سلطنة عُمان
وزارة التربية والتعليم

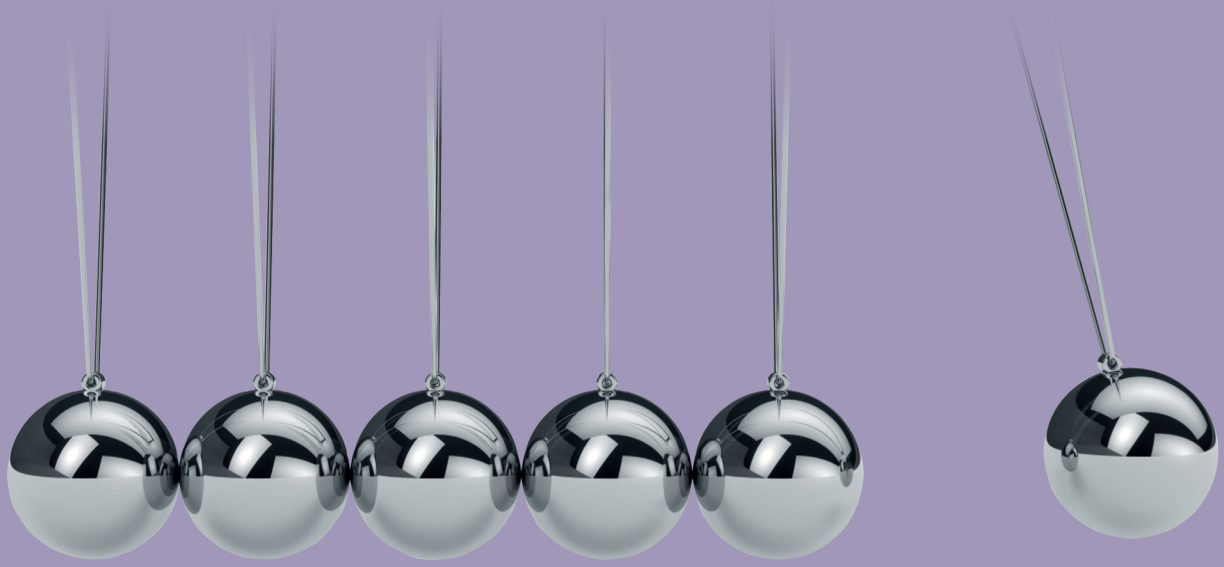
رؤية عُمان 2040
نتقدم بثقة
Moving Forward with Confidence

الفيزياء

الصف الحادي عشر

كتاب التجارب العملية والأنشطة

الفصل الدراسي الثاني



CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS

الطبعة التجريبية
1445 هـ - 2023 م

سلطنة عمان
وزارة التربية والتعليم

الفيزياء

الصف الحادي عشر

كتاب التجارب العملية والأنشطة

الفصل الدراسي الثاني

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-

سلطنـــــة عُمـــــان

(المحافظات والولايات)

النَّشيدُ الْوَطَنِيُّ

يا رَبَّنا احْفَظْ لنا جَلالَةَ السُّلْطان
وَالشَّعْبَ في الأَوْطان بِالْعِزِّ والأَمان
وَلْيَدُمْ مُؤَيَّدًا عاهِلًا 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 الخامسة: كمّية التحرك

الأنشطة:

٥–١ حساب كمّية التحرك الخطية ٢٢
٥–٢ تغيّرات كمّية التحرك ٢٣
٥–٣ حساب حفظ كمّية التحرك ٢٥
٥–٤ القوة وكمّية التحرك ٢٧
٥–٥ كمّية التحرك وقوانين نيوتن للحركة ٢٩

الاستقصاءات العملية:

٥–١ كمّية التحرك لبندول ما ٣٢

الوحدة السادسة: الحركة الدا ئرية

الأنشطة:

٦–١ قياس الزاوية ٤٠
٦–٢ الحركة الدائرية المنتظمة ٤٣
٦–٣ التسارع المركزي ٤٦

الاستقصاءات العملية:

٦–١ الحركة الدائرية ٥٣
٦–٢ تخطيط البندول المخروطي ٥٩
٦–٣ تحليل بيانات البندول المخروطي ٦٣

الوحدة السابعة: الاهتزازات

الأنشطة:

٧-١ وصف الاهتزازات ٦٩
٧-٢ التمثيلات البيانية ٧٣
٧-٣ معادلات الحركة التوافقية البسيطة ٧٨
٧-٤ الطاقة والتخميد في الحركة التوافقية البسيطة ٨٢

الاستقصاءات العملية:

٧-١ اهتزاز مسطرة مترية كبندول ٨٩

الوحدة الثامنة: الغازات المثالية

الأنشطة:

٨-١ كمية المادة ٩٨
٨-٢ كمّيات الغاز ١٠٠
٨-٣ الغازات المثالية ١٠١
٨-٤ النموذج الحركي لغاز ما ١٠٥

الاستقصاءات العملية:

٨-١ قانون بويل ١١١

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 أثقالٍ 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 معّينة.

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.

كمّية التحرك Momentum

أهداف التعلّم

٥-١ يعرّف كمّية التحرك الخطية كحاصل ضرب الكتلة في السرعة المتجهة، ويستخدمها.

٥-٢ يذكر مبدأ حفظ كميّة التحرك الخطية.

٥-٣ يطبّق مبدأ حفظ الطاقة.

٥-٤ يطبّق مبدأ حفظ كميّة التحرك الخطية لحل بعض المسائل، بما في ذلك التصادمات المرنة وغير المرنة والانفجارات والتباعدات بين الأجسام في بعدٍ واحدٍ وبعدَين.

٥-٥ يتذكر أنه في حالة حدوث تصادم مرن كلّيًا فإن السرعة النسبية للاقتراب تساوي السرعة النسبية للابتعاد.

٥-٦ يذكر أنه بالرغم من أن كمّية التحرك الخطية لنظام ما محفوظة دائمًا عند التفاعلات بين الأجسام قد يحدث تغيّر في طاقة الحركة.

٥-٧ يعرّف محصلة القوى المؤثرة في جسم على أنها معدل التغيّر في كمّية التحرك مستخدمًا العلاقة $\vec{F} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}$ ، ويذكر أنها صيغة أخرى لقانون نيوتن الثاني.

كمّية التحرك = الكتلة × السرعة المتجهة

$$\vec{p} = m\vec{v}$$

القوة المحصلة = معدل تغير كمّية التحرك

$$\vec{F} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}$$

الأنشطة

نشاط ٥-١ حساب كمّية التحرك الخطية

مصطلحات علمية

كمّية التحرك الخطية Linear momentum: هي حاصل ضرب كتلة جسم ما في سرعته المتجهة.

يقدّم هذا النشاط تدريبًا على إعادة ترتيب معادلة **كمّية التحرك الخطية** واستخدامها. إن عملية حساب كمّية التحرك لجسم ما ليس بالأمر الصعب، لكن تذكّر أن كمّية التحرك هي كميّة متجهة.

تذكّر دائمًا أن تتحقق من وحدات القياس، وعند الحاجة اكتب الناتج بالتدوين العلمي.

١. احسب كمّية التحرك لـ:

أ. عربة مختبر كتلتها (1.0 kg) تتحرك بسرعة ($20\ cm\ s^{-1}$).

.....

.....

ب. سيارة كتلتها (650 kg) تتحرك بسرعة ($24\ m\ s^{-1}$).

.....

.....

.....

ج. الأرض، علمًا بأن كتلتها ($6.0 \times 10^{24}\ kg$)، وتتحرك بسرعة ($29.8\ km\ s^{-1}$) في مدارها حول الشمس.

.....

.....

.....

٢. عدّاء كتلته (74 kg) يجري بسرعة ($7.5\ m\ s^{-1}$). يتسارَع هذا العدّاء إلى سرعة ($8.8\ m\ s^{-1}$).

أ. ما المقدار الذي ازدادت به كمّية تحرك العدّاء؟

يمكنك استخدام التغيّر في السرعة لحساب التغيّر في كمّية التحرك.

.....

.....

.....

ب. ما مقدار الزيادة في طاقته الحركية؟

.....

.....

.....

مهمّ

انتبه! لا يمكنك استخدام التغيّر في السرعة لحساب التغيّر في طاقة الحركة.

٣. قمر صناعي صغير كتلته (40 kg) يدور في مسار دائري حول الأرض، حيث يتحرك بسرعة ثابتة تبلغ ($8.1\ km\ s^{-1}$). يكمل هذا القمر الصناعي نصف دورة في زمن مقداره (46 min).

أ. ما التغير في كمّية تحرك القمر الصناعي خلال هذه الفترة الزمنية؟ تذكّر أن كمّية التحرك هي كميّة متجهة.

.....

.....

.....

ب. ما مقدار تغيّر طاقة حركته خلال هذه الفترة الزمنية؟ اشرح إجابتك.

.....

.....

.....

مهمّ

الشغل المبذول = القوة × المسافة المقطوعة (في اتجاه القوة)

ج. تجعل قوة الجاذبية القمر الصناعي يدور في مداره. احسب الشغل المبذول بواسطة هذه القوة خلال نصف دورة.

.....

.....

.....

مصطلحات علمية

مبدأ حفظ كمّية التحرك Principle of conservation of momentum:
في النظام المغلق تكون كمّية التحرك الكلّية للأجسام ثابتة، أي أن كمية التحرك قبل التصادم تساوي كمية التحرك بعد التصادم.

نشاط ٥-٢ تغيّرات كمّية التحرك

يمكنك استخدام مبدأ **حفظ كمّية التحرك** لتصور ما يحدث عندما يتصادم جسمان مباشرة، أو عندما ينفجر جسم فينقسم إلى جسمَين يبتعد أحدهما عن الآخر.

١. تخيّل تصادمًا يتصادم فيه جسم متحرك بجسم ثابت ويلتصقان بعد التصادم، فإذا كانت كمّية التحرك محفوظة، يجب أن يتحرك الجسمان بعد التصادم بسرعة متجهة أقل من السرعة المتجهة الابتدائية للجسم المتحرك.

أ. يتحرك جسم كتلته (1 kg) بسرعة ($6\ m\ s^{-1}$) ويتصادم مع جسم آخر ساكن كتلته (2 kg) ويلتصقان بعد التصادم. حدد سرعتهما المتجهة بعد التصادم.

.....

.....

.....

ب. تتحرك عربة كتلتها (4 kg) بسرعة ($5\ m\ s^{-1}$) وتتصادم مع عربة أخرى ساكنة كتلتها (1 kg) وتلتصق إحداهما بالأخرى بعد التصادم. حدد سرعتهما المتجهة بعد التصادم.

.....

.....

.....

٢. الآن تخيل تصادمًا لا يلتصق فيه الجسمان معًا.

أ. يتحرك جسم كتلته (1 kg) بسرعة ($6\ m\ s^{-1}$) ويتصادم مع جسم آخر ساكن كتلته (1 kg) ولا يلتصقان. بعد التصادم يتوقف الجسم الأول. ما السرعة المتجهة للجسم الثاني بعد التصادم؟

.....

.....

.....

ب. اذكر ما إذا كانت طاقة الحركة محفوظة في هذا التصادم.

.....

.....

.....

٣. الآن تخيل انفجارًا ينقسم فيه جسم ساكن إلى جزأَين يتباعد أحدهما عن الآخر في اتجاهَين متعاكسَين.

أ. جسم ينفجر إلى جزأَين متساويَين في الكتلة. ماذا يمكنك أن تقول عن سرعتَيهما المتجهة؟

.....

.....

ب. جسم ينفجر فينفصل إلى جزأَين كتلة أحدهما (2 kg) وكتلة الآخر (5 kg)، تتحرك الكتلة البالغة (2 kg) بسرعة ($30\ cm\ s^{-1}$). احسب سرعة الكتلة (5 kg).

.....

.....

.....

٤. تتحرك عربة A كتلتها (5 kg) بسرعة ($2.0\ m\ s^{-1}$)، وتتحرك عربة B كتلتها (2.5 kg) بسرعة ($4.0\ m\ s^{-1}$) في الاتجاه المعاكس. تتصادم العربتان وتلتصق إحداهما بالأخرى.

أ. احسب كمّية التحرك لكل عربة قبل التصادم.

.....

.....

.....

ب. ما سرعتهما بعد التصادم؟ اشرح إجابتك.

.....

.....

.....

ج. لماذا يبدو هذا التصادم مثل الانفجار الذي يحدث بطريقة عكسية (وكأننا نعود بالزمن إلى الوراء، مثلما نعيد مشاهدة مقطع فيديو بعكس زمن حدوثه)؟ اشرح إجابتك.

.....

.....

.....

نشاط ٥-٣ حساب حفظ كمّية التحرك

نظرًا لأنه يتم حفظ كمّية التحرك دائمًا عندما يتفاعل جسمان أو أكثر، يمكننا حساب قيم غير معروفة للسرعة المتجهة. بالنسبة إلى جسمَين يمكننا كتابة مبدأ حفظ كمّية التحرك بالمعادلة الآتية:

$$\vec{p}_{\text{قبل التصادم}} = \vec{p}_{\text{بعد التصادم}}$$

$$m_1\vec{u_1} + m_2\vec{u_2} = m_1\vec{v_1} + m_2\vec{v_2}$$

يتيح لك هذا النشاط تدريبًا على استخدام هذه المعادلة.

١. كتلة ساكنة تنفجر إلى جزأَين كتلتهما (3.0 kg) و (4.5 kg). الكتلة الأصغر تتحرك بسرعة ($12\ m\ s^{-1}$).

أ. حدّد قيم $m_1\vec{u_1}$ و $m_2\vec{u_2}$.

.....

.....

.....

ب. احسب سرعة الكتلة الأكبر بعد الانفجار.

.....

.....

.....

ج. ماذا يمكنك أن تقول عن الاتجاه الذي يتحرك فيه كل جزء بعد الانفجار؟

.....

.....

.....

٢. تتدحرج كرة كتلتها (0.35 kg) على الأرضية بسرعة ($0.60\ m\ s^{-1}$) وتصطدم بكُرة أخرى ساكنة كتلتها (0.70 kg). بعد التصادم تتحرك الكرة الأولى بسرعة ($0.40\ m\ s^{-1}$) في الاتجاه نفسه الذي كانت تتحرك فيه، وتتحرك الكرة الثانية بسرعة ($0.10\ m\ s^{-1}$).

أ. احسب كمّية التحرك للكرة الأولى قبل التصادم.

.....

.....

.....

ب. احسب كمّية التحرك لكل كرة بعد التصادم.

.....

.....

.....

ج. بيّن أن كمّية التحرك محفوظة في هذا التصادم.

.....

.....

د. في حالة التصادم المرن كليًا يتم حفظ طاقة الحركة الكلية. احسب طاقة الحركة لكل كرة قبل التصادم وبعده. هل هذا التصادم مرن كليًا؟

.....

.....

.....

٣. يقذف طفل كرة كتلتها (0.30 kg) باتجاه جدار. تصطدم الكرة بالجدار بسرعة ($5.0\ m\ s^{-1}$) وترتد بالسرعة نفسها في الاتجاه المعاكس.

أ. احسب التغيّر في كمّية التحرك للكرة.

.....

.....

.....

ب. تصطدم الكرة بالجدار لكن الجدار مثبت بسطح الأرض؛ هذا يعني أن كمّية تحرك الأرض قد تغيرت بسبب التصادم. إذا علمت أن كتلة الأرض هي ($6.0 \times 10^{24}\ kg$)، فاحسب التغيّر في سرعة الأرض الناجم عن التصادم بالكرة.

.....

.....

.....

نشاط ٥-٤ القوة وكمّية التحرك

عندما تؤثر قوة على جسم ما وتحدث إزاحة للجسم تبذل القوة المؤثرة شغلًا على الجسم فيتسارع، لذلك تتغير كمّية تحرك الجسم. ترتبط القوة ومعدل تغير كمّية التحرك الناجم عنها من خلال المعادلة: القوة = معدل تغير كمّية التحرك. يمكننا كتابة المعادلة على النحو الآتي:

$$\text{القوة} = \frac{\text{التغيّر في كمّية التحرك}}{\text{الزمن المُستغرَق}}$$

$$\vec{F} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}$$

١. سيارة كتلتها (750 kg) تتسارع من ($10\ m\ s^{-1}$) إلى ($25\ m\ s^{-1}$) في فترة زمنية (22.5 s).

أ. احسب التغيّر في كمّية تحرك السيارة.

.....

.....

.....

ب. استخدم إجابتك في الجزئية (أ) لحساب القوة التي تسببت بتسارع السيارة.

.....

.....

.....

يمكنك حساب القوة بطريقة أخرى:

ج. احسب تسارع السيارة.

.....

.....

.....

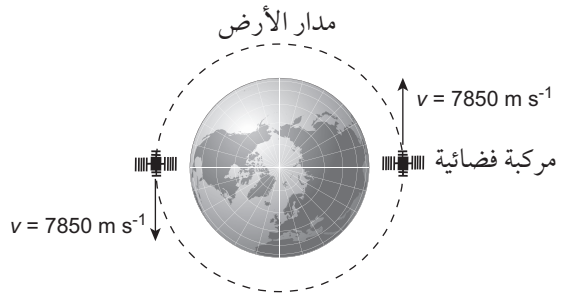
د. احسب القوة باستخدام $\vec{F} = m\vec{a}$. هل حصلت على الإجابة نفسها كما في الجزئية (ب)؟

.....

.....

.....

٢. يوضح الشكل ٥–١ رسمًا تخطيطيًا لمركبة فضائية كتلتها (420 kg) تدور حول الأرض في مسار دائري وسرعتها في نقطتَين متقابلتَين على مسارها الدائري:



الشكل ٥–١: للسؤال ٢: رسم تخطيطي يوضح مركبة فضائية تدور حول الأرض مع سرعتها المتجهة في نقطتَين مختلفتَين.

أ. احسب التغيّر في كمّية تحركها عندما تقطع نصف مدارها.

.....

.....

.....

ب. القوة المؤثرة على المركبة الفضائية التي تبقيها في المدار هي وزنها. احسب وزنها، إذا كانت شدة مجال الجاذبية (g) ($8.9\ N\ kg^{-1}$).

.....

.....

.....

٣. يجري صديقك في الشارع ويصطدم بشخص آخر فيقع على الأرض. يشتكي الشخص: «لقد آذيتني حقًا». يردّ صديقك: «لكنك صدمتني بالقوة نفسها التي صدمتك بها!». هل صديقك محقّ؟ اشرح إجابتك.

.....

.....

.....

نشاط ٥-٥ كمّية التحرك وقوانين نيوتن للحركة

تلخّص قوانين نيوتن الكثير من الموضوعات التي تمّت تغطيتها في الوحدة الرابعة. تمّ تصميم هذا النشاط للتحقق من فهمك لهذه القوانين المهمّة.

مصطلحات علمية

قانون نيوتن الأول للحركة
Newton's first law of motion:
يبقى الجسم في حالة سكون أو في حالة حركة منتظمة ما لم تؤثّر عليه قوة محصّلة.

١. يتعلق هذا السؤال **بقانون نيوتن الأول للحركة**.

أ. جسم ساكن ولا توجد قوة تؤثر عليه. ماذا يخبرنا قانون نيوتن الأول عن حركته؟

.....

.....

ب. جسم يتحرك ولا توجد قوة تؤثر عليه. ماذا يخبرنا قانون نيوتن الأول عن حركته؟

.....

.....

ج. جسم يتحرك ويتم التأثير عليه بواسطة أربع قوى حيث تكون قوتها المحصلة صفرًا. ماذا يخبرنا قانون نيوتن الأول عن حركته؟

.....

.....

د. جسم يتحرك بسرعة متجهة ثابتة. ماذا يخبرنا قانون نيوتن الأول عن القوى المؤثرة عليه؟

.....

.....

هـ. يتحرك جسم بسرعة ثابتة على طول مسار مقوس. ماذا يخبرنا قانون نيوتن الأول عن القوى المؤثرة عليه؟

.....

.....

٢. يتعلق هذا السؤال **بقانون نيوتن الثاني للحركة**.

أ. يتحرك جسم في خط مستقيم بتسارع ثابت.

١. ماذا يمكنك أن تقول عن معدل تغير كمّية التحرك للجسم؟

.....

