سلطنة عُمان
وزارة التربية والتعليم

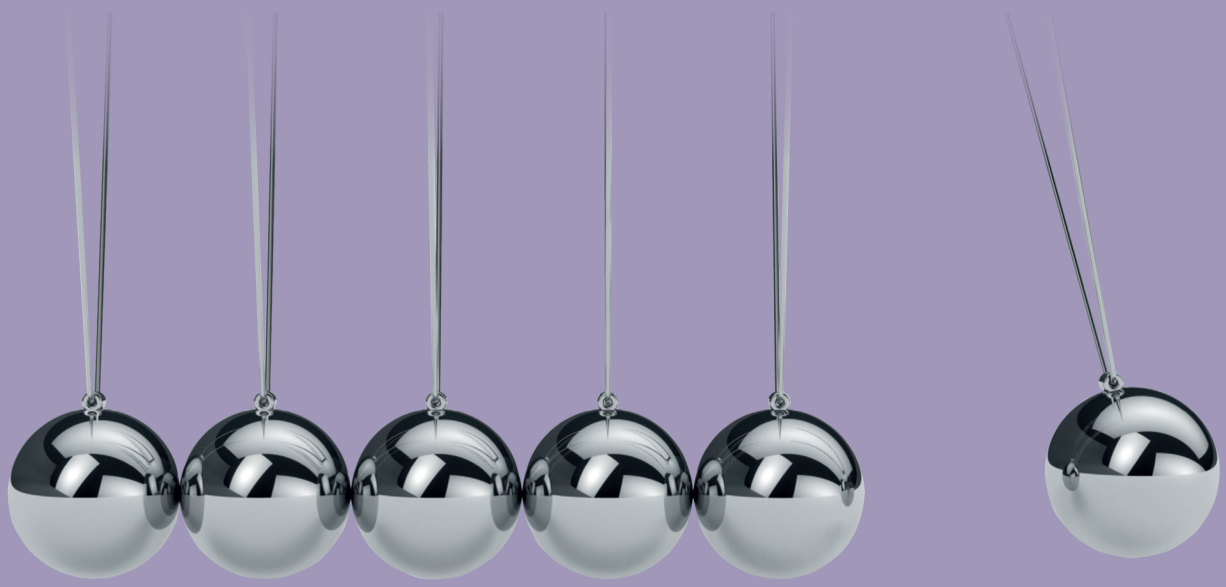
رؤية عُمان 2040
نتقدم بثقة
Moving Forward with Confidence

الفيزياء

الصف الحادي عشر

كتاب التجارب العملية والأنشطة

الفصل الدراسي الأول



CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS

الطبعة التجريبية
1445 هـ - 2023 م

سلطنة عمان
وزارة التربية والتعليم

الفيزياء

الصف الحادي عشر

كتاب التجارب العملية والأنشطة

الفصل الدراسي الأول

CAMBRIDGE
UNIVERSITY PRESS

الطبعة التجريبية 1445 هـ - 2023 م

CAMBRIDGE
UNIVERSITY PRESS

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

تشكل مطبعة جامعة كامبريدج جزءًا من الجامعة.
وللمطبعة دور في تعزيز رسالة الجامعة من خلال نشر المعرفة، سعيًا 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 قانونًا 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 ٢٠٢٣ م، طُبعت في سلطنة عُمان

هذه نسخة تمَّت مواءمتها من كتاب النشاط – الفيزياء للصف الحادي عشر – من سلسلة كامبريدج للفيزياء
لمستوى الدبلوم العام والمستوى المتقدم AS & A Level للمؤلفين غراهام جونز، وستيف فيلد، وكريس هوليت، ودايفد ستايلز.

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 دقّتها، 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 كاملًا أو مجزّأ أو ترجمته
أو تخزينه في نطاق استعادة المعلومات بهدف تجاري بأي شكل من الأشكال
إلّا بإذن كتابي مسبق من الوزارة، وفي حال الاقتباس القصير يجب ذكر المصدر.

المغفور له

السلطان قابوس بن سعيد

-طيّب اللّه ثراه-

حضرة صاحب الجلالة

السلطان هيثم بن طارق المعظم

-حفظه اللّه ورعاه-

سلطنة عمان

(المحافظات والولايات)

النَّشيدُ الْوَطَنِيُّ

يا رَبَّنا احْفَظْ لنا جَلالَةَ السُّلْطان
وَالشَّعْبَ في الأَوْطان بِالْعِزِّ والأَمان
وَلْيَدُمْ مُؤَيَّدًا عاهِلاً مُمَجَّدًا
بِالنُّفوسِ يُفْتَدى

يا عُمانُ نَحْنُ مِنْ عَهْدِ النَّبي أَوْفِياءُ مِنْ كِرامِ الْعَرَبِ
فارْتَقي هامَ السَّماء وَامْلَئي الْكَوْنَ ضياء
وَاسْعَدي وَانْعَمي بِالرَّخاء

تقديم

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

فقد حرصت وزارة التربية والتعليم على تطوير المنظومة التعليمية في جوانبها ومجالاتها المختلفة كافة؛ لتُلبّي مُتطلّبات المجتمع الحالية، وتطلُّعاته المستقبلية، ولتتواكب مع المُستجدّات 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 مكوِّنًا أساسيًا من مكوِّنات المنظومة التعليمية، بمراجعة مستمرة وتطوير شامل في نواحيها المختلفة؛ بدءًا من المقرّرات الدراسية، وطرائق التدريس، وأساليب التقويم وغيرها؛ وذلك لتتناسب 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 اتَّجهت إلى الاستفادة من الخبرات الدولية؛ اتساقًا مع التطوُّر المتسارع في هذا المجال، من خلال تبنّي مشروع السلاسل العالمية في تدريس هاتَين المادّتَين وفق المعايير الدولية؛ من أجل تنمية مهارات البحث والتقصّي والاستنتاج لدى الطلبة، وتعميق فهمهم للظواهر العلمية المختلفة، وتطوير قدراتهم التنافُسية في المسابقات العلمية والمعرفية، وتحقيق نتائج أفضل في الدراسات الدولية.

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

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

والله ولي التوفيق،،،

د. مديحة بنت أحمد الشيبانية

وزيرة التربية والتعليم

المحتويات

المقدمة xii
كيف تستخدم هذه السلسلة xiv
كيف تستخدم هذا الكتاب xvi
الأمان والسلامة في مختبر الفيزياء xvii
البحث العلمي والمهارات العملية xviii

الوحدة الأولى: المهارات العملية

الأنشطة:

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

الاستقصاءات العملية:

١-١ استخدام الميكروميتر والقدمة ذات الورنية ٣١

الوحدة الثانية: السرعة والسرعة المتّجهة

الأنشطة:

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

الاستقصاءات العملية:

٢-١ تحديد السرعة المتوسطة لأسطوانة تتدحرج إلى أسفل منحدر ٤٦
٢-٢ قياسات السرعة في المختبر ٥٢
٢-٣ التمثيلات البيانية (الإزاحة-الزمن) ٥٦

الوحدة الثالثة: الحركة المتسارعة

الأنشطة:

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

الاستقصاءات العملية:

٣-١ تسارع كتلتَين متصلتين معًا ٧٣
٣-٢ مدى مقذوف ما ٧٧

الوحدة الرابعة: القوى

الأنشطة:

٤-١ تحديد القوى ٨٤
٤-٢ كيف تؤثّر القوى على الحركة ٨٧
٤-٣ القوّة والكتلة والتسارع ٨٨
٤-٤ السرعة المتجهة الحدّية ٩١
٤-٥ جمع القوى ٩٤
٤-٦ تحليل القوى ٩٨

الاستقصاءات العملية:

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

المقدمة

خُصّص «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 فرصًا 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 بالتنبّؤات، واستخدام الأسباب والتبريرات العلمية لدعم تنبؤاتك.

وقد تم تصميم «كتاب التجارب العملية والأنشطة» لدعم «كتاب الطالب»، إذ يتضمن موضوعات مختارة خصيصًا بحيث يمكن للطلبة الاستفادة من المزيد من الفرص لتحقيق المهارات، مثل التطبيق والتحليل والتقييم، بالإضافة إلى تطوير المعرفة والفهم. وستطّلع 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

تُعدّ الاستقصاءات العملية جزءًا أساسيًا من مادة الفيزياء. فقد تم إجراء العديد من الاكتشافات في عالم الفيزياء وذلك لأن التجارب العملية قد مكّنت من إثبات النظرية بما لا يدع مجالًا 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 للعالَم المادي، وتحسين نظرياتنا الحالية، ولكن تذكّر 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 موجيّة.

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

من المحتمل أن تكون قلقًا، خصوصًا 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 دائمًا كما هو متوقع؛ فبعض الحوادث، كالتوصيل الكهربائي العالي مثلًا، لم تمنع الفيزيائيين من متابعة استكشافاتهم. وعندما لم تنجح التجربة كانوا يقومون بتحليل النتائج غير المتوقعة، ثم يفكرون مليًا في المشكلات التي حالت دون اكتمال التجربة. يمكنك القيام بالشيء نفسه، بحيث يمكنك التعلّم من الاستقصاءات التي لا تكتمل، ومن تلك التي اكتملت أيضًا، وهذا يتطلب تفكيرًا جيدًا، على أمل أن يحفّز هذا الأمر اهتمامك ويشدّ عزيمتك، إضافة إلى مساعدتك على تطوير مهارات قيّمة.

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

نأمل ألّا يدعمك هذا الكتاب للنجاح في دراستك وحياتك المهنية فحسب، بل يحفّز مدى اهتمامك وفضولك المتعلق بالفيزياء أيضًا.

كيف تستخدم هذه السلسلة

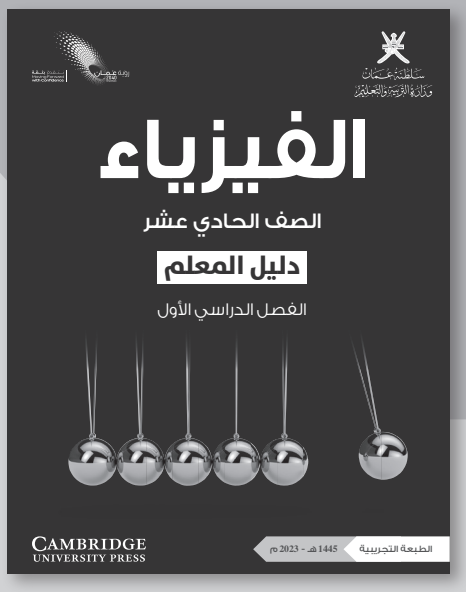
تقدّم هذه المكوّنات (أو المصادر) الدعم للطلبة في الصف الحادي عشر في سلطنة عمان لتعلم مادة الفيزياء واستيعابها، حيث تعمل كتب هذه السلسلة جميعها معًا لمساعدة الطلبة على تطوير المعرفة والمهارات العلمية اللازمة لهذه المادة. كما تقدّم الدعم للمعلمين لإيصال هذه المعارف للطلبة وتمكينهم من مهارات الاستقصاء العلمي.

يقدّم «كتاب الطالب» دعمًا شاملًا لمنهج الفيزياء للصف الحادي عشر في سلطنة عمان، ويقدّم شرحًا 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 مزيدًا 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 يحقّق 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. ويتضمّن هذا الدليل أفكارًا تفصيلية للتدريس وإجابات عن كل سؤال ونشاط وارد في «كتاب الطالب» وفي «كتاب التجارب العملية والأنشطة»، فضلًا عن الإرشادات التعليمية لكل موضوع، بما في ذلك خطة التدريس المقترحة، وأفكار للتعلم النشط والتقويم التكويني، والمصادر المرتبطة بالموضوع، والأنشطة التمهيدية، والتعليم المتمايز (تفريد التعليم) والمفاهيم الخاطئة وسوء الفهم. كما يتضمن أيضًا دعمًا مفصلًا 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 التعلّم

تظهر هذه الأهداف في بداية كل وحدة دراسية لتقدّم 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.

أسئلة

يتخلّل الكتاب أسئلة تساعدك للتدرّب على المهارات العلمية المهمّة لدراسة الفيزياء.

أسئلة نهاية الوحدة

تقيس هذه الأسئلة مدى تحقّق 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

تتضمّن 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.

مصطلحات علمية

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

أفعال إجرائية

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

الأمان والسلامة في مختبر الفيزياء

- العمل بأمان في مختبر الفيزياء جانب أساسي من جوانب التعلّم الذي يتميّز به العمل التجريبي.
- كن دائمًا مستمعًا جيّدًا للتعليمات، وملتزمًا التوجيهات وقواعد السلوك بعناية.
- إذا لم تكن متأكّدًا 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 ماسكًا لحمل الأوعية مثل الكؤوس.
استخدام ميزان الحرارة الزجاجيّ المُعبّأ بسائل	ضع ميزان الحرارة بشكل آمن على الطاولة فور الانتهاء من استخدامه، وتأكّد من موقعه بحيث لا يتدحرج، وإذا تعرّض للكسر؛ فأبلغ معلّمك فورًا، ولا تلمس الزجاج المكسور أو السائل المتسرّب منه.
تعليق موادّ على أسلاك رفيعة	ارتد نظّارات واقية تحسّبًا لحدوث انقطاع في السلك، واحذر من سقوط أثقالَ في حال انقطاع السلك؛ وضَع وسادة أو ما شابه على الأرض.
توصيل مكوّنات كهربائية	لا تتجاوز فرق الجهد الكهربائي الموصى به للمكوِّن الكهربائي، على سبيل المثال: فرق الجهد الكهربائي لمصباح ما هو (6 V).
استخدام الحوامل المعرّضة للانقلاب	إذا كان الحامل متحرّكًا أو معرّضًا لخطر الانقلاب؛ فثبّته على الطاولة بإحكام.
استخدام الأجسام القابلة للتدحرُج كالأسطوانات	ضع شيئًا مناسبًا مثل صندوق لجمع الأجسام القابلة للتدحرُج؛ بحيث لا تسقط على الأرضية أو تؤثّر على تجربة شخص آخر.
الخلايا الجافة 1.5 V	لا توصل قطبَي الخلية أو البطارية أحدهما بالآخر بسلك كهربائي.

احتياطات الأمان والسلامة في مختبر الفيزياء

البحث العلمي والمهارات العملية

إن تطبيق مهارات البحث العلمي والمهارات العملية من الصفوف السابقة وتطويرها في سياقات جديدة خلال الصفَّين 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 حلّ 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 البحث العلمي والمهارات العملية التي يتوقع من الطلبة اكتسابها كجزء من تعلمهم.

إلى ذلك، يجب تطوير المهارات العملية الأربع وتوحيدها في كل وحدة دراسية. إلّا أن بعض الأمثلة المحددة في القوائم قد تكون أكثر صلة بالأنشطة العملية الموصى بها في وحدات دراسية معيّنة.

تعطي هذه المهارات أمثلة عن محتوى AO3 ويمكن تقييمها في الورقة العملية.

تخطيط التجارب والاستقصاءات

- تحديد المتغيّرات 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 الكمّيات 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 مكان وجودهما على منحنيات التمثيلات البيانية 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 الكميّات 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، أوالتمثيلات 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 التعلّم

١-١ يستخدم المسطرة، والقدمة ذات الورنية، والميكروميتر لقياس الأطوال المختلفة ويصف طريقة استخدامها.

١-٢ يصف تأثير الأخطاء النظامية (بما فيها الأخطاء الصفرية) والأخطاء العشوائية على القياس ويشرحها.

١-٣ يميّز الفرق بين مصطلحَي الضبط (Accuracy) والدقة (Precision).

١-٤ يقارن بين الخطأ وعدم اليقين عند القياس.

١-٥ يصف كيفية تقدير قيمة عدم اليقين المطلق في القراءة.

١-٦ يجمع بين قيم عدم اليقين المطلقة عند جمع الكميات أو طرحها ويجمع النسب المئوية لعدم اليقين عند ضرب الكميات أو قسمتها.

١-٧ يصف عدم اليقين في القياس ويحدده كقيمة مطلقة أو نسبة مئوية ويحوّل بينهما.

١-٨ يتذكّر الكمّيات الأساسية للنظام الدولي للوحدات (SI) ووحداتها القياسية: الكتلة (kg)، الطول (m)، الزمن (s)، شدة التيّار الكهربائي (A)، درجة الحرارة (K).

١-٩ يعبّر عن الوحدات المشتقّة كنواتج ضرب أو قسمة للوحدات الأساسية للنظام الدولي للوحدات، ويستخدم الوحدات المشتقة للكميات المدرجة في هذا المنهج حسب الحاجة.

١-١٠ يتذكّر 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)، ميجا (M)، جيجا (G)، تيرا (T).

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

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

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

عندما $A = B \pm C$؛ قيمة عدم اليقين المطلق في A = مجموع قيمتَي عدم اليقين المطل ق في B و C.

عندما $A = BC$ أو $A = \frac{B}{C}$؛ النسبة المئوية لعدم اليقين في A = مجموع النسبتَين المئويّتَين لقيمتَي عدم اليقين في B و C.

الأنشطة

نشاط ١-١ المقاييس وقيَم عدم اليقين

يتيح لك هذا النشاط ممارسة جيدة في قراءة مقاييس عدد من الأدوات المختلفة وتقدير قيَم **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 تسجّل على أنها (3.0 cm).

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

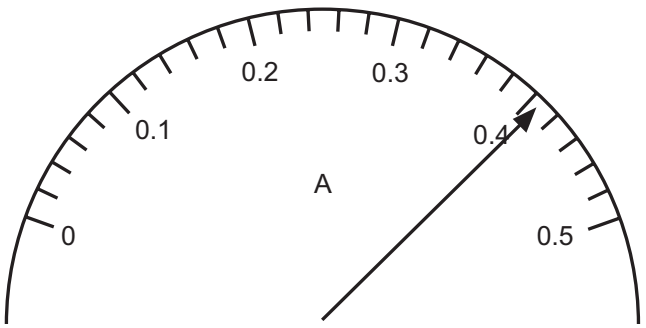
الشكل ١-١: للسؤال ١ (أ).

