سلطنة عمان
وزارة التربية والتعليم

الفيزياء

الصف الحادي عشر

دليل المعلّم

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 دليل المعلم – الفيزياء للصف الحادي عشر – من سلسلة كامبريدج للفيزياء
لمستوى الدبلوم العام والمستوى المتقدم AS & A Level للمؤلفين دايفيد سانغ، وغراهام جونز، وغوريندر تشادا،
وريتشارد وودسيد.

تمت مواءمة هذا الكتاب بناءً على العقد الموقع بين وزارة التربية والتعليم ومطبعة
جامعة كامبريدج.
لا تتحمل مطبعة جامعة كامبريدج المسؤولية تجاه المواقع الإلكترونية
المستخدمة في هذا الكتاب أو 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 مجزَّأ 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 عاهِلاً مُمَجَّدًا
بِالنُّفوسِ يُفْتَدى

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

تقديم

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

وبعد:

فقد حرصت وزارة التربية والتعليم على تطوير المنظومة التعليمية في جوانبها ومجالاتها المختلفة كافة؛ لتُلبّي مُتطلّبات المجتمع الحالية، وتطلُّعاته المستقبلية، ولتتواكب مع المُستجدّات العالمية في اقتصاد المعرفة، والعلوم الحياتية المختلفة؛ بما يؤدّي إلى تمكين المخرجات التعليمية من المشاركة في مجالات التنمية الشاملة للسلطنة.

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

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

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

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

والله ولي التوفيق

د. مديحة بنت أحمد الشيبانية

وزيرة التربية والتعليم

المحتويات

المقدمة xii

كيف تستخدم هذه السلسلة xiv

كيف تستخدم هذا الدليل xvi

طرائق للتدريس والتعلم xvii

الأمان والسلامة في مختبر الفيزياء xviii

استراتيجيات التدريس xix

الأهداف التعليمية xxiii

الوحدة الخامسة: كمّية التحرك

نظرة عامة ٢٧

مخطط التدريس ٢٧

الموضوع ٥-١: التصادمات وكمية التحرك .. ٢٨

الموضوعات ٥-٢: حفظ الطاقة

٥-٣: فهم التصادمات

٥-٤: الانفجارات والارتطام بالأرض .. ٣٠

الموضوع ٥-٥: التصادم في بُعدَين ٣٦

الموضوع ٥-٦: كميّة التحرك وقوانين

نيوتن ٣٧

إجابات كتاب الطالب ٤٢

إجابات كتاب التجارب العملية والأنشطة ٥٠

الوحدة السادسة: الحركة الدائرية

نظرة عامة ٥٥

مخطط التدريس ٥٥

الموضوعات ٦-١: وصف الحركة الدائرية

٦-٢: الزوايا بالراديان

٦-٣: السرعة الثابتة والسرعة المتجهة المتغيرة

٦-٤: السرعة المتجهة الزاوية ٥٦

الموضوعان ٦-٥: القوة المركزية

٦-٦: حساب التسارع المركزي

والقوة المركزية ٥٩

الموضوع ٦-٧: مصدر القوة المركزية ٦٦

إجابات كتاب الطالب ٧٣

إجابات كتاب التجارب العملية والأنشطة ٧٨

الوحدة السابعة: الاهتزازات

نظرة عامة ٨٢
مخطط التدريس ٨٣
الموضوعات ٧-١: الاهتزازات الحرة والقسرية
٧-٢: ملاحظة الاهتزازات
٧-٣: وصف الاهتزازات ٨٣
الموضوعان ٧-٤: الحركة التوافقية البسيطة
٧-٥: تمثيل الحركة التوافقية
البسيطة بيانيًا ٩٠
الموضوعات ٧-٦: التردد والتردد الزاوي
٧-٧: معادلات الحركة التوافقية
البسيطة
٧-٨: تغيّرات الطاقة في الحركة
التوافقية البسيطة ٩٣
الموضوعان ٧-٩: الاهتزازات المخمدة
٧-١٠: الرنين ٩٧
إجابات كتاب الطالب ١٠١
إجابات كتاب التجارب العملية والأنشطة ١٠٧

الوحدة الثامنة: الغازات المثالية

نظرة عامة ١١٢
مخطط التدريس ١١٢
الموضوع ٨-١: كمية المادة ١١٣
الموضوع ٨-٢: الضغط والنموذج الحركي ... ١١٥
الموضوع ٨-٣: تفسير الضغط ١١٧
الموضوعان ٨-٤: متغيّرات النظرية الحركية
٨-٥: قانون بويل ١١٩
الموضوع ٨-٦: تغيّر درجة الحرارة ١٢٤
الموضوع ٨-٧: الغازات الحقيقية والمثالية .. ١٢٦
الموضوع ٨-٨: معادلة الغاز المثالي ١٢٨
الموضوع ٨-٩: نمذجة الغازات: النموذج
الحركي ١٢٩
الموضوع ٨-١٠: استنتاج الضغط ١٣٢
الموضوع ٨-١١: درجة الحرارة وطاقة
حركة الجزيئات ١٣٣
إجابات كتاب الطالب ١٣٦
إجابات كتاب التجارب العملية والأنشطة ١٤٢

المقدمة

مرحبًا بك في كتاب الفيزياء للصف الحادي عشر.

يأتي دليل المعلم لكتاب الفيزياء للصف الحادي عشر هذا ليواكب أفضل الممارسات في علم أصول التدريس. إذ يتضمن «كتاب الطالب» ميزات مثل أسئلة وأنشطة «قبل أن تبدأ بدراسة الوحدة»، لتذكير الطلبة بما تعلموه سابقًا، ومساعدة المعلم في تقييم التعلم القبلي لديهم. ويتضمّن معادلات أساسية تم إبرازها في كتاب الطالب لمساعدة الطلبة على إيجاد المعادلات المهمة لكل موضوع بسهولة، و«قوائم التقويم الذاتي» في نهاية كل وحدة لمساعدة الطلبة على تقييم مدى استفادتهم من دراسة الوحدة، وتطوير تعلمهم.

تم إعداد هذا الدليل ليكون مفيدًا ولمساعدتك ما أمكن في إيجاد احتياجاتك اليومية في التدريس، من خلال الأنشطة والتقويم والتكامل مع المناهج، والمفاهيم الخاطئة وسوء الفهم في كل موضوع، والدعم بالاستقصاءات العمليّة، آملين أن يلهمك ويدعمك، ويختصر وقتًا أنت في أمس الحاجة إليه.

نرجو أن تستمتع بهذا الدليل، وأن يوفر لك موردًا تنهل منه ما يساعدك على الاستمرار في إلهام الطلبة وتشويقهم إلى دراسة هذه الموضوعات الحيوية. ولا تتردد في التواصل معنا إذا كان لديك أية أسئلة، لأن ملاحظاتك واقتراحاتك ستكون بالغة الأهمية في مساعدتنا على تطوير الدليل بما يفيد المعلمين والطلبة على حد سواء.

مقدمة إلى الاستقصاءات العملية

الاستقصاء العملي جزء أساسي لأي كتاب فيزياء.

لقد أختيرت الاستقصاءات العملية بدقّة في هذا الكتاب بهدف:

- تحقيق متطلبات جميع الأهداف التعليمية التي تستلزم من الطلبة إجراء استقصاءات عملية معيّنة.
- توفير توجيه وممارسة متدرّجَين في المهارات العملية.

يمكن تنفيذ العديد من الاستقصاءات من دون معرفة المادة النظريّة ذات الصلة، لكن يؤمل أن تعزز بعض الاستقصاءات من تدريسك لهذه المادة، وتساعد في بناء الثقة لدى الطلبة وفي تطوير قدراتهم.

تتضمن كل وحدة أكثر من استقصاء، بما يمكّنك من اختيار ما يلائم الأدوات والمواد المتوافرة والوقت المتاح. وقد تم اختيار الأجهزة المطلوبة بشكل عام ممّا هو متوافر، وقد أوصى بها المنهاج كونها أجهزة وأدوات تستخدم كثيرًا.

يمكن للطلبة من خلال الاستقصاء العملي، ومواجهة الصعوبات والمشكلات ومراعاة احتياطات الأمان والسلامة، أن يكونوا أكثر ثقة بأنفسهم وأكثر قدرة على بذل قصارى جهدهم في اختباراتهم. من الناحية المثالية، يجب أن يعمل الطلبة بمفردهم، كما لو أنهم يقدمون اختباراتهم، إنما هذا لا يمنعهم من أن يعملوا في ثنائيات أو مجموعات ليتوافر لهم الدعم والتحفيز المتبادلَين. فالهدف الأساسي يتمثل في أخذ الطلبة

للقراءات وتحليلها بأنفسهم؛ أمّا في معظم الاستقصاءات، حيث تم تحليل البيانات في الوحدات اللاحقة، فتتوفر عيّنة من البيانات تمكّن الطلبة من إجراء بعض الاستقصاءات، وتعزز قدرتهم على تحليلها.

لقد حان الوقت للاستقصاء العملي، على الرغم من أنه يتطلب وقتًا. فهو يمكّن الطلبة من اكتساب مهارات عملية، ويمنحهم الثقة في تطبيق ما درسوه من مادة نظرية، بما يعزز من فهمهم لها وتذكرها. وتتمثل خبرات التعلم المهمة والمكتسبة من الاستقصاء العملي في المهارات التي يمكن استخدامها وتطويرها، كعمليات التخطيط والتنفيذ والملاحظة والتسجيل والتحليل، والتي يحققها جميعها «كتاب التجارب العمليّة والأنشطة». لم تصمم الاستقصاءات لتكون مجموعة من أوراق اختبار عملي صُوَرية، إذ سيكتسب الطلبة عند تنفيذها المهارات التي تمكنهم من أن يكونوا أكثر ثقة عند أداء الاختبار العملي.

قسمت الاستقصاءات العملية في هذا الدليل إلى أقسام مختلفة لتساعدك في التخطيط والتنفيذ. كما تضمّن الدليل إرشادات لدعم الطلبة الذين يواجهون صعوبة في بعض جوانب الاستقصاء العملي، وقد أشير إليها بالرمز . كما تضمّن أفكارًا للطلبة الأكثر تفوّقًا وأشير إليها بالرمز .

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 الدليل

يحتوي دليل المعلم هذا على إرشادات عامة وتعليمات تساعدك في عمليّة تدريس محتوى هذا الكتاب.

توجد **أفكار للتدريس** لكل وحدة من وحدات «كتاب الطالب». وتحتوي كل مجموعة من أفكار التدريس على الميزات الآتية لتساعدك في كيفية تدريس الوحدة.

تستهلّ كل وحدة بفقرة **نظرة عامة**، تقدم مخططًا موجزًا للمحتوى والمهارات العمليّة والفرص، لتغطي أهداف التقويم التي يعرضها الموضوع. كما تتوافر روابط مع الموضوعات ذات الصلة في موضوعات أخرى من الوحدة.

يتبع النظرة العامة **مخطط التدريس**، والتي تلخص الموضوعات الواردة في الوحدة، بما في ذلك عدد الحصص، والمصادر في «كتاب الطالب» و «كتاب التجارب العملية والأنشطة» التي يمكن استخدامها لتدريس الوحدة.

توجد غالبًا **مفاهيم خاطئة وسوء فهم** مرتبطة بموضوعات تعلّمية معيّنة. وهي ترد مع اقتراحات لاستنباط أدلة عليها مع الطلبة واقتراحات لتفنيدها.

يحتوي الدليل أيضًا على مجموعة مختارة من **أنشطة تمهيدية، والأنشطة الرئيسية، وتلخيص الأفكار والتأمّل فيها**، لكل موضوع. يمكنك اختيار ما يناسبك منها ومواءمتها بما يناسب احتياجات الطلبة والواقع. تشمل الأنشطة اقتراحات حول كيفيّة تمايزها حسب مستويات التحصيل لدى الطلبة، واستخدامها في توفير فرص للتقويم والتفكير.

ترد فقرة **سؤال مفصلي** لمساعدتك على تقييم مدى استعداد الطلبة للانتقال إلى المرحلة التالية من التعلم، تم تصميم السؤال المفصلي لطرحه على الطلبة أثناء الحصة، لتقرر في ضوء إجابات الطلبة على هذا السؤال ما إذا كانوا قد فهموا المفهوم أو النظرية جيدًا أم يحتاجون إلى مزيد من الوقت قبل متابعة شرح الموضوع.

توجد أفكار **للتعليم المتمايز (تفريد التعليم)** في تدريس كل موضوع، مع أفكار وأنشطة «التوسّع والتحدي» لتوسّع فرص التعلم، وأنشطة «الدعم»، وأفكار وتعديلات للطلبة الذين يحتاجون إلى ممارسة إضافيّة أو مساعدة.

يوفر **التكامل مع المناهج** اقتراحات للربط بين مجالات مختلفة في المنهج.

تتوافر **إجابات** لأسئلة «كتاب الطالب» و «كتاب التجارب العمليّة والأنشطة» في نهاية كل وحدة من دليل المعلم هذا.

طرائق للتدريس والتعلم

في ما يلي موجز لطرائق التدريس الرئيسيّة التي تشكل جزءًا أساسيًا من كتاب الفيزياء، وتعريفها واستخدامها في دليل المعلم هذا، وسيتم لاحقًا شرح هذه الطرائق بتوسع. توفر أفكار الأنشطة الواردة في كتاب الطالب ودليل المعلم إمكانيّة الاستفادة من هذه الطرائق وتضمينها في مخطط الدرس.

التعلم النشط

التعلم النشط ممارسة تربويّة تركز على الطالب، حيث تشدّد على كيفيّة تعلمه وليس على ما يتعلمه فقط. يجب حثّ الطلبة على «التفكير» بدل تلقي المعلومات بشكل سلبي، وبالتالي فإن التعلم النشط يحفز الطلبة على تحمل مسؤوليّة تعلمهم، ويوفر الدعم لهم ليكونوا متعلمين مستقلين وواثقين بأنفسهم داخل المدرسة وخارجها.

التقويم من أجل التعلم

التقويم من أجل التعلم نهج تعلمي يوفر تغذية راجعة يمكن الاستفادة منها في تحسين تعلم الطلبة، ومن خلاله يصبح الطلبة أكثر اندماجًا في عمليّة التعلم وبالتالي يكتسبون الثقة فيما يتوقع منهم تعلمه وبأي معيار، وهو يفيد المعلم في تكوين صورة عن مستوى الطلبة في فهم مصطلح أو موضوع معيّن؛ الأمر الذي يساعده في تحديد الدعم الذي سيقدمه لهم.

التفكير ما وراء المعرفة (توسيع التفكير)

يصف التفكير ما وراء المعرفة أو توسيع التفكير ما يقوم به الطلبة من تخطيط ومراقبة وتغيير ذا صلة بأنماط سلوك تعلمهم، بما يساعدهم على التفكير في تعلمهم بشكل أكثر وضوحًا، والتأكد من قدرتهم على تحقيق هدف التعلم الذي حدّدوه بأنفسهم أو حدّده المعلم لهم.

التعليم المتمايز (تفريد التعليم)

يتطلع المعلم إلى توفير أقصى فائدة ممكنة للطلبة وتنظيم تعلمهم، بحيث يعيش كل منهم تجربة تعلم تحقق المشاركة والنجاح. يجب المزج بين ما ندرّسه وكيف ندرّسه، وبين ما يحتاج إليه الطالب وما هو قادر على تعلمه، ولا يكفي التأكد من حصول الطالب على التعلم المستهدف، بل التأكد أيضًا من تلقي كل طالب للدعم والاهتمام المناسبَين له بما يعطي معنى للتعلم.

مهارات للحياة

كيف نُعدّ الطلبة للنجاح في عالم سريع التغيّر، وللتعاون مع الآخرين من جميع أنحاء العالم، وفي استخدام مهارات تفكير متطورة للتعامل مع تحديات أكثر تعقيدًا؟ يساعد هذا الدليل المعلّمين على فهم كيفيّة دمج هذه الطرائق المرتبطة بالمهارات الحياتيّة وتطوير القدرات في طرائق تدريسهم، وترد هذه المهارات في الدليل في ستة مجالات متخصصة يمكن دمجها في عمليّة التعليم والتعلم، وبما يناسب كل مرحلة فيها.

الأمان والسلامة في مختبر الفيزياء

- العمل بأمان في مختبر الفيزياء جانب أساسي من جوانب التعلّم الذي يتميّز به العمل التجريبي.
- من واجب المعلم في المدرسة أن يوضح للطلبة ما هو متوقّع منهم عندما يعملون في المختبر.
- 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. وإذا 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	ارتدِ نظّارات واقية تحسّبًا لحدوث انقطاع في السلك، واحذر من سقوط أثقال 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 ١٫٥ V	لا توصل قطبَي الخلية أو البطارية أحدهما بالآخر بسلك كهربائي.

الجدول ١ احتياطات الأمان والسلامة في مختبر الفيزياء

استراتيجيات التدريس

تصف هذه المقدمة التمهيدية الموجزة بعض استراتيجيات التدريس المفيدة وطرائقها في تطوير الأنشطة، والتي عُرض العديد منها في دليل المعلم هذا، وهي ترتبط بالتقويم والعمل ضمن مجموعات، واستراتيجيات مثل الخرائط المفاهيمية والخرائط الذهنية وإعداد أسئلة الاختبار وأنشطة تشخيصية مثل «إشارات المرور».

التقويم

يستغرق التقويم في مواد العلوم الكثير من وقت المعلم، بما في ذلك تصحيح الواجبات، ويصعب معرفة الوقت الذي يستغرقه الطلبة في قراءة ما يكتبه المعلم على أوراق إجاباتهم من ملاحظات ذات صلة بالإجابات الخاطئة، على الرغم من أن الدلائل تشير إلى أنهم نادرًا ما يقرأونها ويكتفون بملاحظة الدرجة فقط. يتضمن «دليل المعلم» هذا طرائق مختلفة للتقويم يمكن أن توفر الوقت للمعلم وتكون أكثر فاعليّة من الطرائق المستخدمة حاليًا. قد يكون الطلبة مع بدء هذا الفصل الدراسي على دراية بطرائق التقويم المختلفة والعمل في مجموعات، فإن لم يكونوا كذلك فهذا هو الوقت المناسب في حياتهم الأكاديميّة للتّعرف على طرائق جديدة في التعلم لأنهم يتوقعون شيئًا مختلفًا.

تقييم الأقران

تقييم الأقران فاعل جدًا، ويمكن إجراؤه بطرائق مختلفة: على سبيل المثال ضمن مجموعات، على أساس تقييم الطالب لزميله، أو من خلال تقييم طلبة الصف ككل عندما تقدم المجموعة عرضًا تقديميًا.

يمكن إجراء التقويم نفسه وفقًا لسلم الدرجات المحدّد، أو باستخدام مقياس عام جدًا للمستوى المنخفض ← المرتفع. في حال سلم الدرجات يمكن للطلبة المشاركة باقتراح ما يمكن تضمينه، وتخصيص بعض الوقت لتفسير محتوى السلم. ربّما لا يتوفر وقت كاف في بعض الأحيان لوضع معايير للدرجات، لذا يمكن الطلب إلى الطلبة تقييم جزء من العمل وتحديد نقاط قوته واقتراح تحسينات عليه، فعلى سبيل المثال قد يُطلب إليهم تكوين خريطة ذهنيّة ترتبط بالمفاهيم التي تم تعلمها في الوحدة وتصفها، ويمكن تقسيم الطلبة إلى مجموعتَين تحدّد المجموعة الأولى نقاط القوة في الخريطة الذهنيّة وتقترح الأخرى التحسينات، ويمكن أيضًا استخدام أوراق الملاحظات اللاصقة لكتابة عبارات/ اقتراحات موجزة يمكن أن تلصق على الخريطة الذهنيّة من دون الإضرار بها.

التقويم الذاتي

يمكن أن يعتمد التقويم الذاتي على أنموذج الإجابة وتوزيع الدرجات، ويكون أكثر فائدة للطالب من إرشاد المعلم أو درجة يدوّنها على الورقة. عندما يضع الطالب درجة على إجابته، فإنه يقيّم مدى تقدمه منذ آخر مرة أجرى فيها تقييمًا، كما يمكنه التعرّف على مدى فهمه للموضوع، وبالطبع يمكن للمعلم التحقق من أن الطالب كان صادقًا مع نفسه ومع المعلم.

التقويم النهائي أو الختامي

التقويم النهائيّ الوارد في نهاية الوحدة يمكن أن يشرك الطلبة أيضًا في عملية التقويم، فعلى سبيل المثال يمكن توزيع أوراق الاختبار بعد تسليمها ليصحح كل طالب ورقة طالب آخر، كما يمكن توزيع أنموذج الإجابة أو عرضه على شاشة بحيث يعمد

جميع الطلبة إلى تصحيح السؤال. الطريقة الأخيرة جيدة، لأنها تمكّن المعلم من معرفة ما إذا كانت بعض الإجابات مقبولة أم لا، ويمكن أن يصحح الطلبة الأوراق من دون كشف أسمائهم بما يسمح بذكر الملاحظات.

العمل ضمن مجموعات (العمل الجماعي)

يمكن أن يكون للعمل ضمن مجموعات قيمة كبيرة في مناقشة الموضوعات المختلفة، إذ في مجموعات الطلبة ذوي القدرات المتفاوته، تمكّن الطلبة ذوي التحصيل الدراسي المرتفع من توضيح ما يفهمونه للطلبة ذوي التحصيل الدراسي المنخفض. من أهم جوانب العمل ضمن مجموعات تشجيع الطلبة على شرح ما يفهمونه، وتعلم الأسباب الكامنة وراء فهمهم، إضافة إلى قدرتهم على إدراك متى لا يفهمون.

التعاون في الاستقصاء العملي ضروري لبعض التجارب. توجد عدة فرص عمليّة في «دليل المعلم»، والكثير منها يمكن تحسينها عند تجربتها إذا سبقها مناقشة لما يجب عمله، أو الترتيب الذي يجب القيام به، ومن سيقوم بذلك.

العمل ضمن مجموعات يساعد الطلبة على التفكير في النشاط الذي يقومون بتنفيذه، وللفِرق المكوّنة من طالبَين (ثنائيات) حرّية اختبار أحدهما الآخر، أو التعاون عن طريق تدوين نقاط الموضوع/ الموضوعات الرئيسيّة، وتقييم مدى تقدمهم. من الطبيعي أن تكون بعض المجموعات أكثر ثقة وتعاونًا من مجموعات أخرى، الأمر الذي يولّد قناعة لدى بعض الطلبة بأنهم نفذوا العمل أفضل ممّا كانوا يعتقدون، وذلك من خلال سرد نقاط القوة.

مهمات القدرات المتفاوتة

يمكن تنفيذ المهمات التي تراعي تفريد التعلم من خلال العمل في مجموعات. تعمل هذه الاستراتيجيّة بشكل عام على النحو الآتي:

- يقسّم الصف إلى مجموعات بقدرات متفاوتة من 3 إلى 4 حسب حجم الصف.
- يُخصص لكل طالب في المجموعة رقم من 1 إلى 4 (أو 3) اعتمادًا على قدراته.

  1 (ذوي التحصيل الدراسي المنخفض) ⟵ 4 (ذوي التحصيل الدراسي المرتفع).

- يتم تكوين مجموعة من الطلبة ذوي التحصيل الدراسي المنخفض الذين يحملون الرقم 1، وتخصص لها 3 إلى 4 مهمات بسيطة، ويكرر الأمر نفسه مع الطلبة الذين يحملون الرقم 2، ليكلفوا بمهمات أكثر صعوبة، وهكذا مع المجموعتَين 3 و 4.
- يُعاد تجميع المجموعات الأصليّة في نهاية الوقت المخصص، ثم يتشارك الطلبة في كل مجموعة وفي كل المستويات الإجابات عن الأسئلة، وإذا لزم الأمر يتم تشجيع الطلبة على شرح الإجابات شفهيًا لزملائهم في المجموعة.

قد يجد المعلم صعوبة في إعداد هذا النشاط، وقد يتمثل البديل بالطلب إلى الطلبة تدوين ملاحظاتهم عن ٣–٤ أسئلة أو مراجعتها مع زملائهم، وقد يجد بعض الطلبة صعوبة أيضًا في تدوين الملاحظات، وقد يجدون الأمر مملًا. يمكن تخفيف العبء، لكن مع محاولة منح الطلبة ميزة تعلمهم بأنفسهم.

أنشطة تشخيصية

اختبار الإجابات السريعة

تحتوي هذه الأسئلة على جملة واحدة تتطلب إجابة قصيرة.

على سبيل المثال، قد يحتاج المعلم إلى تكوين فكرة عن مدى إنجاز الطلبة «واجب القراءة المنزلي»، وهي مهمة قد تكون أساسية لفهم الموضوع التالي. للأسف، يرى الطلبة غالبًا أن واجب القراءة المنزلي غير ضروري، لأنه لا يمكن التحقق منه. يمكن الاستفادة هنا من اختبار الإجابات السريعة للتحقق ما إذا كانوا قد نفذوا الواجب فعلًا أم لا. إنه ليس اختبار «إتقان»، لكنه يتمثل بأسئلة قصيرة ذات صلة مباشرة بالقراءة.

يمكن استخدام اختبار الإجابات السريعة في أي وقت من الموضوع، لكن بداية الموضوع ونهايته هما الوقتان المناسبان.

استخدام السبورة البيضاء

يمكن شراء سبورة بيضاء، إلّا أن ورقة بيضاء مغلفة حراريًا قد تفيد أيضًا. قد تستخدم هذه السبورة لاختبارات الإجابة السريعة في بداية الموضوع أو نهايته. وقد تعتمد الاختبار «كبوابة خروج» حيث تسمح الإجابة الصحيحة للطالب بمغادرة الحصة مبكرًا عن غيره. يتمثل السبب الرئيسي في استخدام هذه السبورة أنه يمكن للطالب كتابة إجابته عليها وتقديمها للمعلم، وتبقى إجابته مخفية عن الآخرين. ويمكن عند الانتهاء من النشاط، مسح سبورة الطلبة بسهولة باستخدام قطعة قماش جافة، وإعادة استخدامها.

إشارات المرور

إشارات المرور طريقة يمكن بها للمعلم تقييم مدى فاعليّة تدريسه وتزويده بفكرة عما يجب عليه تعزيزه أو مراجعته أو إعادة النظر فيه مستقبلًا. في هذه الطريقة، يعطى الطلبة مجموعة من الأسئلة ذات صلة بموضوع يمكن كتابته على ورقة أو عرضه أمامهم. ويعطى كل طالب سبورة بيضاء أو ثلاث قطع ورقية عليها بقعة حمراء أو صفراء أو خضراء. يقرأ المعلم الأسئلة أو العبارات، ويجيب الطلبة برفع الورقة ذات البقعة الخضراء دلالة على الفهم التام، أو الصفراء دلالة على الفهم الناقص، أو الحمراء دلالة على عدم الفهم. يمكن للمعلم تصنيف الأسئلة أو العبارات التي أعطيت البقعة الخضراء باعتبارها مفهومة جيدًا من الصف. وإذا وُجدت أوراق ذات بقع صفراء أو حمراء كثيرة، فهذا يعني حاجة المفهوم أو الموضوع إلى التوضيح لاحقًا.

طريقة الإكمال (CLOZE)

تتمثل طريقة الإكمال بفقرة ينقصها كلمات ذات صلة بالموضوع، يمكن تطبيقها في غرفة الصف بعدة أشكال. ويمكن للطلبة مثلًا العثور على الكلمات الناقصة من خلال البحث، أو الاختيار من قائمة كلمات تعرض في أعلى الفقرة لا يكون لبعضها صلة بالموضوع، أو الاختيار من بدائل تكتب داخل الفراغات في الفقرة. طريقة الإكمال من الطرائق الجيدة جدًا لبدء تدريس الموضوع أو لمعرفة مستوى معرفة الطلبة عنه. وتشمل طريقة الإكمال تمرينات فهم أو تذكر.

الخريطة المفاهيمية

يفيد هذا النشاط في تنشيط فهم الطلبة للمفاهيم والمفردات عن طريق تكوين روابط ذات معنى بين المفاهيم باستخدام كلمات/ عبارات بسيطة، وهي تعطي المعلم فكرة عن مدى جودة فهم الطلبة لمجموعة من المفاهيم.

- تُعطى كل مجموعة من الطلبة ورقة A4 ومستطيلات صغيرة مكتوب عليها الكلمات المستخدمة في الموضوع / الموضوعات (لعمل مستطيلات صغيرة يمكن للطلبة طي ورقة A4 مرة واحدة طوليًا ثم مرتَين أو ثلاث مرات عرضيًا، وقص المستطيلات الناتجة).
- يُعطى الطلبة أيضًا مقصّات وأقلام تعليم وبعض الصمغ.
- يمكن عرض الكلمات المطلوبة على الشاشة أو يقترح طلبة الصف الكلمات في مناقشة قبل النشاط.
- يمكن للطلبة –إن رغبوا– إضافة المزيد من الكلمات، لكن لا يفترض بالمعلم كتابتها.
- تكون الكلمات مرتبة على ورقة كبيرة، ويربط الطلبة بينها بعبارات أو كلمات.

الخرائط الذهنية

تختلف الخريطة الذهنيّة عن المخطط العنكبوتي. فكلاهما مثال على التفكير الإشعاعي، لكن المخطط العنكبوتي أكثر فائدة عند إجراء جلسة عصف ذهني للتأكّد من مستوى معرفة الطلبة بالمصطلحات وفهمهم لها.

شاعت الخريطة الذهنيّة على يد طوني بوزان (Tony Buzan)، وكانت جزءًا من الممارسة التعليميّة المقبولة لبضع سنوات، وقد ثبت أنها تساعد الطلبة على تنظيم معرفتهم وفهمهم في تركيب بصري يكوّنه الطالب، بما يكسبه ميزة تعلّمه بنفسه، والشيء الجيد في الخرائط المفاهيميّة والخرائط الذهنيّة عدم وجود إجابة صحيحة أو إجابة خاطئة أو طريقة مثاليّة أو غير كاملة في إعدادها. يمثل تجميع المعلومات في أشكال كبيرة طريقة جيدة لمعالجة تلك المعلومات. لا توجد قيود عند رسم خريطة ذهنيّة أو توضيحها، وبالتالي فهي تحفز الإبداع. وهي توفر أيضًا وقتًا مناسبًا للحديث أو لتدوين الملاحظات، وتمثل طريقة ممتازة للتخطيط للمهمات ولتحضيرها.

يجب التأكيد هنا على أنه من الأفضل إعداد الخرائط المفاهيميّة والخرائط الذهنيّة بالتعاون بين الطلبة. ستحتاج إلى مجموعات من ثلاثة طلبة على الأقل في كل منها لتكوين هذه الخرائط لتحقيق أقصى استفادة من التمرين.

كتابة أسئلة الاختبار

كتابة أسئلة الاختبار وإعداد أنموذج الإجابة وتوزيع الدرجات تُعتبر طريقة أخرى يعبّر فيها الطلبة عن معرفتهم وفهمهم للمفاهيم والأفكار ذات الصلة بالموضوع، ويمكن أن يكون ذلك نشاطًا ممتعًا. يخضع الطلبة للامتحانات في هذا المستوى، ويدركون ما يستلزمه سؤال الاختبار.

الأهداف التعليمية

الأهداف التعليمية	
الوحدة الخامسة: كمّية التحرك	
٥–١ التصادمات وكمية التحرك	
٥–١	يعرّف كمّية التحرك الخطية كحاصل ضرب الكتلة في السرعة المتجهة، ويستخدمها.
٥–٢	يذكر مبدأ حفظ كمّية التحرك الخطية.
٥–٤	يطبّق مبدأ حفظ كمّية التحرك الخطية لحل بعض المسائل، بما في ذلك التصادمات المرنة وغير المرنة والانفجارات والتباعدات بين الأجسام في بعدٍ واحدٍ وبعدَين.
٥–٢ حفظ الطاقة و ٥–٣ فهم التصادمات و ٥–٤ الانفجارات والارتطام بالأرض	
٥–٣	يطبّق مبدأ حفظ الطاقة.
٥–٤	يطبّق مبدأ حفظ كمّية 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.
٥–٥ التصادم في بُعدَين	
٥–٤	يطبّق مبدأ حفظ كمّية التحرك الخطية لحل بعض المسائل، بما في ذلك التصادمات المرنة وغير المرنة والانفجارات والتباعدات بين الأجسام في بعدٍ واحدٍ وبعدَين.
٥–٦ كميّة التحرك وقوانين نيوتن	
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.

الأهداف التعليمية

الوحدة السادسة: الحركة الدائرية

٦-١ وصف الحركة الدائرية، ٦-٢ الزوايا بالراديان، ٦-٣ السرعة الثابتة والسرعة المتجهة المتغيرة، ٦-٤ السرعة المتجهة الزاوية

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: $\omega = \frac{2\pi}{T}$ و $v = \omega r$.

٦-٥ القوة المركزية و ٦-٦ حساب التسارع المركزي والقوة المركزية

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: $a = r\omega^2$ و $a = \frac{v^2}{r}$.
٦-٧	يذكر أن القوة المركزية تؤثر على الجسم باتجاه مركز الدائرة عندما يتحرك الجسم في مسار دائري بسرعة ثابتة، ويتذكر المعادلتَين الآتيتَين ويستخدمهما: $F = mr\omega^2$ و $F = \frac{mv^2}{r}$.

٦-٧ مصدر القوة المركزية

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

الوحدة السابعة: الاهتزازات

٧-١ الاهتزازات الحرة والقسرية، ٧-٢ ملاحظة الاهتزازات، ٧-٣ وصف الاهتزازات

٧-١	يعرّف مصطلحات الإزاحة والسعة والزمن الدوري والتردّد والتردّد الزاوي وفرق الطور للحركة الاهتزازية، ويستخدمها.
٧-٣	يستخدم المعادلتَين الآتيتَين للزمن الدوري في الحركة الاهتزازية: $T = \frac{1}{f}$ و $T = \frac{2\pi}{\omega}$.

٧-٤ الحركة التوافقية البسيطة و ٧-٥ تمثيل الحركة التوافقية البسيطة بيانيًا

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.

الأهداف التعليمية

٧–٦ التردد والتردد الزاوي، ٧–٧ معادلات الحركة التوافقية البسيطة، ٧–٨ تغيّرات الطاقة في الحركة التوافقية البسيطة

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 $T = \frac{2\pi}{\omega}$.
٧–٦	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.

٧–٩ الاهتزازات المخمدة و ٧–١٠ الرنين

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.

الوحدة الثامنة: الغازات المثالية

٨–١ كمية المادة

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 أنّ المول الواحد من أي مادة هو الكميّة التي تحتوي على عدد من جسيمات تلك المادة يساوي عدد أڤوجادرو (N_A).

٨–٢ الضغط والنموذج الحركي

٨–٣	يصف الضغط على المستويَين المجهري والجهري ويشرحهما.

الأهداف التعليمية

٨–٣ تفسير الضغط	
٨–٣	يصف الضغط على المستويَين المجهري والجهري ويشرحهما.
٨–٤ متغيرات النظرية الحركية و ٨–٥ قانون بويل	
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.
٨–٦ تغيّر درجة الحرارة	
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 بـ: $p \propto T$ و $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$ ويستخدمه.
٨–٧ الغازات الحقيقية والمثالية	
٨–٩	يعرّف الغاز المثالي لكتلة ثابتة من الغاز على أنه غاز يخضع للعلاقة: $\frac{pV}{T}$ = مقدار ثابت.
٨–٨ معادلة الغاز المثالي	
٨–١٠	يستخدم معادلة الغاز المثالي معبّرًا عنها بالصيغة: $pV = nRT$، والصيغة: $pV = NkT$.
٨–٩ نمذجة الغازات: النموذج الحركي	
٨–١١	يذكر الافتراضات الأساسية للنظرية الحركية للغازات.
٨–١٠ استنتاج الضغط	
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.
٨–١١ درجة الحرارة وطاقة حركة 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: $\frac{3}{2}kT$.

الوحدة الخامسة

كمّية التحرك

نظرة عامة

- يدرس الطلبة في هذه الوحدة مبدأ حفظ كمّية التحرك، وتطبيق المبدأ على مجموعة من التصادمات المرنة وغير المرنة، بما في ذلك السرعة النسبية بين جسمَين في التصادم.
- ثمّة فرص لتغطية جميع أهداف التقويم الثلاثة: AO1 (المعرفة والفهم)، AO2 (معالجة المعلومات وتطبيقها وتقييمها) و AO3 (المهارات والاستقصاءات التجريبية).

مخطط التدريس

أهداف الموضوع	الموضوع	عدد الحصص	المصادر في كتاب الطالب	المصادر في كتاب التجارب العملية والأنشطة
٥–١، ٥–٢، ٥–٤	٥–١ التصادمات وكمية التحرك	٢	الأسئلة من ١ إلى ٣	نشاط ٥–١ حساب كمية التحرك الخطية نشاط ٥–٢ تغيّرات كميّة التحرك، السؤالان: ١ و ٢
٥–٣، ٥–٤، ٥–٥، ٥–٦	٥–٢ حفظ الطاقة ٥–٣ فهم التصادمات ٥–٤ الانفجارات والارتطام بالأرض	٨	الأسئلة من ٤ إلى ٩	نشاط ٥–٢ تغيّرات كميّة التحرك، السؤالان: ٣ و ٤ نشاط ٥–٣ حساب حفظ كميّة التحرك الاستقصاء العملي ٥–١: كميّة التحرك لبندول ما
٥–٤	٥–٥ التصادم في بُعدَين	٣	الأسئلة من ١٠ إلى ١٣	
٥–٦، ٥–٧	٥–٦ كميّة التحرك وقوانين نيوتن	٣	الأسئلة من ١٤ إلى ١٧	نشاط ٥–٤ القوة وكميّة التحرك نشاط ٥–٥ كميّة التحرك وقوانين نيوتن للحركة

الموضوع ٥-١: التصادمات وكمية التحرك

الأهداف التعليمية

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

٥-٢ يذكر مبدأ حفظ كمّية التحرك الخطية.

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

نظرة عامة على الموضوع

- يعرّف الطلبة كمّية التحرك الخطية على أنها حاصل ضرب الكتلة في السرعة المتجهة ويستخدمونها.
- يستخدم الطلبة مبدأ حفظ كمّية التحرك في التصادمات في بُعد واحد.
- يطبق الطلبة مبدأ حفظ كمية التحرك لحل المسائل.

عدد الحصص المقترحة للتدريس

يخصص لتنفيذ هذا الموضوع حصتان دراسيتان (ساعة و ٢٠ دقيقة).