.....

٢. علامَ ينصّ قانون نيوتن الثاني حول القوى المؤثرة على الجسم؟

.....

.....

ب. مظلّي يهبط باتجاه سطح الأرض. سرعته المتجهة تتزايد لكن تسارعه يتناقص.

١. علامَ ينصّ قانون نيوتن الثاني عن القوى المؤثرة على المظلّي؟ فكّر في كمّية تحرك المظلّي والمعدل الذي تتغيّر فيه كميّة تحركه.

.....

.....

مصطلحات علمية

قانون نيوتن الثاني للحركة
Newton's second law of motion:
القوة المحصلة التي تؤثر على جسم ما تتناسب طرديًا مع (أو تساوي) معدل تغيّر كمّية التحرك للجسم.

٢. تؤثر قوّتان على المظلّي عندما يهبط. عبر وصف هاتَين القوّتَين، اشرح كيف يمكن أن تزداد سرعة المظلّي أثناء تناقص تسارعه.

.....

.....

.....

٣. يمكننا كتابة قانون نيوتن الثاني باستخدام وحدات القياس في النظام الدولي للوحدات (SI):

القوة المحصلة = معدل تغير كمّية التحرك

أ. لماذا تُعدّ هذه المعادلة صحيحة فقط عند استخدام وحدات القياس في النظام الدولي للوحدات (SI)؟ اشرح إجابتك.

.....

.....

.....

ب. استخدم المعادلة للتعبير عن وحدة النيوتن (N) بدلالة وحدات القياس الأساسية في النظام الدولي للوحدات.

.....

٤. يتعلق هذا السؤال **بقانون نيوتن الثالث للحركة**. يتم وضع قضيب مغناطيس بالقرب من مغناطيس آخر بحيث يتواجهان بقطبَيهما الشماليَّين.

أ. اذكر ما إذا كان المغناطيسان سيتجاذبان أم سيتنافران.

.....

.....

ب. علامَ ينصّ قانون نيوتن الثالث عن القوة التي يؤثر بها كل مغناطيس على الآخر؟

.....

.....

مصطلحات علمية

قانون نيوتن الثالث للحركة
Newton's third law of motion:
عندما يتأثر جسمان أحدهما بالآخر، فإن القوى التي يؤثر بها كل منهما على الآخر، تكون متساوية في المقدار ومتعاكسة في الاتجاه.

الاستقصاءات العملية

استقصاء عملي ٥-١: كمّية التحرك لبندول ما

في هذا الاستقصاء العملي سوف يتيح إعداد أدوات التجربة إعطاء كرة بندول المقدار نفسه من الطاقة في كل مرة يتم فيها تكرارالمحاولة. يتناول الاستقصاء ما إذا كانت كلّ من كمّية التحرك وطاقة الحركة محفوظتَين في التصادمات.

ستحتاج إلى

الموادّ والأدوات:

- أنبوب مثبّت على حامل.
- كرة بندول.
- حامل مع مثبت (عدد 2).
- خيط متين.
- كرة زجاجية.
- حوض صغير.
- كتلة مستطيلة أو مكعّب خشب.
- ميزان إلكتروني.

⚠ احتياطات الأمان والسلامة

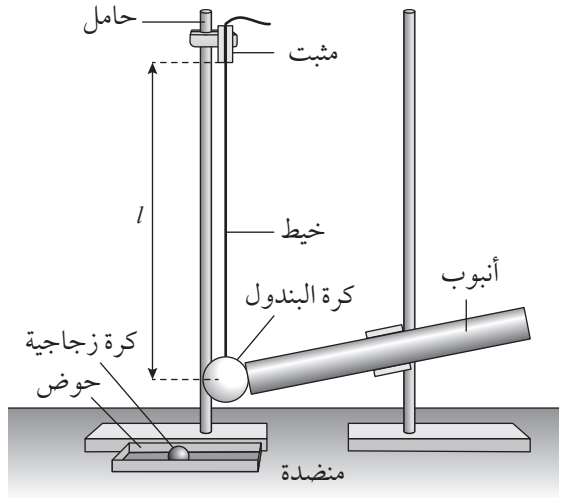
- تأكّد من قراءة احتياطات الأمان والسلامة الواردة في بداية هذا الكتاب، واستمع إلى نصائح معلّمك قبل تنفيذ الاستقصاء العملي.

الطريقة

١. قم بقياس كتلة الكرة الزجاجية وسجلها في قسم النتائج.

٢. قم بقياس كتلة كرة البندول وسجلها في قسم النتائج.

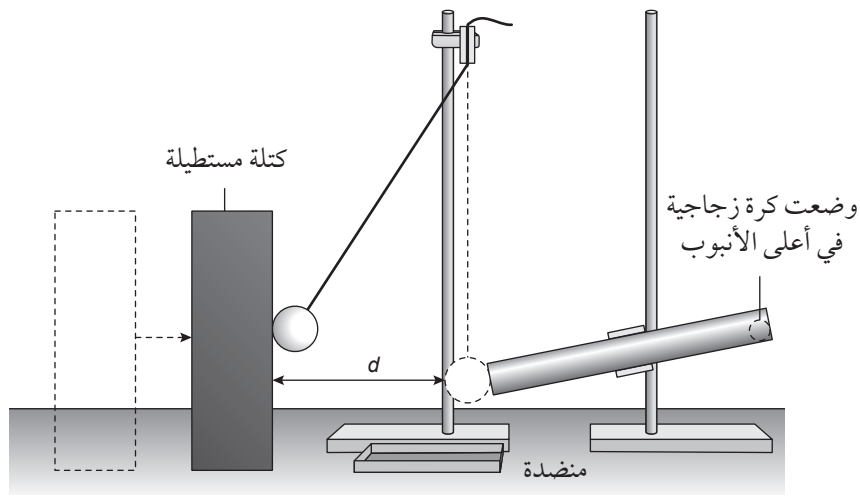
٣. قم بتركيب أدوات التجربة كما هو موضح في الشكل ٥–٢. اضبط الأنبوب بحيث يكون بزاوية 20° تقريبًا بالنسبة إلى المنضدة. لا تقم بتغيير زاوية الأنبوب بعد إعداده.



الشكل ٥-٢: أنبوب مائل مثبت على المنضدة.

٤. ثبّت الخيط في المثبت واضبط ارتفاع المثبت حتى تلامس كرة البندول نهاية الأنبوب المائل. قم بقياس الطول (*l*) من أسفل المثبت إلى مركز كرة البندول. سجل هذا الطول في جدول تسجيل النتائج ٥-١.

٥. ضع الكرة الزجاجية في الجزء العلوي من الأنبوب بحيث تتدحرج إلى الأسفل وتضرب كرة البندول. سوف تتأرجَح الكرة لمسافة أفقية (*d*)، كما هو موضح في الشكل ٥-٣. كرر هذا عدة مرات مع تقريب الكتلة المستطيلة حتى تصل كرة البندول إليها وهي تتأرجَح. قم بقياس المسافة (*d*) وسجل القياس في جدول تسجيل النتائج ٥-١.



الشكل ٥-٣: كما في الشكل ٥-٢ ، ولكن مع إدخال الكرة الزجاجية في الأنبوب ووضع الكتلة المستطيلة عند نقطة معيّنة بحيث تصل إليها كرة البندول بالضبط.

٦. كرّر الخطوة ٥ مرّتَين أخريَين وسجل هذه القياسات في جدول تسجيل النتائج ٥–١.

٧. كرّر الخطوات ٤ و ٥ و ٦ لمجموعة من القيم المختلفة لطول الخيط (l) وسجل النتائج في جدول تسجيل النتائج ٥–١.

النتائج

كتلة الكرة الزجاجية = ...

كتلة كرة البندول = ...

l (cm)	d (cm)				d^2 (cm^2)
	القراءة الأولى	القراءة الثانية	القراءة الثالثة	متوسط القراءات	

الجدول ٥–١: جدول تسجيل النتائج.

التحليل والاستنتاج والتقييم

أ. احسب قيم (d^2) ودوّنها في جدول تسجيل النتائج ٥–١.

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

ج. ارسم الخط الأفضل ملاءمة الذي يمرّ عبر النقاط.

د. حدّد ميل الخط ونقطة تقاطعه مع المحور الصادي.

الميل = ... نقطة التقاطع = ...

هـ. إذا علمت أن (l) و (d) مرتبطان بالمعادلة $d^2 = Al + B$، حيث A و B ثابتان، فاستخدم إجاباتك من الجزئية (د) لتحديد قيمتَي A و B. ضمّن الإجابة وحدات قياس مناسبة.

A = ... B = ...

و. يمكن تحديد السرعة (v)، لكرة البندول بعد ضربها بالكرة الزجاجية باستخدام المعادلة $v = \sqrt{gA}$، حيث (g) هي تسارع الجاذبية الأرضية وتساوي ($9.81\ m\ s^{-2}$) و (A) هي القيمة المحددة في الجزئية (هـ).

احسب قيمة (v) وضمّن الإجابة وحدات قياس مناسبة.

v = ...

ز. تكون كمّية التحرك محفوظة عندما تضرب الكرة الزجاجية كرة البندول. استخدم نتائجك لحساب سرعة الكرة الزجاجية مباشرة قبل أن تتصادم مع كرة البندول. ضمّن الإجابة وحدات قياس مناسبة.

سرعة الكرة الزجاجية = ...

أسئلة نهاية الوحدة

١. رصاصة كتلتها (25 g) تتحرك بسرعة متجهة مقدارها ($450\ m\ s^{-1}$)، وعندما تصطدم الرصاصة بالدرع الواقي لدبابة متوقفة ترتد على مسارها السابق نفسه بسرعة متجهة مقدارها ($390\ m\ s^{-1}$).

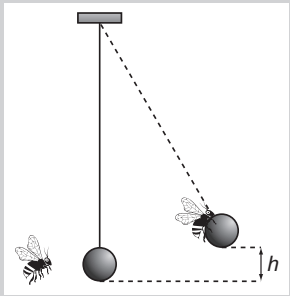
أ. احسب التغيّر في كمّية تحرك الرصاصة.

ب. الفترة الزمنية لتأثير الرصاصة على الدبابة هي (0.040 s). احسب متوسط القوة المؤثرة على الرصاصة خلال هذه الفترة الزمنية.

ج. اذكر ما إذا كان التصادم مرنًا كلّيًا أم غير مرن، مع اعتبار أن الدبابة بقيت متوقفة حتى مع حدوث التصادم.

د. **علّق** على كيفية تطبيق مبادئ حفظ كل من الطاقة وكمّية التحرك على هذا التصادم.

٢. في تجربة لقياس سرعة نحلة وهي تطير، عُلّقت كرة صغيرة بخيط. عندما تهبط النحلة على الكرة، تتأرجَح الكرة إلى الأعلى. سُجّل مقطع فيديو للنحلة وهي تهبط على الكرة وتم تحليل الفيديو لتحديد الارتفاع الرأسي الذي تصل إليه الكرة عند تأرجحها.



الشكل ٥-٤

كتلة النحلة = (0.25 g)؛ كتلة الكرة = (0.45 g).

أ. وُجد أن الكرة التي تعلقت بها النحلة وصلت إلى ارتفاع رأسي (h) مقداره (6.0 cm). احسب الزيادة في طاقة وضع الجاذبية.

ب. احسب سرعة (الكرة والنحلة معًا) عندما تبدأ بالتأرجح إلى الأعلى.

ج. احسب كمّية التحرك لـ (الكرة والنحلة معًا).

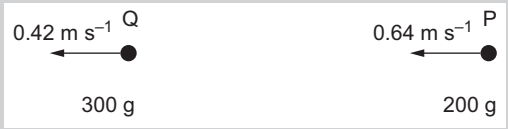
د. احسب السرعة التي هبطت بها النحلة على الكرة.

أفعال إجرائية

علّق Comment:
أعط رأيًا علميًا حول الموضوع.

تابع

٣. يوضح الشكل ٥–٥ كُرتَين (P و Q) تتحركان على الخط نفسه وفي الاتجاه الأفقي نفسه.



الشكل ٥–٥

تصطدم الكرة P بالكرة Q، وبعد التصادم، تتحرك الكرة P بسرعة متجهة أفقية مقدارها ($0.45\ m\ s^{-1}$) وتتحرك الكرة Q أيضًا في الاتجاه نفسه.

أ. **حدّد** كيفية تطبيق مبدأ حفظ كمّية التحرك على التصادم.

ب. احسب السرعة المتجهة الأفقية النهائية للكرة Q بعد التصادم.

ج. استخدم السرعة النسبية للكرتَين قبل الاصطدام وبعده لتحديد ما إذا كان التصادم مرنًا كلّيًا أم لا.

د. لماذا يكون التغيّر في كمّية التحرك للكرة P مساويًا ومعاكسًا للتغيّر في كمّية التحرك للكرة Q أثناء التصادم؟ استخدم قانون نيوتن الثالث لتشرح إجابتك.

أفعال إجرائية

حدّد Determine: أجب استنادًا إلى المعلومات المتاحة.

الحركة الدائرية Circular Motion

أهداف التعلّم

٦-١ يعرّف الإزاحة الزاوية والراديان (rad)، ويعبّر عن الإزاحة الزاوية بوحدة الراديان.

٦-٢ يعرّف السرعة الزاوية ويستخدمها.

٦-٣ يصف العلاقة بين السرعة المتجهة الخطية والسرعة الزاوية ويتذكر المعادلات الآتية لحسابهما ويستخدمها:

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

$$v = r\,\omega$$

٦-٤ يذكر أن القوة الثابتة المقدار والتي تكون دائمًا عمودية على اتجاه الحركة تتسبب بتسارع مركزي.

٦-٥ يذكر أن التسارع المركزي يتسبب بحركة دائرية بسرعة زاوية ثابتة.

٦-٦ يتذكر المعادلتَين للتسارع المركزي ويستخدمهما:

$$a = r\omega^2$$

$$a = \frac{v^2}{r}$$

٦-٧ يذكر أن القوة المركزية تؤثر على الجسم باتجاه مركز الدائرة عندما يتحرك الجسم في مسار دائري بسرعة ثابتة، ويتذكر المعادلتَين الآتيتَين ويستخدمهما:

$$F = mr\omega^2$$

$$F = \frac{mv^2}{r}$$

٦-٨ يحدّد القوة المركزية بالنسبة إلى جسم يتحرك في حركة دائرية.

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

$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$$

السرعة = نصف القطر × السرعة الزاوية

$$v = r\,\omega$$

التسارع المركزي = نصف القطر × (السرعة الزاوية)^2

$$a = r\,\omega^2 = \frac{v^2}{r}$$

القوة المركزية = الكتلة × التسارع المركزي

$$F = mr\omega^2 = \frac{mv^2}{r}$$

الأنشطة

نشاط ٦-١ قياس الزاوية

مصطلحات علمية

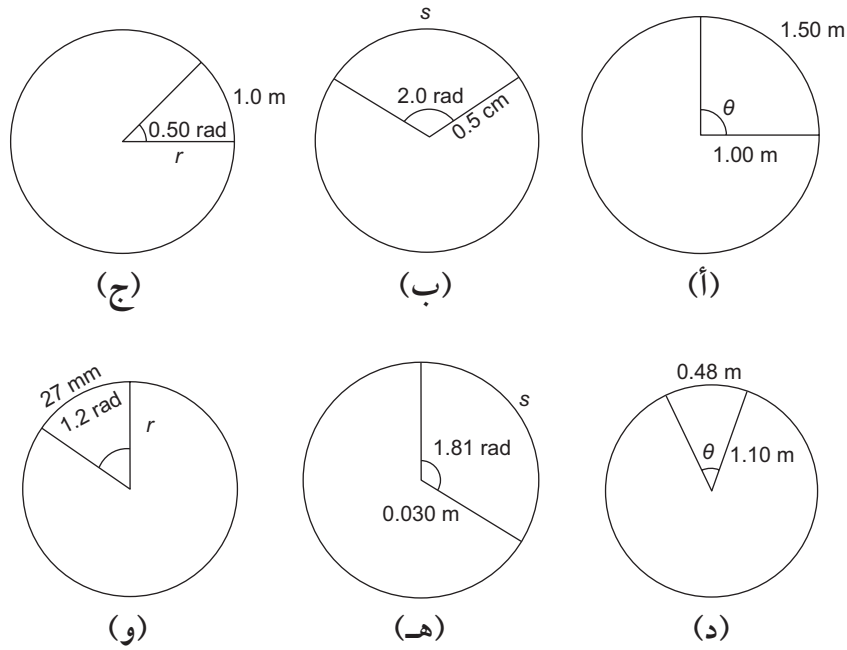
الراديان Radian:
الزاوية عند مركز الدائرة التي تقابل قوسًا طوله يساوي نصف قطر الدائرة.

الراديان هو وحدة قياس أنسب للزوايا أكثر من الدرجات. يمكن حساب الزوايا بالراديان بمعرفة طول القوس (s) المقابل للزاوية ونصف القطر (r) للدائرة:

$$\theta = \frac{s}{r}$$

يتيح لك هذا النشاط تدريبًا على حساب الزوايا بالراديان والتحويل بين الدرجات والراديان.

١. لكل رسم من (أ) إلى (و) في الشكل ٦-١، احسب الكمية غير المعروفة: (θ) بالراديان أو (s) أو (r) باستخدام الكمّيتَين الأُخريينَ:



الشكل ٦-١: للسؤال ١. دوائر موضح عليها الزاوية، ونصف القطر، وطول القوس.

مصطلحات علمية

الإزاحة الزاوية Angular displacement:
زاوية القوس الذي يتحرك عليه الجسم من موقع بداية حركته.

٢. عندما يتحرك جسم ما حول دائرة كاملة، تكون **إزاحته الزاوية** (2π) راديان أو ($360°$).

أ. بيّن أن الراديان الواحد يساوي $57°$ تقريبًا.

.....

.....

ب. حوّل كل زاوية من هذه الزوايا من الدرجات إلى راديان:

١. 20°

.....

٢. 75°

.....

٣. 175°

.....

ج. حوّل كل زاوية من الزوايا الآتية من الراديان إلى درجات:

١. 0.40 rad

.....

٢. 1.35 rad

.....

٣. 2.0 rad

.....

د. عبّر عن كل زاوية من هذه الزوايا بدلالة (π) راديان:

١. 180°

.....

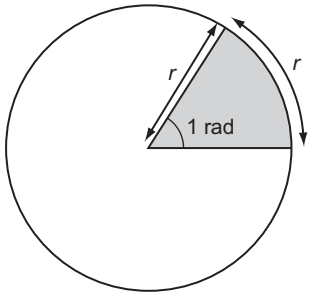
٢. 90°

.....

٣. 45°

.....

٣. يوضح الشكل ٦–٢ كيفية تعريف زاوية مقدارها واحد راديان – القوس الذي يقابل الزاوية يساوي في الطول نصف قطر الدائرة:



الشكل ٦–٢: للسؤال ٣. رسم تخطيطي يوضح كيفية تعريف زاوية واحد راديان.

مهمّ

إذا بدا سؤال ما حول الحركة الدائرية غير واضح، فارسم رسمًا تخطيطيًا للدائرة والزوايا للمساعدة في توضيح السؤال.

أ. ارسم رسمًا تخطيطيًا مشابهًا لتوضيح أبعاد زاوية مقدارها (2.0 rad).

ب. ارسم رسمًا تخطيطيًا مشابهًا لإظهار أبعاد زاوية ($\frac{\pi}{3}$ rad).

٤. قد تحتاج إلى إيجاد قيمة دالة مثلثية (مثل الجيب أو جيب التمام) لزاوية ما، معطاة قيمتها بالراديان. تأكد من أنك تعرف كيف تضبط الآلة الحاسبة للعمل مع الزوايا بوحدة الراديان. يُفضّل أن تحتوي آلتك الحاسبة على مفتاح (π).

تحقق من أن الآلة الحاسبة تظهر أن: sin (1.0 rad) = 0.841

أ. احسب قيم ما يلي، حيث أُعطيت جميع الزوايا بالراديان؛ أعطِ إجاباتك مقرّبة إلى ثلاثة أرقام معنوية:

١. cos 1.0

.....

.....

٢. $\tan 1.0$

.....

.....

٣. $\sin 0.10$

.....