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

.....

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

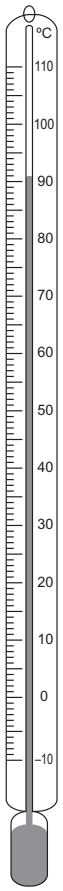
.....



الشكل ١-٣: للسؤال ١ (ج).

مصطلحات علمية

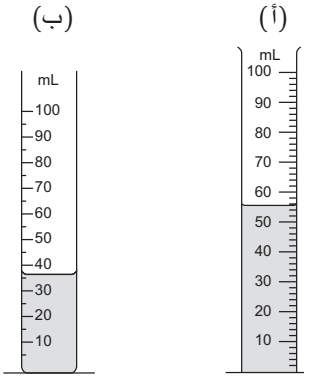
عدم اليقين
Uncertainty: عدم اليقين في القراءة هو تقدير الفرق بين القراءة والقيمة الحقيقية للكمّية المقاسة.



الشكل ١-٢: للسؤال ١ (ب).

العرض التناظري
Analogue display: عرض مستمرّ يمثّل الكمّية التي يتمّ قياسها على واجهة مدرّجة أو مقياس مدرّج.

د. دوّن قراءة الحجم الموضّح على المخبار المدرّج (أ): .....



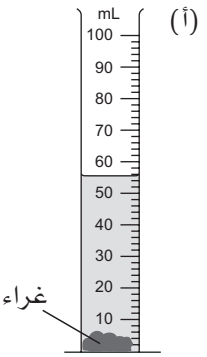
الشكل ١-٤: للسؤال ١ (د).

هـ. أيّ من المخبارَين (أ) و (ب) أقلّ **دقّة**؟ اشرح السبب.

.....

.....

و. تصلبت كمية صغيرة من الغراء حجمها (6 mL) تقريبًا، في قاع المخبار (أ)، ولم يؤخذ في الاعتبار (الشكل ١-٥). يتسبّب ذلك في **خطأ صفري** عند استخدام المخبار لقياس حجم سائل ما، الأمر الذي يجعل المخبار (أ) أقلّ دقّة.



الشكل ١-٥: للسؤال ١ (و).

اشرح المقصود بالخطأ الصفري. كيف يُحتمل أن يكون المخبار (ب) في هذه الحالة أكثر دقّة؟

.....

.....

مصطلحات علمية

الدقّة 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.

الخطأ الصفري Zero error: يحدث عندما تعطي الأداة قراءة غير صفرية (لها مقدار معيّن) وتكون القيمة الحقيقية للكمية صفرًا.

نشاط ١-٢ إيجاد عدم اليقين في قراءة ما

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

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

١. عندما يسمع الطالب صوت صفّارة الانطلاق في بداية السباق، يبدأ بتشغيل ساعة الإيقاف الخاصة به، ثمّ يوقفها عندما يرى العدّاء يعبر خطّ 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. يسجّل 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 تُظهر هذه القيمة أن في قراءات الطلبة **خطأ نظاميًا**.

.....

د. اذكر سببًا واحدًا لخطأ نظامي، وسببًا 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 كلّ مرّة تتم فيها القراءة.

الخطأ العشوائي
Random error: يحدث بسبب اختلاف القراءات حول متوسّط القيمة المقاسة بطريقة غير متوقّعة من قراءة إلى أخرى.

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

الشكل ١-٦: للسؤال ٢.

أجرَت محاولتَين لقياس زمن الاهتزازة الواحدة الكاملة وكانت القراءتان:

2.12 s

2.32 s

ثم أجرَت محاولتَين لقياس زمن عشر اهتزازات كاملة وكانت القراءتان:

21.20 s

21.32 s

زمن اهتزازة واحدة كاملة هو (*T*).

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

.....

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

.....

ج. احسب النسبة المئوية لعدم اليقين في قيمتَي (*T*) اللتَين حدّدتهما.

.....

.....

د. اقترح سببًا واحدًا يجعل قياس زمن عدد كبير من الاهتزازات –200 اهتزازة، على سبيل المثال– غير ممكن.

.....

مهمّ

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

نشاط ١-٣ جمع قيم عدم اليقين

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

هناك قاعدتان بسيطتان:

- عند جمع الكمّيات أو طرحها، عليك أن تجمع القيَم المطلقة لعدم اليقين لإيجاد إجمالي قيمة عدم اليقين المطلق.
- عند ضرب الكمّيات 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 $T = (1.25578 \pm 0.1247)$ s، مع الاحتفاظ برقمَين معنويَّين 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. أُخذت هذه القياسات لكمّيات 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 أقلّ نسبة مئوية لعدم اليقين.

.....

ب. تمّ قياس الطول A والعرض B لورقة مستطيلة، فوجد أن $A = (29.5 \pm 0.1)$ cm و $B = (21.0 \pm 0.1)$ 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 ±2% في (F) و ±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 ± 0.2) cm، فاحسب:

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

.....

.....

.....

ب. النسبة المئوية لعدم اليقين في حساب A (r تم تربيعها وبالتالي يتمّ 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: $A = 314$ cm^2).

.....

.....

.....

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

- الكتلة = (7.0 ± 0.1) g
- الحجم = (1.20 ± 0.05) cm^3

حصل أحد الطلبة على كثافة مقدارها (5.8333 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.

.....

.....

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

- $s = (1.215 \pm 0.004)$ m
- $t = (0.495, 0.498, 0.503, 0.496, 0.501)$ 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).

.....

مهمّ

المدى Range: الفرق بين أكبر قيمة وأصغر قيمة في قياس كمّية ما.

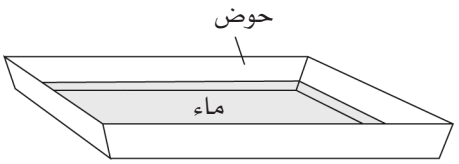
مهمّ

تذكّر: بما أن $g = \frac{2s}{t \times t}$ فإنك تجمع النسبة المئوية لعدم اليقين في (t) مرّتَين إلى النسبة المئوية لعدم اليقين في (s).

نشاط ١-٤ الجداول والتمثيلات البيانية والميل

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

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



الشكل ١-٧: للسؤال ١.

يتمّ رفع أحد طرفَي الحوض ثم خفضه بسرعة، الأمر الذي يولّد موجة تتحرّك عبر ماء الحوض عدّة مرّات إلى الأمام وإلى الخلف قبل أن تضمحل.

تقيس الطالبة عمق الماء (d) والزمن (t) الذي تستغرقه الموجة للانتقال من أحد طرفَي الحوض إلى الطرف الآخر والعودة مرّة أخرى. تكرّر الطالبة قراءة الزمن (t) مع تغير عمق الماء (d) في كل مرة. 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.

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

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

حيث (t) هي متوسط قيمتَي (t_1) و (t_2).

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

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

ب. ارسم تمثيلًا بيانيًا لـ (v^2) على المحور (y) و (d) على المحور (x).

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

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

المَيل = ... 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 قيَم A و B. موضحًا الوحدات المناسبة.

.....

.....

.....

الاستقصاءات العملية

استقصاء عملي ١-١: استخدام الميكروميتر والقدمة ذات الورنية

ستحتاج إلى

الموادّ والأدوات:

- ميكروميتر.
- قدمة ذات الورنية.
- أنبوب صغير.
- شريط متري.
- مسطرة (30 cm).
- منقلة.
- فولتميتر.
- ساعة إيقاف.
- ميزان ذو كفة واحدة.

⚠ احتياطات الأمان والسلامة

- تأكّد من قراءة احتياطات الأمان والسلامة في بداية هذا الكتاب، واستمع لنصائح معلّمك 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 السُّمك هذا في عدّة أماكن مختلفة من الورقة، معطيًا القيمة المتوسطة وقيمة عدم اليقين لسُمك الورقة التي استنتجتهما من قراءاتك.

.....

.....

٢. قراءات باستخدام الميكروميتر:

أ. السُّمك المتوسط للورقة = mm .....

ب. عدم اليقين في القيمة المتوسطة = mm .....

٣. قراءات باستخدام القدمة ذات الورنية:

أ. السُّمك المتوسط للورقة = mm .....

ب. عدم اليقين في القيمة المتوسطة = mm .....

ج. 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 اختلافها؟

.....

.....

.....

.....

٤. 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:

أ. السُّمك المتوسط لـ 10 ورقات = mm .....

ب. السُّمك المتوسط لورقة واحدة = mm .....

ج. قيمة عدم اليقين في سُمك ورقة واحدة = mm .....

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

أ. القطر الداخلي = mm .....

ب. القطر الخارجي = mm .....

٧. باستخدام قراءاتك في (٦) احسب سُمك الأنبوب.

السُّمك = mm .....

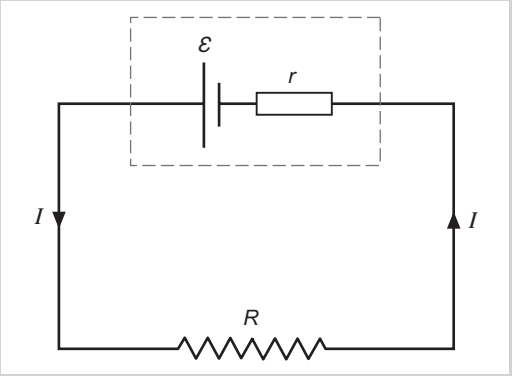
٨. أكمل الجدول الآتي.

	شريط متري	مسطرة 30 cm	القدمة ذات الورنية	ميكروميتر	منقلة	فولتميتر	ساعة إيقاف	ميزان ذو كفّة
هل هناك احتمال للخطأ الصفري؟								
ما أصغر تدريج في الأداة أو الجهاز؟								
ما قيمة عدم اليقين (افترض 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 ١–٨.



الشكل ١–٨

القوّة الدافعة الكهربائية (e.m.f.) للخلية هي (ε) ومقاومتها الداخلية (*r*). يتمّ قياس شدّة التيار الكهربائي (*I*) باستخدام أمّيتر، والذي لا يظهر في رسم الدائرة الكهربائية أعلاه.

تستخدم الطالبة عددًا من المقاومات المختلفة (*R*). تسجّل قيمة شدّة التيار الكهربائي (*I*) وقيمة (*R*) في كل مرّة. يتمّ تشغيل الخلية فقط لمدّة قصيرة لأخذ القراءات.

تظهر القراءات التي حصلت عليها الطالبة في الجدول:

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

الجدول ١–٧

أ. انقل الجدول، واضعًا القراءات بترتيب تصاعدي لقيمة المقاومة. قم بتضمين قيم $\frac{1}{I}$ في جدولك.

ب. ارسم تمثيلًا بيانيًا لـ $\frac{1}{I}$ على المحور *y* مقابل (*R*) على المحور *x*.

ج. ارسم الخطّ المستقيم الأكثر ملاءمة عبر النقاط.

د. **حدّد** الميل ونقطة تقاطع هذا الخطّ مع المحور *y*.

هـ. الكمّيتان (*I*) و (*R*) مرتبطتان في المعادلة:

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

حيث (ε) هي القوّة 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 استنادًا إلى المعلومات المتاحة.

السرعة والسرعة المتّجهة
Speed and Velocity

أهداف الوحدة

٢-١ يعرّف السرعة المتوسطة ويستخدمها.

٢-٢ يصف الفرق بين الكميات العددية والمتجهة.

٢-٣ يعرّف المسافة، والإزاحة ويستخدمهما.

٢-٤ يعرّف السرعة والسرعة المتّجهة ويستخدمهما.

٢-٥ يرسم منحنيات التمثيل البياني (الإزاحة-الزمن) ويحلّلها.

٢-٦ يجد مقدار السرعة المتّجهة باستخدام ميل خطّ التمثيل البياني (الإزاحة-الزمن).

٢-٧ يجمع متّجهين في مستوى واحد ويطرحهما.

السرعة المتوسطة = المسافة الكلّية المقطوعة / الزمن الكلّي المستغرق

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

السرعة المتجهة = التغيّر في الإزاحة / الزمن المُستغرق

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

الأنشطة

نشاط ٢-١ حسابات السرعة

ستساعدك هذه الأسئلة على مراجعة الحسابات التي تتضمّن السرعة والمسافة والزمن. سوف تتدرّب أيضًا 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 $m\ s^{-1}$.

١. يقطع قطار مسافة (4000 m) خلال زمن قدره (125 s) إلّا أن قياس الزمن لم يكن دقيقًا وقيمة عدم اليقين في الزمن هو (±1 s)، وعدم اليقين في قياس المسافة مهمل.

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. أعطِ إجابتك مع عدد معقول من الأرقام المعنوية.

.....

.....

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

.....

.....

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

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

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

.....

.....

مهمّ

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

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

.....

.....

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

.....

.....

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

.....

.....

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

.....

.....

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

.....

.....

ب. رتّب الأجسام من الأبطأ إلى الأسرع.

.....

.....

نشاط ٢-٢ قياس السرعة في المختبر

يمكنك قياس سرعة عربة متحرّكة في المختبر باستخدام مسطرة وساعة إيقاف. ومع ذلك فمن المحتمل أن تحصل على نتائج أفضل باستخدام بوّابات ضوئية وجهاز المؤقّت الإلكتروني. في هذا النشاط ستقارن البيانات الناتجة من هاتَين الطريقتَين المختلفتَين، وتتدرّب 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.

.....

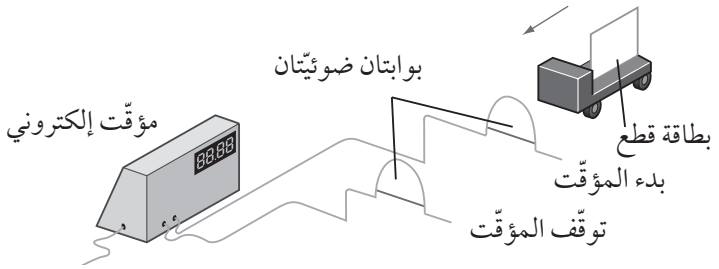
.....

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

.....

.....

٢. يوضح هذا المخطّط كيف يمكن قياس سرعة عربة باستخدام بوّابتَين ضوئيتَين متّصلتَين بمؤقّت إلكتروني، وبطاقة القطع مثبتة على العربة:



الشكل ٢–١: للسؤال ٢. تحديد السرعة باستخدام بوّابتَين ضوئيّتَين.

أ. اشرح ما يحدث عندما تمرّ العربة عبر البوّابتَين الضوئيّتَين.

.....

.....

.....

ب. قُم بتسمية الكمّية المعروضة على شاشة المؤقّت.

.....

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

.....

.....

د. اشرح كيف ستحسب سرعة العربة من هذَين القياسَين.

.....

.....

هـ. اشرح سبب إعطاء هذه الطريقة السرعةَ المتوسطة للعربة.

.....

.....

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

أ. ارسم نمط النقاط التي تتوقّع أن تراها على الشريط لعربة تسير بسرعة ثابتة.

مهمّ

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

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 ٢-٣ التمثيلات البيانية (الإزاحة-الزمن)

مصطلحات علمية

الإزاحة Displacement: أقصر مسافة من نقطة البداية إلى نقطة النهاية في اتّجاه معيّن؛ وهي كمّية متّجهة.

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

١. يتمّ تعريف السرعة المتجهة من خلال المعادلة الآتية:

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

مهمّ

تذكّر تسمية محاور التمثيل البياني بالكمّيات الصحيحة.

أ. اذكر ما يمثّله الرمزان ($\vec{s}$) و (t).

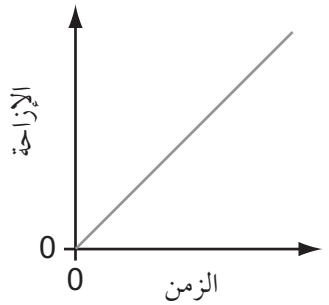
.....

ب. اذكر ما يمثّله الرمزان ($\Delta \vec{s}$) و (Δt).

.....

ج. ارسم خطًا مستقيمًا في التمثيل البياني (الإزاحة–الزمن) ووضّح كيف يمكنك إيجاد (Δs) و (Δt) من هذا التمثيل البياني.

٢. التمثيل البياني الآتي يعبّر عن حركة سيارة:



الشكل ٢–٢: للسؤال ٢. التمثيل البياني (الإزاحة–الزمن) لسيارة متحرّكة.

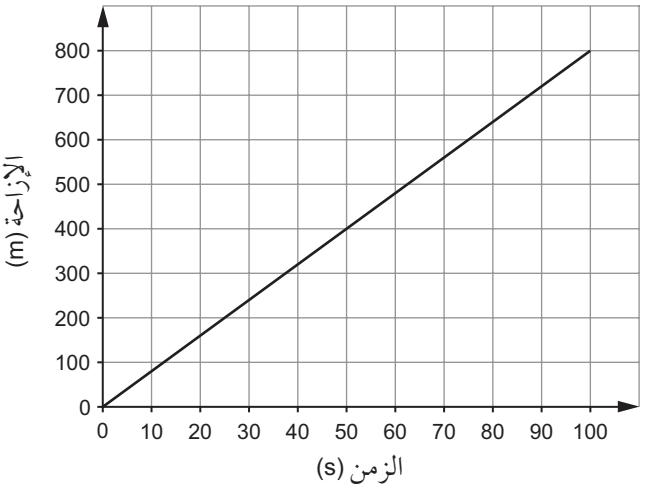
أ. اشرح كيف يمكنك معرفة أن السيارة كانت تتحرّك بسرعة ثابتة.

.....

ب. انسخ مخطّط التمثيل البياني، ثم أضف إليه خطًا ثانيًا يمثّل حركة سيّارة تتحرّك بسرعة ثابتة أكبر. عنون الخطّ الثاني بـ «أسرع».

ج. أضف إلى التمثيل البياني الذي رسمته خطًا ثالثًا يمثّل حركة سيارة لا تتحرّك. عنون الخطّ الثالث بـ «لا تتحرّك».

٣. يمثّل التمثيل البياني في الشكل ٢-٣ حركة عدّاء في سباق على طريق طويل ومستقيم.



