة معايرة أداة القياس أو عبر تصحيح التقنية المستخدمة في القياس.

الأخطاء العشوائية Random errors، تحدث عندما يقوم طالب بأخذ قياس أعلى أو أقل من القيمة الحقيقية. يمكن تقليل الأخطاء العشوائية عبر إجراء قياسات متعددة وأخذ متوسط نتائجها.

إن استخدام الأدوات والتقنيات الجيدة سيعمل على تقليل مقدار عدم اليقين الموجود في القياس، ولكن وجود الصعوبات أثناء إجراء القياسات واتخاذ القرار لتحديد القراءات يقللان من دقة القياسات. فيما يأتي مثالان يبيّنان كيف أن الصعوبات في الملاحظة سوف تحد من دقة قياساتك.

مصطلحات علمية

الخطأ النظامي

: Systematic error

يحدث بسبب اختلاف القراءات حول القيمة الحقيقية بمقدار ثابت في كل مرة تتم فيها القراءة.

الخطأ الصفري

: Zero error

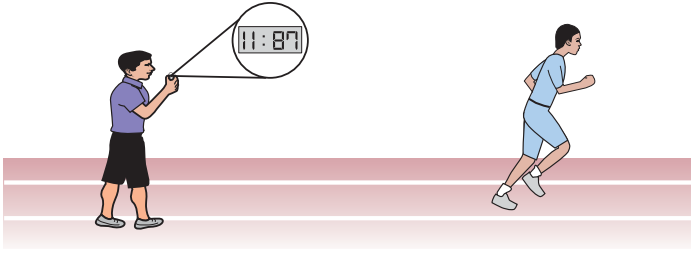
يحدث عندما تعطي الأداة قراءة غير صفريّة (لها مقدار معيّن) وتكون القيمة الحقيقية للكمية صفراً.

الخطأ العشوائي

: Random error

يحدث بسبب اختلاف القراءات حول متوسط القيمة المقاسة بطريقة غير متوقعة من قراءة إلى أخرى.

مثال ١: استخدام ساعة إيقاف

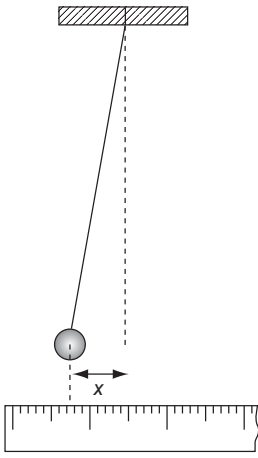


الشكل ٩-١ عدم اليقين في قياس الزمن باستخدام ساعة إيقاف

اشترك أحمد في سباق الـ (100 m) (الشكل ٩-١)؛ وقد استعان بأخيه خالد لقياس الزمن الذي يستغرقه باستخدام ساعة إيقاف رقمية تقيس إلى أقرب جزء من مئة من الثانية. فكانت قراءة ساعة الإيقاف (11.87 s)، في حين أن أحمد سجّل في دفتره أن الزمن المستغرق هو (11.9 s)، فشرح لأخيه أن الاختلاف في القراءة سببه عدم القدرة على القياس إلى أقرب جزء من مئة من الثانية، حيث

يتعيّن عليه أن يأخذ في الاعتبار كلاً من اللحظتين: لحظة إطلاق صفارة البداية، واللحظة الصحيحة التي يعبر فيها المتسابق خط النهاية. فقياس الزمن إلى أقرب جزء من عُشر الثانية هو أمر مستحيل في هذه الحالة. بالإضافة إلى ذلك، فإنه في بعض الأحيان يتم الضغط على زر تشغيل الساعة مبكراً وأحياناً متأخراً.

مثال ٢: قياس إزاحة بندول



الشكل ١٠-١ إزاحة كرة البندول

طلب إلى فاطمة قياس أقصى إزاحة لكرة البندول وهي تتأرجح، كما هو موضح في الشكل ١٠-١. تستخدم فاطمة مسطرة تدريجها مقسّم بالمليمترات، وتقول إنها تستطيع قياس الإزاحة إلى أقرب مليمتر، لكنّ عائشة تجزم بأنها لا تستطيع قياسها إلا إلى أقرب مليمترين. وهذا صحيح، ليس بسبب وجود عدم يقين في نهايتي المسطرة مقدار كل منهما (0.5 mm) فقط، بل لأن عليها أيضاً أن تحدّد بدقّة النقطة التي تكون عندها كرة البندول في أقصى إزاحة لها، الأمر الذي يجعلها تزيد مليمترًا إضافيًا إلى قيمة عدم اليقين.

أسئلة

٣) يمثل موقع الثقوب في الشكل ٥-١ محاولات لقياس موقع مركز الدائرة. أي شكل يُظهر أكبر خطأ عشوائي؟ وأيها يُظهر أكبر خطأ نظامي؟

٢) انظر إلى الشكل ٥-١. ارسم مخططات مشابهة لتمثيل:
أ. لوحة تصويب بحيث تكون الثقوب مضبوطة ودقيقة.
ب. لوحة تصويب بحيث تكون الثقوب غير دقيقة وغير مضبوطة.

٤-١ إيجاد قيمة عدم اليقين

لقد استخدمنا مصطلحي عدم اليقين والخطأ؛ ومعناهما ليس واحداً على الإطلاق. المتعارف عليه أن «الخطأ» هو مجرد مشكلة تؤدي إلى اختلاف القراءة عن القيمة الحقيقية. أما عدم اليقين فهو مدى من القيم التي يتوقع أن تكون من ضمنها القيمة الحقيقية للقياس. كما أن عدم اليقين هو رقم مع وحدة قياس.

على سبيل المثال: إذا كانت القيمة الحقيقية للطول هي (21.0 cm) وثمة «خطأ» أو مشكلة تجعل القراءة المقاسة (21.5 cm)، إذًا، بما أن القيمة الحقيقية تقع بعيداً عن القيمة المقاسة بمقدار (0.5 cm)، فإن قيمة عدم اليقين هو (±0.5 cm).

مهم

يمكنك إيجاد قيمة عدم اليقين من أيهما أكبر مما يأتي:

- أصغر تدريج على الأداة المستخدمة.
- نصف مدى عدد القراءات المقاسة.

لكن كيف تقدر عدم اليقين في قراءتك من دون معرفة القيمة الحقيقية؟ من الواضح، أنه إذا كانت القراءة (21.5 cm) وأنت تعرف أن القيمة الحقيقية هي (21.0 cm)، فإن قيمة عدم اليقين في القراءة ستكون (0.5 cm). لكن في بعض الأحيان، يجب عليك تقدير عدم اليقين في قراءتك من دون معرفة القيمة الحقيقية. فكيف يمكن عمل ذلك؟

يجب أن يكون معلوماً لديك أن عدم اليقين هو فقط تقدير الفرق بين القراءة المقاسة والقيمة الحقيقية. ولأن مقدار عدم اليقين مجرد تقدير، فمن المحتمل أن يُعطى عدم اليقين رقمًا معنويًا واحدًا فقط. على سبيل المثال، فنحن نكتب عدم اليقين (0.5 cm) وليس (0.50 cm).

مهم

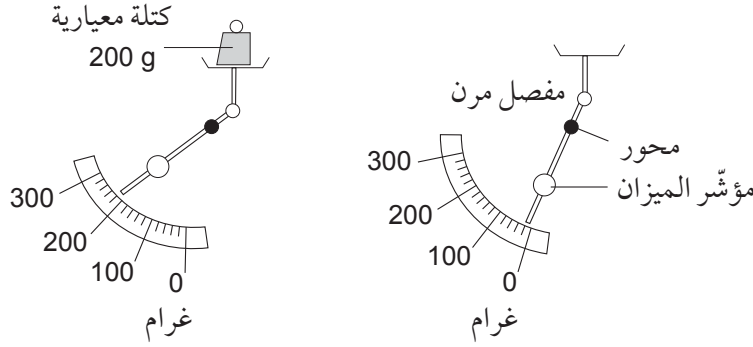
الأرقام المعنوية

- جميع الأرقام غير الصفرية هي ذات دلالة عددية؛ على سبيل المثال: يحتوي العدد 254 على ثلاثة أرقام معنوية (2 و 5 و 4).
 - جميع الأصفار بين رقمين غير صفرين هي ذات دلالة عددية؛ على سبيل المثال: في العدد 1208، الصفر (0) رقم معنوي لأنه يقع بين 2 و 8. وبالتالي يتم إعطاء هذا العدد لأربعة أرقام معنوية.
 - الأرقام الصفرية التي تظهر بعد أرقام غير صفرية، وبعد الفاصلة العشرية تكون ذات دلالة؛ على سبيل المثال: يتم إعطاء العدد 0.0590 لثلاثة أرقام معنوية.
 - الصفران (00) قبل الرقم 5 ليسا رقمين معنويين، لكن الصفر (0) بعد الرقم 9 هو رقم معنوي.
 - قد يكون الأمر محيرًا في بعض الأحيان عندما يظهر الصفر في نهاية عدد ما؛ على سبيل المثال: هل العدد
- 5000 مكوّن من واحد أم اثنين أم ثلاثة أم أربعة أرقام معنوية؟ يمكن أن يساعد استخدام النموذج القياسي (الترميز العلمي) في التغلب على هذا اللبس.
- يوضح العدد 5×10^3 أنه مكوّن من رقم معنوي واحد.
 - يوضح العدد 5.0×10^3 أنه مكوّن من رقمين معنويين.
 - يوضح العدد 5.00×10^3 أنه مكوّن من ثلاثة أرقام معنوية.
 - يوضح العدد 5.000×10^3 أنه مكوّن من أربعة أرقام معنوية.
- عند إجراء العمليات الحسابية في الفيزياء، فمن الممارسات الجيدة تقريب الإجابة النهائية إلى العدد نفسه من الأرقام المعنوية، مثل البيانات الواردة في السؤال. وإذا تم إعطاء البيانات بأعداد أرقام معنوية مختلفة، فيجب اختيار أقل عدد من هذه الأرقام.

يمكن تقدير عدم اليقين بطريقتين:

- استخدام التدريج على الجهاز: انظر إلى التدريج الأصغر على الجهاز، بعد ذلك عليك أن تقرّر ما إذا كان يمكنك قراءة التدريج بطريقة أدق، على سبيل المثال: ما مقدار عدم اليقين في مستوى النقطة (ب) في الشكل ١-٢٢ إن أصغر تدريج هو (1 mm) ولكن هل من الممكن القياس إلى أقل من (1 mm)؟ هذا سيعتمد على الأداة المستخدمة وعلى ما إذا كان التدريج نفسه مضبوطاً. إن سُمك الخطّ في التدريج نفسه صغير جداً كما في الشكل ١-٢٢، ولكن قد يقودك خطأ اختلاف المنظر إلى الاعتقاد بأن (0.5 mm) أو (1 mm) هو عدم يقين معقول. وبشكل عام، يمكن أن يقاس موقع العلامة على المسطرة بمقدار عدم يقين (1 mm). إن أصغر تدريج على الجهاز الوارد في الشكل ١-١١ هو (20 g). هل يمكنك أن تقرّأ بشكل أدق أكثر من هذا؟ في هذه الحالة، ليس أكيداً؛ فالفراغات بين الخطوط على

التدريج لها حجم المؤشر نفسه، الأمر الذي يجعل من الصعب قراءة التدريج بدقة أكثر من ذلك، وبالتالي فإن (20 g) سيكون مقداراً منطقياً لعدم اليقين.



الشكل ١-١١ التدريج الموجود على ميزان ذي ذراع

عليك أن تفكر ملياً في أصغر تدريج يمكنك أن تقرأه على أي مقياس، فإذا نظرنا إلى منقلة ما، فمن المحتمل أن يكون أصغر تدريج هو 1° ولكن من غير المحتمل أن تتمكن من استخدام منقلة لقياس زاوية -بعينك- بقيمة عدم يقين أفضل من $(\pm 0.5^\circ)$. فالشائع أنه لا يمكن أن تقل قيمة عدم اليقين عن أصغر تدريج، وهذا يعتمد على المسافات بين الخطوط في أصغر تدريج مثبت على الأداة أو الجهاز؛ فإذا كانت المسافات كبيرة يمكن اعتبار قيمة عدم اليقين على أنها نصف أصغر تدريج.

- تكرار القراءات: كرر القراءة عدة مرات. يمكن بعد ذلك اعتبار قيمة عدم اليقين نصف مدى القيم التي تم الحصول عليها؛ بعبارة أخرى تُطرح أصغر قراءة من الأكبر قراءة وتُقسم النتيجة على (2).

$$\text{قيمة عدم اليقين} = \frac{1}{2} (\text{القراءة القصوى} - \text{القراءة الدنيا})$$

تستخدم هذه الطريقة مع الأخطاء العشوائية التي تحدث في القراءات، ولكنها لا تأخذ في الحسبان الأخطاء النظامية. يجب تجربة هذه الطريقة دائماً، حيثما أمكن؛ لأنها قد تكشف عن الأخطاء العشوائية وتعطي طريقة سهلة لتقدير قيمة عدم اليقين. فإذا كانت القراءات المتكررة كلها متشابهة، فلا تعتقد أن قيمة عدم اليقين تساوي صفراً. لا يمكن أن تقل قيمة عدم اليقين أبداً عن قيمة أصغر تدريج على المقياس أو نصفه.

ما الطريقة التي يجب أن تستخدمها بالفعل لتقدير قيمة عدم اليقين؟ يجب تكرار القراءات ما أمكن، أي استخدام الطريقة الثانية. لكن إذا كانت نتيجة كل القراءات واحدة، فعليك أن تجرب كلتا الطريقتين!

تختلف حالة عدم اليقين في استخدام ساعة الإيقاف عن غيرها من الحالات، لصعوبة تكرار القياسات. وعادةً ما يكون أصغر تدريج في ساعة الإيقاف هو (0.01 s)، لذلك هل يمكنك قياس مدة زمنية بهذا المقدار من عدم اليقين؟ قد يكون قياس زمن رد الفعل (الذي تستغرقه لتشغيل أو إيقاف أداة قياس الزمن) الخاص بك أطول، ومن المحتمل أن يكون (0.1 s) على الأقل. تُسجل ساعة الإيقاف الزمن عند الضغط على المفتاح، ولكن لا يتم الضغط على هذا المفتاح في اللحظة الصحيحة بالضبط. فإذا لم تكرر القراءة فمن المتوقع أن يكون عدم اليقين (0.1 s) على الأقل، كما هو موضح في الشكل ١-٩. إذا أخذ عدد من الأشخاص القراءة للزمن نفسه، فمن المحتمل أن ترى أن قيمة عدم اليقين أكبر بكثير من (0.01 s).

كما أن استخدام أجهزة القياس الرقمية لا يخلو من صعوبات. فعلى سبيل المثال، إذا كان أميتر رقمي يقرأ (0.35 A)، من دون مزيد من المعلومات، فإن قيمة عدم اليقين هي (±0.01 A)، وهو أصغر تدرّج على الأميتر. ولكن إذا نظرت إلى كُتَيْب استخدام الأميتر، فقد تتبيّن أن قيمة عدم اليقين هي (±0.02 A) أو (0.03 A) (على الرغم من أنه لا يُتَوَقَّع منك معرفة هذا).

مثال

الخطوة ٣: تحقّق من أن عدم اليقين المحسوب في الخطوة ٢ أكبر من أصغر تدرّج يمكنك قراءته على المقياس.

الخطوة ٤: اكتب متوسط القيمة، وعدم اليقين لعدد معقول من الأرقام المعنوية وكذلك وحدة القياس. من الواضح أن الرقم الأخير في 22.92 لا معنى له لأنه أصغر بكثير من عدم اليقين؛ لذلك يجب أن لا يُكْتَب.

أي أن القيمة النهائية هي (22.9 ± 0.2) cm. عادة لا تُكْتَب القيمة النهائية من الإجابة بعدد من الكسور العشرية أكبر من عدم اليقين. وعادة ما يُقاس عدم اليقين بواحد أو ربّما اثنين من الأرقام المعنوية.

١. يقاس طول قضيب خمس مرّات بمسطرة أصغر تدرّج عليها هو (0.1 cm) وتمّ الحصول على القراءات بوحدة (cm) وهي: 22.9، 22.7، 22.9، 23.0، 23.1. ما طول القضيب؟ وما مقدار عدم اليقين؟

الخطوة ١: جد المتوسط بجمع القيم والقسمة على عدد القيم:

$$\frac{22.9 + 22.7 + 22.9 + 23.0 + 23.1}{5} = 22.92 \text{ cm}$$

وهذه الإجابة مكتوبة باستخدام أربعة أرقام معنوية. وأنت في هذه المرحلة لست متأكّداً من عدد الأرقام التي يجب أن تُكْتَب في الإجابة.

الخطوة ٢: القيمة القصوى هي (23.1) والقيمة الصغرى هي (22.7). استخدم هذه القيم لإيجاد نصف المدى.

$$\frac{23.1 - 22.7}{2} = 0.2 \text{ cm} \text{ نصف المدى}$$

أسئلة

٧. يُطلب إلى أحد الطلبة قياس الطول الموجي لموجات في «حوض الموجات المائية» باستخدام مسطرة مترية مدرّجة بالمليمترات. قدّر عدم اليقين في قياسه.

٨. قدّر قيمة عدم اليقين عندما يحاول أحد الطلبة قياس زمن تأرجح واحد كامل لبندول ما.

٩. ما القيمة المتوسطة وعدم اليقين في مجموعات القراءات الآتية؟ رصدت جميع القراءات لتكون متّسقة مع أصغر تدرّج مستخدم في أداة القياس.

أ. 20.8، 20.6

ب. 20، 30، 36

ج. 0.6، 1.0، 0.8، 1.2

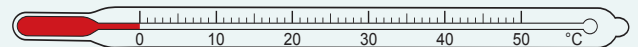
د. 20.5، 20.5

٤. يوضح الشكل ١-١١ ميزاناً ذا ذراع، يظهر في البداية بدون وجود كتلة في كفتّه، ثم يظهر وفي كفتّه كتلة معيارية مقدارها (200 g).

اشرح أنواع الأخطاء التي قد تظهر عند استخدام هذه الأداة.

٥. حدّد مقدار عدم اليقين في القياس عندما يقيس طالب طول غرفة باستخدام شريط قياس معايير بالمليمترات.

٦. حدّد مقدار عدم اليقين عندما تقيس فتاة درجة حرارة ماء ساخن باستخدام ميزان الحرارة الموضح في الشكل ١-١٢.



الشكل ١-١٢ ميزان حرارة

1- النسبة المئوية لعدم اليقين

تسمى حالات عدم اليقين التي وجدناها حتى الآن بعدم اليقين المطلق، ولكن النسبة المئوية لعدم اليقين مفيدة جداً أيضاً.

تُعبّر النسبة المئوية لعدم اليقين عن نسبة عدم اليقين المطلق من القيمة المقاسة، ويمكن الحصول عليها بقسمة قيمة عدم اليقين على القيمة المقاسة وضربها في 100%.

$$\text{النسبة المئوية لعدم اليقين} = \frac{\text{قيمة عدم اليقين}}{\text{القيمة المقاسة}} \times 100\%$$

على سبيل المثال، افترض أن طالباً قام بقياس زمن تأرجح واحد كامل لبندول. وكان الزمن المُقاس (1.4 s) وتقدير قيمة عدم اليقين هو (0.2 s)، وبالتالي فإن:

$$\begin{aligned} \text{النسبة المئوية لعدم اليقين} &= \frac{\text{قيمة عدم اليقين}}{\text{القيمة المقاسة}} \times 100\% \\ &= \frac{0.2}{1.4} \times 100\% = 14\% \end{aligned}$$

وهذا يعطي النسبة المئوية لعدم اليقين التي مقدارها 14%. يمكننا عرض قياساتنا بطريقتين:

- مع قيمة عدم اليقين المطلق: زمن التأرجح الواحد الكامل = $(1.4 \text{ s} \pm 0.2 \text{ s})$.
 - مع النسبة المئوية لعدم اليقين: زمن التأرجح الواحد الكامل = $(1.4 \text{ s} \pm 14\%)$.
- (لاحظ أن قيمة عدم اليقين المطلق له وحدة قياس، في حين أن النسبة المئوية لعدم اليقين هي نسبة مئوية (كسر)، وتُكتب مع علامة %).

النسبة المئوية لعدم اليقين 14% كبيرة جداً. يمكن تقليل ذلك عبر قياس زمن 20 تأرجحاً كاملاً. وعند إجراء ذلك، فإن قيمة عدم اليقين المطلق تبقى (0.2 s) (فعدم اليقين هو في بدء تشغيل ساعة الإيقاف وفي إيقافها، وهنا تكمن الأهمية، وليس في أن ساعة الإيقاف نفسها مضبوطة)، ولكن الزمن الكلي المسجل الآن قد يكون (28.4 s).

$$\begin{aligned} \text{النسبة المئوية لعدم اليقين} &= \frac{0.2}{28.4} \times 100\% \\ &= 0.7\% \end{aligned}$$

لذلك فإن إجراء قياس زمن 20 تأرجحاً كاملاً بدلاً من قياس زمن تأرجح واحد كامل فقط يقلل نسبة عدم اليقين إلى أقل من 1%. يُحسب زمن التأرجح الواحد الكامل بقسمة الزمن الكلي على عدد التأرجحات الـ 20 ويساوي (1.42 s). لاحظ أنه مع عدم يقين أصغر، يمكننا إعطاء النتيجة إلى أقرب منزلتين عشريتين. وتبقى النسبة المئوية لعدم اليقين عند 0.7%:

زمن التأرجح الواحد الكامل:

$$T = 1.42 \text{ s} \pm 0.7\%$$

أسئلة

ب. تمت معايرة المنقلة المُستخدمة في هذا القياس بالدرجات. اقترح سبب ثقة المستخدم في قراءته عند إعطاء القراءة بعدم يقين في حدود (2°) .
 قام طالب بقياس فرق جهد كهربائي بين قطبي بطارية فكانت النتيجة (12.4 V) وذكر أن النسبة المئوية لعدم اليقين في قياسه هي (2%) . احسب قيمة عدم اليقين المطلق في قياسه.

١٠. قيس ارتفاع الماء في قنبنة فكان (24.3 cm) ، مع قيمة عدم يقين (0.2 cm) . (يمكن كتابة هذا كآلاتي $(24.3 \pm 0.2) \text{ cm}$). احسب النسبة المئوية لعدم اليقين في هذا القياس.
 ١١. قيس الزاوية في حركة بندول بين موضع الاتزان وأقصى ازاحة له فكانت $(35 \pm 2)^\circ$.
 أ. احسب النسبة المئوية لعدم اليقين في قياس هذه الزاوية.

٦-١ تسجيل النتائج

من المهم أن تُطوّر مهارة تسجيل النتائج بطريقة واضحة وموجزة. ستُسجّل بشكل عام النتائج العددية في جدول. كما يجب أن يتضمن كل عنوان في الجدول كلاً من الكمية التي يتم قياسها ووحدة القياس التي تُقاس بها.

يوضح الجدول ١-١ كيف يمكن تنظيم جدول تسجيل النتائج. فالكميات المقاسة هي طول السلك وشدة التيار الكهربائي المار فيه، وقد ضُمّت وحدة قياس كل منهما في الجدول. وبالمثل، ضُمّت الكمية المحسوبة، $\frac{1}{\text{شدة التيار الكهربائي}}$ ، وهذا أيضاً يتضمن وحدة قياس A^{-1} .

عليك التفكير، عند تسجيل نتائجك مرّة أخرى، في الدقة التي تُقاس بها الكميات. ففي المثال الوارد في الجدول ١-١، يمكن قياس طول السلك إلى أقرب مليمتراً، ويمكن قياس شدة التيار الكهربائي إلى أقرب ملي أمبير.

لاحظ كيف تمّ تضمين '0' في النتيجة الثانية لطول السلك 19.0، لتوضيح أن القياس يكون إلى أقرب مليمتراً وليس إلى أقرب سنتيمتر. وكذلك يوضح الصفر بعد 0.35 في النتيجة الثانية أن شدة التيار كذلك تقاس إلى أقرب ملي أمبير أو $\frac{1}{1000}$ أمبير.

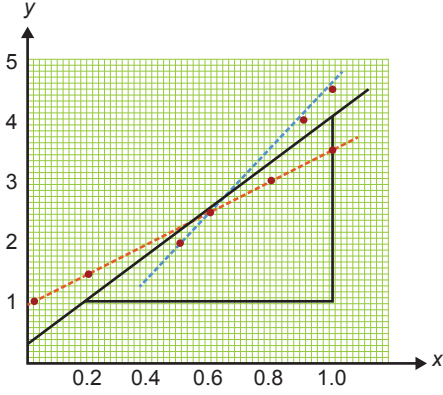
نتيجة حساب العمود الثالث تبين العدد نفسه من الأرقام المعنوية، أو أكثر بواحد من الكمية (أو الكميات) المحسوبة منها. في هذا المثال، قيس شدة التيار الكهربائي بثلاثة أرقام معنوية لذلك حُسب مقلوب شدة التيار بثلاثة أرقام معنوية.

شدة التيار الكهربائي (A)	شدة التيار الكهربائي $\frac{1}{\text{شدة التيار الكهربائي}}$ (A ⁻¹)	طول السلك (cm)
0.682	1.47	10.3
0.350	2.86	19.0

الجدول ١-١ جدول تسجيل نتائج نموذجي

مهم

يجب تسمية كل عمود في الجدول بالكمية ووحدة القياس، وإذا أعطيت القراءة بناءً على دقة الأداة، فإنها تكتب بعدد المنازل العشرية الظاهرة على الأداة. وقد تحتوي الكميات المحسوبة على عدد من الأرقام المعنوية أكثر بواحد من القراءات المُقاسة بالأداة.