.....

٤. $\sin\left(\frac{\pi}{4}\right)$

.....

.....

٥. $\cos\left(\frac{\pi}{3}\right)$

.....

.....

ب. احسب الزوايا الآتية بالراديان؛ أعطِ إجاباتك مقرّبة إلى ثلاثة أرقام معنوية:

١. $\sin^{-1} 0.50$

.....

.....

٢. $\cos^{-1} (-0.65)$

.....

.....

نشاط ٦-٢ الحركة الدائرية المنتظمة

يوصف الجسم الذي يتحرك حول مسار دائري بسرعة ثابتة بأنه ذو حركة دائرية منتظمة. هذا نشاط لفهم العلاقات بين السرعة **والسرعة المتجهة الزاوية** والزمن الدوري والزاوية ونصف القطر.

مصطلحات علمية

السرعة المتجهة الزاوية Angular velocity: الإزاحة الزاوية لكل ثانية.

١. يتكوّن الدولاب الدوّار (Fairground ride) من عدة عربات تتحرك حول دولاب رأسي نصف قطره (r = 20.0 m). كل عربة تكمل دورة واحدة كاملة في زمن (T = 35 s).

أ. خلال كل دورة تنتقل العربة بزاوية (360°) تقريبًا، هذه هي إزاحتها الزاوية (θ). أعطِ قيمة θ بالراديان.

.....

.....

ب. احسب السرعة الزاوية (ω) للعربة.

.....

.....

ج. احسب المسافة التي قطعتها العربة خلال حركتها على مسار دائرة واحدة ($s = 2\pi r$).

.....

.....

.....

د. احسب سرعة السيارة (v) باستخدام المعادلة: السرعة = $\frac{\text{المسافة}}{\text{الزمن}}$.

.....

.....

.....

هـ. احسب سرعة العربة باستخدام ($v = r\omega$). تحقق من أن إجاباتك على الجزئيّتَين (د) و (هـ) هي نفسها.

.....

.....

.....

٢. يركض اثنان من العدّائين – A و B – جنبًا إلى جنب حول مسار دائري خاص بالركض.

أ. يبلغ نصف قطر المسار الدائري للعدّاء A (100.0 m). احسب المسافة التي قطعها العدّاء A خلال دورة واحدة كاملة (أعطِ إجابتك مقرّبة إلى منزلة عشرية واحدة).

.....

.....

.....

ب. يركض العدّاء B بجانب العدّاء A، على مسافة أكبر بـ (0.80 m) بعيدًا عن مركز المسار. بكَم تزيد المسافة التي قطعها B عن المسافة التي قطعها A عند إكمال الدورة الكاملة؟

.....

.....

.....

ج. يركض العدّاء A بسرعة ثابتة تبلغ ($5.0\ m\ s^{-1}$). احسب السرعة التي يجب أن يركض بها العدّاء B من أجل البقاء بجانب العدّاء A.

.....

.....

.....

٣. يتحرك قطار على طول جزء مقوّس من مسار ما بسرعة ثابتة تبلغ ($18.0\ m\ s^{-1}$).

أ. يبلغ طول الجزء المقوّس من المسار (900 m). استنتج الزمن الذي استغرقه القطار لقطع هذه المسافة.

.....

.....

.....

ب. يبلغ نصف قطر الجزء المقوّس من المسار (3.60 km). احسب الزاوية التي تحرك بها القطار (إزاحته الزاوية). تذكر:

$$\text{الزاوية بالراديان} = \frac{\text{طول القوس}}{\text{نصف القطر}}$$

.....

.....

.....

ج. احسب السرعة الزاوية للقطار.

.....

.....

.....

د. ارسم مخططًا لتوضيح الجزء المقوّس من المسار. أضف سهمَين لتوضيح السرعة المتجهة للقطار في بداية الجزء المقوّس وفي نهايته.

نشاط ٦-٣ التسارع المركزي

يجب أن يتأثر جسم ما يتحرك في مسار دائري بقوة محصلة لا تساوي صفرًا. في هذا النشاط، تحتاج إلى تحديد ما إذا كان الجسم يتم التأثير عليه بقوة محصلة لا تساوي صفرًا. إذا كانت هناك قوة محصلة غير صفرية باتجاه المركز، فيمكنك عندئذ حساب كميات مثل السرعة الزاوية والتسارع المركزي.

١. أ. صف حركة جسم تؤثر فيه قوى متزنة (القوة المحصلة = 0).

.....

.....

.....

ب. القوة المحصلة التي تؤثر على جسم ما أثناء تحركه في مسار دائري هي سبب **التسارع المركزي**. اذكر اتجاه القوة.

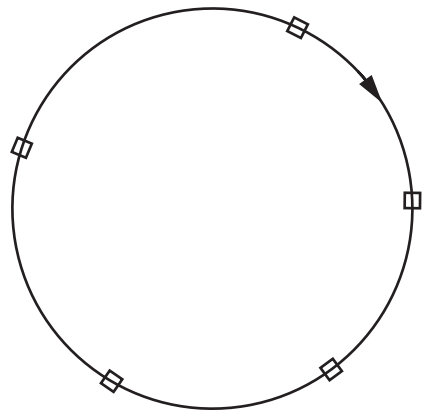
.....

.....

مصطلحات علمية

التسارع المركزي Centripetal acceleration: هو تسارع جسم ما باتجاه مركز الدائرة عندما يتحرك الجسم بسرعة ثابتة على مسار تلك الدائرة.

٢. يبيّن الشكل ٦-٣ جسمًا في عدة نقاط من مساره الدائري، حيث يتحرك بحركة دائرية منتظمة في اتجاه عقارب الساعة:



الشكل ٦-٣: للسؤال ٢. رسم تخطيطي يوضح جسمًا في عدة نقاط حول مساره الدائري.

أ. اشرح ما تعنيه كلمة منتظمة عن سرعة الجسم.

.....

.....

.....

ب. اذكر ما إذا كانت السرعة المتجهة للجسم ثابتة. اشرح إجابتك.

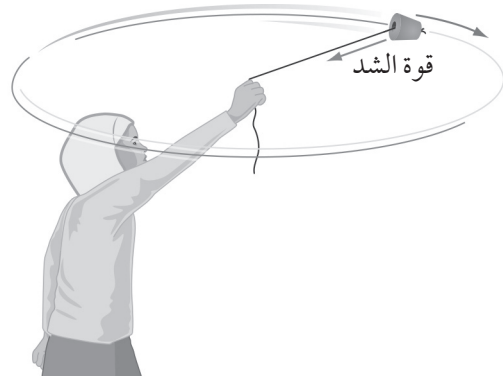
.....

.....

.....

ج. أضف سهمًا على الرسم التخطيطي في الشكل ٦-٣ (قم بتسميته $\vec{v}$) في كل موضع من مواضع الجسم لتمثيل سرعته المتجهة، ثم أضف سهمًا ثانيًا (قم بتسميته $\vec{F}$) لتمثيل القوة المحصلة المؤثرة عليه.

٣. يوضح الشكل ٦–٤ سدادة مطاطية مثبتة في نهاية خيط وتتحرك في مسار دائري:



الشكل ٦–٤: للسؤال ٣. يتمّ تحريك سدادة مطاطية في مسار دائري.

تتحرك السدادة المطاطية بسرعة ثابتة نحو ثماني دورات كاملة خلال (10 s)، ونصف قطر (r) مسارها الدائري هو (40.0 cm).

أ. اذكر اسم القوة التي توفر القوة المركزية والتي تتسبب في تحرك السدادة في المسار الدائري.

.....

.....

.....

ب. احسب السرعة (v) للسدادة.

.....

.....

.....

ج. استخدم المعادلة: $a = \frac{v^2}{r}$ لحساب التسارع المركزي للسدادة.

.....

.....

.....

د. ارسم رسمًا تخطيطيًا للسدادة، كما تشاهدها من الأعلى، وأضف سهمَين لتوضيح اتجاهَي سرعتها المتجهة وتسارعها.

هـ. اذكر الكمية الأخرى التي ستحتاج إلى معرفتها من أجل تحديد القوة المركزية المؤثرة على السدادة.

.....

.....

.....

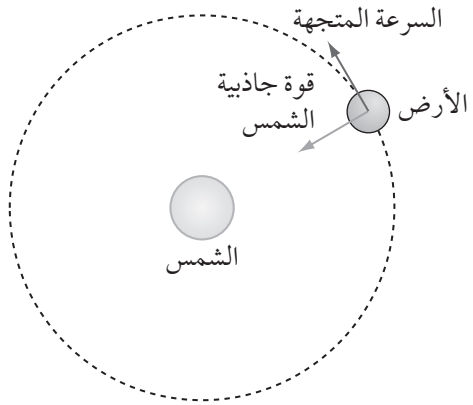
و. صِف كيف ستتحرك السدادة إذا حرّرت الفتاة الخيط.

.....

.....

.....

٤. تبقى الأرض في مدارها بسبب قوة جاذبية الشمس (الشكل ٦-٥):



الشكل ٦-٥: للسؤال ٤. تحتفظ الأرض بمدارها بسبب قوة جاذبية الشمس.

أ. اذكر الفترة الزمنية التي تستغرقها الأرض للدوران حول الشمس دورة واحدة كاملة.

.....

ب. احسب السرعة الزاوية (ω) للأرض حول الشمس.

.....

.....

.....

ج. نصف قطر مدار الأرض حول الشمس هو (150×10^6 km). استخدم المعادلة $a = r\omega^2$ لحساب التسارع المركزي للأرض.

.....

.....

.....

د. تسارع الجاذبية لجسم ما بالقرب من سطح الأرض هو ($9.8\ m\ s^{-2}$). بكَم مرّة تزيد هذه القيمة عن إجابتك في الجزئية (ج)؟

.....

.....

٥. تسير سيارة بسرعة ($28\ m\ s^{-1}$) على طول جزء مقوّس من طريق ما. نصف قطر تقوّس الطريق هو (300 m).

أ. احسب التسارع المركزي للسيارة.

.....

.....

.....

ب. تبلغ كتلة السيارة (1200 kg). احسب القوة المركزية المؤثرة على السيارة.

.....

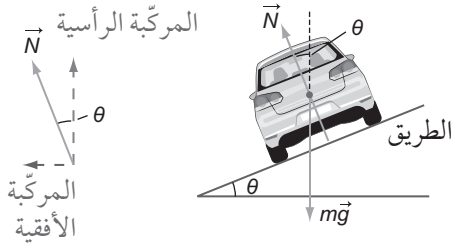
.....

.....

ج. يميل سطح الطريق بزاوية θ (أي أن الطريق تنحدر عموديًا على اتجاه تحرك السيارة) بحيث يمكن للسيارة التحرك على الطريق المقوسة من دون انزلاق. يوضح الشكل ٦–٦ القوى المؤثرة على السيارة: وزنها ($m\vec{g}$) وقوة التلامس العمودية للطريق ($\vec{N}$). لا توجد قوة احتكاك تؤثر باتجاه أعلى المنحدر أو أسفله.

مهمّ

أيّة قوة لها مركّبة ذات زاوية قائمة مع السرعة المتجهة لجسم ما ستوفر تسارعًا مركزيًا.



الشكل ٦-٦: للسؤال ٥ ب. رسم تخطيطي يوضح القوى المؤثرة على سيارة على طريق مائل.

١. ما القوة التي توفر التسارع المركزي للسيارة؟ اذكر اتجاهها.

.....

.....

٢. أفضل زاوية لميلان الطريق تُعطى بهذه المعادلة:

$$\tan\theta = \frac{v^2}{rg}$$

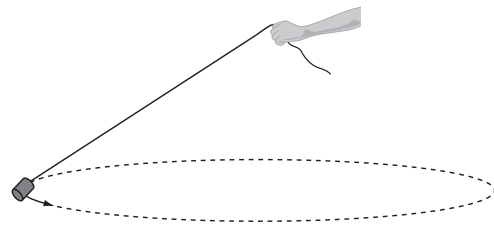
جِد قيمة θ لمركبات تتحرك بسرعة ($28\ m\ s^{-1}$).

.....

.....

.....

٦. يوضح الشكل ٦-٧ سدادة مطاطية في نهاية خيط. تتحرك السدادة في مسار دائري أفقي بسرعة ثابتة، ويصنع الخيط زاوية °60 مع الاتجاه الرأسي.



الشكل ٦-٧: للسؤال ٦. رسم تخطيطي يوضح سدادة مطاطية في نهاية خيط تتحرك في مسار دائري أفقي.

أ. تؤثر قوّتان على السدادة. قم بتسمية هاتَين القوّتَين وارسم مخطط قوى الجسم الحر لإظهار اتجاهاتهما.

ب. كتلة السدادة تساوي (150 g)، احسب وزنها.

.....

.....

.....

ج. يتزن وزن السدادة مع المركّبة الرأسية لقوة الشد في الخيط. استخدم هذه المعلومة لحساب قوة الشد في الخيط.

.....

.....

.....

د. القوة المركزية المؤثرة على السدادة توفرها المركّبة الأفقية لقوة الشد في الخيط. احسب قيمة هذه المركّبة الأفقية.

.....

.....

.....

هـ. احسب تسارع السدادة.

.....

.....

.....

و. نصف قطر مسار السدادة يساوي (60 cm)، احسب سرعتها.

.....

.....

.....

ز. احسب الزمن المستغرق لعمل دورة كاملة واحدة للسدادة.

.....

.....

.....

الاستقصاءات العملية

استقصاء عملي ٦-١: الحركة الدائرية

يعتمد **التسارع المركزي** لكتلة ما تتحرك بسرعة ثابتة في مسار دائري على نصف قطر الدائرة وعلى السرعة الزاوية للجسم. في هذا الاستقصاء العملي سوف تستقصي هذه العلاقة وتؤكد المعادلة النظرية لحساب التسارع المركزي $a = r\omega^2$.

مصطلحات علمية

التسارع المركزي
Centripetal acceleration:
هو تسارع جسم ما باتجاه مركز الدائرة عندما يتحرك الجسم بسرعة ثابتة على مسار تلك الدائرة.

ستحتاج إلى

الموادّ والأدوات:

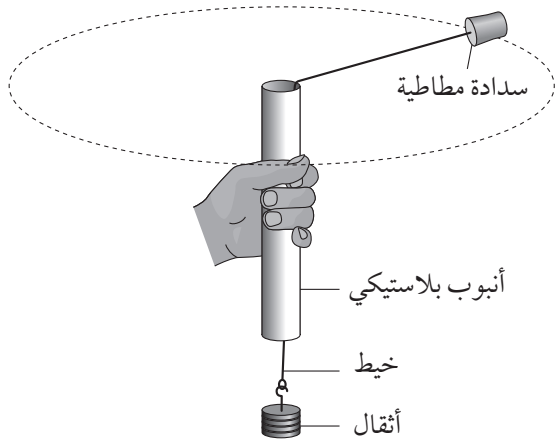
- أنبوب بلاستيكي قصير الطول.
- ساعة إيقاف.
- كتل (100 g) أو (50 g) أو حلقات (10 g).
- خيط (1 m تقريبًا).
- سدادة مطاطية مع ثقب.
- مسطرة مترية.
- قلم تخطيط.
- ميزان إلكتروني.

⚠ احتياطات الأمان والسلامة

- تأكّد من قراءة احتياطات الأمان والسلامة الواردة في بداية هذا الكتاب، واستمع إلى نصائح معلّمك قبل تنفيذ الاستقصاء العملي.
- ارتدِ نظارات واقية أثناء التجربة.
- تأكد من وجود مساحة كافية حولك لتدوير السدادة المطاطية دون أن تشكّل أي خطر على أشخاص أو أجهزة أخرى.

الطريقة

١. قم بإعداد أدوات التجربة كما هو موضح في الشكل ٦-٨.



الشكل ٦–٨: سدادة مطاطية متصلة بثقل بواسطة خيط من خلال أنبوب متحرك.

٢. ابدأ بإجراء تجربة أولية تمسك فيها الأنبوب وتجعل السدادة تدور فوق رأسك، مع الحفاظ على نصف قطر المسار الدائري ثابتًا. تحتاج إلى التأكد من أن الخيط يمكن أن يتحرك بحرّية إلى أعلى الأنبوب وإلى أسفله، وأن الأثقال لا ترتفع لتلمس الجزء السفلي من الأنبوب. توفر هذه الأثقال القوة المحصلة التي تسبب التسارع المركزي الذي يؤثر على السدادة المطاطية لشدها للحركة في مسار دائري.

٣. قد تجد أنه من المفيد البدء بتعليق ثقل تبلغ كتلته نحو ثلاثة أمثال كتلة السدادة المطاطية ومع نصف قطر المسار الدائري نحو (70 cm)؛ وباستطاعتك اختيار أي قيم أخرى تمكنك من الحصول على حركة دائرية أفقية معقولة للسدادة.

٤. تحتاج إلى الحفاظ على نصف قطر المسار الدائري ثابتًا طوال هذه التجربة، لذلك ضع علامة على الخيط عند أطراف الأنبوب. يمكنك بعد ذلك ضبط تردد دوران السدادة للتأكد من بقاء هذه العلامة في الموضع نفسه في كل مرة. سوف تحتاج إلى التدرب على الحفاظ على العلامة في الموضع نفسه أثناء دوران السدادة في دائرة.

٥. بمساعدة طالب آخر، قم بقياس الزمن اللازم لتنفيذ 10 دورات كاملة. كرر قياس الزمن عدة مرات واحسب القيمة المتوسطة للزمن.

٦. كرر قياس الزمن لـ 10 دورات باستخدام أثقال مختلفة معلقة في نهاية الخيط. عليك أن تعرف كتلة كل ثقل، على سبيل المثال، 100 g (0.100 kg). وإذا لم تتمكن من ذلك، فعليك قياس الكتلة (m) للأثقال المعلّقة. سجّل جميع قراءاتك لكتلة الأثقال والزمن (T_{10}) اللازم لعمل 10 دورات في جدول تسجيل النتائج ٦–١.

٧. قِس نصف القطر (R) للمسار الدائري للسدادة المطاطية. يجب قياس ذلك من مركز السدادة المطاطية إلى مركز الأنبوب. سجل قراءتك في قسم النتائج.

النتائج

m (kg)	زمن 10 دورات T_{10} (s)			T (s)	T^{-2} (s^{-2})
	القراءة الأولى	القراءة الثانية	متوسط القراءات		
				±	
				±	
				±	
				±	
				±	
				±	

الجدول ٦–١: جدول تسجيل النتائج.

R = ... m

التحليل والاستنتاج والتقييم

أ. احسب متوسط قيمة قراءتك لـ (T_{10}) والزمن الدوري (T) لدورة واحدة للسدادة المطاطية لكل قراءة من قراءاتك وسجل القيم في جدول تسجيل النتائج ٦–١. احسب قيمة عدم اليقين لكل قيمة من قيم (T) وأضف هذا بعد العلامة (±) في عمود قيمة (T) في الجدول.

مهمّ

قيمة عدم اليقين في (T_{10}) هي نصف الفرق بين قراءتَيك. قيمة عدم اليقين في (T) هي $\frac{1}{10}$ من قيمة عدم اليقين في (T_{10}).

ب. احسب قيمة (T^{-2}) لجميع قراءاتك. استخدم قيمة عدم اليقين في (T) لحساب قيمة عدم اليقين المطلق في (T^{-2}). يتم ذلك عن طريق تذكر أن النسبة المئوية لعدم اليقين في (T^{-2}) هي ضعف النسبة المئوية لعدم اليقين في (T). بطريقة أخرى يمكنك استخدام أكبر وأصغر قيم (T^{-2}) لتقدير قيمة عدم اليقين لهذا القياس. سجل قيمة عدم اليقين المطلق لكل قيمة من قيم (T^{-2}) بعد العلامة (±). تحتاج فقط إلى إعطاء قيمة عدم اليقين هذه برقم معنوي واحد.

مهمّ

$(T^{-2}) = (\frac{1}{T^2})$

ج. ارسم منحنى التمثيل البياني لـ T^{-2} (s^{-2}) على المحور الصادي (y) مقابل الكتلة m (kg) على المحور السيني (x) باستخدام ورقة الرسم البياني:

إن **القوة المحصلة** التي تسبب التسارع المركزي تعطى بواسطة المعادلة:

$$F = MR\omega^2 = MR\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2$$

حيث (ω) هي السرعة الزاوية للسدادة المطاطية و (M) هي كتلتها.