المصادر المرتبطة بالموضوع

المصدر	الموضوع	الوصف
كتاب الطالب	٥-١ التصادمات وكمية التحرك	• الأسئلة من ١ إلى ٣. • المثال ١.
كتاب التجارب العملية والأنشطة	نشاط ٥-١ حساب كمية التحرك الخطية نشاط ٥-٢ تغيّرات كميّة التحرك	• أسئلة حول كميّة التحرك وحفظها في بعد واحد. • السؤالان ١ و ٢ من أسئلة النشاط ٥-٢.

المفاهيم الخاطئة وسوء الفهم

- يخلط العديد من الطلبة بين كمّية التحرك والطاقة؛ لذا فإن مشاركة الطلبة في المناقشة أو تشجيعهم على طرح أسئلة تسلط الضوء على سوء الفهم المحتمل، وسيسمح لك ذلك بتصحيح المفهوم الخاطئ.
- يصف الطلبة في بعض الأحيان القوة بأنها قوة حركية، وهذا الوصف غير صحيح.
- يخلط بعض الطلبة بين تعريف كمّية التحرك وتعريف مبدأ حفظ كمّية التحرك.

أنشطة تمهيدية

في بداية هذه الوحدة ناقش مع الطلبة بند (العلوم ضمن سياقها) وستجد ميزات مقترحة في إجابات كتاب الطالب وربما يكون مفهوم كمّية التحرك قد مرّ على الطلبة من قبل، ولكن يجب أن يكون الفرق بين كمّية التحرك والطاقة واضحًا لهم.

فكرة أ (١٠-١٥ دقيقة)

- ارمِ كرة خفيفة وكرة ثقيلة واطلب إلى أحد الطلبة التقاطهما، وعليه أن يدرك أن كلًا من كتلة الكرة وسرعتها تؤثران على

القوة التي يشعر بها، كما يمكن لاثنين من الطلبة أن يقف كل منهما على لوح تزلج ويدفع أحدهما الآخر، أو يمكنك استخدام التصادمات بين الأجسام على سطح قليل الاحتكاك أو سطح مشابه له (مثل سطح منحدر) وذلك لتوضيح أهمية الكتلة والسرعة المتجهة. اعرض مقطع فيديو إذا كان متوفرًا عن التصادمات أو عن ارتداد مدفع. ابحث في الشبكة العالمية للمعلومات والاتصالات الدولية (الإنترنت) عن مقطع فيديو حول استخدام 'collisions and conservation laws' أو 'gun recoil'. إن هذه المقاطع يمكن أن تثير اهتمام الطلبة بشكل كبير.

- يمكن للطلبة التدرب على استخدام معادلة كمّية التحرك باستخدام أمثلة؛ كمقارنة كمّية تحرك كل من رصاصة، ورجل يمشي، وسيارة.

› **فكرة للتقويم:** اطلب إلى الطلبة أن يحسبوا سرعة شخص له كمّية تحرك مساوية لكمّية تحرك سيارة، سيحتاج الطلبة إلى تقدير كتلة السيارة بـ (1000 kg) وكتلة الشخص بـ (60 kg)، وستكون قادرًا على معرفة ما إذا كان بإمكانهم إجراء تقدير واقعي أم لا. هل يمكنهم استخدام معادلة كمّية التحرك؟

الأنشطة الرئيسية

١ عروض توضيحية للتحقّق من مبدأ حفظ كمّية التحرك الخطية (٣٠ دقيقة إلى ساعة)

- بإمكانك عرض أنواع مختلفة من التصادمات باستخدام الأدوات المناسبة. يُعدّ المسار الهوائي (Air track) والعربة المُعدّة للحركة عليه مناسبًا لهذا الغرض، ولكن إذا لم يكن المسار الهوائي متوفرًا، فبإمكانك استخدام العربات (أو حتى سيارات اللعب) التي تتحرك على سطح طاولة مستوية قليلة الاحتكاك لتحقيق الغرض نفسه. يفضل الاستعانة بالعروض التوضيحية التي تكون فيها كتلة عربة أكبر من كتلة العربة الأخرى. يجب أن يعرض المعلم:
  - تصادم عربتَين عندما تكون إحداهما ساكنة في البداية.
  - تصادم عربتَين عندما تكون لكل منهما سرعة متجهة ابتدائية (مرة في الاتجاه نفسه ومرة أخرى في اتجاهَين متعاكسَين).
  - تصادم عربتَين وتلاصق إحداهما بالأخرى.
  - عربتان «تتدافعان» تبتعد إحداهما عن الأخرى. يمكن تحقيق ذلك عن طريق تثبيت زنبرك في كل عربة وضغطه في كل منهما قبل تحرير العربتَين.
- إذا كانت قياسات السرعة المتجهة غير ممكنة فيمكن الاستدلال على السرعات المتجهة من خلال الملاحظة؛ على سبيل المثال عندما تتدافع عربتان فتتباعدان فإن السرعة المتجهة للعربة ذات الكتلة الأكبر تكون أصغر، وتكون السرعتان المتجهتان في اتجاهَين متعاكسَين، لذلك يكون لإحداهما كمّية تحرك موجبة ويكون للأخرى كمّية تحرك سالبة؛ وهذا يعني أن المجموع الكلّي لكمّية التحرك يساوي صفرًا، وهو ما كانت عليه كمّية التحرك الكلية قبل تحرير العربتَين.
- كنشاط بديل أو إضافي يمكن للطلبة أخذ القيم عن طريق المحاكاة بالبحث في الشبكة العالمية للمعلومات والاتصالات الدولية (الإنترنت) عن 'simulation collision–lab'. كما يمكنك عرض مقطع فيديو من الإنترنت باستخدام 'momentum lab'، أو بالبحث في مجموعة من مواقع المحاكاة على سبيل المثال موقع (Physics aviary) أو موقع (PHET) للوصول إلى قانون حفظ كمّية التحرك.
- ذكّر الطلبة بما درسوه في الوحدة الأولى حول قيمة عدم اليقين، والنسبة المئوية لعدم اليقين، وضرورة توافق عدد الأرقام المعنوية في الحلول النهائية مع البيانات الأولية.

› **فكرة للتقويم:** يجب على الطلبة إثبات أنهم قادرون على تطبيق مبدأ حفظ كمّية التحرك، لذلك يجب أن يكتبوا ما يحدث للسرعة المتجهة وكمّية التحرك في كل تصادم يشاهدونه، كما يمكنهم أن يتبادلوا عرض إجاباتهم. يمكنك التحقّق من أنهم قد فهموا أن كمّية التحرك تكون محفوظة دائمًا في التصادم الذي لا تؤثر عليه قوة محصلة خارجية.

يجب على الطلبة حلّ الأسئلة ١–٣ من كتاب الطالب أيضًا.

٢ أنشطة كتاب التجارب العملية والأنشطة (٣٠ دقيقة)

- يجب على الطلبة حلّ النشاطَين ٥–١ و ٥–٢ (السؤالان ١ و ٢) من كتاب التجارب العملية والأنشطة، الأمر الذي يوفر لهم فرصة التدرب على حساب كمّية التحرك وكذلك تطبيق مبدأ حفظ كمّية التحرك.

› **فكرة للتقويم:** يمكن للطلبة تقييم عملهم بأنفسهم، أو يمكن أن يجمع المعلم الأعمال لتصحيحها.

التعليم المتمايز (تفريد التعليم)

التوسّع والتحدّي

يمكن للطلبة ذوي التحصيل الدراسي المرتفع أن يطبقوا مبدأ حفظ كمّية التحرك على المزيد من التصادمات كالتصادمات في بُعدَين، كما يمكنهم إثبات أنه عندما يتصادم جسم متحرك بجسم ساكن مساوٍ له في الكتلة تصادمًا مرنًا فإن الجسمَين يتباعدان بزاوية 90°.

الدعم

سيواجه بعض الطلبة صعوبات في تذكّر أن اتجاهات السرعة المتجهة وكمية التحرك في خط واحد يعبّر عنها رياضيًا باستخدام الإشارات السالبة والموجبة. اعمل على تشجيع الطلبة على اعتبار اتجاه أي سرعة متجهة أو كمّية تحرك إلى اليمين موجبًا، واتجاه أي سرعة متجهة أو كمّية تحرك إلى اليسار سالبًا.

تلخيص الأفكار والتأمّل فيها

- أعط الطلبة مجموعة من العبارات حول التصادمات المختلفة والتي يجب عليهم تصنيفها على أنها صحيحة أو خاطئة، ثم اطلب إليهم شرح سبب اعتقادهم أن هذه العبارة أو تلك خاطئة، وتحديد الصعوبات التي تواجههم في تصنيفها بهذا الشكل.

الموضوعات ٥-٢: حفظ الطاقة، ٥-٣: فهم التصادمات ، ٥-٤: الانفجارات والارتطام بالأرض

الأهداف التعليمية

٥–٣ يطبّق مبدأ حفظ الطاقة.

٥–٤ يطبّق مبدأ حفظ كمّية 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.

نظرة عامة على الموضوعات

- يطبق الطلبة مبدأ حفظ الطاقة.
- يطبق الطلبة مبدأ حفظ كمّية التحرك على التصادمات، بما فيها التصادمات المرنة وغير المرنة والانفجارات والانفصال بين الأجسام في بُعد واحد.
- يستخدم الطلبة حقيقة أنه في حالة التصادم المرن كليًا، فإن السرعة النسبية للتقارب بين جسمَين تكون مساوية للسرعة النسبية لتباعدهما.

عدد الحصص المقترحة للتدريس

يخصص لتنفيذ هذه الموضوعات: الموضوع الأول حصتان دراسيتان (ساعة و٢٠ دقيقة) والموضوعَين الثاني والثالث ٦ حصص دراسية (٤ ساعات) من ضمنها الاستقصاء العملي ٥-١.

المصادر المرتبطة بالموضوع

المصدر	الموضوع	الوصف
كتاب الطالب	٥-٢ حفظ الطاقة ٥-٣ فهم التصادمات ٥-٤ الانفجارات والارتطام بالأرض	• الأسئلة من ٤ إلى ٩ • المثال ٢
كتاب التجارب العملية والأنشطة	نشاط ٥-٢ تغيرات كمية التحرك نشاط ٥-٣ حساب حفظ كميّة التحرك الاستقصاء العملي ٥-١: كميّة التحرك لبندول ما	• السؤالان ٣ و ٤ من أسئلة النشاط ٥-٢. • أسئلة النشاط ٥-٣ لتقييم معرفة وفهم حفظ كميّة التحرك. • تصميم عملي لممارسة مهارات التمثيل البياني وتطبيق مبدأ حفظ كميّة التحرك لإيجاد سرعة الكرة الزجاجية.

أنشطة تمهيدية

نقترح عليك فكرتَين كتمهيد لهذه الموضوعات؛ وسيعتمد اختيارك على الموارد المتوفرة، وعلى الزمن المتاح، وعلى كيفية تقدم الطلبة في هذه الموضوعات.

فكرة أ (٥ دقائق)

- أسقط قطعة من الطين اللدن وكرة مطاطية على المنضدة لعرض تصادم غير مرن وكيف يختلف من حيث كيفية فقدان طاقة الحركة. تفقد كل طاقة الحركة في حالة تصادم الطين اللدن ويفقد القليل جدًا من طاقة الحركة في حالة تصادم الكرة المطاطية. اسأل الطلبة: لماذا يوجد مثل هذا الاختلاف؟ وكيف يمكننا تطبيق مبدأ حفظ الطاقة ومبدأ حفظ كمّية التحرك على كل منهما؟ انتبه إلى أن طرح هذه الأسئلة يكون فقط إذا كان الطلبة قد تمكّنوا من فهم مصطلح كمّية التحرك فعلًا.

› **أفكار للتقويم:** يجب على الطلبة ملاحظة ما يحدث للسرعة المتجهة وطاقة الحركة في كل حالة، وعليهم أن يناقشوا التغيّر في كمّية التحرك، لتتأكد ممّا إذا كانوا يفهمون الفرق بين طاقة الحركة وكمّية التحرك.

فكرة ب (١٠ دقائق)

- اعرض صورة تصادم كالصورة ٥-١ الواردة في كتاب الطالب على سبيل المثال، أو تصادمًا غير مرن لكرات أو عربات أو بندول نيوتن (Newton's Cradle). ناقش كيفية حساب كمّية التحرك وناقش أيضًا كيف تنتقل كمّية التحرك في أثناء التصادمات.

› **فكرة للتقويم:** يمكن للطلبة العمل ضمن مجموعات واستخدام كلمات مفتاحية لوصف التصادم، مثل: القوة، وكمّية التحرك، وحفظ كمّية التحرك وطاقة الحركة.

الأنشطة الرئيسية

١ حفظ الطاقة (٣٠ دقيقة)

- لخّص مع طلبة الصف فكرة حفظ الطاقة وذكّرهم بشكل سريع بما درسوه حول طاقتَي وضع الجاذبية وطاقة الحركة وكذلك الشغل. يجب أن يكون الطلبة على دراية بهذا الموضوع ممّا تعلّموه في صفوف سابقة. اعرض محاكاة لطاقة الحركة وطاقة وضع الجاذبية والطاقة الكلّية، على سبيل المثال لقطار الملاهي (الأفعوانية). ابحث في الشبكة العالمية للمعلومات والاتصالات الدولية (الإنترنت) عن 'simulation energy in a skate park' أو 'simulation energy of a roller coaster'. اعرض محاكاة بسيطة أو أكثر تعقيدًا بوجود احتكاك أو بدونه. اطلب إلى الطلبة عمل تمثيلات بيانية لكيفية اختلاف كل من طاقة الحركة وطاقة وضع الجاذبية والطاقة الحرارية (الناتجة عن الاحتكاك) والطاقة الكلّية باختلاف الموقع أو الزمن.

› **فكرة للتقويم:** يمكن للطلبة العمل ضمن مجموعات لمراجعة التمثيلات البيانية فيما بينهم. كما يمكنهم عرض التمثيلات البيانية الخاصة بهم أمام زملائهم في الصف وتفسيرها. عندما يبدأون بشرح أعمالهم يمكنك التأكد ممّا اكتسبوه حول تحوّل الطاقة وحفظ الطاقة والشغل؛ وتقديرًا لعملهم يمكنك تقديم مكافأة للمجموعة التي تعطي أفضل إجابة باستخدام المصطلحات العلمية الصحيحة.

يجب على الطلبة حلّ السؤال ٤ من كتاب الطالب أيضًا.

٢ التصادم المرن والتصادم غير المرن في مختبر التصادم الافتراضي (٣٠ دقيقة)

- يحتاج الطلبة إلى أن يتأكدوا من فهمهم لما يعنيه التصادم المرن والتصادم غير المرن. يجب أن يؤكد المعلم على أن الاختلاف يكون في ما إذا كانت طاقة الحركة محفوظة أم لا حيث أنها تكون محفوظة في التصادم المرن، وغير محفوظة في التصادم غير المرن. ابحث في الشبكة العالمية للمعلومات والاتصالات الدولية (الإنترنت) عن 'PhET collision lab'، واستخدمه لعرض بعض التصادمات المرنة وغير المرنة في بُعد واحد أمام الطلبة (يمكن التحكم بدرجة المرونة في برنامج المحاكاة). يجب على الطلبة كتابة قيم السرعة المتجهة والكتلة في هذه التصادمات واستخدامها لإثبات أن التصادم مرن أو غير مرن. ويمكن إنجاز العمل على ورق أو سبورات بيضاء فردية.

› **فكرة للتقويم:** يجب على المعلم التحقّق من أن الطلبة يمكنهم إكمال العمليات الحسابية بشكل صحيح. وإذا كان لدى الطلبة إجابات مختلفة فيمكنهم التحقّق من أعمالهم فيما بينهم لتحديد الأخطاء وتصحيحها.

سؤال مفصلي: ما الكميات التي تكون محفوظة في حالة التصادم غير المرن بين جسمَين في نظام مغلق؟

	الطاقة الكلية	طاقة الحركة الكلية	كمّية التحرك
أ	✔	✘	✔
ب	✘	✔	✔
ج	✔	✘	✘
د	✘	✔	✘

البديل (أ) هو الصحيح. ويسيء الطلبة في البديلَين (ج) و (د) فهم التصادم غير المرن باعتباره تصادمًا لا يخضع لمبدأ حفظ كمّية التحرك. كل التصادمات تخضع دائمًا لمبدأ حفظ كمّية التحرك في النظام المغلق. أما في البديلَين (ب) و (د) فيسيء الطلبة فهم أن طاقة الحركة غير محفوظة في التصادم غير المرن.

٣ حسابات التصادم في بُعد واحد (ساعة واحدة)

- يجب على الطلبة حلّ سلسلة من الأسئلة لإظهار فهمهم لمبدأ حفظ كمّية التحرك. اعرض مثالًا في البداية كالمثال ٢ الوارد في كتاب الطالب وأكّد على الطلبة اتباع الخطوات نفسها في إجاباتهم، ثم اطلب إليهم حل الأسئلة من ٥ إلى ٩ من كتاب الطالب ونشاط ٥-٣ من كتاب التجارب العملية والأنشطة.
- يجب على الطلبة المقارنة في جدول بين أنواع التصادمات، كما يجب عليهم تحديد ما إذا كانت كمّية التحرك والطاقة الكلّية وطاقة الحركة محفوظة في كل حالة.
- على الطلبة أيضًا حساب السرعة النسبية للتقارب والسرعة النسبية للتباعد في حالة التصادم المرن وإثبات أنهما متساويتان.

› **فكرة للتقويم:** يمكنك تحديد ما إذا كان الطلبة قد فهموا كيفية حساب كمّية التحرك من خلال إجاباتهم.

٤ الاستقصاء العملي ٥-١: كمّية التحرك لبندول ما (ساعة - ساعتان)

المدّة

سيستغرق الاستقصاء العملي ٤٠ دقيقة، وسيستغرق حل أسئلة التحليل والتقييم ٤٠ دقيقة أيضًا.

ستحتاج إلى

المواد والأدوات	
• بندول يتكوّن من كرة تنس الطاولة مثبتة بخيط طوله (70 cm) تقريبًا بواسطة الغراء. • حامل مع مثبت عدد 2. يجب أن يقبض فكّا المثبت على الخيط بشكل محكم. لذلك قد يلزم إضافة بعض الحشوات إلى الفكّين. • كرة زجاجية قطرها التقريبي (15 mm). • حوض صغير لمنع الكرة الزجاجية من التدحرج على الطاولة.	• أنبوب صلب مثبت بشكل مائل في الحامل الثاني. (أنبوب بلاستيكي صلب قطره (2.5 cm) تقريبًا وطوله (30 cm) قد يكون مناسبًا). يجب تثبيته بإحكام في الحامل بحيث يرتفع أحد طرفَيه (4 cm) أعلى المنضدة والطرف الآخر (9 cm) أعلى المنضدة (انظر الشكل ٥-٢ في كتاب التجارب العملية والأنشطة). • كتلة مستطيلة ذات أبعاد (15 cm × 7 cm × 7 cm) تقريبًا. يمكن أن تكون كتلة خشبية أو قطعة طوب صغيرة. • مسطرة مترية.

توجيهات حول الاستقصاء

- سيجد الطلبة صعوبة في تحديد (d) في الخطوة ٥؛ لذا فمن الجيد البدء بوضع الكتلة المستطيلة بعيدة جدًا، ثم تكرّر التأرجح عدة مرات مع تقريب الكتلة قليلًا في كل مرة حتى تلامس الكرة، ويمكن بعد ذلك قياس البعد (d) عن الكتلة.
- هناك تعليمات في الخطوة ٣ بأنه يجب عدم تغيير زاوية الأنبوب المائل في أثناء التجربة. أخبر الطلبة أنه يمكن فقط تحريك المثبت الذي يحمل الخيط لموقع الكرة في نهاية الأنبوب.
- يجب تسجيل قيم (d^2) في الجدول بالعدد نفسه من الأرقام المعنوية كما في (d)، (أو أكثر بواحد من الأرقام المعنوية للقيمة المقاسة).
- إذا أنهى الطلبة ذوو التحصيل الدراسي المرتفع الاستقصاء، فاقترح عليهم مساعدة زملائهم الذين يجدون صعوبة في إكماله.
- قد يحتاج الطلبة إلى تذكيرهم بأن الطول (l) في الخطوة ٤ يقاس من مركز الكرة.

أنموذج نتائج

يجب أن تكون نتائج الطلبة مشابهة لتلك الواردة في الجدول ٥-١.

كتلة الكرة الزجاجية = 6.5 g

كتلة كرة البندول = 2.7 g

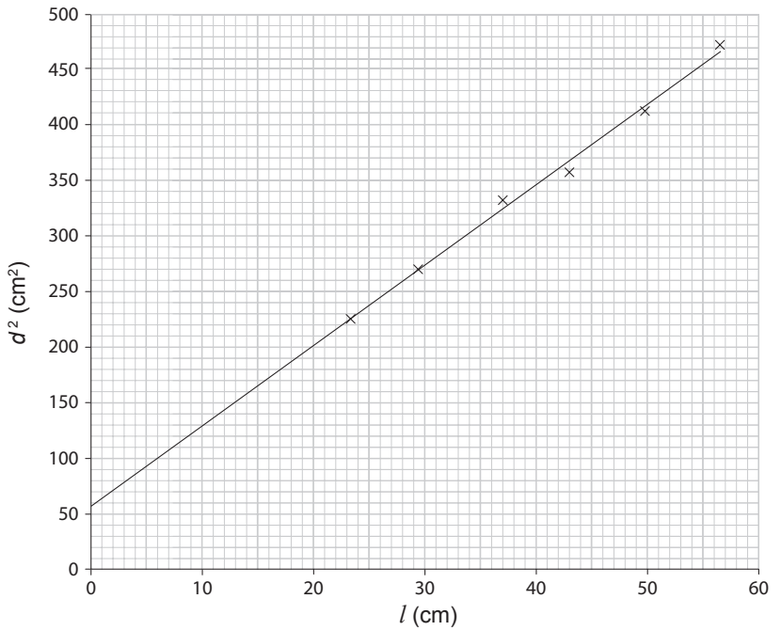
l (cm)	d (cm)				d^2 (cm^2)
	القراءة الأولى	القراءة الثانية	القراءة الثالثة	متوسط القراءات	
56.6	21.8	21.5	21.8	21.7	471
49.8	20.3	20.3	20.3	20.3	412
42.9	18.9	18.8	19.0	18.9	357
37.0	18.0	18.4	18.2	18.2	331
29.3	16.8	16.6	15.8	16.4	269
23.4	14.9	14.8	15.3	15.0	225

الجدول ٥-١

إجابات أسئلة الاستقصاء العملي ٥-١ في كتاب التجارب العملية والأنشطة (باستخدام أنموذج النتائج)

أ. انظر الجدول ٥-١.

ب، ج. انظر الشكل ٥-١.



الشكل ٥–١

د. الميل = $\frac{(420 - 60)}{(50 - 0)}$ = 7.2 ، ونقطة التقاطع = 56

هـ. A = 7.2 cm ، B = 56 cm²

و. v = 0.84 m s^{-1}

ز. باستخدام قانون حفظ كمّية التحرك، يكون:

$m_{\text{كرة البندول}} \times v_{\text{كرة البندول}} = m_{\text{الكرة الزجاجية}} \times v_{\text{الكرة الزجاجية}}$

$2.7 \times 0.84 = 6.5 \times v_{\text{الكرة الزجاجية}}$

$v_{\text{الكرة الزجاجية}} = 0.35$ m s^{-1}

التعليم المتمايز (تفريد التعليم)

التوسّع والتحدّي

- اطلب إلى الطلبة ذوي التحصيل الدراسي المرتفع محاولة إثبات أن السرعة النسبية للتقارب والسرعة النسبية للتباعد متساويتان في التصادم المرن.
- اطلب إلى الطلبة ذوي التحصيل الدراسي المرتفع إعطاء أمثلة على أن طاقة الحركة (في الانفجار) تزداد.

الدعم

إذا احتاج أحد الطلبة إلى مزيد من الدعم فاعرض أمثلة على التصادمات المرنة وغير المرنة، واصفًا الاختلافات بين التصادمات من خلال ما يحدث للسرعة وأين تنتقل الطاقة. يمكن تجاوز الصعوبات في العمليات الحسابية في التصادم عندما تكون كل من كمّية التحرك وطاقة الحركة محفوظة عن طريق توجيه الطلبة إلى اتباع الخطوات الموضّحة في كتاب

الطالب. كما يمكن توزيع الطلبة ضمن مجموعة ثنائية يكون فيها طالب ذو تحصيل دراسي منخفض مع طالب ذي تحصيل دراسي مرتفع ويقدم الدعم الفوري له.

تلخيص الأفكار والتأمّل فيها

- اطلب إلى الطلبة كتابة أكبر عدد ممكن من الأمثلة على التصادمات التي رأوها أو سمعوا عنها، واطلب إليهم أن يقرروا ما إذا كانت هذه التصادمات مرنة أو غير مرنة حتى الانفجارات (مدفع أو انبعاث جُسيم ألفا). اسألهم عمّا إذا كان هناك تصادم مرن كليًا بالفعل، ولماذا من الصعب الحصول على هذا النوع من التصادم؟

الموضوع ٥-٥: التصادم في بُعدَين

الأهداف التعليمية

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

نظرة عامة على الموضوع

- يطبّق الطلبة مبدأ حفظ كمّية التحرك الخطية على التصادمات، بما فيها التصادمات المرنة وغير المرنة والانفجارات والتباعدات بين الأجسام في بُعدَين.

عدد الحصص المقترحة للتدريس

يخصص لتنفيذ هذا الموضوع ٣ حصص دراسية (ساعتان).

المصادر المرتبطة بالموضوع

المصدر	الموضوع	الوصف
كتاب الطالب	٥-٥ التصادم في بُعدَين	• الأسئلة من ١٠ إلى ١٣ • المثالان ٣ و ٤

أنشطة تمهيدية

فكرة أ (١٠ دقائق)

- اعرض للطلبة مقطع فيديو لتسديد كرة سنوكر في أثناء اللعب. يجب أن ينصبّ تركيز الطلبة على حركة الكرة البيضاء والكرة الملونة قبل تصادمهما وبعده. شجّع الطلبة على مناقشة كيفية حفظ كمّية التحرك في التصادم، وما إذا كان هذا التصادم مرنًا أو غير مرن. اطرح السؤال: «كيف يمكن حفظ كمّية التحرك عندما تكون الحركة في بُعدَين؟» وجّه دفّة المناقشة إلى فكرة أنه في حالة التصادم في بُعدين تكون كمّية التحرك محفوظة بشكل مستقل في اتجاهَين متعامدَين؛ على سبيل المثال: بطول طاولة السنوكر وعرضها.

الأنشطة الرئيسية

١ التصادم في بُعدَين في مختبر التصادم الافتراضي (٣٠ دقيقة)

- ابحث في الشبكة العالمية للمعلومات والاتصالات الدولية (الإنترنت) عن 'PhET collision lab'. توفر هذه المحاكاة خيارًا لتمثيل تصادمات مرنة وتصادمات غير مرنة في بُعدَين. استخدم هذه المحاكاة لتوضيح بعض التصادمات المرنة وغير المرنة في بُعدين للطلبة (يمكن التحكم بدرجة المرونة في برنامج المحاكاة). وعلى الطلبة تدوين قيم المركّبات المتعامدة للسرعة المتجهة وقيم الكتلة كذلك، واستخدامها لإثبات أن كمّية التحرك محفوظة بشكل مستقل في كل اتجاه من الاتجاهَين المتعامدَين، وذلك على ورق أو سبورات بيضاء فردية.

› **فكرة للتقويم:** على المعلم التحقّق من أن الطلبة يمكنهم إكمال العمليات الحسابية بشكل صحيح. وإذا أخفقوا في ذلك أو كانت لديهم إجابات مختلفة، فعليه التحقّق من طرائق حلّهم لتحديد الأخطاء وتصحيحها.

٢ أمثلة محلولة وأسئلة تطبيقية (٤٠ دقيقة)

- اشرح مثالًا (يُعدّ كل من المثالَين ٤ أو ٥ من كتاب الطالب أنموذجًا جيّدًا) للطلبة حتى يتمكنوا من رؤية الخطوات الإضافية للحل في حالة التصادم في بُعدين. يجب على الطلبة الإجابة عن مجموعة من الأسئلة مثل الأسئلة ١٠–١٣ الواردة في كتاب الطالب.

› **فكرة للتقويم:** يمكنك تحديد ما إذا كان الطلبة قد فهموا كيفية استخدام مركّبتَي كمّية التحرك من خلال إجاباتهم.

التعليم المتمايز (تفريد التعليم)

الدعم

قد تكون فكرة تحليل السرعة إلى مركبتَين متعامدتَين ما زالت صعبة لدى بعض الطلبة، لذا تحيّن الفرصة لقضاء بعض الوقت مع هؤلاء الطلبة بشكل فردي، أو أشرك معهم طالبًا ذا تحصيل دراسي مرتفع يمكنه تقديم الدعم لهم. لا شك أن الطالب ذا التحصيل الدراسي المرتفع سيستفيد أيضًا حيث تساعده عملية التدريس في تعزيز معرفته وفهمه.

الموضوع ٥-٦: كميّة التحرك وقوانين نيوتن

الأهداف التعليمية

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.

نظرة عامة على الموضوع

- يذكر الطلبة المبدأ الذي ينص على أن كمّية التحرك في التفاعلات بين الأجسام في نظام ما تكون محفوظة دائمًا، في حين أنه قد يحدث بعض التغيّر في طاقة الحركة ويطبقون هذا المبدأ.

- يحدّدون أن القوة المحصلة المؤثرة على جسم ما هي التغيّر في كمية تحرك ذلك الجسم مقسومًا على الزمن المستغرق باستخدام العلاقة $\vec{F} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}$، ويذكرون أن هذا يعتبر صيغة أخرى لقانون نيوتن الثاني.

عدد الحصص المقترحة للتدريس

يخصص لتنفيذ هذا الموضوع ٣ حصص دراسية (ساعتان).

المصادر المرتبطة بالموضوع

المصدر	الموضوع	الوصف
كتاب الطالب	٥-٦ كميّة التحرك وقوانين نيوتن	• الأسئلة من ١٤ إلى ١٧ • المثال ٥
كتاب التجارب العملية والأنشطة	نشاط ٥-٤ القوة وكميّة التحرك نشاط ٥-٥ كميّة التحرك وقوانين نيوتن للحركة	• أسئلة لتقييم معرفة وفهم الربط بين كميّة التحرك وقوانين نيوتن للحركة.

المفاهيم الخاطئة وسوء الفهم

- غالبًا ما يعتقد الطلبة أنه إذا ارتد الجسم بالسرعة نفسها فلن يكون هناك تغيّر في كمّية التحرك، وهذا ليس صحيحًا لأن كمّية التحرك كميّة متجهة، والتغيّر في الاتجاه أمر مهم.

أنشطة تمهيدية

درس الطلبة قانون نيوتن الثاني بالصيغة $\vec{F} = m\vec{a}$، وهذه الصيغة لا تصلح عندما تكون كتلة الجسم متغيرة، فهي مثلًا لا تصف قوة ارتداد أنبوب خرطوم الماء، فالقوة كمعدل تغيّر كمّية التحرك تعتبر في هذه الحالة وصفًا أفضل لقانون نيوتن الثاني.

نقترح عليك فكرتَين كتمهيد لهذا الموضوع؛ وسيعتمد اختيارك على الموارد المتوفرة وعلى الزمن المتاح وعلى كيفية تقدم الطلبة في هذَين الموضوعَين.

فكرة أ (١٥-٢٠ دقيقة)

- اعرض مقطع فيديو مناسبًا لحادث تصادم سيارة - قد تحتاج إلى اختيار مقطع فيديو لم يتسبب التصادم فيه بإصابات واضحة - ابحث في الشبكة العالمية للمعلومات والاتصالات الدولية (الإنترنت) عن 'understanding car crashes'.
- اعرض صورًا للكرات الرياضية المختلفة (كرة القدم وكرة الإسكواش وكرة المضرب، وما إلى ذلك)، واطلب إلى الطلبة ترتيب الكرات حسب صعوبة إيقافها، ثم اطلب إليهم شرح السبب في أن القوة المطلوبة للإيقاف في بعض الحالات تكون أكبر من حالات أخرى.
- يقترح الطلبة بعض المواقف اليومية المشابهة لمثال الكرات ويناقشونها في مجموعات. يمكن أن يطلب إلى إحدى المجموعات شرح مثال معيّن قدّمته مجموعات أخرى باستخدام المصطلحات العلمية المناسبة (كمّية التحرك، والقوة، والتسارع، والتغيّر في السرعة المتجهة والزمن).
- قدّم مفهوم القوة × الزمن يساوي التغيّر في كمّية التحرك. ومن الجدير بالذكر أن التغير في كمية التحرك يُعرف أيضًا باسم «الدفع» (impulse)، دون تقييم معرفة الطلبة لذلك.

› **أفكار للتقويم:** يمكن للطلبة أن يشرحوا كتابةً:

– السبب الذي يجعل البيضة أقل عرضة للكسر إذا سقطت وهي في صندوق من الورق المقوى السميك.

– الأسباب التي تجعل السيارات الحديثة تتضمّن مناطق انبعاج.

فكرة ب (١٠ دقائق)

- ارمِ كرة ليتمكّن أحد الطلبة من التقاطها. يجب عليه إما إبقاء يدَيه ساكنتَين أو تحريكهما إلى الوراء أثناء التقاط الكرة بيدَيه. اسأل الطلبة: لماذا يكون التقاط الكرة أسهل عند تحريك اليدين إلى الخلف؟
- ناقش فكرة أن الدفع (impulse) (وهو حاصل ضرب القوة في الزمن) يسبب تغيّرًا في كمّية التحرك.

› **أفكار للتقويم:** اطلب إلى الطلبة وضع قائمة بأمثلة مرّت عليهم يكون فيها تأثير القوة صغيرًا نتيجة زيادة زمن التأثير على سبيل المثال: مناطق الانبعاج أو أحزمة الأمان أو خوذات الدراجات أو إيقاف ناقلة نفط.

أو اطلب إلى مجموعات من الطلبة وضع قائمة بأكبر عدد ممكن من وسائل الأمان والسلامة الموجودة في المركبات، ثم شرح كيفية عمل كل منها.

يتيح لك هذا معرفة ما إذا كانوا قد فهموا أنه كلما زاد زمن التأثير قلّ الأثر الناتج عن القوة التي تسبب التغير في كمية التحرك.

الأنشطة الرئيسية

يستخدم الطلبة في هذه الأنشطة حاصل ضرب القوة × الزمن بدلًا من التسارع. على الرغم من أن كلمة الدفع ربما لا تُستخدم بالضرورة في الشرح، إلّا أنك قد تفضّل استخدامها ككميّة محدّدة وتعطي وحداتها.

١ نشاط محاكاة عن الدفع (القوة × الزمن) (ساعة)

- اعرض محاكاة مصممة لإظهار الدفع. ابحث في الشبكة العالمية للمعلومات والاتصالات الدولية (الإنترنت) عن محاكاة 'simulation impulse lab'، أو ابحث عن الدفع في أحد مواقع المحاكاة، مثل موقع 'Physics aviary'. على سبيل المثال، في محاكاة نموذجية، يطلق رائد فضاء صاروخًا؛ قِس مدى اختلاف السرعة النهائية لرائد الفضاء باختلاف الزمن اللازم للإطلاق. مثِّل بيانيًا السرعة النهائية مقابل الدفع ($F \times t$)، ثم اطلب إلى الطلبة تحديد ميل التمثيل البياني. اطلب إليهم أن يشرحوا، نظريًا، سبب كون ميل التمثيل البياني يمثل مقلوب الكتلة $\frac{1}{m}$.
- يمكن للطلبة تكرار المحاكاة بقيم مختلفة للقوة أو الكتلة.
- تزوّد عدد من الشركات الصناعية أدوات لقياس تأثير القوة والتغيّر في السرعة باستخدام مجسّ حركة. يمكنك استخدام هذا المجسّ كعرض توضيحي أو نشاط في الصف، أو يمكنك البحث في الشبكة العالمية للمعلومات والاتصالات الدولية (الإنترنت) عن مقطع فيديو لهذه التجربة باستخدام عبارة البحث 'impulse demonstration motion sensor'.

› **أفكار للتقويم:** يمكن للطلبة إظهار أنهم قادرون على تحديد المتغيّر المستقل والمتغيّر التابع، وإظهار أنه يمكنهم استخدام معادلة الدفع وإعطاء الوحدة الصحيحة له (إما N s أو $kg\ m\ s^{-1}$).

٢ حسابات لكمّية التحرك وقوانين نيوتن (ساعة)

- اطلب إلى الطلبة استنتاج أن: $Ft = mv - mu$، ثم كتابة قانون نيوتن الثاني باستخدام كمّية التحرك. يمكنك بعد ذلك عرض أمثلة محلولة، كالمثال ٥ الوارد في كتاب الطالب. قد يتمكّن الطلبة بعد ذلك من الإجابة عن مجموعة من

الأسئلة، مثل أسئلة كتاب الطالب ١٤–١٧، وأسئلة كتاب التجارب العملية والأنشطة النشاطان ٥–٤ و ٥–٥. كما يمكنك صياغة أسئلة أخرى تتضمن عكس اتجاه السرعة المتجهة في الأسئلة السابقة.

› **أفكار للتقويم:** يجب أن تكون قادرًا على معرفة ما إذا كان الطلبة قد وظّفوا قانونَي نيوتن الثاني والثالث في الحل، وما إذا كانا يطبّقان بشكل صحيح عند التعامل مع أسئلة التغيّر في كمّية التحرك.

سؤال مفصلي: ما متوسط القوة المؤثرة عندما تصطدم كرة كتلتها (2 kg) بجدار بسرعة ($10\ m\ s^{-1}$) وترتد عنه لاحقًا بسرعة ($10\ m\ s^{-1}$) بالاتجاه المعاكس خلال فترة زمنية مقدارها (0.1 s)؟

أ. 0

ب. 40 N

ج. 200 N

د. 400 N

البديل (د) هو الصحيح، أما البديل (أ) فإنه يقترح أن التغيّر في كمّية التحرك يساوي صفرًا، لكنه في الواقع (40 N s)، ولا يستخدم البديل (ب) معدل تغيّر كمّية التحرك، وفي البديل (ج) يعبّر عن التغيّر في كمّية تحرك الكرة على أنه (mv) فقط، في حين أن تغيّر كمّية التحرك هي من (mv) إلى ($-mv$) أي التغيّر ($2\ mv$).