الشكل ١٣-١ رسم الخط الأفضل ملائمة على منحنى التمثيل البياني حيث تتوزع نقاط البيانات حول الخط

بعد إجراء القياسات والحصول على البيانات، وعند رسم منحنى التمثيل البياني، قد تضع نقاط البيانات في غير مواقع القيم الحقيقية للقياسات. فرسم الخط الأفضل ملائمة على منحنى التمثيل البياني يؤدي إلى إعطاء فكرة أفضل عن المكان الذي يجب أن تكون فيه تلك القيم. والخط الأسود كما في الشكل ١٣-١ هو الخط المستقيم الأفضل ملائمة، حيث يتم توزيع نقاط البيانات بالتساوي تقريباً فوق الخط وتحت.

من المفيد في معظم الأحيان تحديد ميل الخط المستقيم الأفضل ملائمة، وتحديد نقطة تقاطعه مع المحور الصادي (y). يتم تحديد ميل المنحنى برسم مثلث قائم الزاوية وكبير قدر

الإمكان، وذلك باستخدام الخط المستقيم الأفضل ملائمة كوتر للمثلث. يعطي الضلع الرأسى من هذا المثلث التغير (Δy) في المحور (y)، بينما يعطي الضلع الأفقى التغير (Δx) في المحور (x). يتم حساب الميل بقسمة التغير في المحور (y) على التغير في المحور (x)، ويتم تحديد تقاطع الخط الأفضل ملائمة مع المحور (y)، من خلال قراءة القيمة، حيث يلتقي الخط الأفضل ملائمة مع المحور (y) (عندما x = 0).

ميل الخط الأكثر ملائمة في الشكل ١٣-١ يساوي:

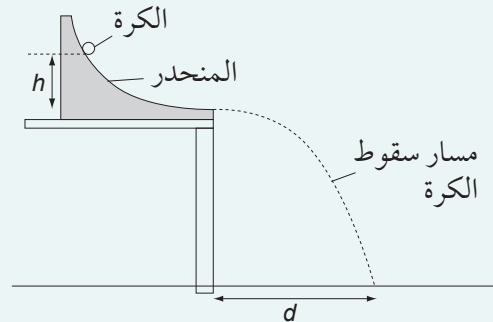
$$\frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{(4.0-1.0)}{(1.0-0.2)} = 3.75$$

والتقاطع مع المحور (y) هو (0.3).

سؤال

١٣

تركت كرة لتتدحرج على منحدر من نقاط بداية مختلفة. يبين الشكل ١٤-١ الأدوات المستخدمة. وُضع المنحدر على ارتفاع ثابت فوق الأرض. يُطلب إليك قياس الارتفاع الرأسى (h) لنقطة البداية، وكذلك المسافة الأفقية (d) التي تقطعها الكرة بعد أن تسقط من المنحدر.



الشكل ١٤-١ مسار كرة تدحرجت على منحدر

يُطلب إليك أيضاً إيجاد مربع المسافة الأفقية التي تقطعها الكرة بعد أن تتخطى المنحدر. يبين الجدول ٢-١ النتائج الأولية للتجربة. انسح الجدول وأكمه.

الارتفاع h (cm)	المسافة d (cm)	مربع المسافة d ² (cm ²)
1.0	18.0	
2.5	28.4	
4.0	35.8	
5.5	41.6	
7.0	47.3	
9.0	53.6	

الجدول ٢-١ بيانات المسافة (d) والارتفاع (h)

٧-١ جمع قيم عدم اليقين

مهم

إذا جُمعت كمّيات أو طُرحت، عليك جمع قيم عدم اليقين المطلق.

إذا ضُربت كمّيات أو قُسّمت، عليك جمع النسب المئوية لعدم اليقين.

عندما يتم إجراء العمليات الحسابية على الكمّيات، كالضرب أو القسمة، فما مقدار عدم اليقين في النتيجة النهائية؟

افترض أن الكمّية $(A = 1.0 \pm 0.1)$ وأن $(B = 2.0 \pm 0.2)$ ، لذلك تكون قيمة $A + B$ هي (3.0) ، والقيمة القصوى المحتملة لـ $A + B$ مع مراعاة قيم عدم اليقين هي (3.3) ، أما القيمة الصغرى المحتملة لهما فهي (2.7) . يمكنك أن ترى أن قيمة عدم اليقين مجتمعة هي (± 0.3) ، لذا فإن $(A + B = 3.0 \pm 0.3)$. وبالمثل فإن $(B - A = 1.0 \pm 0.3)$.

عند جمع الكمّيات أو طرحها، تجمع قيم عدم اليقين المطلق لهما. ومثال بسيط آخر على ذلك هو قياس طول عصا باستخدام مقياس مليمترى. من المحتمل أن يكون هناك عدم يقين مقداره (0.5 mm) عند كل من طرفيها، الأمر الذي يُعطي عدم يقين كلي مقداره (1.0 mm) .

عندما تُضرب الكمّيات أو تُقسم، فإن عدم اليقين المشترك يكون أكثر تعقيداً من ذي قبل. فإيجاد عدم اليقين المشترك في هذه الحالة نجد النسبة المئوية لعدم اليقين الكلية، عن طريق جمع النسبتين المئويتين لعدم اليقين للكمّيتين.

بالتالي، حيث الكمّيات:

- تجمع أو تُطرح، فإنك بذلك تجمع قيم عدم اليقين المطلقة.
- تُضرب أو تُقسم، فإنك بذلك تجمع قيم النسب المئوية لعدم اليقين.

مهم

تذكّر أن تجمع قيم عدم اليقين دائماً؛ لا تطرحها أبداً.

مثال

الخطوة ٢: اجمع النسبتين المئويتين لعدم اليقين. مجموع نسبتي عدم اليقين يكون:

$$7.5\% = (3.3 + 4.2)\%$$

الخطوة ٣: احسب قيمة المقاومة وجد عدم اليقين المطلق لها:

$$R = \frac{V}{I}$$

$$= \frac{6.0}{2.4}$$

$$R = 2.5 \Omega$$

عدم اليقين في قيمة المقاومة هو

$$(2.5 \times 7.5\% = 0.1875 \approx 0.2 \Omega)$$

إذاً، قيمة المقاومة هي $(2.5 \pm 0.2) \Omega$.

٢. قيس فرق الجهد الكهربائي عبر طرفي مقاومة فكان $V = (6.0 \pm 0.2)$ ، بينما قيس شدّة التيار الكهربائي فكانت $A = (2.4 \pm 0.1)$. احسب قيمة المقاومة وعدم اليقين المطلق في قياسها.

الخطوة ١: جد النسبة المئوية لعدم اليقين في كلتا الكمّيتين. النسبة المئوية لعدم اليقين في فرق الجهد الكهربائي:

$$= \frac{0.2}{6.0} \times 100\%$$

$$= 3.3\%$$

النسبة المئوية لعدم اليقين في شدّة التيار الكهربائي:

$$= \frac{0.1}{2.4} \times 100\%$$

$$= 4.2\%$$

أسئلة

١٤) قيس الكميّات الآتية:

$$B = (2.0 \pm 0.2) \text{ m}$$

$$A = (1.0 \pm 0.4) \text{ m}$$

$$D = (0.20 \pm 0.01) \text{ s}$$

$$C = (2.0 \pm 0.5) \text{ m s}^{-1}$$

احسب العمليات الحسابية الآتية مع قيمة عدم اليقين الخاص بها. يمكنك التعبير عن قيمة عدم اليقين التي حصلت عليها، إما كقيمة مطلقة أو كنسبة مئوية.

أ. $A + B$

ب. $B - A$

ج. $C \times D$

د. $\frac{B}{D}$

هـ. $2 \times A$

١٥) صوّرت رصاصة بندقية أثناء اختراقها الجوّ باستخدام

وميضين ضوئيين (فلاشين) بينهما فاصل زمني

$1.00 \pm 0.02 \text{ ms}$. ظهر الخيال الأول للرصاصة على الصورة الفوتوغرافية بحيث يبدو أنها في موقع $(22.5 \pm 0.5) \text{ cm}$ على مقياس أسفل مسار الرصاصة؛ وظهر الخيال الثاني للرصاصة في موقع $(37.5 \pm 0.7) \text{ cm}$ على المقياس نفسه. جد سرعة الرصاصة وقيمة عدم اليقين المطلق لهذه السرعة.

١٦) إذا كانت $A = (2.0 \pm 0.2) \text{ cm}$ ، جد مقدار A^2 وقيمة عدم

اليقين لهذه الكمية. كيف تحسب قيمة عدم اليقين لمربع كمية ما؟

مهم

جميع الكميّات الفيزيائية لها مقدار عددي ووحدة قياس.

٨-١ فهم الوحدات في النظام الدولي للوحدات (SI)

نحسب كمّيّات كثيرة في مادّة الفيزياء ونقيسها ونستخدمها، ونعبّر عن هذه الكمّيّات بقيم ووحدات، لكننا في أغلب الأحيان، نستخدم الوحدات في النظام الدولي للوحدات (SI). لقد عُرِّفت هذه الوحدات جميعها بدقّة فائقة ولأسباب وجيهة، فجميع القياسات في العلوم والهندسة يجب أن تتمّ على قاعدة واحدة، بحيث يمكن مقارنة هذه القياسات التي يتمّ الحصول عليها من مختبرات مختلفة، وهذا ضروري لاعتبارات تجارية أيضًا؛ فلنفترض أنه تمّ سؤال شركة هندسية في الصين لإنتاج جزء صغير من محرّك سيارة يتمّ تجميعها في الدقم في سلطنة عُمان. لذا وجب إعطاء الأبعاد بالمليمتر كما وجب أن تكون دقّة الجزء المصنوع مضبوطة إلى جزء صغير جدًّا من المليمتر. وعلى جميع المعنيين معرفة أن هذا الجزء سيكون مطابقًا للمطلوب بشكل صحيح، ولن يكون مقبولًا استخدام مقياس مليمتر في الصين مختلفًا عمّا هو في الدقم في سلطنة عُمان.

الوحدات الأساسية والوحدات المشتقة

المتر والكيلوغرام والثانية هي ثلاث وحدات من **الوحدات الأساسية Base units** السبع في النظام الدولي للوحدات (SI). يتم تحديد هذه الوحدات الأساسية بدقّة كبيرة بحيث يمكن لكل مختبر معياري (غير المكتب الدولي للأوزان والمقاييس (BIPM)) إعادة إنتاجها بشكل صحيح. ستتعرف في هذه الوحدة على خمسة من الوحدات الأساسية السبع.

تُسمّى الوحدات الأخرى، كوحدات السرعة ms^{-1} والتسارع ms^{-2} **الوحدات المشتقة Derived units**؛ لأنها تتكوّن من عدد من الوحدات الأساسية. بعض الوحدات المشتقة، مثل نيوتن وجول لهما أسماء خاصة ملائمة للاستخدام أكثر من كتابتها بالوحدات الأساسية، فمثلاً يمكن كتابة وحدة النيوتن كالآتي:

$$1 \text{ N} = 1 \text{ kg m s}^{-2} \text{ أو } 1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \times 1 \text{ m s}^{-2}$$

مصطلحات علمية

الوحدة الأساسية

Base unit : وحدة

محدّدة في النظام الدولي للوحدات (SI) تُشتقّ منها جميع الوحدات الأخرى.

الوحدة المشتقة

Derived unit : الوحدة

التي تتكوّن من عدد من الوحدات الأساسية المضمنة في النظام الدولي للوحدات (SI).

الوحدات الأساسية

في الميكانيكا (دراسة القوى والحركة)، نجد أنّ الوحدات التي نستخدمها تعتمد على الوحدات الأساسية الثلاث: المتر، والكيلوغرام، والثانية. وعندما ننتقل إلى دراسة الكهرباء، سنحتاج إلى إضافة وحدة أساسية أخرى، هي الأمبير. وتتطلب الحرارة وحدة أساسية أخرى، هي الكلفن (وحدة قياس درجة الحرارة).

يبين الجدول ١-٣ خمساً من الوحدات الأساسية في النظام الدولي للوحدات (SI). تذكر أنه يمكن اشتقاق كل الوحدات الأخرى من الوحدات الأساسية. والمعادلات التي تربط هذه الوحدات هي المعادلات التي ستتعلمها أثناء تقدّمك في الدراسة (تماماً كما ربطت المعادلة $F = ma$ وحدة النيوتن بوحدة الكيلوغرام والمتر والثانية).

مهم

الطول والكتلة والزمن
وشدة التيار الكهربائي
ودرجة الحرارة هي
كميات أساسية في
الميكانيكا.

الوحدة الأساسية	الرمز	الكمية الأساسية
متر (m)	s, l, x, وغيرها	الطول
كيلوغرام (kg)	m	الكتلة
ثانية (s)	t	الزمن
أمبير (A)	I	شدة التيار الكهربائي
كلفن (K)	T	درجة الحرارة المطلقة

الجدول ١-٣ خمس من الكميات والوحدات الأساسية في النظام الدولي للوحدات (SI)

سؤال

على أنها وزن التفاحة. اكتب أكبر عدد ممكن من الأسباب التي تجعل هذا التعريف غير مفيد البتّة.

١٧) قوّة الجاذبية الأرضية المؤثرة على تفاحة (وزنها) تساوي (1 N) تقريباً. يحاول شخص ابتكار نظام دولي جديد للوحدات بواسطة تعريف وحدة القوة

البادئات والوحدات

يمكن أن يكون لكل وحدة في النظام الدولي للوحدات (SI) مضاعفات (multiples) وأجزاء (sub-multiples) وذلك لتجنّب استخدام الأعداد الكبيرة جداً والصغيرة جداً، على سبيل المثال: 1 مليمتر mm يساوي واحداً من ألف من المتر و 1 ميكرومتر μm يساوي واحداً من مليون من المتر.

تأتي البادئة قبل الوحدة. ففي الوحدة mm، تكون أول m من جهة اليسار هي البادئة مليّ وثاني m هي وحدة القياس متر. سوف تتعرّف في هذا الكتاب على عدد من البادئات، كما يظهر في الجدول ١-٤، لذا عليك الانتباه عند استخدامها.

الأجزاء			المضاعفات		
الأس العشري	الرمز	البادئة	الأس العشري	الرمز	البادئة
10^{-1}	d	ديسي	10^3	k	كيلو
10^{-2}	c	سنتي	10^6	M	ميغا
10^{-3}	m	ملي	10^9	G	جيجا
10^{-6}	μ	ميكرو	10^{12}	T	تيرا
10^{-9}	n	نانو			
10^{-12}	p	بيكو			

الجدول ١-٤ المضاعفات والأجزاء

تربيع البادئات وتكعيبها

على سبيل المثال:

$$1 \text{ cm} = 10^{-2} \text{ m}$$

$$1 \text{ cm}^2 = (10^{-2} \text{ m})^2 = 10^{-4} \text{ m}^2 \text{ إذاً}$$

$$1 \text{ cm}^3 = (10^{-2} \text{ m})^3 = 10^{-6} \text{ m}^3 \text{ و}$$

مثال

٣. تبلغ كثافة الماء (1.0 g cm^{-3}). احسب هذه القيمة بوحدة (kg m^{-3}).

$$\frac{\text{الكتلة}}{\text{الحجم}} = \text{الكثافة}$$

الخطوة ١: جد تحويلات الوحدات.

$$1 \text{ g} = 1 \times 10^{-3} \text{ kg}$$

$$1 \text{ cm}^3 = 1 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

الخطوة ٢: استخدم هذه القيم لحساب كثافة الماء.

$$1.0 \text{ g cm}^{-3} = \frac{1.0 \times 1 \times 10^{-3}}{1 \times 10^{-6}} = 1.0 \times 10^3 \text{ kg m}^{-3}$$

كتابة الوحدات

يجب ترك مسافة صغيرة بين كل وحدة وأخرى، بحيث تكون كتابة وحدة السرعة مثلاً (3 m s^{-1})، لأنه إذا كتبتها على هيئة (3 ms^{-1})، فهذه تعني 3 ملي ثانية⁻¹.

أسئلة

(أ)، أو باستخدام النسبة المئوية المشتركة لعدم اليقين. جرّب كلا الطريقتين.

(١٩) اكتب قيم هذه الكميات باستخدام الأس العشري.

أ. 60 pA

ب. 500 MW

ج. 20 000 mm

(١٨) أ. جد مساحة صفحة واحدة من هذا الكتاب بوحدة cm^2 ثم حوّل القيمة بوحدة m^2 .

ب. إذا كانت قيمة عدم اليقين في قياس أحد جانبي الصفحة (0.1 cm)، فجد قيمة عدم اليقين في قياس المساحة. يمكن إجراء ذلك إما من طريق أخذ القيمة الكبرى لكل جانب عند ضربهما معاً ثم إيجاد فرق القيمة التي حسبتها في الجزئية

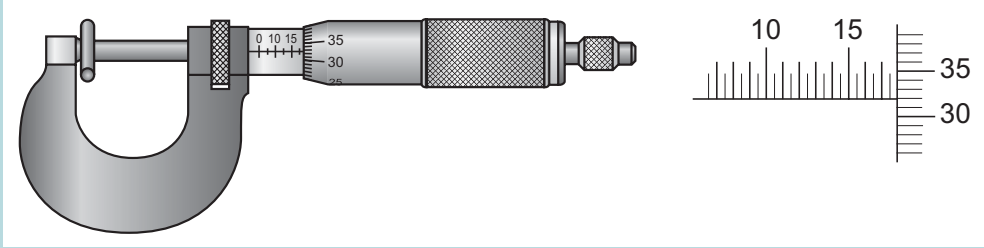
ملخص

القراءة الدقيقة هي القراءة التي يكون فيها مقدار عدم اليقين صغيراً جداً حول القيمة المتوسطة.
عدم اليقين في القراءة هو تقدير الفرق بين القراءة والقيمة الحقيقية للكمية المقاسة.
ينتج الخطأ النظامي من الاختلاف في القراءات حول القيمة الحقيقية، بمقدار ثابت، في كل مرة تتم فيها القراءة.
تنتج الأخطاء العشوائية من الاختلاف في القراءات حول متوسط القيمة المقاسة بطريقة غير مدروسة.
يحدث خطأ صفري عندما تعطي الأداة المستخدمة قراءة غير صفريّة، بينما تكون القيمة الحقيقية للكمية المقاسة صفراً.
يمكن إيجاد قيمة عدم اليقين من أصغر تدرّج على الأداة المستخدمة أو نصف مدى عدد من القراءات للقياس نفسه.
يجب تحديد الكمية، مع وحدة قياسها، في كل عمود من جدول تسجيل النتائج. وإذا تمت القراءة نسبةً إلى دقة الأداة، فغالباً ما تُكتب بعدد المنازل العشرية نفسها. قد يكون للكميات المحسوبة أرقام معنوية أكثر بواحد من القراءات المستخدمة.
إذا تمّ جمع الكميات أو طرحها، يتوجّب جمع قيم عدم اليقين المطلق. ولكن إذا تمّ ضرب الكميات أو قسمتها، فيجب جمع النسب المئوية لعدم اليقين.

أسئلة نهاية الوحدة

- أي مما يأتي يُعدّ وحدة أساسية في النظام الدولي للوحدات (SI)؟
 - القوة
 - النيوتن
 - الكتلة
 - الثانية
- يسجل محمد أربع قيم للزمن في تجربة معيّنة:
 $(0.61 \text{ s}, 0.58 \text{ s}, 0.63 \text{ s}, 0.68 \text{ s})$. أي مما يأتي يجب أن يذكره محمد على أنه القيمة المتوسطة للزمن مع قيمة عدم اليقين فيه؟
 - $(0.61 \pm 0.02) \text{ s}$
 - $(0.61 \pm 0.05) \text{ s}$
 - $(0.63 \pm 0.02) \text{ s}$
 - $(0.63 \pm 0.05) \text{ s}$
- أي من الأدوات الآتية ينبغي استخدامها لقياس القطر الداخلي لأنبوب يبلغ (20 mm) تقريباً؟
 - مسطرة متريّة
 - ميكروميتر
 - قدمة ذات الورنية
 - مسطرة قياس (30 cm)

٤ يوضح الرسم التخطيطي في الشكل ١-١٥ ميكروميترًا يستخدم لقياس قطر جسم ما وصورة مقربة للمقياس. ما القراءة الصحيحة على مقياس الميكروميتر؟



الشكل ١-١٥

- أ. 17.32 mm
ب. 17.82 mm
ج. 18.32 mm
د. 18.35 mm

٥ يقيس مصطفى كثافة شريحة زجاجية. يبلغ طول الشريحة نحو (12 cm) وعرضها نحو (20 mm) وسمكها نحو (4 mm). يتم قياس سمك الشريحة باستخدام ميكروميتر.

- أ. جد النسبة المئوية لعدم اليقين في قياس سمك الشريحة باستخدام الميكروميتر.
ب. **صف** كيفية استخدام الميكروميتر لقياس سمك الشريحة.
ج. يوضح الجدول ٥-١ القراءات التي أخذها مصطفى.

الكمية	القراءات	القيمة المتوسطة
الطول (cm)	12.1، 12.5، 12.4، 12.2	12.3
العرض (mm)	22.4، 22.1، 22.2، 22.0	22.2
السمك (mm)	3.96، 3.94، 3.98، 3.96	

الجدول ٥-١

١. **احسب** القيمة المتوسطة لحجم الشريحة، مع العلم أن حجم الشريحة يُعطى بالعلاقة:

$$\text{الحجم (V)} = \text{الطول} \times \text{العرض} \times \text{السمك. أعط إجابتك بوحدة cm}^3.$$

٢. احسب النسبة المئوية لعدم اليقين في القيمة المتوسطة للحجم الذي حصل عليه مصطفى.

د. قاس مصطفى كتلة الشريحة الزجاجية فوجدها (25.6 g) مع عدم يقين مُهمَل. احسب كلاً من:

$$١. \text{كثافة الزجاج، إذا كانت الكثافة} = \frac{\text{الكتلة}}{\text{الحجم}}$$

٢. قيمة عدم اليقين المطلق في كثافة الزجاج التي حصل عليها مصطفى.

أفعال إجرائية

صف: قَدِّم الخصائص والميزات الرئيسية.

احسب: استخلص من الحقائق المعطاة المعلومات أو الأرقام.

أفعال إجرائية

اقترح: طبق المعرفة والفهم على المواقف التي توجد فيها مجموعة من الإجابات الصحيحة من أجل تقديم المقترحات.

٦ تقيس مريم تسارع مركز ثقل كرة تتدحرج على منحدر، وتستخدم ساعة إيقاف لقياس الزمن (t) الذي تستغرقه الكرة لتتدحرج نحو الأسفل من السكون ($u = 0$) مسافة (s) على طول المنحدر، فإذا كانت القراءات التي حصلت عليها مريم للزمن هي: (3.32 s , 3.28 s , 3.37 s , 3.30 s , 3.27 s). فاحسب، ما يأتي:

- القيمة المتوسطة للزمن (t).

- النسبة المئوية لعدم اليقين في الزمن (t).

ب. قاست مريم المسافة (s) باستخدام مسطرة مترية ملاصقة للمنحدر، وسجلت قيمة $s = (0.800 \text{ m} \pm 0.002 \text{ m})$.

- اقترح سبب اعتبار قيمة عدم اليقين التي قدمتها مريم قيمة معقولة.

- التسارع (a) لمركز ثقل الكرة مُعطى وفق المعادلة: $s = ut + \frac{1}{2} at^2$. احسب قيمة (a).

- احسب النسبة المئوية لعدم اليقين في قيمة (a).

٧ يقيس إياد كثافة عملة معدنية ليرى ما إذا كانت مصنوعة من الذهب، حيث يبلغ قطر العملة (d) نحو (20 mm).

- استخدم إياد قدمة ذات ورنية كالموجودة في الشكل ١-٣ لقياس قطر العملة المعدنية واستخدم ميكروميترًا لقياس سمكها.

- حدّد النسبة المئوية لعدم اليقين في قياس القطر باستخدام القدمة ذات الورنية.

- كرّر إياد القراءات. اذكر إحدى الاحتياطات الأخرى التي يمكن لإياد اتخاذها لضمان دقة القياس قدر الإمكان.

- تأكد إياد بعد أن فحص الميكروميتر أنه لا وجود لخطأ صفري في هذه الأداة. صف المقصود بـ «خطأ صفري».

- أجرى إياد قياس سمك العملة المعدنية (e) من مختلف جوانبها. اشرح السبب الذي أدّى إلى زيادة نسبة الدقة لمتوسط سمك العملة في القيمة التي تم الحصول عليها، الأمر الذي يجعلها قريبة من القيمة الحقيقية.

ب. القياسات التي حصل عليها إياد للعملة هي:

السمك (e): (1.60 mm , 1.58 mm , 1.56 mm).

القطر (d): (20.1 mm , 20.1 mm , 20.1 mm).

- احسب متوسط قيمة حجم العملة، مع العلم أن المساحة تعطى

بالمعادلة: المساحة = $t \times \left(\frac{\pi d^2}{4}\right)$. أعط إجابتك بوحدة cm^3 .

- احسب النسبة المئوية لعدم اليقين في حجم العملة.

- تبلغ كتلة العملة المعدنية (6.11 g) مع عدم يقين مهمل. احسب كثافة

العملة المعدنية مستخدمًا المعادلة: الكثافة = $\frac{\text{الكتلة}}{\text{الحجم}}$.

- احسب النسبة المئوية لعدم اليقين في كثافة العملة المعدنية.

أفعال إجرائية

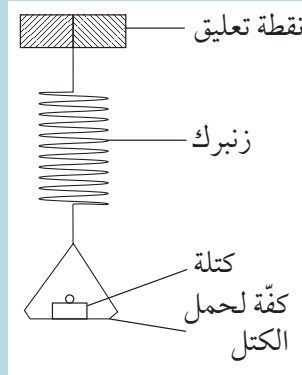
حدّد: ابدأ إجابتك باستخدام المعلومات المتاحة.