د. بما أن القوة التي تحافظ على دوران السدادة في المسار الدائري هي الوزن (mg) للكتل المعلقة، لذلك:

$$mg = \frac{4\pi^2 MR}{T^2}$$

حيث (g) يساوي ($9.81\ m\ s^{-2}$).

القوة المحصلة التي تسبب التسارع المركزي: = الكتلة × التسارع المركزي

$$F = mr\omega^2 = \frac{mv^2}{r}$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

جِد (T^{-2}) عن طريق إعادة ترتيب المعادلة السابقة.

T^{-2} = ...

هـ. باستخدام المعادلة من الجزئية (د)، جِد ميل منحنى التمثيل البياني (T^{-2}) مقابل (m)، بدلالة (g)، (M)، (R) والثوابت الأخرى.

الميل = ...

و. على ورقة الرسم البياني، ارسم الخطّ المستقيم الأفضل ملاءمة عبر النقاط. استخدم قيمة عدم اليقين في قيم (T^{-2}) لرسم أشرطة الخطأ على التمثيل البياني (شريط الخطأ هو خط رأسي أعلى وأسفل كل نقطة بيانات بطول يساوي قيمة عدم اليقين في تلك النتيجة). ثم ارسم أسوأ خط مستقيم مقبول.

ز. حدد ميل الخط المستقيم الأفضل ملاءمة وميل الخط الأسوأ ملاءمة. لا تحتاج إلى إعطاء وحدات قياس. استخدم القيمة التي حصلت عليها لعدم اليقين في الخط الأسوأ ملاءمة لتقدير قيمة عدم اليقين في قيمة الميل.

ميل الخط الأفضل ملاءمة = ...

ميل الخط الأسوأ ملاءمة = ...

قيمة عدم اليقين في الميل = ...

مهمّ

يجب أن يحتوي الخط الأفضل ملاءمة على أعداد متساوية تقريبًا من النقاط المرسومة على جانبَي الخط.

يجب أن يمرّ الخط الأسوأ ملاءمة عبر جميع أشرطة الخطأ، وأحيانًا أعلى النقاط الفعلية وأحيانًا أسفلها.

أسهل طريقة لرسم الخط الأسوأ ملاءمة هي وصل الجزء السفلي من شريط الخطأ في نقطة البيانات الأولى بأعلى شريط الخطأ في آخر نقطة بيانات.

ح. باستخدام كل من قيمة ميل الخط الأفضل ملاءمة وقيمة (*R*)، حدد الكتلة (*M*) للسدادة المطاطية والنسبة المئوية لعدم اليقين الخاصة بها.

كتلة السدادة المطاطية = kg .....

النسبة المئوية لعدم اليقين = % .....

ط. على الرغم من أن الثقل يوفر القوة التي تؤثر في نهاية المطاف على السدادة المطاطية، فما اسم القوة المؤثرة في الخيط نفسه؟

.....

اقترح كيف يؤثر الاحتكاك بين الأنبوب البلاستيكي والخيط على نتائج هذا الاستقصاء.

.....

.....

.....

ي. كيف ينطبق **قانون نيوتن الثالث** على هذه الحالة؟

.....

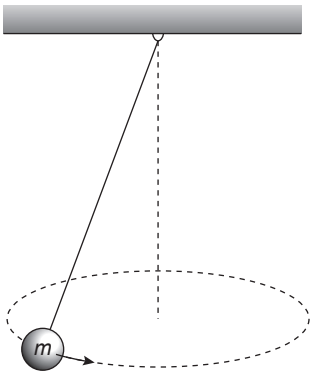
.....

.....

مصطلحات علمية

قانون نيوتن الثالث
Newton's third law:
عندما يتأثر جسمان أحدهما بالآخر، فإن القوى التي يؤثر بها كل منهما على الآخر، تكون متساوية في المقدار ومتعاكسة في الاتجاه.

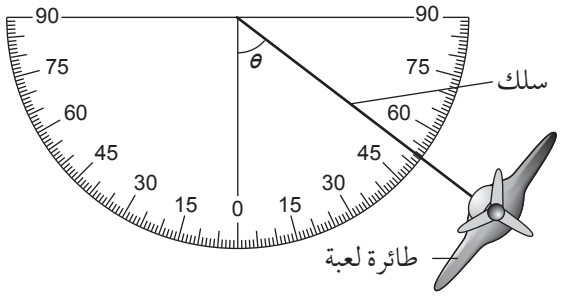
استقصاء عملي ٦-٢: تخطيط البندول المخروطي



الشكل ٦-٩: البندول المخروطي.

في بندول مخروطي ما (الشكل ٦-٩)، يتم تعليق كتلة (m) رأسيًا بسلك مثبت من نقطة معيّنة ثابتة ثم تُدفع الكتلة لتتحرك في دائرة أفقية بسرعة زاوية ثابتة.

يتم التقاط مقطع فيديو لطائرة لعبة متصلة بسلك وتحلّق في دائرة أفقية. يظهر إطار واحد من الفيديو في الشكل ٦-١٠، حيث تبدو الطائرة اللعبة على الحافة القصوى للحركة الدائرية. وقد تمّ تركيب منقلة على إطار الفيديو هذا.



الشكل ٦-١٠: طائرة لعبة متصلة بسلك.

يمكن ضبط سرعة طيران الطائرة بسرعات مختلفة؛ وذلك يؤدي إلى تغير السرعة الزاوية (ω) للطائرة ويغير أيضًا الزاوية θ.

قد تتمكن من مشاهدة مقطع فيديو لحركة الطائرة اللعبة في مكتبة الفيديو، أو على YouTube (ابحث عن «aeroplane on a string–conical pendulum»).

تقترح النظرية أن:

$$\cos\theta = \frac{g}{L\omega^2}$$

حيث تظهر الزاوية θ في الشكل ٦-١٠، و (ω) هي السرعة الزاوية للطائرة، و (L) هو طول السلك و (g) هو التسارع بسبب الجاذبية.

ستقوم بتصميم تجربة في مختبر الفيزياء بناء على الشكل ٦-١٠ لاختبار العلاقة بين θ و (ω). وعلى دفترك، سوف تقوم بـ:

- تدوين الإجراء الواجب اتباعه.
- وصف القياسات التي يتعيّن عليك اتخاذها.
- وصف أنواع المتغيرات المعنية.
- وصف كيفية تحليل البيانات.
- تحديد عامل واحد أو اثنَين من احتياطات السلامة التي يمكن اتخاذها.

المتغيرات

اذكر المتغير التابع والمتغير المستقل والمتغيرات الضابطة (التي يجب التحكم فيها)
(الضابطة هي المتغيرات التي يجب التحكم فيها وهي كميات يجب أن تبقى كما هي).

- المتغير التابع: .....
- المتغير المستقل: .....
- المتغيرات الضابطة: .....

.....

ستحتاج إلى

الموادّ والأدوات:

اذكر المواد والأدوات التي ستحتاج إليها، وارسم رسمًا تخطيطيًا معنونًا بكيفية قيامك بتركيب أدوات التجربة من أجل الحصول على القياسات اللازمة.

- .....
- .....
- .....
- .....
- .....
- .....
- .....
- .....

⚠ احتياطات الأمان والسلامة

- تأكّد من قراءة احتياطات الأمان والسلامة الواردة في بداية هذا الكتاب، واستمع إلى نصائح معلّمك قبل تنفيذ الاستقصاء العملي.
- اقترح أحد احتياطات الأمان والسلامة ذات صلة بهذه التجربة.
- .....
- .....

الطريقة

صف كيف ستنفّذ التجربة.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

النتائج

ارسم جدولًا بالنتائج التي يمكن استخدامها لتسجيل البيانات من هذه التجربة ومعالجتها. ليس عليك ملء القيم في الجدول. تذكر تضمين وحدات القياس الصحيحة في عناوين الأعمدة.

التحليل والاستنتاج والتقييم

أ. صف كيف يمكنك تحليل البيانات لإظهار العلاقة بين θ و (ω). يجب أن يتضمن تدوينك تمثيلًا بيانيًا، واستخدام إمّا ميل منحنى التمثيل البياني أو نقطة تقاطع الخطّ مع المحور الصادي.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ب. حلّل مقدار قوة الشد (T) المؤثرة على الكتلة أفقيًا لإثبات أن $T = mL\omega^2$. سوف تحتاج إلى معرفة أن $\sin\theta = \frac{r}{L}$. حلّل قوة الشد (T) لإيجاد المركّبة الرأسية لـ (T)، بالتعويض عن (T)، وضح أن $\theta = \frac{g}{L\omega^2}$.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

استقصاء عملي ٦-٣: تحليل بيانات البندول المخروطي

تمّ إجراء الاستقصاء الموصوف في مقدمة الاستقصاء العملي ٦-٢.

قيسَ الزمن المستغرق للطائرة اللعبة لصنع 10 دورات كاملة حول المسار الدائري، بالإضافة إلى الزاوية θ، وهي أقصى زاوية موضحة في الفيديو. ثم تركت الطائرة تحلق بشكل أسرع، وقيسَت القراءات مرة أخرى. يوضح جدول تسجيل النتائج ٦-٢ القراءات المقاسة. عندما يتم قياس θ، قد تبدو الطائرة كما لو أنها على حافة قصوى من الحركة؛ ومع ذلك ربما لا تكون هناك تمامًا لأن الحركة تظهر فقط إطارًا واحدًا في كل مرة. وهذا يعني أن الزاوية θ تقاس فقط إلى أقرب (1°).

النتائج

θ (°)	$\cos\theta$	زمن 10 دورات T_{10} (s)	T (s)	ω (rad s^{-1})	$\frac{1}{\omega^2}$ (rad^{-2} s^2)
10 ± 1	±	14.1			
22 ± 1	±	13.7			
32 ± 1	±	13.1			
42 ± 1	±	12.3			
53 ± 1	±	11.0			
71 ± 1	±	8.1			

الجدول ٦-٢: جدول تسجيل النتائج.

مهمّ

جِد قيمة عدم اليقين المطلق للقيمة الأولى لـ $\cos\theta$ بإيجاد الفرق بين ($\cos 11°$) و ($\cos 9°$) وقسمة الناتج على 2.

التحليل والاستنتاج والتقييم

أ. للتحقق من العلاقة $\cos\theta = \frac{g}{L\omega^2}$، يتم رسم تمثيل بياني لـ $\cos\theta$ على المحور الصادي (y) مقابل $\frac{1}{\omega^2}$ على المحور السيني (x). جِد تعبيرًا للميل بدلالة (L) و (g).

مهمّ

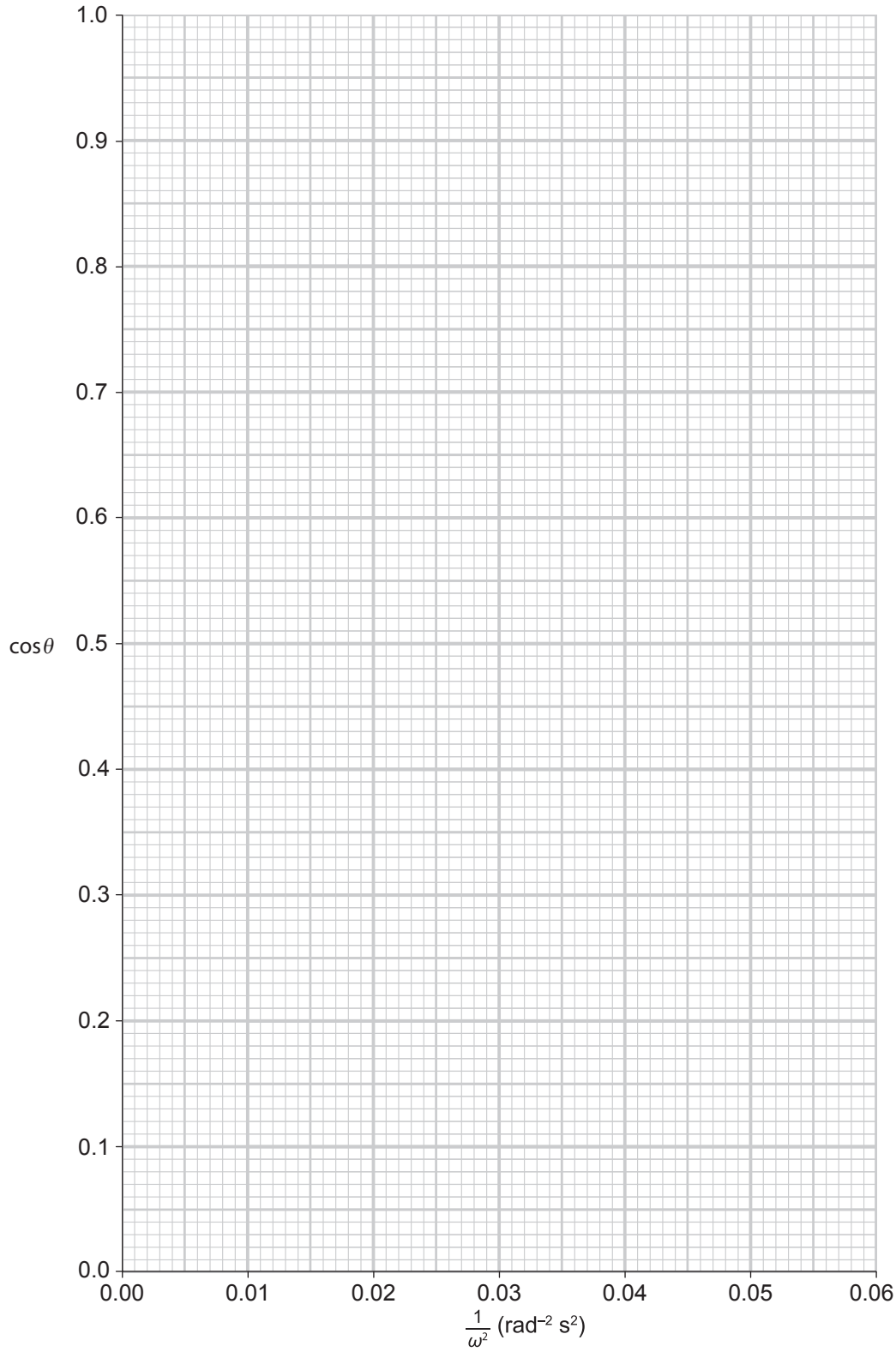
اختر عددًا معقولًا من الأرقام المعنوية لتتناسب مع قيمة عدم اليقين في $\cos\theta$، أو ثلاثة أرقام معنوية لـ (T) و (ω) و $\frac{1}{\omega^2}$، حيث يتم إعطاء (T_{10}) فقط لثلاثة أرقام معنوية.

الميل = ...

ب. يرتبط الزمن الدوري (T) للحركة الدائرية بالسرعة الزاوية (ω) بالمعادلة $T = \frac{2\pi}{\omega}$.

احسب قيم $\cos\theta$ و (T) و (ω) و $\frac{1}{\omega^2}$ ودونها في جدول تسجيل النتائج ٦-٢. ضمّن أيضًا قيمة عدم اليقين المطلق لـ $\cos\theta$.

ج. ارسم تمثيلًا بيانيًا لـ $\cos\theta$ على المحور الصادي (y) مقابل $\frac{1}{\omega^2}$ على المحور السيني (x). ضمِّن أشرطة الخطأ لـ $\cos\theta$.



د. ارسم الخط المستقيم الأفضل ملاءمة، وأسوأ خط مستقيم مقبول على التمثيل البياني.

يجب وضع عنوان واضح لكلا الخطَّين.

هـ. حدّد ميل الخط الأفضل ملاءمة. وضمّن قيمة عدم اليقين ووحدة قياس الميل في إجابتك.

الميل = ... قيمة عدم اليقين = ...

و. باستخدام إجاباتك على الجزئيتَين (أ) و (هـ)، حدد قيمة (L). ضمّن وحدة قياسها، واحسب النسبة المئوية لعدم اليقين في (L).

L = ... ± ..... %

ز. استخدم التمثيل البياني لإيجاد قيمة (ω) عندما تكون θ لها أصغر قيمة ممكنة، واحسب الزمن الدوري للحركة عند هذه القيمة.

مهمّ

فكر في قيمة $\cos\theta$ عندما تكون θ صفرًا.

.....

.....

.....

.....

أسئلة نهاية الوحدة

١. أ. **اشرح** المقصود بالسرعة الزاوية.

ب. في حديقة للأطفال تكمل لعبة دوّارة 10 دورات في دقيقة واحدة. احسب سرعتها الزاوية.

ج. الطفل الذي يجلس على حافة اللعبة الدوارة موجود على مسافة (1.20 m) من المركز. احسب التسارع المركزي للطفل.

د. يقترب الطفل من مركز اللعبة الدوارة. اذكر ما إذا كانت كل كمية من هذه الكميات تزيد أو تنقص أو تبقى كما هي:

١. السرعة الزاوية.

٢. التسارع المركزي.

٣. القوة المحصلة التي تسبب التسارع المركزي.

٢. يتدرب راكب دراجة السباق عن طريق ركوب الدراجات حول مسار دائري مسطح. يبلغ نصف قطر المسار (50.0 m).

أ. يقطع راكب الدراجة منتصف الطريق حول المسار الدائري. **بيّن أن** إزاحته الزاوية تساوي (π rad).

ب. يشير نظام التوقيت الإلكتروني إلى أن راكب الدراجة استغرق (11.51 s) لإكمال هذه المسافة. احسب سرعته الزاوية وسرعته.

ج. تبلغ كتلة راكب الدرّاجة مع دراجته (94.2 kg)، احسب مقدار القوة المركزية المؤثرة على راكب الدراجة.

د. القوة المركزية توفرها قوة الاحتكاك التي يؤثر بها المسار على إطارات الدراجة. **صِف** كيف سيتحرك راكب الدراجة إذا لم يكن هناك احتكاك كاف لإبقائه على المسار الصحيح أثناء تحركه حول المسار الدائري.

٣. يوضح الشكل ٦–١١ طائرة تحلق في مسار دائري أفقي بسرعة ثابتة. يبيّن الشكل وزن الطائرة من خلال القوة ($\vec{W}$) وقوة الرفع بواسطة القوة ($\vec{L}$).

الشكل ٦–١١

أفعال إجرائية

اشرح Explain: اعرض الأهداف أو الأسباب/اجعل العلاقات بين الأشياء واضحة/توقّع لماذا و/أو كيف وادعم إجابتك بأدلّة ذات صلة.

أفعال إجرائية

بيّن أن Show that: قدّم دليلًا منظّمًا يؤدّي إلى نتيجة معيّنة.

صف Describe: قدّم الخصائص والميزات الرئيسية.

تابع

أ. اشرح كيف تحافظ قوة الرفع على تحليق الطائرة في دائرة أفقية بسرعة ثابتة.

ب. تبلغ كتلة الطائرة (1.5×10^5 kg) وتطير في مسار دائري أفقي نصف قطره (2.5 km). القوة المركزية المؤثرة على الطائرة هي (1.9×10^6 N) وقوة الرفع ($L = 2.4 \times 10^6$ N). احسب:

١. سرعة الطائرة.

٢. الزاوية بين قوة الرفع (L) والاتجاه الأفقي.

الاهتزازات Oscillations

أهداف التعلّم

٧-١ يعرّف مصطلحات الإزاحة والسعة والزمن الدوري والتردّد والتردّد الزاوي وفرق الطور للحركة الاهتزازية، ويستخدمها.

٧-٢ يوضح العلاقة بين التردّد والتردّد الزاوي ويستخدم المعادلة $\omega = 2\pi f$.

٧-٣ يستخدم المعادلتَين الآتيتَين للزمن الدوري في الحركة الاهتزازية: $T = \frac{1}{f}$ و $T = \frac{2\pi}{\omega}$.

٧-٤ يذكر أن الحركة التوافقية البسيطة تحدث عندما يتناسب التسارع طرديًا مع الإزاحة من نقطة الاتزان ولكن بالاتجاه المعاكس ويطبقها.

٧-٥ يحلّل منحنيات التمثيل البياني لتغيرات الإزاحة والسرعة والتسارع للحركة التوافقية البسيطة، ويفسّرها.