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

استخدم التمثيل البياني لاستنتاج:

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

.....

.....

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

.....

.....

ج. مقدار السرعة المتّجهة للعداء.

.....

.....

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

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

الجدول ٢-١: بيانات لرحلة راكب درّاجة.

أ. ارسم تمثيلًا بيانيًا (الإزاحة–الزمن) للرحلة.

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

.....

.....

نشاط ٢-٤ جمع وطرح المتّجهات

تتضمّن هذه الأسئلة التفكير في الإزاحة والسرعة. إنها كمّيات متجهة تتحدّد باتجاه ومقدار أيضًا. يمكن تصنيف كل كمّية في الفيزياء على أنها **كمّية عددية** أو **كمّية متجهة**. يمكن تمثيل الكمّية المتجهة بسهم.

مصطلحات علمية

الكمّية العددية
Scalar quantity: كمّية تحدَّد بالمقدار فقط.

الكمّية المتجهة
Vector quantity: كمّية تحدَّد بالمقدار والاتجاه.

١. للكمّية العددية مقدار فقط.

أ. اذكر الكمّية العددية التي تتوافق مع الإزاحة.

.....

.....

.....

ب. اذكر الكمّية العددية التي تتوافق مع السرعة المتّجهة.

.....

.....

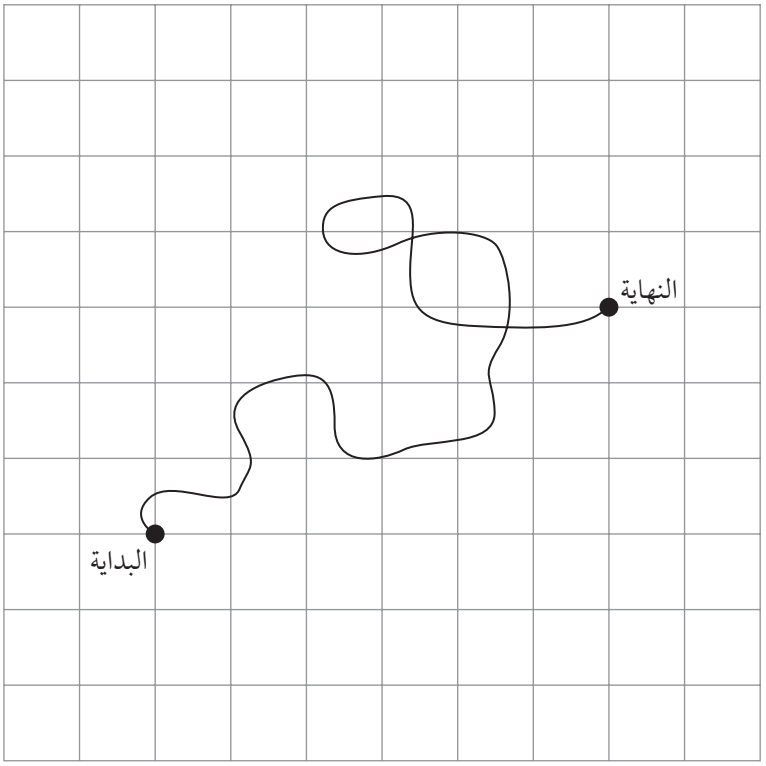
.....

ج. حدّد ما إذا كانت كلّ من الكمّيات الآتية كمّيةً عددية أم كمّية متجهة: (الكتلة، القوّة، التسارع، الكثافة، الطاقة، الوزن).

.....

.....

٢. يُظهر الرسم في الشكل ٢-٤ قطعة من الورق المربّع. يبلغ قياس كل مربّع (1 cm × 1 cm). يُظهر الشكل مسار حركة عنكبوت تحرّك على الورقة لبرهة قصيرة:



الشكل ٢-٤: للسؤال ٢. حركة العنكبوت.

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

.....

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

.....

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

.....

.....

.....

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

.....

.....

.....

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

أ. احسب المسافة التي قطعها اليخت بوحدة km.

.....

.....

.....

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

.....

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

.....

.....

.....

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

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

.....

.....

.....

ب. إذا كانت الطائرة تحلّق 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 هاتَين السرعتَين المتّجهتَين معًا لإعطاء السرعة المتّجهة المحصّلة للطائرة.

٢. احسب سرعة الطائرة بالنسبة إلى سطح الأرض.

.....

.....

.....

مهمّ

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

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

.....

.....

الاستقصاءات العملية

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

السرعة المتوسّطة
Average speed:

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

تُعرّف **السرعة المتوسّطة** لجسم ما بواسطة العلاقة:

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

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

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

ستحتاج إلى

الموادّ والأدوات:

- أسطوانة خشبية.
- لوح خشبي.
- حامل.
- مثبّت.
- مسطرة مترية.
- منقلة.
- ساعة إيقاف إلكترونية.
- كتاب أو مقلمة (حقيبة أقلام) ليعمل كحاجز في أسفل المنحدر.

⚠ احتياطات الأمان والسلامة

- تأكّد من قراءة احتياطات الأمان والسلامة في بداية هذا الكتاب، واستمع لنصائح معلّمك قبل تنفيذ هذا الاستقصاء العملي.
- استخدم كتابًا 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. شغّل وأوقف ساعة الإيقاف بأسرع ما يمكن وسجّل القراءة.

٣. كرّر هذه القراءة مرّتَين أُخريَين وسجّل القيَم 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 = ... s

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

الشكل ٢–٥: 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 ٢–٥. اعتبر قيمة عدم اليقين المُطلق في القراءة لساعة الإيقاف الرقمية في الشكل ٢–٥ هي قيمة عدم اليقين المُطلق نفسها في قراءاتك في الجدول ٢–٢.

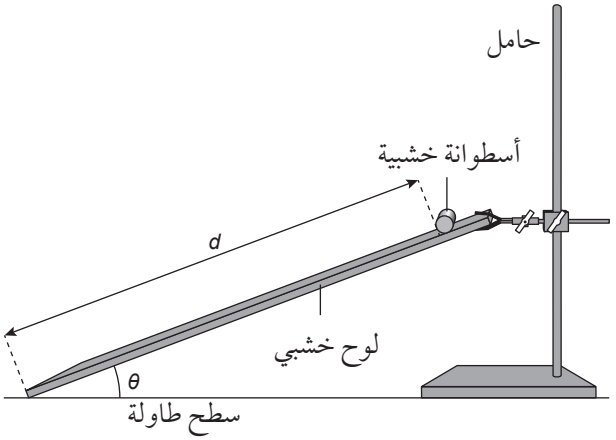
النسبة المئوية لعدم اليقين = % .....

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

الجزء ٢: تحديد السرعة المتوسّطة

الخطوات

١. قم بإعداد التجربة كما هو مُبيّن في الشكل ٢–٦.



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

٢. ضع الأسطوانة بالقرب من الطرف العلوي للوح الخشبي.

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

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

٤. كرّر الخطوات ٢ و ٣ ثلاث مرّات وسجّل القيّم في جدول تسجيل النتائج ٢–٣.

النتائج

d = ... 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

ب. احسب السرعة المتوسطة (v).

v = ... $cm\ s^{-1}$

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

الخطوات

١. كرّر الخطوات ٣ و ٤ من الصفحة السابقة عند زوايا مختلفة لانحدار المستوى المائل وسجّل سلسلة للقراءات (θ) و (t). استخدم المنقلة لقياس الزاوية (θ) بين اللوح الخشبي وسطح الطاولة كما هو مُبيّن في الشكل ٢-٦.

٢. سجّل بياناتك في جدول تسجيل النتائج ٢-٤.

النتائج

	t (s)			
θ (°)	القراءة الأولى	القراءة الثانية	القراءة الثالثة	متوسط القراءات

الجدول ٢-٤: جدول تسجيل النتائج.

التحليل والاستنتاج والتقييم

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

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

الجدول ٢-٥: جدول تسجيل النتائج.

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

ج. ارسم الخط المستقيم الأفضل ملاءمة.

د. حدّد مَيل هذا الخط.

المَيل = ...

هـ. العلاقة بين (v) و (t) و θ هي:

$$v = \left(\frac{2gt}{3}\right) \sin \theta$$

حيث (g) هو تسارع السقوط الحرّ.

استخدم المَيل لتحديد قيمة (g).

g = ... $m\ s^{-2}$

و. يجب أن تكون القيمة المقبولة لـ (g) هي ($9.81\ m\ s^{-2}$) (أو $981\ cm\ s^{-2}$). تبيّن 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 ملاءمة بالنقطة (0، 0)؟

.....

.....

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

.....

.....

استقصاء عملي ٢-٢: قياسات السرعة في المختبر

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

ستحتاج إلى

الموادّ والأدوات:

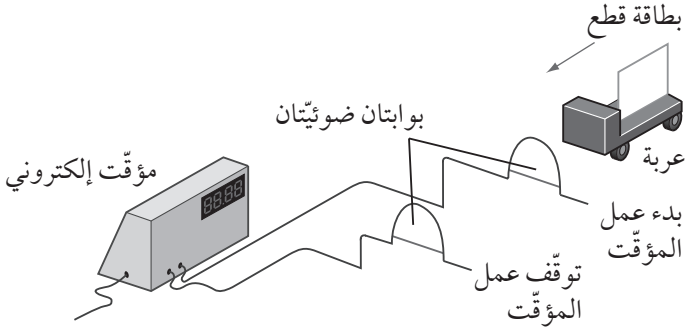
- بوابات ضوئية.
- مؤقّت إلكتروني.
- عربة.
- نابض زمني.
- شريط.
- مجسّ الحركة.

⚠ احتياطات الأمان والسلامة

- تأكّد من قراءة احتياطات الأمان والسلامة في بداية هذا الكتاب، واستمع لنصائح معلّمك قبل تنفيذ هذا الاستقصاء العملي.

الجزء ١: قياس السرعة باستخدام بوابتَين ضوئيتَين

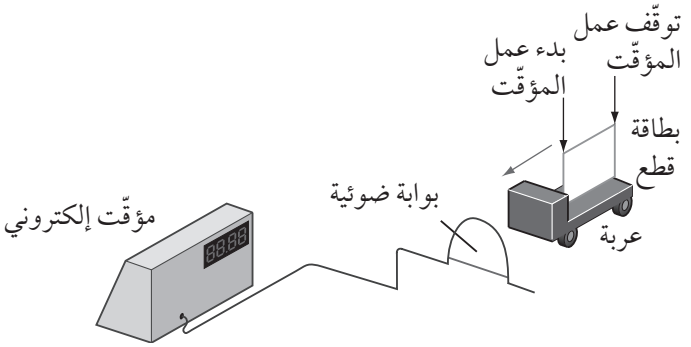
تقطع الحافة الأمامية للبطاقة في الشكل ٢–٧ الحزمة الضوئية عند مرورها عبر البوابة الضوئية الأولى. وهذا يجعل المؤقّت الإلكتروني يبدأ بالعمل. وعندما يقطع الجزء الأمامي من البطاقة الحزمة الضوئية التالية أثناء مرور العربة عبر البوابة الضوئية الثانية يتوقّف عمل المؤقّت. وتُحسب سرعة العربة من الفترة الزمنية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



الشكل ٢–٧: استخدام بوابتَين ضوئيّتَين لإيجاد السرعة المتوسطة لعربة ما.

الجزء ٢: قياس السرعة باستخدام بوابة ضوئية واحدة

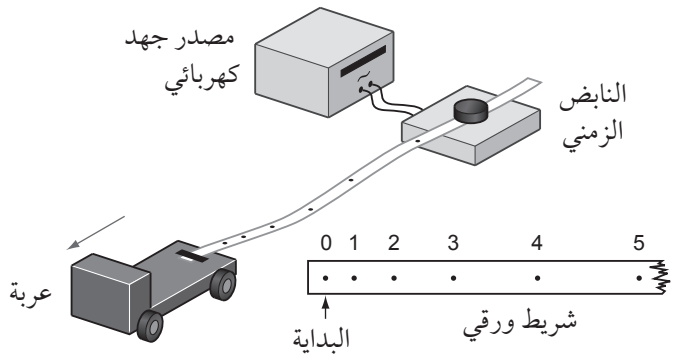
يبدأ عمل المؤقّت الإلكتروني في الشكل ٢-٨ عندما تقطع الحافة الأمامية للبطاقة حزمة الضوء عبر البوابة الضوئية. ويتوقّف عمل المؤقّت عند مرور الحافة الخلفية عبر البوابة. الزمن المبيّن في هذه الحالة هو الزمن الذي تستغرقه العربة في قطع مسافة مساوية لطول البطاقة. يمكن لبرنامج حاسوبي احتساب السرعة مباشرة بواسطة 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 بالتيّار الكهربائي المتردّد، وفي معظم البلدان يكون تردّد التيّار الكهربائي المتردّد 50 Hz). ويعمل نمط النقاط على الشريط الورقي كسجلّ لحركة العربة.



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

الخطوات

سيزوّدك معلمك بشريط النابض الزمني المنقّط. ابدأ بتفحّص النقاط على الشريط الورقي. سيعطيك هذا وصفًا 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. قِس 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 بيانيًا (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 ذهابًا وإيابًا بعد انعكاسها عن العربة. استنادًا إلى هذه البيانات يمكن للحاسوب استنتاج المسافة إلى العربة من مجسّ الحركة، ويمكنه أيضًا إنشاء تمثيل بياني (المسافة–الزمن)، وبالتالي تصبح قادرًا 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، مضمّنًا نتائجك وقيمة السرعة التي حسبتها.

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 ٢-٣: التمثيلات البيانية (الإزاحة-الزمن)

يمكنك التحقّق 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

- تأكّد من قراءة احتياطات الأمان والسلامة في بداية هذا الكتاب، واستمع لنصائح معلّمك قبل تنفيذ هذا الاستقصاء العملي.
- كن حذرًا عند الجري مع شريط النابض الزمني. تأكّد من عدم وجود عوائق 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. يتمّ 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 بإلصاق طول معيّن من شريط النابض الزمني بنفسك. بعد التأكّد 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 ٢-٦.

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 ٢-٦: جدول تسجيل النتائج.

ب. ارسم تمثيلًا بيانيًا (الإزاحة-الزمن) للعربة.

ج. استخدم التمثيل البياني لوصف حركة العربة.

.....

.....

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

.....

.....

.....

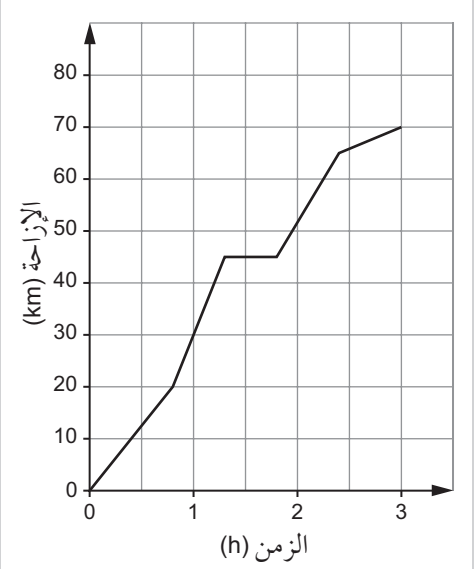
أسئلة نهاية الوحدة

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

أ. ارسم تمثيلًا بيانيًا (الإزاحة–الزمن) لتمثيل حركة القطارَين.

ب. استخدم التمثيل البياني لتحديد الزمن الذي سيلحق فيه القطار السريع بقطار البضائع.

٢. يوضح الشكل ٢–١١ تمثيلًا بيانيًا لحركة سيارة على طريق مستقيم.



الشكل ٢–١١

تابع

استنتج من التمثيل البياني ما يأتي:

أ. الزمن الذي تستغرقه الرحلة بالسيارة.

ب. المسافة التي قطعتها السيارة أثناء رحلتها.

ج. السرعة المتوسطة للسيارة أثناء رحلتها.

د. أكبر سرعة للسيارة أثناء رحلتها.

هـ. مقدار الزمن الذي تستغرقه السيارة في الانتقال بالسرعة التي حسبتها في الجزئية (د).

و. المسافة التي قطعتها السيارة بهذه السرعة.

٣. يمكن وصف أيّة كمّية فيزيائية بأنها «عددية» أو «متّجهة».

أ. **اذكر** الفرق بين الكمّية العددية والكمّية المتّجهة.

ب. **عرِّف** الإزاحة.

تحلّق طائرة خفيفة باتّجاه الشرق بسرعة ($80\ km\ h^{-1}$) لمدة (1.5 h). من ثم تتوجّه شمالاً بسرعة ($90\ km\ h^{-1}$) لمدّة (0.8 h).

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

د. ارسم مخططًا، بمقياس رسم معيّن، لتمثيل رحلة الطائرة.

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

أفعال إجرائية

استنتج Deduce: استنتج من المعلومات المتاحة.

أفعال إجرائية

اذكر State: عبّر بكلمات واضحة.

عرّف Define: أعط معنًى دقيقًا.

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

الحركة المتسارعة Accelerated Motion

أهداف التعلم

٣-١ يعرّف التسارع ويستخدمه.

٣-٢ يستخدم المنحنيات البيانية لتمثيل المسافة، والإزاحة، والسرعة، والسرعة المتجهة، والتسارع.

٣-٣ يجد الإزاحة من مساحة المنطقة الواقعة أسفل منحنى التمثيل البياني (السرعة المتجهة–الزمن).

٣-٤ يجد التسارع باستخدام ميل منحنى التمثيل البياني (السرعة المتجهة–الزمن).

٣-٥ يطبق معادلات الحركة الخطية في حلّ مسائل باستخدام المعادلات التي تمثّل حركة ذات تسارع منتظم في خطّ مستقيم، بما في ذلك حركة الأجسام الساقطة في المجال المنتظم للجاذبية الأرضية بإهمال مقاومة الهواء.

٣-٦ يشتقّ، من تعريفات السرعة والتسارع، المعادلات التي تمثّل الحركة المتسارعة بشكل منتظم في خطّ مستقيم.

٣-٧ يشرح تجربة لتحديد تسارع السقوط الحرّ باستخدام جسم ساقط.