اشرح: حدّد الأغراض أو الأسباب أو اجعل العلاقات بين الأشياء واضحة، قدّم السبب و/أو كيف، ادمع بالأدلة ذات الصلة.

٥. تبلغ كثافة الذهب (19300 kg/m^3) . احسب كثافة الذهب بوحدة قياس g/cm^3 واستخدم إجاباتك في (٣) و (٤) لتحديد ما إذا كانت العملة مصنوعة من الذهب أم لا.

٨

تُستقصى في تجربة ما العلاقة بين الزمن الدوري لاهتزاز زنبرك والكتلة (m) الموضوعة في كفة الكتل. يُطلب إلى أحد الطلبة تركيب الأدوات كما هو مبين في الشكل ١-١٦، باستخدام كتلة (200 g) تُوضع في الكفة.



الشكل ١-١٦

يُطلب إليه بعد ذلك تحريك الكفة إلى أسفل بمقدار (1 cm) تقريباً، وتحريرها بحيث تهتز باتجاه رأسي. ثم، يُطلب إليه تسجيل الزمن المستغرق لـ 20 اهتزازة كاملة للزنبرك، ثم يكرر الخطوات، باستخدام كتل تتراوح مقاديرها ما بين (20 g) و (200 g) حتى يتكوّن لديه ست مجموعات من القراءات. يُزوّد الجدول بعمودين للجذر التربيعي للكتلة ($\sqrt{m}$) والزمن الدوري للزنبرك (T). يوضح الجدول ١-٦ القراءات التي أخذها الطالب للكتل المختلفة.

الكتلة (g)	زمن 20 اهتزازة (s)	$\sqrt{m} (\text{g}^{\frac{1}{2}})$	$T (\text{s})$
20	12.2		
50	15.0		
100	18.7		
150	21.8		
190	24.0		
200	24.5		

الجدول ١-٦

أ. أكمل الجدول بوضع قيم ($\sqrt{m}$) و (T).

ب. مثل بيانياً الزمن الدوري (T) على المحور الصادي (y) مقابل ($\sqrt{m}$) على المحور السيني (x). ارسم الخط المستقيم الأكثر ملاءمة.

ج. جد الميل والجزء المقطوع من المحور الصادي (y) بهذا الخط.

د. ترتبط الكميات (T) و (m) بالمعادلة: $T = C + k\sqrt{m}$

حيث (C) و (k) هما ثابتان. جد قيم الثابتين (C) و (k). ثم أعط وحدات قياس مناسبة.

أفعال إجرائية

أعط/قدم: استخرج

إجابة من مصدر معين

أو من الذاكرة.

قائمة تقييم ذاتي

بعد دراسة الوحدة، أكمل الجدول الآتي:

أستطيع أن	أراجع الموضوع	أحتاج إلى بذل المزيد من الجهد	أتمكن إلى حد ما	أستعد للمضي قدماً
أقرأ الأطوال بمقياس الميكروميتر والقدمة ذات الورنية.	١-١			
أعرّف على الأخطاء العشوائية، والنظامية، والصفيرية.	٣-١			
أميز بين الدقة والضبط.	٣-١			
أقدر قيمة عدم اليقين المطلق.	٤-١			
أحسب النسبة المئوية لعدم اليقين.	٥-١			
أجمع بين قيم عدم اليقين.	٧-١			
أجري مجموعة متنوعة من القياسات وأعرض البيانات في جدول مناسب، وأرسم الخط المستقيم الأكثر ملاءمة في التمثيلات البيانية وأستنتج الميل وتقاطع منحنى التمثيل البياني مع المحور الصادي.	٦-١			
أربط الوحدات المشتقة بالوحدات الأساسية في النظام الدولي للوحدات (SI).	٨-١			
أذكر مجموعة من البادئات وأستخدمها.	٨-١			

الوحدة الثانية <

السرعة والسرعة المتجهة

Speed and Velocity



أهداف التعلم

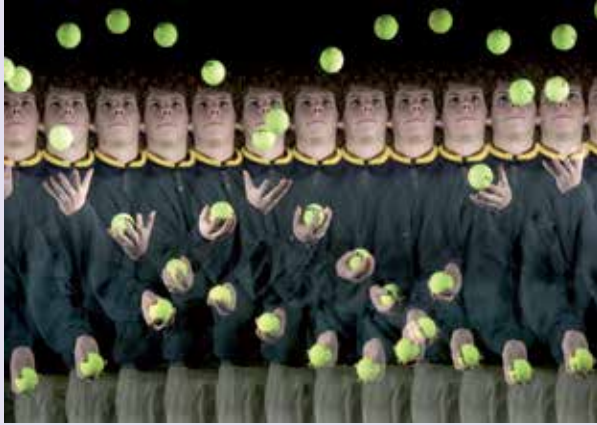
- ١-٢ يعرف السرعة المتوسطة ويستخدمها.
- ٢-٢ يصف الفرق بين الكميات العددية والمتجهة.
- ٣-٢ يعرف المسافة، والإزاحة ويستخدمهما.
- ٤-٢ يعرف السرعة والسرعة المتجهة ويستخدمهما.
- ٥-٢ يرسم منحنيات التمثيل البياني (الإزاحة-الزمن) ويحللها.
- ٦-٢ يجد مقدار السرعة المتجهة باستخدام ميل خط التمثيل البياني (الإزاحة-الزمن).
- ٧-٢ يجمع متجهين في مستوى واحد ويطرحهما.

قبل أن تبدأ بدراسة الوحدة

- هل تعرف كيف تُعيد ترتيب معادلة تتضمن كسوراً؟ اختر معادلة تعرفها من كتب الفيزياء السابقة، مثل $v = \frac{d}{t}$ أعد ترتيبها لجعل (d) أو (t) أحد طرفي المعادلة.
- هل يمكنك كتابة الاتجاه باستخدام مؤشر البوصلة، على سبيل المثال 14° شمال الشرق؟

العلوم ضمن سياقها

وصف الحركة



الصورة ١-٢ يلعب هذا الولد بثلاث كرات. فيومض مصباح ستروبوسكوبي على فترات زمنية منتظمة؛ وخلال ذلك تتحرك الكاميرا باتجاه جانب معين وبسرعة ثابتة لعرض صور منفصلة للولد وللكرات

من نعم الله تعالى علينا أن أعيننا تتمتع بقدرة جيدة على الإحساس بالحركة، إذ نلاحظ حتى الحركات الصغيرة جداً خارج زاوية الرؤية. ومن المهم بالنسبة لنا أن نكون قادرين على اتخاذ قرار القيام بحركة ما عند التفكير في عبور الطريق، أو ركوب الدراجة، أو قيادة المركبة، أو التقاط كرة. تُبين الصورة ١-٢ طريقة يمكن من خلالها تسجيل الحركة على صورة فوتوغرافية. فهي، عبارة عن صورة التقطت بجهاز الوماض (الستروبوسكوب) لولد يلعب بثلاث كرات. وأثناء لعبه، يومض مصباح ساطع عدّة مرّات في الثانية الواحدة بحيث تسجّل كاميرا مواقع الكرات في فترات زمنية متساوية.

كيف يمكن استخدام هذه الصورة الفوتوغرافية لحساب السرعة الأفقية للكرة العلوية وكذلك السرعة الرأسية لها أثناء حركتها في الهواء؟ ما الأجهزة الأخرى المطلوبة لذلك؟ يمكنك مناقشة هذا الأمر مع زميل لك.

١-٢ المسافة والإزاحة

مصطلحات علمية

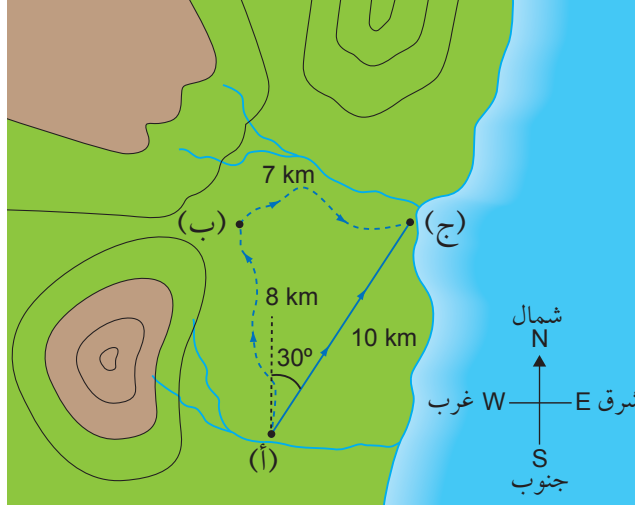
الإزاحة

: Displacement ($\vec{s}$)

أقصر مسافة من نقطة البداية إلى نقطة النهاية في اتجاه معين؛ وهي كمية متجهة.

غالبًا ما نهتم في الفيزياء بالمسافة (x, d, s) التي يقطعها جسم ما باتجاه معين. تعرف هذه الكمية بالإزاحة ($\vec{s}$) Displacement.

يوضح الشكل ١-٢ الفرق بين المسافة والإزاحة. حيث يُظهر الطريق الذي يسلكه المشاة أثناء انتقالهم من البلدة (أ) إلى البلدة (ج).



الشكل ١-٢ إذا مشيت في رحلة لمسافة طويلة، فستكون المسافة التي تقطعها أكبر من مقدار إزاحتك. وهنا يقطع المشاة مثلاً مسافة (15 km)، لكن مقدار إزاحتهم لا تتجاوز (10 km)، لأن الإزاحة هي أقصر مسافة بين بداية سيرهم ونهايته في اتجاه معين

إن أخذهم طريقهم المتعرج عبر البلدة (ب)، يجعلهم يقطعون مسافة كلية مقدارها (15 km). ومع ذلك مقدار إزاحتهم تكون أقل من ذلك بكثير؛ لأن موقعهم النهائي على بُعد (10 km) فقط من نقطة البداية. وللتعبير عن إزاحتهم نحتاج إلى معرفة كل من المسافة والاتجاه:

الإزاحة = 10 km عند زاوية 30° أو 30° شرق الشمال

الإزاحة مثال على الكمية المتجهة Vector quantity. فالكمية المتجهة لها مقدار واتجاه. أما المسافة فهي كمية عددية Scalar quantity، فالكميات العددية لها مقدار فقط.

٢-٢ السرعة والسرعة المتجهة

يمكن أن تتغير سرعة الجسم أثناء حركته. فغالبًا ما يحسب الفيزيائيون السرعة المتوسطة لجسم ما، الأمر الذي يبسط دراسة حركته. لذا يمكن حساب السرعة المتوسطة لجسم معين باستخدام المعادلة الآتية:

$$\text{السرعة المتوسطة} = \frac{\text{المسافة الكلية المقطوعة}}{\text{الزمن الكلي المُستغرق}}$$

مصطلحات علمية

الكمية المتجهة

: Vector quantity

كمية تحدّد بالمقدار والاتجاه.

الكمية العددية

: Scalar quantity

كمية تحدّد بالمقدار فقط.

مصطلحات علمية

السرعة المتجهة

Velocity: سرعة الجسم في اتجاه معين أو معدل تغير إزاحة الجسم، وهي كمية متجهة.

في معظم الأحيان من المهم معرفة سرعة الجسم والاتجاه الذي يتحرك فيه.

يتم التعبير عن مقدار السرعة (v) والاتجاه معاً في كمية أخرى تسمى **السرعة المتجهة Velocity**. لذلك يمكن اعتبار السرعة المتجهة لجسم ما على أنها سرعته في اتجاه معين. فالسرعة المتجهة مثل الإزاحة هي كمية متجهة؛ أما السرعة فهي الكمية العددية المطابقة لها؛ لأنها لا تتضمن اتجاهاً. ونظراً لأن السرعة المتجهة والإزاحة كميتان متجهتان، يتم توضيح ذلك بوضع سهم فوق الرمز المستخدم. يمكن أن نرسم للسرعة المتجهة بالرمز ($\vec{v}$).

وبالتالي لتحديد السرعة المتجهة لجسم ما، يجب علينا تحديد الاتجاه الذي يتحرك فيه. فمثلاً تطير طائفة بسرعة (300 m s^{-1}) باتجاه الشمال.

نظراً لأن السرعة المتجهة كمية متجهة، يمكن التعبير عنها بدلالة الإزاحة:

$$\vec{v} = \frac{\vec{s}}{t}$$

يمكننا القول كذلك إن السرعة المتجهة هي معدل تغير إزاحة جسم ما:

$$\text{السرعة المتجهة} = \frac{\text{التغير في الإزاحة}}{\text{الزمن المستغرق}}$$

$$\vec{v} = \frac{\Delta \vec{s}}{\Delta t}$$

حيث الرمز (Δ) (الحرف اليوناني دلتا) يعني «التغير في»، ولا يمثل كمية ما (كما هي الحال في كل من ($\vec{s}$) و (t)). ثمة طريقة أخرى لكتابة ($\Delta \vec{s}$) هي ($\vec{s}_2 - \vec{s}_1$).

عليك أن تكون منتبهاً للتمييز بين السرعة والسرعة المتجهة، وبين الإزاحة والمسافة. يوضح الجدول ١-٢ الرموز ووحدات القياس في النظام الدولي للوحدات (SI) لهذه الكميات.

الكمية	رمز الكمية	رمز الوحدة
المسافة	x, s, d	m
الإزاحة	$\vec{s}$	m
الزمن	t	s
السرعة	v	m s^{-1}
السرعة المتجهة	$\vec{v}$	m s^{-1}

الجدول ١-٢ رموز ووحدات القياس لبعض الكميات

مهم

احرص على عدم الخلط بين رمز الإزاحة ($\vec{s}$) و s للشواني. لاحظ أيضاً أن الرمز (v) يُستخدم للسرعة والرمز ($\vec{v}$) للسرعة المتجهة

سؤال

- ج. زحف حلزون بسرعة مقدارها (2 mm s^{-1}) على طول الحافة المستقيمة للمقعد.
- د. بلغت مسافة رحلة الذهاب والإياب لمندوب مبيعات (420 km) .

- ١ حدد العبارات أدناه التي تعبر عن كل من: السرعة، السرعة المتجهة، المسافة، الإزاحة. (انظر إلى تعريفات هذه الكميات).
- أ. أبحرت سفينة مسافة (200 km) إلى الجنوب الغربي.
- ب. كان مقدار سرعتي المتوسط (7 km h^{-1}) خلال سباق الماراثون.

حساب السرعة والسرعة المتجهة

يمكن إعادة ترتيب معادلة السرعة $\vec{v} = \frac{\Delta \vec{s}}{\Delta t}$ اعتماداً على الكمية التي نريد تحديدها على الشكل الآتي:

$$\Delta \vec{s} = \vec{v} \times \Delta t \text{ :التغير في الإزاحة}$$

$$\Delta t = \frac{\Delta \vec{s}}{\vec{v}} \text{ :التغير في الزمن}$$

لاحظ أن كلاً من هذه المعادلات متجانسة من حيث الوحدات. لنأخذ على سبيل المثال معادلة مقدار الإزاحة، الوحدات الموجودة على الجانب الأيمن هي $\text{m s}^{-1} \times \text{s}$ ، وهي تمثل m ، الوحدة الصحيحة للإزاحة.

أمثلة

١. جد الإزاحة من ولاية صلالة إلى ولاية مقشن في محافظة ظفار.



الخطوة ١: ابدأ بكتابة ما تعرفه، ثم ما تريد أن تعرفه.

مقياس رسم الخريطة

الإزاحة بين صلالة ومقشن: $\vec{s} = ?$

الزاوية بين الإزاحة (صلالة - مقشن) واتجاه

الشرق: $\theta = ?$

مقياس الرسم الخطي: يرسم على الخريطة على شكل خط مستقيم ذي تدريج (على سبيل المثال بالـ km أو بأي وحدة قياس أخرى)، وتكون كل وحدة قياس من المسافات الموجودة على المقياس الخطي تمثل ما يقابلها من مسافة على الطبيعة ولكي تعرف المسافة الصحيحة على الخريطة بين نقطتين نقوم بقياس المسافة (L) بينهما، حيث نقارن الطول (L) مع المقياس الخطي فنحصل بهذا على المسافة الحقيقية بين النقطتين.

الخطوة ٢: جد المسافة باستخدام مقياس رسم الخريطة.

باستخدام مسطرة نجد أن المسافة بين صلالة ومقشن على الخريطة هي (6.0 cm) .

وباستخدام المسطرة، نجد أن طول المقياس الموجود يمين الخريطة وأسفلها (100 km) هو (2.0 cm) .

بالتالي الإزاحة بين صلالة ومقشن:

$$\vec{s} = \frac{6.0 \times 100}{2.0}$$

$$\vec{s} = 300 \text{ km}$$

الخطوة ١: ابدأ بكتابة ما تعرفه. انتبه للوحدات؛ من الأفضل العمل بوحدة m و s. يجب أن تكون قادرًا على التعبير عن الأرقام بالتدوين العلمي (باستخدام الأس ل 10) وكتابتها في الآلة الحاسبة.

$$\vec{v} = 3.0 \times 10^8 \text{ m s}^{-1} \text{ السرعة المتجهة}$$

$$\vec{s} = 150\,000\,000 \text{ km الإزاحة}$$

$$= 150\,000\,000\,000 \text{ m}$$

$$\vec{s} = 1.5 \times 10^{11} \text{ m}$$

$$t = ? \text{ الزمن}$$

الخطوة ٢: عوّض القيم في معادلة الزمن.

$$t = \frac{\vec{s}}{\vec{v}}$$

$$= \frac{1.5 \times 10^{11}}{3.0 \times 10^8}$$

$$t = 500 \text{ s}$$

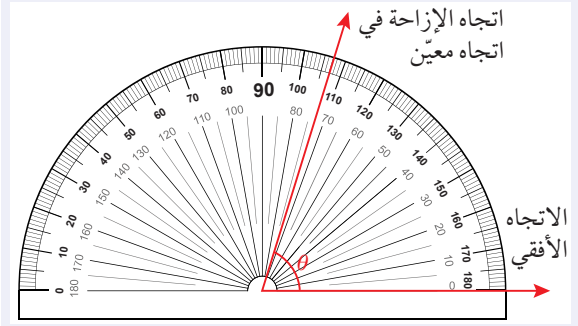
يستغرق وصول ضوء الشمس إلى الأرض (500 s) 8.3 دقيقة تقريبًا). الإزاحة الفعلية للأرض إذا دارت دورة واحدة حول الشمس تساوي صفرًا، هذا لأنها تنتهي من حيث بدأت، على الرغم من أن المسافة التي تقطعها الأرض محيط المدار بالكامل.

ملاحظة: عند استخدام الآلة الحاسبة لحساب الزمن (t)، اضغط على الأزرار بالتسلسل الآتي:

$$[8], [10^0], [3], [+], [11], [10^0], [1.5]$$

الخطوة ٣: جد الزاوية θ بين الإزاحة (صلالة - مقشن) واتجاه الشرق، مستخدمًا منقلة.

لاستخدام المنقلة، قم بوضع مركز المنقلة على ذيل الإزاحة المراد قياس زاويتها مع الخط الأفقي. ثم اضبط المنقلة بحيث يكون الخط الأفقي متطابقًا مع قاعدتها، مع المحافظة على مركز المنقلة فوق ذيل الإزاحة. بعد ذلك، ابحث عن نقاط تقاطع للإزاحة مع مقياس المنقلة الدائري، وإذا لم تكن الإزاحة ممتدة إلى مقياس المنقلة الدائري، فقم بمد خط على استقامته بحيث يصل إليها. التدرج الذي يمر الخط من خلاله مع مقياس المنقلة يكون هو قياس الزاوية (بالدرجات).



باستخدام المنقلة نجد أن الخط الذي يصل صلالة بمقشن يشكل زاوية 73° شمال الشرق.

إذًا، الإزاحة ($\vec{s}$) (صلالة - مقشن) مقدارها (300 km) واتجاهها بزاوية 73° شمال الشرق.

٢. تدور الأرض حول الشمس على بُعد (150 000 000 km). ما المدة الزمنية التي يستغرقها ضوء الشمس للوصول إلى الأرض؟ (تبلغ سرعة الضوء في الفراغ $3.0 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$).

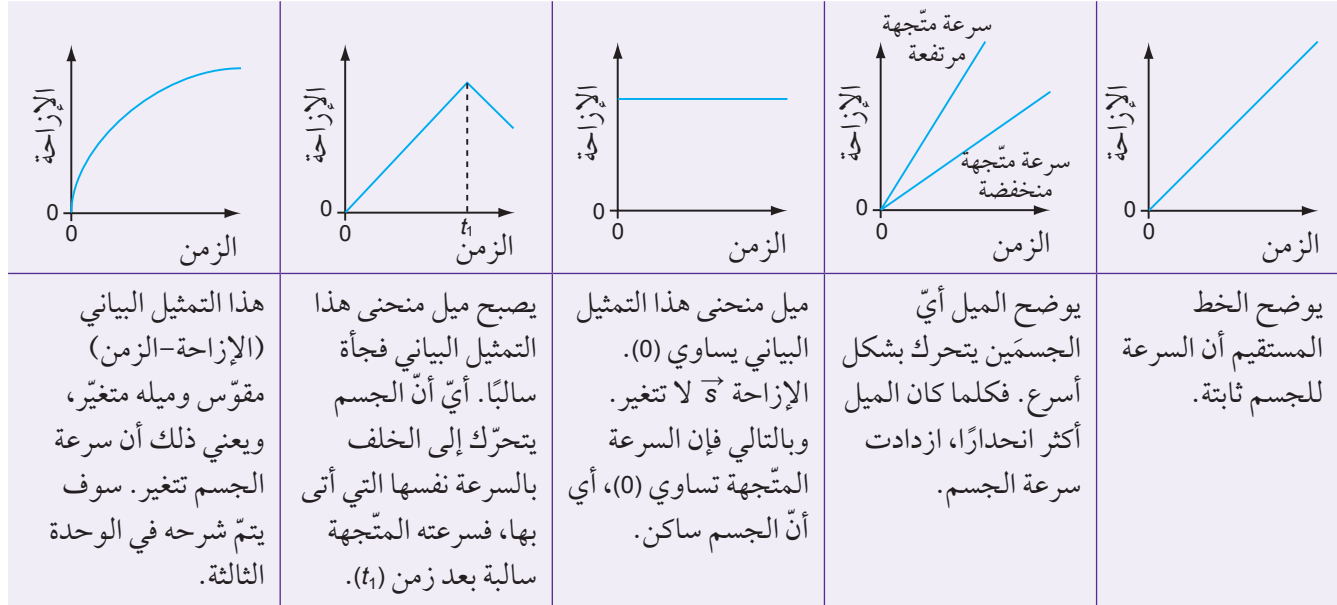
أسئلة

٣. تستغرق الأرض سنة واحدة لتدور حول الشمس على مسافة ($1.5 \times 10^{11} \text{ m}$). احسب سرعتها. اشرح السبب في أن هذه السرعة هي السرعة المتوسطة للأرض وليست سرعتها المتجهة.

٢. تُستخدم غواصة السونار لقياس عمق المياه تحتها. وقد التقطت الموجات الصوتية المنعكسة بعد (0.40 s) من إرسالها. ما عمق المياه؟ (تبلغ سرعة الصوت في الماء 1500 m s^{-1}).

٣-٢ التمثيل البياني (الإزاحة-الزمن)

يمكننا تمثيل التغير في موقع جسم متحرك من خلال رسم تمثيل بياني (الإزاحة-الزمن)، وميل منحنى التمثيل البياني يساوي سرعة الجسم كما هو موضح في الشكل ٢-٢. وكلما كان الميل أكثر انحداراً، ازدادت السرعة، ويدل التمثيل البياني أيضاً على احتمال تحرك الجسم إلى الأمام أو إلى الخلف؛ فإذا كان الميل سالباً، فعند حساب السرعة للجسم نحصل على الإجابة بالسالب، أي أن الجسم يتحرك إلى الخلف.



الشكل ٢-٢ يدل ميل التمثيل البياني (الإزاحة-الزمن) على سرعة تحرك جسم ما

استنتاج السرعة من منحنى التمثيل البياني (الإزاحة-الزمن)

تتحرك سيارة لعبة على طول مسار مستقيم، ويبين الجدول ٢-٢ مقدار إزاحة السيارة خلال فترات زمنية مختلفة. يمكن استخدام هذه البيانات لرسم منحنى التمثيل البياني (الإزاحة-الزمن)، وكذلك يمكن استنتاج سرعة السيارة.

الإزاحة $\vec{s}$ (m)	1.0	3.0	5.0	7.0	7.0	7.0
الزمن t (s)	0.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0

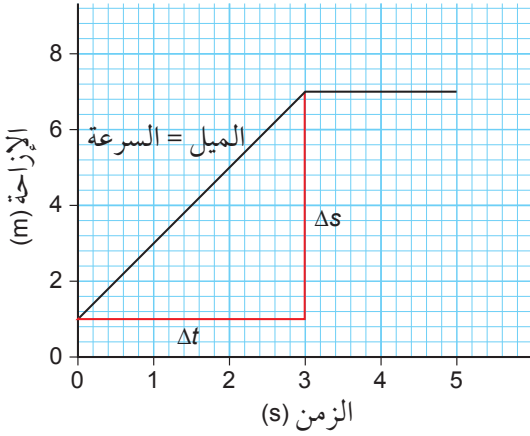
الجدول ٢-٢ بيانات الإزاحة ($\vec{s}$) والزمن (t) لسيارة لعبة

من الجيد إلقاء نظرة على البيانات أولاً، لمعرفة نمط حركة السيارة، حيث يزداد مقدار الإزاحة في هذه الحالة بشكل منتظم في البداية، ولكن بعد (3.0 s) يصبح ثابتاً. بمعنى آخر تتحرك السيارة في البداية بسرعة ثابتة، لكنها تتوقف بعد ذلك.

يمكننا الآن رسم التمثيل البياني (الإزاحة-الزمن) كما في الشكل ٣-٢.