٧-٦ يستخدم المعادلة $a = -\omega^2 x$ ويتذكر أن المعادلة $x = x_0 \sin(\omega t)$ هي حل لهذه المعادلة ويستخدمها.

٧-٧ يستخدم المعادلتَين $v = v_0 \cos(\omega t)$ و $v = \pm \omega\sqrt{x_0^2 - x^2}$ في حل المسائل.

٧-٨ يصف التبادل بين طاقة الحركة وطاقة الوضع أثناء الحركة التوافقية البسيطة.

٧-٩ يستخدم المعادلة $E = \frac{1}{2} m\omega^2 x_0^2$ للطاقة الكلية لنظام يخضع لحركة توافقية بسيطة.

٧-١٠ يذكر أن القوة المقاومة هي القوة التي تؤثر على النظام المهتز فتسبب تخميده.

٧-١١ يستخدم مصطلحات التخميد الضعيف والحرج والقوي.

٧-١٢ يرسم التمثيلات البيانية (الإزاحة–الزمن) التي توضح التخميد الضعيف والحرج والقوي.

٧-١٣ يشرح أن الرنين ينطوي على أقصى سعة للاهتزازات، وأن هذا يحدث عندما يجبر النظام المهتز على الاهتزاز قسريًا بتردده الطبيعي.

التردد $= \frac{1}{\text{الزمن الدوري}}$

$f = \frac{1}{T}$

محدّدات الحركة التوافقية البسيطة (s.h.m): التسارع (a)، الإزاحة (x)، التردد الزاوي (ω)

$a = -\omega^2 x$ أو $a = -\omega^2 x_0 \sin(\omega t)$

الإزاحة الجيبية في الحركة التوافقية البسيطة:

$x = x_0 \sin(2\pi f t)$ أو $x = x_0 \sin(\omega t)$

السرعة المتجهة العظمى = السعة × التردد الزاوي

$v_0 = \omega x_0$

السرعة المتجهة: $v = v_0 \cos(\omega t)$؛

$v = \pm \omega\sqrt{x_0^2 - x^2}$

الطاقة الكلية: $E = \frac{1}{2} m\omega^2 x_0^2$

الأنشطة

نشاط ٧-١ وصف الاهتزازات

هناك العديد من أنواع **الاهتزازات**، يمكن وصفها جميعًا من حيث الخصائص الأساسية: السعة والتردد والزمن الدوري. يمنحك هذا النشاط تدريبًا على استخدام هذه المصطلحات الأساسية وحسابها.

مصطلحات علمية

الاهتزاز Oscillation: حركة متكرّرة على جانبَي موضع ما يُطلق عليه موضع الاتزان.

التردد Frequency: عدد الاهتزازات في الثانية أو عدد الموجات التي تعبر نقطة ما في الثانية.

الزمن الدوري Period: الزمن الدوري لنظام مهتز هو الزمن المستغرق لعمل اهتزازة واحدة كاملة.

١. التردد هو عدد الاهتزازات في الثانية؛ أما **الزمن الدوري** فهو زمن اهتزازة واحدة كاملة.

أ. اذكر وحدة كلّ من التردد والزمن الدوري في النظام الدولي للوحدات (SI). أعطِ أسماءها ورموزها.

.....

.....

ب. ما العلاقة بين وحدتَي التردد والزمن الدوري؟

.....

.....

ج. اكتب معادلة توضح العلاقة بين التردد (f) والزمن الدوري (T).

.....

د. تتأرجح كتلة مثبتة في نهاية زنبرك إلى الأعلى وإلى الأسفل بزمن دوري مقداره (0.40 s). احسب ترددها.

.....

.....

.....

هـ. يُكمل بندول 40 اهتزازة في دقيقة واحدة. احسب زمنه الدوري وتردده.

.....

.....

.....

و. يمكن لمكبّر الصوت أن يهتز بترددات بين (20 Hz و 20 kHz). حدّد مدى الزمن الدوري عند هذه الترددات.

.....

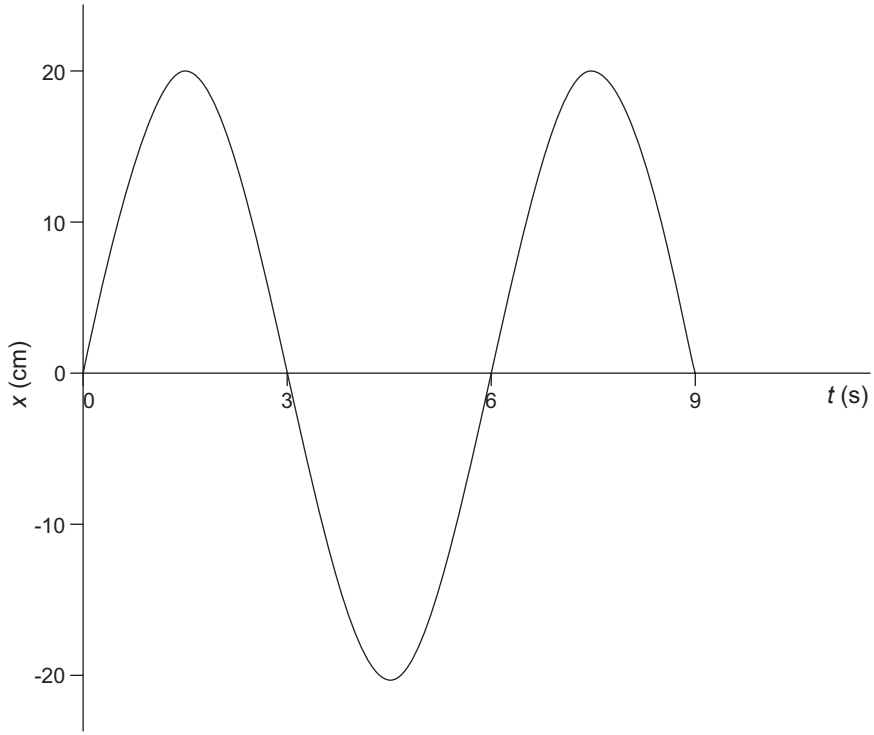
.....

ز. اذكر ما إذا كان الزمن الدوري يزداد أو ينقص أو يظل ثابتًا عندما يزداد تردد الاهتزاز.

.....

.....

٢. يوضح التمثيل البياني في الشكل ٧–١ اهتزازات بندول بسيط:



الشكل ٧–١: للسؤال ٢. تمثيل بياني لاهتزازات بندول بسيط.

أ. ما الكميّة التي يمثلها المحور الصادي (*y*)؟

.....

ب. ما مقدار **سعة** الاهتزازات؟

.....

.....

مصطلحات علمية

السعة Amplitude: أقصى إزاحة للجسم المهتز عن موضع اتزانه.

ج. ما الكميّة التي يمثلها المحور السيني (x)؟

.....

د. ما الزمن الدوري للاهتزازات؟

.....

هـ. احسب تردد الاهتزازات.

.....

.....

.....

و. اشرح معنى مصطلح البندول البسيط.

.....

.....

٣. كتلة معلّقة بزنبرك تتأرجح إلى الأعلى وإلى الأسفل.

- أعلى نقطة في الاهتزازات تقع على مسافة (0.20 m) فوق أدنى نقطة.
- تكمل الكتلة 250 اهتزازة كاملة في (30 s).

أ. ما مقدار سعة الاهتزازات؟ أعطِ إجابتك بوحدة cm.

.....

.....

ب. احسب الزمن الدوري للاهتزازات. أعطِ إجابتك بوحدة ms.

.....

.....

.....

ج. احسب تردد الاهتزازات.

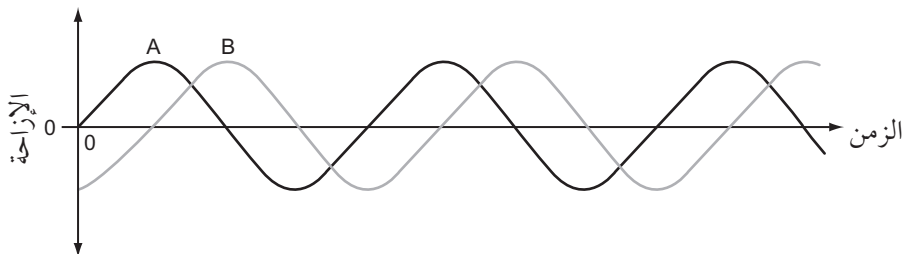
.....

.....

.....

د. ارسم تمثيلًا بيانيًا يوضح الاهتزازات. يجب أن يظهر التمثيل البياني 1.5 اهتزازة.

٤. تهتز كتلتان A و B بالتردد نفسه، لكن مع وجود **فرق طور** بينهما. يوضح التمثيل البياني (الشكل ٧–٢) حركتهما:



الشكل ٧–٢: للسؤال ٤. تمثيل بياني يمثل إزاحة الكتلتَين المهتزتَين A و B.

أ. حدّد **إزاحة** الكتلة B عندما يكون للكتلة A أقصى إزاحة.

.....

.....

.....

ب. حدّد إزاحة الكتلة A عندما يكون للكتلة B أقصى إزاحة.

.....

.....

.....

ج. تبدأ التمثيلات البيانية لحركة الكتلتَين عند الزمن ($t = 0$). أيهما تصل أولًا إلى قيمتها العظمى بعد هذا الزمن؟

.....

.....

مصطلحات علمية

الطور Phase: النقطة التي وصل إليها الجسم المهتز بالنسبة إلى الدورة الكاملة لاهتزازة ما.

فرق الطور Phase difference: الفرق في طورَي جسمَين مهتزَّين، مقاسًا بالدرجات أو الراديان.

الإزاحة Displacement: المسافة والاتجاه المحدّدان من موضع الاتزان إلى موضع الجسم المهتز عند أي لحظة في الاهتزازة.

د. يوجد فرق في الطور بين A و B. احسب هذا الفرق في الطور بالنسبة إلى اهتزازة كاملة.

.....

.....

.....

هـ. عبّر عن فرق الطور بوحدة الراديان (اهتزازة واحدة = 2π rad).

.....

.....

.....

و. عبّر عن فرق الطور بوحدة الدرجات (اهتزازة واحدة = 360°).

.....

.....

.....

نشاط ٧-٢ التمثيلات البيانية

يمكن رسم التمثيلات البيانية (الإزاحة–الزمن) للأنظمة المهتزة، ويمكننا أيضًا رسم تمثيلات بيانية مماثلة لتمثيل كيفية تغيّر كلّ من السرعة المتجهة والتسارع لكتلة مهتزة مع مرور الزمن.

١. أ. ما العلاقة بين السرعة المتجهة والإزاحة؟

.....

.....

ب. صِف كيف يمكنك إيجاد السرعة المتجهة من منحنى التمثيل البياني (الإزاحة – الزمن).

.....

.....

.....

ج. ما العلاقة بين التسارع والسرعة المتجهة؟

.....

د. صِف كيف يمكنك إيجاد التسارع من التمثيل البياني (السرعة المتجهة–الزمن).

.....

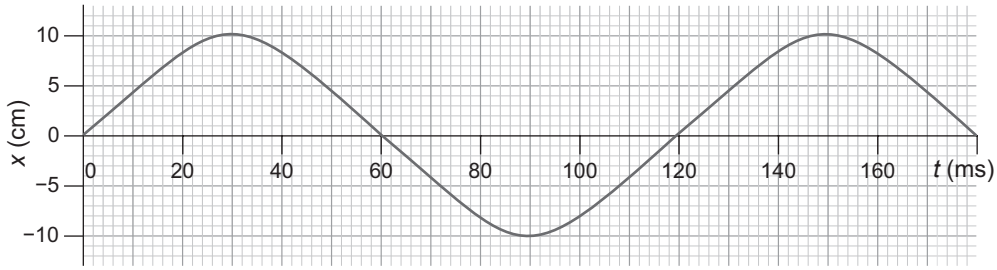
.....

هـ. عندما نتحدث عن حركة كتلة مهتزة فإننا نأخذ في الاعتبار الإزاحة والسرعة المتجهة وليس المسافة والسرعة.
اشرح الخطأ في اعتبار المسافة والسرعة.

.....

.....

.....



الشكل ٧–٣: للسؤال ٢. التمثيل البياني (الإزاحة–الزمن) لكتلة مهتزة.

٢. يوضح الشكل ٧–٣ التمثيل البياني (الإزاحة–الزمن) لكتلة مهتزة:

أ. اكتب زمنَين يكون عندهما للكتلة إزاحة عظمى موجبة.

.....

.....

ب. ما السرعة المتجهة للكتلة في هذَين الزمنَين؟ اشرح كيف يمكنك استنتاج ذلك من التمثيل البياني.

.....

.....

.....

ج. اذكر الزمن الذي يكون عنده إزاحة عظمى سالبة للكتلة. كم تبلغ السرعة المتجهة عند هذا الزمن؟

.....

.....

د. اكتب زمنَين تكون فيهما الكتلة ذات سرعة متجهة موجبة عظمى. اشرح كيف يمكنك استنتاج ذلك من التمثيل البياني.

.....

.....

.....

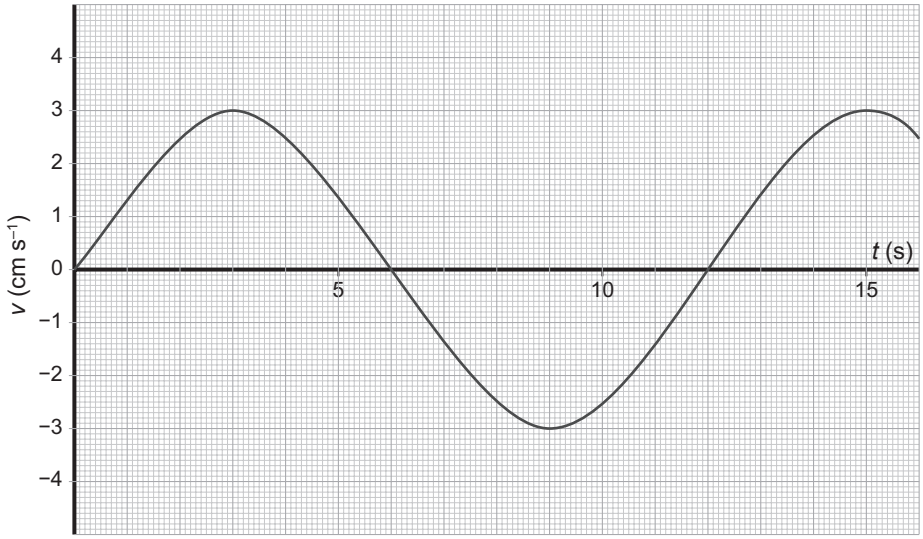
هـ. اكتب زمنَين يكون عندهما للسرعة المتجهة قيمة عظمى سالبة.

.....

.....

و. ارسم مجموعتَين من محاور التمثيل البياني، مجموعة فوق أخرى. في الأعلى قم برسم التمثيل البياني (الإزاحة-الزمن) الموضح في الشكل ٧-٣، وفي الأسفل ارسم التمثيل البياني (السرعة المتجهة-الزمن) باستخدام المعلومات التي استنتجتها في الجزئيات (ب - هـ). (ليست هناك حاجة إلى تضمين الأعداد على أي من محاور التمثيلَين).

٣. يوضح الشكل ٧–٤ التمثيل البياني (السرعة المتجهة–الزمن) لكتلة مهتزة:



الشكل ٧–٤: للسؤال ٣. التمثيل البياني (السرعة المتجهة–الزمن) لكتلة مهتزة.

أ. استنتج الزمن الدوري وتردد الاهتزازات من التمثيل البياني.

.....

.....

ب. اذكر ثلاثة أزمنة يكون عندها تسارع الكتلة صفرًا. اشرح كيف يمكنك استنتاج ذلك من التمثيل البياني.

.....

.....

.....

ج. يكون لتسارع الكتلة قيمة عظمى موجبة عندما يكون الزمن ($t = 0$ و $t = 12$ s). في أي زمن يكون للتسارع قيمة عظمى سالبة؟

.....

.....

د. يمكنك تقدير القيمة العظمى للتسارع على النحو الآتي: ضَع مسطرة على التمثيل البياني بحيث تقع على طول الميل الأكثر انحدارًا في التمثيل البياني (على سبيل المثال عند $t = 12$ s). حدّد النقطتَين اللتَين تتقاطع فيهما المسطرة أعلى شبكة الرسم البياني وأسفلها. استخدم قيم هاتَين النقطتَين لاستنتاج القيمة العظمى للتسارع.

.....

هـ. يمكنك أيضًا تقدير سعة الاهتزاز والتي تساوي نصف المساحة الواقعة تحت «التقوّس» الأول لمنحنى التمثيل البياني (بين $t = 0$ s و $t = 6$ s). يمثل كل مربع كبير على التمثيل البياني (1 cm). استخدم هذه الفكرة لتقدير السعة.

.....

و. ارسم مجموعتَين من محاور التمثيل البياني، مجموعة فوق أخرى. في الأعلى ارسم التمثيل البياني (السرعة المتجهة–الزمن) الموضح في الشكل ٧–٤، وفي الأسفل ارسم التمثيل البياني (التسارع–الزمن) مستخدمًا المعلومات التي استنتجتها في الجزئيات (ب – د). يجب أن تشير التمثيلات البيانية إلى القيمتَين العظمى والدنيا للكميّات على المحور الصادي (y).

نشاط ٧-٣ معادلات الحركة التوافقية البسيطة

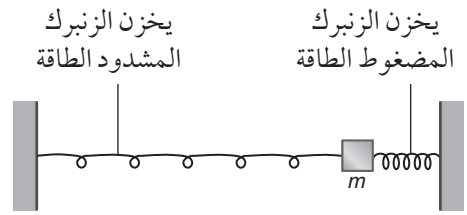
الحركة التوافقية البسيطة (s.h.m.) هي المصطلح المستخدم لوصف نوع محدد من الاهتزاز وتكون فيه التمثيلات البيانية للإزاحة والسرعة المتجهة والتسارع بالنسبة إلى الزمن كلها جيبية. هذا النشاط حول تمثيل الحركة التوافقية البسيطة باستخدام مخططات ورسوم بيانية ومعادلات.

مصطلحات علمية

الحركة التوافقية البسيطة Simple harmonic motion: يتحرك جسم ما حركة توافقية بسيطة إذا كان تسارعه يتناسب طرديًا مع إزاحته عن موضع اتزانه، وبالاتجاه المعاكس لإزاحته.

التردد الزاوي Angular frequency: هو تردد الاهتزاز الجيبي معبّرًا عنه بالراديان لكل ثانية.

١. يوضح الرسم التخطيطي في الشكل ٧–٥ كتلة (m) متصلة بزنبركَين:



الشكل ٧–٥: للسؤال ١. رسم تخطيطي يوضح كتلة متصلة بزنبركَين.

عند تحرير الكتلة سوف تتأرجح ذهابًا وإيابًا، وموضع اتزانها يقع في منتصف المسافة بين الطرفَين الثابتَين للزنبركَين.

أ. حدّد موضع اتزان الكتلة على الرسم التخطيطي.

ب. أضف سهمًا مكتوبًا عليه ($\vec{x}$) لإظهار إزاحة الكتلة قبل تحريرها.

ج. أضف سهمًا مكتوبًا عليه ($\vec{F}$) لإظهار قوة الإرجاع المؤثرة على الكتلة.

٢. تُعرّف الحركة التوافقية البسيطة بأنها «حركة جسم مهتز بحيث يكون تسارعه متناسبًا طرديًا مع إزاحته عن موضع اتزانه، وبالاتجاه المعاكس لإزاحته». يمكن أيضًا تعريفها ببساطة من خلال المعادلة $a = -\omega^2 x$.

أ. في هذه المعادلة، (ω) هو **التردد الزاوي** للاهتزاز. اذكر الكمّيتَين اللتَين يمثلهما كلّ من (a) و (x). أعطِ وحدتَي قياسهما في النظام الدولي للوحدات (SI).

.....

.....

ب. اكتب المعادلة التي تربط بين التردد الزاوي (ω) والتردد (f).

.....

ج. تعريف الحركة التوافقية البسيطة ينصّ على أن التسارع يتناسب طرديًا مع الإزاحة. ما ثابت التناسب في المعادلة؟

.....