٣-٨ يصف الحركة الناتجة في حالة السرعة المنتظمة في الاتجاه الأفقي وبتسارع منتظم في الاتّجاه الرأسي (حركة المقذوفات) ويشرحها.

٣-٩ يمثل الكمية المتجهة على شكل مركّبتَين متعامدتَين.

٣-١٠ يحلل السرعة المتجهة لمقذوف إلى المركّبة الأفقية والرأسية.

٣-١١ يستخدم معادلات الحركة الخطية لحل مسائل تتضمّن حركة المقذوفات.

التسارع = $\frac{\text{التغيّر في السرعة المتّجهة}}{\text{الزمن المُستغرَق}}$

$$\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{u}}{t} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$$

التسارع = ميل منحنى التمثيل البياني (السرعة المتجهة–الزمن)

الإزاحة = المساحة الواقعة تحت منحنى التمثيل البياني (السرعة المتجهة–الزمن)

مركّبتا السرعة المتّجهة $\vec{v}$ بزاوية θ مع المحور السيني (x) هما:

بالنسبة إلى الاتّجاه السيني (x): $v \cos \theta$

بالنسبة إلى الاتّجاه الصادي (y): $v \sin \theta$

معادلات الحركة الخطّية بتسارع ثابت:

المعادلة ١: $v = u + at$

المعادلة ٢: $s = \frac{(u + v)}{2} \times t$

المعادلة ٣: $s = ut + \frac{1}{2} at^2$

المعادلة ٤: $v^2 = u^2 + 2as$

الأنشطة

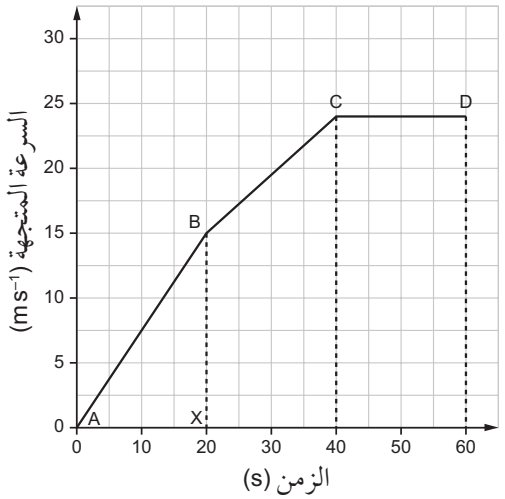
نشاط ٣-١ منحنيات التمثيل البياني (السرعة المتجهة - الزمن)

يحقّق هذا النشاط تدريبًا على رسم منحنيات التمثيلات البيانية (السرعة المتجهة–الزمن) واستخدامها وتفسيرها. تذكّر أن **التسارع** هو ميل منحنى التمثيل البياني (السرعة المتجهة–الزمن)، ومقدار الإزاحة هي المساحة الواقعة تحت منحنى التمثيل البياني (السرعة المتجهة–الزمن).

مصطلحات علمية

التسارع Acceleration: هو معدّل تغيّر السرعة المتجهة لجسم ما، ووحدته $m\ s^{-2}$.

١. يبيّن التمثيل البياني في الشكل ٣–١ كيف تتغير سرعة سيارة ما أثناء حركتها:



الشكل ٣–١: للسؤال ١. التمثيل البياني (السرعة المتجهة–الزمن).

أ. كيف يمكنك أن تعرف من التمثيل البياني أن السيارة انطلقت من السكون؟

.....

ب. متى توقّفت السيارة عن التسارع؟ كيف يمكنك معرفة ذلك؟

.....

.....

ج. السيارة تتسارع في الجزء AB. استخدم المثلّث ABX لتحديد الفترة الزمنية التي تسارعت فيها السيارة خلال هذا الجزء.

.....

.....

د. حدّد الازدياد في السرعة المتجهة للسيارة خلال هذه الفترة الزمنية.

.....

.....

هـ. استخدم إجاباتك عن الجزئيتَين (ج) و (د) لحساب تسارع السيارة في الجزء AB من المنحنى.

.....

.....

.....

و. اتبع الخطوات نفسها الواردة في الأسئلة من الأجزاء (ج) إلى (هـ) لحساب تسارع السيارة في الجزء BC.

.....

.....

.....

ز. احسب مساحة المثلّث ABX. ماذا تمثّل هذه المساحة؟

.....

.....

.....

ح. احسب مقدار الإزاحة التي قطعتها السيارة في رحلتها عبر المسار ABCD.

.....

.....

.....

٢. يوضّح الجدول ٣–١ كيف تغيّرت السرعة المتجهة لسيارة ما أثناء تحرّكها على طريق مستقيم:

السرعة المتجهة (ms^{-1})	10	10	17	24	28	28	28
الزمن (s)	0	20	40	60	80	100	120

الجدول ٣–١: بيانات السرعة المتجهة لسيارة.

أ. ارسم منحنى التمثيل البياني (السرعة المتجهة–الزمن) لتمثيل حركة السيارة.

ب. في أيّة فترة زمنية كان للسيارة أكبر تسارع؟ احسب تسارعها خلال تلك الفترة.

.....

.....

.....

ج. احسب مقدار الإزاحة التي قطعتها السيارة أثناء رحلتها. ستحتاج إلى تقسيم المنطقة الواقعة أسفل منحنى التمثيل البياني إلى مستطيلات ومثلّثات.

.....

.....

٣. تقترب سيارة من إشارة المرور، فيضغط السائق على المكابح بحيث تقلّ السرعة المتجهة للسيارة بانتظام من ($22\ m\ s^{-1}$) إلى ($7\ m\ s^{-1}$) خلال ($10\ s$).

أ. ارسم منحنى التمثيل البياني (السرعة المتجهة–الزمن) لتمثيل هذا الجزء من رحلة السيارة.

ب. احسب مقدار تسارع السيارة.

.....

.....

ج. كيف يوضّح التمثيل البياني أن السيارة تباطأت؟ تذكّر أن «التباطؤ» يعني أن السرعة المتجهة للسيارة تناقصت؛ أي أن تسارعها سالب.

.....

.....

د. في التمثيل البياني الذي رسمته، ظلّل المنطقة التي تمثّل مقدار إزاحة السيارة أثناء الفرملة.

.....

.....

هـ. احسب مقدار إزاحة السيارة أثناء الفرملة.

.....

.....

٤. يتحرّك قطار بسرعة متجهة ثابتة (u)، ثم يبدأ بالتباطؤ بمقدار ($0.2\ m\ s^{-2}$) خلال ($50\ s$). في هذه الفترة، يقطع القطار مسافة ($2000\ m$).

أ. ارسم منحنى التمثيل البياني (السرعة المتجهة–الزمن) لهذا التباطؤ، ثم حدّد عليه المعلومات الواردة في السؤال.

ب. احسب مقدار السرعة المتجهة (u) للقطار قبل أن يبدأ بالتباطؤ.

.....

.....

نشاط ٣-٢ اشتقاق معادلات الحركة الخطية

ثمّة أربع معادلات للحركة الخطية، تُعرف أحيانًا باسم «معادلات سوڤات» (suvat equations). سيساعدك هذا النشاط على فهم اشتقاق هذه المعادلات.

المعادلة ١: $v = u + at$

المعادلة ٢: $s = \frac{(u + v)}{2} \times t$

المعادلة ٣: $s = ut + \frac{1}{2} at^2$

المعادلة ٤: $v^2 = u^2 + 2as$

١. **أ.** ما الكمّيات التي تمثّلها الرموز (s) و (u) و (v) و (a) و (t)؟

.....

.....

ب. تنطبق المعادلات فقط على جسم يتحرّك بتسارع منتظم وفي خط مستقيم. ما المقصود بعبارة التسارع المنتظم؟ تذكّر أن التسارع كمّية متجهة.

.....

.....

٢. يمكن استنتاج المعادلة ١ من تعريف التسارع.

أ. يمكن تعريف التسارع لجسم يتحرّك في خطّ مستقيم، على أنه:

$$\frac{\text{السرعة المتجهة النهائية} - \text{السرعة المتجهة الابتدائية}}{\text{الزمن المستغرق}}$$

اكتب هذه المعادلة بالرموز.

.....

ب. أعد ترتيب المعادلة للحصول على أولى معادلات الحركة الخطّية.

.....

ج. أيّة كمّية من الكمّيات الخمس الواردة في السؤال ١ (أ) غير متضمّنة في المعادلة في الجزئية ٢ (ب)؟

.....

٣. يمكن إيجاد المعادلة الثانية من معادلات الحركة الخطّية بتخيّل أن جسمًا ما يتحرّك بسرعة متجهة ثابتة تساوي سرعته المتجهة المتوسّطة.

أ. اكتب معادلة (بالكلمات ثم بالرموز) للسرعة المتجهة المتوسّطة للجسم، بدلالة سرعته المتجهة الابتدائية والنهائية.

.....

.....

ب. استخدم إجابتك في الجزئية (أ) لكتابة معادلة الإزاحة، ولإيجاد مقدار إزاحة الجسم (s) اضرب السرعة المتجهة المتوسّطة في الزمن المستغرق.

.....

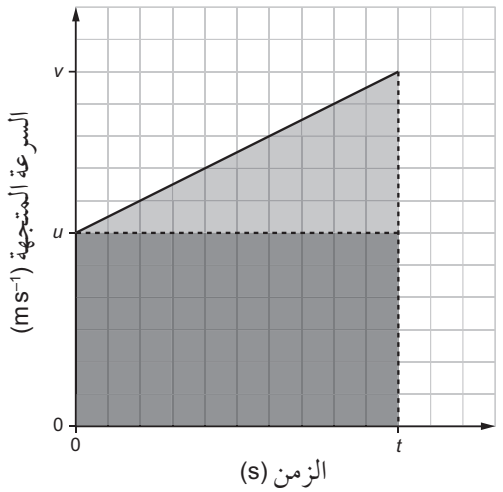
.....

.....

ج. أيّة كمّية من الكمّيات الخمس الواردة في السؤال ١ (أ) غير متضمّنة في المعادلة التي كتبتها في الجزئية ٣ (ب)؟

.....

٤. لاستنتاج المعادلتَين ٣ و ٤، نبدأ من تمثيل بياني بسيط (السرعة المتجهة–الزمن):



الشكل ٣–٢: للسؤال ٤. التمثيل البياني (السرعة المتجهة–الزمن).

أ. صِف الحركة التي يمثّلها هذا التمثيل البياني.

.....

.....

.....

مقدار الإزاحة تمثلها مساحة المنطقة الواقعة تحت منحنى التمثيل البياني. يمكننا تجزئة هذه المنطقة إلى جزأَين:

مقدار الإزاحة = مساحة المستطيل + مساحة المثلّث

ب. تمثّل مساحة المستطيل مقدار الإزاحة إذا كان الجسم قد تحرّك بسرعة ثابتة (u) خلال الزمن (t). ما قيمة مساحة تلك المنطقة؟

.....

.....

.....

ج. تمثّل مساحة المثلّث مقدار الإزاحة الإضافية للجسم الناتجة من تسارعه. ارتفاع هذا المثلّث هو ($v - u$). أعِد ترتيب المعادلة التي تحدّد التسارع لإيجاد ارتفاع المثلّث بدلالة (a) و (t).

.....

د. مساحة المثلّث = $\frac{1}{2}$ × القاعدة × الارتفاع. استخدِم إجابتك من الجزئية (ج) لكتابة مساحة المثلّث بدلالة (a) و (t).

.....

هـ. اكتب المعادلة الكاملة لمقدار الإزاحة (s) بدلالة مساحتَي المنطقتَين المستطيلة والمثلثة.

.....

نشاط ٣-٣ استخدام معادلات الحركة الخطية

عند استخدام معادلات الحركة الخطية، تحتاج إلى تحديد كمّيات «سوفات» المذكورة سابقًا والمعادلة التي تربط هذه الكمّيات بعضها ببعض.

١. تتحّرك شاحنة بسرعة متجهة ابتدائية ($12\ m\ s^{-1}$)، وبتسارع منتظم مقداره ($0.75\ m\ s^{-2}$) خلال ($20\ s$).

أ. احسب مقدار السرعة المتجهة للشاحنة في نهاية هذه الفترة الزمنية.

.....

.....

.....

ب. احسب مقدار السرعة المتجهة المتوسطة للشاحنة أثناء تسارعها.

.....

.....

.....

ج. استخدم إجابتَيك في الجزئيّتَين (أ) و (ب) لحساب المسافة التي تقطعها الشاحنة أثناء تسارعها.

.....

.....

.....

د. تحقّق من حصولك على الإجابة نفسها للجزئية (ج) باستخدام المعادلة:

$$s = ut + \frac{1}{2}at^2$$

.....

.....

.....

٢. يتحرّك قطار بسرعة متجهة ثابتة (u) ثم يبدأ بالتباطؤ بمقدار ($0.2\ m s^{-2}$) خلال (50s). في هذه الفترة، يقطع القطار مسافة (2000 m). استخدم إحدى معادلات الحركة الخطّية لحساب سرعة القطار قبل أن يبدأ بالتباطؤ مباشرة. (هذا هو السؤال ٤ من النشاط ٣–١ ولكن من السهل عليك حلّه الآن باستخدام إحدى معادلات الحركة الخطّية).

.....

.....

.....

مهمّ

نظرًا لأن معادلات «سوقات» الأربع متّصلة بعضها ببعض، يمكنك التوصّل إلى الإجابة بأكثر من طريقة.

٣. تنطلق سيارة من السكون، بتسارع ($0.8 m\ s^{-2}$) خلال (10s)، ثم بتسارع ($0.4 m\ s^{-2}$) لمدّة (10 s) أخرى. استخدم معادلات الحركة الخطّية لحساب مقدار الإزاحة النهائية للسيارة. (سيتعيّن عليك تقسيم الرحلة إلى قسمَين؛ لأن التسارع يتغيّر بعد (10 s)).

.....

.....

.....

٤. يتمّ اختبار سيارة على حلبة سباق، إذ يقترب السائق من قسم الاختبار بسرعة ($28\ ms^{-1}$)، ثم يتسارع بمعدّل ثابت بين علامتَين تفصل بينهما مسافة (100 m)، فتصل سرعة السيارة إلى ($41\ ms^{-1}$).

أ. احسب تسارع السيارة.

.....

.....

.....

ب. احسب الفترة الزمنية التي تسارعت خلالها السيارة.

.....

.....

.....

نشاط ٣-٤ الحركة تحت تأثير الجاذبية الأرضية

عندما يتحرّك جسم في حالة **السقوط الحرّ** تحت تأثير الجاذبية الأرضية، فإن القوّة الوحيدة المؤثّرة عليه هي وزنه، والتي تؤثّر رأسيًا نحو الأسفل. فبالقرب من سطح الأرض، يكون تسارع الجاذبية الأرضية ($g = 9.81\ ms^{-2}$) (تقريبًا)، ويكون اتّجاه هذا التسارع نحو الأسفل. يمكنك استخدام معادلات الحركة الخطية لحلّ المسائل المتعلّقة بالحركة تحت تأثير الجاذبية الأرضية.

١. يُقذف حجر رأسيًا إلى الأعلى، لكن لا يلبث أن يعود ليقع على سطح الأرض.

أ. أكمل الجدول ٣-٢ بوضع الإشارات الموجبة أو السالبة للكمّيات المُدرجة، أو إذا كانت الكمّية صفرًا.

الكمّية	الإزاحة	السرعة المتجهة	التسارع
الحجر مقذوفًا إلى الأعلى		+	
الحجر في أعلى نقطة			
الحجر يسقط إلى الأسفل			

الجدول ٣-٢: للسؤال ١ (أ).

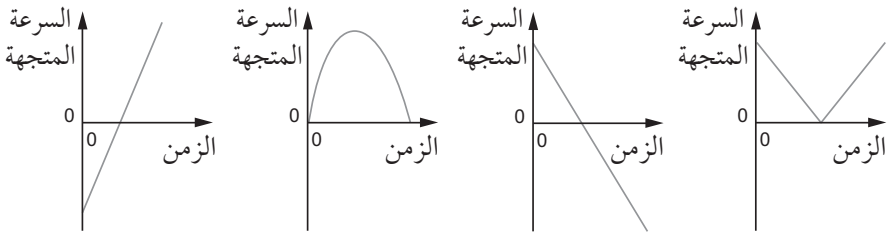
مصطلحات علمية

السقوط الحر Free fall: عندما يتسارع جسم ما بسبب الجاذبية الأرضية في حال عدم وجود أيّة قوى أخرى مثل مقاومة الهواء.

مهمّ

عندما نفترض أن جسمًا ما يتحرك تحت تأثير الجاذبية الأرضية، نحتاج إلى استخدام الكمّيات المتجهة. يجب أن نكون حريصين على مراعاة اتجاهات القوى والسرعات المتجهة. يمكنك أن تنظر إلى ما هو باتجاه الأعلى على أنه موجب، وإلى ما هو باتجاه الأسفل على أنه سالب.

ب. أيّ من التمثيلات البيانية (السرعة المتجهة–الزمن) الآتية تمثّل حركة الحجر؟ فسّر اختيارك.



الشكل ٣–٣: للسؤال ١ (ب). أربعة تمثيلات بيانية (السرعة المتجهة–الزمن).

.....

.....

٢. تقذف فاطمة كرة رأسيًا إلى الأعلى، ثم تعود وتمسكها عندما تسقط إلى الأرض. السرعة المتجهة الابتدائية للكرة تساوي ($6.5\ ms^{-1}$).

أ. احسب الارتفاع الذي تصل إليه الكرة. (استخدم سرعة الكرة عند أعلى نقطة في مسارها).

.....

.....

.....

ب. احسب الزمن الذي تبقى فيه الكرة في الهواء. (استخدم السرعة المتجهة النهائية للكرة).

.....

.....

.....

وقفت فاطمة على حافة جرف صخري ارتفاعه (55 m) وقذفت الكرة إلى الأعلى بالسرعة المتجهة الابتدائية نفسها، ثم تركتها تسقط إلى قاع الجرف.