٣ كيف تعمل الوسادة الهوائية (٣٠ دقيقة)

- ابدأ بعرض مقطع فيديو لوسادة هوائية تعمل في سيارة. ابحث في الشبكة العالمية للمعلومات والاتصالات الدولية (الإنترنت) عن مقطع فيديو باستخدام 'crash test dummies seatbelts, momentum and air bags'.
- يمكن للطلبة إجراء تجربة يختبرون فيها مدى فاعلية حماية بيضة من الكسر عند لفّها عدة مرات في غلاف الفقاعات الهوائية لزيادة سمك الغلاف المحيط بها قبل إسقاطها من علوّ متزايد الارتفاع، وإذا لم يتمكّنوا من ذلك فاعرض أمامهم مقطعًا مصوّرًا عن هذا الموضوع.

› **أفكار للتقويم:** يجب على كل طالب كتابة فقرة يشرح فيها عمل غلاف الفقاعات الهوائية وحزام الأمان أو الوسادة الهوائية باستخدام كلمات مثل: كمّية التحرك، والقوة، وحزام الأمان، والوسادة الهوائية، ومنطقة الانبعاج والتغير في كمّية التحرك، ومعدل تغيّر كمّية التحرك، والدفع والتسارع والزمن.

يجب أن تكون قادرًا على تحديد ما إذا كان الطلبة قد فهموا تطبيق المعادلات التي تربط بين القوة، والتغيّر في كمية التحرك، والزمن المستغرق.

سؤال مفصلي: مُثِّلت القوة مقابل الزمن بيانيًا لجسم ما. ماذا تمثل المساحة تحت منحنى التمثيل البياني؟

أ. التغيّر في السرعة المتجهة

ب. المسافة المقطوعة

ج. الزيادة في طاقة الحركة

د. التغير في كمية التحرك

البديل (د) هو الصحيح. يخلط الطلبة في البديلَين (أ) و (ج) بين كمّية التحرك والسرعة المتجهة أو طاقة الحركة. يخلط الطلبة في البديل (ب) بين التمثيل البياني الحالي والتمثيل البياني (السرعة المتجهة–الزمن).

التعليم المتمايز (تفريد التعليم)

التوسّع والتحدّي

يمكنك إعطاء الطلبة ذوي التحصيل الدراسي المرتفع أسئلة عالية الصعوبة للإجابة عنها مثل تلك التي ينعكس فيها اتجاه السرعة المتجهة أو تكون الحركة في بُعدَين.

الدعم

إذا وجد الطلبة صعوبة في هذا الموضوع، فوزّعهم في مجموعات. يجب أن تضم كل مجموعة طالبًا واحدًا على الأقل ذا تحصيل دراسي مرتفع. سيكون من المفيد أيضًا مراجعة جميع قوانين نيوتن معهم بالإضافة إلى تعريف التسارع.

تلخيص الأفكار والتأمّل فيها

- تصوّر بعض الأفلام بطلًا خارقًا يقف أمام السيارات أو القطارات ويمنعها من التقدم ويجعلها تتحطّم بين يديه. تتوقف السيارات فجأة والبطل لا يتحرّك مطلقًا. اسأل الطلبة: «ما الخطأ الفيزيائي في هذه المواقف؟»
- اسأل الطلبة: أيّ مجالات الميكانيكا التي درستها حتى الآن وجدتها أكثر صعوبة؟ ولماذا؟

إجابات كتاب الطالب

العلوم ضمن سياقها

فهم التصادمات

- يتوفر في السيارات الحديثة العديد من ميزات السلامة والأمان، ولكن الأكثر شيوعًا تلك التي يتم دعمها بشكل أساسي من خلال مبادئ الفيزياء (وعلى الأخص قانون نيوتن الثاني).

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

- أو القوة = $\frac{\text{التغير في كمّية التحرك}}{\text{الزمن}}$

من أجل تقليل قوة التصادم، تعمل ميزات السلامة المذكورة على زيادة الزمن المستغرق لتتغير كمّية التحرك (في الواقع، تبطئ السيارة فيقل الضغط على الراكب).

- أحزمة المقاعد لها خاصيتان مهمتان: توفر أولًا مقاومة كافية تمنع الراكب من أن يندفع عبر الزجاج الأمامي (أو باتجاه لوحة القيادة)، كما توفر وقتًا كافيًا يستغرقه الراكب في إبطاء الصدمة (تقليل قوة التأثير).
- السيارات الحديثة تحتوي «مناطق انبعاج» مدمجة في الهيكل المعدني، وهي مصممة ليسهل انبعاجها عند التصادم، بحيث تستغرق السيارة وقتًا أطول لتقليل كمية تحركها، الأمر الذي يقلل من قوة التأثير. هذه الميزة كان لها دور في إنقاذ حياة الكثير من الأرواح.
- تمّ تصميم الوسادات الهوائية بحيث تنتفخ مؤقتًا عندما تكشف المستشعرات صدمةً ما، فيصطدم الراكب بهذه الوسائد التي تخفف من تأثير الصدمة.

إجابات أسئلة موضوعات الوحدة

١. **أ.** الكرة B لها كتلة أكبر.

ب. العربة B لها كتلة أكبر.

٢. **أ.** كمية التحرك للحجر:

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

$p = 0.50 \times 20$

$= 10 \text{ kg m s}^{-1}$

ب. كمية التحرك للحافلة:

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

$p = 25000 \times 20$

$= 5.0 \times 10^{5} \text{ kg m s}^{-1}$

ج. كمية التحرك للإلكترون:

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

$p = 9.11 \times 10^{-31} \times 2.0 \times 10^{7}$

$= 1.82 \times 10^{-23} \approx 1.8 \times 10^{-23} \text{ kg m s}^{-1}$

٣. كمّية التحرك الكلّية قبل التصادم:

$\vec{p} = m_A\vec{u_A} + m_B\vec{u_B}$

$p = (0.50 \times (-2.0)) + (0.50 \times 3.0)$

$= -1.0 + 1.5 = 0.5 \text{ kg m s}^{-1}$

(باتجاه اليمين)

كمّية التحرك الكلّية بعد التصادم:

$\vec{p} = m_A\vec{v_A} + m_B\vec{v_B}$

$p = (0.50 \times 2.0) + (0.50 \times (-1.0))$

$= 1.0 - 0.5 = 0.5 \text{ kg m s}^{-1}$

(باتجاه اليمين)

إذًا كمية التحرك الكلية قبل التصادم = كمية التحرك الكلية بعد التصادم

٤. **أ.** النسبة = $\frac{\text{طاقة الحركة}}{\text{طاقة الوضع الجاذبية}}$

$= \frac{\frac{1}{2}mv^2}{m \times g \times h}$ (مع اختزال الكتلة)

$= \frac{0.5 \times 38^2}{9.81 \times 80} = 0.92 \ (92\%)$

ب. يجب أن تبقى الطاقة محفوظة، لذلك لا يمكن فناء نسبة 8% المتبقية من طاقة وضع الجاذبية الابتدائية للحجر، إذ تحولت إلى طاقة حرارية (بسبب قوة مقاومة الهواء)، والتي توزعت بين الحجر ومحيطه.

٥.

نوع التصادم	التصادم المرن	التصادم غير المرن
كمّية التحرك	محفوظة	محفوظة
طاقة الحركة	محفوظة	غير محفوظة
الطاقة الكلّية	محفوظة	محفوظة

٦. على اعتبار أن الاتجاه إلى اليسار هو الموجب وإلى اليمين هو السالب.

أ. قبل التصادم:

كميّة التحرك للكرة A:

$$\vec{p_A} = m_A\vec{u_A}$$

$$p_A = 4.0 \times 2.5 = +10 \text{ kg m s}^{-1}$$

كميّة التحرك للكرة B:

$$\vec{p_B} = m_B\vec{u_B}$$

$$p_B = 4.0 \times (-1.5) = -6 \text{ kg m s}^{-1}$$

ب. بعد التصادم:

كميّة التحرك للكرة A:

$$\vec{p_A} = m_A\vec{v_A}$$

$$p_A = 4.0 \times (-1.5) = -6 \text{ kg m s}^{-1}$$

كمّية التحرك للكرة B:

$$\vec{p_B} = m_B\vec{v_B}$$

$$p_B = 4.0 \times 2.5 = +10 \text{ kg m s}^{-1}$$

ج. كميّة التحرك الكلّية قبل التصادم:

$$\vec{p_1} = \vec{p_A} + \vec{p_B}$$

$$p_1 = +4 \text{ kg m s}^{-1}$$

(باتجاه اليسار)

كميّة التحرك الكلّية بعد التصادم:

$$\vec{p_2} = \vec{p_A} + \vec{p_B}$$

$$p_2 = +4 \text{ kg m s}^{-1}$$

(باتجاه اليسار)

هذا يعني أن كميّة التحرك محفوظة.

د. طاقة الحركة الكلّية قبل التصادم:

$$K.E_1 = \frac{1}{2} m_A u^2_A + \frac{1}{2} m_B u^2_B$$

$$= (\frac{1}{2} \times 4.0 \times (2.5)^2) + (\frac{1}{2} \times 4.0 \times (1.5)^2)$$

$$= 12.5 + 4.5 = 17 \text{ J}$$

طاقة الحركة الكلّية بعد التصادم:

$$K.E_2 = \frac{1}{2} m_A v^2_A + \frac{1}{2} m_B v^2_B$$

$$= (\frac{1}{2} \times 4.0 \times (1.5)^2) + (\frac{1}{2} \times 4.0 \times (2.5)^2)$$

$$= 4.5 + 12.5 = 17 \text{ J}$$

هذا يعني أن طاقة الحركة الكلّية قبل التصادم = طاقة الحركة الكلّية بعد التصادم (ما يعني أن التصادم مرن وطاقة الحركة محفوظة).

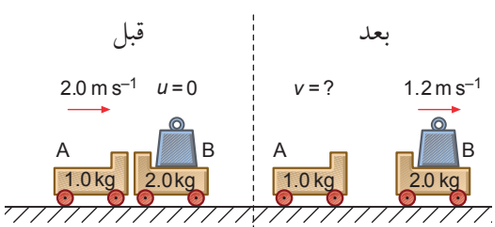
هـ. السرعة النسبية قبل التصادم:

$$= 2.5 - (-1.5) = 4.0 \text{ m s}^{-1}$$

السرعة النسبية بعد التصادم:

$$= 2.5 - (-1.5) = 4.0 \text{ m s}^{-1}$$

٧. أ.



ب. العربة A كتلتها 1.0 kg

العربة B كتلتها 2.0 kg

مبدأ حفظ كميّة التحرك يعني أن كمية التحرك الكلية قبل التصادم = كمية التحرك الكلية بعد التصادم

لذلك،

$$m_A\vec{u_A} + m_B\vec{u_B} = m_A\vec{v_A} + m_B\vec{v_B}$$

أعد ترتيب المعادلة لتجد سرعة العربة الأولى v_A بعد التصادم:

$$m_A\vec{u_A} + m_B\vec{u_B} - m_B\vec{v_B} = m_A\vec{v_A}$$

$$\vec{v_A} = \frac{m_A\vec{u_A} + m_B\vec{u_B} - m_B\vec{v_B}}{m_A}$$

$$v_A = \frac{(1.0 \times 2.0) + (2.0 \times 0.0) - (2.0 \times 1.2)}{1.0}$$

$$= -0.40 \text{ m s}^{-1}$$

تدل الإشارة السالبة إلى أن العربة الأولى تعكس اتجاهها.

٨. أ. إذا كان النجم ثابتًا قبل أن ينفجر وكمية تحركه تساوي صفرًا، فبعد الانفجار تتطاير المادة في جميع الاتجاهات بحيث تنشأ كميات متساوية من كمية التحرك في جميع الاتجاهات، وبالتالي فإن مجموعها (الاتجاهي) هو صفر. إذًا كمية التحرك محفوظة.

ب. عندما تقفز إلى الأعلى فأنت تعطي الأرض كمية تحرّك نحو الأسفل؛ فعندما تبطئ، فإن الأرض تبطئ كذلك. وعندما تبدأ في السقوط إلى الأسفل، تبدأ الأرض في الاتجاه إلى الأعلى نحوك، وفي جميع الأزمنة، تكون كمية تحرّكك مساويةً ومعاكسةً لكمية تحرّك الأرض، لذا فإن كمية التحرك الكلّية هي صفر، أي أنها محفوظة.

٩. إذا اعتبرت $(\vec{u})$ هي السرعة الابتدائية و $(\vec{v})$ هي السرعة النهائية، فالتغيّر في كمية التحرك للكرة:

$$\Delta\vec{p} = m\vec{v} - m\vec{u} = m(\vec{v} - \vec{u})$$

$$\Delta p = 0.40 \times (1.2 - (-1.5))$$

$$= 1.08 \text{ kg m s}^{-1}$$

التغيّر في طاقة الحركة للكرة:

$$\Delta K.E = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mu^2$$

$$\Delta K.E = \frac{1}{2}m(v^2 - u^2)$$

$$= \frac{1}{2} \times 0.40 \times ((1.2)^2 - (1.5)^2) = -0.162 \text{ J}$$

اكتسب الجدار كمية تحرك، وفقدت الكرة طاقة حركة حيث تم تحويلها إلى طاقة حرارية (أو حرارة) للكرة والهواء، وإلى طاقة صوتية وطاقة حركة للجدار.

كمّية التحرك المعطاة للجدار تساوي وتعاكس قيمة كمية التحرك التي فقدتها الكرة، ولكن سرعة الجدار ستكون صغيرة جدًا نتيجة كتلته الكبيرة جدًا، وطاقة الحركة المعطاة للجدار ستتحول في النهاية إلى طاقة حرارية في الجدار.

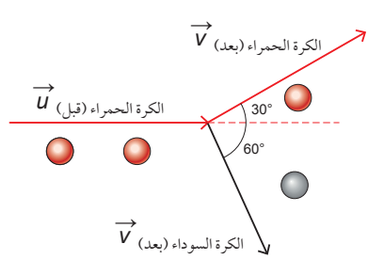
١٠. يجب أن نفكر في اتجاه حركة الكرة المتحركة قبل التصادم؛ إذا أخذنا اتجاه حركتها على أنه المحور السيني (x)، والاتجاه العمودي لحركتها على أنه المحور الصادي (y)، فقارن حركة الكرة قبل التصادم وبعده.

قبل التصادم: مركّبة كمية التحرك للكرة الأولى على طول المحور السيني (x) فقط؛ لا توجد مركّبة على طول المحور الصادي (y).

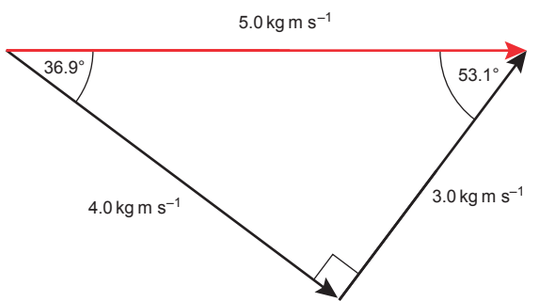
بعد التصادم: يكون للكرة الثانية مركبة لكمية تحرّكها على طول المحور الصادي (y) (لأنها تتحرك بعيدًا بزاوية مع المحور السيني (x)).

لذلك، للحفاظ على كمية التحرك على طول المحور الصادي (y)، بعد الاصطدام، يجب أن يكون للكرة الأولى أيضًا مركّبة متساوية ومعاكسة لكمية التحرك على طول المحور الصادي (y).

وبالتالي، يجب أن تغيّر الكرة الأولى من اتجاهها.



١١.



١٢. افترض تغير كمية التحرك على طول المحور الصادي (y).

قبل التصادم: كمية التحرك = 0

بعد التصادم:

مركّبة كميّة التحرك للجُسيم 1:

$= 2.40 \sin 60° = 2.08 \text{ kg m s}^{-1}$

إلى الأعلى

مركّبة كميّة التحرك للجُسيم 2:

$= 2.40 \sin 60° = 2.08 \text{ kg m s}^{-1}$

إلى الأسفل

هاتان المركّبتان متساويتان ومتعاكستان، وبالتالي يكون مجموعها صفرًا.

افترض تغيّر كمية التحرك على طول المحور السيني (x).

قبل التصادم:

كميّة التحرك للجُسيم 1:

$= 2.40 \text{ kg m s}^{-1}$

إلى اليمين

بعد التصادم:

مركّبة كميّة التحرك للجُسيم 1:

$= 2.40 \cos 60° = 1.20 \text{ kg m s}^{-1}$

إلى اليمين

مركّبة كميّة التحرك للجُسيم 2:

$= 2.40 \cos 60° = 1.20 \text{ kg m s}^{-1}$

إلى اليمين

كمية التحرك الكلّية:

$= 1.20 + 1.20 = 2.40 \text{ kg m s}^{-1}$

إلى اليمين

بالتالي، كمية التحرك الكلّية محفوظة في كِلا الاتجاهين (x) و (y)، وهذا يعني أن كمية التحرك الكلّية محفوظة.

١٣. أ. مركّبة السرعة المتجهة للكرة الأولى في اتجاه المحور (x) $= 1.00 \text{ m s}^{-1}$

مركّبة السرعة المتجهة للكرة الأولى في اتجاه المحور (y) $= 0$

ب. افترض أن كل كرة لها كتلة (m) وأن الكرة الثانية لها سرعة ($\vec{v}$) بزاوية (θ) مع اتجاه (x) (مع وجود المركّبتَين v_x) في الاتجاه (x) و (v_y) في الاتجاه (y)).

بما أن كمية التحرك محفوظة في الاتجاه (x):

$$m \times 1.00 = m \times 0.80 \cos 20° + m \times v_x$$

قم باختزال الكتلة (m) من طرفَي المعادلة، لذلك:

$$v_x = 1.00 - 0.80 \cos 20° = 0.25 \text{ m s}^{-1}$$

وأيضًا كمية التحرك محفوظة بالاتجاه (y) (مع اعتبار الاتجاه إلى الأعلى موجبًا):

$$0 = -m \times 0.80 \sin 20° + m \times v_y$$

لذلك:

$$v_y = 0.80 \sin 20° = 0.27 \text{ m s}^{-1}$$

ج. مقدار السرعة المتجهة للكرة الثانية ($\vec{v}$)، من خلال نظرية فيثاغورث:

$$v^2 = (v_x)^2 + (v_y)^2$$

لذلك:

$$v = \sqrt{[(0.25)^2 + (0.27)^2]} = 0.37 \text{ m s}^{-1}$$

اتجاه السرعة المتجهة للكرة الثانية يصنع زاوية θ مع الاتجاه (x)

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{v_y}{v_x}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{0.27}{0.25}\right) = 47°$$

١٤. أ. التغيّر في كمية التحرك للسيارة:

$$\Delta\vec{p} = m\vec{v} - m\vec{u} = m(\vec{v} - \vec{u})$$

$$\Delta p = 1000 \times (24 - 10)$$

$$= 1.4 \times 10^4 \text{ kg m s}^{-1}$$

ب. متوسط القوة المحصلة:

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

$$F = \frac{1.4 \times 10^4}{15} = 933 \text{ N} \approx 930 \text{ N}$$

١٥. أ. أعد ترتيب العلاقة $\vec{F} = \frac{\Delta\vec{p}}{\Delta t}$ لتعطي التغيّر في كمية التحرك للكرة:

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

$$\Delta p = 240 \times 0.25$$

$$= 60 \text{ kg m s}^{-1} \text{ (60 N s)}$$

ب. باتجاه قوة الركل للاعب.

١٦. القوة التي يؤثر بها السقف على الماء:

$$\vec{F} = \frac{\Delta\vec{p}}{\Delta t} = \frac{m(\vec{v} - \vec{u})}{\Delta t} = \frac{m}{\Delta t}(\vec{v} - \vec{u})$$

$$F = 10 \times (0 - 5.0) = -50 \text{ N}$$

الإشارة سالبة لأن القوة التي يؤثر بها السقف على الماء بعكس اتجاه تدفق المياه، لذلك قوة الماء على السقف = 50 N

إذا ارتد الماء تكون القوة أكبر بسبب أن التغيّر في كمية التحرك يكون أكبر.

١٧. متوسط القوة التي يؤثر بها مضرب الجولف على الكرة:

$$\vec{F} = \frac{\Delta\vec{p}}{\Delta t} = \frac{m(\vec{v} - \vec{u})}{\Delta t}$$

$$F = \frac{0.046 \times (50 - 0)}{0.0013}$$

$$= 1.77 \times 10^3 \text{ N} \approx 1.8 \text{ kN}$$

إجابات أسئلة نهاية الوحدة

١. ج

٢. ب

٣. د

٤. ينطبق مبدأ حفظ كميّة التحرك إذا اعتُبرت الأرض ترتفع إلى أعلى مع سقوط الجسم إلى أسفل. كمية التحرك للأرض إلى الأعلى تساوي كمية تحرك الجسم إلى الأسفل.

وزن الجسم له قوة متساوية بالمقدار وباتجاه الأعلى على الأرض حسب قانون نيوتن الثالث.

٥. أ. كمية التحرك للكرة قبل اصطدامها بالجدار

= الكتلة × السرعة

$$= 2 \times 3.0 = 6.0 \text{ kg m s}^{-1}$$

باتجاه الجدار.

كمية التحرك للكرة بعد اصطدامها بالجدار = 6.0 kg m s^{-1} مبتعدة عن الجدار.

التغيّر في كمية التحرك للكرة = 12 kg m s^{-1} مبتعدة عن الجدار.

ب. لا يوجد تغيّر في طاقة الحركة حيث إن سرعة الكرة وكتلتها لم تتغيّرا.

٦. أ. حاصل ضرب كتلة الجسم في سرعته المتجهة.

ب. (وحدات الكتلة) × (وحدات السرعة) = kg m s^{-1}

ج. باستخدام معادلة الحركة الخطية:

$$v^2 = u^2 + 2as$$

$$v = \sqrt{(2 \times 3.5 \times 40)}$$

$$= \sqrt{280} = 16.7 \text{ m s}^{-1}$$

بما أن كمية التحرك = الكتلة × السرعة

$$= 900 \times 16.7$$

لذلك كمية تحرّك السيارة:

$$= 1.5 \times 10^4 \text{ kg m s}^{-1}$$

د. كمية التحرك الكلية قبل التصادم وبعده متساوية:

$p_1 = p_2$

(بافتراض الاتجاه إلى اليسار هو الاتجاه الموجب)

$4.0 \times 3.0 - 4.0 \times 2.0 = (4.0 + 4.0)\, v$

$4.0 = 8.0\, v$

لذلك، السرعة بعد التصادم:

$v = \frac{4.0}{8.0} = 0.50 \text{ m s}^{-1}$

واتجاهها إلى اليسار

٧. أ. ١. التصادم المرن هو التصادم الذي تبقى فيه كل من كمية التحرك وطاقة الحركة محفوظة.

٢. التصادم غير المرن هو التصادم الذي تكون فيه كمية التحرك محفوظة لكن طاقة الحركة غير محفوظة.

ب. التغيّر في كمية التحرك = كمية التحرك بعد التصادم – كمية التحرك قبل التصادم

$\Delta\vec{p} = \vec{p_2} - \vec{p_1}$

$= 0.35 \times 2.5 - 0.35 \times (-2.8)$

$= 1.855 \text{ kg m s}^{-1} \approx 1.9 \text{ kg m s}^{-1}$

ج. عندما يتم أخذ طاولة السنوكر في الاعتبار، تكون كمية التحرك الابتدائية للكرة مساويةً لكمية التحرك النهائية للكرة + كمية تحرّك الطاولة، وبالتالي تكون كميّة التحرك محفوظة.

٨. أ. التغيّر في كمية التحرك = الكتلة × التغير في السرعة

$= 1100 \times (0 - 24)$

$= -26400 \text{ N s} \approx -26000 \text{ N s}$

ب. القوة = $\frac{\text{التغيّر في كمية التحرك}}{\text{الزمن المستغرق}}$

$F = \frac{-26000}{20}$

$= -1320 \text{ N} \approx -1300 \text{ N}$

ج. متوسط السرعة تحت تأثير المكابح:

$= \frac{24 + 0}{2} = 12 \text{ m s}^{-1}$

لذلك، المسافة المقطوعة في 20 s:

$s = v \times t$

$s = 12 \times 20 = 240 \text{ m}$

٩. أ. كمية التحرك للكرة الأولى = الكتلة × السرعة:

$= 0.10 \times 0.40 = 0.040 \text{ kg m s}^{-1}$

ب. لكل كرة من الرخام، مركّبة كميّة التحرك في الاتجاه x = نصف كميّة التحرك الأصلية:

$p_x = 0.020 \text{ kg m s}^{-1}$

كميّة التحرك لكرة رخام واحدة:

$p = \frac{0.020}{\cos 45°} = 0.0283 \text{ kg m s}^{-1}$

والسرعة المتجهة:

$v = \frac{0.0283}{0.10} = 0.283 \text{ m s}^{-1} \approx 0.28 \text{ m s}^{-1}$

ج. طاقة الحركة قبل التصادم:

$\text{K.E}_1 = \frac{1}{2} mv^2$

$= \frac{1}{2} \times 0.10 \times 0.40^2$

$= 0.0080 \text{ J}$

طاقة الحركة بعد التصادم:

$= 2 \times \frac{1}{2} \times 0.10 \times 0.283^2$

$= 0.0080 \text{ J}$

١٠. أ. كمية التحرك الابتدائية للكرة:

$p_1 = 0.16 \times 25 = 4.0 \text{ kg m s}^{-1}$

$p_2 = 0.16 \times -25 = -4.0 \text{ kg m s}^{-1}$

التغيّر في كمية التحرك:

$= 4.0 - (-4.0) = 8.0 \text{ kg m s}^{-1}$

ب. القوة = $\frac{\text{التغيّر في كمية التحرك}}{\text{الزمن المستغرق}}$

$= \frac{8.0}{0.0030} = 2667 \text{ N} \approx 2700 \text{ N}$

(هذه هي القوة المؤثرة على الكرة ولكنها مساوية ومعاكسة للقوة المؤثرة على المضرب).

ج. يبطئ المضرب.

يتطلب قانون حفظ كمية التحرك أن يكون التغير في كمّية التحرك للكرة والمضرب متساويَين ولكن في اتجاهَين متعاكسَين. وبالتالي، كمية التحرك قبل التصادم = كمية التحرك بعد التصادم.

الطاقة لا تفنى ولا تستحدث، ولكنها تتحول إلى طاقة حرارية (حرارة/طاقة داخلية) وطاقة صوتية الأمر الذي يؤدي إلى الانخفاض في طاقة حركة المضرب؛ لذا فإن التصادم غير مرن.

١١. أ. كميّة التحرك الكلية قبل التصادم تساوي كميّة التحرك الكلية بعد التصادم.

يتحقق في النظام المغلق أو الذي لا توجد قوى خارجية تؤثر عليه.

ب. ١. كمية التحرك الابتدائية = كمية التحرك النهائية:

$$0.35v = 0.25 \times 30$$

$$v = 21.4 \approx 21 \text{ m s}^{-1}$$

٢. التغيّر في كمية التحرك للسهم:

$$\Delta p = 0.25 \times 21.4 - 0.25 \times 30$$

التغيّر في كمية التحرك:

$$\Delta p = -2.14 \approx -2.1 \text{ kg m s}^{-1}$$

أو $-2.15 \approx -2.2 \text{ kg m s}^{-1}$

٣. التغيّر في طاقة الحركة الكلّية للسهم والتفاحة:

$$= \frac{1}{2} \times 0.35 \times 30^2 - \frac{1}{2} \times 0.25 \times 21.4^2$$

التغيّر في طاقة الحركة الكلّية:

$$\Delta K.E = -32.4 \approx -32 \text{ J}$$

ج. يتوقف السهم وتنطلق الكرة بسرعة 30 m s^{-1} تبقى السرعة النسبية دون تغيير في حالة التصادم المرن، 30 m s^{-1}

١٢. أ. كمية التحرك محفوظة في النظام المغلق حيث لا توجد قوى خارجية.

وبالتالي يجب أن تكون كمية التحرك لجسيم ألفا في اتجاه ما مساوية لكمية تحرّك نواة اليورانيوم في الاتجاه المعاكس تمامًا حتى يكون التغيّر في كمية التحرك الكلية صفرًا.

ب. $6.65 \times 10^{-27} \times \vec{v_a} + 3.89 \times 10^{-25} \times \vec{v_x} = 0$

ج. $\frac{v_a}{v_x} = -58.5$

١٣. أ. كمية التحرك وطاقة الحركة.

ب. ١. كمية تحرّك الرصاصة:

$$= 0.014 \times 640 = 8.96 \text{ kg m s}^{-1}$$

أو $\approx 9.0 \text{ kg m s}^{-1}$

٢. تنطلق الرصاصات بكمية تحرّك إلى الأمام وللرشاش كمية تحرّك متساوية في المقدار وتتجه إلى الخلف.

لإيقاف حركة / كمية تحرّك الرشاش، يجب على الجندي بذل قوة.

٣. $\vec{F} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}$؛

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

$$140 = n \times \frac{8.96}{1}$$

عدد الرصاصات في الثانية:

$$= 15.6$$

(اقبل الإجابات 15 أو 16)

١٤. أ.

	التغير في كميّة التحرك ($kg\ m\ s^{-1}$)	طاقة الحركة الابتدائية (J)	طاقة الحركة النهائية (J)
المقطورة X	-6.0×10^4	2.5×10^5	4.0×10^4
المقطورة Y	6.0×10^4	1.5×10^4	1.4×10^5

ب. طاقة الحركة الكلية الابتدائية = 2.7×10^5 J

وطاقة الحركة الكلية النهائية = 1.8×10^5 J

التصادم ليس مرنًا، لأن طاقة الحركة الكلية قد انخفضت في التصادم.

ج. القوة:

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

$$F = \frac{6.0 \times 10^4}{3.6 - 2.0}$$

$$= 3.75 \times 10^4$$

أو 3.8×10^4 N

إجابات كتاب التجارب العملية والأنشطة

إجابات أسئلة الأنشطة

نشاط ٥-١: حساب كمية التحرك الخطية

١. أ. كمية تحرّك العربة:

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

$= 1.0 \times 0.20 = 0.20 \text{ kg m s}^{-1}$

ب. كمية تحرّك السيارة:

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

$= 650 \times 24 = 1.6 \times 10^{4} \text{ kg m s}^{-1}$

ج. كمية تحرّك الأرض:

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

$= 6.0 \times 10^{24} \times 29.8 \times 10^{3} = 1.8 \times 10^{29} \text{ kg m s}^{-1}$

٢. أ. كمية التحرك الابتدائية للعداء:

$\vec{p_1} = m\vec{v}$

$= 74 \times 7.5 = 555 \text{ kg m s}^{-1}$

كمية التحرك النهائية للعداء:

$\vec{p_2} = m\vec{v}$

$= 74 \times 8.8 = 651.2 \text{ kg m s}^{-1}$

التغير في كمية التحرك للعداء:

$\Delta\vec{p} = \vec{p_2} - \vec{p_1}$

$= 651.2 - 555 = 96 \text{ kg m s}^{-1}$

(برقمَين معنويَّين)

ب. طاقة الحركة الابتدائية للعداء:

$K.E_1 = \frac{1}{2} m\vec{v}^2$

$= 0.5 \times 74 \times 7.5^2 = 2081 \text{ J}$

طاقة الحركة النهائية للعداء:

$K.E_2 = \frac{1}{2} m\vec{v}^2$

$= 0.5 \times 74 \times 8.8^2 = 2865 \text{ J}$

التغير في طاقة الحركة للعداء:

$\Delta K.E = 2865 - 2081 = 784 \approx 780 \text{ J}$

(برقمَين معنويَّين)

٣. أ. كمية التحرك الابتدائية:

$\vec{p_1} = m\vec{v}$

$= 40 \times 8100 = 324000 \text{ kg m s}^{-1}$

كمية التحرك النهائية:

$\vec{p_2} = m\vec{v}$

$= -324000 \text{ kg m s}^{-1}$

(تتحرك في الاتجاه المقابل).

التغير في كمية التحرك:

$\Delta\vec{p} = \vec{p_2} - \vec{p_1}$

$= -324000 - 324000$

$= -6.5 \times 10^{5} \text{ kg m s}^{-1}$

(برقمَين معنويَّين)

ب. التغير في طاقة الحركة = 0 (السرعة لا تتغير، يتغير الاتجاه فقط).

ج. الشغل المبذول = 0 (بما أن القوة دائمًا عمودية على المسافة المقطوعة، فالشغل المبذول يساوي صفرًا).

نشاط ٥-٢: تغيّرات كميّة التحرك

١. أ. كمية التحرك الابتدائية = كمية التحرك النهائية

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

$(1 \times 6) + 0 = (1 \times \vec{v}) + (2 \times \vec{v})$

($\vec{v} = \vec{v_1} = \vec{v_2}$ لأنها تلتصق بعضها ببعض)

$6 = 3\vec{v}$

$\vec{v} = 2 \text{ m s}^{-1}$

ب. كمية التحرك الابتدائية = كمية التحرك النهائية

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

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

$(4 \times 5) + 0 = (4 \times \vec{v}) + (1 \times \vec{v})$

($\vec{v} = \vec{v_1} = \vec{v_2}$ لأن العربتَين تلتصق إحداهما بالأخرى)

$20 = 5\vec{v}$

$\vec{v} = 4 \text{ m s}^{-1}$

٢. أ. كمية التحرك الابتدائية = كمية التحرك النهائية

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

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

$(1 \times 6) + 0 = 0 + (1 \times \vec{v})$

$6 = \vec{v}$

$\vec{v} = 6 \text{ m s}^{-1}$

ب. نعم. لكِلا الجسمَين الكتلة نفسها ويتبادلان السرعة نتيجة التصادم؛ حيث إن طاقة الحركة قبل التصادم وبعده تساوي (18 J). لذلك، تكون طاقة الحركة محفوظة.

٣. أ. يجب أن تكون سرعتاهما المتجهة متساويتَين في المقدار، ولكن متعاكستَين في الاتجاه بحيث تكون كمية التحرك قبل الانفجار وبعده صفرًا، وبالتالي تكون محفوظة.

ب. كمية التحرك الابتدائية = كمية التحرك النهائية

$\vec{p}_{\text{(قبل الانفجار)}} = \vec{p}_{\text{(بعد الانفجار)}}$

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

$0 + 0 = (2 \times 0.30) + (5 \times \vec{v})$

$0 = 0.60 + 5\vec{v}$

$\vec{v} = -0.12 \text{ m s}^{-1}$ أو ($\vec{v} = -12 \text{ cm s}^{-1}$)

تشير العلامة السالبة إلى أن الجزأين يتباعدان في اتجاهَين متعاكسَين.

٤. أ. كمية التحرك للعربة A:

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

$= 5 \times 2.0 = 10 \text{ kg m s}^{-1}$

كمية التحرك للعربة B:

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

$= 2.5 \times -4.0 = -10 \text{ kg m s}^{-1}$

ب. يجب أن تكون سرعتهما صفرًا؛ لأن كمية التحرك الابتدائية الكلية قبل التصادم تساوي صفرًا، وإذا تلاصقا معًا فإن القيمة الوحيدة للسرعة التي تعطي صفرًا لكمية التحرك هي صفر.

ج. في حالة الانفجار يظهر لكل من الجسمَين كمية تحرّك متساوية في المقدار ومتعاكستان في الاتجاه؛ وهنا لدينا جسمان يتصادمان مع كمية تحرّك لكل منهما متساويتَين في المقدار ومتعاكستين في الاتجاه فيبدو الانفجار وكأنه بطريقة عكسية للتصادم.

نشاط ٥-٣: حساب حفظ كميّة التحرك

١. أ. $m_1\vec{u_1} = 0 \text{ kg m s}^{-1}$

$m_2\vec{u_2} = 0 \text{ kg m s}^{-1}$

ب. كمية التحرك الابتدائية = كمية التحرك النهائية

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

$0 + 0 = (3.0 \times 12) + (4.5 \times \vec{v})$

$0 = 36 + 4.5\vec{v}$

$\vec{v} = -8.0 \text{ m s}^{-1}$

ج. يجب أن تكون السرعتان المتجهتان في اتجاهَين متعاكسَين بحيث تكون كمية التحرك قبل الانفجار وبعده صفرًا، وبالتالي تكون محفوظة.

٢. أ. كمية التحرك للكرة الأولى:

$m_1\vec{u_1} = 0.35 \times 0.60 = 0.21 \text{ kg m s}^{-1}$

ب. $m_1\vec{v_1} = 0.35 \times 0.40 = 0.14 \text{ kg m s}^{-1}$

$m_2\vec{u_2} = 0.70 \times 0.10 = 0.070 \text{ kg m s}^{-1}$

ج. كمية التحرك الابتدائية:

$= 0.21 + 0 = 0.21 \text{ kg m s}^{-1}$

كمية التحرك النهائية:

$= 0.14 + 0.070 = 0.21 \text{ kg m s}^{-1}$

(كما كانت من قبل).

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

لذا فإن كمية التحرك محفوظة.

د. طاقة الحركة الابتدائية:

$K.E_1 = \frac{1}{2} m_1(\vec{u_1})^2$

$= 0.5 \times 0.35 \times 0.60^2 = 0.063 \text{ J}$

طاقة الحركة النهائية:

$K.E_2 = \frac{1}{2} m_1(\vec{v_1})^2 + \frac{1}{2} m_1(\vec{v_2})^2$

$= (0.5 \times 0.35 \times 0.40^2) + (0.5 \times 0.70 \times 0.10^2)$

$= 0.032 \text{ J}$

طاقة الحركة غير محفوظة، لذا فإن التصادم غير مرن.

٣. أ. كمية التحرك الابتدائية:

$\vec{p_1} = m\vec{u}$

$= 0.30 \times 5.0 = 1.5 \text{ kg m s}^{-1}$

كمية التحرك النهائية:

$\vec{p_2} = -1.5 \text{ kg m s}^{-1}$ (تتحرك في الاتجاه المعاكس).