نريد حساب سرعة السيارة خلال أول (3.0 s)، ويمكن القيام بذلك من خلال حساب ميل منحنى التمثيل البياني، لأن:

$$\text{السرعة} = \text{ميل منحنى التمثيل البياني (الإزاحة-الزمن)}$$



الشكل ٣-٢ التمثيل البياني (الإزاحة-الزمن) لسيارة لعبة؛ حسب البيانات الموضحة في الجدول ٢-٢

لإيجاد سرعة السيارة نرسم مثلثاً قائم الزاوية كما هو موضح في الشكل ٢-٣، ثم نقسم التغير في مقدار الإزاحة على التغير في الزمن. ويمكن الحصول عليهما من ضلعي المثلث (Δs) و (Δt) .

$$\text{السرعة المتجهة} = \frac{\text{التغير في الإزاحة}}{\text{الزمن المُستغرق}}$$

$$\begin{aligned} \vec{v} &= \frac{\Delta \vec{s}}{\Delta t} \\ &= \frac{(7.0 - 1.0)}{(3.0 - 0)} \\ &= \frac{6.0}{3.0} \\ &= 2.0 \text{ m s}^{-1} \end{aligned}$$

إذا كنت معتاداً على إيجاد ميل منحنى التمثيل البياني، فيمكنك تقليل عدد الخطوات السابقة والحساب مباشرة.

أسئلة

السرعة (مرحلة تمهيدية في سباقات السيارات لتجربة المضمار).

أ. حدّد سرعة السيارة من الجدول ٢-٣.

ب. ارسم منحنى التمثيل البياني (الإزاحة-الزمن) واستخدمه لإيجاد سرعة السيارة.

340	255	170	85	0	الإزاحة $\vec{s}$ (m)
4.0	3.0	2.0	1.0	0	الزمن t (s)

الجدول ٣-٢ بيانات الإزاحة ($\vec{s}$) والزمن (t)

٧ تتحرك سيارة قديمة باتجاه الجنوب. يبيّن الجدول ٢-٤ المسافة التي تقطعها السيارة خلال فترات زمنية معينة.

أ. ارسم منحنى التمثيل البياني (المسافة-الزمن) لرحلة السيارة.

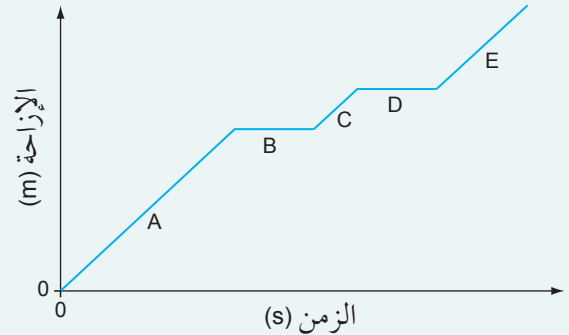
ب. استنتج من التمثيل البياني سرعة السيارة بوحدة km h^{-1} خلال الساعات الثلاث الأولى من الرحلة.

ج. ما السرعة المتوسطة للسيارة بوحدة km h^{-1} خلال الرحلة بأكملها؟

4	3	2	1	0	الزمن t (h)
84	69	46	23	0	المسافة d (km)

الجدول ٤-٢ بيانات الزمن (t) والمسافة (d)

٤ يمثل الشكل ٢-٤ منحنى التمثيل البياني (الإزاحة-الزمن) لرحلة حافلة. ماذا يخبرك التمثيل البياني عن الرحلة؟



الشكل ٢-٤ تمثيل بياني (الإزاحة-الزمن) لرحلة حافلة

٥ ارسم تمثيلاً بيانياً (الإزاحة-الزمن) لوصف حركتك في الحدث الآتي: أنت تمشي بسرعة ثابتة عبر حقل بعد تخطي البوابة. فجأة ترى حصاناً فتتوقّف. يقول زميلك إنّ الحصان لا يشكل خطراً، فتستمرّ في المشي بسرعة ثابتة ولكن أبطأ من ذي قبل. يسهل الحصان، فتجري عائداً إلى البوابة بسرعة ثابتة. اشرح كيف يرتبط كل جزء من المسار بجزء من منحنى التمثيل البياني الذي ترسمه.

٦ يوضح الجدول ٢-٣ إزاحة سيارة سباق في مراحل زمنية مختلفة أثناء انتقالها على طول مسار مستقيم خلال اختبار

٤-٢ جمع الإزاحات

مهم

يجب دائماً قراءة الاتجاهات باستخدام الزوايا مع تحديد اتجاه مرجعي بوضوح. في هذا المثال يتم تحديد الشرق كاتجاه مرجعي، بالتالي، تتم قراءة الاتجاه على أنه 45° شمال الشرق.

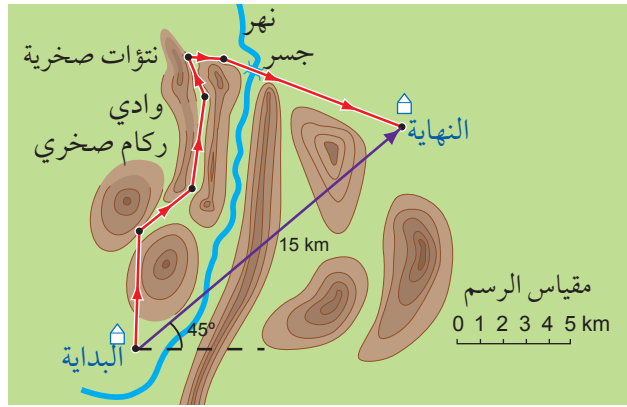
يعبر مشاة أرضاً صعبة التضاريس كما يظهر في الشكل ٢-٥. وينتقلون في سلسلة من الخطوط المستقيمة، من نقطة بارزة إلى أخرى، حيث يمكنهم باستخدام الخريطة حساب المسافة التي قطعوها، وكذلك إزاحتهم من نقطة البداية:

المسافة المقطوعة = (25 km)

(ضع خيطاً على طول المسار الموضَّح على الخريطة؛ قس طول الخيط، ثم حدّد المسافة المقطوعة باستخدام مقياس رسم الخريطة).

الإزاحة = (15 km) باتجاه 45° شمال الشرق

(صل نقطتي البداية والنهاية بخطّ مستقيم؛ قس طول الخطّ، ثم حدّد الإزاحة المقطوعة باستخدام مقياس الرسم).



الشكل ٢-٥ يتجه المشاة مباشرة بخطّ مستقيم عبر التضاريس الوعرة إلى معلّم بارز (المسار باللون الأحمر)

تمكنك الخريطة التي ترسم بمقياس معيّن من معرفة الإزاحة بواسطة المقياس المثبت عليها. لكن كيف يمكنك حساب الإزاحة؟ تحتاج إلى استخدام أفكار من الهندسة وعلم المثلثات. يبيّن المثالان ٣ و ٤ كيفية حساب الإزاحة.

مهم

يتم عرض الكميات المتجهة عادةً باستخدام الأسهم على المخططات. حيث يمثل طول السهم مقدار الكمية المتجهة، واتجاه السهم يشير إلى اتجاه الكمية المتجهة.

أمثلة

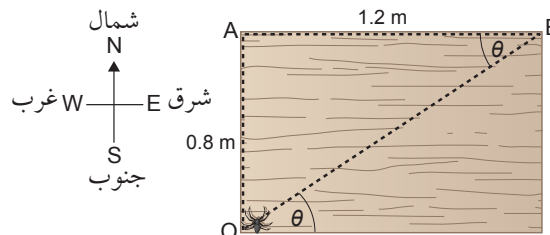
الخطوة ١: بما أنّ جزئي مسار العنكبوت (OA و AB) متعامدان، يمكننا هذا من جمع الإزاحتين باستخدام نظرية فيثاغورث:

$$(OB)^2 = (OA)^2 + (AB)^2$$

$$= 0.8^2 + 1.2^2 = 2.08$$

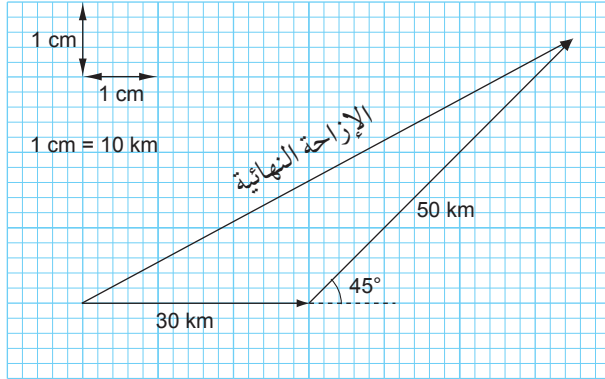
$$OB = \sqrt{2.08} = 1.44 \text{ m} \approx 1.4 \text{ m}$$

٣. يتحرّك عنكبوت على طول جانبي طاولة (الشكل ٢-٦). احسب الإزاحة النهائية له.



الشكل ٢-٦ يقطع العنكبوت مسافة (2.0 m)

الخطوة ٣: ارسم خطاً لتمثيل المتجه الثاني، بدءاً من نهاية المتجه الأول (تتصلان رأساً بذيل). سيكون طول الخط (5 cm) وبزاوية 45° (الشكل ٨-٢).



الشكل ٨-٢ مقياس الرسم المُعتمد لتمثيل الرسم. يمكن أن يساعدك استخدام ورق الرسم البياني في رسم المتجهات بالزوايا الصحيحة

الخطوة ٤: لإيجاد الإزاحة النهائية، صل نقطة البداية مع نقطة النهاية، فتكون قد أنشأت مثلث المتجهات **Vector triangle** (مثلث يُرسم لتحديد محصلة متجهين). قس طول متجه الإزاحة النهائية هذا، واستخدم مقياس الرسم للتحويل إلى كيلومترات: طول المتجه = 7.4 cm

مقدار الإزاحة النهائية: $7.4 \times 10 = 74 \text{ km}$

الخطوة ٥: قس زاوية متجه الإزاحة النهائي: الزاوية = 28° شمال الشرق

لذلك فإن الإزاحة النهائية للطائرة هي (74 km) وبزاوية 28° شمال الشرق.

الخطوة ٢: الإزاحة كمية متجهة، ولقد وجدنا مقدار هذا المتجه، ولكن علينا الآن إيجاد اتجاهه، ونعطى الزاوية θ من العلاقة:

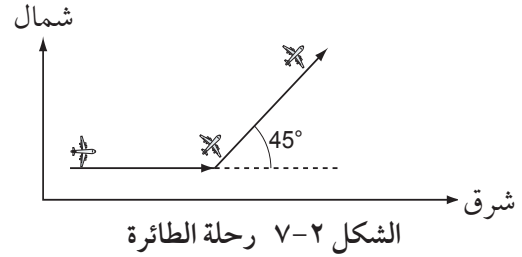
$$\tan \theta = \frac{\text{المقابل}}{\text{المجاور}} = \frac{0.8}{1.2} = 0.667$$

$$\theta = \tan^{-1}(0.667)$$

$$\theta = 33.7^\circ \approx 34^\circ$$

إذاً، إزاحة العنكبوت هي (1.4 m) بزاوية 34° شمال الشرق.

٤. تطير طائرة (30 km) شرقاً ثم (50 km) بزاوية 45° شمال الشرق (الشكل ٧-٢). احسب الإزاحة النهائية للطائرة.



هنا الإزاحتان غير متعامدتين، لذلك لا يمكننا استخدام نظرية فيثاغورث. يمكننا حل هذه المسألة بعمل مقياس رسم، وقياس الإزاحة النهائية للطائرة. (ومع ذلك، يمكنك حل السؤال نفسه باستخدام علم المثلثات).

الخطوة ١: اختر مقياس رسم مناسباً. يجب أن يكون الرسم التخطيطي كبيراً بشكل معقول؛ في هذه الحالة يعتبر مقياس الرسم (1 cm) لتمثيل (10 km) معقولاً.

الخطوة ٢: ارسم خطاً لتمثيل المتجه الأول. باعتبار الشمال هو اتجاه الجزء العلوي من الصفحة، فيكون طول الخط (3 cm) باتجاه الشرق (إلى اليمين).

مصطلحات علمية

متجه المحصلة

Resultant vector:

متجه واحد يتكوّن

من خلال جمع

متجهين أو أكثر.

تُعرف عملية جمع إزاحتين معاً (أو اثنتين أو أكثر من أي نوع من أنواع المتجهات) باسم جمع المتجهات. فعندما يُجمع متجهان أو أكثر معاً، يُعرف الناتج على أنه **المحصلة Resultant** لمتجهين أو أكثر.

أسئلة

٩ يسير طالب مسافة (8.0 km) باتجاه 45° جنوب الشرق ثم (12 km) غرباً .

- ارسم مخططاً متجهاً يوضح مساره. استخدم مخططاً بيانياً خاصاً بك لإيجاد الإزاحة الكلية.
- تذكر أن تعطي مقياس رسم لمخططك، وأن تضمّن إجابتك اتجاه الإزاحة الكلية ومقدارها.
- احسب الإزاحة المحصلة. بين عملك بوضوح.

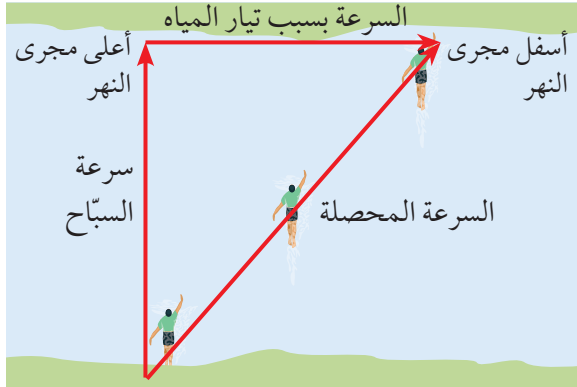
٨ أنت تسير (3.0 km) باتجاه الشمال، ثم (4.0 km) باتجاه الشرق.

- احسب المسافة الكلية التي قطعتها بالكيلومترات.
- اعمل مخططاً بمقياس رسم لمسار سيرك، واستخدمه لإيجاد إزاحتك النهائية. تذكر أن تضمّن إجابتك كلاً من مقدار الإزاحة واتجاهها.
- تحقق من إجابتك في الجزء (ب) بحساب الإزاحة.

٢-٥ جمع السرعات المتجهة

السرعة المتجهة هي كمية متجهة وبذلك يمكن جمع سرعتين متجهتين من خلال إضافة متجه بالطريقة نفسها التي رأيناها في جمع إزاحتين أو أكثر.

تخيل أنك تريد السباحة عبر نهر. تريد أن تسبح مباشرة من الضفة النهر إلى الضفة المقابلة، لكن تيار الماء يحركك بشكل جانبي في الوقت نفسه الذي تسبح فيه إلى الأمام. والنتيجة أنك ستصل إلى الضفة المقابلة، ولكن إلى أسفل نقطة الوصول المستهدفة مع اتجاه مجرى النهر. في الواقع توجد سرعتان متجهتان:



الشكل ٢-٩ السرعة المحصلة لسباح يسبح عمودياً على الضفة نهر

- السرعة المتجهة التي تسبح بها عبر النهر والتي تتجه بها مباشرة إلى الضفة المقابلة.
 - السرعة المتجهة الناتجة من تيار مياه النهر والموجهة باتجاه مجرى النهر، بزاوية قائمة مع سرعتك المتجهة للسباحة.
- تتحد هاتان سرعتان المتجهتان لتُعطيا سرعة متجهة محصلة (أو نهائية)، والتي ستكون باتجاه قطري مع مجرى النهر (الشكل ٢-٩). ولكي تصل إلى النقطة المقابلة لك تماماً عبر النهر، عليك أن تتجه نحو أعلى مجرى تيار المياه، ليكون اتجاه السرعة المتجهة المحصلة عبر النهر مباشرة إلى نقطة الوصول المستهدفة.

مثال

الخطوة ١: ارسم مخططاً للحالة كما هو موضح في الشكل ١٠-٢ (أ).

الخطوة ٢: ارسم الآن مثلث المتجهات. تذكر أن المتجه الثاني يبدأ من حيث ينتهي المتجه الأول كما هو موضح في الشكل ١٠-٢ (ب).

- طائرة باتجاه الشمال بسرعة متجهة (200 m s^{-1}) . وتهب في الوقت نفسه رياح جانبية سرعتها (50 m s^{-1}) باتجاه الشرق. ما محصلة السرعة المتجهة للطائرة (أعط المقدار والاتجاه)؟
- السرعتان المتجهتان متعامدتان. يكفي رسم مخطط واستخدام نظرية فيثاغورث لحل السؤال.

$$v^2 = 200^2 + 50^2$$

$$= 40\,000 + 2500 = 42\,500$$

$$\vec{v} = \sqrt{42\,500} \approx 206 \text{ m s}^{-1}$$

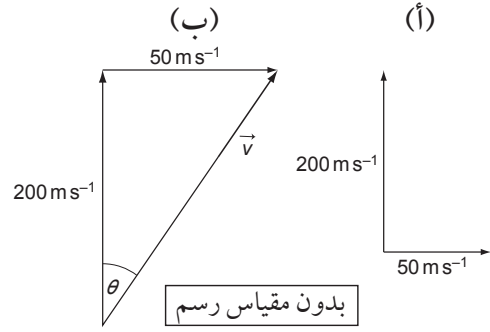
الخطوة ٥: احسب الزاوية θ :

$$\tan \theta = \frac{\text{المقابل}}{\text{المجاور}} = \frac{50}{200}$$

$$= 0.25$$

$$\theta = \tan^{-1}(0.25) \approx 14^\circ$$

لذلك تبلغ محصلة السرعة المتجهة للطائرة (206 m s^{-1}) بزاوية 14° شرق الشمال.



الشكل ٢-١٠ إيجاد محصلة سرعتين متجهتين

الخطوة ٣: صل نقطتي البداية والنهاية لإكمال المثلث.

الخطوة ٤: احسب مقدار محصلة المتجه ($\vec{v}$) (يمثل وتر المثلث القائم الزاوية).

أسئلة

أ. ارسم مخططاً متجهاً للسرعتين المتجهتين ومحصلة السرعة المتجهة. (استخدم مقياساً معيناً، مسطرة ومنقلة).

ب. استخدم الرسم التخطيطي لإيجاد قيمة (v_h).

ج. استخدم الرسم التخطيطي لإيجاد الزاوية بين اتجاه محصلة السرعة المتجهة للحجر والاتجاه الرأسي.

١٠ يمكن لسباح أن يسبح بسرعة (2.0 m s^{-1}) في المياه الراكدة. يهدف السباح إلى السباحة مباشرة عبر نهر تتدفق مياهه بسرعة (0.80 m s^{-1}). احسب محصلة السرعة المتجهة له. (يجب أن تتضمن الإجابة كلاً من المقدار والاتجاه).

١١ يُرمى حجر من مرتفع صخري، فيضرب الحجر سطح البحر بسرعة متجهة رأسية ($\vec{v}_v$) مقدارها (18 m s^{-1}) وسرعة متجهة أفقية ($\vec{v}_h$). تبلغ السرعة المحصلة لهاتين السرعتين المتجهتين (25 m s^{-1}).

٦-٢ طرح المتجهات

تحتاج في بعض الأحيان إلى طرح المتجهات بدلاً من جمعها. فمثلاً إذا كنت في سيارة تتحرك بسرعة (5.0 m s^{-1}) وكانت أمامك سيارة أخرى تتحرك على الطريق نفسه وفي الاتجاه نفسه بسرعة (2.0 m s^{-1})، فإنك تقترب من السيارة بسرعة ($5.0 - 2.0 = 3.0 \text{ m s}^{-1}$). أي أنك تطرح متجهي السرعة.

يمكن إجراء طرح المتجهات باستخدام الصيغة:

$$\vec{A} - \vec{B} = \vec{A} + (-\vec{B})$$

حيث $\vec{A}$ و $\vec{B}$ متجهان.

لذلك، لطرح متجه ما، اجمع فقط المتجه الآخر مع سالب هذا المتجه.

مهم

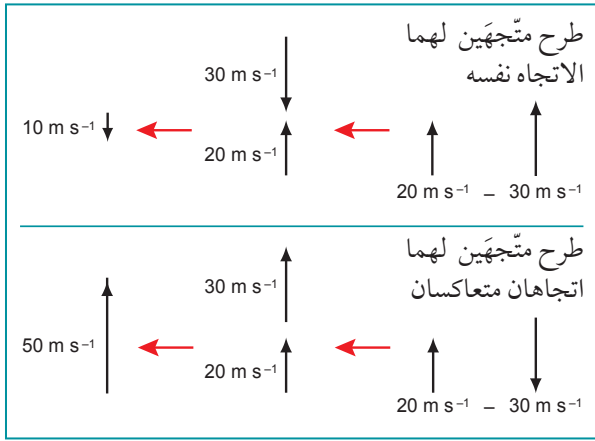
لطرَح متجه $\vec{B}$ من متجه آخر $\vec{A}$ ، اجمع $\vec{A}$ بسالب المتجه $\vec{B}$.

لكن عليك أولاً أن تفهم ما يعنيه المتجه السالب. فمثلاً المتجه السالب $\vec{B}$ هو متجه آخر بنفس مقدار المتجه $\vec{B}$ ولكن بالاتجاه المعاكس.

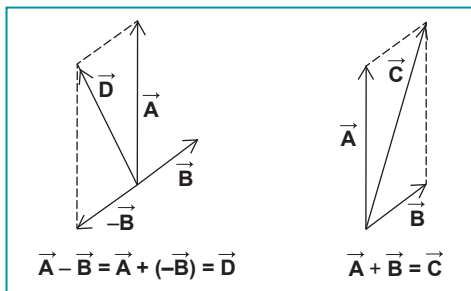
يبين الشكل ١١-٢ (أ)، طرح سرعتين متجهتين لهما الاتجاه نفسه. فمثلاً لطرح سرعة متجهة (4 m s^{-1}) شرقاً من سرعة متجهة (10 m s^{-1}) شرقاً، تبدأ برسم المتجه (10 m s^{-1}) شرقاً ثم تجمع معه متجه (4 m s^{-1}) غرباً فيكون ناتج طرح المتجهين (6 m s^{-1}) شرقاً.

بينما يبين الشكل ١١-٢ (ب)، طرح سرعتين متعاكستين في الاتجاه. فمثلاً لطرح سرعة متجهة (4 m s^{-1}) غرباً من سرعة متجهة (10 m s^{-1}) شرقاً، تبدأ برسم المتجه (10 m s^{-1}) شرقاً ثم تجمع معه متجه (4 m s^{-1}) شرقاً فيكون ناتج طرح المتجهين (14 m s^{-1}) شرقاً.

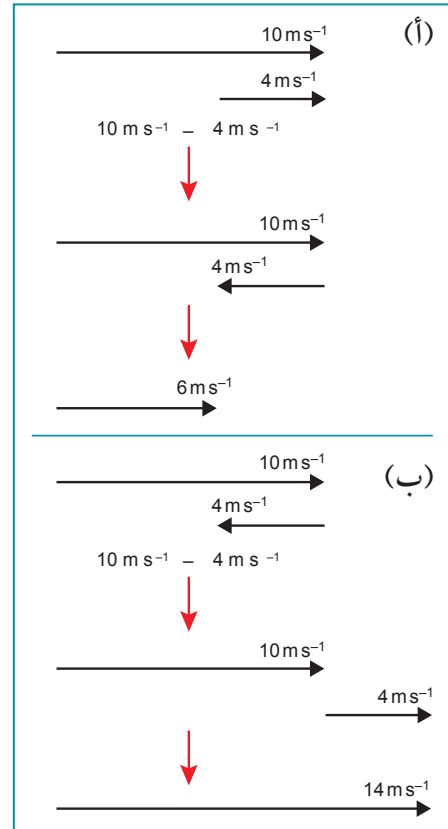
يوضح الشكلان ١٢-٢ و ١٣-٢ مثالين آخرين لتمثيل طرح أو جمع متجهين باتجاهات مختلفة عندما يكونان بالاتجاه الرأسى أو بينهما زاوية.



الشكل ١٢-٢ طرح متجهين بالاتجاه الرأسى



الشكل ١٣-٢ جمع وطرح متجهين $\vec{A}$ و $\vec{B}$ بينهما زاوية



الشكل ١١-٢ طرح متجهين لهما الاتجاه نفسه أو اتجاهان متعاكسان

سؤال

١٢) سرعة متجهة مقدارها (5.0 m s^{-1}) باتجاه الشمال. اطرَح من هذه السرعة المتجهة سرعة متجهة أخرى مقدارها:

- أ. (5.0 m s^{-1}) باتجاه الجنوب.
- ب. (5.0 m s^{-1}) باتجاه الشمال.

- ج. (5.0 m s^{-1}) باتجاه الغرب.
- د. (5.0 m s^{-1}) باتجاه الشرق.

(يمكنك رسم مقياس أو إجراء عملية حسابية، ولكن تذكر أن تضمّن إجابتك الاتجاه والمقدار).

٧-٢ أمثلة أخرى للكميات العددية والكميات المتجهة

يكون الاتجاه مهماً عند جمع المتجهات. ويمكنك استخدامه لتحديد ما إذا كانت الكمية متجهة أم عددية. فمثلاً إذا مشيت لمدة 3 دقائق شمالاً ثم 3 دقائق في اتجاه آخر، فإن الزمن الكلي المستغرق هو 6 دقائق بغض النظر عن الاتجاه الذي تختاره. يمكن أن يكون للمتجه المكوّن من 3 وحدات قياسية، الذي يجمع إلى متجه آخر مكوّن من 3 وحدات قياسية، قيمة تتراوح بين 0 و 6 وحدات قياسية، ولكن جمع كميتين عدديتين يتكوّن كلّ منهما من 3 وحدات قياسية يساوي دائماً ستّ وحدات قياسية. لذلك، فإن الزمن هو كمية عددية.