ج. احسب السرعة التي تصل بها الكرة إلى سطح الأرض عند قاع الجرف.

.....

.....

.....

د. احسب الزمن الذي تبقى فيه الكرة في الهواء. (تذكّر أن تضع في اعتبارك الجزأين (إلى الأعلى وإلى الأسفل) لحركة الكرة).

.....

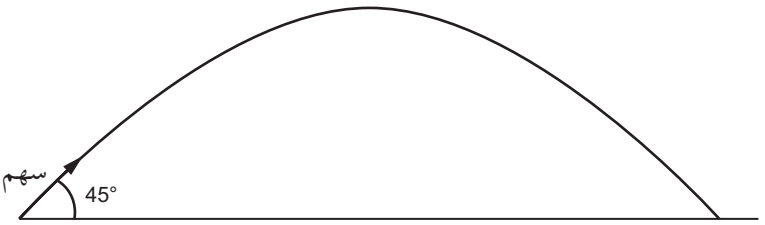
.....

.....

٣. الجسم الذي يتمّ إطلاقه أو قذفه إلى الأعلى بزاوية يسمّى بالمقذوف. يوضّح الشكل ٣–٤ مسار مقذوف عبارة عن سهم أُطلق بزاوية °45 مع الاتجاه الأفقي، وبسرعة ابتدائية ($24\ ms^{-1}$)، ثم تحرّك بحرّية في الهواء، بحيث كانت الجاذبية الأرضية هي القوّة الوحيدة المؤثّرة عليه.

مهمّ

للمقذوف في حال عدم وجود مقاومة للهواء تسارع ثابت رأسيًا اتجاهه إلى الأسفل وسرعة متجهة ثابتة أفقيًا.



الشكل ٣–٤: للسؤال ٣. رسم تخطيطي يوضح حركة سهم أُطلق إلى الأعلى بزاوية °45 مع الاتجاه الأفقي.

لحساب المسافة التي يقطعها السهم، يجب أوّلًا حساب الزمن الذي يبقى فيه في الهواء. وللقيام بذلك، نأخذ في الاعتبار حركته الرأسية.

مصطلحات علمية

المركّبة Component: تأثير متّجه ما على طول اتّجاه معيّن.

أ. احسب **المركّبة** الرأسية (إلى الأعلى) للسرعة المتّجهة الابتدائية للسهم.

.....

.....

ب. ما مقدار الإزاحة الرأسية للسهم عندما يسقط على الأرض؟

.....

.....

ج. احسب الزمن الذي يبقى فيه السهم في الهواء.

.....

.....

الآن نأتي إلى الحركة الأفقية للسهم.

د. لا توجد قوى أفقية تؤثّر على السهم. ما التسارع الأفقي للسهم؟

.....

.....

هـ. احسب المركّبة الأفقية للسرعة المتجهة الابتدائية للسهم.

.....

.....

مهمّ

بالنسبة إلى الجزئية (و): لقد قمت بحساب الزمن المستغرق في الجزئية (ج) والسرعة المتجهة الأفقية للسهم في الجزئية (هـ).

و. احسب المسافة التي يقطعها السهم أفقيًا والتي تُعرف أيضًا بالمدى.

.....

.....

مهمّ

يصل مقذوف ما لأكبر مسافة أفقية (المدى) على مستوى الأرض إذا تم إطلاقه بزاوية (45°) مع الاتجاه الأفقي.

٤. احسب المسافة الأفقية (المدى) التي يقطعها السهم في السؤال ٣ إذا تم إطلاقه بزاوية 50° مع الاتجاه الأفقي، وبالسرعة المتجهة الابتدائية نفسها كما في السابق. (يمكنك اتباع الطريقة نفسها كما هي الحال في السؤال ٣).

.....

.....

.....

الاستقصاءات العملية

استقصاء عملي ٣-١: تسارع كتلتَين متصلتَين معًا

في هذا الاستقصاء العملي، ستجري تجربة بسيطة لاستنتاج تسارع نظام مكوّن من كتلتَين متصلتَين معًا.

إذا ربطت كتلة بكلّ طرف من طرفَي سلك يمرّ فوق بكرة، فإنّ أيَّ فرق بين مقدار الكتلتَين سيتسبّب في تسارع النظام المكوّن من هاتَين الكتلتَين. سيتم في هذا الاستقصاء نقل جزء من كتلة معيّنة نحو الأخرى، بحيث يتغيّر الفارق بين الكتلتَين، إلّا أنّ المجموع الكلّي للكتلتَين يبقى ثابتًا.

ستحتاج إلى

الموادّ والأدوات:

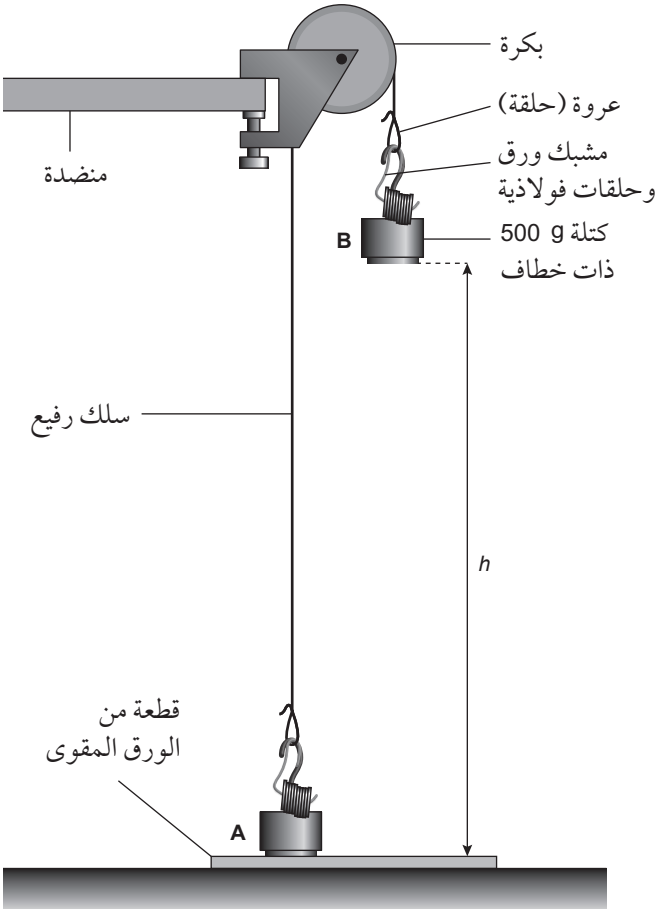
- بكرة مثبّتة بطرف منضدة.
- سلك رفيع.
- كتلتان ذواتا خطّاف، مقدار كل منهما (500 g).
- مشبكا ورق سميكان.
- 20 حلقة فولاذية.
- ساعة إيقاف.
- مسطرة مترية.
- قطعة سميكة من الورق المقوّى.

⚠ احتياطات الأمان والسلامة

- تأكّد من قراءة احتياطات الأمان والسلامة في بداية هذا الكتاب، واستمع لنصائح معلّمك قبل تنفيذ هذا الاستقصاء العملي.
- ستسقط إحدى الكتلتَين على الورق المقوّى الموضوع على الأرضية. احرص أن تجعل قدمَيك بعيدتَين عن تلك المنطقة.

الطريقة

١. قم بتركيب أدوات التجربة كما هو مُبيّن في الشكل ٣-٥.



الشكل ٣–٥: الكتل ومشابك الورق والسلك يمرّ فوق البكرة.

٢. اربط عُروة (حلقة) عند كلّ من طرفَي السلك.

٣. افتح مشبكَي الورق، وحوّل كلًا منهما إلى خطّاف، ثم علّق به 10 حلقات فولاذية.

٤. علّق خطّاف كلّ من الكتلتَين (كتلتا الـ 500 g)، وخطّاف مشبك الورق بالحلقات الفولاذية لكلّ من عُروتَي الخيط.

٥. اسحب الكتلة ذات الخطّاف **A** إلى الأسفل حتى تلامس قطعة الورق المقوّى، وقِس الارتفاع (*h*) للكتلة ذات الخطّاف **B** فوق قطعة الورق المقوى. سجّل الارتفاع (*h*) في قسم النتائج.

٦. انقل الحلقات الفولاذية، واحدة تلو الأخرى، من الكتلة **A** إلى الكتلة **B** حتى تبدأ الكتلة **B** بالتحرّك إلى الأسفل بسرعة متزايدة باطّراد نحو قطعة الورق المقوى.

٧. سجّل الفرق (*n*) بين عدد الحلقات في الكتلة **A** وعدد الحلقات في الكتلة **B** في جدول تسجيل النتائج ٣–٣.

مهمّ

تذكّر أن تسجّل قياس الارتفاع بالمسطرة المترية لأقرب mm.

مهمّ

قِس الزمن (*t*) مرّات عديدة لكل قيمة من قيم (*n*) وسجّل كل القراءات.

٨. اسحب الكتلة **B** إلى الأعلى حتى تجعل الكتلة **A** تلامس قطعة الورق المقوى مرّة أخرى، ثم أفلت الكتلة **B** من يدك وقسِ الزمن (*t*) لتصل الكتلة **B** إلى قطعة الورق المقوى. سجّل القراءة في جدول تسجيل النتائج ٣-٣.

٩. انقل مزيدًا من الحلقات من الكتلة **A** إلى الكتلة **B** وكرّر الخطوتَين ٧ و ٨. كرّر ذلك حتى تنتهي من عمل ستّ مجموعات من قيم (*n*) و (*t*) ودوّنها في جدول تسجيل النتائج ٣-٣.

النتائج

الارتفاع h = ... cm

n	الزمن (s) *t*				*a* (cm s^{-2})
	القراءة الأولى	القراءة الثانية	القراءة الثالثة	متوسط القراءات	

الجدول ٣-٣: جدول تسجيل النتائج.

التحليل والاستنتاج والتقييم

أ. احسب متوسط قراءة (*t*) لكلّ صفّ في جدول تسجيل النتائج ٣-٣.

ب. احسب التسارع (*a*) لكل صف في جدول تسجيل النتائج ٣-٣ باستخدام المعادلة:

$$a = \frac{2h}{t^2}$$

ج. استخدم ورقة الرسم البياني لتمثيل (*a*) (على المحور الصادي) مقابل (*n*) (على المحور السيني).

د. ارسم الخطّ المستقيم الأفضل ملاءمة عبر النقاط.

$$s = ut + \frac{1}{2}at^2$$

في هذا الاستقصاء، ($u = 0$) والارتفاع (h) = (s)

مهمّ

ارجع إلى الوحدة الأولى، المهارات العملية، للاطلاع على نصائح حول الخطّ الأفضل ملاءمة.

هـ. احسب ميل منحنى التمثيل البياني وحدد نقطة تقاطعه مع المحور الصادي.

الميل = ... نقطة التقاطع = ...

و. تعتمد نظرية هذا الاستقصاء العملي على أن:

القوة = الكتلة × التسارع

وبما أن الكتلة الكلّية ثابتة، فإن هذا يؤدّي إلى أن:

التسارع (*a*) يتناسب طرديًا مع العدد (*n*) عمليًا. (لا يمرّ منحنى التمثيل البياني بنقطة الأصل).

اشرح سبب عدم حصول تسارع عند بداية نقل عدد معيّن من الحلقات الفولاذية.

.....

.....

استقصاء عملي ٣-٢: مدى مقذوف ما

في هذا الاستقصاء العملي، ستستقصي المسافة الأفقية التي تقطعها كرة عندما تُقذف أفقيًا على ارتفاعات مختلفة فوق حوض مستطيل الشكل يحتوي على رمل. ستستخدم البيانات لحساب **السرعة المتجهة** لقذف الكرة أفقيًا.

مصطلحات علمية

السرعة المتجهة Velocity: سرعة الجسم في اتجاه معيّن أو معدّل تغيّر إزاحة الجسم، وهي كمّية متجهة.

ستحتاج إلى

الموادّ والأدوات:

- أنبوب مقوّس مثبّت على لوح.
- مستطيل من الورق المقوّى.
- كرة فولاذية (توضَع في وعاء صغير لمنعها من التدحرج).
- حوض مستطيل الشكل فيه رمل.
- قلم.
- حامل مع مثبت وملقط.
- مثلّث قائم الزاوية.
- مسطرة مترية.
- مسطرة (30 cm).

⚠ احتياطات الأمان والسلامة

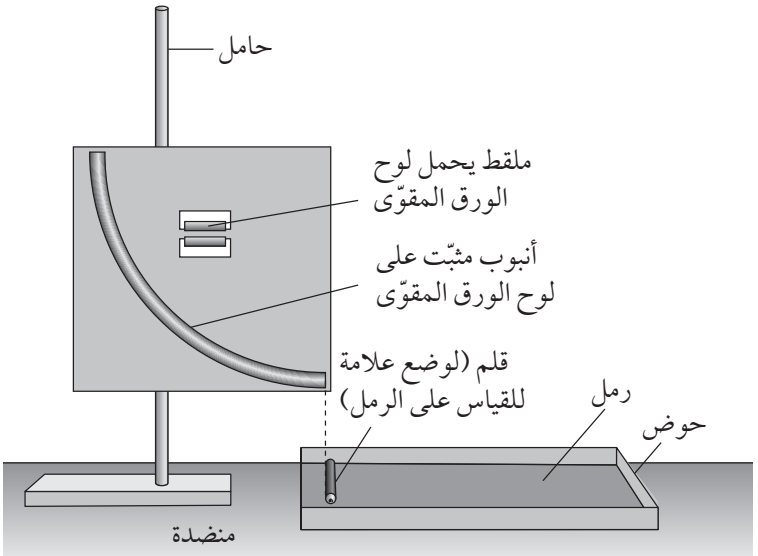
- تأكّد من قراءة احتياطات الأمان والسلامة في بداية هذا الكتاب، واستمع لنصائح معلّمك قبل تنفيذ هذا الاستقصاء العملي.

الطريقة

مهمّ

قِس ارتفاع لوح الورق المقوّى عن المنضدة من مكانَين مختلفَين، يجب أن يكون القياسان متساويَين للتأكد من عدم وجود ميَلان.

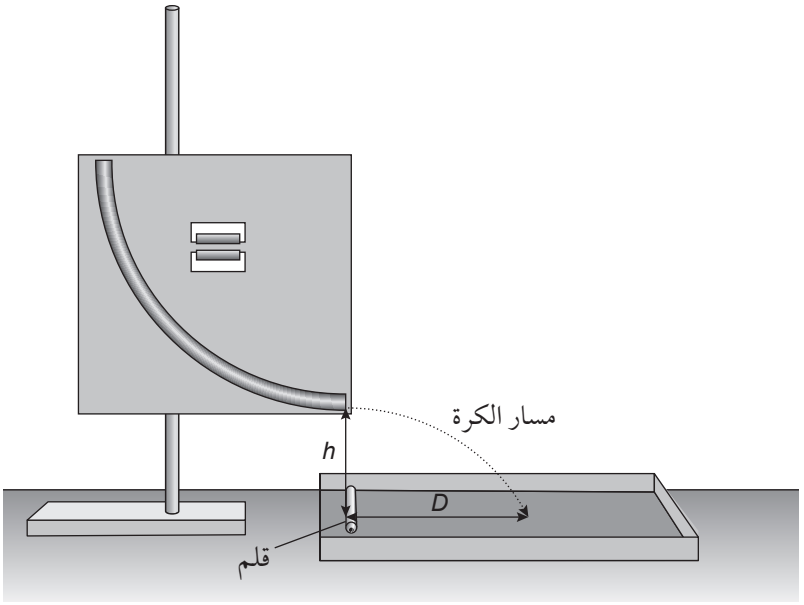
١. قم بتركيب أدوات التجربة كما هو مُبيّن في الشكل ٣-٦.



الشكل ٣-٦: أنبوب مقوّس مثبّت على لوح من الورق المقوّى.

يجب أن تكون الحافة السفلية للوح الورق المقوّى موازية للمنضدة، ويجب غرز القلم في الرمل بحيث يكون رأسيًا أسفل النهاية السفلى للأنبوب وموازيًا لحافة الحوض، كما هو مُبيّن في المخطّط.

٢. قم بقياس الارتفاع (*h*) للنهاية السفلية للأنبوب فوق الرمل، كما هو مُبيّن في الشكل ٣–٧. وسجّله في جدول تسجيل النتائج ٣–٤.



الشكل ٣–٧: أدوات التجربة مع عرض لمسار الكرة.

مهمّ

بعد كل تغيير في الارتفاع (*h*)، تحقّق من أن نهاية الأنبوب الأفقية تقع رأسيًا فوق القلم.

٣. ضع الكرة الفولاذية في قمّة الجزء العلوي من الأنبوب بحيث تتدحرج داخله إلى خارج الجزء السفلي منه وتسقط على الرمل.

٤. قِس المسافة (*D*) من موقع سقوط الكرة إلى القلم، كما هو مُبيّن في الشكل ٣–٧، وسجّله في جدول تسجيل النتائج ٣–٤.

٥. التقط الكرة، وامسح سطح الرمل ليكون مستويًا بمثلث قائم الزاوية.

٦. كرّر الخطوتَين ٣ و ٤ عدّة مرّات، وسجّل النتائج في جدول تسجيل النتائج ٣–٤، واحسب متوسط قيمة المسافة (*D*).

٧. غيّر الارتفاع (*h*) وكرّر الخطوات من ٢ إلى ٦ حتى تحصل على ستّ مجموعات من قيم (*h*) ومتوسط المسافة (*D*) في جدول تسجيل النتائج ٣–٤.

النتائج

h (cm)	D (cm)					D^2 (cm^2)
	القراءة الأولى	القراءة الثانية	القراءة الثالثة	القراءة الرابعة	متوسط القراءات	

الجدول ٣-٤: جدول تسجيل النتائج.

التحليل والاستنتاج والتقييم

أ. احسب قيَم (D^2) ودوّنها في جدول تسجيل النتائج ٣-٤.

ب. استخدم ورقة الرسم البياني لرسم منحنى التمثيل البياني لـ (D^2) (على المحور الصادي) و (h) (على المحور السيني).