التغير في كمية التحرك:

$\Delta\vec{p} = \vec{p_2} - \vec{p_1}$

$= -1.5 - 1.5$

$= -3.0 \text{ kg m s}^{-1}$

ب. التغير في كمية تحرك الأرض $= 3.0 \text{ kg m s}^{-1}$

باستخدام $\Delta\vec{p} = m\Delta\vec{v}$:

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

$= \frac{3.0}{6.0 \times 10^{24}}$

$= 5.0 \times 10^{-25} \text{ m s}^{-1}$

نشاط ٥-٤: القوة وكمية التحرك

١. أ. باستخدام $\Delta\vec{p} = m\Delta\vec{v}$:

$\Delta\vec{p} = 750 \times (25 - 10)$

$= 11250 \text{ kg m s}^{-1}$

ب. القوة:

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

$= \frac{11250}{22.5}$

$= 500 \text{ N}$

ج. باستخدام $\vec{F} = m\vec{a}$:

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

$= \frac{500}{750} = 0.67 \text{ m s}^{-2}$

د.

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

$= \frac{(25 - 10)}{22.5} = 0.67 \text{ m s}^{-2}$

باستخدام $\vec{F} = m\vec{a}$:

$\vec{F} = 750 \times 0.67 = 500 \text{ N}$

(المقدار السابق نفسه للقوة في الجزئية ب).

٢. أ. $\Delta\vec{v} = 7850 - (-7850)$

$= 15700 \text{ m s}^{-1}$

باستخدام $\Delta\vec{p} = m\Delta\vec{v}$:

$\Delta\vec{p} = 420 \times 15700$

$= 6.6 \times 10^6 \text{ kg m s}^{-1}$

ب. الوزن:

$W = mg$

$= 420 \times 8.9 = 3738 \approx 3700 \text{ N}$

(برقمَين معنويَّين)

٣. صحيح أنه عندما يصطدم شخصان فإنه يؤثر كل منهما بمقدار القوة نفسه على الآخر وفي الفترة الزمنية نفسها، ومع ذلك فمن المرجح أن يكون التأثير على كبار السن أكثر خطورة من تأثيره على الأشخاص الأصغر سنًا والأكثر لياقة بدنية.

نشاط ٥-٥: كميّة التحرك وقوانين نيوتن للحركة

١. أ. سيبقى ساكنًا.

ب. سيستمر في التحرك في خط مستقيم بالسرعة نفسها (أي بسرعة متجهة ثابتة).

ج. سيستمر في التحرك بسرعة متجهة ثابتة.

د. القوة المحصلة تساوي صفرًا.

هـ. القوة المحصلة لا تساوي صفرًا.

٢. أ. ١. تتغير سرعته بتسارع ثابت أي بمعدل ثابت، لذا فإن كمية تحرّكه تتزايد أيضًا بمعدل ثابت.

٢. القوة المحصلة لا تساوي صفرًا وتساوي معدل التغير في كمية التحرك.

ب. ١. معدل الازدياد في كمية التحرك يتناقص، وبالتالي فإن القوة المحصلة تتناقص.

٢. القوى هي الوزن (إلى الأسفل) وقوة مقاومة (إلى الأعلى)، وهو أقل من الوزن. الوزن ثابت ولكن قوة مقاومة الهواء تزداد كلما ازدادت السرعة. لذلك فإن القوة المحصلة تتناقص، الأمر الذي يتسبب في ازدياد كمية التحرك بمعدل أبطأ.

٣. أ. ينص قانون نيوتن الثاني على أن القوة المحصلة تتناسب طرديًا مع معدل تغير كمية التحرك؛ في النظام الدولي للوحدات، ثابت التناسب هو 1 لذا يمكننا تجاهله.

ب. وحدة قياس كمّية التحرك هي $kg\ m\ s^{-1}$؛ وحدة معدل التغير في كمية التحرك هي $kg\ m\ s^{-2} = N$

٤. أ. يتنافران.

ب. القوتان متساويتان في المقدار ومتعاكستان في الاتجاه. تؤثران على جسمَين مختلفَين (المغناطيسان).

إجابات أسئلة نهاية الوحدة

١. أ. $\Delta\vec{v} = 390 - (-450)$

$= 840\ m\ s^{-1}$

باستخدام $\Delta\vec{p} = m\Delta\vec{v}$:

$\Delta\vec{p} = 0.025 \times 840$

$= 21\ kg\ m\ s^{-1}$

ب. متوسط القوة:

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

$$= \frac{21}{0.040} = 530\ N$$

ج. التصادم غير مرن لأن السرعة النسبية للجسمَين قد تغيرت. مع الأخذ في الاعتبار أن التغير في السرعة المتجهة لدرع الدبابة بسيط جدًا (لا يحتسب).

د. تكون كمية التحرك محفوظة في هذا التصادم (وفي أي تصادم آخر). كما أن الطاقة محفوظة أيضًا، ولكن طاقة الحركة قد انخفضت؛ حيث تحوّل جزء من طاقة الحركة إلى حرارة أو صوت وما إلى ذلك.

٢. أ. الزيادة في طاقة وضع الجاذبية:

$G.P.E = \Delta mgh$

$= [(0.00025 + 0.00045) \times 9.81 \times 0.060] - 0$

$= 4.1 \times 10^{-4}\ J$

ب. الطاقة الكلية محفوظة، بالتالي طاقة الحركة الابتدائية = الزيادة في طاقة وضع الجاذبية

$K.E = \frac{1}{2} m(\vec{v})^2$

$= 4.1 \times 10^{-4}\ J$

$$\vec{v} = \frac{\sqrt{(4.1 \times 10^{-4} \times 2)}}{0.00070} = 1.1 \text{ m s}^{-1}$$

(برقمَين معنويَّين).

ج. باستخدام $\vec{p} = m\vec{v}$:

$$\vec{p} = 0.00070 \times 1.1$$

$$\vec{p} = 7.7 \times 10^{-4} \text{ kg m s}^{-1}$$

د. كمية التحرك الابتدائية = كمية التحرك النهائية

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

$$(0.00025 \times \vec{u}) + 0 = 7.6 \times 10^{-4}$$

$$\vec{u} = \frac{7.6 \times 10^{-4}}{0.00025}$$

$$\vec{u} = 3.0 \text{ m s}^{-1}$$

٣. أ. كمية التحرك الكلية قبل الاصطدام وبعده ثابتة؛ لا توجد قوة محصلة أو إذا كان النظام مغلقًا.

ب. كمية التحرك الابتدائية = كمية التحرك النهائية

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

$$(0.2 \times 0.64) + (0.3 \times 0.42) = (0.2 \times 0.45) + (0.3 \times \vec{v})$$

$$0.128 + 0.126 = 0.09 + 0.3\vec{v}$$

$$0.164 = 0.3\vec{v}$$

$$\vec{v} = 0.55 \text{ m s}^{-1}$$

ج. السرعة النسبية قبل التصادم:

$$= 0.64 - 0.42 = 0.22 \text{ m s}^{-1}$$

السرعة النسبية بعد التصادم:

$$= 0.45 - 0.55 = -0.10 \text{ m s}^{-1}$$

لذا فإن التصادم ليس مرنًا.

د. التغيّر في كمية التحرك = القوة × الزمن، وبما أن القوة المؤثرة على الكرة P = − القوة المؤثرة على الكرة Q (قانون نيوتن الثالث) وزمن التأثير هو نفسه، فإن التغيّر في كمية تحرّك الكرة P يساوي التغيّر في كمية تحرّك الكرة Q ولكن بالعكس.

الوحدة السادسة

الحركة الدائرية

نظرة عامة

- تطور هذا الوحدة فهم الطلبة للحركة في المسارات المقوّسة، وقد مرّ الطلبة سابقًا بالعديد من المصطلحات المتعلقة بالحركة الخطية، فنقدم هنا ما يكافئها في الحركة الدائرية.
- سيتعلّم الطلبة في هذه الوحدة:
  - التعبير عن الإزاحة الزاوية بالراديان.
  - حل أسئلة باستخدام مفهوم السرعة الزاوية.
  - وصف الحركة على طول مسار دائري على أنها ناتجة من قوة عمودية على المسار تسبب تسارعًا مركزيًا.
  - معادلات التسارع المركزي والقوة المحصلة التي تسبب التسارع المركزي واستخدامها.
- ثمّة فرص لتغطية جميع أهداف التقويم الثلاثة: AO1 (المعرفة والفهم)، AO2 (معالجة المعلومات وتطبيقها وتقييمها) و AO3 (المهارات والاستقصاءات التجريبية).

مخطط التدريس

أهداف الموضوع	الموضوع	عدد الحصص	المصادر في كتاب الطالب	المصادر في كتاب التجارب العملية والأنشطة
٦–١، ٦–٢، ٦–٣	٦–١ وصف الحركة الدائرية ٦–٢ الزوايا بالراديان ٦–٣ السرعة الثابتة والسرعة المتجهة المتغيرة ٦–٤ السرعة المتجهة الزاوية	٥	الأسئلة من ١ إلى ٩	نشاط ٦–١ قياس الزاوية نشاط ٦–٢ الحركة الدائرية المنتظمة
٦–٤، ٦–٥، ٦–٦، ٦–٧	٦–٥ القوة المركزية ٦–٦ حساب التسارع المركزي والقوة المركزية	٦	الأسئلة من ١٠ إلى ١٨	نشاط ٦–٣ التسارع المركزي. الأسئلة: ١–٤ الاستقصاء العملي ٦–١: الحركة الدائرية
٦–٨	٦–٧ مصدر القوة المركزية	٤	الأسئلة من ١٩ إلى ٢١	نشاط ٦–٣ التسارع المركزي. السؤالان: ٥ و ٦ الاستقصاء العملي ٦–٢: تخطيط البندول المخروطي أو الاستقصاء العملي ٦–٣: تحليل بيانات البندول المخروطي

الموضوعات ٦-١: وصف الحركة الدائرية و ٦-٢: الزوايا بالراديان و ٦-٣: السرعة الثابتة والسرعة المتجهة المتغيرة و ٦-٤: السرعة المتجهة الزاوية

الأهداف التعليمية

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:

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

$$v = \omega r$$

نظرة عامة على الموضوعات

- يطوّر الطلبة فهمهم لوحدة «الراديان».
- يستخدم الطلبة وحدة الراديان لقياس الزوايا.
- يحوّل الطلبة الزوايا المقاسة بالدرجات إلى زوايا مقاسة بالراديان والعكس.
- يطوّر الطلبة فهمهم لمصطلح السرعة الزاوية.
- يدرس الطلبة الصيغة $\omega = \frac{2\pi}{T}$ ويستخدمونها.
- يدرس الطلبة الصيغة $v = \omega r$ ويستخدمونها.

عدد الحصص المقترحة للتدريس

يخصص لتنفيذ هذه الموضوعات ٥ حصص دراسية (٣ ساعات و٢٠ دقيقة).

المصادر المرتبطة بالموضوع

المصدر	الموضوع	الوصف
كتاب الطالب	٦-١ وصف الحركة الدائرية ٦-٢ الزوايا بالراديان ٦-٣ السرعة الثابتة والسرعة المتجهة المتغيرة ٦-٤ السرعة المتجهة الزاوية	• الأسئلة من ١ إلى ٩ • المثالان ١ و ٢
كتاب التجارب العملية والأنشطة	نشاط ٦-١ قياس الزاوية نشاط ٦-٢ الحركة الدائرية المنتظمة	• أسئلة لتقييم المعرفة والفهم لمتغيرات الحركة الدائرية والعلاقات بينها، بما في ذلك معرفة الراديان.

المفاهيم الخاطئة وسوء الفهم

- يواجه بعض الطلبة صعوبة في فهم مصطلح السرعة الزاوية؛ لذا عليك أن تعطي وقتًا كافيًا لشرح هذا المفهوم. يستسهل معظم الطلبة فكرة عدد الدورات لكل ثانية؛ وهذه أفضل طريقة لإكسابهم مفهوم السرعة الزاوية.

- يرِد في العديد من الكتب (بما في ذلك كتاب الطالب) مصطلح «السرعة المتجهة الزاوية» بدلًا من «السرعة الزاوية». بالنسبة إلى الطلبة يمكنهم التعامل مع المصطلحَين على أنهما يتضمّنان المعنى نفسه.

أنشطة تمهيدية

نقترح عليك فكرتَين كتمهيد لهذه الموضوعات؛ وسيعتمد اختيارك على الموارد المتوفرة، وعلى الزمن المتاح، وعلى كيفية تقدم الطلبة في هذه الموضوعات.

فكرة أ (١٠ دقائق)

- ابحث في الشبكة العالمية للمعلومات والاتصالات الدولية (الإنترنت) عن مقطع فيديو يوضح معدل دوران كرة بيسبول. يمكن الحصول على مثال مناسب باستخدام كلمات البحث 'Crazy Spin Rates'.
- اعرض المقطع أمام الطلبة، واطلب إليهم ملاحظة حركة الكرة ثم مناقشة ما يعنيه معدل الدوران للمشاهد.
- قد يكون البديل هو دوران كرة القدم أثناء تسديد اللاعب ركلة حرة على المرمى من مسافة بعيدة.

› **فكرة للتقويم:** اطلب إلى الطلبة التعليق على معدل دوران الكرة. هل يمكنهم اقتراح أيّة وحدات أخرى لقياس معدل الدوران؟

فكرة ب (١٠ دقائق)

- حرّك سدادة مطاطية معلّقة بخيط في مسار دائري أفقي حتى يتمكن الطلبة من رؤية السدّادة وهي تتحرك في المسار الدائري ورؤية عقدة من الخيط مربوطة في جزء من الخيط الرئيسي.

› **فكرة للتقويم:** اسأل الطلبة: «أيهما يتحرك أسرع، السدّادة أم العقدة؟» «أيهما يدور أسرع؟».

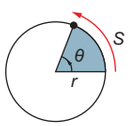
› **إرشادات عملية:** الأدوات: سدادة مطاطية واحدة، خيطان بطولَين مختلفَين.

اربط السدّادة بأحد طرفَي الخيط، واربط قطعة صغيرة من خيط في منتصف الخيط الرئيسي بحيث يمكن رؤيتها بوضوح عندما يدور كل من الخيط والسدّادة في مسار دائري.

الأنشطة الرئيسية

١ مقدمة في الإزاحة الزاوية (٤٠ دقيقة)

- أعطِ الطلبة الأدوات الموجودة في قائمة الإرشادات العملية، ثم اطلب إليهم استقصاء النسبة بين قطر الدائرة ومحيطها. قد يعرف بعض الطلبة بالفعل الإجابة عن هذا الأمر؛ لذا شجعهم على التحقّق منه تجريبيًا. إذا واجه أيّ طالب صعوبة في البدء فاقترح عليه استخدام خيط قطني لقياس محيط الدائرة المرسومة، وإذا كانت هناك حاجة إلى مزيد من المساعدة، فوضّح لهم أنه يمكن وضع دبابيس على مسافات متقاربة حول المحيط بحيث يمكن للطالب أن يلف الخيط القطني حول الدائرة.
- بعد هذا النشاط قدم فكرة الراديان كوحدة بديلة لقياس الزوايا، وأكد على الارتباط بـ (π) كما اكتشفت في النشاط السابق. للمساعدة ارسم دائرة (حسب الشكل ٦-٢ (أ) الوارد في كتاب الطالب).



عندما يتساوى طول القوس (s) ونصف القطر (r) فإن الزاوية θ تساوي 1 راديان بالضبط، وبما أن المحيط الكلّي للدائرة يساوي (2πr) فإن الزاوية لدورة كاملة للدائرة تساوي (2π) راديان، كما يجب أن يدرك الطلبة أيضًا أن الراديان هو وحدة قياس الزوايا والإزاحة الزاوية في النظام الدولي للوحدات (SI)، ويجب أن يكون الطلبة قادرين على تحويل الدرجات إلى راديان والعكس.

› **فكرة للتقويم:** يمكن تعلّم الكثير من خلال ملاحظة كيف يعمل الطلبة؛ هل يضعون الدبابيس عند مسافات متساوية حول المحيط؟ هل يرسمون دائرة واحدة فقط؟ أم يرسمون دائرتَين أو أكثر بأقطار مختلفة؟ هل يعرفون أن نسبة القطر إلى المحيط لجميع الدوائر هي π :1؟

يمكن استخدام هذه المعلومات لتقديم فكرة أن طول القوس مقسومًا على نصف القطر يُعتبر مقياسًا للزاوية، كما أن التوسّع في هذا المجال سيوضح أن الراديان هو الوحدة المناسبة لقياس الزاوية.

اطلب إلى الطلبة الإجابة عن السؤالَين ١ و ٢ الواردَين في كتاب الطالب.

› **إرشادات عملية:** الأدوات (لكل طالب أو مجموعة ثنائية): فرجار رسم، لوح فلّين، ورقة A4، 12 دبوس، مسطرة طولها (50 cm)، خيط قطني طوله (1 m).

سؤال مفصلي: هل يمتلك الطلبة فهمًا صحيحًا لقياس الراديان؟ إذا لم يكن كذلك فإنهم لن يكونوا قادرين في هذه المرحلة على التقدم في الموضوع، ولذلك فإن فهمهم للحركة الدائرية سيكون محدودًا جدًا.

٢ مقدمة في السرعة الزاوية (٤٠ دقيقة)

- استخدم السدّادة المربوطة بالخيط (كما هو موصوف في النشاط التمهيدي فكرة ب)، واطلب إلى أحد الطلبة الوقوف أمام زملائه حتى يتمكنوا من تصوير السدّادة والخيط الصغير أثناء الدوران. من المهم هنا أن يكون طول الخيط الصغير المرتبط بنقطة المنتصف يمكن رؤيته بوضوح.
- وهذا يوصلنا إلى فكرة أن السرعة الزاوية تساوي: $\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$.
- على الرغم من أن السرعة الزاوية لأجسام تدور في مسار دائري مشترك حول مركز معيّن هي نفسها إلّا أن سرعاتها الخطية تختلف؛ فكلما ازداد نصف القطر ازدادت السرعة الخطية لحركة الجسم لإكمال دورة واحدة في الزمن نفسه الذي يحتاج إليه الجسم الموجود عند نصف قطر أصغر، إذ تتناسب العلاقة بين السرعة الخطية ونصف القطر طرديًا، وهذا يقود إلى العلاقة $v = \omega r$.

› **فكرة للتقويم:** يجب أن يفهم الطلبة عند النظر إلى الصور أن نقطة منتصف الخيط الرئيسي تدور بالسرعة الزاوية نفسها مثل السدّادة، على الرغم من أن السرعة الخطية للسدادة هي ضعف السرعة الخطية لنقطة منتصف الخيط. قدّم مفهوم السرعة الزاوية كالآتي: السرعة الزاوية = التغيّر في الزاوية لكل ثانية.

اطلب إلى الطلبة الإجابة عن الأسئلة من ٥ إلى ٩ الواردة في كتاب الطالب لتعزيز الفهم.

› **إرشادات عملية:** الأدوات: سدادة مطاطية، خيوط بأطوال مختلفة، كاميرا فيديو (الهواتف المحمولة تحتوي على كاميرا فيديو مناسبة).

اربط السدّادة بأحد طرفَي الخيط واربط قطعة صغيرة من خيط في منتصف الخيط الرئيسي بحيث يمكن رؤيتها بوضوح عندما يدور الخيط والسدّادة في مسار دائري.

٣ أنشطة كتاب التجارب العملية والأنشطة (٤٠ دقيقة)

- يجب على الطلبة حلّ النشاطَين ٦-١ و ٦-٢ من كتاب التجارب العملية والأنشطة. سيساعد هذان النشاطان في تعزيز الفهم حول الإزاحة الزاوية والراديان والسرعة الزاوية.

› **فكرة للتقويم:** يمكن للطلبة التحقق من إجاباتهم بأنفسهم أو بالاشتراك مع زملائهم، ويمكن للمعلم أن يصحح إجابات الطلبة لمعرفة مدى التقدم الذي يحققونه.

التعليم المتمايز (تفريد التعليم)

التوسّع والتحدّي

وجّه الطلبة الذين تمكنوا من اكتساب مفهومَي الإزاحة الزاوية والسرعة الزاوية إلى مساعدة زملائهم الطلبة الذين يعانون صعوبة في فهم الأفكار.

الدعم

في النشاط الرئيسي ١ سيحتاج بعض الطلبة إلى مزيد من المعلومات لإحراز تقدم في أداء النشاط؛ امنحهم وقتًا كافيًا لتقدير أن π = المحيط ÷ القطر، وأن (2π) راديان يساوي (360°).

تلخيص الأفكار والتأمّل فيها
• اطلب إلى الطلبة كتابة جميع المعادلات التي مرّوا بها حتى الآن من بداية الوحدة وتأكّد من أنهم كتبوا معادلات صحيحة.

الموضوعان ٦-٥: القوة المركزية و ٦-٦: حساب التسارع المركزي والقوة المركزية

الأهداف التعليمية

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: $a = r\omega^2$ و $a = \frac{v^2}{r}$.

٦-٧ يذكر أن القوة المركزية تؤثر على الجسم باتجاه مركز الدائرة عندما يتحرك الجسم في مسار دائري بسرعة ثابتة، ويتذكر المعادلتَين الآتيتَين ويستخدمهما: $F = mr\omega^2$ و $F = \frac{mv^2}{r}$.

نظرة عامة على الموضوعَين

- يتعلّم الطلبة أنه لكي يتحرك جسم في مسار دائري بسرعة ثابتة فإن هناك قوة تؤثر بزاوية قائمة على السرعة المتجهة وباتجاه مركز الدائرة.
- يستنتج الطلبة أن اتجاه تسارع الجسم المتحرك في مسار دائري وبسرعة ثابتة يكون دائمًا بزاوية قائمة على السرعة المتجهة اللحظية وباتجاه مركز الدائرة.

- يتذكّر الطلبة المعادلات التي تربط السرعة الزاوية ونصف قطر المسار الدائري وتسارع الجسم ويستخدمونها.
- يتذكّر الطلبة المعادلات التي تربط بين مقدار السرعة المتجهة ونصف قطر المسار الدائري وتسارع الجسم ويستخدمونها.

عدد الحصص المقترحة للتدريس

يخصص لتنفيذ هذَين الموضوعَين ٦ حصص دراسية (٤ ساعات) من ضمنها الاستقصاء العملي ٦-١.

المصادر المرتبطة بالموضوع

المصدر	الموضوع	الوصف
كتاب الطالب	٦-٥ القوة المركزية ٦-٦ حساب التسارع المركزي والقوة المركزية	• الأسئلة من ١٠ إلى ١٨
كتاب التجارب العملية والأنشطة	نشاط ٦-٣ التسارع المركزي الاستقصاء العملي ٦-١: الحركة الدائرية	• الأسئلة ١-٤ • تعزيز الفهم حول الحركة في مسار دائري أثناء تنفيذ الاستقصاء العملي.

المفاهيم الخاطئة وسوء الفهم

- من أكثر المفاهيم الخاطئة شيوعًا أن القوة المؤثرة على جسم ما تكون متجهة من مركز الدائرة بعيدًا عنه (الطرد المركزي). يحدث هذا لأنه إذا دارت سيارة سريعًا حول منعطف ما فإننا نشعر باندفاع من السيارة نحو الخارج في حين أن هذا الأمر لا يحدث فعلًا، فنحن مثل الكرة في النشاط التمهيدي ١ الوارد في بداية الموضوع تمامًا: قصورنا الذاتي يعني أننا نميل إلى الحركة في خط مستقيم مماسًا للدائرة.

أنشطة تمهيدية

ما لم يكتسب الطلبة هذه الأفكار في مادة الرياضيات فمن غير المرجح أن يكونوا قد اكتسبوها سابقًا لأن الأسلوب الأفضل هو تقديم الأفكار من خلال الخبرة العملية.

نقترح عليك فكرتَين كتمهيد لهذَين الموضوعَين؛ وسيعتمد اختيارك على الموارد المتوفرة، وعلى الزمن المتاح، وعلى كيفية تقدم الطلبة في هذَين الموضوعَين.

فكرة أ (١٠- ١٥ دقيقة)

- ضع طوقًا على منضدة أفقية بحيث يكون هناك هدف (كتلة صغيرة مثلًا) على بُعد متر أو أكثر.
- دحرج كرة حول سطح المنضدة داخل الدائرة التي يشكّلها الطوق. تحدَّ الطلبة (بالدور) لرفع الطوق بحيث تستمر حركة الكرة في خط مستقيم على أمل أن تصطدم بالهدف. يمكنك تحويل هذا النشاط إلى منافسة فيما بينهم.
- يمكنك الاستعانة بمقطع فيديو يوضح كيفية تطبيق التجربة من خلال البحث في الشبكة العالمية للمعلومات والاتصالات الدولية (الإنترنت) بعنوان 'Circular motion demonstration with a sparkler and a hula hoop'.

أفكار للتقويم: اسأل الطلبة: ماذا يحدث عند إزالة الطوق؟ وفي أي اتجاه تسير الكرة؟

اسألهم: في أي اتجاه يدفع الطوق الكرة لإبقائها تتحرك في مسار دائري؟ يجب أن تثبت هذه التجربة أن:

(أ) الدفع من الطوق يكون دائمًا نحو مركز الطوق.

(ب) تتحرك الكرة على طول مماس الدائرة عند إزالة الطوق.

› **إرشادات عملية:** أنت بحاجة إلى طوق قطره من (1 m إلى 1.5 m) (يُعدّ طوق لعبة الهيلاهوب (a hulla-hoop) مثالًا مناسبًا لهذا النشاط)، وكرة قطرها من (3 cm إلى 5 cm)، وكتلة صغيرة لتمثّل الهدف.

فكرة ب (١٠ دقائق)

- املأ دلوًا بالماء حتى نصفه، ثم اطلب إلى الطلبة أن يدوّروا الدلو في دائرة أفقية، واسألهم: ما الذي يشعرون به عندما يدوّرون الدلو؟ ثم قم أنت بتدويره في دائرة رأسية. افعل ذلك بسرعة زاوية عالية إلى حدٍ ما بحيث لا تبتل! من الأفضل القيام بذلك خارج غرفة الصف.

› **فكرة للتقويم:** اسأل الطلبة: لماذا – على الرغم من أن الدلو ينقلب – لا يسقط منه الماء فتصبح مبتلًا تمامًا؟ يجب أن تثبت التجربة أن القوة من الدلو على الماء تتجه نحو مركز الدائرة وعند تدويرها رأسيًا لا يسقط الماء إذا كانت قيمة تسارع الدلو الموجود أعلى المسار الدائري والمتجه إلى الأسفل أكبر من قيمة g.

› **إرشادات عملية:** الأدوات: دلو ماء، حبل رفيع.

الأنشطة الرئيسية

١ القوى المركزية والتسارع المركزي (٣٠ دقيقة)

- اطلب إلى الطلبة أن يصفوا حركة جسم يتحرك في مسار دائري باستخدام سرعته وسرعته المتجهة؛ يجب أن يخبروك أن سرعته ثابتة لكن سرعته المتجهة تتغيّر باستمرار بسبب تغيّر الاتجاه باستمرار، ثم اطلب إلى الطلبة التعليق على تسارع الجسم؛ سيكون هذا أمرًا محيرًا لأن التسارع عادةً ما يعني تغيّرًا في السرعة، لذلك قد يظن بعض الطلبة أن التسارع يساوي صفرًا. سيدرك الطلبة ذوو التحصيل الدراسي المرتفع أن التسارع مرتبط بتغيّر السرعة المتجهة، لذلك يجب أن يكون هناك تسارع.
- أدر نقاشًا حول كيفية ارتباط قوانين نيوتن للحركة بالحركة الدائرية.

سؤال: إذا كانت السرعة المتجهة تتغيّر باستمرار فأيّ من قوانين نيوتن للحركة يصف القوة المحصلة المؤثرة على الجسم بشكل أفضل؟

- يجب توجيه الطلبة إلى استنتاج مفاده أن قانون نيوتن الثاني للحركة ينطبق هنا؛ لأن الجسم يتسارع، لذلك يجب أن تكون هناك قوة محصلة باتجاه التسارع.
- قدّم للطلبة من خلال استخدام المخططات فكرة أن التسارع والقوة المحصلة يكون اتجاههما نحو مركز الدائرة، وهما عموديتان على اتجاه السرعة المتجهة، ونظرًا لأن اتجاه التسارع دائمًا متعامد مع اتجاه السرعة المتجهة؛ لذلك هناك تغيّر بالاتجاه من دون أن يكون هناك تغيير في مقدار السرعة، ثم عرّف الطلبة بمصطلحات التسارع المركزي والقوة المركزية.
- أخيرًا، عرّف الطلبة بالمعادلة التي تربط التسارع المركزي بالسرعة المتجهة الخطية، ويمكنهم الحصول على اشتقاق هذه المعادلة من كتاب الطالب، كما يمكن الحصول على الارتباط بصيغة القوة المركزية بسهولة باستخدام المعادلة $\vec{F} = m\vec{a}$.

› **فكرة للتقويم:** يجب على الطلبة حلّ الأسئلة من ١٠ إلى ١٨ الواردة في كتاب الطالب، ويمكنهم بعد ذلك أن يقوموا بمراجعة حلول هذه الأسئلة مع المعلم، وقد يكون البديل هو الطلب إلى الطلبة بمراجعة أعمالهم فيما بينهم قبل إجراء أي تصحيحات.

٢ تمثيل التسارع المركزي باستخدام محاكاة (٢٠ دقيقة)

- ابحث في الشبكة العالمية للمعلومات والاتصالات الدولية (الإنترنت) عن 'PHET ladybug rotation'. تقدّم هذه المحاكاة تمثيلًا جيدًا للسرعة المتجهة الخطية والتسارع المركزي. من الجيد بدء النشاط بوضع كلتا الحشرتَين على القرص الدوّار والطلب إلى الطلبة مقارنة السرعة الزاوية والسرعة المتجهة الخطية والتسارع المركزي لكلتا الحشرتَين. ستركز المناقشة الجيدة على الأجسام البعيدة عن مركز القرص الدوّار التي يكون لها تسارع مركزي أكبر لسرعة زاوية ما (سرعتها المتجهة الخطية تكون أكبر عندما يكون نصف القطر أكبر ومعدل تغير الزاوية هو نفسه)، وعلى الأجسام ذات السرعة المتجهة الخطية الأكبر التي يكون لها تسارع مركزي أكبر. يمكن إكمال الأنشطة الآتية باستخدام المحاكاة.

– باستخدام ساعة إيقاف قِس الزمن الذي يستغرقه إكمال الحشرتَين لدورة واحدة ثم وجّه الطلبة إلى استخدام المعادلة $\omega = \frac{2\pi}{T}$ لحساب السرعه الزاوية.

– وجّه الطلبة إلى حساب السرعة المتجهة الخطية لكلتا الحشرتَين، يمكن إضافة مسطرة إلى المحاكاة للسماح للطلبة بقياس نصف القطر ثم استخدم المعادلة $v = \omega r$.

– وجّه الطلبة إلى حساب التسارع المركزي لكلتا الحشرتَين باستخدام $a = \frac{v^2}{r}$ أو $a = r\omega^2$.

› **فكرة للتقويم:** يمكن للطلبة كتابة إجاباتهم على شكل إجابات فردية لعرضها على المعلّم. ستعطي هذه الإجابات للمعلم فكرة جيدة حول ما إذا كان الطلبة قادرين على استخدام المعادلات وفهم الكميّات المختلفة.

٣ أنشطة كتاب التجارب العملية والأنشطة (٣٠ دقيقة)

- يجب على الطلبة محاولة حلّ النشاط ٦–٣ (الأسئلة ١– ٤ فقط) من كتاب التجارب العملية والأنشطة. سيساعد هذا النشاط في تعزيز الفهم حول التسارع المركزي والقوة المركزية.

› **فكرة للتقويم:** يمكن للطلبة التحقّق من إجاباتهم بأنفسهم أو مع زملائهم. كما يمكن للمعلم تصحيح إجابات الطلبة لمعرفة مدى تقدمهم وفهمهم للموضوع.

٤ الاستقصاء العملي ٦–١: الحركة الدائرية (ساعة – ساعتان)

المدّة

سيستغرق الاستقصاء العملي ٤٠ دقيقة، وسيستغرق حل أسئلة التحليل والتقييم ٤٠ دقيقة أيضًا.

ستحتاج إلى

المواد والأدوات	
• أنبوب زجاجي أو بلاستيكي قصير طوله نحو (10 cm)، مثل الأنبوب الخارجي لقلم حبر. • ساعة إيقاف. • كتل (100 g) أو (50 g) أو حلقات (10 g). إذا كنت تستخدم الحلقات، فيجب أن تكون متماثلة. حدد كتلة كل منها باستخدام الميزان. • سدادة مطاطية مع ثقب. يجب أن تكون كتلة السدّادة نحو (30 g).	• خيط طوله نحو (1 m). اربط الخيط بإحكام بالسدّادة المطاطية، مرّر الخيط من خلال الثقب في السدّادة حتى لا تفلت السدّادة بعيدًا. ثم مرّر الخيط من خلال الأنبوب. اربط إحدى الكتل بحيث تكون أكبر بقليل من كتلة السدّادة في الطرف السفلي من الخيط. • مسطرة مترية. • قلم تخطيط لوضع علامة على الخيط. • ميزان إلكتروني

⚠ احتياطات الأمان والسلامة

- يجب على جميع الطلبة ارتداء النظارات الواقية في أثناء التجربة تحسبًا من انقطاع الخيط الذي يحمل السدّادة المطاطية.
- تأكّد من وجود مساحة كافية حولك لتدوير السدّادة المطاطية من دون أن تشكّل أي خطر على أشخاص أو أجهزة أخرى.
- إذا كان الأنبوب المستخدم من الزجاج، فيجب أن تُصقل حوافه حتى لا يكون جارحًا.

التحضير للاستقصاء

يحتاج الطلبة إلى:

- معرفة معادلات القوة المركزية بدلالة السرعة المتجهة الزاوية والزمن الدوري.
- القدرة على حساب قيمة عدم اليقين عند أخذ عدة قراءات للكمّية نفسها.
- القدرة على رسم تمثيلات بيانية وحساب الميل.
- القدرة على قياس زمن الحركة الدائرية عندما تدور السدّادة المطاطية في مسار دائري أفقي.

توجيهات حول الاستقصاء

- قد يجد بعض الطلبة صعوبة في تدوير الأنبوب وإبقاء الكتلة تدور في دائرة أفقيّة تقريبًا. من الأفضل أن تبدأ بالتدوير البطيء وزيادة السرعة تدريجيًا حتى تحقّق نصف القطر المطلوب. لوزن معلّق كتلته نحو ثلاثة أمثال كتلة السدّادة المطاطية ونصف قطر الدوران نحو (70 cm)، سوف يكون الزمن الدوري (1 s) تقريبًا.
- يجب أن يتدلّى الوزن بحرّية ولا يرتفع حتى يلامس الطرف السفلي للأنبوب، وإلّا فإن القوة المركزية لن تساوي وزن الكتلة المعلّقة. قد تحتاج إلى توضيح هذه الخطوة للطلبة أولًا.

- تحتاج إلى طالب ثانٍ لقياس زمن 10 دورات، وقد تضطر إلى العرض أمام الطلبة حول كيفية تنفيذ هذه الخطوة، يمكن البدء بالعدّ من الصفر وبدء تشغيل ساعة الإيقاف عندما تتجاوز الكتلة نقطة معيّنة، ثم نكمل بالعد 1، ثم 2 وهكذا، ونوقف ساعة الإيقاف عند العدد 10.
- يجب أن يكون حساب قيمة عدم اليقين في (T) مألوفًا لمعظم الطلبة، ولكن قد تحتاج إلى توضيح حساب قيمة عدم اليقين في (T^{-2}). النسبة المئوية لعدم اليقين في (T^{-2}) هي ضعف النسبة المئوية لعدم اليقين في (T). يمكن للطلبة بدلًا من ذلك استخدام حسابات القيم العظمى والصغرى لـ (T^{-2}) للحصول على قيمة عدم اليقين.
- إذا كان الطلبة يجدون صعوبة في حساب قيمة عدم اليقين فيمكنهم إجراء التجربة بأكملها من دون التعامل مع قيمة عدم اليقين، ورسم الخط المستقيم الأفضل ملاءمة فقط على التمثيل البياني، ويمكن بعد ذلك إجراء مزيد من التحليل لقيمة عدم اليقين بشكل جماعي أو كمناقشة صفية، أو حتى كنشاط منزلي.
- من الممكن أيضًا تغيير قيمة (R) مع إبقاء الوزن ثابتًا على الخيط. كرّر القياسات. يمكن للطلبة بعد ذلك النظر في العلاقة بين (T^{-2}) و (R) للحصول على قيمة ثابتة لـ (m).
- قد تحتاج إلى شرح كيف يوفر وزن الكتل المعلّقة القوة المركزية، فربما لا تتضح لهم بسهولة.

أنموذج نتائج

يقدم الجدول ٦-١ النتائج التي يمكن أن يحصل عليها الطلبة في الاستقصاء. يجب قياس قيم (R) و (T_{10}) و (m).

R = 0.76 m

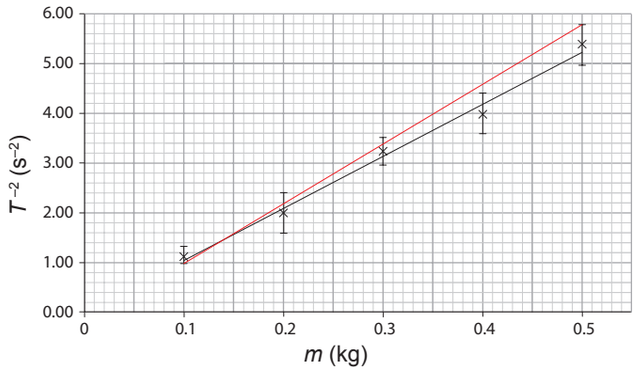
m (kg)	زمن 10 دورات T_{10} (s)			T (s)	T^{-2} (s^{-2})
	القراءة الأولى	القراءة الثانية	متوسط القراءات		
0.10	10.17	8.67	9.42 ± 0.75	0.942 ± 0.075	1.13 ± 0.18
0.20	7.82	6.30	7.06 ± 0.76	0.706 ± 0.076	2.01 ± 0.43
0.30	5.33	5.80	5.57 ± 0.24	0.557 ± 0.024	3.23 ± 0.27
0.40	5.28	4.78	5.03 ± 0.25	0.503 ± 0.025	3.95 ± 0.39
0.50	4.15	4.47	4.31 ± 0.16	0.431 ± 0.016	5.38 ± 0.40

الجدول ٦-١ أنموذج نتائج للاستقصاء العملي ٦-١.

إجابات أسئلة الاستقصاء العملي ٦-١ في كتاب التجارب العملية والأنشطة (باستخدام أنموذج النتائج)

أ، ب. انظر الجدول ٦-١.

ج، و. انظر الشكل ٦–١. (الخط الأسوأ ملاءمة باللون الأحمر).