الكتلة والكثافة كميتان عدديتان أيضاً.

إن القوة والتسارع، كما سترى في الوحدات اللاحقة، كميتان متجهتان؛ هذا لأنه إذا تمّ دفع جسم ما باتجاهين متعاكسين بالقوة نفسها، فإنّ كلّاً من القوتين تلغي القوة الأخرى.

الشغل والضغط كما درست سابقاً، يتضمّن كلّ منهما قوة. ومع ذلك فإنّ الشغل والضغط كميتان عدديتان. فمثلاً إذا قمت بدفع صندوق ثقيل على الأرض شمالاً ثم جنوباً بالمسافة نفسها، فمن الواضح أنّ الشغل المبذول الكلي لا يساوي صفراً. وهنا ما عليك سوى جمع كميات عددية حتى ولو كانت بالاتجاه المعاكس.

ملخص

الإزاحة هي أقصر مسافة من نقطة البداية إلى نقطة النهاية في اتجاه معيّن؛ وهي كمية متجهة.

تُعرّف السرعة المتوسطة من خلال المعادلة الآتية:

$$\text{السرعة المتوسطة} = \frac{\text{المسافة الكلية المقطوعة}}{\text{الزمن الكلي المُستغرق}}$$

تُعرّف السرعة المتجهة من خلال المعادلة الآتية:

$$\text{السرعة المتجهة} = \frac{\text{التغيّر في الإزاحة}}{\text{الزمن المُستغرق}}$$

$$\vec{v} = \frac{\Delta \vec{s}}{\Delta t}$$

ميل منحنى التمثيل البياني (الإزاحة-الزمن) يساوي السرعة.

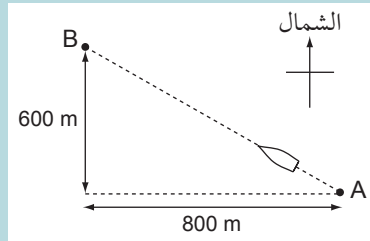
المسافة والسرعة والكتلة والزمن كميات عددية. الكمية العددية لها مقدار فقط.

الإزاحة والسرعة المتجهة كميات متجهة. الكمية المتجهة لها مقدار واتجاه.

يمكن الجمع بين متجهين من خلال جمع أحدهما إلى المتجه الآخر لإيجاد محصلتهما. ويمكن طرح المتجه الثاني من المتجه الأول بجمع المتجه الأول إلى سالب المتجه الثاني، والمتجه السالب هو الذي يكون بالمقدار نفسه، لكن بالاتجاه المعاكس.

أسئلة نهاية الوحدة

- ١ أي من الأزواج الآتية يتضمن كمية متجهة واحدة وكمية عددية واحدة؟
 - أ. الإزاحة : الكتلة
 - ب. الإزاحة : السرعة المتجهة
 - ج. المسافة : السرعة
 - د. السرعة : الزمن
- ٢ المتجه $\vec{P}$ مقداره (3.0 N) يؤثر باتجاه اليمين والمتجه $\vec{Q}$ مقداره (4.0 N) يؤثر إلى الأعلى. ما مقدار واتجاه المتجه $\vec{P} - \vec{Q}$ ؟
 - أ. 1.0 N بزاوية 53° مع اتجاه $\vec{P}$ إلى الأسفل.
 - ب. 1.0 N بزاوية 53° مع اتجاه $\vec{P}$ إلى الأعلى.
 - ج. 5.0 N بزاوية 53° مع اتجاه $\vec{P}$ إلى الأسفل.
 - د. 5.0 N بزاوية 53° مع اتجاه $\vec{P}$ إلى الأعلى.
- ٣ تتحرك سيارة في مسار دائري دورة واحدة كاملة بسرعة ثابتة مقدارها (120 km h⁻¹).
 - أ. إذا استغرقت الدورة الواحدة (2.0 min)، بين أن طول المسار هو (4.0 km).
 - ب. اشرح سبب اختلاف قيم السرعة المتوسطة والسرعة المتجهة المتوسطة للسيارة.
 - ج. احسب مقدار إزاحة السيارة في زمن مقداره (1.0 min).
 - د. (يبلغ محيط الدائرة $(2\pi r)$ ، حيث (r) هو نصف قطر الدائرة).
- ٤ يغادر قارب النقطة A متحركاً في خط مستقيم إلى النقطة B. وتستغرق رحلته (60 s).
 - أ. المسافة التي يقطعها القارب.
 - ب. الإزاحة الكلية للقارب.
 - ج. السرعة المتجهة المتوسطة للقارب.
 - د. تذكر أنه يجب تضمين كل كمية متجهة مقداراً واتجهاً.



الشكل ٢-١٤

احسب:

- أ. المسافة التي يقطعها القارب.
- ب. الإزاحة الكلية للقارب.
- ج. السرعة المتجهة المتوسطة للقارب.
- د. تذكر أنه يجب تضمين كل كمية متجهة مقداراً واتجهاً.

٥ يتحرك قارب بسرعة (2.0 m s^{-1}) شرقاً باتجاه ميناء على بُعد (2.2 km) . وعندما يصل القارب إلى الميناء، ينطلق الركّاب في سيارّة متّجهة شمالاً لمدة (15 min) وبسرعة (60 km h^{-1}) . احسب:

أ. المسافة الكلية التي يقطعها الركّاب.

ب. الإزاحة الكلية (لا تنسى تضمين المقدار والاتجاه).

ج. الزمن الكلي المُستغرق.

د. السرعة المتوسطة بوحدة ms^{-1} .

هـ. السرعة المتجهة المتوسطة.

٦ يتدفّق نهر من الغرب إلى الشرق بسرعة ثابتة (1.0 m s^{-1}) . يغادر قارب الضفّة الجنوبية للنهر متّجهاً شمالاً بسرعة (2.4 m s^{-1}) . جدّ محصّلة السرعة المتّجهة للقارب.

أ. عرّف الإزاحة.

ب. استخدم تعريف الإزاحة لشرح كيف يمكن لرياضي أن يركض حول مضمار سباق بحيث لا يكون له إزاحة.

٨ تقود فتاة درّاجة بسرعة متّجهة ثابتة مقدارها (3.0 m s^{-1}) على طول طريق مستقيم. عند الزمن $(t = 0 \text{ s})$ ، تجتاز أخاها الجالس على مقعد درّاجته غير المتحرّكة. وهكذا عند هذا الزمن $(t = 0 \text{ s})$ ، ينطلق الأخ للحاق بأخته. فتزداد سرعته المتّجهة من الزمن $(t = 0 \text{ s})$ حتى الزمن $(t = 5.0 \text{ s})$ ، حيث يجتاز مسافة (10 m) . بعد ذلك يتابع بسرعة متّجهة ثابتة مقدارها (4.0 m s^{-1}) .

أ. ارسم منحنى التمثيل البياني (الإزاحة-الزمن) للفتاة من $(t = 0 \text{ s})$ إلى $(t = 12 \text{ s})$.

ب. ارسم على محاور التمثيل البياني السابق نفسه منحنى التمثيل البياني (الإزاحة-الزمن) للأخ.

ج. باستخدام التمثيل البياني الذي رسمته، حدّد قيمة (t) عندما لحق الأخ بأخته.

٩ يُسقط طالب كرة سوداء صغيرة على طول مقياس رأسي مدرّج بالسنتيمتر. التقط عدد من الصور الستروبيوسكوبية للكرة بفواصل زمنية $(t = 0.10 \text{ s})$.

يظهر المخطّط (الشكل ١٥-٢) أول نقطة سوداء عند (0 cm) والنقطة التالية عند (4 cm) .

تم التقاط الصورة الأولى مع وجود الكرة في الأعلى في الزمن $(t = 0 \text{ s})$.

أ. اشرح كيف يبيّن الشكل ١٥-٢ أنّ الكرة في النهاية تصل إلى سرعة ثابتة.

ب. جدّ السرعة النهائية التي تصل إليها الكرة.

ج. حدّد المسافة التي سقطتها الكرة عند $(t = 0.80 \text{ s})$.

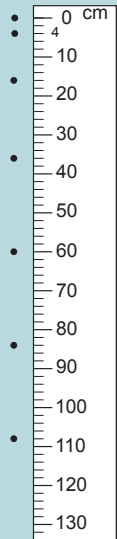
د. تُظهر كلّ صورة ملتقطة للكرة، في الصورة الفوتوغرافية الحقيقية، بعضاً من الضبابية،

لأنّ كلّ وميض ظاهر فيها لم يكن لحظياً، بل استغرق زمناً مقداره (0.0010 s) .

حدّد قيمة عدم اليقين المطلق الذي تعطيه هذه الضبابية في الموقع لكلّ مواقع الكرة

السوداء عندما تتحرّك بالسرعة النهائية الثابتة.

اقترح ما إذا كان يجب ملاحظة هذه الضبابية في المخطّط.



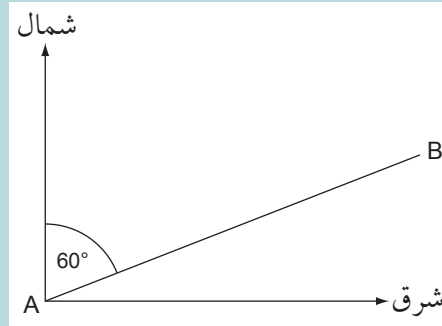
الشكل ١٥-٢

أفعال إجرائية

اذكر: عبّر بكلمات واضحة.

١٠. أ. اذكر اختلافًا واحدًا بين كمّية عددية وكمّية متجهة، معطياً مثالاً على كلّ منهما.
ب. تطير طائرة في الهواء بسرعة متجهة مقدارها (500 km h^{-1}) باتجاه الشمال. تهبّ رياح بسرعة مقدارها (100 km h^{-1}) من الشرق إلى الغرب. ارسم مخططاً لحساب محصلة السرعة المتجهة للطائرة. حدّد اتجاه حركة الطائرة بالنسبة إلى الشمال.
ج. تطير الطائرة لمدة (15 min) . احسب إزاحة الطائرة في هذا الزمن.

١١. استُخدمت طائرة صغيرة لشخص واحد في رحلة أفقية قصيرة. ففي رحلتها من A إلى B، يكون مقدار محصلة السرعة المتجهة للطائرة (15 m s^{-1}) في اتجاه 60° شرق الشمال وكانت السرعة المتجهة للرياح مقدارها (7.5 m s^{-1}) باتجاه الشمال.



الشكل ١٦-٢

أفعال إجرائية

بيّن أنّ: قدّم دليلاً منظماً يودّي إلى نتيجة معيّنة.

- أ. بيّن أنّه لكي تسافر الطائرة من A إلى B، يجب أن تتجه باتجاه الشرق.
ب. بعد الطيران لمسافة (5 km) من A إلى B، تعود الطائرة على طول المسار نفسه من B إلى A بمحسلة سرعة متجهة مقدارها (13.5 m s^{-1}) . بافتراض أنّ الزمن الذي تمضية في B مُهمَل، احسب السرعة المتوسطة للرحلة الكاملة من A إلى B والعودة إلى A.

قائمة تقييم ذاتي

بعد دراسة الوحدة، أكمل الجدول الآتي:

أستطيع أن	أراجع الموضوع	أحتاج إلى بذل المزيد من الجهد	أتمكّن إلى حدّ ما	أستعدّ للمضي قدماً
أعرف الإزاحة والسرعة والسرعة المتجهة واستخداماتها.	٢-٢، ١-٢			
أرسم منحني التمثيل البياني (الإزاحة-الزمن) وأفسره.	٣-٢			
أفهم الاختلافات بين الكمّيات العددية والمتجهة وأعطي أمثلة على كلّ منها.	٧-٢			
أجمع المتجهات في مستوى واحد وأطرحها.	٦-٢، ٥-٢، ٤-٢			

الفيزياء

الصف الحادي عشر

كتاب التجارب العملية والأنشطة

الفصل الدراسي الأول





سَلْطَنَةُ عُومَانِ
وَزَارَةُ التَّرْبِيَةِ وَالتَّعْلِيمِ

الفيزياء

الصف الحادي عشر

كتاب التجارب العملية والأنشطة

الفصل الدراسي الأول - الجزء الأول

المحتويات

المقدمة	xii
كيف تستخدم هذه السلسلة	xiv
كيف تستخدم هذا الكتاب	xvi
الآمان والسلامة في مختبر الفيزياء	xvii
البحث العلمي والمهارات العملية	xviii
الاستقصاءات العملية:	
١-٢ تحديد السرعة المتوسطة لأسطوانة	
تتدحرج إلى أسفل منحدر	٤٦
٢-٢ قياسات السرعة في المختبر	٥٢
٣-٢ التمثيلات البيانية (الإزاحة-الزمن)	٥٦

الوحدة الأولى: المهارات العملية

الأنشطة:

- ١-١ المقاييس وقيم عدم اليقين ٢٢
- ٢-١ إيجاد عدم اليقين في قراءة ما ٢٤
- ٣-١ جمع قيم عدم اليقين ٢٦
- ٤-١ الجداول والتمثيلات البيانية والميل .. ٢٩

الاستقصاءات العملية:

- ١-١ استخدام الميكروميتر والقدمة
- ذات الورنية ٣١

الوحدة الثانية: السرعة والسرعة المتجهة

الأنشطة:

- ١-٢ حسابات السرعة ٣٥
- ٢-٢ قياس السرعة في المختبر ٣٧
- ٣-٢ التمثيلات البيانية (الإزاحة-الزمن) ... ٣٩
- ٤-٢ جمع وطرح المتجهات ٤٢

الوحدة الثالثة: الحركة المتسارعة

الأنشطة:

- ١-٣ منحنيات التمثيل البياني
(السرعة - الزمن) ٦١
- ٢-٣ اشتقاق معادلات الحركة ٦٥
- ٣-٣ استخدام معادلات الحركة ٦٧
- ٤-٣ الحركة تحت تأثير الجاذبية
الأرضية ٦٩

الاستقصاءات العملية:

- ١-٣ تسارع كتلتين متصلتين معاً ٧٣
- ٢-٣ مدى مقذوف ما ٧٧

الوحدة الرابعة: القوى

الأنشطة:

- ١-٤ تحديد القوى ٨٤
- ٢-٤ كيف تؤثر القوى على الحركة ٨٧
- ٣-٤ القوة والكتلة والتسارع ٨٨
- ٤-٤ السرعة الحدية ٩٠
- ٥-٤ جمع القوى ٩٤
- ٦-٤ تحليل القوى ٩٨

الاستقصاءات العملية:

- ١-٤ السرعة الحدية لكرة تسقط داخل
الماء عبر أنبوب رأسي ١٠١
- ٢-٤ ائزان مسطرة خشبية قابلة للدوران
حول محور أفقي ١٠٥

المقدمة

خُصص «كتاب التجارب العملية والأنشطة» لمساعدتك على تطوير المهارات التي سوف تحتاج إليها للنجاح في مادة الفيزياء للصف الحادي عشر، وهو يتضمن:

الأنشطة

توفّر لك الأنشطة الموجودة في هذا الكتاب فرصاً لممارسة المهارات الآتية:

- فهم الظواهر والنظريات العلمية التي تدرسها.
- حل المسائل العددية وغيرها من المسائل المختلفة.
- تنمية التفكير النقدي/الناقد حول التقنيات والبيانات التجريبية.
- القيام بالتنبؤات، واستخدام الأسباب والتبريرات العلمية لدعم تنبؤاتك.

وقد تم تصميم «كتاب التجارب العملية والأنشطة» لدعم «كتاب الطالب»، إذ يتضمن موضوعات مختارة خصيصاً بحيث يمكن للطلبة الاستفادة من المزيد من الفرص لتحقيق المهارات، مثل التطبيق والتحليل والتقييم، بالإضافة إلى تطوير المعرفة والفهم. وستطلع من المقدمة الموجودة في بداية كل نشاط على المهارات التي ستمارسها وأنت تجيب عن الأسئلة، بحيث يتم ترتيب الأنشطة بما يتلاءم مع ترتيب الوحدات الموجودة في «كتاب الطالب». وفي نهاية كل وحدة، يتم تقديم مجموعة من الأسئلة لتعزيز ودعم المهارات التي اكتسبتها.

الاستقصاءات العملية

تُعَدّ الاستقصاءات العملية جزءاً أساسياً من مادة الفيزياء. فقد تم إجراء العديد من الاكتشافات في عالم الفيزياء وذلك لأن التجارب العملية قد مكّنت من إثبات النظرية بما لا يدع مجالاً للشك، أو أظهرت أن النظريات أو الأفكار بحاجة إلى تغيير. وقد تكون العديد من المبادئ التي ستتعلمها كجزء من كتابك هذا، حتى الوقت الحالي، عبارة عن أمور تقريبية فقط، إذ يدرك الفيزيائيون أنه لا تزال هناك العديد من الاكتشافات التي يجب القيام بها. ومن المحتمل أن يقدم الجيل الذي تنتمي إليه رؤى من شأنها تعزيز فهمنا للعالم المادي، وتحسين نظريتنا الحالية، ولكن تذكر أن العمل المختبري والنظري الذي يقوم به علماء الفيزياء يمكن إثبات صحته من خلال التجارب العملية المناسبة فقط. وقد يكون هذا العمل ضمن نطاق فلكي، مثل تحديد ماهية الجاذبية بالضبط، أو على نطاق مجهري، مثل تحديد كيف يمكن اعتبار أن الجسيمات، كالإلكترونات أو الذرات، لها خصائص موجية.

من المسلّم به بشكل عام أن التجارب العملية النوعية والجيدة تطوّر مجموعة من المهارات، والمعرفة والاستيعاب المفاهيمي، حيث تشتمل هذه المهارات، وكذلك الفيزياء أيضاً، على استقصاء حقيقي ذي قيمة لمجتمع العلوم ككل. وهذه المهارات مفيدة في مجالات أخرى مثل الصناعة والأعمال؛ وذلك من خلال تعلم كيفية التعامل مع **البيانات** والتخطيط لإجراء استقصاء، وإجراء القياسات المناسبة، وتحليل نتائجك، إضافة إلى أنك ستطوّر مهارات من المحتمل جداً أن تستفيد منها في حياتك مستقبلاً بشكل جيد.

من المحتمل أن تكون قلقاً، خصوصاً في البداية؛ وذلك لأنك لم تقم سوى بالقليل من التجارب العملية قبل أن تبدأ بدراسة محتوى هذا الكتاب، أو ربما كانت التجارب العملية المختبرية مقتصرة على التعليمات المتعلقة بجمع البيانات، ومحصورة باستخدام أدوات غير مألوفة بالنسبة إليك، أو باتباع الإجراءات المذكورة والتي ربما لم تفهم مضمونها. لذا، تم تصميم هذا الكتاب لمساعدتك على تحسين مهاراتك العملية، إضافة إلى مساعدتك على الاستعداد لأداء اختباراتك العملية. ويتم تطوير المهارات التي ستحتاج إليها خلال دراستك لهذا الكتاب، وذلك أثناء تقدمك في دراسة كتاب «التجارب العملية والأنشطة». لهذا، سوف تخطط لإجراء استقصاءات بنفسك، وأخذ القياسات وتحليل النتائج الخاصة بك. إذ يجب عليك أن تحصل على ملكية هذه النتائج، وتستغل وقتك العملي بشكل جيد.

لا تجري الاستقصاءات دائماً كما هو متوقع؛ فبعض الحوادث، كالتوصيل الكهربائي العالي مثلاً، لم تمنع الفيزيائيين من متابعة استكشافاتهم. وعندما لم تنجح التجربة كانوا يقومون بتحليل النتائج غير المتوقعة، ثم يفكرون ملياً في المشكلات التي حالت دون اكتمال التجربة. يمكنك القيام بالشيء نفسه، بحيث يمكنك التعلم من الاستقصاءات التي لا تكتمل، ومن تلك التي اكتملت أيضاً، وهذا يتطلب تفكيراً جيداً، على أمل أن يحفز هذا الأمر اهتمامك ويشدّ عزيمتك، إضافة إلى مساعدتك على تطوير مهارات قيّمة.

وقبل كل شيء، استمتع بعملك النظري والعملي، فقد تتفاجأ كم هو ممتع حقاً!

نأمل ألا يدعمك هذا الكتاب للنجاح في دراستك وحياتك المهنية فحسب، بل يحفز مدى اهتمامك وفضولك المتعلق بالفيزياء أيضاً.

كيف تستخدم هذه السلسلة

تقدّم هذه المكوّنات (أو المصادر) الدعم للطلبة في الصف الحادي عشر في سلطنة عمان لتعلم مادة الفيزياء واستيعابها، حيث تعمل كتب هذه السلسلة جميعها معاً لمساعدة الطلبة على تطوير المعرفة والمهارات العلمية اللازمة لهذه المادة. كما تقدّم الدعم للمعلمين لإيصال هذه المعارف للطلبة وتمكينهم من مهارات الاستقصاء العلمي.

يقدم «كتاب الطالب» دعماً شاملاً لمنهج الفيزياء للصف الحادي عشر في سلطنة عمان، ويقدم شرحاً للحقائق والمفاهيم والتقنيات العلمية بوضوح، كما يستخدم أمثلة من العالم الواقعي للمبادئ العلمية. والأسئلة التي تتضمنها كل وحدة تساعد على تطوير فهم الطلبة للمحتوى، في حين أن الأسئلة الموجودة في نهاية كل وحدة تحقق لهم مزيداً من التطبيقات العلمية الأساسية.



يحتوي «كتاب التجارب العملية والأنشطة» على أنشطة وأسئلة نهاية الوحدة، والتي تمّ اختيارها بعناية، بهدف مساعدة الطلبة على تطوير المهارات المختلفة التي يحتاجون إليها أثناء تقدمهم في دراسة كتاب الفيزياء. كما تساعد هذه الأسئلة الطلبة على تطوير فهمهم لمعنى الأفعال الإجرائية المستخدمة في الأسئلة، إضافة إلى دعمهم في الإجابة عن الأسئلة بشكل مناسب.

كما يحقق هذا الكتاب للطلبة الدعم الكامل الذي سوف يساعدهم على تطوير مهارات الاستقصاء العملية الأساسية جميعها. وتشمل هذا المهارات تخطيط الاستقصاءات، واختيار الجهاز وكيفية التعامل معه، وطرح الفرضيات، وتدوين النتائج وعرضها، وتحليل البيانات وتقييمها.



يدعم دليل المعلم «كتاب الطالب» و «كتاب التجارب العملية والأنشطة»، ويعزز الأسئلة والمهارات العملية الموجودة فيهما. ويتضمن هذا الدليل أفكاراً تفصيلية للتدريس وإجابات عن كل سؤال ونشاط وارد في «كتاب الطالب» وفي «كتاب التجارب العملية والأنشطة»، فضلاً عن الإرشادات التعليمية لكل موضوع، بما في ذلك خطة التدريس المقترحة، وأفكار للتعليم النشط والتقويم التكويني، والمصادر المرتبطة بالموضوع، والأنشطة التمهيدية، والتعليم المتميز (تفريد التعليم) والمفاهيم الخاطئة وسوء الفهم. كما يتضمن أيضاً دعماً مفصلاً لإجراء الاستقصاءات العملية وتنفيذها في «كتاب التجارب العملية والأنشطة»، بما في ذلك فقرات «مهم» لجعل الأمور تسير بشكل جيد، إضافة إلى مجموعة من عينات النتائج التي يمكن استخدامها إذا لم يتمكن الطلبة من إجراء التجربة، أو أخفقوا في جمع النتائج النموذجية.

كيف تستخدم هذا الكتاب

خلال دراستك هذا الكتاب، ستلاحظ الكثير من الميزات المختلفة التي ستساعدك في التعلم. هذه الميزات موضحة على النحو الآتي:

مصطلحات علمية

يتم تمييز المصطلحات الأساسية في النص عند تقديمها لأول مرة. ثم يتم تقديم تعريفات في الهامش تشرح معاني هذه المصطلحات.

أهداف التعلم

تظهر هذه الأهداف في بداية كل وحدة دراسية لتقدم أهداف التعلم ولتساعدك على التنقل في المحتوى.

مهم

ستساعدك المعلومات الواردة في هذه المربعات على إكمال الأنشطة، وستقدم لك الدعم في المجالات التي قد تجدها صعبة.

أفعال إجرائية

لقد تم إبراز الأفعال الإجرائية الواردة في المنهج الدراسي بلون غامق في أسئلة نهاية الوحدة، ويمكن استخدامها في الاختبارات، خصوصاً عندما يتم تقديمها للمرة الأولى. وستجد في الهامش تعريفاً لها.

أسئلة

يتخلل الكتاب أسئلة تساعدك للتدرب على المهارات العلمية المهمة لدراسة الفيزياء.

أسئلة نهاية الوحدة

تقيس هذه الأسئلة مدى تحقق الأهداف التعليمية في الوحدة، وقد يتطلب بعضها استخدام معارف علمية من وحدات سابقة.

المعادلة: سوف تساعدك قائمة المعادلات في بداية كل وحدة دراسية على إكمال التجارب العملية والأنشطة.

ستحتاج إلى

تتضمن قائمة بجميع المواد والأدوات المطلوبة لتنفيذ الاستقصاء العملي.

ترد التعريفات للمفاهيم العلمية والمبادئ والقوانين والنظريات العلمية المهمة في الهامش، ويتم إبرازها في النص بلون غامق عند تقديمه لأول مرة.

الأمان والسلامة في مختبر الفيزياء

- العمل بأمان في مختبر الفيزياء جانب أساسي من جوانب التعلّم الذي يميّز به العمل التجريبي.
- كن دائماً مستمعاً جيّداً للتعليمات، وملتزماً بالتوجيهات وقواعد السلوك بعناية.
- إذا لم تكن متأكّداً من أي جانب من جوانب عملك التجريبي، فلا تتوانَ في سؤال معلّمك، وإذا كنت تودّ تصميم استقصاءٍ خاصّ بك، فاطلب إلى معلّمك أن يتحقّق من خطّتك قبل تنفيذها.
- العديد من احتياطات الأمان والسلامة في مختبر الفيزياء تُعنى بمنع حدوث ضرر يلحق بالطالب أو بالأجهزة والأدوات.