ج. ارسم الخطّ الأفضل ملاءمة عبر النقاط.

د. حدّد المَيل ونقطة تقاطع الخطّ مع المحور الصادي.

الميل = ... نقطة التقاطع = ...

هـ. في حركة المقذوف الأفقي، ميل خطّ التمثيل البياني يساوي $\frac{2v^2}{g}$، حيث (v) هي السرعة الأفقية و ($g = 9.81\ m\ s^{-2}$).

استخدم قيمة الميل لحساب (v). ضمّن وحدة القياس في إجابتك.

مهمّ

حوّل الوحدة القياسية لـ (g) إلى $cm\ s^{-2}$ قبل حساب (v).

v = ...

أسئلة نهاية الوحدة

١. قطار يسير بسرعة ($40\ m\ s^{-1}$)، وعندما يرى السائق إشارة حمراء على مسافة (2.2 km) أمامه، يقوم باستخدام الفرامل بحيث يتباطأ القطار بتسارع منتظم ويتوقف عند وصوله إلى الإشارة.

أ. عرّف التسارع.

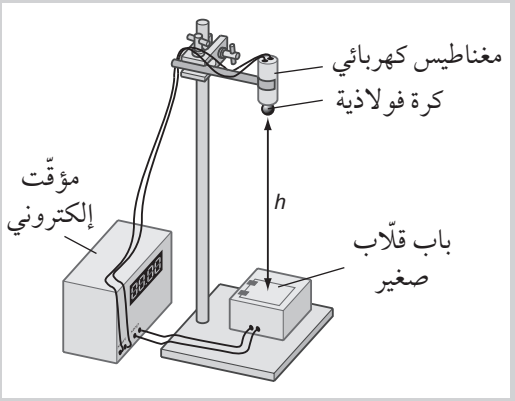
ب. احسب تسارع القطار أثناء الفرملة.

ج. احسب الزمن المستغرق لتوقّف القطار.

د. **ارسم** تمثيلًا بيانيًا (السرعة المتجهة–الزمن) لهذا الجزء من رحلة القطار. اذكر كيف يوضح التمثيل البياني أن تسارع القطار منتظم.

هـ. وضّح في الرسم الذي حصلت عليه المنطقة التي تمثّل مقدار الإزاحة التي يقطعها القطار خلال تباطئه.

٢. في تجربة لتحديد قيمة تسارع السقوط الحرّ (g)، يتمّ تحرير كرة فولاذية صغيرة بحيث تسقط عبر باب قلّاب صغير، كما هو موضّح في الشكل ٣–٨:



الشكل ٣–٨: تجربة لتحديد قيمة تسارع السقوط الحرّ.

يبدأ المؤقّت الإلكتروني عند تحرير الكرة بقياس الزمن، ويتوقّف عندما تصل الكرة إلى الباب القلّاب الصغير.

أ. اشرح كيف ستحدّد قيمة (g) من الارتفاع (h) والزمن (t) الذي تستغرقه.

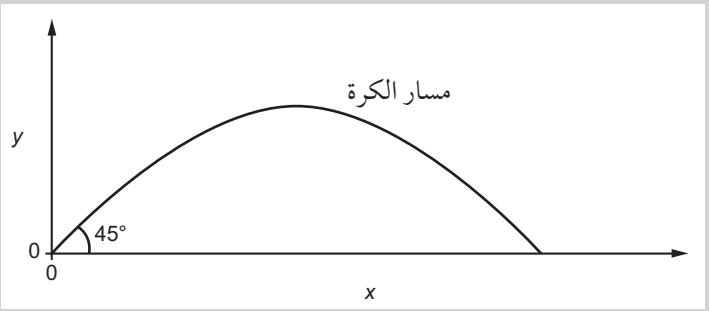
أفعال إجرائية

ارسم Sketch: أنشئ رسمًا بسيطًا يوضح الميزات الرئيسية.

تابع

ب. من الناحية العملية، قد يبدأ المؤقّت قبل أن تبدأ الكرة في السقوط، لأن القوّة الكهرومغناطيسية لا تنخفض بشكلٍ آني إلى الصفر. هذا يعني أن الزمن (*t*) سيكون أكبر قليلًا ممّا لو سقطت الكرة بحرّية كاملة. هل ستكون قيمة (*g*) المحسوبة أكبر من المتوقّع أم أقلّ؟ اشرح إجابتك.

٣. في محاولة لتحديد قيمة (*g*) باستخدام حركة المقذوفات، يقذف طالب كرة فلزّية بسرعة متجهة ابتدائية مقدارها ($12.0\ m\ s^{-1}$) وبزاوية 45° مع الاتّجاه الأفقي، كما هو موضّح في الشكل ٣–٩. تهبط الكرة على مسافة (14.7 m) على مستوى الأرض (مع إهمال مقاومة الهواء).



الشكل ٣–٩: حركة الكرة الفلزّية.

أ. بالنسبة إلى الحركة الأفقية للكرة، احسب الزمن الذي تستغرقه الكرة لتقطع هذه المسافة.

ب. بالنسبة إلى الحركة الرأسية للكرة، احسب قيمة تسارع السقوط الحرّ.

القوى Forces

أهداف التعلّم

٤-١ يذكر نص قانون نيوتن الثاني للحركة ويطبقه مستخدمًا العلاقة $\vec{F} = m\vec{a}$ في حلّ المسائل، ومدركًا أنّ التسارع ومحصّلة القوى لهما دائمًا نفس الاتّجاه.

٤-٢ يحدّد الأنواع المختلفة من القوى ويصفها، بما في ذلك الوزن وقوة الطفو وقوة التلامس العمودية وقوة الشد.

٤-٣ يمثل أنواعًا مختلفة من القوى في مخططات القوة للجسم الحر ويفسرها.

٤-٤ يدرك أنّ الكتلة هي خاصّية مقاومة الجسم لإحداث التغيير في حالته الحركية.

٤-٥ يذكر نص قانون نيوتن الأول للحركة ويطبقه.

٤-٦ يظهر فهمًا نوعيًا لقوى الاحتكاك ولقوى المقاومة بما في ذلك مقاومة الهواء.

٤-٧ يذكر نص قانون نيوتن الثالث للحركة وتطبيقاته.

٤-٨ يفهم أن المعادلات الفيزيائية يجب أن تكون متجانسة ويستخدم الوحدات الأساسية للنظام الدولي للوحدات للتحقّق من تجانس المعادلات الفيزيائية المتعلقة بالحركة والقوى.

٤-٩ يستخدم مثلّث المتّجهات لتمثيل قوى في مستوى واحد في حالة الاتّزان.

٤-١٠ يحلل القوى إلى مركّبات متعامدة ويستخدمها في العمليات الحسابية.

القوّة = الكتلة × التسارع

$$\vec{F} = m\vec{a}$$

الوزن = الكتلة × تسارع الجاذبية الأرضية

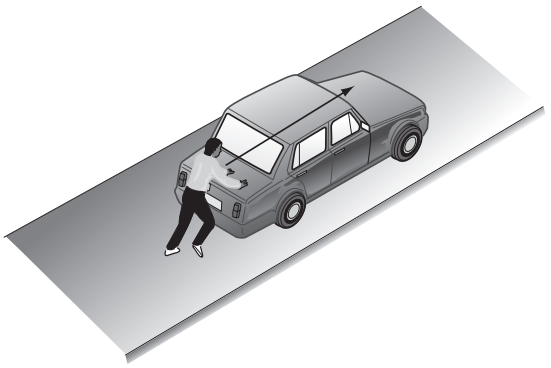
$$\vec{W} = m\vec{g}$$

الأنشطة

نشاط ٤-١ تحديد القوى

يمكنك تحديد كيفية تحرُّك جسم ما من خلال معرفة جميع القوى المؤثّرة عليه، لكن عليك أوّلًا أن تكون قادرًا على تحديد هذه القوى، وعلى تمثيلها في مخطّط للقوى.

١. يوضّح الرسم التخطيطي في الشكل ٤-١ رَجلًا يدفع سيارة لتبدأ بالحركة:



الشكل ٤-١: للسؤال ١. رسم تخطيطي لرَجل يدفع سيارة.

أ. لرسم مخطّط للقوى المؤثرة على السيارة، ارسم مستطيلًا يمثّل السيارة. أضف أسهمًا لتمثيل كل من هذه القوى:

- قوّة الدفع التي يؤثّر بها الرجل.
- وزن السيارة.
- **قوّة التلامس العمودية** على السيارة واتّجاهها إلى الأعلى، والتي تؤثّر بها الطريق على السيارة (على الرغم من وجود قوّة تلامس عمودية على كل عجلة، فإنه يمكنك تمثيلها بقوّة واحدة إلى الأعلى).

مصطلحات علمية

قوّة التلامس العمودية Normal contact force: القوة التي تصنع زاوية قائمة مع السطح عندما يكون جسمان (سطحان) على تلامس.

مصطلحات علمية

القوّة المقاومة Resistive force:
قوة تعمل في الاتجاه المعاكس للحركة، وتنتج من الاحتكاك أو من بعض قوى المقاومة الأخرى.

ب. تخيّل الآن أن السيارة تتحرّك بسرعة ثابتة. يزوّد المحرك السيارة بقوة أمامية، وينتج من تحرك السيارة **قوّة مقاومة**، تعمل في الاتّجاه المعاكس لحركة السيارة وتنتج من مقاومة الهواء. ارسم مخطّط قوى مرة أخرى لتمثيل تلك القوى.

ج. السيارة تؤثر بقوة على الطريق إلى الأسفل. اشرح سبب عدم تضمين قوّة الضغط هذه في مخطّط القوى.

.....

.....

٢. يوضّح الرسم التخطيطي متزلّجًا يتحرّك بسرعة على منحدر.

الشكل ٤-٢: للسؤال ٢. رسم تخطيطي لمتزلّج يتزلج على منحدر.

أ. انسخ الرسم التخطيطي وارسم مستطيلًا ليمثّل المتزلّج، ثم أضف أسهمًا لتمثيل القوى المؤثّرة على المتزلِّج:

- وزنه: تذكّر أن الوزن يعمل بشكل رأسي إلى الأسفل.
- قوّة التلامس العمودية الناتجة من منحدر التزلج: تذكّر أن قوى التلامس العمودية تعمل بزاوية قائمة مع سطح التلامس.

- مقاومة الهواء **والاحتكاك** مع المنحدر (يمكن تمثيلهما بسهم واحد): تذكّر أن هاتَين القوّتَين المقاومتَين تعملان في الاتّجاه المعاكس لحركة الجسم.

مصطلحات علمية

الاحتكاك Friction: قوّة مقاومة تحصل عندما يكون سطحان متلامسان ويميل أحدهما إلى الانزلاق فوق الآخر.

ب. تخيّل الآن أن المتزلّج وصل إلى مستوى سطح الأرض. ارسم مخطّطًا آخر لإظهار القوى المؤثّرة عليه.

٣. عندما تتحرّك سمكة في الماء، تؤثّر عليها أربع قوى:

- وزنها.
- **قوّة طفو** (دفع) الماء.
- قوّة الدفع الأمامية الناتجة من حركة جسم السمكة وزعانفها.
- مقاومة الماء.

أ. ارسم مستطيلًا لتمثيل السمكة، وأضف أسهمًا لتمثيل كلّ من هذه القوى المؤثّرة على السمكة وهي تتحرّك أفقيًا في الماء.

مصطلحات علمية

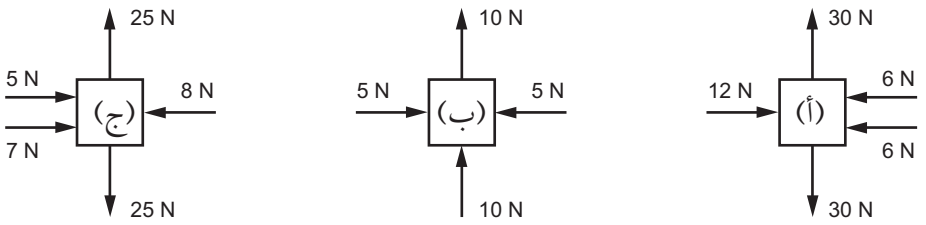
قوّة الطفو Upthrust: قوة تتّجه إلى الأعلى تؤثر على الجسم المغمور في السائل أو الغاز وتحدث بسبب فرق الضغط في الغاز أو السائل على سطحَي الجسم المغمور.

ب. تقفز بعض الأسماك من الماء لتجنُّب الأسماك المفترسة. فكّر في القوى المؤثّرة على السمكة وهي تتحرّك أفقيًا في الهواء، ثم ارسم مخطّطًا آخر للسمكة في هذه الحال (مقاومة الهواء مهملة).

نشاط ٤-٢ كيف تؤثّر القوى على الحركة

إذا كانت القوى المؤثّرة على جسم ما غير متّزنة، فسوف يتسارع الجسم، وإلّا فإنه يبقى في حالة سكون، أو يتحرّك بسرعة ثابتة. يمنحك هذا التمرين تدريبًا على تحديد القوة المحصلة المؤثّرة على جسمٍ ما، وعلى معرفة التسارع الناتج.

١. تمثّل هذه المخطّطات القوى المؤثّرة على ثلاثة أجسام (أ) و (ب) و (ج):



الشكل ٤-٣: للسؤال ١. مخطّطات القوى لثلاثة أجسام.

أ. حدّد **القوّة المحصلة** المؤثّرة على كلّ جسم من الأجسام الثلاثة. أيّ من هذه الأجسام تؤثّر عليه قوى متّزنة؟

مصطلحات علمية

القوّة المحصلة
Resultant force:
القوّة المفردة التي لها التأثير نفسه لمجموع كل القوى المؤثّرة على جسم ما.

ب. ارسم مخططًا للجسمَين المتبقّيَين، ثمّ أضِف سهمًا يمثّل القوة المحصلة إلى كلّ منهما.

ج. صِف كيف سيتحرّك كل من هذَين الجسمَين نتيجة للقوى المؤثّرة عليه.

.....

.....

.....

نشاط ٤-٣ القوّة والكتلة والتسارع

ترتبط القوّة والكتلة والتسارع بالمعادلة $\vec{F} = m\vec{a}$. في هذه المعادلة، تمثّل ($\vec{F}$) القوّة المحصّلة المؤثّرة على جسم ما كتلته m. يتيح لك هذا النشاط التدرُّب على استخدام تلك المعادلة، وعلى إعادةً ترتيبها واستخدام الوحدات الأساسية.

١. تتسارع شاحنة كتلتها (40 000 kg)، بمقدار ($1.20\ m\ s^{-2}$). احسب محصّلة القوى المؤثّرة على الشاحنة، ثم اكتب إجابتك بوحدة الكيلونيوتن (kN).

.....

.....

.....

مهمّ

معرفة اتجاهات القوى يساعدك في رسم مخطّط قوى الجسم الحرّ.

٢. يخضع مظلّي كتلته (95 kg)، لقوّة رأسية إلى الأعلى مقدارها (1200 N) ناتجة عن مظلّته (تسارع الجاذبية الأرضية $g = 9.81\ m s^{-2}$).

أ. احسب وزن المظلّي.

.....

.....

.....

ب. احسب القوة المحصلة المؤثّرة عليه وحدّد اتّجاهها.

.....

.....

.....

ج. احسب تسارعه وحدّد اتّجاه هذا التسارع.

.....

.....

.....

٣. تتحرّك سيارة كتلتها (680 kg)، بسرعة ($12\ m\ s^{-1}$). وعندما يضغط السائق بقوة على دوّاسة الوقود، تنتج قوّة دفع إلى الأمام مقدارها (510 N)، تعمل لمدّة (20 s). احسب:

أ. سرعة السيارة في نهاية هذه الفترة الزمنية.

.....

.....

.....

ب. المسافة التي قطعتها السيارة خلال هذه الفترة.

.....

.....

.....

٤. التقط رائد فضاء على سطح القمر حصاة صغيرة، ثم أجرى تجربتَين بسيطتَين لتحديد كتلتها.

أ. أسقط الحصاة من ارتفاع (2.0 m) ووجد أن وصولها إلى سطح القمر استغرق (1.6 s). استخدم هذه النتيجة لتقدير تسارع الجاذبية على سطح القمر.

.....

.....

.....

ب. علَّق الحصاة بميزان زنبركي ووجد أن وزنها (3.9 N). استخدِم إجابتك في الجزئية (أ) لتقدير كتلة الحصاة.

.....

.....

.....

٥. أ. اكتب وحدات القياس للكمّيات الآتية بدلالة الوحدات الأساسية للنظام الدولي للوحدات (SI):

السرعة: ..... السرعة المتجهة: .....

التسارع: ..... القوّة: .....

طاقة الحركة ($KE = \frac{1}{2} mv^2$): .....

ب. يكتب محمود المعادلة $a = \frac{m}{F}$. بيّن أن هذه المعادلة غير صحيحة لأنها ليست **معادلة متجانسة** (أي أنها تحتوي على وحدات أساسية مختلفة في طرفَيها).

.....

.....

.....

ج. صنف الوحدات الآتية إلى وحدات أساسية ووحدات مشتقة:

(باسكال، كيلوغرام، ثانية، نيوتن، كلفن، $m\ s^{-1}$)

.....

.....

.....

مصطلحات علمية

المعادلة المتجانسة

Homogeneous equation: المعادلة المتجانسة هي التي تحتوي على الوحدات الأساسية نفسها في كل طرف من طرفَيها.

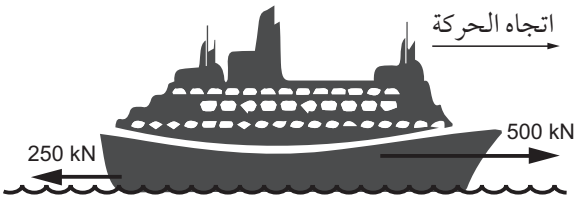
نشاط ٤-٤ السرعة المتجهة الحدّية

مصطلحات علمية

قوّة مقاومة المائع Drag force: قوة تقاوم حركة الجسم خلال مائع.