الشكل ٦–١

د. $T^{-2} = \frac{mg}{4\pi^2 MR}$

هـ. الميل = $\frac{g}{4\pi^2 MR}$

ز. ميل الخط الأفضل ملاءمة = 10.5 kg^{-1} s^{-2}

ميل الخط الأسوأ ملاءمة = 12.1 kg^{-1} s^{-2}

قيمة عدم اليقين:

$\frac{(12.1 - 10.5)}{10.5} \times 100\% = 15\%$

ح. $M = \frac{g}{4\pi^2 R \times \text{الميل}} = 0.0311$ kg

نسبة عدم اليقين في R:

$\frac{0.01}{0.76} \times 100\% = 1.3\%$

بالتالي، نسبة عدم اليقين في M:

15% + 1.3% = 16%

ط. القوة في الخيط هي قوة شدّ. الاحتكاك يعني أن الوزن أكبر من قوة الشدّ المؤثرة على السدّادة المطاطية وقيمة (T^{-2}) أصغر.

ي. يشد الخيط الكتلة بقوة. تشدّ الكتلة الخيط بقوة مساوية بالمقدار ومعاكسة بالاتجاه. تشدّ الأرضُ الأثقال المعلّقة نحوها بقوة الجاذبية، تشد الأثقال الأرضَ إلى الأعلى بقوة مساوية بالمقدار ومعاكسة بالاتجاه.

التعليم المتمايز (تفريد التعليم)

التوسّع والتحدّي

أعطِ الطلبة ذوي التحصيل الدراسي المرتفع مزيدًا من الأسئلة الصعبة من كتاب الطالب وكتاب التجارب العملية والأنشطة لتطوير مهاراتهم.

الدعم

سيواجه الطلبة ذوو التحصيل الدراسي المنخفض في الرياضيات بعضًا من الصعوبة؛ لذلك سيحتاجون إلى وقت للعمل معك على الأسئلة السهلة أو المباشرة، قبل التطرّق إلى الأسئلة الأكثر صعوبة.

تلخيص الأفكار والتأمّل فيها
• اطلب إلى الطلبة كتابة جميع المعادلات التي مرّوا بها في الموضوعَين ٥-٥ و ٥-٦ وتأكّد من أن الجميع كتب معادلات صحيحة.

الموضوع ٦-٧: مصدر القوة المركزية

الأهداف التعليمية

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

نظرة عامة على الموضوع

- يتعرّف الطلبة إلى القوة المركزية لجسم يتحرك في حركة دائرية.

عدد الحصص المقترحة للتدريس

يخصص لتنفيذ هذا الموضوع ٤ حصص دراسية (ساعتان و٤٠ دقيقة) من ضمنها الاستقصاء العملي ٦-٢ أو ٦-٣.

المصادر المرتبطة بالموضوع

المصدر	الموضوع	الوصف
كتاب الطالب	٦-٧ مصدر القوة المركزية	• الأسئلة من ١٩ إلى ٢١
كتاب التجارب العملية والأنشطة	نشاط ٦-٣ التسارع المركزي الاستقصاء العملي ٦-٢: تخطيط البندول المخروطي أو الاستقصاء العملي ٦-٣: تحليل بيانات البندول المخروطي	• السؤالان ٥ و ٦ • هناك خياران لممارسة الاستقصاءات العملية المصمّمة لتلخيص موضوع الحركة الدائرية وتوحيدها.

المفاهيم الخاطئة وسوء الفهم

- يعتقد العديد من الطلبة أن القوة المركزية هي قوة أخرى إضافة إلى القوى المؤثرة على الجسم فعلًا، ومن المهم جدًا أن يفهم الطلبة أن القوة المركزية هي قوة محصلة تسبب حركة دائرية، كما أن التركيز في هذا الموضوع يجب أن يوجه إلى القدرة على تحديد أي قوى (أو مركّبات القوى) تُسهم في القوة المركزية.

أنشطة تمهيدية

فكرة أ (١٠ دقائق)

- اطلب إلى الطلبة رسم مخطط للأدوات المستخدمة في الاستقصاء العملي ٦-١ وتسمية القوى المؤثرة على السدّادة المطاطية، واطلب إليهم تحديد أيّ من هذه القوى لها مركبة باتجاه مركز المسار الدائري. المخطط الجيد هو الذي سيجعل الخيط مرسومًا بشكل غير أفقي. أدر نقاشًا حول سبب عدم إمكانية أن يكون الخيط أفقيًا (يجب أن يتّزن وزن السدّادة مع القوة المتجهة نحو الأعلى والتي توفرها المركّبة الرأسية لقوة الشدّ). استخدم هذه المعادلة كفرصة للتأكيد على أن المركّبة الأفقية للشدّ هي القوة المركزية. فالقوة المركزية ليست قوة إضافية.
- قد يُطلب إلى الطلبة ذوي التحصيل الدراسي المرتفع أن يفكروا في القوى المؤثرة على السدّادة إذا أُديرت بحركة دائرية في مستوى رأسي.

› **أفكار للتقويم:** يجب أن يرسم الطلبة سهمًا رأسيًا إلى الأسفل لتمثيل وزن السدّادة، وسهمًا على طول السلك باتجاه مركز الدائرة لتمثيل قوة الشدّ في الخيط. تعمل المركّبة الأفقية للشدّ في الخيط كقوة مركزية.

الأنشطة الرئيسية

١ تجارب لتعزيز فكرة التسارع المركزي (٣٠ -٤٠ دقيقة)

- هيّئ مجموعة من التجارب أو عروض محاكاة في المختبر لإظهار الحركة الدائرية. طرحت بعض المقترحات في الإرشادات العملية أدناه؛ ويمكن بدلًا من ذلك عرض مقاطع فيديو أو صور لأجسام تتحرك بحركة دائرية، كما يمكن الحصول على بعض الأمثلة من الصور الموجودة في كتاب الطالب.
- يبدأ كل طالب (أو مجموعة ثنائية من الطلبة) بتنفيذ تجربة مختلفة. أعطِ الطلبة ما لا يزيد عن خمس دقائق في كل تجربة لعرضها وكتابة تعليق في دفاترهم للإجابة عن الأسئلة، مثل: «ما الذي يوفر القوة التي تبقي الجسم يتحرك في مسار دائري؟» و «ما الاتجاه الذي تؤثر فيه هذه القوة؟».

› **فكرة للتقويم:** اطلب إلى بعض الطلبة قراءة ملاحظاتهم عن تجربة معيّنة، واسمح للطلبة الآخرين بطرح الأسئلة عليهم أو إضافة تعليقات.

› **إرشادات عملية:** أفكار للتجارب:

١. أدوات للاستقصاء العملي ٦-١.
٢. شغّل سيارة لعبة تعمل بزنبرك سحب خلفي وثبّت الإطارَين الأماميَّين بزاوية بحيث تتحرك في (جزء من) دائرة.
٣. بندول مخروطي.
٤. محاكاة دوران القمر حول الأرض.
٥. مقطع من فيلم لطائرة تدور في حلقة.

٢ أنشطة كتاب التجارب العملية والأنشطة (٣٠ دقيقة)

- يجب على الطلبة حلّ الأسئلة ١٩-٢١ من كتاب الطالب والسؤالان ٥-٦ فقط من النشاط ٦-٣ من كتاب التجارب العملية والأنشطة. ستساعد هذه الأسئلة في تعزيز الأفكار حول مصدر القوة المركزية.

› **فكرة للتقويم:** يمكن للطلبة التحقّق من إجاباتهم بأنفسهم أو مع زملائهم. قد يرغب المعلم بدلًا من ذلك في تصحيح إجابات الطلبة لمعرفة مدى تقدمهم في الموضوع.

٣ الاستقصاء العملي ٦-٢: تخطيط البندول المخروطي (٤٠ دقيقة)

المدّة

سيستغرق هذا الاستقصاء العملي ٤٠ دقيقة.

ستحتاج إلى

المواد والأدوات	
• ساعة إيقاف أو مؤقت إلكتروني. • كاميرا ومسجل فيديو، على سبيل المثال هاتف محمول. • طائرة لعبة. • وسائل لمشاهدة الفيديو، على سبيل المثال حاسوب، شاشة عرض.	• مسطرة لقياس طول السلك أو الأطوال على الشاشة لحساب θ أو منقلة لقياس الزاوية مباشرة. • نظارات واقية في حالة انفصال الطائرة عن السلك.

⚠ احتياطات الأمان والسلامة

- يجب ارتداء النظارات الواقية في أثناء التجربة تحسّبًا لانقطاع السلك.

التحضير للاستقصاء

قد يكون من المفيد عرض بندول مخروطي، وشرح كيف تؤثر القوى على البندول المخروطي واستنتاج المعادلة:

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

يجب على الطلبة تصميم تجربة عملية لاختبار العلاقة بين (θ) و (ω).

يحتاج الطلبة إلى:

- معرفة معادلة الزمن الدوري في الحركة الدائرية: $T = \frac{2\pi}{\omega}$.
- التعرّف إلى أنواع المتغيّرات المختلفة الواردة أدناه والتحكّم في الكمّيات.
- القدرة على رسم التمثيلات البيانية وحساب الميل.
- القدرة على جمع قيم عدم اليقين.

المتغيّرات

يجب على الطلبة تحديد:

- المتغير التابع وهو (θ).
- المتغير المستقل وهو (ω)، السرعة المتجهة الزاوية للطائرة أو سرعة الطائرة.
- المتغيّرات الضابطة (التي يجب التحكّم فيها)، وهي طول السلك وكتلة الطائرة.

الطريقة

تتضمن الطريقة المقترحة ما يأتي:

- مخطط يوضّح صورًا لحركة الطائرة التقطت بكاميرا فيديو مع ظهور ساعة الإيقاف في المخطط أيضًا، بحيث يمكن الحصول على زمن لكل إطار (لقطة) يمكن إيجاده. بدلًا من ذلك يمكن تسليط الضوء على الطائرة بحيث يمكن رؤية ظل الطائرة على الشاشة.
- غيّر سرعة الطائرة أو سرعتها المتجهة الزاوية (ω) (على سبيل المثال عن طريق تغيير سرعة محرك المروحة) وقياس الزاوية θ.
- قِس الزمن الدوري (T) (على سبيل المثال، ساعة إيقاف لقياس زمن عدد من الدورات، أو بوابات ضوئية متصلة بمؤقت أو ساعة إيقاف كالمعروضة في الفيديو) أو التردد (f) بالاستعانة ببوابات ضوئية وحاسوب.
- استخدم علامة تتبع عند قياس الزمن أو استخدم بوابات ضوئية متعامدة مع حركة الطائرة.
- قِس الزاوية θ بمنقلة أو استخدم مسطرة لقياس الأطوال وإيجاد قيمة الزاوية باستخدام حساب المثلثات.

تفاصيل إضافية، على سبيل المثال:

- ضبّط سرعة المحرك لعمل تغيّرات في الزاوية θ قابلة للقياس.
- عرض فيديو على شاشة لقياس الزاوية θ.
- استخدم الحركة البطيئة على أبعد حافة للحركة.
- حساب $\cos\theta$ من $\frac{h}{L}$ ، حيث h تمثل ارتفاع الطائرة /أو البندول من نقطة الالتقاط (أو الارتباط بالسلك) و L تمثل طول السلك.
- قياس الزمن لما لا يقل عن 10 دورات.

النتائج

- يخطط الطلبة لجدول تسجيل الملاحظات كتلك الموضّحة في الجدول ٦-٢ في الاستقصاء العملي ٦-٣.

توجيهات حول الاستقصاء

- قد تحتاج إلى مساعدة الطلبة في معرفة كيف تُقاس قيمة الزاوية θ. ربما لا يمتلك الطلبة خبرة في استخدام مقطع فيديو يُشغّل إطارًا واحدًا في كل مرة. يمكنك بدلًا من ذلك إسقاط ظل البندول المخروطي على الشاشة باستخدام مصدر ضوء. اطلب إلى الطلبة استخدام منقلة لقياس الزاوية الظاهرة على الشاشة.
- ستحتاج إلى مساعدة بعض الطلبة لبدء التخطيط للاستقصاء. من الجيد توضيح كل ما هو ضروري من الكميّات المراد قياسها، وكيفية قياس كل منها، والأداة المطلوبة لذلك. يجب على الطلبة التأكّد من وصف كل كمية بأكبر قدر ممكن من التفاصيل، وعليهم مراجعة عملهم في النهاية للتأكّد من أنهم -على سبيل المثال- ذكروا طول السلك الذي قاموا بقياسه أثناء تحليل النتائج، كما عليهم ذكر الأداة المستخدمة في القياس.
- يمكن لبعض الطلبة الذين أنهوا الاستقصاء، استخدام كتلة مربوطة بخيط كبندول مخروطي وأخذ بعض القياسات بأنفسهم من أجل معرفة بعض التحديات المحتملة.

المفاهيم الخاطئة وسوء الفهم

- ربما لا يفهم الطلبة أن الزمن المطلوب هو زمن دورة كاملة وليس فقط لحركة الطائرة من جانب إلى آخر.

إجابات أسئلة الاستقصاء العملي ٦-٢ في كتاب التجارب العملية والأنشطة

أ. يخطط الطلبة لتحليل البيانات، على سبيل المثال، (ω) تحسب من: $\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$.

ارسم تمثيلًا بيانيًا $\cos\theta$ مقابل $\frac{1}{\omega^2}$.

تكون العلاقة صحيحة إذا كانت النتيجة خطًا مستقيمًا يمر عبر نقطة الأصل والميل يكون $\frac{g}{L}$.

ب. يكون أفقيًا: $T\sin\theta = mr\omega^2$

بالتالي: $\frac{Tr}{L} = mr\omega^2$ و $T = mL\omega^2$

ويكون رأسيًا: $T\cos\theta = mg$، لذلك $T = \frac{mg}{\cos\theta} = mL\omega^2$ و $\cos\theta = \frac{g}{L\omega^2}$.

٤ الاستقصاء العملي ٦-٣: تحليل بيانات البندول المخروطي (ساعة واحدة)

المدّة

سيستغرق حل أسئلة التحليل والتقييم ٦٠ دقيقة أيضًا.

التحضير للاستقصاء

- انظر التفاصيل الواردة في الاستقصاء العملي ٦-٣.
- سيستخدم الطلبة نتائج العيّنة لاختبار العلاقة بين (θ) و (ω).

توجيهات حول الاستقصاء

- قد تحتاج إلى مساعدة الطلبة في حساب قيم عدم اليقين، خصوصًا فيما يتعلّق بالزوايا.
- قد تقترح أن تُحسب قيمة عدم اليقين في قيمة واحدة فقط لـ $\cos\theta$ ويُستخدم الناتج لجميع القيم الأخرى لـ $\cos\theta$ للمساعدة في دعم الطلبة ذوي القدرات الحسابية الأضعف أو ذوي التحصيل الدراسي المنخفض. في المقابل، يجب حساب قيمة عدم اليقين في $\cos\theta$ بشكل منفصل لكل زاوية θ.

المفاهيم الخاطئة وسوء الفهم

- ربما لا يفهم الطلبة كيفية استخدام قيمة عدم اليقين في الزاوية للحصول على قيمة عدم اليقين في جيب التمام لتلك الزاوية، وقد يعتقدون أن جيب التمام له النسبة المئوية نفسها لعدم اليقين مثل الزاوية، وقد تحتاج إلى أن تُطلع الطلبة على أنه يجب عليهم حساب قيمتَين لجيب التمام لتحديد قيمة عدم اليقين.

إجابات أسئلة الاستقصاء العملي ٦-٣ في كتاب التجارب العملية والأنشطة

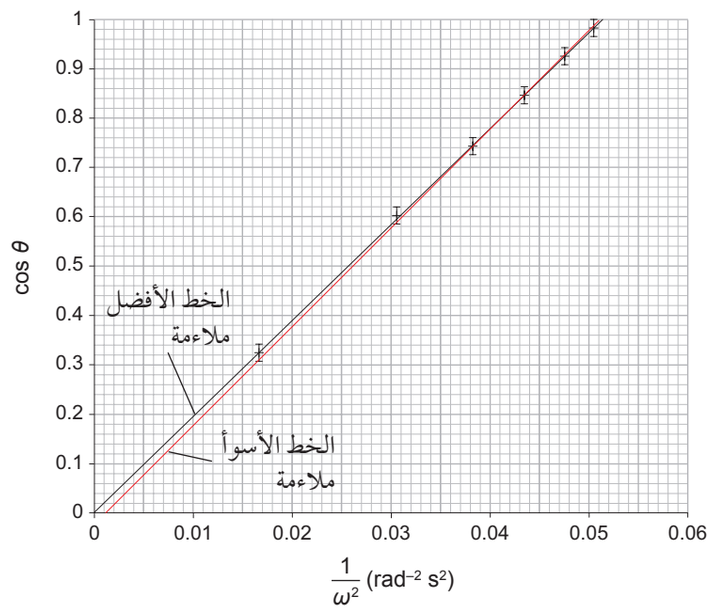
أ. الميل = $\frac{g}{L}$

ب. انظر الجدول ٦-٢. لاحظ أن قيم عدم اليقين في $\cos\theta$ قد تم تحديدها عن طريق خفض مدى القيم إلى النصف عند حساب $\cos\theta$ باستخدام أكبر قيمة لـ θ وأصغر قيمة لـ θ.

$\frac{1}{\omega^2}$ (rad^{-2} s^2)	ω (rad s^{-1})	T (s)	زمن 10 دورات T_{10} (s)	cos θ	θ (°)
0.0504	4.46	1.41	14.1	0.985 ± 0.003	10 ± 1
0.0475	4.59	1.37	13.7	0.927 ± 0.007	22 ± 1
0.0435	4.80	1.31	13.1	0.848 ± 0.009	32 ± 1
0.0383	5.11	1.23	12.3	0.743 ± 0.012	42 ± 1
0.0306	5.71	1.10	11.0	0.602 ± 0.014	53 ± 1
0.0166	7.76	0.81	8.1	0.326 ± 0.017	71 ± 1

الجدول ٦–٢

ج، د.



الشكل ٦–٢

هـ. الميل = $\frac{1.0}{0.0515}$ = 19.4 rad^2 s^{-2}

قيمة عدم اليقين = الفرق بين الميلَين =

= 20.1 – 19.4 = 0.7 rad^2 s^{-2}

و. $L = \frac{g}{\text{الميل}} = \frac{9.81}{19.4}$ = 0.506 m

النسبة المئوية لعدم اليقين في L:

= $\frac{0.7}{19.4}$ × 100% = 3.6%

ز. $\cos\theta = 1$ عندما $\theta = 0$، و $\omega^{-2} = 0.051$، و $\omega = 4.43$ rad s^{-1}، و $T = \frac{2\pi}{\omega} = 1.42$ s.

تلخيص الأفكار والتأمّل فيها

- اطلب إلى الطلبة إكمال أسئلة نهاية الوحدة من كتاب الطالب لاكتساب الثقة في تطبيق المعرفة والفهم المكتسبَين في هذا الموضوع.

إجابات كتاب الطالب

العلوم ضمن سياقها

الحركة في دوائر

من المحتمل أن يكون لدى الطلبة عدد من الأمثلة للمشاركة فيها. قد تشمل:

- سيارة تكبح حركتها فجأة ويندفع الركاب (والأمتعة!) إلى الأمام.
- المتسابقون المتنافسون في سباق الجري يواصلون الجري بعد عبورهم خط النهاية.
- الشعور بترك معدتك خلفك عند ركوب الأفعوانية.
- خدعة سحرية تقليدية «سحب مفرش المائدة».

كل الأشياء السابقة تتعرض إما للاستمرار في التحرك أو للاستمرار في البقاء ثابتة، وكلها أمثلة على قانون نيوتن الأول: يظل الجسم في حالة سكون أو في حركة منتظمة خطية ما لم تؤثر عليه قوة.

إجابات أسئلة موضوعات الوحدة

١. **أ.** الزاوية الكاملة للقرص الدائري للساعة = 360°؛ قرص الساعة مقسم إلى اثني عشر قسمًا، لذا فإن الإزاحة الزاوية لعقرب الساعة لكل ساعة:

$$= \frac{360}{12} = 30°$$

ب. ١. الإزاحة الزاوية لعقرب الدقائق = منتصف قرص الساعة = 180°.

٢. الإزاحة الزاوية لعقرب الساعة:

$$3.5 \times 30° = 105°$$

٢. **أ.** الزاوية 30°:

$$30 \times \frac{\pi}{180} = 0.52 \text{ rad}$$

الزاوية 90°:

$$90 \times \frac{\pi}{180} = 1.57 \text{ rad}$$

الزاوية 105°:

$$105 \times \frac{\pi}{180} = 1.83 \text{ rad}$$

ب. الزاوية 0.5 rad:

$$0.5 \times \frac{180}{\pi} = 28.6°$$

الزاوية 0.75 rad:

$$0.75 \times \frac{180}{\pi} = 43.0°$$

الزاوية π rad:

$$\pi \times \frac{180}{\pi} = 180°$$

الزاوية $\frac{1}{2}\pi$ rad:

$$\frac{1}{2}\pi \times \frac{180}{\pi} = 90°$$

ج. الزاوية 30°:

$$30 \times \frac{\pi}{180} = \frac{\pi}{6} \text{ rad}$$

الزاوية 120°:

$$120 \times \frac{\pi}{180} = \frac{2\pi}{3} \text{ rad}$$

الزاوية 270°:

$$270 \times \frac{\pi}{180} = \frac{3\pi}{2} \text{ rad}$$

الزاوية 720°:

$$720 \times \frac{\pi}{180} = 4\pi \text{ rad}$$

٣. يبقى مقدار السرعة ثابتًا.

٤. **أ.** السرعة هي كمية عددية وثابتة، لذا فإن التغيّر في السرعة = 0 m s^{-1}

ب. تتغير السرعة المتجهة لتصبح في الاتجاه المعاكس، لذلك التغير في السرعة المتجهة:

$$= 0.2 - (-0.2) = 0.2 + 0.2 = 0.4 \text{ m s}^{-1}$$

٥. يدور عقرب الثواني 360° في دقيقة واحدة، أو 2π rad في دقيقة واحدة، أي $\frac{2\pi}{60}$ rad في ثانية واحدة؛ السرعة الزاوية:

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

$$\omega = \frac{2\pi}{60} = 0.105 \text{ rad s}^{-1}$$

٦. أ. عدد الدورات في الثانية:

(20 دورة لكل ثانية) $= \frac{1200}{60} = 20 \text{ rev s}^{-1}$

ب. السرعة الزاوية:

$= 20 \times 2\pi = 40\pi \text{ rad s}^{-1}$

$= 130 \text{ rad s}^{-1}$

$= 1.3 \times 10^{2} \text{ rad s}^{-1}$

(برقمَين معنويَّين)

٧. السرعة:

$v = \omega r$

$v = 0.105 \times 1.8 = 0.19 \text{ cm s}^{-1}$

٨. أ. السرعة الزاوية:

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

$= \frac{\frac{\pi}{2}}{15} = 0.105 \text{ rad s}^{-1}$

ب. السرعة الخطية:

$v = \omega r$

$= 0.105 \times 50 = 5.2 \text{ m s}^{-1}$

٩. السرعة الزاوية:

$\omega = \frac{v}{r}$

$\omega = \frac{7800}{7000 \times 10^{3}} = 1.1 \times 10^{-3} \text{ rad s}^{-1}$

١٠. أ. قوة الجاذبية الأرضية المؤثرة على القمر.

ب. قوة الاحتكاك التي تؤثر بها الطريق على العجلات.

ج. قوة شدّ الخيط الداعم للبندول.

١١. لن تكون هناك قوة احتكاك بين الطريق والعجلات. إذا أدار السائق عجلة القيادة فستستمر حركة السيارة في خط مستقيم.

١٢. السرعة وطاقة الحركة كميّتان عدديّتان والباقي كميات متجهة. السرعة ثابتة. للسرعة المتجهة مقدار ثابت ولكن الاتجاه يتغير باستمرار (الاتجاه مماس للمسار الدائري)؛ طاقة الحركة ثابتة. كمية التحرك ثابتة المقدار ولكن يتغير اتجاهها باستمرار (الاتجاه مماس للمسار الدائري)؛ القوة المركزية لها مقدار ثابت ولكن اتجاهها يتغير باستمرار (يكون الاتجاه دائمًا نحو مركز المسار الدائري)؛ يسلك التسارع المركزي سلوك القوة المركزية نفسه.

١٣. التسارع: $a = \frac{v^2}{r}$

$v = \omega r$

بتربيع الطرفَين نحصل على $v^2 = \omega^2 r^2$

وبالتعويض عن v^2 في معادلة التسارع:

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

١٤. المسافة المقطوعة في مدار واحد كامل:

$s = 2\pi r$

$= 2 \times \pi \times 6400\,000$

$= 4.02 \times 10^{7} \text{ m}$

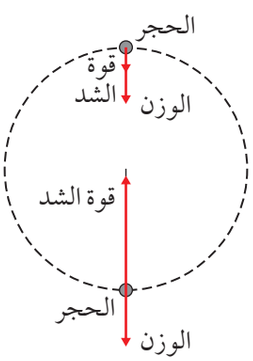
بإعادة ترتيب السرعة: $v = \frac{s}{t}$ لإيجاد الزمن:

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

$= \frac{4.02 \times 10^{7}}{7920} = 5.08 \times 10^{3} \text{ s}$

$t = 1.4 \text{ h}$

١٥.



أقصى قوة شد في الخيط = القوة المركزية + وزن الحجر (لأن المخطط يظهر أن القوة المركزية = قوة الشد في الخيط – الوزن في أسفل الدائرة، ولكن القوة المركزية = قوة الشد في الخيط + الوزن في أعلى الدائرة).

وبالتالي فإن أقصى قوة مركزية:

$= 8.0 - (0.2 \times 9.8) = 6.04$ N

بإعادة ترتيب القوة المركزية $F = \frac{mv^2}{r}$ نجد:

$v = \sqrt{\frac{Fr}{m}}$

$v = \sqrt{\frac{6.04 \times 0.30}{0.20}} = 3.0$ m s^{-1}

١٦. أ. القوة المركزية:

$F = ma$

$F = 350 \times 10^3 \times 8.8 = 3.1 \times 10^6$ N

ب. بإعادة ترتيب معادلة القوة المركزية $F = \frac{mv^2}{r}$ لإيجاد السرعة:

$v = \sqrt{\frac{Fr}{m}} = \sqrt{\frac{3.1 \times 10^6 \times 6740 \times 10^3}{350 \times 10^3}}$

$v = 7.7 \times 10^3$ m^{-1}

ج. بإعادة ترتيب معادلة السرعة: $v = \frac{s}{t}$

لإيجاد الزمن نحصل على: $t = \frac{s}{v}$

$= \frac{2\pi \times 6.74 \times 10^6}{7.7 \times 10^3} = 5.5 \times 10^3$ s

$t = T = 1.5$ h

د. عدد المرات $= \frac{\text{عدد ساعات اليوم}}{\text{الزمن الدوري بالساعات}}$

$= \frac{24}{1.5} = 16$

١٧. أ. الزمن المستغرق لعمل دورة واحدة:

$T = \frac{10}{3} = 3.33$ s

السرعة:

$v = \frac{s}{T} = \frac{2\pi \times 0.50}{3.33}$

$= 0.94$ m s^{-1}

ب. التسارع المركزي: $a = \frac{v^2}{r}$

$= \frac{0.94^2}{0.5}$

$a = 1.76 \approx 1.8$ m s^{-2}

لذلك، $v^2 = \omega^2 r$

ج. القوة المركزية:

$F = ma$

$F = 0.40 \times 1.76 = 0.71$ N

١٨. أ. السرعة:

$v = \frac{s}{t} = \frac{2\pi \times 2.3 \times 10^{11}}{687 \times 24 \times 3600}$

$= 2.4 \times 10^4$ m s^{-1}

ب. التسارع المركزي:

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

$= \frac{(2.4 \times 10^4)^2}{2.3 \times 10^{11}}$

$a = 2.6 \times 10^{-3}$ m s^{-2}

ج. قوة الجاذبية الأرضية $= ma$

$= 6.4 \times 10^{23} \times 2.6 \times 10^{-3} = 1.6 \times 10^{21}$ N

١٩. يجب أن تكون لقوة الشد في الخيط مركّبة رأسية لموازنة وزن السدادة.

٢٠. في الطيران المستوي، توازن قوة الرفع الوزن. أما في أثناء الانعطاف، فتكون المركّبة الرأسية لقوة الرفع أقل من الوزن، لذلك تفقد الطائرة ارتفاعها ما لم يبادر قائد الطائرة إلى زيادة السرعة لتوفير مزيد من قوة الرفع.

٢١. تحتوي قوة التلامس العمودية لجانب المجرى على مركّبة أفقية توفر القوة المركزية. إذا كنت تدور بسرعة، فأنت بحاجة إلى قوة أكبر، لذلك يجب أن تكون المركّبة الأفقية أكبر. يحدث هذا عندما تتحرك إلى الجانب العلوي المقوّس للمجرى.

إجابات أسئلة نهاية الوحدة

١. ج

٢. ب

٣. أ. الزاوية عند مركز الدائرة التي تقابل قوسًا طوله يساوي نصف قطر الدائرة.

ب. السرعة الزاوية:

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

$\omega = \frac{2\pi}{15} = 0.42$ rad s^{-1}

٤. أ. في الموضع الموضح، وزن العربة.

ب. التسارع المركزي: $a = g$

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

سرعة العربة:

$$v = \sqrt{gr} = \sqrt{9.8 \times 4}$$

$$v = 6.3 \text{ m s}^{-1}$$

٥. أ. القوة:

$$F = mr\omega^2$$

$$F = 60 \times 10^{-3} \times 0.15 \times \left(2 \times \pi \frac{20}{60}\right)^2$$

$$= 0.039 \text{ N}$$

ب. تزداد القوة المركزية المؤثرة على اللعبة مع زيادة سرعة دوران القرص الدوار. تسقط اللعبة لأن قوة الاحتكاك بين القرص الدوار واللعبة ليست كافية لتوفير القوة المركزية.

٦. أ. التغير في طاقة الوضع = طاقة الحركة

$$mg\Delta h = \frac{1}{2} mv^2$$

بإعادة ترتيب المعادلة لإيجاد السرعة:

$$v = \sqrt{\frac{2m \times 9.8 \times 0.70}{m}} = 3.7 \text{ m s}^{-1}$$

ب. القوة المركزية:

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

$$= \frac{0.050 \times 3.7^2}{1.5}$$

$$F = 0.46 \text{ N}$$

قوة الشد في الخيط: $F = T - mg$

$$T = F + mg$$

$$T = 0.46 + (0.05 \times 9.8) = 0.95 \text{ N}$$

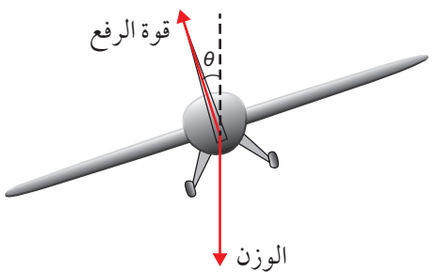
ج. الوزن يساوي قوة الشد فقط عندما تكون الكرة في وضع السكون في الوضع الرأسي.

الكرة ليست في حالة اتزان في الوضع الرأسي لأن لها تسارعًا إلى الأعلى (مركزي).

٧. الاحتكاك بين الإطارات والطريق يوفر القوة المركزية.

يقلل الزيت من قوة الاحتكاك، لذلك تستمر السيارة في قوس أوسع (قوة الاحتكاك ليست كافية لدفع السيارة حول المنعطف المطلوب).

٨. أ.



الوزن يؤثر رأسيًا إلى الأسفل، قوة الرفع عمودية على جناحَي الطائرة.

ب. (الرفع = L، الزاوية مع المحور الصادي = θ)

لذلك فإن القوة الرأسية:

$$F_y = L \cos\theta = mg$$

القوة الأفقية:

$$F_x = L \sin\theta = \frac{mv^2}{r}$$

$$\frac{\sin\theta}{\cos\theta} = \tan\theta = \frac{\frac{mv^2}{r}}{mg} = \frac{\frac{m \times 75^2}{800}}{m \times g} = 0.717$$

$$\theta = 36°$$

٩. أ. هي الإزاحة الزاوية لكل وحدة زمن.

ب. ١.

$$T \cos\theta = mg$$

$$T = \frac{0.20 \times 9.8}{\cos 56°} = 3.5 \text{ N}$$

٢. القوة المركزية $= T \sin\theta = mr\omega^2$

$$\omega = \sqrt{\frac{T \sin\theta}{mr}} = \sqrt{\frac{3.5 \times \sin\theta}{0.20 \times 0.40}}$$

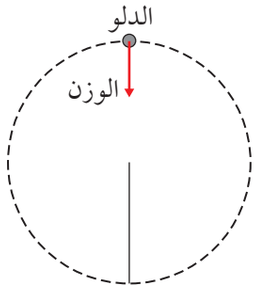
$$= 6.0 \text{ rad s}^{-1}$$

٣. الزمن اللازم لإكمال دورة كاملة واحدة:

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{6.0} = 1.0 \text{ s}$$

١٠. أ. التسارع المركزي هو تسارع جسم ما باتجاه مركز الدائرة عندما يتحرك بسرعة ثابتة على مسار تلك الدائرة.

ب. ١.



في أعلى الدائرة، القوة المركزية يسببها وزن الدلو (قوة الشد = 0 لأن المطلوب الحد الأدنى للسرعة)، وبالتالي القوة المركزية:

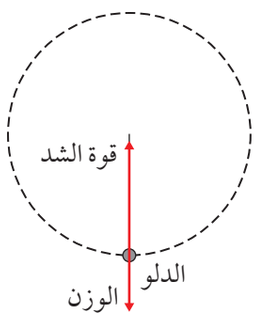
$$mg = \frac{mv^2}{r}$$

لذلك، السرعة:

$$v = \sqrt{gr} = \sqrt{\frac{1.8}{2} \times 9.8}$$

$$v = 3.0 \text{ m s}^{-1}$$

٢.



في الجزء الأسفل من الدائرة، ستكون لقوة الشد في الحبل الذي يمسك الدلو قيمته القصوى. للحفاظ على سرعة ثابتة، يجب أن تبقى القوة المركزية mg. لذلك فإن الشد في الحبل هو $2mg$ لأن القوة المركزية:

$$F = T - mg$$

$$T = 2mg$$

$$T = 2 \times 5.4 \times 9.8 = 106 \text{ N}$$

١١. أ. يشعر الطيار بأنه قد تم إلقاؤه من الدائرة أو يشعر الطيار بالضغط إلى الخارج مقابل المقعد.

القصور الذاتي يعني أنه بدون قوة سيتحرك الطيار في خط مستقيم.

تجذب القوة المركزية الطيار إلى الداخل باتجاه مركز الدائرة.

ب. ١. $F = \frac{mv^2}{r}$ ، وبإعادة ترتيب المعادلة:

$$v = \sqrt{\frac{Fr}{m}} = \sqrt{\frac{6m \times 9.8 \times 5.0}{m}}$$

$$v = 17.1 \text{ m s}^{-1} \approx 17 \text{ m s}^{-1}$$

(برقمَين معنويَّين)

٢.

$$\omega = \frac{v}{r}$$

$$= \frac{17.1}{5.0} = 3.4 \text{ rad s}^{-1}$$

عدد الدورات في الدقيقة:

$$= 3.4 \times \frac{60}{2}\pi$$

= دورة في الدقيقة 33

ج. تعني المنعطفات الحادة في القتال بسرعة عالية أن الطيار سيتدرب على مواجهة قوى مركزية عالية.

١٢. أ. زاوية راديان واحد تقابل قوسًا طوله نصف قطر الدائرة r لدائرة كاملة.

طول القوس = محيط الدائرة $= 2\pi r$

الزاوية المقابلة للدائرة:

$$= \frac{2\pi r}{r} = 2\pi \text{ rad}$$

ب. ١. 540 rpm $= \frac{540}{60} = 9$ rps $= 9$ Hz ، لذلك،

$$\omega = 9 \times 2\pi = 56.5 \text{ rad s}^{-1}$$

٢. $F = mr\omega^2$

$$= 20 \times 10^{-6} \times 0.10 \times 56.5^2$$

$$= 6.4 \times 10^{-3} \text{ N}$$

ج. قوة الجاذبية:

$$\approx 20 \times 10^{-6} \times 10 = 0.2 \times 10^{-3} \text{ N}$$

وهذه القوة أقل بكثير من القوة المركزية المحسوبة في الجزئية (ب ٢) ما يعني أن أجهزة الطرد المركزي تعتبر أكثر فاعلية لفصل الخليط.

إجابات كتاب التجارب العملية والأنشطة

إجابات أسئلة الأنشطة

نشاط ٦-١: قياس الزاوية

١. أ. $\theta = \frac{s}{r} = \frac{1.50}{1.00} = 1.50$ rad

ب. $s = r\theta = 0.5 \times 2.0 = 1.0$ cm

ج. $r = \frac{s}{\theta} = \frac{1.0}{0.50} = 2.0$ m

د. $\theta = \frac{s}{r} = \frac{0.48}{1.10} = 0.44$ rad

هـ. $s = r\theta = 0.03 \times 1.81 = 0.054$ m

و. $r = \frac{s}{\theta} = \frac{27}{1.2} = 23$ mm

٢. أ. 2π radians $= 360°$

1 radian $= 360 \div 2\pi = 57.3°$

ب. ١. $20 \times \frac{2\pi}{360} = 0.35$ rad

٢. $75 \times \frac{2\pi}{360} = 1.3$ rad

٣. $175 \times \frac{2\pi}{360} = 3.1$ rad

ج. ١. $0.40 \times \frac{360}{2\pi} = 23°$

٢. $1.35 \times \frac{360}{2\pi} = 77.3°$

٣. $2.0 \times \frac{360}{2\pi} = 115 \approx 120 = 1.2 \times 10^2$

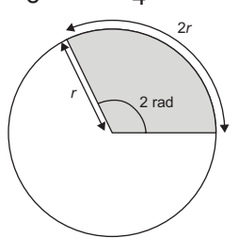
(برقمَين معنويَّين)

د. ١. $\frac{180}{360} = \frac{1}{2} \times 2\pi = \pi$ rad

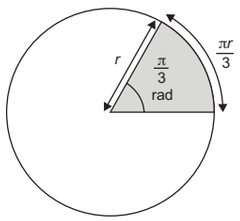
٢. $\frac{90}{360} = \frac{1}{4} \times 2\pi = \frac{\pi}{2}$ rad

٣. $\frac{45}{360} = \frac{1}{8} \times 2\pi = \frac{\pi}{4}$ rad

٣. أ.