استخدام السوائل في العمل	ضع كل الأدوات في حوض بحيث إذا انسكب شيء منها لا يؤثّر على أوراق العمل. فإذا كنت تستخدم الماء الساخن أو المغلي؛ فاستخدم ماسكاً لحمل الأوعية مثل الكؤوس.
استخدام ميزان الحرارة الزجاجة المعبأة بسائل	ضع ميزان الحرارة بشكل آمن على الطاولة فور الانتهاء من استخدامه، وتأكد من موقعه بحيث لا يتدحرج، وإذا تعرّض للكسر؛ فأبلغ معلّمك فوراً، ولا تلمس الزجاج المكسور أو السائل المتسرّب منه.
تعليق موادّ على أسلاك رفيعة	ارتدِ نظّارات واقية تحسّباً لحدوث انقطاع في السلك، واحذر من سقوط أثقال في حال انقطاع السلك؛ وضّع وسادة أو ما شابه على الأرض.
توصيل مكوّنات كهربائية	لا تتجاوز فرق الجهد الكهربائي الموصى به للمكوّن الكهربائي، على سبيل المثال: فرق الجهد الكهربائي لمصباح ما هو (6 V).
استخدام الحوامل المعرضة للانقلاب	إذا كان الحامل متحرّكاً أو معرضاً لخطر الانقلاب؛ فثبّته على الطاولة بإحكام.
استخدام الأجسام القابلة للتدحرج كالأسطوانات	ضع شيئاً مناسباً مثل صندوق لجمع الأجسام القابلة للتدحرج؛ بحيث لا تسقط على الأرضية أو تؤثر على تجربة شخص آخر.
الخلايا الجافة 1.5 V	لا توصل قطبيّ الخلية أو البطارية أحدهما بالآخر بسلك كهربائي.

احتياطات الأمان والسلامة في مختبر الفيزياء

البحت العلمي والمهارات العملية

إن تطبيق مهارات البحت العلمي والمهارات العملية من الصفوف السابقة وتطويرها في سياقات جديدة خلال الصفين الحادي عشر والثاني عشر مطلب ضروري. وبالإضافة إلى تذكر المعلومات والظواهر والحقائق والقوانين والتعاريف والمفاهيم والنظريات المذكورة في المناهج الدراسية وإلى شرحها وتطبيقها، فمن المتوقع أن يكون الطلبة قادرين على حل المسائل في مواقف جديدة أو غير مألوفة باستخدام التفكير المنطقي.

ويُتوقع من الطلبة إظهار استيعابهم للمهارات العملية بما في ذلك القدرة على:

- تخطيط التجارب والاستقصاءات.
- جمع الملاحظات والقياسات والتقديرات وتسجيلها وتقديمها.
- تحليل البيانات الناتجة من التجارب للوصول إلى استنتاجات وتفسيرها.
- تقييم أساليب البيانات الناتجة من التجارب وجودتها واقتراح التحسينات الممكنة للتجارب.

أمثلة على المهارات العملية

في القوائم التالية أمثلة محددة على كل مهارة من المهارات العملية. وهذه الأمثلة المحددة توجّه إلى المزيد من البحت العلمي والمهارات العملية التي يتوقع من الطلبة اكتسابها كجزء من تعلمهم. إلى ذلك، يجب تطوير المهارات العملية الأربع وتوحيدها في كل وحدة دراسية. إلا أن بعض الأمثلة المحددة في القوائم قد تكون أكثر صلة بالأنشطة العملية الموصى بها في وحدات دراسية معينة. تعطي هذه المهارات أمثلة عن محتوى AO3 ويمكن تقييمها في الورقة العملية.

تخطيط التجارب والاستقصاءات

- تحديد المتغيرات المستقلة والتابعة وضبطها، ووصف كيفية قياسها وضبطها.
- وصف الإجراءات والتقنيات المستخدمة في التجارب، والتي تؤدي إلى جمع بيانات منطقية ودقيقة.
- استخدام مخططات واضحة ومصنفة لإظهار ترتيب الجهاز عند الحاجة.
- شرح اختيار الجهاز وأداة القياس للوصول إلى دقة مناسبة في قراءة القياس.
- وصف المخاطر الموجودة في التجربة وكيفية تقليلها.

- التنبؤ بالنتائج ووضع الفرضيات بناء على المعرفة والمفاهيم العامة.
- وصف كيفية استخدام البيانات للوصول إلى استنتاج، بما في ذلك الكميات المشتقة التي سوف تحسب بناءً على البيانات الخام لرسم تمثيل بياني مناسب أو وضع مخطط مناسب.

جمع الملاحظات والقياسات والتقديرات وتسجيلها وتقديمها

- تطبيق الطالب لفهمه معنى الضبط والدقة.
- تحديد قيم عدم اليقين في قياس ما كقيم عدم يقين مطلق أو كنسبة مئوية لعدم اليقين.
- جمع القياسات والملاحظات وتسجيلها بشكل منهجي، وتقديم البيانات باستخدام العناوين ووحدات القياس والأرقام ومدى القياسات ودرجات الدقة المناسبة.
- استخدم الطرائق الرياضية أو الإحصائية المناسبة لمعالجة البيانات الخام وتسجيلها حتى العدد الصحيح من الأرقام المعنوية (يجب أن يكون هذا العدد هو نفسه أو أكثر بواحد من أصغر عدد من الأرقام المعنوية في البيانات المقدمة).

تحليل البيانات الناتجة من التجارب للوصول إلى استنتاجات وتفسيرها

- معالجة البيانات وتقديمها، بما في ذلك الرسوم والمخططات والتمثيلات البيانية باستخدام الخطوط المستقيمة أو المنحنيات الأكثر ملاءمة. وتحليل التمثيلات البيانية، بما في ذلك ميل المنحنيات.
- ربط التمثيلات البيانية ذات الخط المستقيم بالمعادلات ذات الصيغة $y = mx + c$ واشتقاق التعابير التي تعادل الميل و / أو نقطة التقاطع مع المحور الصادي في التمثيل البياني الخاص بها.
- تحديد نقطة التقاطع مع المحور الصادي للتمثيل البياني ذي الخط المستقيم أو الميل لمماس المنحنى بما في ذلك تلك التي لا تمر بنقطة الأصل.
- تقدير قيمة عدم اليقين المطلق في الميل والتقاطع الصادي للتمثيل البياني.
- جمع قيم عدم اليقين عند إضافة الكميات أو طرحها وجمع النسب المئوية لعدم اليقين عند ضرب الكميات أو قسمتها.
- رسم الخط المستقيم الأفضل ملاءمة من خلال النقاط الموجودة على التمثيل البياني.
- استخدام قيم الانحراف المعياري أو الخطأ المعياري، أو التمثيلات البيانية ذات أشرطة الخطأ المعيارية، لتحديد ما إذا كانت الاختلافات في القيم المتوسطة ذات دلالة إحصائية.

- تفسير الملاحظات والبيانات الناتجة من التجارب وتقييمها، وتحديد النتائج غير المتوقعة والتعامل معها بشكل مناسب.
- وصف الأنماط في البيانات والتمثيلات البيانية. وإجراء تنبؤات بناءً على الأنماط في البيانات.
- الوصول إلى الاستنتاجات المناسبة وتبريرها بالإشارة إلى البيانات واستخدام التفسيرات المناسبة، ومناقشة مدى دعم النتائج للفرضيات.

تقييم الأساليب واقتراح التحسينات

- تحديد الأسباب المحتملة لعدم اليقين، في البيانات أو في الاستنتاجات، واقتراح التحسينات المناسبة على الإجراءات وتقنيات إجراء التجارب.
- شرح تأثير الأخطاء النظامية (بما في ذلك الأخطاء الصفرية) والأخطاء العشوائية على القياسات.
- وصف تعديلات على تجربة ما من شأنها تحسين دقة البيانات أو توسيع نطاق الاستقصاء.

المهارات العملية Practical Skills

أهداف التعلم

- ١-١ يستخدم المسطرة، والقدم ذات الورنية، والميكروميتر لقياس الأطوال المختلفة ويصف طريقة استخدامها.
- ٢-١ يفهم تأثير الأخطاء النظامية (بما فيها الأخطاء الصفرية) والأخطاء العشوائية على القياس ويشرحها.
- ٣-١ يميز الفرق بين مصطلحي الضبط (Accuracy) والدقة (Precision).
- ٤-١ يفهم الفرق بين الخطأ وعدم اليقين عند القياس.
- ٥-١ يصف كيفية تقدير قيمة عدم اليقين المطلق في القراءة.
- ٦-١ يفهم عدم اليقين في القياس ويحدده كقيمة مطلقة أو نسبة مئوية ويحول بينهما.
- ٧-١ يجمع بين قيم عدم اليقين المطلقة عند جمع الكميات أو طرحها ويجمع النسب المئوية لعدم اليقين عند ضرب الكميات أو قسمتها.
- ٨-١ يتذكر الكميات الأساسية للنظام الدولي للوحدات (SI) ووحداتها القياسية: الكتلة (kg)، الطول (m)، الزمن (s)، شدة التيار الكهربائي (A)، درجة الحرارة (K).
- ٩-١ يعبر عن الوحدات المشتقة كناتج ضرب أو قسمة للوحدات الأساسية للنظام الدولي للوحدات، ويستخدم الوحدات المشتقة للكميات المدرجة في هذا المنهج حسب الحاجة.
- ١٠-١ يتذكر البادئات الآتية ورموزها للإشارة إلى المضاعفات أو الأجزاء العشرية لكل من الوحدات الأساسية والمشتقة، ويستخدمها.
- بيكو (p)، نانو (n)، مايكرو (μ)، ميلي (m)، سنتي (c)، ديسي (d)، كيلو (k)، ميغا (M)، جيجا (G)، تيرا (T).

$$\frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{\text{التغير في } y}{\text{التغير في } x} = \text{الميل}$$

$$\text{عدم اليقين} = \frac{1}{2} (\text{القراءة القصوى} - \text{القراءة الدنيا})$$

$$\text{النسبة المئوية لعدم اليقين} = \frac{\text{قيمة عدم اليقين}}{\text{القيمة المقاسة}} \times 100\%$$

$$\text{عندما } A = B \pm C: \text{قيمة عدم اليقين المطلق في } A = \text{مجموع قيمتي عدم اليقين المطلق في } B \text{ و } C.$$

$$\text{عندما } A = BC \text{ أو } A = \frac{B}{C}: \text{النسبة المئوية لعدم اليقين في } A = \text{مجموع النسبتيْن المئويّتين لقيمتي عدم اليقين في } B \text{ و } C.$$

الأنشطة

مصطلحات علمية

عدم اليقين
Uncertainty: عدم
 اليقين في القراءة
 هو تقدير الفرق
 بين القراءة والقيمة
 الحقيقية للكمية
 المقاسة.

نشاط ١-١ المقاييس وقيم عدم اليقين

يتيح لك هذا النشاط ممارسة جيدة في قراءة مقاييس عدد من الأدوات المختلفة وتقدير قيم عدم اليقين في القياسات.

يجب تحديد عدد الأرقام المعنوية الواردة في القراءة من خلال النظر إلى أداة القياس المستخدمة. على سبيل المثال، ليس من المعقول تسجيل المسافة المقاسة على مسطرة بتدريج مليمتر على أنها (3 cm) أو (3.00 cm)؛ بل يجب أن تسجل على أنها (3.0 cm).

١. أ. دوّن قراءة موضع كل من الحافتين اليمنى واليسرى للعملة المعدنية الموضوعة على المسطرة الآتية:



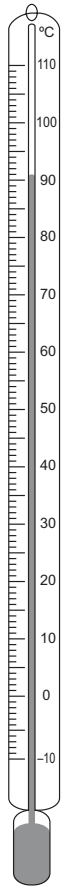
الشكل ١-١: للسؤال ١ (أ).

ب. دوّن قراءة درجة الحرارة الموضّحة على ميزان الحرارة في الشكل ٢-١.

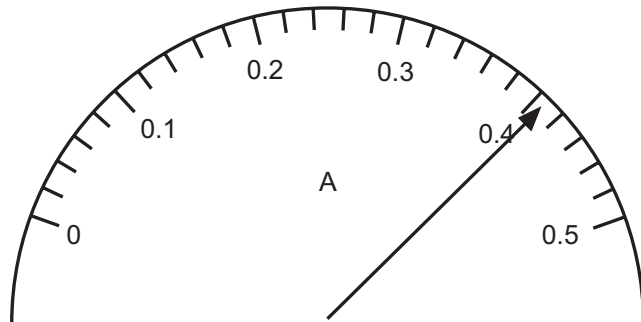
.....

ج. دوّن قراءة شدة التيار الكهربائي الموضّح على جهاز القياس التناظري في الشكل ٣-١.

.....



الشكل ٢-١: للسؤال ١ (ب).



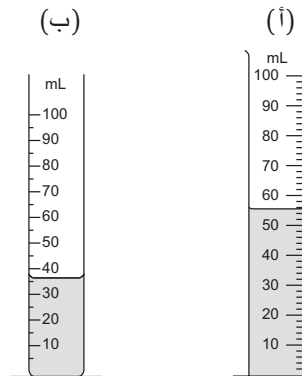
الشكل ٣-١: للسؤال ١ (ج).

العرض التناظري

Analogue display:

عرض مستمرّ يمثل
 الكمية التي يتمّ قياسها
 على واجهة مدرّجة أو
 مقياس مدرّج.

د. دُونَ قراءة الحجم الموضَّح على المخبر المدرَّج (أ):

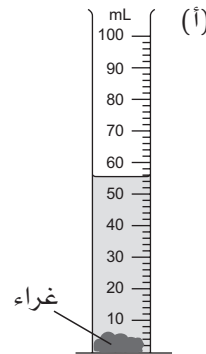


الشكل ١-٤: للسؤال ١ (د).

هـ. أي من المخبرين (أ) و (ب) أقل دقة؟ اشرح السبب.

.....
.....

و. تصلبت كمية صغيرة من الغراء حجمها حوالي (6 mL)، في قاع المخبر (أ)، ولم يؤخذ في الاعتبار (الشكل ١-٥). يتسبب ذلك في خطأ صفري عند استخدام المخبر لقياس حجم سائل ما، الأمر الذي يجعل المخبر (أ) أقل دقة.



الشكل ١-٥: للسؤال ١ (و).

اشرح المقصود بالخطأ الصفري. وكيف يُحتمل أن يكون المخبر (ب) في هذه الحالة أكثر دقة؟

.....
.....

مصطلحات علمية

الدقة Precision: مدى

تقارب نتائج القياس

عند تكرار قياس

الكمية نفسها عدة

مرات. والقياس الدقيق

هو القياس الذي يعطي

القيمة نفسها عدة

مرّات، أو قد تكون

مقاربة جداً، مع فارق

بسيط حول القيمة

المتوسطة.

الخطأ الصفري

Zero error: يحدث

عندما تعطي الأداة

قراءة غير صفريّة (لها

مقدار معيّن) وتكون

القيمة الحقيقية للكمية

صفرًا.

نشاط ٢-١ إيجاد عدم اليقين في قراءة ما

يأخذ هذا النشاط في الاعتبار طرائق مختلفة للتعبير عن عدم اليقين في القياسات وكيفية ظهورها.

يجب إعطاء الكميات المحسوبة عدد الأرقام المعنوية نفسها مثل الكمّية المقاسة الدقيقة قدر الإمكان (أو بزيادة رقم معنوي واحد)، إلا عندما يتم الحصول عليها من خلال الجمع أو الطرح.

١. عندما يسمع الطالب صوت صفارة الانطلاق في بداية السباق، يبدأ بتشغيل ساعة الإيقاف الخاصة به، ثم يوقفها عندما يرى العداء يعبر خط النهاية.

القراءة على ساعة الإيقاف الرقمية هي (26.02 s).

أ. ما القيمة التي يجب على الطالب تدوينها كأفضل تقدير للزمن ولعدم اليقين في قياس الزمن، بناءً على قراءة واحدة فقط؟

ب. يسجل ثلاثة طلبة آخرون زمن السباق نفسه على ساعات إيقافهم، والقراءات هي:

25.90 s 26.34 s 26.14 s

احسب القيمة المتوسطة لجميع القراءات الأربع، واحسب مقدار عدم اليقين في قياس الزمن.

ج. القيمة الحقيقية للزمن هي (26.40 s). اشرح كيف تظهر هذه القيمة أن في قراءات الطلبة خطأ نظامياً.

د. اذكر سبباً واحداً لخطأ نظامي، وسبباً آخر لخطأ عشوائي في القراءات.

العرض الرقمي

Digital display: عرض

يعطي المعلومات في شكل أحرف (أرقام أو أحرف).

مصطلحات علمية

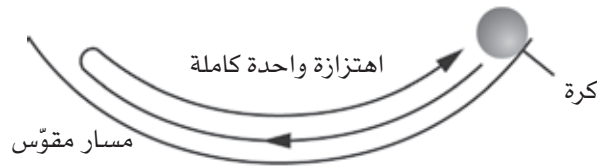
الخطأ النظامي

Systematic error: يحدث بسبب اختلاف القراءات حول القيمة الحقيقية بمقدار ثابت في كل مرة تتم فيها القراءة.

الخطأ العشوائي

Random error: يحدث بسبب اختلاف القراءات حول متوسط القيمة المقاسة بطريقة غير متوقعة من قراءة إلى أخرى.

٢. تقيس طالبة زمن عدد من الاهتزازات الكاملة لكرة على طول مسار مقوَّس.



الشكل ١-٦: للسؤال ٢.

أجرت محاولتين لقياس زمن الاهتزازة الواحدة الكاملة وكانت القراءتان:

2.12 s

2.32 s

ثم أجرت محاولتين لقياس زمن عشر اهتزازات كاملة وكانت القراءتان:

21.20 s

21.32 s

زمن اهتزازة واحدة كاملة هو (T) .

أ. استخدم المجموعة الأولى من القراءتين لتحديد مقدار زمن اهتزازة واحدة كاملة وقيمة عدم اليقين في (T) .

.....

ب. استخدم المجموعة الثانية من القراءتين لتحديد مقدار زمن اهتزازة واحدة كاملة وقيمة عدم اليقين في (T) .

.....

ج. احسب النسبة المئوية لعدم اليقين في قيمتي (T) اللتين حدّدتهما.

.....

.....

د. اقترح سبباً واحداً يجعل قياس زمن عدد كبير من الاهتزازات -200 اهتزازة، على سبيل المثال- غير ممكن.

.....

مهم

يجب أن تجد أن النسبة المئوية لعدم اليقين في (T) التي تم الحصول عليها باستخدام عشر اهتزازات كاملة هي الأقل. يؤدي استخدام المزيد من الاهتزازات إلى نسبة مئوية أقل في عدم اليقين.

نشاط ٣-١ جمع قيم عدم اليقين

يساعدك هذا النشاط على فهم النسب المئوية لعدم اليقين والقيم المطلقة لعدم اليقين.

هناك قاعدتان بسيطتان:

- عند جمع الكميات أو طرحها، عليك أن تجمع القيم المطلقة لعدم اليقين لإيجاد إجمالي قيمة عدم اليقين المطلق.
- عند ضرب الكميات أو قسمتها، عليك أن تجمع النسب المئوية لقيم عدم اليقين لإيجاد النسبة المئوية الإجمالية لعدم اليقين.

١. أ. كم عدد الأرقام المعنوية في 0.0254 ؟

.....

ب. اكتب $T = (1.25578 \pm 0.1247) \text{ s}$ ، مع الاحتفاظ برقمين معنويين في عدم اليقين.

.....

ج. احسب النسبة المئوية لعدم اليقين لـ $v = (12.25 \pm 0.25) \text{ m s}^{-1}$.

.....

.....

د. احسب قيمة عدم اليقين المطلق إذا كانت القيمة المقاسة (120 s) والنسبة المئوية لعدم اليقين هي (5%).

.....

.....

.....

٢. أ. أخذت هذه القياسات لكميات مختلفة.

$$T = 7.5 \text{ s} \pm 0.2 \text{ s}$$

$$L = 10.0 \text{ m} \pm 0.2 \text{ m}$$

$$D = 5.6 \text{ cm} \pm 4\%$$

حدّد القياس الذي يحتوي على أقل نسبة مئوية لعدم اليقين.

.....

ب. تمّ قياس الطول A والعرض B لورقة مستطيلة، فوجد أن $A = (29.5 \pm 0.1) \text{ cm}$ و $B = (21.0 \pm 0.1) \text{ cm}$ ومحيط الورقة C هو $2A + 2B$ ؛ احسب قيمة عدم اليقين المطلق لـ C .

ج. تمّ حساب الضغط (P) باستخدام المعادلة $P = \frac{F}{\pi r^2}$. النسبة المئوية لعدم اليقين هي $\pm 2\%$ في (F) و $\pm 1\%$ في (r). احسب النسبة المئوية لعدم اليقين في (P).

٣. تُحسب المساحة A لدائرة نصف قطرها (r) بالمعادلة $A = \pi r^2$.

إذا كان قياس (r) هو $(10.0 \pm 0.2) \text{ cm}$ ، فاحسب:

أ. النسبة المئوية لعدم اليقين في قياس (r).

ب. النسبة المئوية لعدم اليقين في حساب (r) تم تربيعها وبالتالي يتم ضربها في نفسها؛ حيث إنه لا يوجد عدم يقين في (π).

ج. قيمة عدم اليقين المطلق في A (التغيير من النسبة المئوية إلى قيمة عدم اليقين المطلق، سيحتاج إلى قيمة $A = 314 \text{ cm}^2$).

٤. تمّ الحصول على هذه القراءات في تجربة لقياس كثافة كرة فلزية صغيرة:

• الكتلة $= (7.0 \pm 0.1) \text{ g}$

• الحجم $= (1.20 \pm 0.05) \text{ cm}^3$

حصل أحد الطلبة على كثافة مقدارها $(5.8333 \text{ g cm}^{-3})$.

أ. احسب النسبة المئوية لعدم اليقين لكل قراءة.

.....
.....

ب. احسب النسبة المئوية لعدم اليقين في قيمة الكثافة.

.....
.....

ج. احسب قيمة عدم اليقين المطلق في الكثافة.

.....
.....

د. اكتب مقدار الكثافة وقيمة عدم اليقين مع عدد معقول من الأرقام المعنوية.

.....
.....

هـ. القياسات التي تمّ الحصول عليها عندما تسقط كرة مسافة (s) في زمن (t) هي:

• $s = (1.215 \pm 0.004) \text{ m}$

• $t = (0.495, 0.498, 0.503, 0.496, 0.501) \text{ s}$

متوسط قيمة (t) هو (0.499 s) وتسارع الجاذبية الأرضية (g) هو (9.77 m s^{-2}) (تمّ

حسابه باستخدام المعادلة: $g = \frac{2s}{t^2}$). احسب:

أ. النسبة المئوية لعدم اليقين في (s).

.....
ب. المدى في قياسات (t).

.....
ج. قيمة عدم اليقين المطلق في القيمة المتوسطة (t).

.....
د. النسبة المئوية لعدم اليقين في القيمة المتوسطة (t).

.....
هـ. النسبة المئوية لعدم اليقين في (g).

.....
و. قيمة عدم اليقين المطلق في (g).

.....
.....

مهم

المدى Range: الفرق

بين أكبر قيمة وأصغر

قيمة في قياس كمية ما.

مهم

تذكّر: بما أن $g = \frac{2s}{t \times t}$

فإنك تجمع النسبة

المئوية لعدم اليقين في

(t) مرتين إلى النسبة

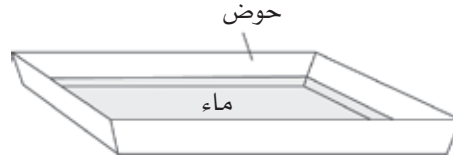
المئوية لعدم اليقين في

(s).

نشاط ١-٤ الجداول والتمثيلات البيانية والميل

يُدرِّبك هذا النشاط على جدولة النتائج ورسم منحنيات التمثيلات البيانية وإيجاد الميل.

١. تَحَقَّقْ إحدى الطالبات من سرعة موجات الماء في حوض يحوي مياهًا ضحلة كما في الشكل ٧-١.



الشكل ٧-١: للسؤال ١.

يتم رفع أحد طرفي الحوض ثم خفضه بسرعة، الأمر الذي يُولِّد موجة تتحرَّك عبر ماء الحوض عدَّة مرَّات إلى الأمام وإلى الخلف قبل أن تضمحل. تقيس الطالبة عمق الماء (d) والزمن (t) الذي تستغرقه الموجة للانتقال من أحد طرفي الحوض إلى الطرف الآخر والعودة مرَّةً أخرى. تكرر الطالبة قراءة الزمن (t). المسافة التي تحركتها الموجة ذهابًا وإيابًا خلال الزمن (t) تساوي (5.00 m).

يوضح هذا الجدول قياسات الزمن عند قيم مختلفة لـ (d):

t_2 (s)	t_1 (s)	d (m)
22.3	22.2	0.005
16.0	15.9	0.010
13.1	12.9	0.015
11.4	11.3	0.020
10.1	10.1	0.025
9.3	9.2	0.030
8.4	8.5	0.035

الجدول ١-١: بيانات السؤال ١.