عندما يتحرّك جسم عبر مائع ما، مثل الهواء أو الماء، فإنه يتعرّض لقوّة **مقاومة المائع**. تدور الأسئلة الآتية حول كيفية تأثير هذه القوّة على حركة جسم ما.

١. يوضّح الشكل ٤-٤ سفينة تتحرّك على سطح الماء:



الشكل ٤-٤: للسؤال ١. رسم تخطيطي لسفينة تؤثّر عليها قوّة دفع وقوّة مقاومة الماء.

تؤثّر قوّتان أفقيّتان على السفينة: قوّة الدفع إلى الأمام بفعل محرّكاتها، وقوّة مقاومة الماء إلى الخلف.

أ. احسب محصّلة القوى المؤثّرة على السفينة (تذكّر أن تحدّد كلًا من المقدار والاتّجاه).

.....

.....

.....

ب. تبلغ كتلة السفينة (200 طن). احسب تسارعها (1 طن = 10^3 kg).

.....

.....

.....

مصطلحات علمية

السرعة المتّجهة الحدّية Terminal velocity: السرعة المتجهة القصوى التي يصل إليها جسم ما يتحرك في مائع ما (كالهواء أو الماء) تحت تأثير قوة دافعة إلى الأمام وقوة مقاومة المائع إلى الخلف حيث محصّلة القوّتَين تساوي صفرًا.

ج. تزداد قوّة مقاومة الماء على السفينة كلّما تحرّكت بشكل أسرع؛ وفي النهاية تصبح السرعة المتّجهة للسفينة ثابتة المقدار والاتّجاه.

١. إذا وصلت السفينة إلى **السرعة المتجهة الحدّية**، فاذكر مقدار تسارع السفينة في هذه المرحلة.

.....

.....

.....

٢. ماذا يمكنك أن تقول عن القوّتَين الأفقيّتَين المؤثّرتَين على السفينة؟

.....

.....

.....

٣. اقترح طريقتَين يُمكن من خلالهما زيادة السرعة المتجهة الحدّية للسفينة.

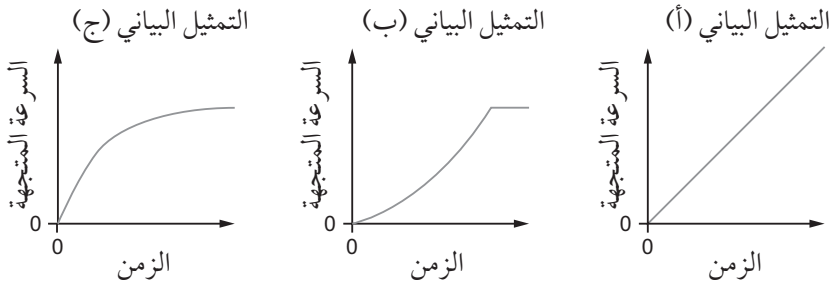
.....

.....

.....

د. بعد أن غادرت السفينة الميناء، تمّ ضبط محرّكاتها لتقديم أقصى قوّة دفع ثابتة.

١. انظر إلى هذه التمثيلات البيانية:



الشكل ٤ –٥: ثلاثة تمثيلات بيانية (السرعة المتجهة–الزمن).

٢. أيّ من التمثيلات البيانية يمثّل طريقة تغيّر سرعة السفينة؟ فسر اختيارك، استنادًا إلى مَيل منحنى التمثيلات البيانية.

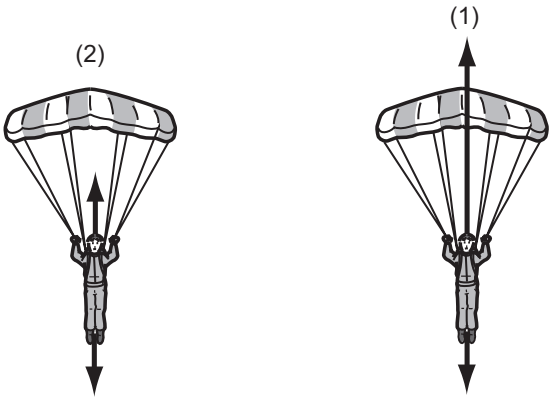
.....

.....

.....

هـ. ارسم تمثيلًا بيانيًا للطريقة التي يتغيّر فيها تسارع السفينة بدلالة الزمن حتى تصل سرعتها إلى السرعة المتجهة الحدّية.

٢. يوضّح الشكل ٤-٦ قوّتَين مؤثّرتَين على مظلّي وهو يَسقط في موقعَين مختلفَين في مساره نحو سطح الأرض. تُمثّل أطوال الأسهم المقادير النسبية للقوّتَين.



الشكل ٤-٦: للسؤال ٢. رسمان تخطيطيّان للقوى المؤثّرة على المظلّي.

أ. اذكر اسم كلّ قوة من القوّتَين المؤثرتَين الممثّلتَين بالأسهم على المظلّي.

.....

ب. أيّ من الرسمَين التخطيطيَّين يمثّل القوى المؤثّرة على المظلّي بعد فتح المظلّة مباشرة، ويكون فيه المظلّي في حالة تباطؤ؟ اشرح إجابتك.

.....

.....

.....

ج. أيّ من الرسمَين التخطيطيَّين يمثّل القوى المؤثّرة على المظلّي عندما يهبط بسرعة بطيئة وثابتة؟ اشرح إجابتك.

.....

.....

.....

د. يسقط مظلّي بحرّية في الهواء قبل أن يفتح مظلّته. في هذه الحالة، اشرح سبب تباطئه عندما تفتح مظلّته.

.....

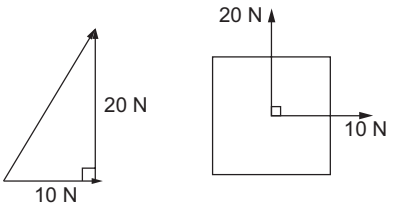
.....

.....

نشاط ٤-٥ جمع القوى

يتضمّن هذا النشاط أمثلة تحتاج فيها إلى جمع المتّجهات لإيجاد محصّلة القوى.

١. يوضّح هذا الرسم التخطيطي جسمًا تحت تأثير قوّتَين متعامدتَين، وتعمل القوّتان بزاوية °90 بينهما.



الشكل ٤–٧: للسؤال ١. رسم تخطيطي لقوّتَين متعامدتَين مؤثّرتَين على جسم ما.

يوضّح الرسم أيضًا مثلّث المتّجهات الذي نستخدمه لجمع هاتَين القوّتَين.

أ. حدّد على المثلّث في الشكل ٤–٧ الضلع الذي يمثل محصلة القوّتَين المؤثرتَين على الجسم.

ب. احسب مقدار محصّلة القوّتَين.

.....

.....

.....

ج. استخدم علم المثلّثات لحساب الزاوية التي تصنعها المحصلة مع الاتجاه الأفقي.

.....

.....

.....

٢. لنفترض أن حجرًا يسقط في الهواء تحت تأثير قوّتَين:

- وزن هذا الحجر في حالة سقوطه رأسيًا (15 N).
- مقدار قوّة الريح التي تؤثّر أفقيًا على الحجر (3 N).

أ. ارسم مخطّط قوى الجسم الحرّ للحجر، موضحًا القوّتَين المؤثّرتَين عليه.

ب. ارسم مثلّث المتّجهات بحيث يمكنك تحديد محصّلة القوّتَين.

ج. سيكون للقوى في المثلث الذي رسمته الاتجاهات نفسها الموجودة في مخطّط قوى الجسم الحرّ، ولكن سيتمّ رسمها بحيث تكون القوّة الأولى متصلة بالقوّة الثانية. استخدم نظرية فيثاغورث لتحديد مقدار محصّلة القوّتَين المؤثّرتَين على الحجر.

.....

.....

.....

د. استخدم علم المثلّثات لحساب زاوية محصّلة القوّتَين بالنسبة إلى الاتجاه الأفقي.

.....

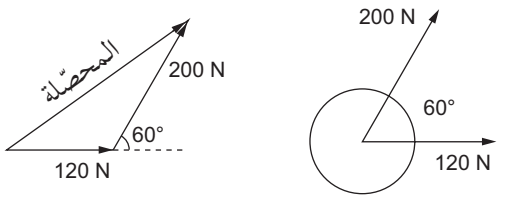
.....

.....

مهمّ

إذا صادفت زاوية 90° (زاوية قائمة) بين متجهَين في سؤال ما، فيمكنك استخدام نظرية فيثاغورث لإيجاد المحصلة.

٣. يوضّح الرسم التخطيطي في الشكل ٤–٨ جسمًا تحت تأثير قوّتَين غير متعامدتَين.



الشكل ٤–٨: للسؤال ٣. رسم تخطيطي لجسم تحت تأثير قوتَين غير متعامدتَين، ورسم آخر لمثلّث القوى.

ويوضّح الرسم أيضًا مثلّث المتّجهات الذي سنستخدمه لجمع هاتَين القوّتَين. لاحظ أن السهمَين اللذَين يمثّلان القوّتَين متّصلان، بحيث يكون رأس متجه القوّة الأولى (120 N) متصلًا بذيل متجه القوّة الثانية (200 N).

أ. ارسم مخطّطًا للمثلّث وفق المقياس: كل (1 cm) يعادل (20 N)، بحيث تُمثّل القوّة (200 N) بسهم طوله (10 cm).

ب. قُم بقياس طول ضلع المثلّث الذي يمثّل محصّلة القوّتَين، ثم احسب مقدار محصّلة القوّتَين.

.....

.....

.....

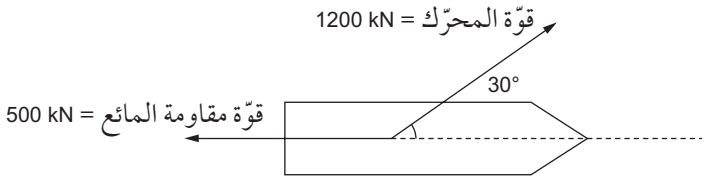
ج. قِسِ الزاوية بين المحصّلة والاتّجاه الأفقي، واكتب قيمتها.

.....

.....

.....

٤. يوضّح مخطّط قوى الجسم الحرّ أدناه قوّتَين مؤثّرتَين على سفينة ما بحيث يتسبّب محرّكها في تغيير اتّجاه تحرّكها:



الشكل ٤-٩: للسؤال ٤. رسم تخطيطي لقوّتَين مؤثّرتَين على سفينة ما.

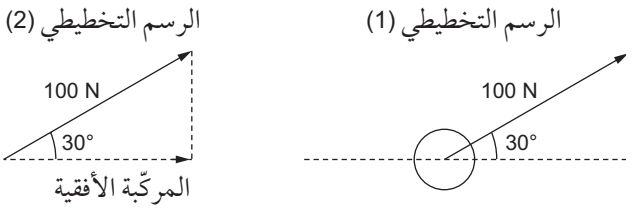
أ. ارسم مثلّثًا للقوّتَين بحيث يمكنك تحديد محصلتهما على السفينة.

ب. والآن، باتّباع الإجراء نفسه الوارد في السؤال ٣، ارسم مستخدمًا مقياسًا مناسبًا للرسم لاستنتاج مقدار محصّلة القوّتَين المؤثّرتَين على السفينة واتّجاهها. اختر مقياسًا لرسم مثلّث كبير يغطّي ما يقارب نصف الصفحة.

نشاط ٤-٦ تحليل القوى

يمكن تحليل قوّة واحدة إلى مركّبتَين بينهما زاوية قائمة.

١. انظر إلى الرسمَين التخطيطيَّين في الشكل ٤–١٠:



الشكل ٤–١٠: للسؤال ١. رسم تخطيطي لقوّة بزاوية 30° مع الاتّجاه الأفقي، ورسم تخطيطي آخر يبيّن المركّبة الأفقية.

يمثّل الرسم التخطيطي (1) قوّة مقدارها (100 N) وتصنع زاوية 30° مع الاتّجاه الأفقي. ويوضّح الرسم التخطيطي (2) كيفية إيجاد المركّبة الأفقية لهذه القوّة، بحيث نرسم مثلّثًا قائم الزاوية، يشكّل فيه متّجه القوّة وتر المثلّث. ثم يتمّ تمثيل المركّبة الأفقية بالضلع الأفقي للمثلّث.

أ. استخدم علم المثلّثات لحساب المركّبة الأفقية للقوّة.

.....

ب. استخدم طريقة مماثلة لحساب المركّبة الرأسية للقوّة (يمكنك رسم مثلّث جديد أو استخدام المثلّث نفسه).

.....

.....

.....

ج. تحقّق من إجابتَيك باستخدام نظرية فيثاغورث لإثبات أن محصّلة المركّبتَين تساوي القوّة الأصلية (100 N).

.....

.....

.....

مهمّ

فكّر في الزاوية بين كل مركّبة والقوة.

٢. تؤثّر قوّة مقدارها (250 N) بزاوية °45 مع الاتّجاه الأفقي.

أ. جِد المركّبتَين الأفقية والرأسية لهذه القوّة، موضحًا إجابتك بالرسم.

.....

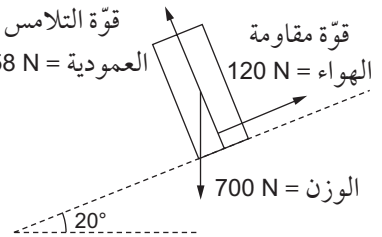
ب. اشرح سبب تساوي هاتَين المركّبتَين من حيث المقدار.

.....

.....

.....

٣. يمثّل الشكل ٤–١١ مخطط القوى المؤثّرة على متزلّج يتحرّك على مُنحدَر، حيث يتسارع المتزلّج نحو أسفل المنحدر.



الشكل ٤–١١: للسؤال ٣. القوى المؤثّرة على متزلّج يتحرّك إلى الأسفل على منحدر.

أ. احسب مركّبة وزن المتزلّج على طول المنحدر.

.....

.....

.....

ب. احسب محصلة القوى المؤثّرة على المتزلّج باتّجاه أسفل المنحدر.

.....

.....

.....

ج. لماذا لا تؤثر قوّة التلامس العمودية الناتجة من المنحدر على تسارع المتزلّج؟ اشرح إجابتك.

.....

.....

.....

د. بيّن أن مركّبة وزن المتزلّج في اتّجاه عمودي مع المنحدر تساوي قوّة التلامس العمودية.

.....

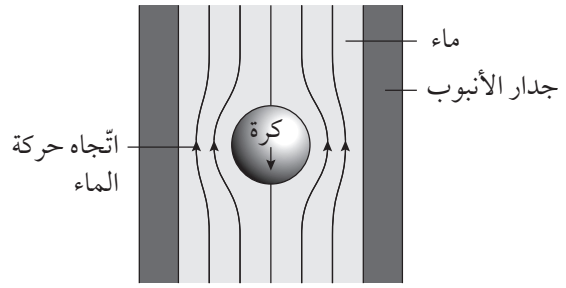
.....

.....

الاستقصاءات العملية

استقصاء عملي ٤-١: السرعة المتجهة الحدّية لكرة تسقط داخل الماء عبر أنبوب رأسي

يوضّح الشكل ٤-١٢ جزءًا من أنبوب مملوء بالماء. فعندما تسقط الكرة داخل الأنبوب، يتحرّك الماء من أسفل الكرة إلى أعلاها، متدفقًا عبر الفجوة بينها وبين جدران الأنبوب.



الشكل ٤-١٢: تدفّق الماء حول كرة يتمّ إسقاطها في أنبوب.

في هذا الاستقصاء، ستختبر كيف تتغيّر قوة مقاومة الماء وفقًا لحجم الفجوة بين الكرة وجدار الأنبوب.

ستحتاج إلى

الموادّ والأدوات:

- أنبوب بلاستيكي شفّاف على شكل U مملوء بالماء.
- قطعة قصيرة من الأنبوب البلاستيكي نفسه.
- حجمان مختلفان من الكرات الفولاذية (خمس كرات من كل حجم توضَع في حوض صغير لمنعها من التدحرج).
- قدمة ذات الورنية.
- ساعة إيقاف.
- مغناطيس.
- مسطرة مترية.

⚠ احتياطات الأمان والسلامة

- تأكّد من قراءة احتياطات الأمان والسلامة في بداية هذا الكتاب، واستمع لنصائح معلّمك قبل تنفيذ هذا الاستقصاء العملي.

الطريقة

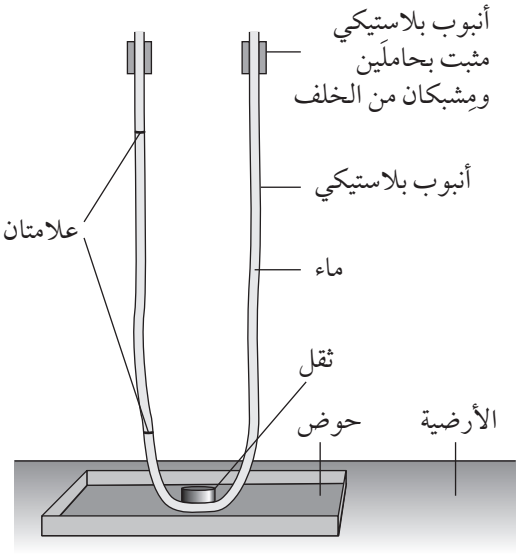
مهمّ

تأكّد من أن قيمة (*L*) التي حصلت عليها تطابق الوحدة الموجودة في سطر الإجابة.

١. تمّ إعداد الأنبوب البلاستيكي الشفاف على شكل حرف U كما هو موضّح في الشكل ٤–١٣ من أجل نجاح الاستقصاء. توجد علامتان على إحدى ساقَي الأنبوب. قم بقياس المسافة (*L*) بين العلامة العلوية والعلامة السفلية. سجّل قيمة (*L*) في قسم النتائج.

مهمّ

لإعطاء الشكل U للأنبوب، ضع فوق منتصفه ثقلًا كقطعة فلزية أو حجر، منتبهًا إلى عدم تشويه الشكل المنحني للأنبوب.