ب.



٤. أ. ١. 0.540

٢. 1.56

٣. 0.100

٤. 0.707

٥. 0.500

ب. ١. 0.524

٢. 2.28

نشاط ٦-٢: الحركة الدائرية المنتظمة

١. أ. 2π rad

ب.

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

$\omega = \frac{2\pi}{35} = 0.18$ rad s^{-1}

ج. المسافة:

$s = 2\pi r = 2\pi \times 20.0 = 126$ m

د. السرعة $= \frac{\text{المسافة}}{\text{الزمن}}$

$= \frac{126}{35} = 3.6$ m s^{-1}

هـ. السرعة:

$v = r\omega$

$v = 20.0 \times 0.18 = 3.6$ m s^{-1}

٢. أ. المسافة:

$2\pi r = 2\pi \times 100.0 = 628.3$ m

ب. المسافة:

$2\pi r = 2\pi \times (100.0 + 0.80) = 633.3$ m

تزيد المسافة التي قطعها العداء B عن المسافة التي قطعها العداء A عند إكمال دورة كاملة بمقدار:

$633.3 - 628.3 = 5.0$ m

ج. كِلا العدّاءَين لهما السرعة الزاوية نفسها،
لذلك $\omega_A = \omega_B$
باستخدام: $\omega = \frac{v}{r}$، نحصل على:

$$= \frac{v_A}{r_A} = \frac{v_B}{r_B}$$

$$v_B = \frac{v_A \times r_B}{r_A} = \frac{5.0 \times 100.8}{100.0} = 5.04 \text{ m s}^{-1}$$

٣. أ. الزمن $= \frac{\text{المسافة}}{\text{السرعة}}$

$$= \frac{900}{18.0} = 50 \text{ s}$$

ب. الزاوية:

$$= \frac{900}{3600} = 0.25 \text{ rad}$$

ج. باستخدام: $\omega = \frac{v}{r}$

$$\omega = \frac{18.0}{3600} = 5.00 \times 10^{-3} \text{ rad s}^{-1}$$

د.

نشاط ٦-٣: التسارع المركزي

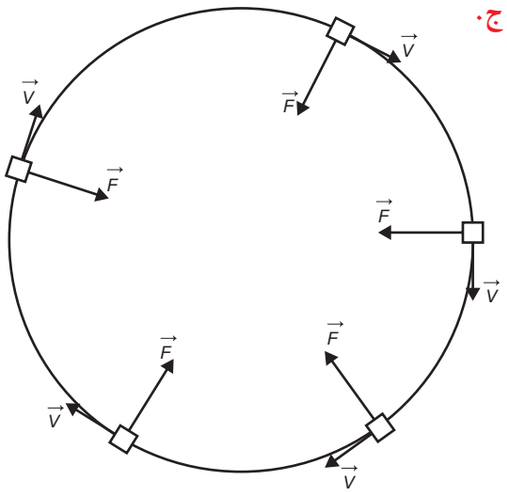
١. أ. سيبقى الجسم ساكنًا أو سيتحرك بسرعة ثابتة (سرعة ثابتة في خط مستقيم) (قانون نيوتن الأول للحركة).

ب. باتجاه مركز الدائرة.

٢. أ. السرعة ثابتة.

ب. تتغير السرعة المتجهة. مقدارها ثابت ولكن اتجاهها يتغير باستمرار نحو مركز المسار الدائري.

ج.



٣. أ. قوة الشد في الخيط.

ب. المسافة المقطوعة في 8 دورات:

$$= 8 \times 2\pi r = 8 \times 2\pi \times 40.0 = 2010.6 \text{ cm}$$

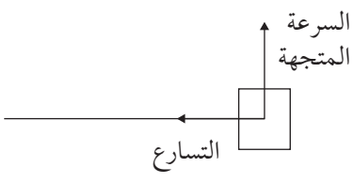
باستخدام معادلة السرعة $= \frac{\text{المسافة}}{\text{الزمن}}$

$$= \frac{2010.6}{10} = 201 \text{ cm s}^{-1}$$

أو 2.01 m s^{-1}

ج. $a = \frac{2.01^2}{0.400} = 10.1 \text{ m s}^{-2}$

د.



هـ. كتلة السدادة.

و. ستطير السدادة وتتحرك على طول المماس للنقطة في المدار لحظة تحريرها (وتبدأ بالسقوط تحت تأثير الجاذبية).

٤. أ. سنة واحدة:

$$= 365.25 \times 24 \times 60 \times 60$$

$$= 3.16 \times 10^7 \text{ s}$$

ب. $\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{3.16 \times 10^7} = 1.99 \times 10^{-7} \text{ rad s}^{-1}$

ج. $a = r\omega^2$

$= 150 \times 10^9 \times (1.99 \times 10^{-7})^2$

$= 5.95 \times 10^{-3}\ \text{m s}^{-2}$

د. $\frac{9.8}{5.95 \times 10^{-3}} = 1648$

أكبر بمقدار 1.6×10^3 مرة (برقمَين معنويَّين)

٥. أ. $a = \frac{v^2}{r} = \frac{28^2}{300} = 2.6\ \text{m s}^{-2}$

ب. $F = ma = 1200 \times 2.6 = 3136\ \text{N} \approx 3.1 \times 10^3\ \text{N}$

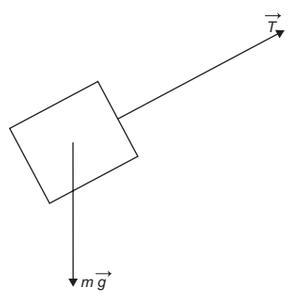
(برقمَين معنويَّين)

ج. المركّبة الأفقية لـ $\vec{N}$ وتساوي $N\sin\theta$ أفقيًا إلى اليسار (باتجاه مركز الدائرة).

د. $\tan\theta = \frac{28^2}{300 \times 9.81} = 0.266$

$\theta = \tan^{-1}(0.266) = 15°$

٦. أ. قوة الجاذبية (وزنها $m\vec{g}$)؛ قوة الشد في الخيط $\vec{T}$.



ب. $W = mg$

$= 0.150 \times 9.81 = 1.47\ \text{N}$

ج. المركّبة الرأسية لـ $\vec{T}$ = $T\cos60°$

$= 1.47\ \text{N}$

المركّبة الرأسية:

$= T\cos\theta\ 1.47 = T \times \cos60°$

$T = \frac{1.47}{\cos60°} = 2.94\ \text{N}$

د. المركّبة الأفقية لـ $\vec{T}$

$T\sin\theta = 2.94 \times \sin60° = 2.55\ \text{N}$

هـ. $a = \frac{F}{m}$

$= \frac{2.55}{0.15} = 17\ \text{m s}^{-2}$

و. باستخدام $a = \frac{v^2}{r}$ ومع إعادة الترتيب:

$v = \sqrt{ar} = \sqrt{(17) \times .60}$

$v = 3.2\ \text{m s}^{-1}$

ز. المسافة المقطوعة في دورة واحدة:

$= 2\pi r = 2\pi \times 0.60 = 3.77\ \text{m}$

باستخدام الزمن = $\frac{\text{المسافة}}{\text{السرعة}}$

الزمن المستغرق لدورة واحدة:

$= \frac{3.77}{3.2} = 1.2\ \text{s}$

إجابات أسئلة نهاية الوحدة

١. أ. معدل تغيّر الإزاحة الزاوية.

ب. $\frac{60}{10} = 6\ \text{s}$ تستغرق دورة واحدة

$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{6} = 1.0\ \text{rad s}^{-1}$

ج. $a = r\omega^2$

$= 1.20 \times \left(\frac{\pi}{3}\right)^2 = 1.3\ \text{m s}^{-2}$

د. ١. تبقى السرعة الزاوية كما هي.

٢. ينخفض التسارع المركزي.

٣. تنخفض القوة المركزية.

٢. أ. $\theta = \frac{s}{r} = \frac{\pi r}{r} = \pi\ \text{rad}$

ب. $\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{\pi}{11.51} = 0.2729\ \text{rad s}^{-1}$

$v = r\omega = 50.0 \times 0.2729 = 13.6\ \text{m s}^{-1}$

ج. $F = mr\omega^2$

$= 94.2 \times 50.0 \times 0.2729^2 = 351\ \text{N}$

د. سيبدأ في الانزلاق عبر المسار، ليأخذه بعيدًا عن مركز المسار الدائري.

٣. أ. المركبة الرأسية لـ $\vec{L}$ تساوي الوزن وتتزن معه.

توفر المركبة الأفقية لـ $\vec{L}$ التسارع المركزي.

تتحرك هذه القوة حول المدار الدائري أثناء تحرك الطائرة وتكون دائمًا في اتجاه مركز المسار الدائري.

ب. ١. باستخدام $F = \frac{mv^2}{r}$ وبإعادة الترتيب:

$$v = \sqrt{\frac{Fr}{m}} = \sqrt{\frac{1.9 \times 10^6 \times 2.5 \times 10^3}{1.5 \times 10^5}}$$

$$v = 180 \text{ m s}^{-1} = 1.8 \times 10^2 \text{ m s}^{-1}$$

(برقمَين معنويَّين)

٢. مقدار القوة المركزية $\vec{F}$ يساوي المركبة الأفقية لـ $\vec{L}$

$$L\cos\theta = 2.4 \times 10^6 \times \cos\theta = 1.9 \times 10^6$$

$$\theta = \cos^{-1}\left(\frac{1.9 \times 10^6}{2.4 \times 10^6}\right) = 38°$$

الوحدة السابعة

الاهتزازات

نظرة عامة

- تتناول هذه الوحدة الاهتزازات، وخصوصًا الحركة التوافقية البسيطة.
- يتوقع من الطالب خلال هذه الوحدة أن:

– يعرّف مصطلحات الإزاحة والسعة والزمن الدوري والتردّد والتردّد الزاوي وفرق الطور للحركة الاهتزازية ويستخدمها.

– يصف العلاقة بين التردّد والتردّد الزاوي ويستخدم المعادلة $\omega = 2\pi f$.

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

– يذكر أن الحركة التوافقية البسيطة تحدث عندما يتناسب التسارع طرديًا مع الإزاحة من موضع الاتزان وبالاتجاه المعاكس ويطبقها.

– يحلّل منحنيات التمثيل البياني لتغيرات الإزاحة والسرعة المتجهة والتسارع للحركة التوافقية البسيطة، ويفسّرها.

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

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

– يصف التحولات بين طاقة الحركة وطاقة الوضع أثناء الحركة التوافقية البسيطة.

– يستخدم المعادلة $E = \frac{1}{2}m\omega^2 x_0^2$ للحصول على الطاقة الكلية لنظام يخضع لحركة توافقية بسيطة.

– يذكر أن القوة المقاومة هي القوة التي تؤثر على النظام المهتز فتسبب تخميده.

– يستخدم مصطلحات التخميد الضعيف والحرج والقوي.

– يرسم منحنيات التمثيل البياني (الإزاحة–الزمن) لتوضيح التخميد الضعيف والحرج والقوي.

– يشرح أن الرنين يتضمن سعة عظمى للاهتزازات، وأن هذا يحدث عندما يُجبر النظام المهتز على الاهتزاز بتردده الطبيعي.

- ثمّة فرص لتغطية جميع أهداف التقويم الثلاثة: AO1 (المعرفة والفهم)، AO2 (معالجة المعلومات وتطبيقها وتقييمها) و AO3 (المهارات والاستقصاءات التجريبية).

مخطط التدريس

أهداف الموضوع	الموضوع	عدد الحصص	المصادر في كتاب الطالب	المصادر في كتاب التجارب العملية والأنشطة
٧–١، ٧–٣	٧–١ الاهتزازات الحرة والقسرية ٧–٢ ملاحظة الاهتزازات ٧–٣ وصف الاهتزازات	٥	الأسئلة من ١ إلى ٤	نشاط ٧–١ وصف الاهتزازات الاستقصاء العملي ٧–١: اهتزاز مسطرة مترية كبندول
٧–٤، ٧–٥	٧–٤ الحركة التوافقية البسيطة ٧–٥ تمثيل الحركة التوافقية البسيطة بيانيًا	٣	السؤالان ٥ و ٦	نشاط ٧–٢ التمثيلات البيانية
٧–١، ٧–٢، ٧–٣، ٧–٦، ٧–٧، ٧–٨، ٧–٩	٧–٦ التردد والتردد الزاوي ٧–٧ معادلات الحركة التوافقية البسيطة ٧–٨ تغيّرات الطاقة في الحركة التوافقية البسيطة	٥	الأسئلة من ٧ إلى ٢٢	نشاط ٧–٣ معادلات الحركة التوافقية البسيطة نشاط ٧–٤ الطاقة والتخميد في الحركة التوافقية البسيطة (السؤالان: ١ و ٢)
٧–١٠، ٧–١١، ٧–١٢، ٧–١٣	٧–٩ الاهتزازات المخمدة ٧–١٠ الرنين	٦	السؤالان ٢٣ و ٢٤	نشاط ٧–٤ الطاقة والتخميد في الحركة التوافقية البسيطة (السؤالان: ٣ و ٤)

الموضوعات ٧-١: الاهتزازات الحرة والقسرية و ٧-٢: ملاحظة الاهتزازات و ٧-٣: وصف الاهتزازات

الأهداف التعليمية

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

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

نظرة عامة على الموضوعات

- يُعرّف الطلبة مصطلحات الإزاحة والسعة والزمن الدوري والتردد والتردد الزاوي وفرق الطور للحركة الاهتزازية ويستخدمونها.
- يستخدم الطلبة المعادلتَين الآتيتَين للزمن الدوري في الحركة الاهتزازية $T = \frac{1}{f}$ و $T = \frac{2\pi}{\omega}$.

عدد الحصص المقترحة للتدريس

يخصص لتنفيذ هذه الموضوعات ٥ حصص دراسية (٣ ساعات و ٢٠ دقيقة) من ضمنها الاستقصاء العملي ٧–١.

المصادر المرتبطة بالموضوع

المصدر	الموضوع	الوصف
كتاب الطالب	٧-١ الاهتزازات الحرة والقسرية ٧-٢ ملاحظة الاهتزازات ٧-٣ وصف الاهتزازات	• الأسئلة من ١ إلى ٤ • المثال ١ • المهارة العملية ٧-١: ملاحظة الاهتزازات البطيئة
كتاب التجارب العملية والأنشطة	نشاط ٧-١ وصف الاهتزازات الاستقصاء العملي ٧-١: اهتزاز مسطرة مترية كبندول	• أسئلة لتقييم المعرفة والفهم لمتغيرات الحركة الاهتزازية والمعادلات التي تربط بينها بما في ذلك التمثيلات البيانية للاهتزازات.

المفاهيم الخاطئة وسوء الفهم

- يعتقد العديد من الطلبة أن زمن الاهتزازة الكاملة يُقاس على أنه الزمن الذي يستغرقه جسم ما لعبور موضع اتزانه مرّتَين على التوالي، وعلى المعلم التأكد من أن الطلبة يفهمون أن الزمن الدوري هو الزمن الذي يستغرقه الجسم المهتز للعودة إلى طوره الابتدائي في الاهتزازة.
- قد يرغب الطلبة في البدء والانتهاء من قياس الزمن الدوري للاهتزازات من أقصى إزاحة بدلًا من موضع الاتزان، وعلى المعلم التأكد من أن الطلبة يفهمون أن موضع الاتزان هو أفضل مكان لبدء الزمن وإنهائه؛ لأن الجسم عند موضع الاتزان يتحرك بأكبر سرعة، بالتالي يقلل من زمن مرور الجسم بهذا الموضع، وهذا يقلّل من الأخطاء البشرية في الحكم على الزمن الذي كان فيه الجسم في موضع الاتزان.

أنشطة تمهيدية

نقترح عليك فكرتَين كتمهيد لهذه الموضوعات؛ وسيعتمد اختيارك على الموارد المتوفرة، وعلى الزمن المتاح، وعلى كيفية تقدم الطلبة في هذه الموضوعات.

فكرة أ (١٠ دقائق)

- وجّه الطلبة إلى إعداد نظام كتلة وزنبرك، وأن يكون الزنبرك معلّقًا على حامل ومثبّت، ثم قم بإزاحة الكتلة إلى الأسفل إزاحة صغيرة وقِس الزمن الدوري للاهتزاز، ثم قم بإزاحة الكتلة بمقدار أكبر وكرّر العملية عدة مرات مع التأكد من بقاء الزنبرك دائمًا في حالة شدّ (يجب أن يبقى طول الزنبرك أكبر من طوله الأصلي خلال فترة الاهتزاز الكاملة) وإلّا فلن يكون الزمن الدوري ثابتًا، وهي النتيجة المطلوب تحقيقها في النشاط.

› **فكرة للتقويم:** اسأل الطلبة عن الاستنتاج الذي يمكنهم التوصل إليه من هذا النشاط؛ سيكتشفون أن الزمن الدوري لا يعتمد على السعة، ثم اطلب إليهم أن يوضّحوا إجابتهم عن السؤال الآتي: لماذا لا تستغرق الحركة زمنًا أطول عندما تقطع مسافة أكبر؟

› **إرشادات عملية:** الأدوات (لكل طالب أو مجموعة ثنائية): كتلة واحدة (500 g)، زنبرك، ساعة إيقاف، حامل ومثبّت.

فكرة ب (١٥ دقيقة)

- استخدم المحاكاة في الشبكة العالمية للمعلومات والاتصالات الدولية (الإنترنت) على الموقع «PHET»، (https://phet.colorado.edu/sims/html/masses-and-springs/latest/masses-and-springs_en.html)، لعرض اهتزاز نظام

كتلة وزنبرك. تشتمل المحاكاة على متغيّرات مختلفة (كتلة، ثابت الزنبرك، تخميد، إلخ) وهي التي ستسمح للمعلم بتغيير الاهتزازات. اطلب إلى الطلبة أن يصفوا ما تمثله الاهتزازة الواحدة الكاملة لنظام كتلة وزنبرك. يجب على الطلبة قياس الزمن الدوري للاهتزاز وكتابة إجاباتهم على الورق أو سبورة بيضاء فردية. وجّه الطلبة إلى مناقشة كيفية قياس الزمن الدوري بأكبر ضبط ممكن. يمكن تحسين الضبط بواسطة قياس الزمن لعدة اهتزازات وأن يكون بدء تشغيل أو إيقاف ساعة الإيقاف من موضع الاتزان.

› **فكرة للتقويم:** من المهم أن يعرف الطلبة ما تمثله الاهتزازة الواحدة الكاملة، على سبيل المثال تتحرك الكتلة من موضع الاتزان إلى الأعلى لتصل إلى أعلى نقطة لها، ثم تعود لتعبر موضع الاتزان إلى الأسفل لتصل إلى أدنى نقطة لها، ثم تعود إلى موضع الاتزان. يمكن للمعلم أيضًا تقييم قدرة الطلبة على قياس الزمن الدوري بأكبر ضبط ممكن من أعمالهم المكتوبة على الورق أو السبورات البيضاء.

الأنشطة الرئيسية

١ الاهتزازات الحرة والقسرية (٢٥ دقيقة)

- اعرض أمام الطلبة جسمًا يهتز اهتزازًا حرًا (على سبيل المثال: بندول بسيط، وتر جيتار تم نقره، نظام كتلة وزنبرك، إلخ) وجسمًا آخر يهتز اهتزازًا قسريًا (على سبيل المثال: اهتزاز بعض الكرات في كيس، مقطع فيديو لجسم فوق غسالة في أثناء تشغيلها، رأس فرشاة أسنان كهربائية، إلخ). اطلب إلى الطلبة قبل الإشارة إلى هذَين النوعَين من الاهتزازات الحرّة والقسرية أن يناقشوا كيف يختلف هذان النوعان من الاهتزازات، فالاهتزاز الحرّ هو ذلك الاهتزاز الذي يحدث من دون تأثير قوة خارجية مستمرة؛ في حين يتطلب الاهتزاز القسري وجود قوة خارجية مستمرة التأثير للإبقاء على الاهتزاز. اطلب إلى الطلبة أن يناقشوا ضمن مجموعات الأمثلة الأخرى للاهتزازات الحرّة والقسرية التي يمكنهم ملاحظتها، أنشئ قائمة بالأمثلة لطلبة الصف بأكمله.

› **فكرة للتقويم:** يجب على الطلبة حلّ السؤال ١ من كتاب الطالب، ويمكن بعد ذلك تقييمه ذاتيًا أو تقييمه بواسطة المعلم.

٢ ملاحظة الاهتزازات البطيئة (٢٥ دقيقة)

- تُعدّ المهارة العملية ٧-١ الواردة في كتاب الطالب مناسبة للطلبة لاكتساب الخبرة في ملاحظة الاهتزازات وتطوير التقنيات لتحديد خصائص هذه الاهتزازات، والأنظمة الثلاثة المقترحة هي:

– نظام كتلة وزنبرك يتكوّن من عربة متصلة بزنبركَين متماثلَين، حيث تُسحب العربة من موضع اتزانها فتهتز أفقيًا، ويمكن أن يتغيّر النظام بواسطة إضافة كتل إلى العربة أو تغيير الزنبركَين بزنبركَين لهما ثابت زنبرك مختلف.

– بندول طويل مكوّن من خيط لا يقلّ طوله عن (2 m)، ويمكن تثبيت أحد طرفَيه بسقف أو إطار باب، ومن كتلة كبيرة مُثبتة بطرفه الآخر.

– مخروط مكبّر الصوت متصل بمولد إشارة، والبدء بمولد إشارة مضبوط على تردد (1 Hz) والسماح للطلبة بملاحظة الاهتزاز، ويتم بعد ذلك زيادة التردد، وبمجرد أن يتجاوز التردد ما يقرب من (50 Hz) قد لا يتمكن الطلبة من رؤية الاهتزازات، استخدم ستروبوسكوب لإثبات أن المخروط لا يزال يهتز، ويمكن بدلًا من ذلك وضع مكبّر الصوت أفقيًا ووضع حبات من الأرز عليه لإثبات أنه يهتز.

- يجب على الطلبة أن يكتبوا عبارة لوصف الحركة الاهتزازية في كل نظام، وكذلك محاولة قياس الزمن الدوري لهذه الحركة، وتُعد هذه فرصة ممتازة لمناقشة استخدام علامة تتبّع وهي العلامة التي توضع في موضع اتزان النظام المهتز بحيث يمكن استخدامها كنقطة مرجعية لبدء أو إنهاء تشغيل المؤقت عندما يمر عبرها الجسم المهتز.

› **فكرة للتقويم:** يجب على الطلبة حلّ السؤال ٢ من كتاب الطالب. يمكنهم توضيح إجاباتهم بالرسم على السبورة البيضاء الفردية، ويمكن للمعلم بعد ذلك مناقشتهم في تلك الإجابات.

› **إرشادات عملية:** الأدوات: عربة واحدة، زنبركات مختلفة، مجموعة من الكتل، حاملان مع مثبّتَين لتثبيتهما بمنضدة، كتلة ثقيلة في نهاية خيط طويل (طوله على الأقل 2 m)، مكبّر صوت، مولد إشارة، أسلاك توصيل، ستروبوسكوب إلكتروني (اختياري). كاميرا فيديو (تحتوي العديد من الهواتف المحمولة على كاميرا مناسبة لهذه المهمة) ويمكن تشغيلها لإعادة عرض الاهتزازات بالحركة البطيئة.

٣ وصف الاهتزازات (٣٠ دقيقة)

- ابدأ برسم تمثيل بياني (الإزاحة – الزمن) لنظام مهتز (يعدّ النظام البسيط المكوّن من كتلة وزنبرك مناسبًا). استخدم التمثيل البياني لتحديد الزمن الدوري والتردد للنظام المهتز، وذكّر الطلبة بأنه يمكن استخدام المعادلة $T = \frac{1}{f}$ لربط هذه المتغيّرات. قدّم لهم مفهوم الطور باعتباره مقياسًا لمرحلة الاهتزاز؛ أي:
  - 0 = بداية الاهتزاز.
  - 90° أو $\frac{\pi}{2}$ rad = ربع اهتزازة.
  - 180° أو π rad = نصف اهتزازة.
  - 270° أو $\frac{3\pi}{2}$ rad = ثلاثة أرباع اهتزازة.
  - 360° أو 2π rad = نهاية الاهتزازة (اهتزازة كاملة).
- تأكّد من أن الطلبة على معرفة بالزوايا التي يتحركون فيها حول مسار دائري ما. أخيرًا قدّم مفهوم فرق الطور، ويمكن تحقيق ذلك من خلال عرض نظامَين متماثلَين من كتلة وزنبرك مهتزَّين بطورَين مختلفَين.
- يبيّن المثال ١ الوارد في كتاب الطالب كيف يمكن تطبيق هذه الأفكار.
- من الجيد أن يتمكن الطلبة من رسم تمثيل بياني (الإزاحة – الزمن) للشكل ٧–٤ الوارد في كتاب الطالب.

› **فكرة للتقويم:** يجب على الطلبة حلّ السؤالَين ٣ و ٤ من كتاب الطالب، حيث يمكن بعد ذلك تقييمهما ذاتيًا أو تقييمهما من قبل المعلم.

٤ أنشطة كتاب التجارب العملية والأنشطة (٢٥ دقيقة)

- يجب على الطلبة الإجابة عن أسئلة النشاط ٧–١ من كتاب التجارب العملية والأنشطة. سيساعد هذا النشاط على تعزيز الفهم حول وصف الاهتزازات.

› **فكرة للتقويم:** يمكن للطلبة التحقّق من إجاباتهم ذاتيًا أو مع أقرانهم، وقد يقوم المعلّم بدلًا من ذلك بتصحيح إجابات الطلبة ليُكوّن صورة عن مستوى تقدمهم.

٥ الاستقصاء العملي ٧-١: اهتزاز مسطرة مترية كبندول (حصتان دراسيتان- ساعة و ٢٠ دقيقة)

المدّة

سيستغرق الاستقصاء العملي ٤٠ دقيقة، وسيستغرق حل أسئلة التحليل والتقييم ٤٠ دقيقة أيضًا.

ستحتاج إلى

المواد والأدوات	
• مسطرة مترية مع ثقوب صنعت على مسافات مختلفة من أحد طرفَي المسطرة، على سبيل المثال: (40 cm) و (35 cm) و (30 cm) و (20 cm) و (10 cm). • ساعة إيقاف تصل دقة قراءتها إلى (0.1 s) على الأقل.	• دبوس أو مسمار رفيع مثبت بإحكام في حامل مع مثبِّت ومشبك. • مثبّت G أو وزن ثقيل لضمان ثبات الحامل ومنع انقلابه.

⚠ احتياطات الأمان والسلامة

- يجب ألّا يكون المسمار في أي موضع أو ارتفاع بحيث قد يتسبب في إصابة الطالب نفسه بأذى، خصوصًا عند الانحناء لأخذ القراءة. غطِّ الطرف الحاد من المسمار بكُرة صغيرة من الصلصال أو بقطعة صغيرة من الفلّين لمنع إصابة الطلبة بأذى.
- يجب أن يكون الحامل ثابتًا بدرجة كافية بحيث لا يسقط عندما تبدأ المسطرة المترية بالاهتزاز، ويمكن استخدام مثبّت G لتثبيت قاعدة الحامل بسطح المنضدة، أو وضع وزن ثقيل على قاعدة الحامل.

التحضير للاستقصاء

يحتاج الطلبة إلى معرفة:

- كيفية إعادة ترتيب المعادلات واستخدام معادلة الخط المستقيم $y = mx + c$.
- كيفية قياس زمن الاهتزازات باستخدام علامة تتبّع موضوعة عند مركز الاهتزاز (موضع الاتزان).
- معنى الاهتزازة الواحدة الكاملة.

سيقيس الطلبة الزمن الدوري لاهتزازة المسطرة المترية المعلّقة من ثقوب مصنوعة في مواضع مختلفة على المسطرة.

توجيهات حول الاستقصاء

- قد تنزلق المسطرة المترية إلى الخارج من المسمار، لذا عدّل زاوية المسمار قليلًا إلى الأعلى عن الأفقي لمنع حدوث ذلك.
- يبدأ الطلبة المحاولة الأولى لقياس الزمن مع تعليق المسطرة عند علامة (40 cm) من أحد طرفَيها.

المفاهيم الخاطئة وسوء الفهم

- يعتقد الطلبة غالبًا أن الاهتزازة الواحدة تكون من أقصى إزاحة إلى أقصى إزاحة في الطرف الآخر، ويعتقدون أنه يجب عليهم قياس الزمن الدوري الذي يبدأ من أقصى إزاحة أيضًا، وعادة ما يكون الحصول على نتائج أكثر ضبطًا في القياس باستخدام علامة تتبّع توضع في مركز الاهتزاز.
- قد يبدأ الطلبة أيضًا بقياس الزمن عند العدّ بـ 1، ثم يتوقفون عندما يصلون إلى 10، وهذا يؤدي إلى قياس زمن 9 اهتزازات كاملة فقط، لذا يجب تدريبهم على قول 0 عند بدء القياس ثم 1 بعد اهتزازة واحدة ويتوقفون عند 10.

التعليم المتمايز (تفريد التعليم)

- يجب تشجيع الطلبة ليقرروا بأنفسهم ما إذا كان عليهم بدء محورَي التمثيل البياني من نقطة الأصل (0، 0)؛ لأن هذا سيمكنهم من تحديد نقطة تقاطع المنحنى مع محور الصادات بدقة، ولكن ربّما لا تتسع صفحة الرسم البياني لجميع النقاط التي حصلوا عليها، فإذا لم يبدأ الطلبة محاور التمثيل البياني الخاصة بهم من النقطة (0، 0) فعليك أن تشرح لهم كيف يحصلون على نقطة التقاطع باستخدام إحدى نقاط المنحنى والميل.

أنموذج نتائج

الجدول ٧-١ يُعطي فكرة عن النتائج التي يجب على الطلبة أن يحصلوا عليها في نهاية الاستقصاء، كما يمكن استخدامها كذلك لإكمال تحليل البيانات وأسئلة التقويم إذا كان الطلبة غير قادرين على تنفيذ الاستقصاء.

D (m)	زمن 10 اهتزازات كاملة			متوسط الزمن الدوري T (s)	d (m)	$T^2 d$ (s² m)	d^2 (m²)
	t_1 (s)	t_2 (s)	t_3 (s)				
0.400	19.81	19.91	19.89	1.987	0.100	0.395	0.010
0.350	17.09	17.00	17.18	1.709	0.150	0.438	0.023
0.300	15.79	15.81	15.83	1.581	0.200	0.500	0.040
0.200	15.29	15.31	15.37	1.532	0.300	0.704	0.090
0.100	15.72	15.77	15.67	1.572	0.400	0.988	0.160

الجدول ٧-١: أنموذج نتائج للاستقصاء العملي ٧-١.

إجابات أسئلة الاستقصاء العملي ٧-١ في كتاب التجارب العملية والأنشطة (باستخدام أنموذج النتائج)

أ. انظر الجدول ٧-١ (العمود السادس).

ب. $T^2 = \frac{A}{d} + Bd$

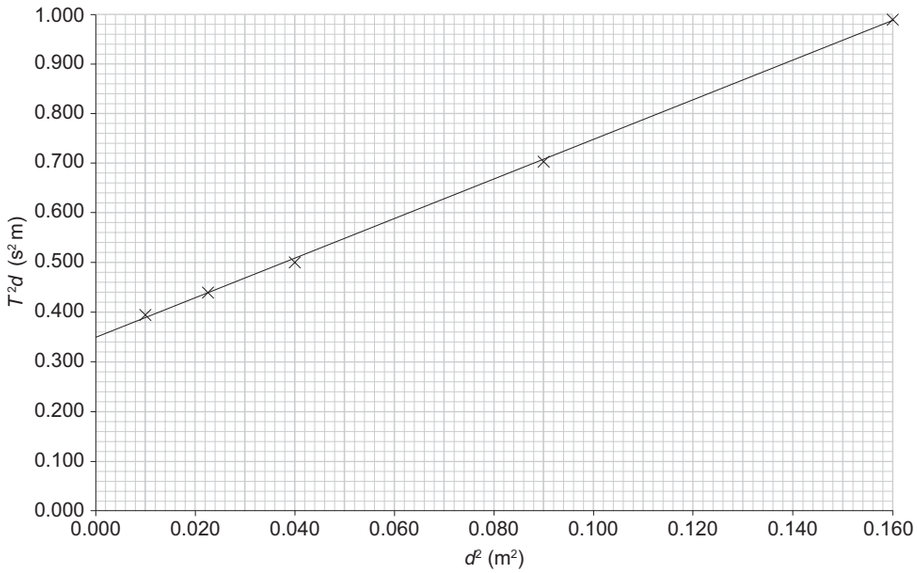
بالضرب في d ينتج: $T^2 d = A + Bd^2$

بإعادة ترتيب المعادلة: $T^2 d = Bd^2 + A$

وبذلك تنطبق هذه المعادلة مع معادلة الخط المستقيم $y = mx + c$ ، فإذا رُسم $T^2 d$ على المحور الصادي (y) و d^2 على المحور السيني (x)، فإن التمثيل البياني سيكون خطًا مستقيمًا ميله B، ونقطة تقاطعه مع المحور الصادي A.

ج. انظر الجدول ٧-١ (العمودان السابع والثامن).

د. انظر الشكل ٧–١.



الشكل ٧–١

هـ. ميل الخط الأفضل ملاءمة = 3.99، ونقطة التقاطع مع المحور الصادي = 0.348

و. $A = 0.348\ s^2\ m$ و $B = 3.99\ s^2\ m^{-1}$

ز. معادلة الخط هي: $T^2 d = 0.348 + 3.99\, d^2$

بالتعويض عن $d = 0.45$ m، ينتج:

$$0.45\ T^2 = 0.348 + (3.99 \times 0.45^2)$$

$$T^2 = \frac{1.16}{0.45} = 2.57$$

$$T = 1.60\ s$$

التعليم المتمايز (تفريد التعليم)

التوسّع والتحدّي

حفّز الطلبة ذوي التحصيل الدراسي المرتفع من خلال سؤالهم حول كيفية قياس الزمن الدوري للأنظمة التي تهتز بسرعة عالية، على سبيل المثال عدة اهتزازات كاملة في الثانية كما في حالة مسطرة بلاستيكية مثبتة من أحد طرفَيها على حافة منضدة ثم يُسحب طرفها الآخر رأسيًا إلى الأسفل.

الدعم

من المرجح أن يجد الطلبة الذين يعانون صعوبة في العمل الاستقصائي تحديًّا كبيرًا في قياس سعة الاهتزازات وتسجيلها. ساعد هؤلاء الطلبة من خلال اقتراح تقنيات مختلفة لإجراء هذه القياسات، على سبيل المثال تأكّد من عدم وجود خطأ اختلاف المنظر عند أخذ القراءات. استخدم عينًا واحدة فقط عند النظر للتدريج. يمكن تقدير القيمة التقريبية لسعة اهتزازة معيّنة من خلال ملاحظة سعة الاهتزازة التي قبلها.

تلخيص الأفكار والتأمّل فيها

- قم بإعداد نشاط حول المصطلحات والمفاهيم التي وردت في هذه الموضوعات لتلخيص أهم أهداف التعلم.

الموضوعان ٧-٤: الحركة التوافقية البسيطة و ٧-٥: تمثيل الحركة التوافقية البسيطة بيانيًا

الأهداف التعليمية

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.

نظرة عامة على الموضوعَين

- يذكر الطلبة أن الحركة التوافقية البسيطة تحدث عندما يتناسب التسارع طرديًا مع الإزاحة عن نقطة الاتزان وبالاتجاه المعاكس ويطبّقونها.
- يحلّل الطلبة منحنيات التمثيل البياني ويستطيعون تحديد القيمة العظمى لكل كمية ويحددون سعة الاهتزازة والزمن الدوري والتردد.

عدد الحصص المقترحة للتدريس

يخصص لتنفيذ هذَين الموضوعَين ٣ حصص دراسية (ساعتان).

المصادر المرتبطة بالموضوع

المصدر	الموضوع	الوصف
كتاب الطالب	٧-٤ الحركة التوافقية البسيطة ٧-٥ تمثيل الحركة التوافقية البسيطة بيانيًا	• السؤالان ٥-٦
كتاب التجارب العملية والأنشطة	نشاط ٧-٢ التمثيلات البيانية	• أسئلة لفهم التمثيلات البيانية.

المفاهيم الخاطئة وسوء الفهم

- يعتقد العديد من الطلبة أن الزمن الدوري لجسم يهتز بحركة توافقية بسيطة يقل عندما تقل السعة، وضّح لهم أن إحدى خصائص الحركة التوافقية البسيطة هي أن الزمن الدوري لا يعتمد على السعة.

أنشطة تمهيدية

من المفيد تلخيص الأفكار عن الموضوع السابق حول الاهتزازات الحرّة والقسرية وتحديد الزمن الدوري للاهتزاز، وفيما يأتي نشاط تمهيدي محدّد، حيث يقود هذا النشاط إلى فكرة الحركة التوافقية البسيطة.

فكرة أ (٢٠ دقيقة)

- جهّز ستة أنظمة مهتزة مثل: بندول بسيط، وعربة مربوطة بزنبركَين من طرفَيها، وكتلة معلّقة بزنبرك يهتز ببطء إلى الأعلى وإلى الأسفل، وسدّادة حوض معلّقة بسلسلة وماء يتدفق من صنبور فوقها بسلاسة بحيث تتحرك السدّادة إلى الأمام وإلى الخلف، وكُرة بوليسترين مطلية بطلاء فلزي ومعلّقة بخيط نايلون تتحرك إلى الأمام وإلى الخلف بين لوحَين فلزيَّين مشحونَين، وكرة تنس طاولة ترتد عن حاجز زجاجي.
- امنح الطلبة دقيقتَين أو ثلاث دقائق لعرض كل نظام مهتز وكتابة ملاحظات موجزة عن كل نظام.

› **أفكار للتقويم:** ادعُ الطلبة إلى مناقشة ملاحظاتهم حول الأنظمة، واسألهم من أجل إثارة النقاش عمّا إذا كان أي من الأنظمة يشترك مع غيره فيما يتعلق بطريقة اهتزازه، ثم اسألهم عمّا يحدث للاهتزازات بمرور الوقت وعمّا إذا كان الزمن الدوري للاهتزازات قد تغيّر مع اضمحلال الاهتزازات، واسألهم عمّا إذا كان هذا ينطبق على جميع الأنظمة أم على بعضها فقط.