.....

د. اشرح سبب وجود الإشارة السالبة في المعادلة.

.....

.....

.....

هـ. التمثيل البياني (التسارع–الإزاحة) لكتلة تخضع لحركة توافقية بسيطة، هو خطّ مستقيم. ارسم تمثيلًا بيانيًا يوضح ذلك وحدد القيمتَين العُظميَّين الموجبة والسالبة لإزاحة الكتلة مستخدمًا الرمز ($\pm x_0$).

٣. يمكن تمثيل إزاحة كتلة مهتزة بالصيغة $x = x_0 \sin(\omega t)$، حيث (x_0) هي سعة الحركة، كما يمكن كتابتها أيضًا بالصيغة $x = x_0 \sin(2\pi f t)$.

بمقارنة معادلة معيّنة بهذه «المعادلة القياسية»، يمكنك استخلاص عدد من المعلومات حول حركة كتلة مهتزة.

كتلة مهتزة تُعطى بالمعادلة الآتية:

$x = 25 \sin(40\pi t)$

حيث تقاس الإزاحة بوحدة (mm) ويقاس الزمن بوحدة (s).

قد يساعدك تدوين الصيغة العامة لمعادلة الإزاحة أسفل هذه المعادلة على تسهيل المقارنه.

أ. ما مقدار سعة الاهتزاز؟

.....

.....

ب. أثبت أن التردد (f = 20 Hz).

.....

.....

.....

ج. احسب الزمن الدوري (T) لاهتزاز الكتلة.

.....

.....

.....

د. مقدار السرعة المتجهة العظمى للكتلة المتحركة يعطى بالعلاقة $v_0 = \omega x_0$. احسب هذه الكميّة مضمّنًا إجابتك وحدتها.

.....

.....

.....

هـ. احسب أقصى تسارع للكتلة.

.....

.....

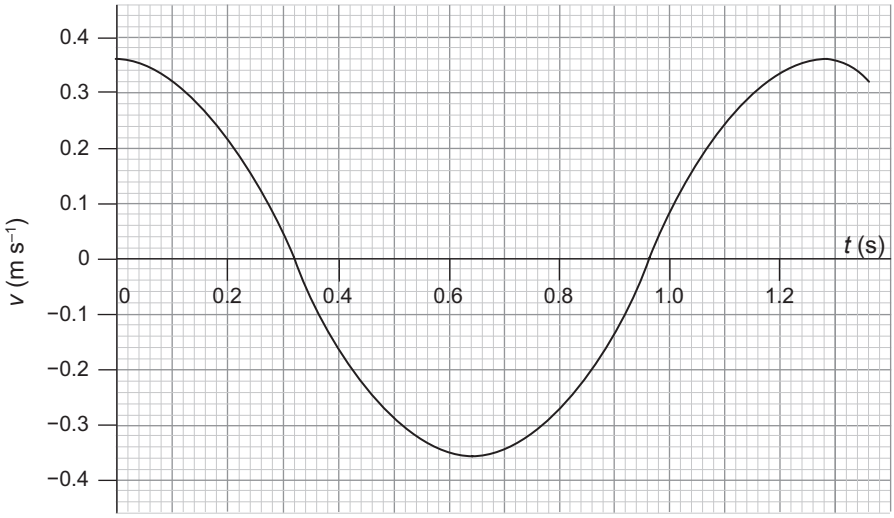
.....

مهمّ

يمكنك إيجاد أقصى تسارع باستخدام المعادلة التي تعرِّف الحركة التوافقية البسيطة.

$a_0 = -\omega^2 x_0$

٤. يوضح التمثيل البياني في الشكل ٧-٦ كيف تتغير السرعة المتجهة لكتلة ما تتحرك حركة توافقية بسيطة:



الشكل ٧-٦: للسؤال ٤. تمثيل بياني يوضح كيف تتغير السرعة المتجهة لكتلة تتحرك حركة توافقية بسيطة.

أ. من التمثيل البياني، استنتج المعلومات التي تمكنك من كتابة معادلة السرعة لهذه الحركة بالصيغة $v = v_0 \cos(\omega t)$.

.....

.....

.....

ب. ما وحدة قياس كلّ من (v) و (t) في هذه المعادلة؟

.....

.....

ج. احسب الإزاحة (x) بوحدة (m) للكتلة عندما تكون ($t = 0$).

.....

.....

.....

د. استنتج معادلة الإزاحة (x) للكتلة كدالة للزمن.

.....

.....

.....

مهمّ

بالنسبة إلى الجزئية (د)، فكر مليًا: هل ستتغير الإزاحة كدالة جيب أم دالة جيب تمام؟

هـ. باستخدام الصيغة $v = \pm \omega\sqrt{x_0^2 - x^2}$، احسب السرعة المتجهة ($v$) عندما تكون ($x = \pm 0.060$ m).

.....

.....

.....

و. احسب الطاقة الكلّية للكتلة المهتزة التي لها قيمة مقدارها (0.20 kg).

.....

.....

.....

ز. حدّد الأزمنة من التمثيل البياني التي يكون عندها للكتلة طاقة حركة عظمى، والأزمنة التي يكون عندها للكتلة طاقة وضع عظمى.

.....

.....

نشاط ٧-٤ الطاقة والتخميد في الحركة التوافقية البسيطة

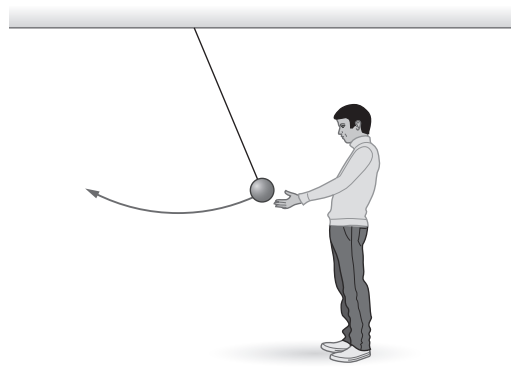
عندما تتأرجح كتلة ما يتم تبادل طاقتَي الحركة والوضع (المخزّنة) بشكل مستمر. **تخميد** الاهتزاز يعمل كقوة إضافية تزيل طاقة من النظام. يستكشف هذا النشاط التخميد **والرنين**.

مصطلحات علمية

الاهتزازة المخمدة Damped oscillation: هي اهتزازة تتسبب فيها قوى المقاومة بنقل طاقة النظام إلى المحيط كطاقة داخلية.

الرنين Resonance: يحدث عندما يكون تردد الدافع مساويًا للتردد الطبيعي للنظام المهتز. حيث يمتص النظام أكبر طاقة ممكنة من الدافع فتصبح له سعة عظمى.

١. يوضح الشكل ٧–٧ كيف يمكن جعل بندول بسيط يتحرك حركة توافقية بسيطة:



الشكل ٧–٧: للسؤال ١. بندول بسيط وضع في حالة حركة.

أ. يبذل أحد الأشخاص شغلًا ضد الجاذبية في سحب الكتلة إلى جانب معيّن. ما شكل الطاقة التي تمتلكها الكتلة عندئذٍ؟

.....

ب. صِف كيف يمكنك حساب الطاقة المخزّنة بواسطة الكتلة عند هذا الموضع. قم بتضمين رسم تخطيطي في إجابتك.

.....

.....

ج. يقوم الشخص بتحرير الكتلة. ما النقطة التي تتحرك عندها الكتلة بأكبر سرعة؟

.....

د. صِف كيف يمكنك حساب السرعة المتجهة للكتلة من إجابتك في الجزئية (ب).

.....

.....

.....

هـ. يقترح أحد الأشخاص أن الجسم ذا الكتلة الأكبر سوف يتأرجح بشكل أسرع لأنه يمتلك طاقة أكبر.

١. هل الشخص محق في أن الكتلة الأكبر سيكون لها طاقة أكبر؟ اشرح إجابتك.

.....

.....

.....

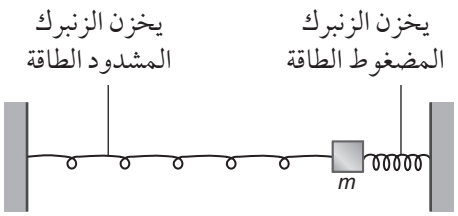
٢. هل الشخص محق في قوله أنّ الكتلة الأكبر ستتحرك بشكل أسرع؟ اشرح إجابتك.

.....

.....

.....

٢. تمّ تثبيت كتلة بين زنبركَين بحيث يمكن أن تتأرجح أفقيًا (الشكل ٧–٨):



الشكل ٧–٨: للسؤال ٢.

أ. سمّ شكل الطاقة المخزنة بواسطة زنبرك مشدود أو مضغوط.

.....

.....

ب. يمكن حساب الطاقة المخزنة في زنبرك مشدود عبر استخدام المعادلة: $E = \frac{1}{2} kx^2$، حيث (E) تمثل الطاقة المخزنة و (k) ثابت الزنبرك و (x) الإزاحة من موقع الاتزان.

اشرح كيف ستستخدم هذه المعادلة لحساب السرعة المتجهة العظمى لكتلة تتحرك حركة توافقية بسيطة بين زنبركَين.

.....

.....

.....

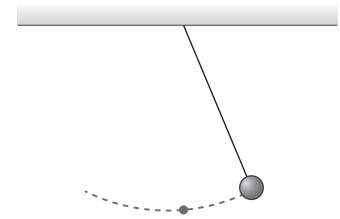
ج. لا يعتمد الزمن الدوري (T) لبندول بسيط على مقدار الكتلة التي تتأرجح. كيف سيتغير الزمن الدوري للنظام (الكتلة–الزنبرك) في حال ازدادت الكتلة؟ اشرح إجابتك.

.....

.....

.....

٣. يمكن صنع بندول بسيط عن طريق ربط كرة من البوليسترين (الستايروفوم) بطرف سلك ما. عندما يتأرجح البندول تتسبب مقاومة الهواء في تقليل سعة الاهتزازات يُعدّ هذا مثالًا على التخميد. يوضح الشكل ٧-٩ كيف يتأرجح البندول:



الشكل ٧-٩: للسؤال ٣. رسم تخطيطي لبندول يتأرجح.

أ. حدد على الرسم التخطيطي في الشكل ٧-٩ النقطة التي ستتحرك فيها الكرة بأكبر سرعة متجهة. سمّ هذه النقطة O.

ب. عند النقطة O، أضف سهمًا لإظهار اتجاه السرعة المتجهة للكرة. سمّ هذا السهم ($\vec{v}$).

ج. عند النقطة O، أضف سهمًا ثانيًا لتوضيح اتجاه قوة مقاومة الهواء على الكرة. سمّ هذا السهم ($\vec{F}$).

د. ارسم تمثيلًا بيانيًا (الإزاحة-الزمن) لإظهار نمط اهتزازات الكرة. يجب أن يُظهر التمثيل البياني تناقص سعة الاهتزاز بشكل ملحوظ مع الزمن لما يقارب خمس اهتزازات.

هـ. ارسم تمثيلًا بيانيًا (السعة-الزمن) لتوضيح كيف تتناقص سعة الاهتزاز إلى الصفر خلال فترة زمنية أطول.

و. تخيل أنك تستطيع زيادة كثافة الهواء الذي يتأرجح فيه البندول تدريجيًا. سيؤدي ذلك إلى زيادة تخميد الاهتزازات. كيف سيؤثر ذلك على المعدل الذي ستنخفض فيه سعة الاهتزازات إلى الصفر؟

.....

.....

.....

ز. في النهاية، سيكون البندول خاضعًا **لتخميد حرج**، وضّح كيف ستستدل على هذه الحالة.

.....

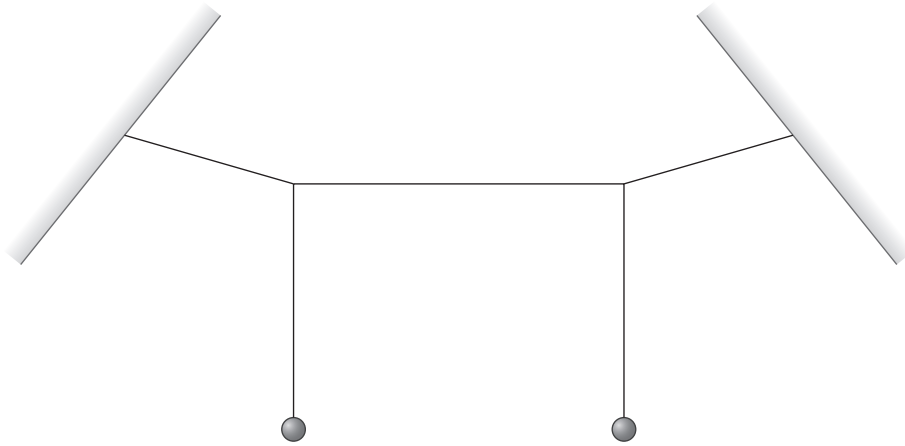
.....

.....

مصطلحات علمية

التخميد الحرج
Critical damping: الحد الأدنى من التخميد الذي يتسبب في عودة النظام المهتز إلى موضع اتزانه في أقل زمن وبدون اهتزاز. سيسمح أي تخميد أضعف للنظام بالاهتزاز مرة واحدة أو أكثر؛ وسيؤدي أي تخميد أقوى إلى استغراق النظام زمنًا أطول للعودة إلى موضع اتزانه.

٤. يوضح الرسم التخطيطي في الشكل ٧-١٠ كتلتَين متماثلتَين معلقتَين بخيطَين متساويَين في الطول. الطرفان العلويان للخيطَين مرتبطان بخيط أفقي:



الشكل ٧-١٠: للسؤال ٤. رسم تخطيطي يوضح كتلتَين متماثلتَين معلقتَين من خيطَين متساويَين في الطول. يرتبط الطرفان العلويان للخيطَين بخيط أفقي.

في بداية التجربة، يتم سحب كتلة واحدة إلى الأمام وتحريرها بحيث تتأرجح ذهابًا وإيابًا، ومع مرور الوقت تصبح اهتزازاتها أصغر، ولكن الكتلة الثانية تبدأ بالتأرجح، وبعد فترة تتوقف الكتلة الأولى عن التأرجح، بينما الكتلة الثانية يكون لها أقصى سعة، ثم تنعكس العملية وتتباطأ الكتلة الثانية تدريجيًا، في حين تبدأ الكتلة الأولى بالتأرجح مرة أخرى.

مصطلحات علمية

التردد الطبيعي
Natural frequency:
التردد الذي يهتز به الجسم عندما لا توجد قوة مقاومة (قوة محصلة خارجية) تؤثر عليه.

أ. ماذا يمكنك أن تقول عن **التردد الطبيعي** لكل من البندولَين المهتزَّين؟

.....

.....

.....

ب. تُدفَع الكتلة الثانية إلى التأرجح بترددها الطبيعي نتيجة حركة الكتلة الأولى. ما اسم الظاهرة التي تحدث عندما تُدفع كتلة ما للتحرك بترددها الطبيعي؟

.....

ج. من المدهش أن نرى أحد البندولَين يتوقف بينما يبدأ الآخر بالتحرك. هل الطاقة محفوظة في هذه التجربة؟ اشرح إجابتك.

.....

.....

.....

د. إذا كان البندول الثاني أطول بنسبة 20% فلن يتأرجح بمثل هذه السعة الكبيرة. اذكر السبب.

.....

.....

.....

الاستقصاءات العملية

استقصاء عملي ٧-١: اهتزاز مسطرة مترية كبندول

في هذا الاستقصاء سوف تستقصي اهتزاز مسطرة مترية تعمل كبندول. يعتمد الزمن الدوري لاهتزاز المسطرة على المسافة بين نقطة تعليق المسطرة ومركز كتلتها.

ستحتاج إلى

الموادّ والأدوات:

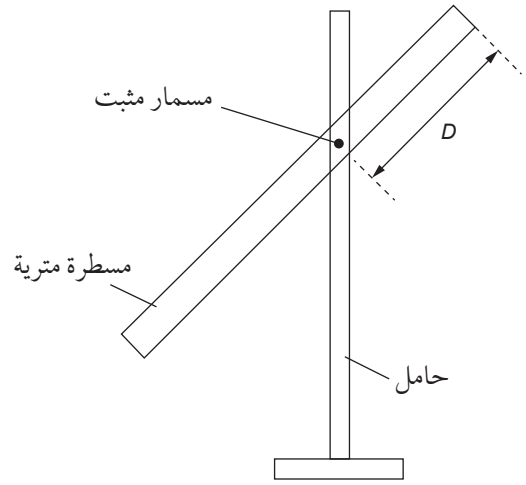
- مسطرة مترية مع ثقوب صنعت على مسافات مختلفة من أحد طرفَي المسطرة، على سبيل المثال: (20 cm) و (25 cm) و (30 cm) و (35 cm) و (40 cm).
- ساعة إيقاف.
- مسمار رفيع مثبت بإحكام في حامل مع مثبت ومشبك (ربما مع مشبك G أو وزن ثقيل لضمان ثبات الحامل).

⚠ احتياطات الأمان والسلامة

- تأكّد من قراءة احتياطات الأمان والسلامة الواردة في بداية هذا الكتاب، واستمع إلى نصائح معلّمك قبل تنفيذ هذا الاستقصاء العملي.
- احرص على ألّا يؤذي المسمار عينيك، خصوصًا أثناء الانحناء. يمكن ارتداء نظارات الوقاية أو تغطية طرف المسمار بكُرة من الصلصال أو المطاط.
- إذا كان الحامل غير مستقر أو معرّضًا للسقوط، فيمكن تثبيته بالمنضدة أو وضع وزن ثقيل على قاعدة الحامل.

الطريقة

١. قم بتجهيز أدوات التجربة كما هو موضح في الشكل ٧-١١، مع تثبيت المسمار الرفيع على الحامل، وباستخدام الفتحة التي تمّ صنعها على بُعد (40 cm) من طرف المسطرة. تأكد من أن المسطرة المترية تتأرجح بحرّية، وإذا لزم الأمر يمكن استخدام طرف المنضدة لجعل المسطرة تتدلى.



الشكل ٧–١١: نموذج تجريبي لمسطرة مترية تم تعليقها بواسطة مسمار رفيع يمر من خلال ثقب.

مهمّ

يمكنك اختيار تسجيل الزمن لـ 10 اهتزازات للمسطرة؛ ولتحسين الضبط، يمكنك تكرار قراءاتك.

٢. اجعل المسطرة تهتز مع سعة صغيرة، وخذ قراءات تسمح لك بتحديد قيمة دقيقة للزمن الدوري (T) لاهتزازة واحدة كاملة.

علامة تتبع Fiducial mark: علامة تستخدم كنقطة مرجعية.

يجب عليك استخدام **علامة تتبع** تسمح لك ببدء التوقيت وإيقافه عند نقطة الاهتزاز نفسها، وأفضل مكان لعلامة التتبع هو مركز الاهتزاز؛ حيث يتحرك البندول بشكل أسرع في هذه المرحلة، ويجب أن تكون قادرًا على بدء ساعة الإيقاف وإيقافها بأكبر ضبط ممكن، كما يمكنك وضع قطعة من الورق أسفل المسطرة المترية كعلامة أو مجرد استخدام ساق الحامل كعلامة.

سجّل قراءاتك في العمود الثاني والثالث والرابع من جدول تسجيل النتائج ٧–١ في قسم النتائج. أعطِ هذه الأعمدة عنوانًا يوضح القراءات التي أخذتها. استخدم قراءاتك لحساب الزمن الدوري لاهتزاز المسطرة المترية. قِس المسافة (D) من نهاية المسطرة إلى المسمار ودوّن ذلك في العمود الأول من جدول تسجيل النتائج ٧–١ (تمّ تسجيل القيمة الأولى $D = 0.400\ m$).

مهمّ

تبدأ الاهتزازة الواحدة الكاملة عندما تمرّ المسطرة أمام العلامة ذهابًا – على سبيل المثال إلى اليسار– وتنتهي في المرة التالية التي تمرّ فيها المسطرة أمام العلامة في الاتجاه نفسه.

٣. كرّر الإجراء مع تعليق المسطرة من الثقوب الأخرى فيها. سجّل قراءاتك في جدول تسجيل النتائج ٧–١.