تمَّ حساب السرعة (v) لانتقال موجة الماء باستخدام المعادلة:

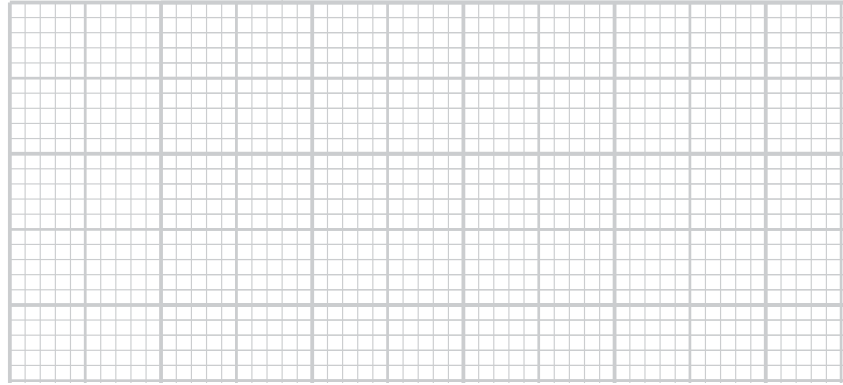
$$v = \frac{5.00}{t}$$

حيث (t) هي متوسط قيمتي (t_1) و (t_2).

عندما تقاس (t) بوحدة s، تعطي المعادلة قيمة (v) بوحدة m s^{-1} .

أ. ارسم جدولاً للقراءات يوضّح العمق (d) بالمتر ومتوسط الزمن (t) والسرعة (v). ضمّن أيضاً قيم (v^2) في جدولك، ثم اكتب الوحدات المناسبة لجميع الكمّيات.

ب. ارسم تمثيلاً بيانياً لـ (v^2) على المحور (y) و (d) على المحور (x).



ج. ارسم الخط المستقيم الأفضل ملائمة، بحيث يمرّ بين النقاط.

د. احسب الميل ونقطة تقاطع هذا الخط مع المحور (y).

الميل = نقطة التقاطع =

هـ. الكمّيتان (v) و (d) مرتبطتان في المعادلة:

$$v^2 = Ad + B$$

حيث A و B ثابتان.

استخدم إجابتك في الجزئية (د) لتحديد قيم A و B . موضّحاً الوحدات المناسبة.

.....

الاستقصاءات العملية

استقصاء عملي ١-١: استخدام الميكروميتر والقدمة ذات الورنية

ستحتاج إلى	
المواد والأدوات:	
• ميكروميتر	• منقلة
•قدمة ذات الورنية	• فولتميتر
• أنبوب صغير	• ساعة إيقاف
• شريط مري	• ميزان ذو كفة واحدة
• مسطرة (30 cm)	

⚠ احتياطات الأمان والسلامة
• تأكد من قراءة احتياطات الأمان والسلامة في بداية هذا الكتاب، واستمع إلى نصائح معلمك قبل تنفيذ هذا الاستقصاء. • انتبه من الحواف الحادة عند استخدام القدمة ذات الورنية حتى لا تؤذي نفسك.

الطريقة

١. استخدم الميكروميتر والقدمة ذات الورنية لقياس سُمك قطعة من ورق. قم بقياس مقدار السُمك هذا في عدّة أماكن مختلفة من الورقة، معطياً القيمة المتوسطة وقيمة عدم اليقين لسُمك الورقة التي استتجتتهما من قراءاتك.

.....

.....

٢. قراءات باستخدام الميكروميتر:

أ. السُمك المتوسط للورقة = mm

ب. عدم اليقين في القيمة المتوسطة = mm

٣. قراءات باستخدام القدمة ذات الورنية:

- السُّمك المتوسط للورقة = mm
- عدم اليقين في القيمة المتوسطة = mm
- قارن القيم التي حصلت عليها باستخدام الميكروميتر مع القيم التي حصلت عليها باستخدام القدمة ذات الورنية. مع الأخذ في الاعتبار مدى عدم اليقين في هذه القيم، اذكر ما إذا كانت القيم متماثلة مع بعضها. إذا لم يكن الأمر كذلك، فهل يمكنك اقتراح سبب اختلافهما؟

.....

.....

.....

.....

- استخدم الميكروميتر لقياس سُمك 10 ورقات من عدّة أماكن، واستخدم القيمة المتوسطة للقراءات التي حصلت عليها لمعرفة سُمك ورقة واحدة وعدم اليقين في قيمة سُمك الورقة. (للحصول على سُمك ورقة واحدة، عليك قسمة سُمك الـ 10 ورقات على 10، ولإيجاد قيمة عدم اليقين نفّذ الخطوة ذاتها، أي اقسم قيمة عدم اليقين في سُمك 10 ورقات على 10).

.....

.....

.....

٥. قراءات سُمك 10 ورقات:

- السُّمك المتوسط لـ 10 ورقات = mm
- السُّمك المتوسط لورقة واحدة = mm
- قيمة عدم اليقين في سُمك ورقة واحدة = mm

- قم بقياس القطر الداخلي والخارجي للأنبوب باستخدام القدمة ذات الورنية.

- القطر الداخلي = mm
- القطر الخارجي = mm

- باستخدام قراءاتك في (٦) احسب سُمك الأنبوب.

السُّمك = mm

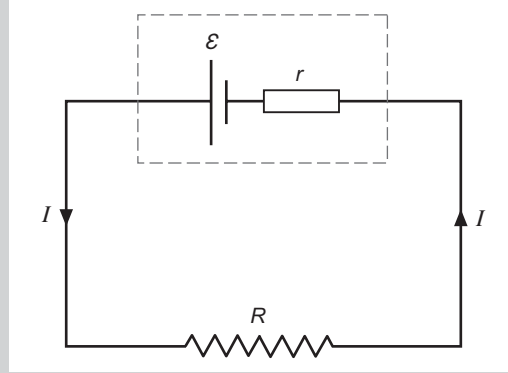
٨. أكمل الجدول الآتي.

هل هناك احتمال للخطأ الصفري؟	شريط متري	مسطرة 30 cm	القدمة ذات الورنية	ميكروميتر	منقلة	فولتميتر	ساعة إيقاف	ميزان ذو كفة
ما أصغر تدريب في الأداة أو الجهاز؟								
ما قيمة عدم اليقين (افتراض عدم وجود خطأ صفري)								
ما أكبر قراءة ممكنة؟								
ما النسبة المئوية لعدم اليقين في أكبر قراءة ممكنة؟								

الجدول ١-٢: جدول تسجيل النتائج.

أسئلة نهاية الوحدة

١. تقوم إحدى الطالبات بتركيب دائرة كهربائية تحتوي على مقاومة وخلية، كما هو موضح في الشكل ٨-١.



الشكل ٨-١

القوة الدافعة الكهربائية (e.m.f.) للخلية هي (ϵ) ومقاومتها الداخلية (r). يتم قياس شدة التيار الكهربائي (I) باستخدام أميتر، والذي لا يظهر في رسم الدائرة الكهربائية أعلاه. تستخدم الطالبة عدداً من المقاومات المختلفة (R). تسجل قيمة شدة التيار الكهربائي (I) وقيمة (R) في كل مرة. يتم تشغيل الخلية فقط لمدة قصيرة لأخذ القراءات.

تظهر القراءات التي حصلت عليها الطالبة في الجدول:

$R (\Omega)$	30	25	15	2	5	20	10
$I (A)$	0.048	0.056	0.086	0.286	0.186	0.068	0.118

الجدول ٧-١

- انقل الجدول، واضعاً القراءات بترتيب تصاعدي لقيمة المقاومة. قم بتضمين قيم $\frac{1}{I}$ في جدولك.
- ارسم تمثيلاً بيانياً لـ $\frac{1}{I}$ على المحور y مقابل (R) على المحور x .
- ارسم الخطّ المستقيم الأكثر ملاءمة عبر النقاط.
- حدّد الميل ونقطة تقاطع هذا الخطّ مع المحور y .
- الكمّيتان (I) و (R) مرتبطتان في المعادلة:

$$\frac{1}{I} = \frac{1}{\epsilon} (R + r)$$

حيث (ϵ) هي القوة الدافعة الكهربائية (e.m.f.) للخلية و (r) هي المقاومة الداخلية للخلية. استخدم إجابتك للجزئية (د) لتحديد قيمة كل من (ϵ) و (r). ضمّن إجابتك وحدات القياس المناسبة.

أفعال إجرائية

حدّد: أجب استناداً إلى المعلومات المتاحة.

السرعة والسرعة المتجهة^٣

Speed and Velocity

أهداف الوحدة

- ١-٢ يعرف السرعة المتوسطة ويستخدمها.
- ٢-٢ يصف الفرق بين الكميات العددية والمتجهة.
- ٣-٢ يعرف المسافة، والإزاحة ويستخدمهما.
- ٤-٢ يعرف السرعة والسرعة المتجهة ويستخدمهما.
- ٥-٢ يرسم منحنيات التمثيل البياني (الإزاحة-الزمن) ويحللها.
- ٦-٢ يجد مقدار السرعة المتجهة باستخدام ميل خط التمثيل البياني (الإزاحة-الزمن).
- ٧-٢ يجمع متجهين في مستوى واحد ويطرحهما.

$$\text{السرعة المتوسطة} = \frac{\text{المسافة الكلية المقطوعة}}{\text{الزمن الكلي المستغرق}}$$

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

$$\text{السرعة المتجهة} = \frac{\text{التغير في الإزاحة}}{\text{الزمن المُستغرق}}$$

$$\vec{v} = \frac{\Delta \vec{s}}{\Delta t}$$

< الأنشطة

نشاط ١-٢ حسابات السرعة

ستساعدك هذه الأسئلة على مراجعة الحسابات التي تتضمن السرعة والمسافة والزمن. سوف تتدرب أيضاً على تحويل الوحدات القياسية. الوحدة المستخدمة في النظام الدولي للوحدات (SI) لقياس الزمن هي الثانية s. لذا من الأفضل لك استخدام الثواني خلال القيام بالحسابات والقيام بالتحويل إلى دقائق أو ساعات كخطوة أخيرة في العمليات الحسابية. الكتابة العلمية الصحيحة للمتر في الثانية هو m s^{-1} .

مهم

عند ضرب أو قسمة كميتين أو أكثر، يمكن إيجاد النسبة المئوية لعدم اليقين في النتيجة النهائية من خلال جمع النسبة المئوية لعدم اليقين في كل من الكميات معاً. هذا يعني أن إجابتك على الجزئية (د) يجب أن تكون هي نفسها الإجابة على الجزئية (ب) مع رقم معنوي واحد.

١. يقطع قطار مسافة (4000 m) خلال زمن قدره (125 s) إلا أن قياس الزمن لم يكن دقيقاً بقيمة عدم اليقين في الزمن هو (± 1 s)، وعدم اليقين في قياس المسافة مهم.

أ. احسب السرعة المتوسطة للقطار.

.....

.....

ب. احسب النسبة المئوية لعدم اليقين في قياس الزمن.

.....

.....

ج. باستخدام الزمن ($125 - 1 = 124$ s)، احسب القيمة القصوى للسرعة المتوسطة الناتجة من هذه القيمة. أعط إجابتك مع عدد معقول من الأرقام المعنوية.

.....

.....

د. بحساب الحد الأدنى لقيمة السرعة المتوسطة وباستخدام إجابتك على الجزئيتين (ج) و (أ)، احسب النسبة المئوية لعدم اليقين في السرعة المتوسطة للقطار.

.....

.....

٢. من المفيد أن تكون قادراً على مقارنة سرعات أجسام مختلفة. وللقيام بذلك يجب حساب السرعات بوحدات القياس نفسها.

أ. احسب السرعة بوحد $m s^{-1}$ للأجسام في الحالات الآتية من (١) إلى (٦). عبّر عن إجابتك بالشكل المعياري (المعروف أيضاً بالتدوين العلمي)، مع رقم واحد قبل الفاصلة العشرية، على سبيل المثال (0.000035) في الشكل المعياري أو القياسي يُكتب (3.5×10^{-5}).

١. ينتقل الضوء بسرعة ($300\,000\,000\, m s^{-1}$) في الفراغ.

.....

.....

٢. تتحرك مركبة فضائية متجهة إلى القمر بسرعة (11 km s^{-1}) .

.....
.....

٣. يركض رياضي مسافة (100 m) خلال زمن قدره (10.41 s) .

.....
.....

٤. يقطع جسيم ألفا مسافة (5.0 cm) خلال $(0.043 \times 10^{-6} \text{ s})$.

.....
.....

٥. سرعة الأرض في مدارها حول الشمس تبلغ $(107\,000 \text{ km h}^{-1})$.

.....
.....

٦. تقطع شاحنة مسافة (150 km) على طريق سريع خلال (1.75 h) .

.....
.....

ب. رتب الأجسام من الأبطأ إلى الأسرع.

.....
.....

نشاط ٢-٢ قياس السرعة في المختبر

يمكنك قياس سرعة عربة متحركة في المختبر باستخدام مسطرة وساعة إيقاف. ومع ذلك فمن المحتمل أن تحصل على نتائج أفضل باستخدام بوابات ضوئية وجهاز المؤقت الإلكتروني. في هذا النشاط ستقارن البيانات الناتجة من هاتين الطريقتين المختلفتين، وتدرّب على تحليل البيانات.

١. يستخدم أحد الطلبة ساعة إيقاف لقياس الزمن الذي تستغرقه عربة لتقطع مسافة مقاسة قدرها (1.0 m) .

أ. اشرح سبب صعوبة الحصول على قياس مضبوط للزمن بهذه الطريقة.

.....

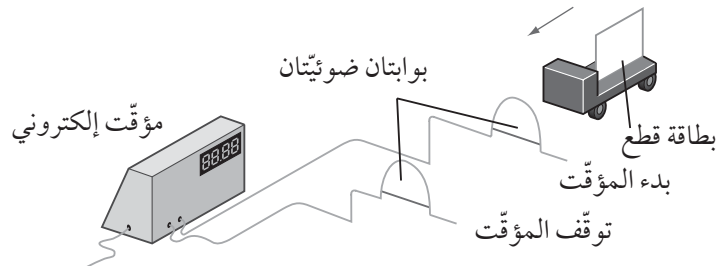
.....

ب. اشرح سبب احتمال صعوبة الحصول على قياس مضبوط أكبر إذا كانت العربة تتحرك بسرعة أكبر.

.....

.....

٢. يوضح هذا المخطط كيف يمكن قياس سرعة عربة باستخدام بوابتين ضوئيتين متصلتين بمؤقت إلكتروني، وبطاقة القطع مثبتة على العربة:



الشكل ٢-١: للسؤال ٢. تحديد السرعة باستخدام بوابتين ضوئيتين.

أ. اشرح ما يحدث عندما تمر العربة عبر البوابتين الضوئيتين.

.....

.....

.....

ب. قم بتسمية الكمية المعروضة على شاشة المؤقت.

.....

ج. ما القياس الآخر الذي يجب إجراؤه لتحديد سرعة العربة؟ صف كيف ستجري هذا القياس.

.....

.....

د. اشرح كيف ستحسب سرعة العربة من هذين القياسين.

.....

.....

هـ. اشرح سبب إعطاء هذه الطريقة السرعة المتوسطة للعربة.

.....
.....

٣. يمكن استخدام النابض الزمني لتسجيل حركة عربة. يقوم النابض بتسجيل علامات (نقاط) على شريط ورقي خلال فترات زمنية متساوية.

أ. ارسـم نمط النقاط التي تتوقع أن تراها على الشريط لعربة تسير بسرعة ثابتة.

ب. يقوم النابض الزمني بتسجيل 50 نقطة كل ثانية على شريط ورقي. اذكر الفاصل الزمني بين النقاط المتتالية.

.....

ج. يقيس أحد الطلبة المسافة على قطعة من الشريط. المسافة من النقطة الأولى إلى النقطة السادسة هي (12 cm). احسب السرعة المتوسطة للعربة في هذه الفترة الزمنية. اكتب إجابتك بوحدة $m s^{-1}$.

.....

.....

نشاط ٣-٢ التمثيلات البيانية (الإزاحة-الزمن)

يُستخدم التمثيل البياني (الإزاحة-الزمن) لتمثيل حركة جسم ما. ميل منحنى التمثيل البياني هو السرعة المتجهة للجسم. تساعدك هذه الأسئلة في رسم البيانات وتفسيرها واستخدامها عبر التمثيلات البيانية (الإزاحة-الزمن).

١. يتم تعريف السرعة المتجهة من خلال المعادلة الآتية:

$$\vec{v} = \frac{\Delta \vec{s}}{\Delta t}$$

أ. اذكر ما يمثله الرمز $(\vec{s})$ و (t) .

.....

ب. اذكر ما يمثله الرمز $(\Delta \vec{s})$ و (Δt) .

.....

مهم

عند استخدام النابض الزمني، فكّر في ما إذا كنت تريد عدّ النقاط أو المسافات بين النقاط.

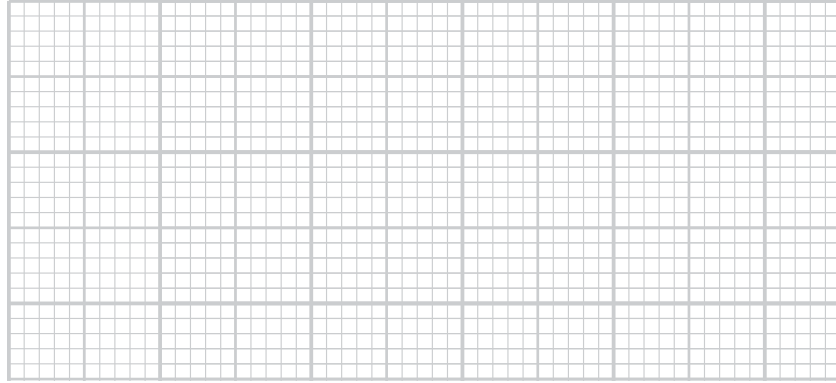
مصطلحات علمية

الإزاحة Displacement:
أقصر مسافة من نقطة البداية إلى نقطة النهاية في اتجاه معين؛ وهي كمية متجهة.

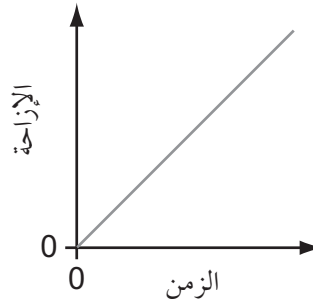
مهم

تذكر تسمية محاور التمثيل البياني بالكميات الصحيحة.

ج. ارسم خطاً مستقيماً في التمثيل البياني (الإزاحة-الزمن) ووضح كيف يمكنك إيجاد (Δs) و (Δt) من هذا التمثيل البياني.



٢. التمثيل البياني الآتي يعبر عن حركة سيارة:



الشكل ٢-٢: للسؤال ٢. التمثيل البياني (الإزاحة-الزمن) لسيارة متحركة.

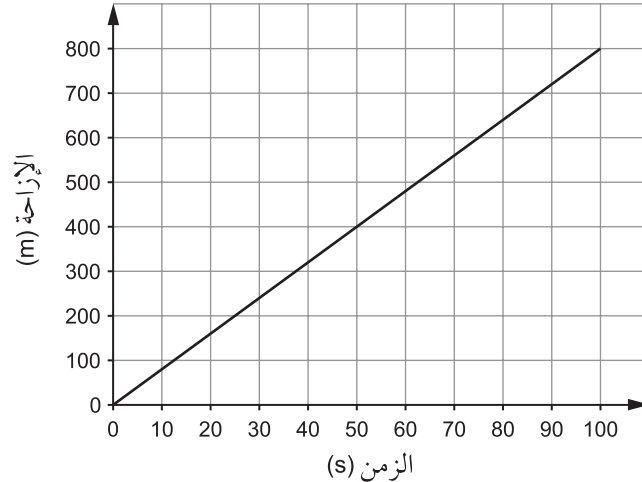
أ. اشرح كيف يمكنك معرفة أن السيارة كانت تتحرك بسرعة ثابتة.

.....

ب. انسخ مخطط التمثيل البياني، ثم أضف إليه خطاً ثانياً يمثل حركة سيارة تتحرك بسرعة ثابتة أكبر. عنون الخط الثاني بـ «أسرع».

ج. أضيف إلى التمثيل البياني الذي رسمته خطأً ثالثاً يمثل حركة سيارة لا تتحرك. عنون الخط الثالث بـ «لا تتحرك».

٣. يمثل التمثيل البياني في الشكل ٢-٣ حركة عداء في سباق على طريق طويل ومستقيم.



الشكل ٢-٣: للسؤال ٣. التمثيل البياني (الإزاحة-الزمن) لحركة عداء.

استخدم التمثيل البياني لاستنتاج:

أ. مقدار إزاحة العداء عند الزمن (75 s).

.....

.....

ب. الزمن الذي يستغرقه العداء لإكمال أول (200 m) من السباق.

.....

.....

ج. سرعة المتجهة للعداء.

.....

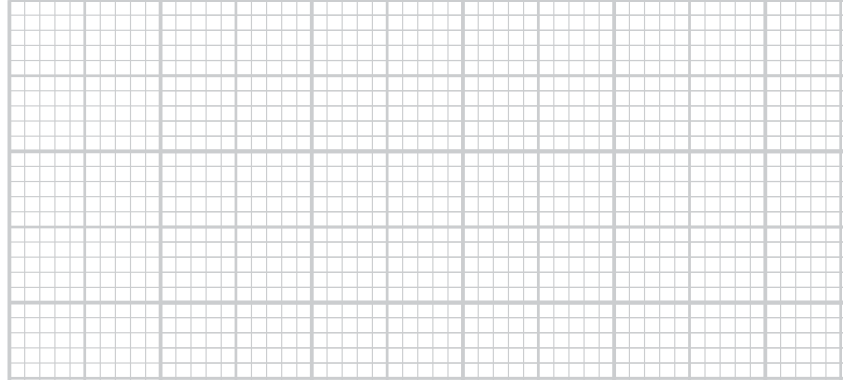
.....

٤. يوضح الجدول ١-٢ قيم الإزاحة والزمن خلال رحلة قصيرة لراكب دراجة:

680	560	400	240	80	0	الإزاحة (m)
50	40	30	20	10	0	الزمن (s)

الجدول ١-٢: بيانات لرحلة راكب دراجة.

أ. ارسم تمثيلاً بيانياً (الإزاحة-الزمن) للرحلة.



ب. استنتج من التمثيل البياني، أكبر سرعة لراكب الدراجة أثناء الرحلة.

.....
.....

نشاط ٢-٤ جمع وطرح المتجهات

تتضمن هذه الأسئلة التفكير في الإزاحة والسرعة. إنها كميات متجهة تتحدد باتجاه ومقدار أيضاً. يمكن تصنيف كل كمية في الفيزياء على أنها كمية عددية أو كمية متجهة. يمكن تمثيل الكمية المتجهة بسهم.

١. للكمية العددية مقدار فقط.

أ. اذكر الكمية العددية التي تتوافق مع الإزاحة.

.....
.....
.....

ب. اذكر الكمية العددية التي تتوافق مع السرعة المتجهة.

.....
.....
.....

ج. حدّد ما إذا كانت كلّ من الكميات الآتية كمية عددية أم كمية متجهة: (الكتلة، القوة، التسارع، الكثافة، الطاقة، الوزن).

.....
.....

مصطلحات علمية

الكمية العددية

Scalar quantity: كمية

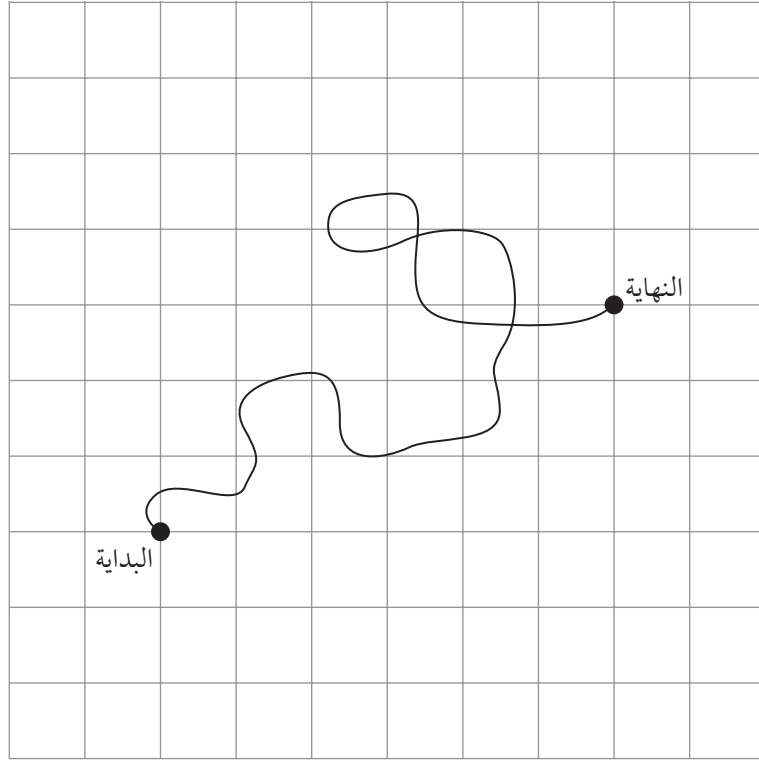
تحدّد بالمقدار فقط.

الكمية المتجهة

Vector quantity: كمية

تحدّد بالمقدار والاتجاه.

٢. يُظهر الرسم في الشكل ٢-٤ قطعة من الورق المربع. يبلغ قياس كل مربع $(1\text{ cm} \times 1\text{ cm})$. يُظهر الشكل مسار حركة عنكبوت تحرّك على الورقة لبرهة قصيرة:



الشكل ٢-٤: للسؤال ٢. حركة العنكبوت.

أ. كم يبلغ عدد المربّعات التي تحرّك فيها العنكبوت باتجاه اليمين، من البداية إلى النهاية؟

.....

ب. كم يبلغ عدد المربّعات التي تحرك فيها العنكبوت باتجاه أعلى الورقة؟

.....

ج. احسب إزاحة العنكبوت من البداية إلى النهاية. تأكّد من كتابة المسافة بوحدة cm وزاوية إزاحته بالنسبة إلى الاتجاه الأفقي.