› **إرشادات عملية:** الأدوات: بندول واحد، حامل ومثبّت، خيط قطني طوله نحو (1 m)، كرة صغيرة ثقيلة (مصمتة).

عربة: 6 زنبركات، حاملان، مثبتان (لتثبيت الحاملَين على سطح المنضدة). انظر الصورة ٧–٣ الواردة في كتاب الطالب.

كتلة وزنبرك: حامل ومثبّت، زنبرك، كتلة (نحو 500 g، يعتمد ذلك على الزنبرك).

سدّادة مهتزة: سدادة حوض، سلسلة خفيفة، صنبور ماء مناسب فوق الحوض.

كرة تهتز بين لوحَين مشحونَين: مصدر جهد كهربائي عالٍ، صفيحتان فلزّيتان لكل منهما مقبض عازل، كرة بوليسترين مطلية بطلاء فلزي، خيط نايلون، حاملان بمثبّت (لتثبيت الصفيحتَين).

الكرة المرتدة: كرة تنس طاولة، حاجز زجاجي.

الأنشطة الرئيسية

١ عرض توضيحي أو تجربة لاستقصاء قوة الإرجاع على جسم يهتز بحركة توافقية بسيطة (٤٠ دقيقة)

- يمكن تنفيذ هذه التجربة كعرض يقدمه المعلم أو تجربة يجريها طلبة الصف اعتمادًا على الأدوات المتوفرة. جهّز عربة مربوطة بزنبركَين كما في النشاط الرئيسي رقم ٢ «ملاحظة الاهتزازات البطيئة» من الموضوع السابق، استبدل الزنبرك الموجود على كل جانب من العربة بميزان زنبركي، وجّه الطلبة إلى إزاحة العربة مسافة صغيرة عن موضع الاتزان. قِس الإزاحة وقراءتَي الميزانَين الزنبركيَّين وسجّلها. استخدم القراءات الموجودة على الميزانَين الزنبركيَّين لحساب القوة المحصلة على العربة، كرّر المحاولة لعدة إزاحات مختلفة، ثم ارسم تمثيلًا بيانيًا (الإزاحة – قوة الإرجاع).

› **فكرة للتقويم:** يمكن تقييم محاولات الطلبة لإكمال التجربة وتسجيل النتائج بوضوح مع الوحدات الصحيحة والرسم الصحيح للتمثيل البياني. اسأل الطلبة عن الاستنتاج الذي يمكن أن يتوصلوا إليه من النتائج. أشر إلى أن منحنى التمثيل البياني يجب أن يكون في الربعَين الثاني والرابع وذلك للعلاقة الطبيعية بين متجهَي القوة والإزاحة. اسأل الطلبة: (لماذا هاتَين الكميتَين؟ ولماذا في الربعَين الثاني والرابع وليس في الربعَين الأول والثالث؟).

› **إرشادات عملية:** الأدوات (لكل طالب أو مجموعة ثنائية): عربة، 4 زنبركات، ميزانان زنبركيّان، حاملان، مثبتان (لتثبيت الحاملَين على المنضدة). انظر الصورة ٧–٣ الواردة في كتاب الطالب.

يعتمد مدى القوة في الموازين الزنبركية على الزنبركات المستخدمة؛ لكن بشكل عام يكون المدى عادة من (10 N – 0 N) مناسبًا.

من خلال هذا النشاط يمكن للطلبة أن يستنتجوا أن قوة الإرجاع ($\vec{F}$) تتناسب طرديًا مع الإزاحة وبعكس اتجاهها ($F \propto -x$) وبالتالي يتناسب التسارع (a) طرديًا مع الإزاحة وبعكس اتجاهها ($a \propto -x$).

سؤال مفصلي: قبل الانتهاء من التجربة استبدل الميزانَين الزنبركيَّين بزنبركَين واترك العربة تهتز بين الحاملَين.

ضع كتلة (500 g) على العربة. دع الطلبة يشاهدون كيف أن معدل الاهتزاز انخفض واطلب إليهم توضيح السبب.

الإجابة: لا يوجد تغيّر في قوة الإرجاع ولكن أصبحت الكتلة التي يجب تسريعها أكبر، وبالتالي فإن التسارع أصبح أصغر.

٢ عرض لمقارنة الحركة التوافقية البسيطة مع الحركة الدائرية (٣٠ دقيقة)

- جهّز الأدوات المبيّنة في الشكل ٧-٣٤ السؤال ١٠ من أسئلة نهاية الوحدة الواردة في كتاب الطالب. اضبط البندول بحيث يهتز بزمن دوري نحو (1 s) وسعة تساوي المسافة بين مركز المنضدة الدوّارة والساق، ثم شغّل المنضدة الدوّارة واضبط سرعة دورانها لتساوي سرعة اهتزاز البندول، لاحظ ظل البندول والساق عندما يكونان في الطور نفسه بالضبط.
- ابحث في الشبكة العالمية للمعلومات والاتصالات الدولية (الإنترنت) عن مقطع فيديو يوضح تجربة لمقارنة الحركة التوافقية البسيطة مع الحركة الدائرية. يمكن الحصول على فيديو مناسب باستخدام عبارة البحث (Comparing Simple Harmonic Motion to Circular Motion).
- يبيّن هذا النشاط أن هناك ارتباطًا رياضيًا واضحًا في كل من الحركة الدائرية والحركة التوافقية البسيطة، وبالتالي تكون الصيغ الرياضية التي وصفت الحركة الدائرية مماثلة لتلك التي وُصفت بها الحركة التوافقية البسيطة في هذا الموضوع.

› **إرشادات عملية:** الأدوات: منضدة دوّارة مع محرك متغيّر السرعة، ساق خشبي (قطره 2 cm تقريبًا)، شاشة، مصدر ضوئي، بندول بسيط، حامل ومثبّت لتثبيت البندول، معجون لاصق لتثبيت الساق على المنضدة الدوّارة.

٣ أسئلة كتاب الطالب وأنشطة كتاب التجارب العملية والأنشطة (٣٠ دقيقة)

- يجب على الطلبة محاولة حلّ السؤالَين ٥ و ٦ من كتاب الطالب وأسئلة النشاط ٧-٢ من كتاب التجارب العملية والأنشطة. ستساعد هذه الأسئلة في تعزيز الفهم حول الحركة التوافقية البسيطة وتمثيلها بيانيًا.

› **فكرة للتقويم:** يمكن للطلبة التحقّق من إجاباتهم ذاتيًا أو مع أقرانهم. قد يقوم المعلم بدلًا من ذلك بتصحيح إجابات الطلبة لتكوين صورة واضحة عن مستوى تقدمهم.

التعليم المتمايز (تفريد التعليم)

الدعم

سيجد العديد من الطلبة صعوبة في قبول أن حل معادلة هو معادلة أخرى، ويمكنك مساعدتهم من خلال توضيح أن «حلّ المعادلة» يعني وصفًا لكيفية تحرّك الجسم عند وصف الحركة التوافقية البسيطة.

تلخيص الأفكار والتأمّل فيها

- ارجع إلى النشاط التمهيدي الخاص بالموضوع (الأجسام التي تتحرك بحركة توافقية بسيطة). هل يمكن للطلبة الآن تحديد الأنظمة التي كانت تمثل حركة توافقية بسيطة؟ اسأل عن الاختبار الذي (الإجراءات التي) قاموا بتطبيقه (تطبيقها) لتحديد الأنظمة التي مثّلت هذا النوع من الحركة.

الموضوعات ٧-٦: التردد والتردد الزاوي، ٧-٧: معادلات الحركة التوافقية البسيطة ، ٧-٨: تغيّرات الطاقة في الحركة التوافقية البسيطة

الأهداف التعليمية

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

٧-٦ 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.

نظرة عامة على الموضوعات

- يُعرّف الطلبة مصطلحات الإزاحة والسعة والزمن الدوري والتردد والتردد الزاوي وفرق الطور في سياق الاهتزازات ويستخدمونها.
- يصفون العلاقة بين التردد والتردد الزاوي ويستخدمون العلاقة: $\omega = 2\pi f$.
- يستخدم الطلبة المعادلتَين $T = \frac{1}{f}$ و $T = \frac{2\pi}{\omega}$ في سياق الاهتزازات.
- يستخدم الطلبة المعادلة: $a = -\omega^2 x$، ويذكرون أن $x = x_0 \sin(\omega t)$ هي حلّ لهذه المعادلة ويستخدمونها.
- يستخدمون المعادلات $v = v_0 \cos(\omega t)$ و $v = \pm \omega\sqrt{x_0^2 - x^2}$.
- يصفون التحولات في الطاقة بين طاقة الحركة وطاقة الوضع المرونية في أثناء الحركة التوافقية البسيطة.
- يستخدمون المعادلة $E = \frac{1}{2}m\omega^2 x_0^2$ للطاقة الكلية لنظام يخضع لحركة توافقية بسيطة.

عدد الحصص المقترحة للتدريس

يخصص لتنفيذ هذه الموضوعات ٥ حصص دراسية (٣ ساعات و٢٠ دقيقة).

المصادر المرتبطة بالموضوع

المصدر	الموضوع	الوصف
كتاب الطالب	٧–٦ التردد والتردد الزاوي ٧–٧ معادلات الحركة التوافقية البسيطة ٧–٨ تغيّرات الطاقة في الحركة التوافقية البسيطة	• الأسئلة من ٧ إلى ٢٢
كتاب التجارب العملية والأنشطة	نشاط ٧–٣ معادلات الحركة التوافقية البسيطة نشاط ٧–٤ الطاقة والتخميد في الحركة التوافقية البسيطة.	• معادلات الحركة التوافقية البسيطة • السؤالان ١ و ٢ من النشاط ٧–٤

المفاهيم الخاطئة وسوء الفهم

- قد يستخدم العديد من الطلبة المعادلات الخاطئة للحركة التوافقية البسيطة استنادًا إلى فكرة خاطئة مفادها أن المعادلات بدلالة الزمن للإزاحة والسرعة المتجهة صحيحة دائمًا، لذا يجب إخبار الطلبة أن المعادلات التي تربط الإزاحة بالزمن والسرعة المتجهة بالزمن الواردة في كتاب الطالب تفترض أن الجسم المهتز يكون في موضع اتزانه عندما يكون ($t = 0$). وهذا يساعد في تعزيز فكرة أنه من الأفضل قياس الزمن الدوري بدءًا من موضع الاتزان بدلًا من أقصى إزاحة.

أنشطة تمهيدية

هناك ارتباط قوي بين هذه الوحدة والوحدة السادسة، ومن المنطقي بالنسبة إلى المعلم أن يوضح فكرة السرعة الزاوية من الوحدة السادسة قبل إعادة تقديمها كتردد زاوي في هذه الوحدة.

فكرة أ (١٠ دقائق)

- قم بتحريك سدّادة مطاطية مربوطة بإحكام في نهاية خيط حركة دائرية في المستوى الرأسي، واطلب إلى الطلبة قياس الزمن الدوري للحركة الدائرية، ثم احسب التردد والسرعة الزاوية للسدّادة. استخدم هذا التمرين كفرصة للتذكير باستخدام المعادلات: $f = \frac{1}{T}$ و $\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$ من الوحدة السادسة.

› **أفكار للتقويم:** يمكن للطلبة كتابة أعمالهم وإجاباتهم على ورق أو على السبورة البيضاء الفردية، وعلى المعلم التحقّق من أن الطلبة يمكنهم تذكّر هذه المعادلات واستخدامها بشكل صحيح.

الأنشطة الرئيسية

١ التردد الزاوي (٤٠ دقيقة)

- باستخدام السدادة نفسها المربوطة بخيط وكما اُستخدمت في النشاط التمهيدي، اجعلها تدور بحركة دائرية في مستوى أفقي، وعلى الطلبة أن يلاحظوا أنه على الرغم من أن السدّادة تدور بحركة دائرية إلّا أنها تُرى من وجهة نظر أخرى وكأنها تتأرجح من جانب إلى آخر، وهذا الأمر يجب أن يسمح للطلبة برؤية أن الحركة الدائرية نفسها تبدو كحركة توافقية بسيطة عندما ينظر إليها من جهة واحدة فقط.

- على المعلم تقديم فكرة التردد الزاوي في هذه المرحلة، ولا داعي للتطرق إلى مفهوم الإزاحة الزاوية بالنسبة إلى النظام المهتز بحركة توافقية بسيطة، ولكن يُعامل طور الاهتزاز معاملة الإزاحة الزاوية هنا، لذلك يمكن تعريف التردد الزاوي بأنه معدل تغيّر الطور لنظام مهتز.

› **فكرة للتقويم:** يمكن الاستعانة بالتمثيلات البيانية الواردة في كتاب الطالب للاسترشاد بها، ثم يجب على الطلبة حلّ الأسئلة من ٧ إلى ١٣ لاكتساب الخبرة في استخدام فكرة التردد الزاوي بالإضافة إلى قراءة البيانات ذات الصلة من التمثيلات البيانية (الإزاحة – الزمن)، ويمكن للمعلم بعد ذلك تصحيح إجاباتهم أو تقديم التغذية الراجعة لهم بحيث يصبحون قادرين على التحقّق من حلّهم.

٢ معادلات الحركة التوافقية البسيطة (ساعة واحدة)

- يجب أن تُعامل معادلات الحركة التوافقية البسيطة بطريقة معادلات الحركة الخطية نفسها. لا يُتوقع أن يتذكر الطلبة المعادلات الخطية هذه؛ لكن من الضروري أن يتمكنوا من استخدامها كجزء من حل المسائل الرياضية.
- سيعتمد استيعاب المعادلات على مدى تمكُّن الطلبة من الرياضيات، فإذا كانوا متمكّنين رياضيًا فهذا سيساعدهم في المقام الأول على اشتقاق المعادلة $x = x_0 \sin(\omega t)$ من التمثيل البياني (الإزاحة – الزمن).
- أفضل تفسير لإدخال (ω) في دالّة الجيب $\sin\theta$، هو حقيقة أن $\omega = \frac{2\pi}{T}$، وأن الطور (θ) يجب أن يكون مساويًا لـ 2π rad عندما تكون $t = T$. لذلك فإن، $\theta = \omega t$، ويمكن من خلال هذه النقطة استخدام بعض أساسيات التفاضل لاشتقاق المعادلات:

$$v = x_0\omega \cos(\omega t) = v_0 \cos(\omega t)$$

$$a = -x_0\omega^2 \sin(\omega t) = a_0 \sin(\omega t) = -\omega^2 x$$

بالتعويض، يمكن أيضًا إثبات أن $v = \pm\omega\sqrt{x_0^2 - x^2}$ ، (باستخدام المتطابقة $\sin^2\theta + \cos^2\theta = 1$).

- يجب أن يستخدم المعلم المثال ٢ من كتاب الطالب ليوضّح للطلبة كيفية حل الأسئلة استنادًا إلى هذه المعادلات، وتتمثل إحدى الطرائق الجيدة في كتابة قائمة بالمتغيّرات في السؤال، ثم البحث عن المعادلة التي تحتوي على جميع متغيّرات السؤال تلك، على سبيل المثال (في المثال ٢):

$$f = 1.5 \text{ Hz}$$

$$x_0 = 0.10 \text{ m}$$

$$x = ?$$

ثم اتبع خطوات المثال.

› **فكرة للتقويم:** يجب على الطلبة حلّ الأسئلة من ١٤ إلى ١٩ لاكتساب الخبرة في استخدام معادلات الحركة التوافقية البسيطة، ويمكن للمعلم بعد ذلك تصحيح إجاباتهم أو تقديم التغذية الراجعة لهم حتى يتمكنوا من التحقّق من إجاباتهم. يمكن إجراء التقييم من خلال المعادلة $a = -\omega^2 x$ وحلّها $x = x_0 \sin(\omega t)$.

٣ تجربة طاقة البندول (٣٠ دقيقة)

- ابحث في الشبكة العالمية للمعلومات والاتصالات الدولية (الإنترنت) عن 'pendulum lab' في موقع فيت PhET (https://phet.colorado.edu/sims/html/pendulum lab / latest / pendulum-lab_en.html) لعرض محاكاة لبندول مهتز

(استخدم إعدادات مختبر الطاقة)، وابدأ بالسماح للبندول بالاهتزاز من سعات ابتدائية مختلفة من دون تخميد، واطلب إلى الطلبة قياس الزمن الدوري، ونبّه على أنه يجب أن يكون الزمن الدوري ثابتًا (على الرغم من اختلاف السعات)، وأكد للطلبة أن هذا مثال على الحركة التوافقية البسيطة، واطلب إليهم التركيز على التمثيلات البيانية للطاقة في المحاكاة، ووصف طاقة الحركة وطاقة الوضع والطاقة الكلية في البندول على مدار اهتزازة واحدة كاملة.

- يمكن للطلبة بعد ذلك رسم تمثيلات بيانية توضّح:

– كيف تتغير طاقة الحركة وطاقة الوضع والطاقة الكلية مع الإزاحة (انظر الشكل ٧–٢١ الوارد في كتاب الطالب كمثال على ذلك).

– كيف تتغير طاقة الحركة وطاقة الوضع والطاقة الكلية مع الزمن المستغرق على مدى عدة أزمنة دورية (انظر الشكل ٧–٢٠ الوارد في كتاب الطالب كمثال على ذلك).

- على المعلم بعد ذلك قضاء بعض الوقت في تعريف الطلبة على معادلات الطاقة التي تنطبق على الحركة التوافقية البسيطة، على وجه التحديد المعادلة: $E = \frac{1}{2}m\omega^2 x_0^2$، يمكن بعد ذلك استخدام هذه المعادلة لحساب الطاقة الكلية للبندول في المحاكاة.
- وكامتداد لهذا التمرين (مقدمة للموضوع الآتي)، يمكن للمعلم إضافة بعض التخميد الاحتكاكي للاهتزاز والطلب إلى الطلبة أن يتنبأوا بما سيحدث لكل من طاقة الحركة وطاقة الوضع والطاقة الكلية.

› **فكرة للتقويم:** يجب على الطلبة حلّ الأسئلة من ٢٠ إلى ٢٢ لتعزيز فهمهم لموضوع الطاقة في نظام يخضع لحركة توافقية بسيطة.

٤ أنشطة كتاب التجارب العملية والأنشطة (٤٠ دقيقة)

- يجب على الطلبة حل أسئلة النشاطَين ٧– ٣ و ٧– ٤ (السؤالان ١ و ٢ فقط) من كتاب التجارب العملية والأنشطة. سيساعد حلّ مثل هذه الأسئلة على تعزيز فهم الطاقة في نظام يمثل حركة توافقية بسيطة.

› **فكرة للتقويم:** يمكن للطلبة التحقّق من إجاباتهم ذاتيًا أو مع أقرانهم. قد يقوم المعلم بدلًا من ذلك بتصحيح إجابات الطلبة لتكوين صورة واضحة عن مدى تقدمهم.

التعليم المتمايز (تفريد التعليم)

التوسّع والتحدّي

يمكن للطلبة ذوي التحصيل الدراسي المرتفع في الرياضيات توضيح أن $a = -\omega^2 x$ هي المعادلة التفاضلية (المشتقة الثانية لمعادلة الإزاحة) لـ:

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -\omega^2 x$$

يقضي الفيزيائيون الكثير من الوقت في حل المعادلات التفاضلية! ففي هذه الحالة استنتجنا من النشاط الرئيسي ٢ أن الحل هو المعادلة $x = x_0 \sin(\omega t)$. اطلب إلى الطلبة إجراء التفاضل مرّتَين لمعرفة ما إذا كان هذا يُعدّ حلًا ناجحًا.

تلخيص الأفكار والتأمّل فيها

- اطلب إلى الطلبة إثبات أن معادلة الطاقة الكلية لنظام يخضع لحركة توافقية بسيطة هي معادلة متجانسة. قد يستغرب الطلبة وجود وحدة راديان في المعادلة، لذلك يجب إخبارهم بأنه لا يتم «وزنها» في المعادلة كشرط لتجانس الوحدات.

الموضوعان ٧-٩: الاهتزازات المخمدة و ٧-١٠: الرنين

الأهداف التعليمية

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.

نظرة عامة على الموضوعَين

- يذكر الطلبة أن قوة المقاومة التي تؤثر على نظام مهتز تسبب التخميد.
- يستخدم الطلبة مصطلحات التخميد الضعيف والحرج والقوي.
- يرسم الطلبة تمثيلات بيانية (الإزاحة – الزمن) لتوضيح التخميد الضعيف والحرج والقوي.
- يشرح الطلبة أن الرنين يتضمن سعة عظمى للاهتزازات، وأن هذا يحدث عندما يُجبر النظام المهتز على الاهتزاز بتردده الطبيعي.

عدد الحصص المقترحة للتدريس

يخصص لتنفيذ هذَين الموضوعَين ٣ حصص دراسية (ساعتان).

المصادر المرتبطة بالموضوع

المصدر	الموضوع	الوصف
كتاب الطالب	٧-٩ الاهتزازات المخمدة ٧-١٠ الرنين	• السؤالان ٢٣ و ٢٤
كتاب التجارب العملية والأنشطة	نشاط ٧-٤ الطاقة والتخميد في الحركة التوافقية البسيطة	• السؤالان: ٣ و ٤

المفاهيم الخاطئة وسوء الفهم

- يعتقد العديد من الطلبة أن جميع الاهتزازات المدفوعة تهتز بنفس تردد الدافع، ويمكن تصحيح المفاهيم الخاطئة من خلال عرض سلوك بندولات بارتون، فالبندولات تبدأ بالطور نفسه تقريبًا ويبدو أن هناك نمطًا موجيًا يتحرك عبر البندولات ومع ذلك يتحول هذا النمط الموجي بشكل سريع نسبيًا إلى نمط أكثر فوضوية لأن البندولات لها ترددات مختلفة.

أنشطة تمهيدية

نقترح عليك فكرتَين كتمهيد لهذَين الموضوعَين؛ وسيعتمد اختيارك على الموارد المتوفرة، وعلى الزمن المتاح، وعلى كيفية تقدم الطلبة في هذَين الموضوعَين.

فكرة أ (٢٠ دقيقة أو نشاطان تمهيديان منفصلان مدة كل منهما ١٠ دقائق)

- انقر وتر جيتار وشاهده وهو يهتز، واستخدم ميكروفونًا متصلًا بحاسوب أو جهاز لرسم الاهتزازات لعرض صورة الموجة الصوتية على الشاشة.
- اسأل الطلبة عمّا يلاحظونه مع مرور الزمن. توقّع تعليقات مثل: «الاهتزاز يضمحل»، «السعة تقل مع حركة الأوتار»، «يخفت الصوت». اسأل عن سبب حدوث هذا الأمر.
- الآن، ضع مكبر الصوت بالقرب من الجيتار، ثم صِل مولّد الإشارة بمكبر الصوت. ضع تردد مولّد الإشارة في حدود التردد الطبيعي لأحد أوتار الجيتار، واضبط تردد مولّد الإشارة حتى يحدث رنين للوتر.
- اسأل مرة أخرى عمّا لاحظه الطلبة، ثم اطلب إليهم محاولة شرح الظاهرة.

› **أفكار للتقويم:** يمكن تقييم الطلبة من خلال الإجابات التي يقدمونها للأسئلة. من الأفضل القيام بذلك كفريق متجانس بحيث لا يسيطر الطلبة الأكثر قدرة على زملائهم. فكلّ من الملاحظات والاستدلالات مهمة.

› **إرشادات عملية:** جيتار (أو أيّ آلة وترية أخرى)، ميكروفون، راسم اهتزازات أو حاسوب مزوّد ببرنامج راسم اهتزازات، مولّد إشارة، مكبّر صوت.

ستحتاج إلى قضاء بعض الوقت في إعداد هذه التجارب حتى تكون النتائج واضحة ويمكن ملاحظتها والعرض يسير بسلاسة.

فكرة ب (١٠–١٥ دقيقة)

- اعرض مقطع فيديو عن انهيار جسر تاكوما الضيق (Tacoma Narrows Bridge) من الشبكة العالمية للمعلومات والاتصالات الدولية (الإنترنت)، فهو يوضح الاهتزازات القسرية والرنين.

› **فكرة للتقويم:** يمكنك أن تسأل عن سبب سير البروفيسور فاركوهارسون في الفيديو بمنتصف الطريق نحو السيارة.

(الإجابة: إن مركز الطريق لا يواجه أي إزاحة من موضع الاتزان. إن سعة الاهتزاز تزداد كلما ابتعدنا عن مركز الطريق).

الأنشطة الرئيسية

١ استقصاء التخميد (٤٠ دقيقة)

- علّق كتلة (50 g) في الجزء العلوي من شفرة منشار. ثبّت الطرف الآخر من المنشار بمثبّت أو بين كتلتَين من الخشب. اضبط الكتلة و / أو طول شفرة المنشار فوق المثبّت بحيث تؤدي الإزاحة الصغيرة للكتلة إلى اهتزاز شفرة المنشار بتردد يتراوح بين (1 Hz) و (2 Hz). انظر الشكل ٧–٢٤ الوارد في كتاب الطالب.

- لاحظ موضع طرف الشفرة على المسطرة لكل خمس اهتزازات. استمر في الملاحظة لمدة دقيقة واحدة. احسب سعة الاهتزازة لكل قراءة عبر قياس المسافة بين موضع الاتزان وموضع طرف المسطرة.
- ثبّت قطعة من الورق المقوى (بطاقة) بالكتلة، وكرّر التجربة.
- ارسم تمثيلًا بيانيًا للسعة مقابل عدد الاهتزازات لكل مثال.

› **فكرة للتقويم:** يجب أن توضّح التمثيلات البيانية أن البطاقة تسبب تخميدًا كبيرًا، فالسعة يجب أن تقل (في التجربة الثانية) بشكل ملحوظ تمامًا، مع اضمحلال أُسّي تقريبًا.

اسأل الطلبة للتأكّد من أنهم يفهمون أن فَقد الطاقة من النظام المهتز، يكون على شكل طاقة داخلية تعمل على تسخين الهواء كشغل مبذول ضد مقاومة الهواء.

› **إرشادات عملية:** الأدوات (لكل طالب أو مجموعة ثنائية): شفرة منشار، مثبّت أو كتلتان من الخشب ومشبكان، كتلة (50 g) (بالإضافة إلى أيّ كتل أخرى متاحة)، مسطرة مترية، حامل ومثبّت لتثبيت القاعدة، قلم تخطيط.

٢ استقصاء الرنين بواسطة بندولات بارتون (٣٠–٤٠ دقيقة)

- جهّز بندولات بارتون في المختبر بوضع حلقة ستارة فوق كل بندول، اربط البندولات بين حاملَين. تأكّد من أنها مستقرة. ثم أعطِ البندول الدافع إزاحة صغيرة. يمكن للطلبة بسهولة ملاحظة أن البندول الذي طوله يساوي طول البندول الدافع تقريبًا سرعان ما يهتز بسعة أكبر بكثير من البندولات ذات الأطوال الأكبر أو الأقصر وبشكل ملحوظ. وهذا يدل على حدوث الرنين.
- أزل الحلقات، وكرّر التجربة، فستلاحظ أنه على الرغم من أن البندول الذي طوله يساوي طول البندول الدافع يهتز أكثر من البندولات الأخرى، لكن سعته أصبحت أصغر مما كانت عليه في التجربة السابقة؛ في حين أن البندولات الأخرى لها سعات أكبر بكثير من التجربة السابقة. يبيّن هذا أن التخميد قلّل من تأثيرات الرنين، ولكن كان له تأثير في انتشار ذروة الرنين أيضًا.

› **إرشادات عملية:** الأدوات: ورق مقوّى، مقص وغراء، خيط نايلون، سلك رفيع لكنه قوي، 7 حلقات ستارة، كرة صغيرة من الرصاص، مسطرة مترية.

ليس صعبًا صنع مجموعة بندولات بارتون؛ فالجهد جدير بالاهتمام مقابل ما يكسبه الطلبة من ملاحظة اهتزازاتها.

يمكن صنع المخاريط من ورق مقوى. ارسم دوائر يتراوح نصف قطرها بين (2.5 cm) و (3.0 cm) على ورقة. اقطع ربعًا من كل دائرة. اطوِ كل دائرة وألصقها لتشكيل مخروط. اقطع خيط النايلون بالمقص لإعطاء أطوال تتراوح من (25 cm) إلى (75 cm) للبندولات. اربط عقدة في نهاية الخيط. ضع قطرة من الغراء على العقدة. مرر الطرف الآخر من الخيط خلال المخروط. كرّر ذلك مع باقي المخاريط.

ثبّت السلك الرفيع والقوي بين طرفَي المسطرة المترية. اربط البندولات بالسلك. أخيرًا، اصنع بندولًا طوله (50 cm) تقريبًا باستخدام كرة صغيرة من الرصاص. اربط البندول بالسلك. سيكون هذا البندول بمثابة البندول الدافع.

التصميم الأساسي موضّح في الصورة ٧–٧ الواردة في كتاب الطالب.

اعمل فجوة في حلقات الستارة الدائرية. يمكن بعد ذلك إدخالها فوق كل خيط لإعطاء كل بندول كتلة أكبر وجعل مقاومة الهواء جزءًا صغيرًا جدًا من قوة الإرجاع، حيث يقلّل هذا من التخميد.

٣ أسئلة كتاب الطالب وأنشطة كتاب التجارب العملية والأنشطة (٣٠ دقيقة)

- يجب على الطلبة حلّ السؤالَين ٢٣ و ٢٤ من كتاب الطالب والسؤالين ٣ و ٤ من أسئلة النشاط ٧-٤ من كتاب التجارب العملية والأنشطة. ستساعد هذه الأسئلة في تعزيز الفهم حول التخميد والرنين.

› **فكرة للتقويم:** يمكن للطلبة التحقّق من إجاباتهم ذاتيًا أو مع أقرانهم. قد يقوم المعلم بدلًا من ذلك بتصحيح إجابات الطلبة لتكوين صورة واضحة عن مستوى تقدمهم.

التعليم المتمايز (تفريد التعليم)

التوسّع والتحدّي

يمكن التوسّع في النشاط الرئيسي ١ للطلبة ذوي التحصيل الدراسي المرتفع عبر مطالبتهم بإثبات كمّي أن الزمن الدوري للاهتزازة لا يتغيّر مع تناقص السعة. اطلب إليهم إثبات أن اضمحلال السعة يتبع نمط الاضمحلال الأُسّي.

الدعم

- من المرجح أن يواجه الطلبة الذين يجدون صعوبة في العمل التجريبي تحدّيًا كبيرًا في قياس سعة الاهتزازات وتسجيلها. ساعد هؤلاء الطلبة من خلال اقتراح تقنيات مختلفة لهذه القياسات؛ على سبيل المثال تأكّد من عدم وجود خطأ اختلاف المنظر عند أخذ القراءات، واستخدم عينًا واحدة فقط عند أخذ القراءة، ويمكن تقدير القيمة التقريبية للقيمة الكبرى لاهتزازة معيّنة من خلال ملاحظة القيمة الكبرى للاهتزازة التي قبلها.
- سيجد بعض الطلبة صعوبة في التمييز بين التخميد القوي والتخميد الحرج. يمكنك أن تساعدهم إذا أوضحت لهم أن التخميد الحرج هو نقطة التقاطع بين التخميد الضعيف والتخميد القوي.

تلخيص الأفكار والتأمّل فيها
• لتلخيص أهداف التعلّم المهمة، أجرِ نشاطًا حول المصطلحات والمفاهيم التي وردت خلال هذَين الموضوعَين.

إجابات كتاب الطالب

العلوم ضمن سياقها

- تعمل فراشي الأسنان الكهربائية عمومًا من خلال تحريك رأس الفرشاة إلى الخلف وإلى الأمام و/أو الدوران بمعدل 8000 مرة في الدقيقة، ما يزيل كمية أكبر من البلاك مقارنة بفرشاة الأسنان اليدوية، ومع ذلك فقد تمّ الإبلاغ عن بعض المشكلات المتعلقة بفرشاة الأسنان الكهربائية:
- من المعروف أن بعض المستخدمين يضغطون بالفرشاة على أسنانهم، ويمكن أن يؤدي التنظيف المكثف والمتكرر إلى ترقيق أو إزالة مينا الأسنان من مقدمة الأسنان.
- أبلغ بعض المستخدمين عن ارتخاء الحشوات وسقوطها، ويفترض أن يكون بسبب الاهتزازات المتكررة لفرشاة الأسنان الكهربائية.

ومع ذلك تجدر الإشارة إلى أنه على الرغم من هذه التقارير، ينصح أطباء الأسنان باستخدام فرشاة الأسنان الكهربائية باعتبارها فعالة جدًا عند استخدامها بشكل صحيح.

إجابات أسئلة موضوعات الوحدة

١. أ. قسرية

ب. قسرية

ج. حرّة

د. قسرية

٢. يكون المنحنى كالموضح في الشكل ٧–٣ (أ).

٣. السعة = 10 cm

الزمن الدوري = 120 ms = 0.12 s

تردد الاهتزازات:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.12} = 8.3 \text{ Hz}$$

٤. أ. $\frac{1}{2}$ اهتزازة.

ب. للاهتزازتَين تردّدان مختلفان لذلك يتغيّر فرق الطور باستمرار.

٥. العربة هي الكتلة المهتزة؛ الموضع الأصلي للعربة هو موضع الاتزان؛ القوة المحصلة الناتجة من الزنبركَين هي قوة الإرجاع.

٦. لأن قوة الإرجاع لا تتناسب مع المسافة من نقطة الاتزان. عندما لا يكون الشخص على اتصال مع الترامبولين، فإن قوة الإرجاع تساوي وزن الشخص، وهو مقدار ثابت.

٧. أ. السعة = 0.02 m

ب. الزمن الدوري = 0.40 s

ج. السرعة المتجهة العظمى = 0.31 m s^{-1}

د. أكبر تسارع = 5.0 m s^{-2}

٨. في أقصى الاهتزازة، حيث تكون الأزاحة أكبر ما يمكن واتجاهها إلى اليسار؛ التسارع في الاتجاه المعاكس (نحو اليمين).

٩. الميل = 0

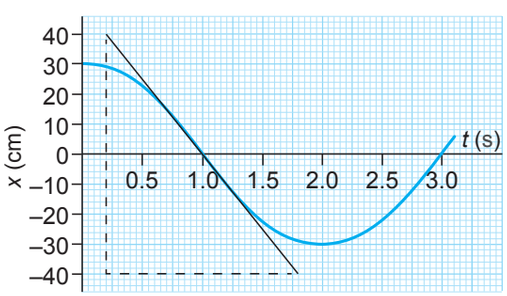
مقدار السرعة المتجهة = 0

١٠. أ. مقدار السرعة المتجهة:

$v = 0 \text{ cm s}^{-1}$

ب. مقدار السرعة المتجهة العظمى:

47 cm s^{-1} (مقدار ميل منحنى التمثيل البياني عند $t = 1.0$ s أو $t = 3.0$ s). (اقبل الإجابات بين 45 cm s^{-1} و 50 cm s^{-1}).



ج. مقدار التسارع:

$a = 0 \text{ cm s}^{-2}$

١١. أ. الزمن الدوري (T):

$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{2} = 0.50 \text{ s}$

ب. التردد (f):

$f = 2 \text{ Hz}$

ج. التردد الزاوي (ω):

$\omega = 2\pi f = 4\pi \text{ rad s}^{-1}$

١٢. أ. السعة = 0.20 m

ب. الزمن الدوري:

$T = 0.40 \text{ s}$

ج. التردد:

$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.40} = 2.5 \text{ Hz}$

د. التردد الزاوي:

$\omega = 2\pi f = 5\pi \text{ rad s}^{-1}$

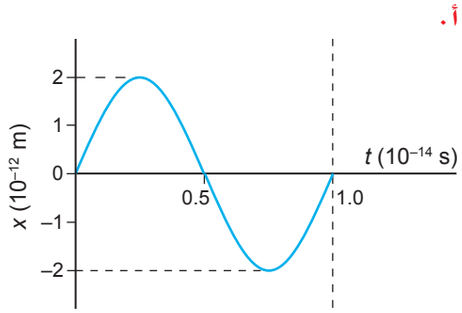
هـ. الإزاحة عند A = −0.10 m

و. مقدار السرعة المتجهة عند B = 0 m s^{-1}

ز. مقدار السرعة المتجهة عند C =

(3.1 ± 0.2) m s^{-1} (= ميل منحنى التمثيل البياني). (0.2 ±) تمثل المدى المسموح به من إجابات الطلبة.

١٣. أ.



ب. الميل عند النقطة الأشد انحدارًا، الأمر الذي يعطي $1.3 \times 10^{3} \text{ m s}^{-1}$ تقريبًا. (اقبل الإجابات بين 800 m s^{-1} و 1800 m s^{-1}).

١٤. أ. السعة = $3.0 \times 10^{-4} \text{ m} = 0.30 \text{ mm}$

ب. التردد:

$f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{240\pi}{2\pi} = 120 \text{ Hz}$

ج. الزمن الدوري:

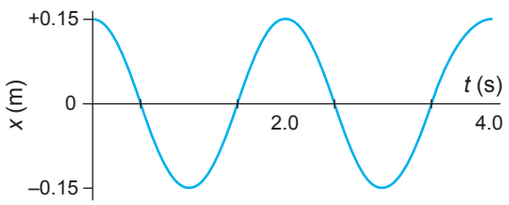
$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{120} = 8.3 \times 10^{-3} \text{ s}$

١٥. أ. لكتابة معادلة الإزاحة نحسب أولًا التردد الزاوي:

$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{2.0} = \pi \text{ rad s}^{-1}$

$x = 0.15 \cos(\pi t)$

ب.



١٦. أ. لإيجاد معادلة التسارع نحسب أولًا التردد الزاوي:

$\omega = 2\pi f = 2 \times \pi \times 1.4 = 8.8 \text{ rad s}^{-1}$

لذلك، $a = -\omega^2 x \approx -77\, x$

ب. التسارع:

$a = -77 \times 0.050 = -3.9 \text{ m s}^{-2}$

١٧. التردد الزاوي:

$\omega = 2\pi f$

لذلك فإن معادلة التسارع،

$a = -\omega^2 x = -4\pi^2 f^2 x$

هذا يعني $4\pi^2 f^2 = 300$، ولهذا:

$f = \sqrt{\frac{300}{4\pi^2}} = 2.76 \text{ Hz} \approx 2.8 \text{ Hz}$

١٨. أ. ١. الزمن الدوري = 2.0 s

٢. التردد:

$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2.0} = 0.50 \text{ Hz}$

٣. التردد الزاوي:

$\omega = 2\pi f = \pi \text{ rad s}^{-1}$

أو 3.14 rad s^{-1}

ب. $a = -\omega^2 x = -9.87x$ أو $a = -\pi^2 x$

ج. السرعة العظمى:

$v_0 = \omega x_0 = 3.14 \times 12$

$= 37.6 \text{ cm s}^{-1} \approx 38 \text{ cm s}^{-1}$

د. السرعة عند $x = 6$ cm تساوي:

$v = \omega\sqrt{x_0^2 - x^2} = \omega\sqrt{144 - 36}$

$= 32.6 \text{ cm s}^{-1} \approx 33 \text{ cm s}^{-1}$

١٩. أ. قوة الإرجاع: $F = -kx$ (قانون هوك)

$F \propto a$

وبالتالي، $x \propto a$. يكون اتجاه القوة في الاتجاه المعاكس للإزاحة.