الشكل ٤–١٣: أنبوب بلاستيكي على شكل U يرتكز على حاملَين.

٢. قِس القطر الداخلي (*D*) للقطعة القصيرة من الأنبوب البلاستيكي، مسجّلًا القيمة في قسم النتائج.

٣. قِس القطر (*d*) لإحدى الكرات الفولاذية الصغيرة، مسجّلًا القيمة في جدول تسجيل النتائج ٤–١.

مهمّ

ارجع إلى النصائح الخاصة بقياس الزمن في الوحدة الأولى.

٤. أسقِط إحدى الكرات الفولاذية الصغيرة في الأنبوب وقِس الزمن (*t*) الذي يستغرقه سقوط الكرة من العلامة العلوية إلى العلامة السفلية، مسجّلًا القيمة في جدول تسجيل النتائج ٤–١.

٥. كرّر الخطوة ٤ مع باقي الكرات الصغيرة. وإذا لزم الأمر، يمكن رفع الكرات من الأنبوب باستخدام المغناطيس.

٦. كرّر الخطوات ٣ و ٤ و ٥ باستخدام الكرات الكبيرة.

النتائج

المسافة (L) = m ..... القطر الداخلي (D) = mm .....

	قطر الكرة d (mm)	الزمن t (s)				
الكرات الصغيرة						
الكرات الكبيرة						

الجدول ٤-١: جدول تسجيل النتائج.

التحليل والاستنتاج والتقييم

أ. لكلّ صفّ في الجدول ٤-١، احسب القيمة المتوسّطة لـ (t) وسجّلها في جدول تسجيل النتائج ٤-٢.

	متوسط الزمن t (s)	v	A	k
الكرات الصغيرة				
الكرات الكبيرة				

الجدول ٤-٢: جدول تسجيل النتائج.

ب. لكلّ صفّ في الجدول ٤-٢، احسب سرعة الكرة (v) باستخدام العلاقة:

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

سجّل القيَم في جدول تسجيل النتائج ٤-٢.

ج. لكلّ صفّ في الجدول ٤-٢، احسب المساحة (A) للفجوة بين الكرة وجدران الأنبوب باستخدام:

$$A = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4}$$

سجّل القيَم في جدول تسجيل النتائج ٤-٢.

د. أضف وحدات (v) و (A) في العنوانَين في جدول تسجيل النتائج ٤-٢.

هـ. إذا علمت أن (v) و (A) مرتبطتان بالعلاقة:

$$v = kA$$

حيث (k) ثابت.

لكلّ صفّ في الجدول ٤–١، احسب قيمة (*k*) ودوّنها في جدول تسجيل النتائج ٤–٢.

و. احسب النسبة المئوية للفرق بين قيمتَي (*k*) باستخدام المعادلة الآتية:

$$\left(\frac{(k_1 - k_2)}{\text{القيمة المتوسطة لـ } k} \times 100\right)$$

مهمّ

تذكّر أن تحدد قيمة عدم اليقين في (*t*) من المدى استنادًا إلى القراءات المتكررة.

النسبة المئوية للفرق = % .....

ز. احسب النسبة المئوية لعدم اليقين في قيمة (*t*) للكرات الصغيرة.

النسبة المئوية لعدم اليقين في (*t*) = % .....

استقصاء عملي ٤-٢: اتزان مسطرة خشبية قابلة للدوران حول محور أفقي

في هذا الاستقصاء العملي، سوف تستقصي زاوية الاتزان لمسطرة خشبية عند سحبها جانبًا بقوة أفقية ناتجة من زنبرك، ويعتمد طول الزنبرك على مقدار قوة سحب المسطرة الخشبية.

ستحتاج إلى

الموادّ والأدوات:

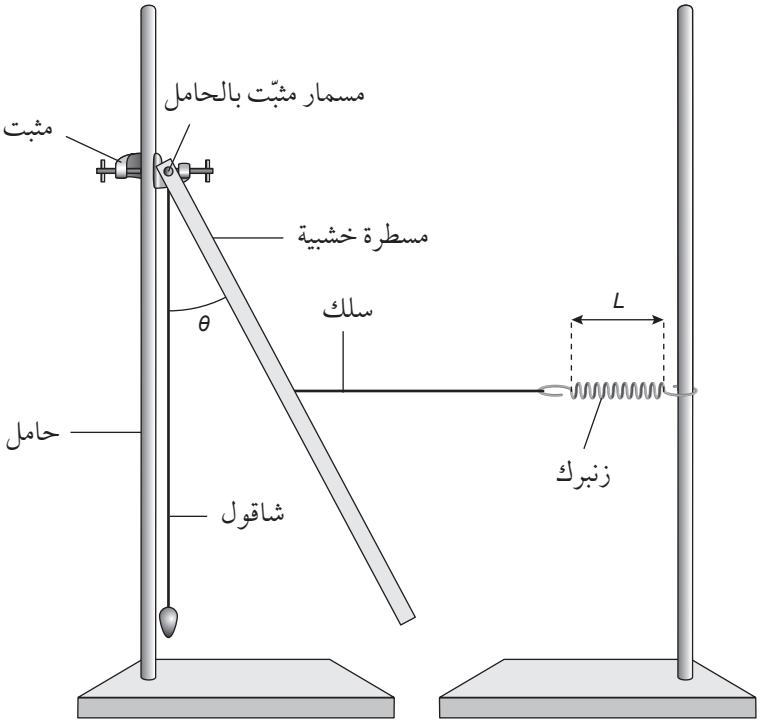
- مسطرة خشبية مثبّتة بفتحة قريبة من أحد طرفَيها، وسلك مثبّت بحلقة في مركزها.
- زنبرك مزوّد بحلقتَين في طرفَيه.
- مسمار.
- حاملان (أحدهما على الأقل بطول متر).
- مثبّت على شكل G (عدد 2).
- مثبّت.
- أداة تحديد الاتزان الرأسي (شاقول).
- منقلة.
- صلصال.
- مسطرة عادية صغيرة ومسطرة مترية.

⚠ احتياطات الأمان والسلامة

- تأكّد من قراءة احتياطات الأمان والسلامة في بداية هذا الكتاب، واستمع لنصائح معلّمك قبل تنفيذ هذا الاستقصاء العملي.
- قد ينقلب الحاملان أثناء التجربة، لذا احرص على تثبيتهما في الطاولة قبل البدء بالتجربة.

الطريقة

١. قم بتجهيز أدوات التجربة كما هو موضّح في الشكل ٤-١٤.



الشكل ٤–١٤: مسطرة خشبية (قابلة للدوران) مثبّتة بزاوية معيّنة عبر سلك متّصل بزنبرك.

- استخدم مثبّتَين على شكل G لتثبيت قاعدة كل من الحاملَين في المنضدة.
- ثبّت المسمار بقوة في الحامل.
- علّق الشاقول بالمسمار.
- يجب أن تكون المسطرة الخشبية قابلة للدوران بحرّية حول المسمار.
- يجب أن تكون القيمة الأولية لـ θ ما يقارب 30°

٢. حرّك الزنبرك نحو الأعلى أو الأسفل على الحامل حتى يصبح السلك أفقيًا.

٣. قِس الزاوية θ التي تحدّدها المسطرة الخشبية مع الشاقول، مسجّلًا القيمة في جدول تسجيل النتائج ٤–٣.

٤. قِس الطول (L) للجزء الملفوف من الزنبرك، مسجّلًا القيمة في جدول تسجيل النتائج ٤–٣.

٥. قم بتغيير θ بتحريك حامل الزنبرك إلى الخلف، وكرّر الخطوات ٢ و ٣ و ٤ حتى يكون لديك ستّ مجموعات من قيم θ و (L) ودوّنها في جدول تسجيل النتائج ٤–٣.

٦. أضف وحدات القياس بجانب كل كمّية في جدول تسجيل النتائج ٤–٣.

مهمّ

بالنسبة إلى الخطوة ٢، قم بقياس ارتفاع السلك فوق المنضدة في مكانَين. يجب أن يكون القياسان متساويَين.

مهمّ

بالنسبة إلى الخطوة ٦، نظرًا لأن $\tan\theta$ هي عبارة عن نسبة بين طولَين، فإنه ليس لها وحدة قياس.

النتائج

θ ( )	L ( )	$\tan\theta$

الجدول ٤-٣: جدول تسجيل النتائج.

التحليل والاستنتاج والتقييم

مهمّ

بالنسبة إلى الجزئية (ب)، اختر المقياس المناسب لكل محور بحيث تستخدم نقاط التمثيل البياني معظم ورقة الرسم البياني (راجع الوحدة الأولى: المهارات العملية).

أ. احسب قيم $\tan\theta$ ودوّنها في جدول تسجيل النتائج ٤-٣.

ب. استخدم ورقة الرسم البياني لرسم تمثيل بياني لـ $\tan\theta$ (على المحور الصادي) مقابل (L) (على المحور السيني).

ج. ارسم الخط المستقيم الأفضل ملاءمة الذي يمرّ عبر النقاط.

مهمّ

بالنسبة إلى الجزئية (د)، التقاطع هو قيمة $\tan\theta$ عندما يكون (L) صفرًا. إذا لم يبدأ المحور (L) عند الصفر، فسيتعيّن عليك حساب قيمة التقاطع.

د. احسب ميل المنحنى ونقطة تقاطعه مع المحور الرأسي.

الميل = ... نقطة التقاطع = ...

هـ. اكتب معادلة الخط الأفضل ملاءمة باستخدام الصيغة $y = mx + c$.

.....

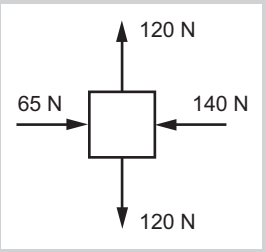
و. إذا كان الميزان الزنبركي يعطي مقدار قوة ما مباشرة، فلماذا يكون الزنبرك أكثر ملاءمة لتطبيق القوة الأفقية؟

.....

.....

أسئلة نهاية الوحدة

١. يوضّح الرسم التخطيطي في الشكل ٤–١٥ القوى المؤثّرة على جسم كتلته (20.0 kg). افترض أن الجسم كان في البداية في حالة سكون.



الشكل ٤–١٥: مخطّط للقوى المؤثّرة على الجسم.

أ. احسب محصّلة القوى المؤثّرة على الجسم.

ب. اذكر ما إذا كانت القوى المؤثّرة على الجسم متّزنة أو غير متّزنة.

ج. احسب تسارع الجسم.

د. احسب الإزاحة التي يقطعها الجسم في (10 s).

٢. وُضِع صندوق كتلته (12.0 kg) على أرضية مسطّحة وخشنة.

أ. ارسم مخطّط قوى الجسم الحرّ للصندوق موضحًا جميع القوى المؤثّرة عليه.

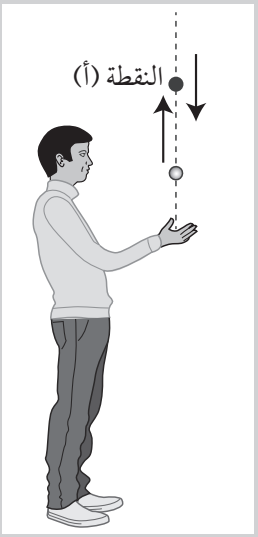
تابع

ب. احسب قيمة كل قوّة مؤثّرة على الصندوق.

تدفع فتاة الصندوق على الأرضية بقوّة مقدارها (35.0 N)، فينزلق في خطّ مستقيم وبسرعة ثابتة مقدارها ($0.5\ m\ s^{-1}$).

ج. هل القوى المؤثّرة على الصندوق، في هذه الحال، متّزنة أم غير متّزنة؟ اشرح إجابتك (تسارع الجاذبية الأرضية = $9.81\ m\ s^{-2}$).

٣. قُذفت كرة تنس الطاولة إلى الأعلى، فارتفعت في الهواء، ثم عادت إلى سطح الأرض، كما هو موضّح في الشكل ٤-١٦.



الشكل ٤-١٦: مسار كرة تنس الطاولة قُذِفت إلى الأعلى.

تُعدّ مقاومة الهواء بالنسبة إلى كرة خفيفة الوزن كهذه قوّة مهمّة نسبيًا، بحيث تعمل هذه المقاومة في الاتّجاه المعاكس للسرعة المتّجهة للكرة، ويزداد مقدارها كلّما ازدادت سرعة الكرة.

أ. ارسم مخطّطًا للكرة عند النقطة (أ)، لتوضيح القوى المؤثّرة عليها خلال تحرُّكها إلى الأعلى.

ب. اذكر اتّجاه تسارع الكرة الناتجة من هذه القوى عندما تتحرّك إلى الأعلى عند النقطة (أ).

ج. عندما تعود الكرة وتسقط إلى الأسفل، تمرّ مرّة أخرى عبر النقطة (أ). حدّد ما إذا كان تسارعها أكثر أو أقلّ، أو بقي على حاله كما كان عند النقطة (أ) أثناء تحرّكها إلى الأعلى، شارحًا إجابتك.

د. ما تسارع الكرة عندما تكون في أعلى نقطة لها؟ اشرح إجابتك.

تابع

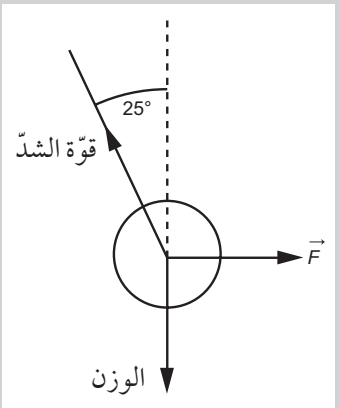
٤. **أ.** ما وحدة قياس القوة في النظام الدولي للوحدات (SI)؟

ب. تُعطي المعادلة $F = k\rho v^2$، مقدار القوّة المقاومة (F) المؤثّرة على كرة، أثناء تحرُّكها عبر مائعٍ بسرعة (v)، حيث (k) ثابت و (ρ) كثافة المائع. اشتقّ الوحدات الدوليةً للكثافة (التي تساوي $\frac{\text{الكتلة}}{\text{الحجم}}$) والوحدة الدولية لـ ($k$).

ج. كرة وزنها (27 N) تسقط في الهواء بسرعة حدّية ($30\ ms^{-1}$). باستخدام المعادلة في الجزئية (ب)، جِد مقدار القوة المقاومة عندما تكون السرعة الحدية لكرة أخرى ($10\ ms^{-1}$). عليك إيجاد قيمة حاصل ضرب الثابت k بـ (ρ).

د. السرعة (v) لموجات المحيط ذات الطول الموجي (λ) تُعطى بالمعادلة $v = (g\lambda)^n$، حيث (n) ثابت و (g) تسارع السقوط الحرّ. جِد قيمة (n).

٥. يتكوّن بندول من كتلة كروية صغيرة في نهاية خيط مهمل الكتلة كما في الشكل ٤–١٧، الكتلة مستقرّة، ويتمّ التأثير عليها بالقوة الأفقية ($\vec{F}$)، ووزن الكتلة (1.8 N).



الشكل ٤–١٧

أ. تخضع الكتلة الكروية لثلاث قوى. حدّد ما إذا كانت الكتلة الكروية الصغيرة في حالة اتّزان، اشرح إجابتك.

ب. احسب المركّبة الرأسية لقوّة الشدّ في الخيط.

ج. احسب مقدار قوّة الشدّ في الخيط.

د. جِد قيمة القوة ($\vec{F}$).

هـ. يتمّ تحرير الكتلة بإزالة القوّة ($\vec{F}$). ما محصّلة القوى المؤثّرة على الكتلة في تلك اللحظة؟ (مقدارًا واتجاهًا).

تم بحمد الله

رقم الإيداع

٢٠٢٠/٢٣٤١

مطبعة روي الحديثة ش.م.م - هاتف : ٢٤٧٩٨١٥٧ / ٢٤٧٩٤١٦٧

الفيزياء – كتاب التجارب العملية والأنشطة

صمّم كتاب التجارب العملية والأنشطة هذا لدعم كتاب الطالب، إذ يتضمّن موضوعات تم اختيارها خصيصًا للاستفادة من المزيد من الفرص لتطبيق المهارات العملية، مثل التطبيق والتحليل والتقييم، إضافة إلى تطوير المعرفة والفهم. كما يتضمن هذا الكتاب أنشطة بنائية، وضعت لتدعم المواضيع والمفاهيم الدراسية في كل وحدة تضمّنها كتاب الطالب. كما أنه يحتوي على أفعال إجرائية في جميع أجزائه لمساعدتك على التعرف على كيفية استخدامها، وأسئلة للتركيز على المهارات التي تمنحك فرصًا لرسم التمثيلات البيانية أو تقديمها.

توفّر الأنشطة والاستقصاءات العملية الموجهة خطوةً خطوة، فرصًا لتطوير المهارات العملية، مثل: التخطيط، وتحديد المواد، والأدوات، والأجهزة، ووضع الفرضيات، وتسجيل النتائج، وتحليل البيانات، وتقييم النتائج. كما تمنح الأسئلة فرصة لاختبار معرفتك والمساعدة في بناء ثقتك في التحضير للاختبارات.

- تحقّق لك الأسئلة ذات الأجزاء المتعددة الموجودة في نهاية كل وحدة تدريبًا مكثفًا ضمن تنسيق مألوف يراعي مكتسباتك.
- يرتفع مستوى الأنشطة بشكل تدريجي، إنّما مع وجود تلميحات ونصائح ضمن فقرة «مهم» في جميع أنحاء الكتاب تمنحك القدرة على بناء المهارات اللازمة.
- أسئلة نهاية الوحدة، والأسئلة الموجودة ضمن الأنشطة تساعدك على تتبع فهمك، كما تكون معينة لك على استخدام الأفعال الإجرائية بفاعلية تحضيرًا لعملية التقييم، حيث تتوافر إجابات هذه الأسئلة في دليل المعلم.

يشمل منهج الفيزياء للصف الحادي عشر من هذه السلسلة أيضًا:

- كتاب الطالب
- دليل المعلّم

www.moe.gov.om

CAMBRIDGE
UNIVERSITY PRESS