.....

.....

.....

د. قم بتقدير المسافة التي قطعها العنكبوت. صف طريقته.

.....

.....

.....

٣. يُبحر يَخت مسافة (20 km) شمالاً، ثم ينعطف بزاوية 45° نحو الغرب ويقطع مسافة (12 km) إضافية.

أ. احسب المسافة التي قطعها اليخت بوحدة km.

.....

.....

.....

ب. ارسم مخططاً، ذا مقياس رسم معيّن، لرحلة اليخت. مع توضيح مقياس الرسم الذي استخدمته.

.....

ج. حدّد، بمقياس الرسم التخطيطي، محصلة إزاحة اليخت.

.....

.....

.....

٤. تطير طائرة ركّاب نفّاثة بسرعة (950 km h^{-1}) بالنسبة إلى سطح الأرض باعتبار أن الهواء ساكن.

أ. تهبّ رياح سرعتها (100 km h^{-1}) عكس اتجاه حركة الطائرة، ما يؤدي إلى إبطائها. ما مقدار سرعتها بالنسبة إلى سطح الأرض؟

.....

.....

.....

ب. إذا كانت الطائرة تحلق في الاتجاه نفسه لحركة الرياح، فما مقدار سرعتها بالنسبة إلى سطح الأرض؟

.....

.....

.....

ج. إذا كانت الطائرة تطير باتجاه عمودي مع اتجاه الرياح:

١. ارسم رسمًا تخطيطيًا لإظهار كيفية جمع هاتين السرعتين المتجهتين معًا لإعطاء السرعة المتجهة المحصلة للطائرة.

٢. احسب سرعة الطائرة بالنسبة إلى سطح الأرض.

.....

.....

.....

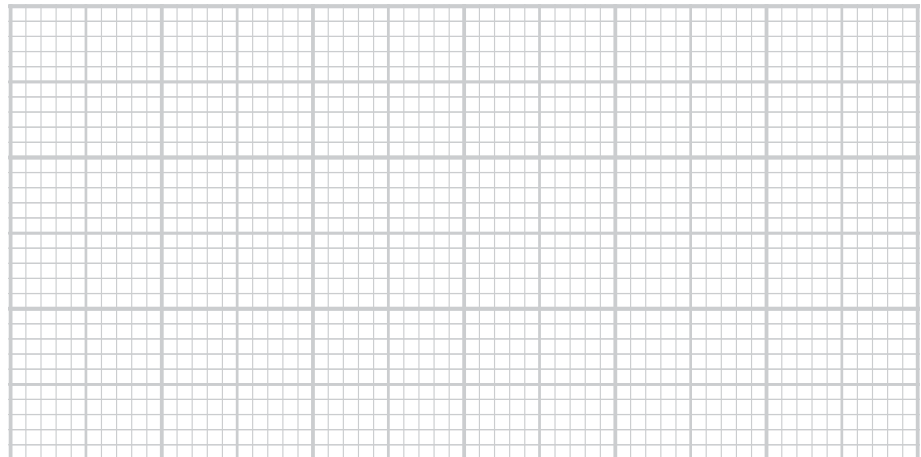
٥. اطرّح إزاحة مقدارها (5.0 m) وبزاوية 30° في اتجاه شمال الشرق من إزاحة مقدارها (10 m) في اتجاه الشمال.

.....

.....

مهم

لطرّح متجه، أضف متجهًا مساويًا له في المقدار ولكن في الاتجاه المعاكس، أي أضف متجه (5.0 m) عند 210° .



الاستقصاءات العملية

استقصاء عملي ١-٢: تحديد السرعة المتوسطة لأسطوانة تتدحرج إلى أسفل منحدر

السرعة المتوسطة

:Average speed

$$v = \frac{d}{t}$$

تُعرّف السرعة المتوسطة لجسم ما بواسطة العلاقة:

$$\text{السرعة المتوسطة} = \frac{\text{المسافة الكلية المقطوعة}}{\text{الزمن الكلي المستغرق}}$$

ويُعبّر عنها بالرموز: $v = \frac{d}{t}$

الوحدة القياسية للسرعة في النظام الدولي للوحدات (SI) هي m s^{-1} أو m/s .

ستحتاج إلى

- | | |
|-------------------------------|-----------------|
| المواد والأدوات: | • أسطوانة خشبية |
| • منقلة | • لوح خشبي |
| • ساعة إيقاف إلكترونية | • حامل |
| • كتاب أو مقلمة (حقيبة أقلام) | • مثبت |
| • يعمل كحاجز في أسفل المنحدر | • مسطرة مترية |

⚠ احتياطات الأمان والسلامة

- تأكد من قراءة احتياطات الأمان والسلامة في بداية هذا الكتاب، واستمع إلى نصائح معلمك قبل تنفيذ هذا الاستقصاء العملي.
- استخدم كتاباً أو مقلمة لإيقاف الأسطوانة بعد وصولها إلى أسفل اللوح الخشبي حتى لا تسقط على قدمك.

الجزء ١: استقصاء زمن ردّ الفعل

الخطوات

١. اضبط ساعة الإيقاف على الصفر.
 ٢. شغل وأوقف ساعة الإيقاف بأسرع ما يمكن وسجل القراءة.
 ٣. كرر هذه القراءة مرتين أخريين وسجل القيم الثلاث في جدول تسجيل النتائج.
- ٢-٢.

النتائج

t_3 (s)	t_2 (s)	t_1 (s)

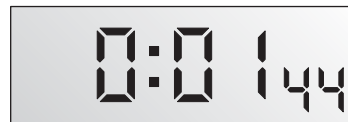
الجدول ٢-٢: جدول تسجيل النتائج.

التحليل والاستنتاج والتقييم

أ. احسب القيمة المتوسطة للزمن t .

$$t = \dots\dots\dots \text{ s}$$

ب. يبين الشكل ٥-٢ قراءة مقدارها (1.44 s) على شاشة ساعة الإيقاف الرقمية.



الشكل ٥-٢: قراءة الشاشة الرقمية
لساعة الإيقاف (0:01(44)

مصطلحات علمية

النسبة المئوية

لعدم اليقين

: Percentage uncertainty

نسبة عدم اليقين المطلق

من القيمة المقاسة.

استخدم نتائجك في الجدول ٢-٢ لحساب النسبة المئوية لعدم اليقين في القراءة في الشكل ٥-٢. اعتبر قيمة عدم اليقين المطلق في القراءة لساعة الإيقاف الرقمية في الشكل ٥-٢ هي قيمة عدم اليقين المطلق نفسها في قراءتك في الجدول ٢-٢.

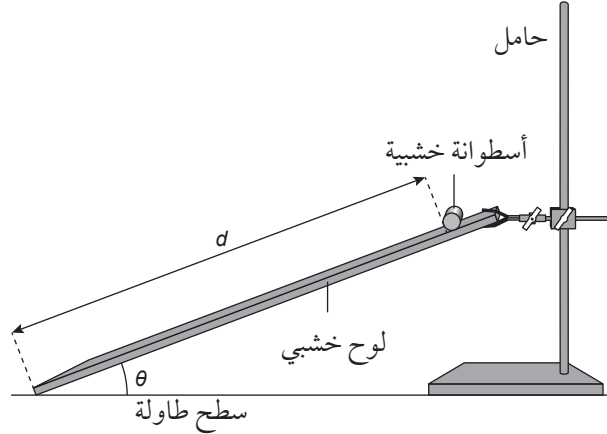
النسبة المئوية لعدم اليقين = %

$$\text{النسبة المئوية لعدم اليقين} = \frac{\text{قيمة عدم اليقين}}{\text{القيمة المقاسة}} \times 100 \%$$

الجزء ٢: تحديد السرعة المتوسطة

الخطوات

١. قم بإعداد التجربة كما هو مبين في الشكل ٦-٢.



الشكل ٦-٢: أسطوانة خشبية موضوعة على لوح مائل (منحدر).

٢. ضع الأسطوانة بالقرب من الطرف العلوي للوح الخشبي.

قس المسافة (d) التي ستقطعها الأسطوانة إلى أسفل اللوح الخشبي عند تحررها. اكتب هذه القيمة في قسم النتائج.

٣. حرر الأسطوانة وقيس الزمن (t_1) الذي تستغرقه الأسطوانة لكي تقطع المسافة (d) إلى أسفل المنحدر.

٤. كرر الخطوات ٢ و ٣ ثلاث مرات وسجل القيم في جدول تسجيل النتائج ٢-٣.

النتائج

$d = \dots\dots\dots$ cm

t_3 (s)	t_2 (s)	t_1 (s)

الجدول ٢-٣: جدول تسجيل النتائج.

التحليل والاستنتاج والتقييم

أ. احسب القيمة المتوسطة للزمن (t) من نتائجك التي سجلتها في الجدول ٢-٣.

القيمة المتوسطة للزمن (t) = $s = \dots\dots\dots$

ب. احسب السرعة المتوسطة (v).

$$v = \dots\dots\dots \text{ cm s}^{-1}$$

الجزء ٣: استقصاء كيفية اعتماد السرعة المتوسطة على زاوية انحدار المستوى

الخطوات

١. كرر الخطوات ٣ و ٤ من الصفحة السابقة عند زوايا مختلفة لانحدار المستوى المائل وسجل سلسلة للقراءات (θ) و (t) . استخدم المنقلة لقياس الزاوية (θ) بين اللوح الخشبي وسطح الطاولة كما هو مبين في الشكل ٢-٦.
٢. سجل بياناتك في جدول تسجيل النتائج ٢-٤.

النتائج

$t \text{ (s)}$				$\theta (^{\circ})$
متوسط القراءات	القراءة الثالثة	القراءة الثانية	القراءة الأولى	

الجدول ٢-٤: جدول تسجيل النتائج.

التحليل والاستنتاج والتقييم

- أ. استخدم الجدول ٢-٥ لتسجيل القيم المحسوبة لـ $(\sin \theta)$ و $(t \sin \theta)$ و (v) .

$v \text{ (cm s}^{-1}\text{)}$	$t \sin \theta \text{ (s)}$	$\sin \theta$

الجدول ٢-٥: جدول تسجيل النتائج.

ب. ارسم تمثيلاً بيانياً (v) على المحور الصادي (y) مقابل ($t \sin \theta$) على المحور السيني (x) باستخدام ورقة الرسم البياني.



ج. ارسم الخط المستقيم الأفضل ملائمة.

د. حدّد ميل هذا الخط.

الميل =

هـ. العلاقة بين (v) و (t) و θ هي:

$$v = \left(\frac{gt}{3}\right) \sin \theta$$

حيث (g) هو تسارع السقوط الحرّ.

استخدم الميل لتحديد قيمة (g).

$$g = \dots\dots\dots \text{ m s}^{-2}$$

و. يجب أن تكون القيمة المقبولة لـ (g) هي (9.81 m s^{-2}) (أو 981 cm s^{-2}). تبين

العلاقة بين (v) و ($t \sin \theta$) أن تقاطع منحنى التمثيل البياني مع المحور الصادي (y) هو صفر.

هل تختلف قيمة (g) التي حسبتها عن القيمة المقبولة؟

.....

.....

ز. هل يمرّ الخطّ المستقيم الأفضل ملائمة بالنقطة $(0, 0)$ ؟

.....

.....

ح. هل هناك أيّة نقطة (نقاط) شاذّة لم يتضمّنها الخطّ المستقيم الأفضل ملائمة؟

.....

.....

استقصاء عملي ٢-٢: قياسات السرعة في المختبر

في هذا الاستقصاء العملي نَصِف أربع طرائق مختلفة لقياس سرعة عربة في المختبر وهي تتحرك على طول خط مستقيم. حيث يمكن مواءمة كلٍّ من هذه الطرائق لقياس سرعة أجسام متحركة أخرى، مثل عربة منزلقة على مسار هوائي أو كتلة ساقطة.

ستحتاج إلى

المواد والأدوات:

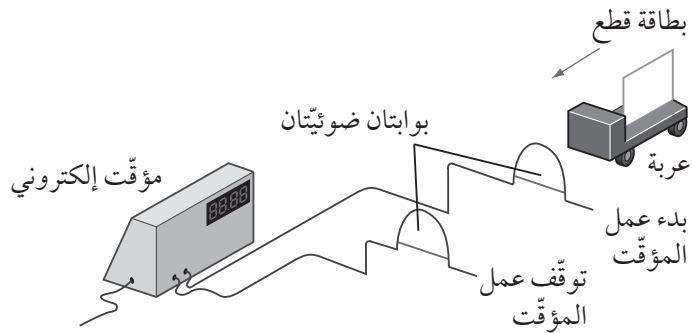
- بوابات ضوئية
- مؤقت إلكتروني
- عربة
- نابض زمني
- شريط
- مجس الحركة

⚠ احتياطات الأمان والسلامة

- تأكد من قراءة احتياطات الأمان والسلامة في بداية هذا الكتاب، واستمع إلى نصائح معلمك قبل تنفيذ هذا الاستقصاء العملي.

الجزء ١: قياس السرعة باستخدام بوابتين ضوئيتين

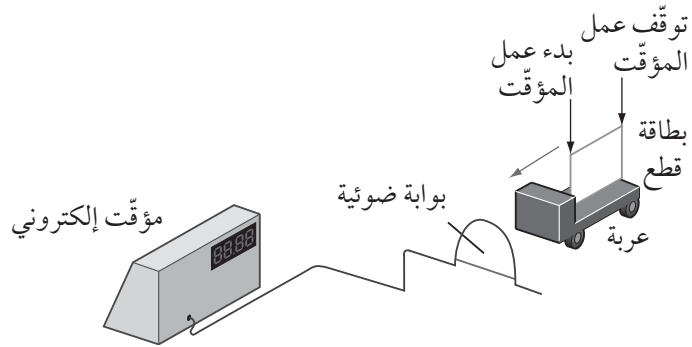
تقطع الحافة الأمامية للبطاقة في الشكل ٢-٧ الحزمة الضوئية عند مرورها عبر البوابة الضوئية الأولى. وهذا يجعل المؤقت الإلكتروني يبدأ بالعمل. وعندما يقطع الجزء الأمامي من البطاقة الحزمة الضوئية التالية أثناء مرور العربة عبر البوابة الضوئية الثانية يتوقف عمل المؤقت. وتُحسب سرعة العربة من الفترة الزمنية المقاسة والمسافة المقطوعة بين البوابتين الضوئيتين.



الشكل ٢-٧: استخدام بوابتين ضوئيتين لإيجاد السرعة المتوسطة لعربة ما.

الجزء ٢: قياس السرعة باستخدام بوابة ضوئية واحدة

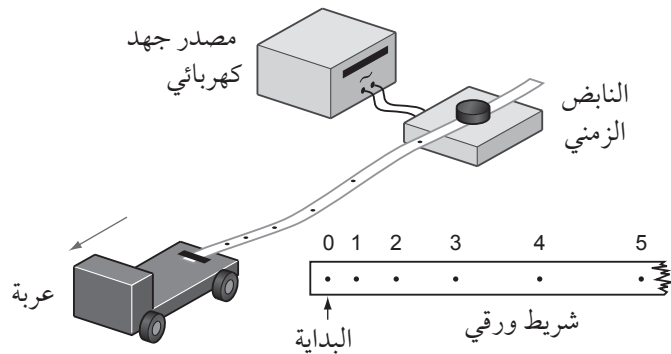
يبدأ عمل المؤقت الإلكتروني في الشكل ٢-٨ عندما تقطع الحافة الأمامية للبطاقة حزمة الضوء عبر البوابة الضوئية. ويتوقف عمل المؤقت عند مرور الحافة الخلفية عبر البوابة. الزمن المبيّن في هذه الحالة هو الزمن الذي تستغرقه العربة في قطع مسافة مساوية لطول البطاقة. يمكن لبرنامج حاسوبي احتساب السرعة مباشرة بواسطة قسمة المسافة المقطوعة على الزمن المستغرق.



الشكل ٢-٨: استخدام بوابة ضوئية واحدة لإيجاد السرعة المتوسطة لعربة ما.

الجزء ٣: قياس السرعة باستخدام النابض الزمني

يقوم النابض الزمني في الشكل ٢-٩ بوضع نقاط على الشريط الورقي على مراحل زمنية منتظمة، وعادةً ما تكون (0.02 s). (وذلك لأنّ النابض الزمني يعمل بالتيار الكهربائي المتردد، وفي معظم البلدان يكون تردد التيار الكهربائي المتردد 50 Hz). ويعمل نمط النقاط على الشريط الورقي كسجل لحركة العربة.



الشكل ٢-٩: استخدام النابض الزمني لاستقصاء حركة العربة.

الخطوات

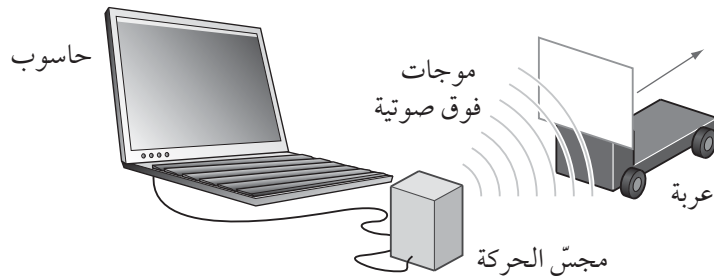
سيزوّدك معلمك بشريط النابض الزمني المنقّط. ابدأ بتفحص النقاط على الشريط الورقي. سيعطيك هذا وصفاً لحركة العربة. حدّد بداية الشريط، ثمّ انظر إلى المسافات بين النقاط:

- المسافات المتساوية تعني سرعة ثابتة.
- المسافات المتباعدة تعني سرعة متزايدة.

الآن يمكنك القيام ببعض القياسات. قس على التوالي، المسافة بين كل ستّ نقاط متتالية ابتداءً من بداية الشريط. ستعطيك هذه العملية المسافة التي تقطعها العربة خلال كل مرحلة زمنية (0.10 s) أي (5 × 0.02 s). ضع القياسات في جدول ومثّل بيانياً (المسافة-الزمن).

الجزء ٤: قياس السرعة باستخدام مجسّ الحركة

يرسل مجسّ الحركة (الشكل ٢-١٠) نبضات منتظمة من الموجات فوق الصوتية إلى العربة. ويكشف الموجات المنعكسة، ويحدّد الزمن الذي تستغرقه النبضات في رحلتها ذهاباً وإياباً بعد انعكاسها عن العربة. استناداً إلى هذه البيانات يمكن للحاسوب استنتاج المسافة إلى العربة من مجسّ الحركة، ويمكنه أيضاً إنشاء تمثيل بياني (المسافة-الزمن)، وبالتالي تصبح قادراً على تحديد سرعة العربة.



الشكل ٢-١٠: استخدام مجسّ الحركة لاستقصاء حركة عربة.

١. استخدم ما أمكن من الطرائق الأربع لتستقصي قياس سرعة عربة.
٢. اكتب طريقة مختصرة لما فعلته، مضمناً نتائجك وقيمة السرعة التي حسبته.

الطريقة

.....

.....

.....

.....

.....

النتائج

.....

.....

.....

العملية الحسابية

هل القيمة التي حصلت عليها هي قيمة السرعة المتوسطة؟ أم يمكن استخدامها
لتحديد سرعة العربة في نقاط مختلفة على طول مسارها؟

.....

.....

استقصاء عملي ٣-٢: التمثيلات البيانية (الإزاحة-الزمن)

يمكنك التحقق من حركة جسم ما عبر تحليل المعلومات من شريط النابض الزمني المتصل بالجسم المتحرك أو باستخدام مجسّ الحركة. قد يمنحك مجسّ الحركة مقدار الإزاحة بشكل مباشر. تفاصيل حول كيفية استخدام النابض الزمني لدراسة حركة جسم ما معطاة في الاستقصاء العملي ٢-٢ الجزء ٣.

ستحتاج إلى

الموادّ والأدوات:

- نابض زمني أو مجسّ الحركة
- شريط النابض الزمني
- مصدر جهد كهربائي
- مسطرة مترية
- عربة على منحدر مائل أو كتلة صغيرة (100 g)
- أسلاك للتوصيل
- شريط لاصق

⚠ احتياطات الأمان والسلامة

- تأكد من قراءة احتياطات الأمان والسلامة في بداية هذا الكتاب، واستمع إلى نصائح معلمك قبل تنفيذ هذا الاستقصاء العملي.
- كن حذرًا عند الجري مع شريط النابض الزمني. تأكد من عدم وجود معيقات في طريقك.

الطريقة

١. قم بتوصيل شريط النابض الزمني بعربة موضوعة في الجزء العلوي من منحدر، أو قم بتوصيل كتلة ما بالشريط. حرّر العربة أو أسقط الكتلة واحصل على سلسلة من النقاط على شريط النابض الزمني.
٢. ينتج النابض الزمني 50 نقطة كل ثانية. يتم إنتاج ستّ نقاط في وقت قدره (0.1 s).
٣. استخدم شريط النابض الزمني لقياس إزاحة العربة على فترات زمنية مقدارها (0.1 s).
٤. بعد ذلك، قم بإصاق طول معيّن من شريط النابض الزمني بنفسك. بعد التأكد من تشغيل النابض الزمني، ابدأ بالجري.

٥. احصل على شريط النابض الزمني لتحليل حركتك عند قراءة الشريط خلال جريك.

التحليل والاستنتاج والتقييم

أ. سجّل نتائجك للعربة ولجريك في جدول تسجيل النتائج ٦-٢.

الزمن (s)	إزاحة العربة (cm)	الإزاحة عند الجري (cm)
0	0	0
0.1		
0.2		
0.3		
0.4		
0.5		
0.6		
0.7		
0.8		
0.9		
1.0		

الجدول ٦-٢: جدول تسجيل النتائج.

ب. ارسم تمثيلاً بيانياً (الإزاحة-الزمن) للعربة.



ج. استخدم التمثيل البياني لوصف حركة العربة.

.....

.....

د. اشرح ما إذا كانت قراءاتك لشريط النابض الزمني عندما كنت تجري، تبين أنك كنت تتحرك بسرعة ثابتة، أو متسارعة، أو متباطئة.

.....

.....

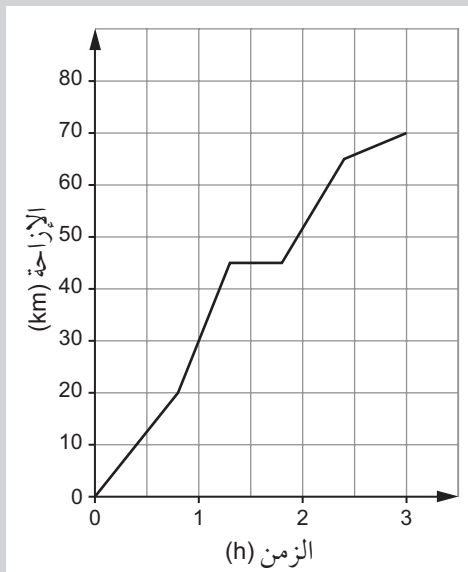
.....

أسئلة نهاية الوحدة

١. يسير قطار بضائع بطيء بسرعة (50 km h^{-1}) على مسار ما. وبعد ساعتين يلتحق بالقطار البطيء، قطار ركاب سريع ينتقل بسرعة (120 km h^{-1}) على المسار نفسه.

أ. ارسم تمثيلاً بيانياً (الإزاحة-الزمن) لتمثيل حركة القطارين.
ب. استخدم التمثيل البياني لتحديد الزمن الذي سيلحق فيه القطار السريع بقطار البضائع.

٢. يوضح الشكل ١١-٢ تمثيلاً بيانياً لحركة سيارة على طريق مستقيم.



الشكل ١١-٢

تابع

أفعال إجرائية

استنتج: استنتج من المعلومات المتاحة.

أفعال إجرائية

اذكر: عبّر بكلمات واضحة.

عرّف: أعط معنى دقيقاً.

احسب: استخلص، من الحقائق المعطاة، المعلومات أو الأرقام.

استنتج من التمثيل البياني ما يأتي:

- الزمن الذي تستغرقه الرحلة بالسيارة.
- المسافة التي قطعتها السيارة أثناء رحلتها.
- السرعة المتوسطة للسيارة أثناء رحلتها.
- أكبر سرعة للسيارة أثناء رحلتها.
- مقدار الزمن الذي تستغرقه السيارة في الانتقال بالسرعة التي حسبته في الجزئية (د).
- المسافة التي قطعتها السيارة بهذه السرعة.

٣. يمكن وصف أيّة كمية فيزيائية بأنها «عددية» أو «متجهة».

- اذكر الفرق بين الكمية العددية والكمية المتجهة.
- عرّف الإزاحة.

تحلق طائرة خفيفة باتجاه الشرق بسرعة (80 km h^{-1}) لمدة (1.5 h) . من ثم تتوجّه شمالاً بسرعة (90 km h^{-1}) لمدة (0.8 h) .

- احسب المسافة التي قطعتها الطائرة في كل مرحلة من مراحل رحلتها.

د. ارسم مخططاً، بمقياس رسم معين، لتمثيل رحلة الطائرة.

- استخدم رسمك التخطيطي لتحديد الإزاحة النهائية للطائرة بالنسبة إلى نقطة البداية.

شكر وتقدير

يتوجه المؤلفون والناشرون بالشكر الجزيل إلى جميع من منحهم حقوق استخدام مصادرههم أو مراجعهم. وبالرغم من رغبتهم في الإعراب عن تقديرهم لكل جهد تم بذله، وذكر كل مصدر تم استخدامه لإنجاز هذا العمل، إلا أنه يستحيل ذكرها وحصرها جميعاً. وفي حال إغفالهم لأي مصدر أو مرجع فإنه يسرهم ذكره في النسخ القادمة من هذا الكتاب.

Unknown source; Dreamstime; Dario Belingheri/Getty Images; EDWARD KINSMAN/
SCIENCE PHOTO LIBRARY