النتائج

D (m)				متوسط الزمن الدوري T (s)	d (m)	T^2d (s^2 m)	d^2 (m^2)
0.400					0.100		

الجدول ٧–١: جدول تسجيل النتائج.

التحليل والاستنتاج والتقييم

أ. من المفترض أن يكون مركز كتلة المسطرة المترية عند علامة (50 cm). تُحسب المسافة (d) بين نقطة تعليق المسطرة ومركز كتلتها بواسطة المعادلة:

$$d = 0.500 - D$$

حيث جميع القيم بالأمتار.

أضف قيم (d) في جدول تسجيل النتائج ٧–١.

ب. نظريًا (T) و (d) مرتبطان بالمعادلة:

$$T^2 = \frac{A}{d} + Bd$$

حيث A و B ثابتان.

استخدم هذه المعادلة لتوضيح أن منحنى التمثيل البياني لـ ($T^2 d$) مقابل (d^2) هو خط مستقيم.

.....

.....

.....

ج. أكمل جدول تسجيل النتائج ٧–١ بحساب قيم ($T^2 d$) و (d^2).

د. ارسم على ورقة الرسم البياني تمثيلًا بيانيًا لـ $T^2 d$ (s^2 m) على المحور الصادي (y) مقابل d^2 (m^2) على المحور السيني (x). ارسم الخط الأفضل ملاءمة.

مهمّ

نقطة التقاطع مع المحور الصادي (y) هي قيمة (y) (في هذه الحالة $T^2 d$) عندما تكون قيمة (x) صفرًا.

هـ. حدّد الميل ونقطة تقاطع الخطّ الأفضل ملاءمة مع المحور الصادي (y).

مهمّ

قد تصعب قراءة التقاطع مباشرة من التمثيل البياني إذا كنت قد بدأت بالمحور الصادي (y) من قيمة مرتفعة جدًا. فإذا حدث هذا، يجب عليك تسجيل إحداثيات نقطة واحدة على الخط الأفضل ملاءمة، واستخدام ميل الخط لحساب قيمة ($T^2 d$) عندما تكون قيمة (d^2) صفرًا.

الميل = ... نقطة التقاطع = ...

و. استخدم إجاباتك من الجزئية (هـ) لإيجاد قيم A و B. قم بتضمين وحدات القياس في إجابتك.

..... = A وحدة القياس .....

..... = B وحدة القياس .....

ز. استخدم نتائج الاستقصاء لإيجاد قيمة (T) عندما تكون قيمة (d = 45 cm).

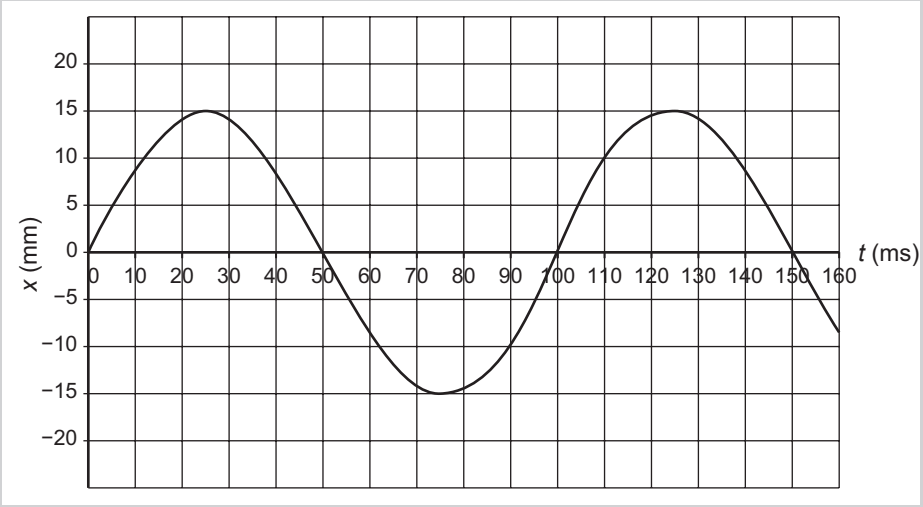
مهمّ

انتبه إلى أن قيمة (d) معطاة بوحدة cm هنا.

..... = T

أسئلة نهاية الوحدة

١. يوضح التمثيل البياني في الشكل ٧–١٢ إزاحة كتلة مهتزة:



الشكل ٧–١٢

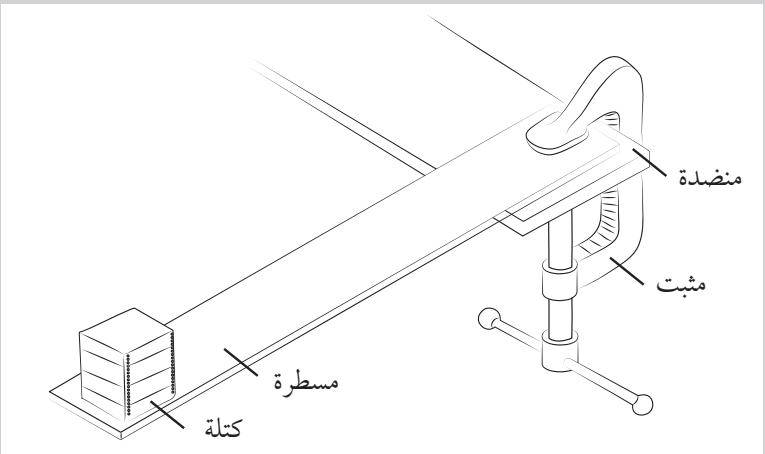
أ. استنتج الزمن الدوري للاهتزازات وترددها.

ب. اكتب معادلة لتمثيل الاهتزازات بالصيغة $x = x_0 \sin(\omega t)$.

ج. استنتج السرعة المتجهة العظمى للكتلة.

د. كتلة الجسم المتأرجح (17 kg). احسب أقصى قوة إرجاع مؤثرة على الكتلة أثناء تأرجحها.

٢. يتم تثبيت أحد طرفَي مسطرة طويلة بمنضدة، وقد تمّ تثبيت كتلة كبيرة بالطرف الآخر. بعد ذلك يتم دفع الكتلة إلى الأسفل ثم تحريرها. بهذه الطريقة تتأرجح الكتلة إلى الأعلى وإلى الأسفل، بحركة توافقية بسيطة حول موضع اتزانها (الشكل ٧–١٣).



الشكل ٧–١٣

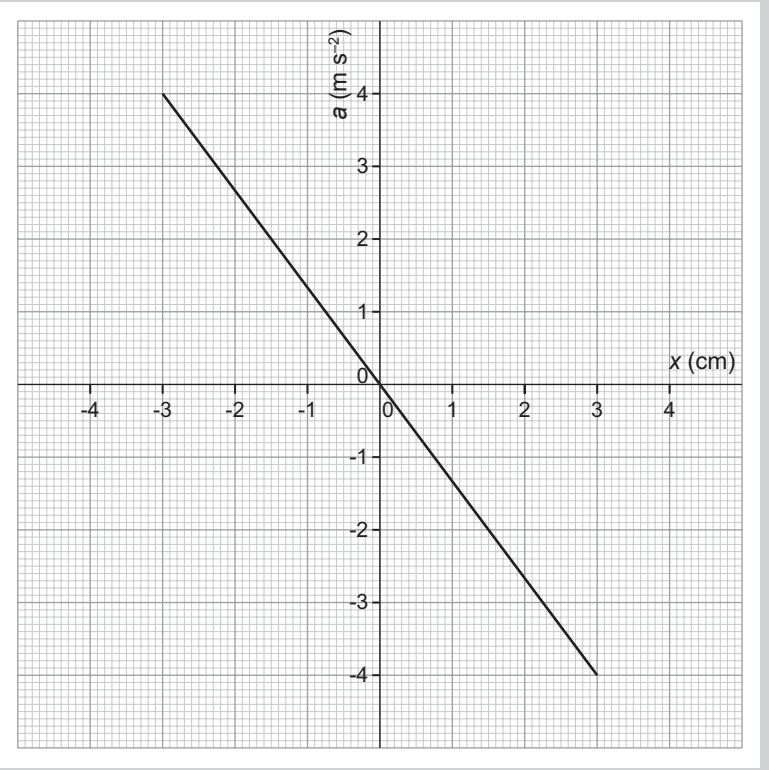
تابع

أ. ما المقصود بالحركة التوافقية البسيطة؟

ب. اشرح كيف ستحدّد موضع اتزان الكتلة.

ج. يتم توصيل مقياس تسارع بالكتلة، حيث يقيس تسارعها ويسجّله. ارسم تمثيل بياني لتوضيح كيف تتوقع أن يتباين تسارع الكتلة مع مرور الزمن، بدءًا من الكتلة في موضع الإزاحة السالبة العظمى.

د. يوضح التمثيل البياني في الشكل ٧-١٤ كيف يعتمد تسارع الكتلة على إزاحتها:



الشكل ٧-١٤

١. لماذا يكون ميل منحنى التمثيل البياني سالبًا؟ اشرح إجابتك.

٢. بالاعتماد على التمثيل البياني حدّد قيمة سعة الاهتزازات.

٣. استنتج التردد الزاوي للاهتزازات.

٤. احسب الزمن الدوري للاهتزازات.

هـ. كتلة الجسم الموصول بالمسطرة هي (0.40 kg). احسب الطاقة الكلية للكتلة عندما تتأرجح مع السعة في الجزئية (د ٢) والتردد الزاوي في الجزئية (د ٣).

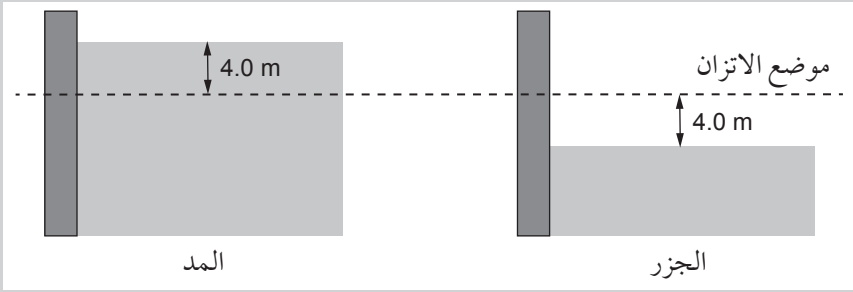
تابع

٣. **أ.** يخضع جسم ما لحركة توافقية بسيطة. اذكر الفرق بين:

١. السعة والإزاحة.

٢. التردد والتردد الزاوي.

ب. يظهر الشكل ٧–١٥ كيف يتسبب المد والجزر في تغيّر مستوى سطح الماء في مرفأ ما. يمكن اعتبار حركة سطح الماء على أنها حركة توافقية بسيطة مع زمن دوري (12.4 h) وسعة (4.0 m). العمق (*d*) للماء في أي زمن (*t*) هو ارتفاع الماء عن موضع الاتزان.



الشكل ٧–١٥

١. احسب أقصى فرق في (*d*) خلال زمن دوري واحد كامل.

٢. احسب تردد اهتزاز سطح الماء.

٣. احسب مقدار السرعة المتجهة الرأسية العظمى لسطح الماء.

٤. احسب مقدار السرعة المتجهة الرأسية لسطح الماء عندما يكون العمق (d = 2.0 m).

٥. اكتب تعبيرًا عن (*d*) بالأمتار بدلالة (*t*) بالثواني.

الغازات المثالية Ideal Gases

أهداف التعلّم

٨–١ يذكر أن كميّة المادة هي كميّة أساسية في النظام الدولي للوحدات (SI) ووحدتها الأساسية هي المول (mol).

٨–٢ يستخدم الكميّات المولية في العمليات الحسابية، حيث أن المول الواحد من أي مادة هو الكميّة التي تحتوي على عدد من جسيمات تلك المادة يساوي عدد أفوجادرو (N_A).

٨–٣ يصف الضغط على المستويَين المجهري والجهري ويشرحهما.

٨–٤ يحوّل درجات الحرارة بين الكلفن والدرجة السيليزية باستخدام العلاقة: $T\,(\mathrm{K}) = \theta\,(^\circ\mathrm{C}) + 273.15$.

٨–٥ يذكر أن أدنى درجة حرارة ممكنة على مقياس درجة الحرارة المطلقة هي درجة الصفر كلفن وتعرف بدرجة الصفر المطلق.

٨–٦ يصف قانون بويل المعبّر عنه بـ: $p \propto \frac{1}{V}$ و $p_1V_1 = p_2V_2$ ويستخدمه.

٨–٧ يصف قانون شارل المعبّر عنه بـ: $V \propto T$ و $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$، حيث ($T$) هي درجة الحرارة المطلقة ويستخدمه.

٨–٨ يصف قانون جاي لوساك المعبّر عنه بالمعادلة: $p \propto T$ و $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$ ويستخدمه.

٨–٩ يعرّف الغاز المثالي لكتلة ثابتة من الغاز على أنه غاز يخضع للعلاقة: $\frac{pV}{T}$ = مقدار ثابت.

٨–١٠ يستخدم معادلة الغاز المثالي معبّرًا عنها بالصيغة: $pV = nRT$ والصيغة: $pV = NkT$.

٨–١١ يذكر الافتراضات الأساسية للنظرية الحركية للغازات.

٨–١٢ يستخدم العلاقة: $pV = \frac{1}{3}Nm\langle c^2\rangle$ في حل المسائل، حيث ($\langle c^2\rangle$) هو متوسط مربع سرعة الجزيئات.

٨–١٣ يقارن المعادلتَين: $pV = \frac{1}{3}Nm\langle c^2\rangle$ و $pV = NkT$؛ لاستنتاج أن متوسط طاقة الحركة الانتقالية لجزيء ما هي: $\frac{3}{2}kT$.

عدد المولات = $\frac{\text{الكتلة (g)}}{\text{الكتلة المولية } (\mathrm{g\,mol^{-1}})} = \frac{\text{عدد الجسيمات}}{\text{عدد أفوجادرو}}$

$n = \frac{N}{N_A} = \frac{m}{M}$

معادلة الغاز المثالي: $pV = nRT$

ضغط وحجم غاز ما: $pV = \frac{1}{3}Nm\langle c^2\rangle$ ؛ $p = \frac{1}{3}\rho\langle c^2\rangle$

متوسط طاقة حركة الجزيء = $\frac{3}{2}$ × ثابت بولتزمان × درجة الحرارة المطلقة (T)؛

$\frac{1}{2}m\langle c^2\rangle = \frac{3}{2}kT$

ثابت بولتزمان: $k = \frac{R}{N_A}$

الأنشطة

نشاط ٨-١ كمية المادة

مصطلحات علمية

المول Mole: المول الواحد هو كمية المادة التي تحتوي على عدد من الجسيمات يساوي عدد أڤوجادرو، والمول كمية أساسية في النظام الدولي للوحدات (SI) لكمية المادة، ووحدته الأساسية المول (mol).

لإجراء حسابات تتعلق بسلوك غاز ما نحتاج إلى معرفة كيفية تحديد كمية المادة. الكمية الأساسية في النظام الدولي للوحدات (SI) لكمية المادة هي **المول**، ووحدة قياسها هي المول (mol).

في الأسئلة الآتية سوف تطبق فهمك للمول لإجراء بعض الحسابات وتقدير الكميات.

١. كوب من الماء يبلغ حجمه نحو ($250\ cm^3$) وكثافة الماء تساوي ($1000\ kg\ m^{-3}$). استخدم هذه البيانات لحساب:

أ. كتلة الماء في الكوب.

.....

.....

.....

$$n = \frac{\text{عدد الجسيمات}}{\text{عدد أڤوجادرو}} = \frac{N}{N_A}$$

$$n = \frac{\text{كتلة المادة (g)}}{\text{الكتلة المولية (g mol}^{-1}\text{)}} = \frac{m}{M}$$

n: عدد المولات أو كمية المادة

ب. عدد مولات الماء في الكوب (الكتلة المولية للماء = $18.0\ g\ mol^{-1}$).

.....

.....

.....

ج. عدد جزيئات الماء في الكوب.

.....

.....

.....

٢. غالبًا ما يُستخدم غاز الهيليوم لملء بالونات الحفلات. يبلغ حجم بالون ما ($1500\ cm^3$) تقريبًا وكثافة غاز الهيليوم ($2.0 \times 10^{-4}\ g\ cm^{-3}$). استخدم هذه البيانات لتثبت أن:

أ. كتلة الهيليوم في البالون تساوي (0.30 g).

.....

.....

.....

ب. كميّة الهيليوم بالمول تساوي (0.075 mol).

.....

.....

.....

ج. عدد ذرات الهيليوم (4.5×10^{22}) ذرّة تقريبًا.

.....

.....

.....

٣. أ. احسب عدد المولات في (0.48 g) من الأكسجين (الكتلة المولية لجزيء الأكسجين = $32.0\ g\ mol^{-1}$).

.....

.....

.....

ب. يحتوي (26 g) من الهيليوم على (6.5 mol) من الجسيمات. احسب الكتلة المولية للهيليوم.

.....

.....

.....

ج. قاعة صف أبعادها ($4.8\ m \times 6.0\ m \times 2.2\ m$)، تحتوي على كميّة من الهواء كثافته ($1.29\ kg\ m^{-3}$). احسب عدد مولات الهواء التي تحتويها قاعة الصف (الكتلة المولية للهواء = $29\ g\ mol^{-1}$).

.....

.....

.....

نشاط ٨-٢ كمّيات الغاز

الكمّيات المهمة التي نحتاج إليها لفهم سلوك غاز ما هي كميّة المادة (*n*)، والضغط (*p*)، والحجم (*V*) ودرجة الحرارة المطلقة (*T*). في هذه الأسئلة سوف تعزز فهمك لهذه الكمّيات.

١. يُعرّف 1 ضغط جوي (1 atm) بأنه الضغط الجوي عند مستوى سطح البحر، أي نحو (10^5 Pa).

أ. إذا كانت مساحة سطح جسم الإنسان العادي ($2.0\ m^2$)، فاحسب متوسط القوة التي يؤثر بها الغلاف الجوي على شخص ما عند مستوى سطح البحر.

.....

.....

.....

ب. لماذا لا تسحقنا هذه القوة على الفور؟ اشرح إجابتك.

.....

.....

.....

ج. اقترح سبب خطورة قفز المظلّيين من المقصورة عالية الضغط لطائرة تحلّق على ارتفاع (11000 m).

.....

.....

.....

٢. احسب درجات الحرارة الآتية بوحدة درجة الحرارة المطلقة (كلفن):

أ. درجة تجمد الماء.

.....

.....

ب. درجة غليان الماء.

.....

.....

ج. درجة غليان النيتروجين (196– °C).

.....

.....

.....

د. درجة غليان ثاني أكسيد الكربون (57– °C).

.....

.....

.....

نشاط ٨-٣ الغازات المثالية

الغاز «المثالي» غير موجود في الطبيعة! لكن فكرة **الغاز المثالي** مفيدة جدًا. وظيفة الغازات ذات قيم الضغط المنخفضة تشبه إلى حد كبير عمل الغازات المثالية. هذا التمرين يستخدم معادلة الغاز المثالي **وقانون بويل**.

مصطلحات علمية

الغاز المثالي
Ideal gas: الغاز الذي يخضع للمعادلة: $pV = nRT$.

قانون بويل
Boyle's law: يتناسب الضغط الذي تؤثر به كتلة ثابتة من الغاز عكسيًا مع حجمه، بشرط أن تبقى درجة حرارته ثابتة.

١. معادلة الغاز المثالي هي: $pV = nRT$.

أ. اذكر الكميّة التي يمثلها كل رمز، مع إعطاء وحدة كل منها.

.....

.....

.....

ب. ما الكميّتان المتغيرتان في قانون بويل؟
وما الكميتان الثابتتان فيه؟

.....

.....

.....

ج. ما الكميّة التي يمكن استخدامها لحساب كتلة الغاز في معادلة الغاز المثالي؟ اشرح كيف ستنفّذ عملية حسابية كهذه.

.....

.....

.....

٢. أسطوانة بحجم (40.0 L) مملوءة بالهواء تحت ضغط (200×10^3 Pa). يقوم مكبس بعد ذلك بضغط الهواء المحصور داخل الأسطوانة إلى حجم (2.5 L).

أ. احسب الضغط النهائي للهواء، بافتراض أن درجة حرارته تبقى ثابتة. يمكنك التفكير في النسب أو استخدام $p_1V_1 = p_2V_2$.

.....

.....

.....

ب. ارسم تمثيلًا بيانيًا للضغط مقابل الحجم لتوضح كيف ستتغير هذه الكميّات مع زيادة ضغط الهواء المحصور.

ج. تُجرى هذه التجربة عند درجة حرارة (27 °C). احسب عدد مولات الغاز الموجودة في الأسطوانة (ثابت الغاز المولي العام $R = 8.31$ J mol^{-1} K^{-1}).

.....

.....

.....

٣. إذا تم تسخين غاز ما تحت ضغط ثابت فإن حجمه سيتغير.

تُعرف العلاقة بين الحجم ودرجة الحرارة المطلقة (*T*) عند ضغط ثابت باسم قانون شارل.

أ. اذكر ما إذا كان حجم الغاز سيزداد أم سينقص كلما ازدادت درجة الحرارة عند ضغط ثابت.

.....

.....

.....

ب. ارسم تمثيلًا بيانيًا يوضّح كيف يعتمد حجم الغاز المثالي على درجة حرارته المطلقة (*T*).

ج. سيكون حجم الغاز المثالي صفرًا عند الصفر المطلق. صف كيف تتوقع سلوك غاز حقيقي عندما تنخفض درجة حرارته نحو الصفر المطلق.

.....

.....

.....

د. يتم تسخين (10 mol) من النيتروجين من (23 °C) إلى (100 °C) عند ضغط ثابت قدره (100×10^3 Pa). احسب النسبة بين حجم النيتروجين قبل التسخين وحجمه بعد التسخين.

.....

.....

.....

٤. عندما يتمدد الغاز أو يتقلص، في العادة يتغير ضغطه ودرجة حرارته. يمكننا حل مثل هذه المسائل باستخدام العلاقة:

$$\frac{pV}{T} = \text{مقدار ثابت}$$

أ. ما المقدار الثابت في هذه المعادلة؟ أعط وحدته.

.....

.....

.....

ب. يحتوي بالون على ($0.040\ m^3$) من الهيليوم عند ضغط (3.5×10^5 Pa) ودرجة حرارة (27 °C). يتم تسخينه حتى ينفجر، عند هذه المرحلة ازداد حجمه إلى ($0.044\ m^3$) ووصلت درجة حرارته إلى (190 °C).

١. احسب قيمة الكميّة $\frac{pV}{T}$ قبل تسخين البالون.

.....

.....

.....

٢. مستخدمًا الإجابة في الجزئية (ب–١)، احسب الضغط الذي انفجر عنده البالون.

.....

.....

.....

٣. احسب درجة الحرارة التي انفجر عندها البالون إذا لم يتمدد أثناء تسخينه.

.....

.....

.....

نشاط ٨-٤ النموذج الحركي لغاز ما

يمكننا أن نتخيل غازًا ما على أنه مكوّن من جسيمات تتحرك داخل صندوق، هذا هو النموذج الحركي لهذا الغاز، ونظرًا إلى أن الجسيمات تخضع لقوانين الفيزياء المعتادة يمكننا استخدام هذا النموذج لاستنتاج معادلات تربط السلوك المجهري للجسيمات بالخصائص الجهرية (التي ترى بالعين المجردة) للغاز كالضغط ودرجة الحرارة وما إلى ذلك. يختبر هذا النشاط فهمك لهذه العلاقات.

١. توصلت النظرية الحركية للغازات إلى المعادلة: $pV = \frac{1}{3} Nm < c^2 >$.

معادلة الغاز المثالي لغاز ما هي: $pV = nRT$.

أ. اذكر المقصود بالرموز (n) و (N).

.....

.....

.....

ب. أثبت كيف تؤدي هذه المعادلات إلى فكرة أن متوسط طاقة الحركة الانتقالية لجزيء ما هو $\frac{3}{2} kT$.

.....

.....

.....

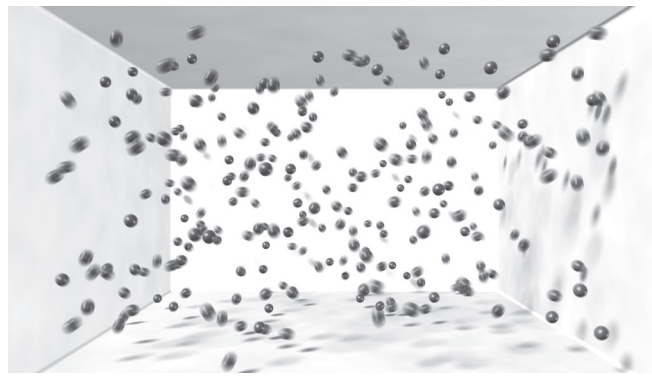
ج. بيّن أن متوسط طاقة الحركة لمول واحد من غاز ما هو $\frac{3}{2} RT$.

.....

.....

.....

٢. يتعلق هذا السؤال بافتراضات النموذج الحركي للغاز.
يمثل الشكل ٨–١ جزيئات غاز ما محصورة في صندوق:



الشكل ٨–١: للسؤال ٢. جزيئات غاز محصورة في صندوق.

أ. ماذا يمكنك أن تقول عن الحجم الكلي للجسيمات بالمقارنة مع الحجم الكلي للصندوق؟

.....

.....

ب. نعلم أن الجسيمات تتجاذب فيما بينها؛ هذا هو سبب تشكل المواد الصلبة عند تبريد مادة ما. حدد ما إذا كانت جزيئات الغاز تجذب بعضها بعضًا.

.....

.....

.....

ج. صِف مسار جسيم واحد فيما بين التصادمات مع الجسيمات الأخرى ومع جدران الصندوق.

.....

.....

.....

د. اذكر ما إذا كانت التصادمات بين الجسيمات مرنة أم غير مرنة. اشرح تأثير ذلك على طاقة الحركة الكلية للجسيمات.

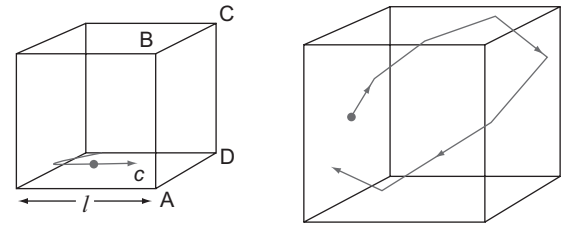
.....

.....

.....

٣. يتعلق هذا السؤال باستنتاج العلاقة بين الضغط (p) لغاز ما وحركة جسيماته. تُتَّبع الخطوات نفسها لاستنتاج العلاقة: $pV = \frac{1}{3} Nm < c^2 >$.

انظر إلى الشكل ٨–٢ أدناه:



الشكل ٨–٢: للسؤال ٣. يُظهر الجزء الأيسر من الشكل جسيمًا واحدًا في صندوق على شكل مكعب. يتحرك جسيم نموذجي بحيث يرتد عن جميع جوانب المكعب الستة، بدلًا من جانبَين فقط، كما هو موضح في الجزء الأيمن من الشكل .

يُظهر الجزء الأيسر من الرسم التخطيطي جسيمًا واحدًا في صندوق على شكل مكعب. للتبسيط سنفترض أن كتلة الجسيم (1 kg) وسرعته (c = 500 m s^{-1}). ينتقل هذا الجسيم أفقيًا إلى اليسار وإلى اليمين.

أ. احسب كميّة التحرك للجسيم.

.....

.....

.....

ب. يصطدم الجسيم عموديًا بجانب المكعب ABCD ويرتد عنه بحيث ينعكس اتجاه سرعته. احسب التغير في كميّة تحرك الجسيم.

.....

.....

.....

ج. يرتد الجسيم عن الجانب الآخر ويعود ليضرب الجانب ABCD مرة أخرى. افترض أن طول كل ضلع من أضلاع المكعب هو (l = 1.0 m). احسب الفاصل الزمني بين الاصطدامَين المتتاليَين مع الجانب ABCD. كم مرة سيضرب الجسيم الجانب ABCD كل ثانية؟

.....

.....

.....

مهمّ

تذكّر أن كميّة التحرك هي كميّة متجهة، لذا فإن التغيُّر في كميّة التحرك من قيمة موجبة إلى سالبة لا يمكن أن يكون صفرًا.

د. احسب القوة المؤثرة على الجانب ABCD الناتجة عن هذا الجسيم المفرد.

استخدم العلاقة:

$$\text{القوة} = \frac{\text{التغيّر في كمّية التحرك}}{\text{الزمن}}$$

.....

.....

.....

هـ. احسب الضغط على الجانب ABCD.

.....

.....

.....

و. ما مقدار الضغط على الجانب المقابل للجانب ABCD؟

.....

.....

.....

ز. من الناحية العملية سيتحرك جسيم نموذجي بحيث يرتد عن جميع الجوانب الستة للمكعب –بدلًا من جانبَين فقط– كما هو موضح في الجزء الأيمن من الشكل ٨–٢. إلى أي نسبة تقلّل هذه الحركة الضغط على الجانب ABCD للمكعب؟ احسب مقدار الضغط في هذه الحالة.

.....

.....

.....

ح. حجم المكعب يساوي ($1\ m^3$).

كثافة «الغاز» الذي يحتويه تساوي ($1.0\ kg\ m^{-3}$).

تبلغ كثافة الهواء ($1.29\ kg\ m^{-3}$) عند (0 °C).

اذكر ما إذا كان ضغط الهواء المحصور سيكون أكبر أم أقل من القيمة التي حسبتها في الجزئية (ز).

.....

.....

.....

ط. هل التصادمات بين الجسيم وجدران المكعب مرنة أم غير مرنة؟ برّر إجابتك.

.....

.....

.....

٤. يمكننا كتابة المعادلة الآتية لمتوسط طاقة الحركة لجسيم ما (ذرة أو جزيء) لغاز ما: متوسط طاقة الحركة: $\overline{\text{K.E}} = \frac{1}{2} m < c^2 >$.

أ. اذكر ما يمثله الرمزان (m) و ($< c^2 >$).

.....

.....

.....

ب. يمكننا ربط متوسط طاقة الحركة بدرجة حرارة الغاز من خلال العلاقة:

$$\overline{\text{K.E}} = \frac{1}{2} m < c^2 > = \frac{3}{2} kT$$

١. اذكر ما يمثله الرمزان (k) و (T).

.....

.....

٢. إذا تضاعفت درجة الحرارة المطلقة (T) لغاز ما، فماذا سيحدث لمتوسط طاقة حركة جسيماته؟

.....

.....

.....

ج. ارسم تمثيلًا بيانيًا لإظهار كيفية تغير متوسط طاقة حركة جسيمات غاز ما كلما ازدادت درجة حرارته.

الاستقصاءات العملية

استقصاء عملي ٨-١: قانون بويل

في هذا الاستقصاء سوف تستقصي العلاقة بين حجم كتلة ثابتة من غاز ما وضغطها عند درجة حرارة ثابتة.

ستحتاج إلى

الموادّ والأدوات:

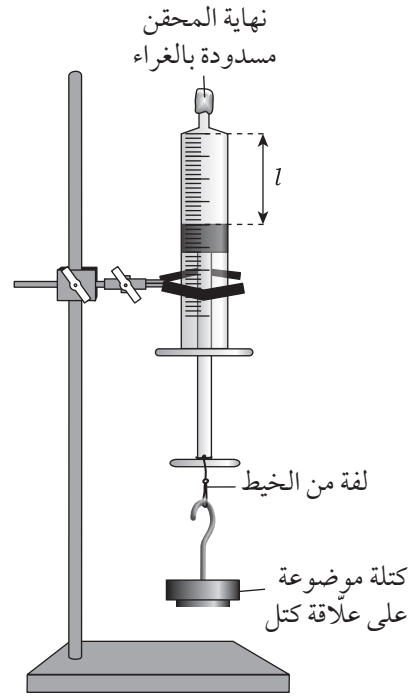
- محقن (10 ml) محكم الإغلاق من أحد طرفَيه.
- حامل ومثبت لتثبيت المحقن.
- مسطرة (30 cm).
- أثقال مشقوقة بخطاف (100 g).
- لفة من خيط.
- ميزان حرارة (ثرمومتر كحولي).

⚠ احتياطات الأمان والسلامة

- تأكّد من قراءة احتياطات الأمان والسلامة في بداية هذا الكتاب، واستمع لنصائح معلّمك قبل تنفيذ هذا الاستقصاء العملي.
- تأكد من أن المحقن مثبّت جيدًا بالحامل بواسطة المثبت بشكل مقلوب، وأن لفة الخيط مربوطة بإحكام حول مكبس المحقن. يجب أن تكون المسافة من أسفل علّاقة الكتل المشقوقة إلى المنضدة نحو 15 cm للسماح للمكبس بالتحرك إلى الأسفل.

الطريقة

١. قم بتركيب أدوات التجربة بإحكام كما هو موضح في الشكل ٨-٣. قم بإزالة علّاقة الكتل من لفة الخيط وتأكد من وجود نحو (6 ml) من الهواء في المحقن. حرّك المكبس برفق إلى الأعلى وإلى الأسفل بضعة ملّيمترات للتأكد من عدم التصاقه.



الشكل ٨–٣: كتلة متصلة بمكبس المحقن.

٢. قم بقياس الطول (l) لعمود الهواء من المكبس إلى الطرف المسدود للمحقن.

٣. علق كتلة (200 g) من لفة الخيط وقس الطول الجديد (l).

٤. قم بتعليق المزيد من الكتل، مع زيادة الكتلة بمقدار (200 g) في كل مرة. سجّل الكتلة الكلية (M) المعلقة من المحقن والقيمة المقابلة لـ (l) في جدول تسجيل النتائج ٨–١. في كل مرة، حرّك المكبس إلى الأعلى وإلى الأسفل حتى لا يلتصق وكرر كل قراءة مرة واحدة على الأقل. سجّل قيم (l) بوحدة المتر؛ على سبيل المثال، (4.0 cm = 0.040 m).

٥. سجّل درجة حرارة الغرفة في قسم النتائج.

النتائج

درجة حرارة الغرفة = °C .....

M (kg)	l (m)			$\frac{1}{l}$ (m^{-1})
	القراءة الأولى	القراءة الثانية	متوسط القراءات وقيمة عدم اليقين	
0			±	±
0.200			±	±
0.400			±	±
0.600			±	±
0.800			±	±
1.000			±	±

الجدول ٨–١: جدول تسجيل النتائج.

التحليل والاستنتاج والتقييم

معادلة الغاز المثالي:
$pV = nRT$

يستنتج من **معادلة قانون الغاز المثالي** $pV = nRT$ المطبقة على كميّة الهواء المحصور في المحقن التعبير الآتي:

$$(p_0A - Mg)\, l = nRT$$

أو $$\frac{1}{l} = \frac{p_0A}{nRT} - \frac{Mg}{nRT}$$

حيث (p_0) هو الضغط الجوي، و (A) هي مساحة المقطع العرضي للمحقن، و (T) هي درجة حرارة الغاز المطلقة بوحدة الكلفن (K)، والرموز الأخرى لها معناها المتعارف عليه للغاز المثالي.

أ. سوف ترسم تمثيلًا بيانيًا لـ $\frac{1}{l}$ على المحور الصادي (y) مقابل (M) على المحور السيني (x).

باستخدام الرموز الموجودة في معادلة قانون الغاز كما هي مطبقة على كميّة الهواء المحصور في المحقن، حدد تعبيرَي كل من الميل وتقاطع المنحنى مع المحور الصادي (y).

مهمّ

إذا كانت كلتا قراءتَي (l) متطابقتَين، فإن قيمة عدم اليقين ليست صفرًا، بل تساوي أصغر تدريج في المسطرة.

الميل = ... نقطة التقاطع = ...

ب. أكمل جدول تسجيل النتائج ٨–١ بحساب $\frac{1}{l}$ بوحدة (m^{-1}). قم بتضمين قيم عدم اليقين.

ج. ارسم تمثيلًا بيانيًا لـ (m^{-1}) $\frac{1}{l}$ على المحور الصادي (y) مقابل (kg) M على المحور السيني (x) باستخدام ورقة الرسم البياني، استخدم قيمة عدم اليقين في قيم $\frac{1}{l}$ لرسم أشرطة الخطأ على التمثيل البياني.

ارسم الخط المستقيم الأفضل ملاءمة، ومن ثم الخط المستقيم الأسوأ ملاءمة على التمثيل البياني.

د. حدد ميل الخط المستقيم الأفضل ملاءمة. قم بتضمين قيمة عدم اليقين المطلق في إجابتك باستخدام ميل الخط الأسوأ ملاءمة.

الميل = ... ± .....

مهمّ

جِد قيمة عدم اليقين عبر تحديد ميل الخط المستقيم الأسوأ ملاءمة. إن قيمة عدم اليقين في الميل هي الفرق بين ميل الخط الأسوأ ملاءمة وميل الخط الأفضل ملاءمة.

هـ. حوّل قيمة درجة حرارة الغرفة إلى وحدة الكلفن (K).

T = ...K

و. استخدم إجاباتك على الجزئيات (أ) و (د) و (هـ) لإيجاد عدد مولات الغاز في المحقن. قيمة ثابت الغاز (R) تساوي ($8.31\ J\ K^{-1}\ mol^{-1}$). قم بتضمين قيمة عدم اليقين في إجابتك.

أعد ترتيب معادلة الميل من الجزئية (أ) للحصول على عدد المولات (n).

استخدم هذه المعادلة مع قيم من الخط الأفضل ملاءمة لحساب قيمة لعدد المولات (n). ثم استخدم المعادلة مع قيم من الخط الأسوأ ملاءمة لحساب قيمة جديدة لعدد المولات (n'). احسب مدى قيمة عدم اليقين في عدد المولات من خلال ($n - n'$).

n = ... ± .....

ز. اشرح كيف يمكن الحصول على الضغط الجوي باستخدام نقطة تقاطع خط التمثيل البياني مع المحور الصادي، بدلالة كل من المساحة (A) و (n) و (R) و (T).

.....

.....

ح. اشرح كيف سيختلف الميل ونقطة التقاطع على التمثيل البياني إذا انخفض الحجم الابتدائي لكميّة الهواء المحصور في المحقن إلى النصف.

.....

.....

.....

أسئلة نهاية الوحدة

١. أ. عرّف الغاز المثالي.

ب. تحتوي حاوية على (120 g) من غاز الهيدروجين عند درجة حرارة (27 °C) وضغط (100 kPa).

١. جِد حجم الحاوية (الكتلة المولية للهيدروجين = 2.0 g؛ ثابت الغاز المولي العام $R = 8.31\ J\ mol^{-1}\ K^{-1}$).

٢. يتم تسخين الحاوية إلى (100 °C) مع بقاء الحجم ثابتًا. جِد ضغط الغاز عند درجة الحرارة هذه.

٣. احسب كثافة الهيدروجين.

٢. حاوية صلبة تحتوي على كتلة معيّنة من غاز ما.

أ. استخدم النموذج الحركي للمادة لشرح سبب ضغط الغاز على جدران الحاوية.

ب. تضاعفت كتلة الغاز في الحاوية. اشرح سبب تضاعف ضغط الغاز.

ج. اشرح سبب ازدياد ضغط الغاز عندما تزداد درجة حرارته.

د. احسب متوسط طاقة الحركة لجزيئات الغاز عند (27 °C). (ثابت بولتزمان: $k = 1.38 \times 10^{-23}\ J\ K^{-1}$).

٣. أ. وضّح المقصود بالمول من مادة ما.

ب. حجم 1.5 مول من غاز مثالي عند (–50 °C) هو ($2.5 \times 10^{-2}\ m^3$). يتم تسخين الغاز عند ضغط ثابت (p).

احسب:

١. حجم الغاز عند (250 °C).

٢. قيمة الضغط (p).

تم بحمد الله

رقم الإيداع: ٢٠٢٣/٦٨٨٤

طُبع بمطابع النهضة ش.م.م
هاتف : ٢٤٥٦٣١٠٤، فاكس : ٢٤٥٦٥٧٤٧
البريد الإلكتروني : admin@anpressoman.com

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

ISBN 978-99969-890-9-4
9 789996 989094

www.moe.gov.om

CAMBRIDGE
UNIVERSITY PRESS