ب. $a = \frac{F}{m} = -\frac{k}{m}x$

لكن $a = -\omega^2 x$

لذلك، $\omega^2 = \frac{k}{m}$

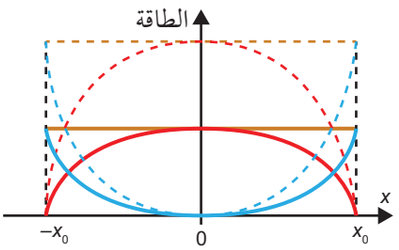
بأخذ الجذر التربيعي للطرفَين: $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$

$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$

٢٠. أ. طاقة وضع الجاذبية.

ب. تتحول طاقة وضع الجاذبية إلى طاقة حركة، والتي تصل إلى الحد الأقصى عندما تمر الكتلة عبر موضع الاتزان، ثم طاقة حركة يتم تحويلها إلى طاقة وضع الجاذبية مرة أخرى عندما تصل الكتلة إلى أقصى إزاحة.

٢١. تمثيل بياني مشابه ولكن نصف القيم القصوى لكل من طاقتَي الحركة والوضع. ستكون الطاقة الكلية عبارة عن خط أفقي عند نصف الارتفاع. القيم الأصلية لطاقتَي الحركة والوضع مبيّنة بالخطوط المنقطة على التمثيل البياني.



٢٢. أ. $v_0 \approx 0.35 \text{ m s}^{-1}$

ب. طاقة الحركة العظمى:

$\text{K.E} = \frac{1}{2}mv^2$

$\text{K.E} = \frac{1}{2} \times 2.0 \times (0.35)^2 = 0.12 \text{ J}$

ج. طاقة الوضع العظمى = طاقة الحركة العظمى = 0.12 J

د. أقصى تسارع = 2.5 m s^{-2} (من أقصى ميل).

كبديل (من خلال معادلات الحركة) فإن

أقصى تسارع = 1.72 m s^{-2}

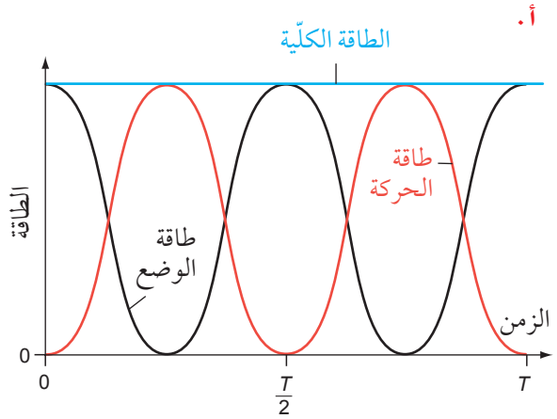
هـ. أقصى قوة إرجاع:

$F = ma$

$F = 2.0 \times 2.5 = 5.0 \text{ N}$

(3.4 N من خلال معادلات الحركة)

٢٣. أ.



ب. ستنخفض الطاقة الكلية للبندول تدريجيًا، وبالتالي فإن القيم القصوى لطاقتَي الحركة والوضع سوف تنخفض أيضًا.

٢٤. أيّ ممّا يأتي:

مثال	مفيد أم مشكلة؟	سبب الرنين
المباني خلال الزلازل	مشكلة	يُدفع الهيكل الميكانيكي للأبنية إلى التأرجح بطاقة من موجات الزلازل.
مكوّنات المحركات	مشكلة	عند معدلات دوران معيّنة، قد تهتز أجزاء من المحرك برنين ميكانيكي ناتج من طاقة المحرك يمكن أن يؤدي إلى تكسير المكوّنات أو تفككها مسببًا عواقب وخيمة.
ارتداد الصوت بين الميكروفون ومكبر الصوت (صوت صفير عالي النبرة)	مشكلة	الميكروفون في مكان قريب جدًا من مكبر الصوت الذي يصدر موجات من التردد نفسه الذي تمّ ضبط الميكروفون عليه، وبالتالي فإن الموجات من مكبر الصوت تدفع مكبر الصوت إلى أن يهتز بحالة رنين.
راديو مضبوط على قناة معيّنة	مفيد	الإشارة الكهربائية في الدائرة تدفع إلى الاهتزاز بفعل موجات الراديو الواردة.
فرن الميكروويف	مفيد	يتم دفع جزيئات الماء إلى الاهتزاز بحالة الرنين بواسطة موجات الميكروويف.
الرنين المغناطيسي في الذرات	مفيد	النوى في الذرات تتصرف كمغناطيس فيمكن جعلها تهتز بحالة الرنين بواسطة موجات كهرومغناطيسية. كل نواة تهتز بحالة رنين بتردد مختلف وبذلك يمكن تحديد بنية الجزيئات.

وهناك العديد من الأمثلة الأخرى.

إجابات أسئلة نهاية الوحدة

١. أ

٢. أ

٣. **أ.** لا؛ لأن التسارع ثابت تحت تأثير الجاذبية نحو الأرض، ولكن ليس عندما تصطدم بالأرض أو عندما يضربها اللاعب.

ب. نعم؛ قوة الإرجاع تتجه نحو نقطة وتتناسب طرديًا مع الإزاحة من هذه النقطة ولكن في الاتجاه المعاكس.

ج. لا؛ لأنها تنتقل بتسارع ثابت نحو كل لوح، لأن القوة المؤثرة على الكرة لديها قيمة ثابتة (بدلًا من أن تكون متناسبة طرديًا مع الإزاحة).

د. نعم؛ قوة الإرجاع تتجه نحو نقطة وتتناسب طرديًا مع الإزاحة من هذه النقطة ولكن في الاتجاه المعاكس.

٤. **أ.** $x = 4.0 \cos 2\pi t$ (x بوحدة cm) أو

$x = 4.0 \times 10^{-2} \cos 2\pi t$ (x بوحدة m)

(اقبل بدالة sin بدل cos هنا).

ب. ١. السرعة العظمى:

$v_0 = \omega x_0$

$= 2\pi f x_0 = 2\pi \times 1.0 \times 4.0$

$v_0 \approx 25 \text{ cm s}^{-1}$

٢. السرعة المتجهة:

$v = \omega \sqrt{x_0^2 - x^2} = 2\pi \sqrt{4.0^2 - 2.0^2}$

$\approx 22 \text{ cm s}^{-1}$

٥. **أ.** التردد:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.84} = 1.19 \text{ Hz} \approx 1.2 \text{ Hz}$$

ب. $v_0 = \omega x_0 = 2\pi f x_0 = 120 \text{ mm s}^{-1}$

وتكون السرعة عظمى عند مرور الكتلة بموضع الاتزان.

ج. طاقة الحركة العظمى:

$K.E_{max} = \frac{1}{2} m(v_0)^2$

$= 3.6 \times 10^{-4}$ J

د. طاقة وضع الجاذبية العظمى:

$G.P.E_{max} = 3.6 \times 10^{-4}$ J

(أي طاقة الحركة العظمى نفسها).

٦. أ. (أ) $\frac{1}{2}$ اهتزازة

(ب) 180°

(ج) π rad

ب. (أ) $\frac{1}{4}$ اهتزازة

(ب) 90°

(ج) $\frac{\pi}{2}$ rad

ج. (أ) $\frac{3}{8}$ اهتزازة

(ب) 135°

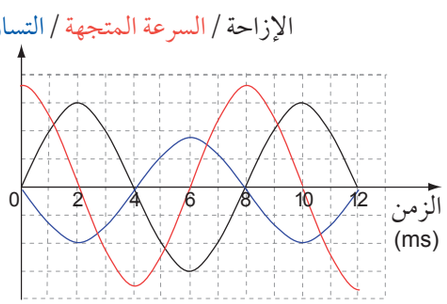
(ج) $\frac{3}{4}\pi$ rad

٧. أ. الزمن الدوري: $T = 8.0$ ms

التردد: $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.008} = 125$ Hz

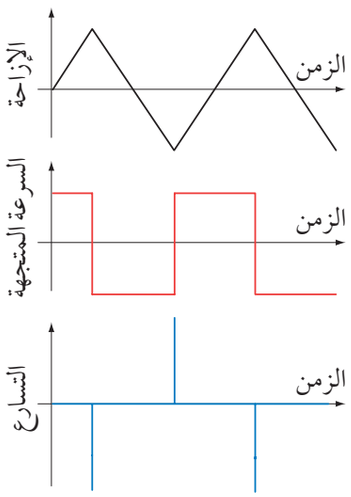
ب. ١. السرعة: شكل التمثيل البياني هو منحنى جيب التمام، بدءًا من $t = 0$ عند القيمة القصوى (لا يمكن تحديد قيمة السرعة العظمى على الرسم نظرًا لأن أقصى إزاحه غير معلومة).

٢. التسارع: شكل التمثيل البياني نفسه للإزاحة أي منحنى جيب ولكنه مقلوب، لذا فإن الحد الأقصى الأول يكون سالبًا.



٨. أ. لا يتحرك الجسم بحركة توافقية بسيطة لأن الإزاحة ليست دالة جيب أو جيب تمام مع الزمن، كما أنّ الميل ثابت مع الزمن والذي يعني أن السرعة ثابتة، كذلك التغير المفاجئ عند قمّة المنحنى لا يتماشى مع كون القوة متناسبة مع الإزاحة.

ب. ١ و ٢



٩. أ. حركة اهتزازية أو تذبذبية حيث يتجه فيها التسارع نحو نقطة ثابتة؛ وتتناسب قيمة التسارع مع الإزاحة تناسبًا طرديًا وفي الاتجاه المعاكس من النقطة.

ب. تردد الاهتزازة:

$f = \frac{4200}{60} = 70$ Hz

ج. ١. السرعة العظمى:

$v_0 = \omega x_0$

$= 55$ m s^{-1}

٢. أكبر تسارع:

$a_0 = \omega^2 x_0$

$= 24180.5$ m s$^{-2} \approx 24000$ m s^{-2}

(برقمَين معنويَّين)

٣. باستخدام $F = ma$ نحصل على:

$F = 0.24 \times 24180.5 = 5803$ N $\approx 5.8 \times 10^3$ N

(برقمَين معنويَّين)

١٠. أ. الاهتزازتان تتماشيان تمامًا إحداهما مع الأخرى / تتحرك كل نقطة في إحدى الاهتزازتَين بالطريقة نفسها للاهتزازة الثانية.

ب. الإزاحة:

$x = 15 \sin (3\pi t)$

ج. ١. إذا كانت الإزاحة الزاوية من موضع الإزاحة العظمى تساوي 60° فإن الإزاحة الزاوية من موضع الاتزان تساوي:

$\theta = \omega t = 30° = \frac{\pi}{6}$ rad

$x = 15 \sin (\frac{\pi}{6}) = 7.5$ cm

٢. السرعة:

$v = v_0 \cos (\omega t) = \omega x_0 \cos (\omega t)$

$= 15 \times 3\pi \cos (\frac{\pi}{6})$

$v = 122 = 1.2 \times 10^2$ cm s^{-1}

(برقمَين معنويَّين)

٣. الزاوية هي: 60° أو $\frac{\pi}{3}$ rad

١١. أ. التذبذب أو الاهتزاز حيث يتجه التسارع دائمًا نحو نقطة ثابتة ومقداره يتناسب مع مقدار الإزاحة من النقطة ويكون معاكسًا لها في الاتجاه.

ب. أكبر تسارع:

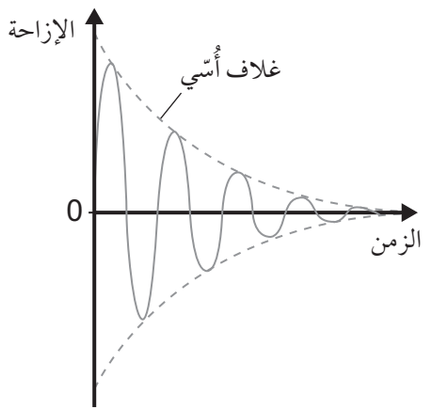
$a_0 = \omega^2 x_0$

$= (2\pi \times 60)^2 \times 2.8 \times 10^{-3} = 400$ m s^{-2}

ج. القوة القصوى:

$F = ma = 190$ N

د. منحنى التمثيل البياني يظهر موجة جيبية الشكل، مع تصغير السعة إلى الصفر خلال 5 اهتزازات، أمّا التردد فيبقى كما هو.



١٢. أ. إذا كان تردد الدافع = التردد الطبيعي للنظام، يحدث رنين، فيؤدي إلى إعطاء قراءة خاطئة لقوة الموجة الصدمية.

ب. يوضح أن التسارع يتناسب طرديًا مع الإزاحة وفي الاتجاه المعاكس للإزاحة.

ج.

$\omega^2 = \frac{a_0}{x_0} = 500$

$\omega = 22.4$ rad s^{-1}

$f = \frac{22.4}{2\pi} = 3.6$ Hz

إجابات كتاب التجارب العملية والأنشطة

إجابات أسئلة الأنشطة

نشاط ٧-١: وصف الاهتزازات

١. أ. التردد: بوحدة الهيرتز (Hz)

الزمن الدوري: بوحدة الثانية (s)

ب. $1\ \text{Hz} = 1\ \text{s}^{-1}$

ج. التردد: $f = \frac{1}{T}$

أو الزمن الدوري: $T = \frac{1}{f}$

د. $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.40} = 2.5\ \text{Hz}$

هـ. 40 اهتزازة في 60 ثانية

الزمن الدوري:

$T = \frac{60}{40} = 1.5\ \text{s}$

$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{1.5} = 0.67\ \text{Hz}$

و. بالنسبة إلى 20 Hz:

$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{20} = 0.05\ \text{s}$

بالنسبة إلى 20 kHz:

$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{20000} = 5 \times 10^{-5}\ \text{s}$

وبالتالي مدى الزمن الدوري من (5×10^{-5} s) إلى (0.05 s).

ز. يقلّ الزمن الدوري (لأن التردد يتناسب عكسيًا مع الزمن الدوري).

٢. أ. الإزاحة

ب. 20 cm

ج. الزمن

د. 6 s

هـ. $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{6} = 0.17\ \text{Hz}$

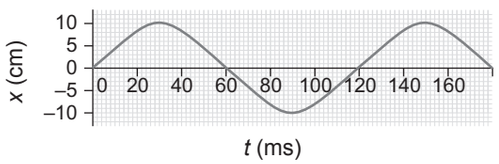
و. كتلة معلقة بخيط مثبت بإحكام عند نهايته العليا.

٣. أ. 10 cm

ب. $T = \frac{30}{250} = 0.12\ \text{s} = 120\ \text{ms}$

ج. $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.12} = 8.3\ \text{Hz}$

د.



٤. أ. صفر

ب. صفر

ج. A

د. ربع الاهتزازة.

هـ. $\frac{\pi}{2}$ rad

و. 90°

نشاط ٧-٢: التمثيلات البيانية

١. أ. السرعة هي معدل تغير الإزاحة.

ب. السرعة هي ميل منحنى التمثيل البياني (الإزاحة–الزمن).

ج. التسارع هو معدل تغير السرعة المتجهة.

د. التسارع هو ميل منحنى التمثيل البياني (السرعة المتجهة–الزمن).

هـ. بينما تتأرجح الكتلة، تتغير اتجاهات الإزاحة والسرعة باستمرار، لذلك يجب أن نأخذ في الاعتبار هذه الكميّات المتجهة.

٢. أ. 30 ms و 150 ms

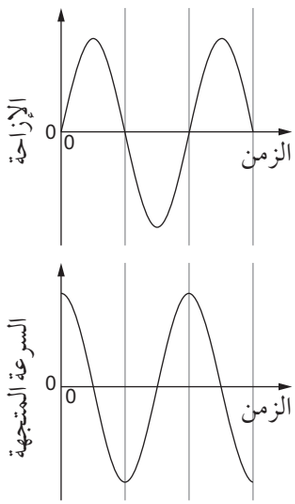
ب. السرعة تساوي صفرًا لأن الميل (والذي يمثل السرعة) يساوي صفرًا.

ج. 90 ms، السرعة تساوي صفرًا.

د. 0 ms و 120 ms؛ لأن منحنى التمثيل البياني له أقصى ميل موجب في هذَين الزمنَين.

هـ. 60 ms و 180 ms؛ لأن منحنى التمثيل البياني له أقصى ميل سالب في هذَين الزمنَين.

و.



٣. أ. الزمن الدوري: $T = 12\ s$

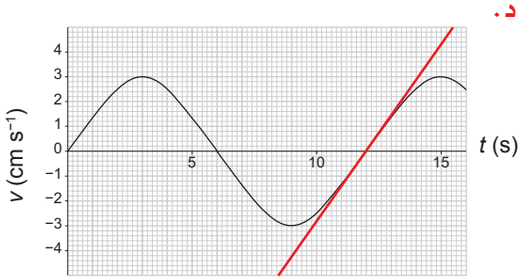
التردد:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{12} = 0.083\ Hz$$

ب. التسارع يساوي صفرًا عند 3 s و 9 s و 15 s؛ لأن التسارع هو ميل منحنى التمثيل البياني (السرعة المتجهة–الزمن)، والميل يساوي صفرًا عند هذه النقاط.

ج. $t = 6\ s$

د.



الميل:

$$= \frac{5.0 - (-5.0)}{15.2 - 8.6} = 1.5\ cm\ s^{-2}$$

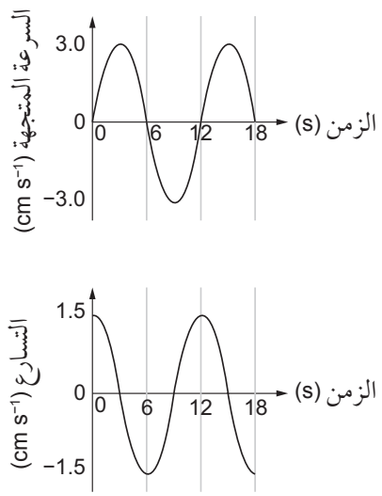
هـ. عدد المربعات الكبيرة تحت «المنحنى المقوس» الأول = 11؛

المسافة = المساحة تحت المحنى

$11 \times 1 = 11\ cm$

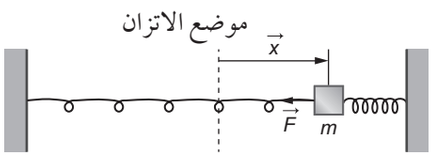
$$\text{السعة} = \frac{11}{2} = 5.5\ cm$$

و.



نشاط ٧–٣: معادلات الحركة التوافقية البسيطة

١. أ–ج.



٢. أ. a = التسارع بوحدة $m\ s^{-2}$

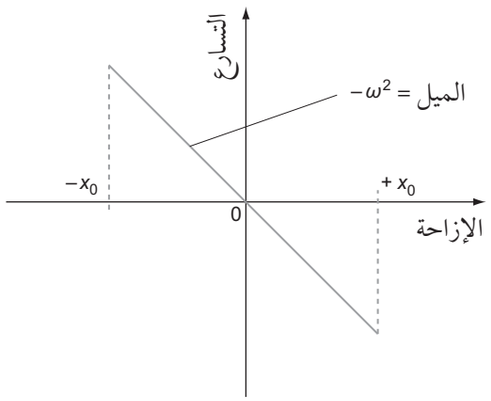
x = الإزاحة بوحدة m

ب. $\omega = 2\pi f$

ج. $-\omega^2$

د. لأن التسارع a يكون دائمًا في الاتجاه المعاكس للإزاحة x في الحركة التوافقية البسيطة.

هـ.



٣. أ. 25 mm

ب. $\omega = 40\pi = 2\pi f$ لذلك

$$f = \frac{40\pi}{2\pi} = 20 \text{ Hz}$$

ج. $$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{20} = 0.05 \text{ s}$$

د. $v_0 = \omega x_0 = 40\pi \times 0.025 = 3.1 \text{ m s}^{-1}$

هـ. $a_0 = -\omega^2 x_0 = -(40\pi)^2 \times 0.025$

$= -395 \times 10^3 \text{ mm s}^{-2} \approx -400 \text{ m s}^{-2}$

إذًا اقصى تسارع يكون 400 m s^{-2}

٤. أ. $T = 1.28 \text{ s}$

باستخدام $\omega = \frac{2\pi}{T}$

$$\omega = \frac{2\pi}{1.28} = 4.91 \text{ rad s}^{-1}$$

$v_0 = 0.36 \text{ m s}^{-1}$

$v = 0.36 \cos 4.91t$

ب. وحدة القياس لـ v هي m s^{-1}، وحدة القياس لـ t هي s.

ج. $x = 0$ لأن السرعة في هذه الحالة تكون عظمى عندما تمر الكتلة بموضع الاتزان.

د. $$x_0 = \frac{v_0}{\omega} = \frac{0.36}{4.91} = 0.073 \text{ m}$$

$x = 0.073 \sin 4.91t$

هـ. $v = \pm 4.91 \times \sqrt{0.073^2 - 0.060^2} = \pm 0.20 \text{ m s}^{-1}$

و. $E = \frac{1}{2} m\omega^2 x_0^2 = 0.5 \times 0.20 \times 4.91^2 \times 0.073^2$

$= 0.013 \text{ J}$

ز. تكون طاقة الحركة عظمى عند

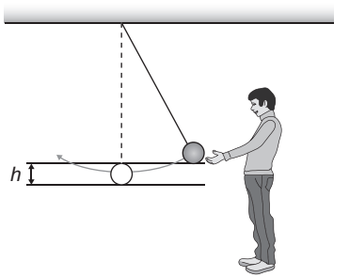
0 s، 0.64 s، 1.28 s

تكون طاقة الوضع عظمى عند 0.32 s، 0.96 s

نشاط ٧-٤: الطاقة والتخميد في الحركة التوافقية البسيطة

١. أ. طاقة وضع الجاذبية

ب. تحديد مقدار الزيادة في ارتفاع الكتلة واستخدام معادلة طاقة وضع الجاذبية $= mgh$



ج. عند أدنى نقطة لها (عند موضع الاتزان).

د. بمساواة $\frac{1}{2}mv^2 = mgh$

هـ. ١. نعم؛ لأن طاقة وضع الجاذبية تتناسب طرديًا مع الكتلة m.

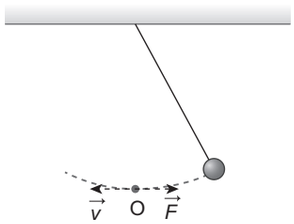
٢. لا؛ لأن الكتلة m تُختزل في المعادلة في الجزئية (د) وهذا يعني أن السرعة لا تعتمد على الكتلة.

٢. أ. طاقة الوضع المرونية

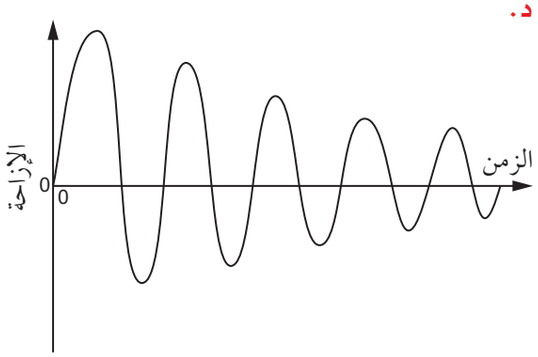
ب. $\frac{1}{2}kx_0^2 = \frac{1}{2}mv^2$، حيث x_0 هي القيمة العظمى للإزاحة (السعة).

ج. ستزداد T مع ازدياد الكتلة. عندما يتم إزاحة الكتلة إلى الجانب وتحريرها، فإن الكتلة الأكبر سوف تتسارع بشكل أقل ($F = ma$) وبالتالي سوف يستغرق الأمر وقتًا أطول لإكمال الاهتزازة (لن تُختزل الكتلة m في المعادلة في الجزئية ب).

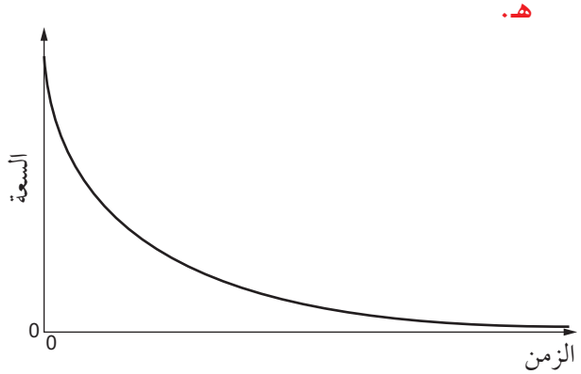
٣. أ–ج.



د.



هـ.



و. تنخفض سعة الاهتزازات إلى الصفر بسرعة أكبر وفي زمن أقل مع ازدياد كثافة الهواء.

ز. يحصل التخميد الحرج عندما يعود النظام المخمد بأسرع وقت ممكن إلى حالة الاتزان من دون أيّة اهتزازة.

٤. أ. الترددان الطبيعيان متساويان.

ب. الرنين

ج. نعم، يتم حفظ الطاقة. تنتقل طاقة البندول الأول بالكامل إلى الثاني (عبر الخيط الأفقي)، ثم تعود مرة أخرى إلى الأول، بغضّ النظر عن أيّ فقدان في الطاقة ناتج عن مقاومة الهواء (الطاقة محفوظة دائمًا).

د. سيكون الترددان الطبيعيان للبندولَين مختلفَين، لذلك لن يتم دفع البندول الثاني إلى الاهتزاز بتردده الطبيعي.

إجابات أسئلة نهاية الوحدة

١. أ. الزمن الدوري = 100 ms

التردد:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.10} = 10 \text{ Hz}$$

ب. $x_0 = 15 \text{ mm}$

$\omega = 2\pi f = 20\pi$

الإزاحة:

$x = 15 \sin(20\pi t)$ (x بوحدة mm)

ج. السرعة المتجهة العظمى:

$v_0 = \omega x_0 = 20\pi \times 0.015 = 0.94 \text{ m s}^{-1}$

د. $a_0 = -\omega^2 x_0 = -(20\pi)^2 \times 0.015 = (-)59.2 \text{ m s}^{-2}$

باستخدام $F = ma$:

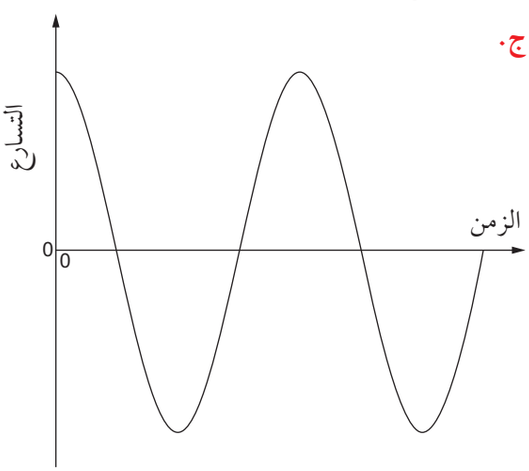
$F = 17 \times 59.2 = 1007 \text{ N}$

$= 1.0 \times 10^3 \text{ N}$

٢. أ. حركة النظام المهتز حيث يكون فيها تسارعه متناسبًا طرديًا مع إزاحته من موضع اتزانه ومتجهًا نحو ذلك الموضع.

ب. يكون موضع الاتزان عندما تكون الكتلة مستقرة.

ج.



ب. ١. 8.0 m

٢. $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{(12.4 \times 60 \times 60)}$

$f = 2.24 \times 10^{-5}$ Hz

٣. $v_0 = \omega x_0 = (2\pi \times 2.24 \times 10^{-5}) \times 4.0$

$= 5.63 \times 10^{-4}$ m s^{-1}

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

$v = \pm\, (2\pi \times 2.24 \times 10^{-5}) \times \sqrt{4.0^2 - 2.0^2}$

$= \pm\, 4.88 \times 10^{-4}$ m s^{-1}

٥. $\omega = 2\pi f = 1.41 \times 10^{-4}$ rad s^{-1}

الإزاحة:

$d = 4.0 \sin(1.41 \times 10^{-4}\, t)$

د. ١. يكون التسارع دائمًا في الاتجاه المعاكس للإزاحة لأن قوة الإرجاع تكون دائمًا معاكسة للإزاحة.

٢. 3.0 cm

٣. ميل منحنى التمثيل البياني هو $(-\omega^2)$ (حيث إن $a_0 = -\omega^2 x_0$).

الميل: $\frac{4.0 - (-4.0)}{-0.030 - 0.030} = -133.3$

$-\omega^2 = -133.3$

$\omega = \sqrt{133.3} = 11.55 \approx 12$ rad s^{-1}

(برقمَين معنويَّين)

٤. $T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{11.55} = 0.54$ s

هـ. $E = \frac{1}{2} m\omega^2 x_0^2 = 0.5 \times 0.40 \times 11.55^2 \times 0.030^2$

$= 0.024$ J

٣. **أ.** ١. الإزاحة هي المسافة والاتجاه المحدّدان من موضع الاتزان إلى موضع الجسم المهتز عند أي لحظة في الاهتزازة. السعة هي أقصى إزاحة للجسم المهتز عن موضع اتزانه.

٢. التردد هو عدد الاهتزازات أو الدورات الكاملة في الثانية. التردد الزاوي هو تردد الاهتزاز الجيبي معبّرًا عنه بالراديان لكل ثانية.

الوحدة الثامنة

الغازات المثالية

نظرة عامة

- سيتعلّم الطلبة في هذه الوحدة: العلاقة بين الضغط والحجم ودرجة الحرارة للغازات، وسيتعلّمون كذلك كيفية حساب كميّة المادة بالمولات وكيفية استخدام الكمّيات المولية لاستنتاج كمّيات أخرى مثل حجم الغاز أو عدد الجسيمات باستخدام عدد أفوجادرو، وسيستنتجون معادلة الغاز المثالي من خلال دراسة القوانين الثلاثة للغازات (بويل وشارل وجاي لوساك)، كما سيتعرفون على الافتراضات التي تقوم عليها معادلة الغاز المثالي من خلال تطبيق النموذج الحركي للغازات، وأخيرًا سيجدون العلاقة بين درجة الحرارة ومتوسط سرعة الجسيمات من خلال استنتاج معادلة الغاز المثالي باستخدام ثابت بولتزمان.
- ثمة فرص لتغطية جميع أهداف التقويم الثلاثة: AO1 (المعرفة والفهم)، AO2 (معالجة المعلومات وتطبيقها وتقييمها) و AO3 (المهارات والاستقصاءات التجريبية).

مخطط التدريس

أهداف الموضوع	الموضوع	عدد الحصص	المصادر في كتاب الطالب	المصادر في كتاب التجارب العملية والأنشطة
٨–١، ٨–٢	٨–١ كمية المادة	٢	الأسئلة من ١ إلى ٣	نشاط ٨–١ كمية المادة
٨–٣	٨–٢ الضغط والنموذج الحركي	١		نشاط ٨–٢ كميّات الغاز (السؤال: ١)
٨–٣	٨–٣ تفسير الضغط	١	الأسئلة من ٤ إلى ٦	
٨–٤، ٨–٥، ٨–٦	٨–٤ متغيرات النظرية الحركية ٨–٥ قانون بويل	٤	السؤال ٧	نشاط ٨–٢ كميّات الغاز (السؤال: ٢) نشاط ٨–٣ الغازات المثالية (السؤال: ٢ أ و ب) الاستقصاء العملي ٨–١: قانون بويل
٨–٧، ٨–٨	٨–٦ تغيّر درجة الحرارة	٢		
٨–٩	٨–٧ الغازات الحقيقية والمثالية	١		
٨–١٠	٨–٨ معادلة الغاز المثالي	٢	الأسئلة من ٨ إلى ١٣	نشاط ٨–٣ الغازات المثالية
٨–١١	٨–٩ نمذجة الغازات: النموذج الحركي	١	السؤال ١٤	نشاط ٨–٤ النموذج الحركي لغاز ما (السؤال: ٢)
٨–١٢	٨–١٠ استنتاج الضغط	٢	السؤالان ١٥ و ١٦	نشاط ٨–٤ النموذج الحركي لغاز ما (السؤال: ٣)
٨–١٣	٨–١١ درجة الحرارة وطاقة حركة الجزيئات	٢	الأسئلة من ١٧ إلى ١٩	نشاط ٨–٤ النموذج الحركي لغاز ما (السؤالان: ١ و ٤)

الموضوع ٨-١: كمية المادة

الأهداف التعليمية

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 أنّ المول الواحد من أي مادة هو الكميّة التي تحتوي على عدد من جسيمات تلك المادة يساوي عدد أفوجادرو (N_A).

نظرة عامة على الموضوع

- يذكر الطلبة أن كميّة المادة هي كميّة أساسية في النظام الدولي للوحدات (SI) ووحدتها الأساسية هي المول (mol).
- يستخدم الطلبة الكميّات المولية في العمليات الحسابية، حيث أنّ المول الواحد من أي مادة هو الكميّة التي تحتوي على عدد من جسيمات تلك المادة يساوي عدد أفوجادرو (N_A).

عدد الحصص المقترحة للتدريس

يخصص لتنفيذ هذا الموضوع حصتان دراسيتان (ساعة و٢٠ دقيقة).

المصادر المرتبطة بالموضوع

المصدر	الموضوع	الوصف
كتاب الطالب	٨-١ كمية المادة	• المثال ١ • الأسئلة من ١ إلى ٣
كتاب التجارب العملية والأنشطة	نشاط ٨-١ كمية المادة	• أسئلة لتقييم تطبيق الطلبة لمفهوم المول ولعدد أفوجادرو.

المفاهيم الخاطئة وسوء الفهم

- غالبًا ما يخلط الطلبة بين «كمية المادة» التي وحدتها المول (mol) وبين «الكتلة» التي وحدتها الكيلوجرام، يجب التأكيد على أن المول هو وحدة أساسية في النظام الدولي للوحدات، كما هي الحال بالنسبة إلى الكيلوجرام.
- كذلك يعني المفهوم الخاطئ أعلاه أن بعض الطلبة يجدون صعوبة في فهم أن عدد الجسيمات في المول من المادة هو نفسه بغضّ النظر عن كتلة المادة. يجب التأكيد على أنه وفقًا للنموذج الحركي فإن جميع الذرات والجزيئات صغيرة جدًا عند مقارنتها بالكميات الجهرية مثل الحجم؛ بحيث يمكن اعتبارها جميعًا مجرد «جسيمات».

أنشطة تمهيدية

فكرة أ (١٠ دقائق)

- مقدمة للموضوع: اعرض للطلبة ثلاثة بالونات منفوخة بالهواء؛ أحد هذه البالونات سيوضع في ثلاجة في أثناء الحصة الدراسية، ويمكن تدفئة البالون الثاني بلطف بتعليقه في حمام ماء ساخن، والثالث يحفظ في درجة حرارة الغرفة كعنصر ضبط (مقارنة). اطلب إلى الطلبة التنبؤ بما سيحدث للبالونات الثلاثة. سيتحقق الطلبة من النتائج في أثناء دراسة موضوعات الوحدة.

فكرة ب (١٠ دقائق)

- مقدمة لمفهوم كمية المادة (٥ دقائق)
- اعرض ثلاثة أنواع مختلفة من المواد: فلز مثل برادة الحديد، ومركّب غير فلزي مثل مسحوق طباشير، وسائل مثل الماء. اطلب إلى الطلبة اقتراح كيف يمكننا معرفة ما إذا كان لدينا العدد نفسه من الذرات أو الجزيئات في كل عيّنة. اطلب إليهم بعد ذلك اقتراح كيف نقارن كتل كل من هذه العيّنات.

› **فكرة للتقويم:** يجب على الطلبة كتابة اقتراحاتهم مع تقديم شرح لها.

الأنشطة الرئيسية

١ فهم مفاهيم كمية المادة والكتلة (١٠ دقائق)

- لتقديم هذا المفهوم أعطِ الطلبة عيّنات تحتوي على مخاليط ذات أحجام مختلفة من أجسام متشابهة: على سبيل المثال، أزرار، عملات معدنية، مكعبات بناء بلاستيكية أو حتى طلبة في غرفة الصف!
- اطلب إلى الطلبة فرز الأجسام حسب النوع أو القيمة؛ على سبيل المثال: مجموعة المكعبات الحمراء الكبيرة، ومجموعة المكعبات الصفراء الصغيرة، ومجموعة المكعبات الزرقاء المتوسطة.
- اطلب إليهم بعد ذلك تقسيم الأجسام إلى مجموعات في كل منها أعداد متساوية؛ على سبيل المثال: عيّنة من خمسة مكعبات حمراء كبيرة، عيّنة من خمسة مكعبات صفراء، وخمسة مكعبات زرقاء... إلخ.

ناقش: لدينا الآن عيّنات في كل منها كمية المكعبات نفسها؛ كيف ستقارن كتل كل من هذه العيّنات؟

٢ حسابات كمية المادة (٢٠ دقيقة)

- سيكون الطلبة قد راجعوا الموضوع ٨-١.
- قد يجمع المعلم الكلمات المفتاحية الضرورية لفهم المحتوى على بطاقة أو على لوحة الصف، ثم يسأل:
  - ما الكمّية الفيزيائية التي تقاس بوحدة المول (أو فيما نستخدم وحدة المول)؟
  - ما هو عدد أڤوجادرو؟

› **فكرة للتقويم:** يشرح الطلبة النشاط الرئيسي بالإشارة إلى مفهوم المول وإلى عدد أڤوجادرو. ما هو «عدد أڤوجادرو» في هذا النشاط؟

(الإجابات: عندما قمنا بفرز الأجسام إلى مجموعات تتضمّن العدد نفسه، كنا قد فرزناها إلى كميّات متساوية من المادة أو «مولات». فكان «عدد أڤوجادرو» في هذا النشاط هو عدد الأجسام في كل مجموعة).

اشرح المثال ١. (١٠ دقائق)

٣ أسئلة كتاب الطالب (٢٠ دقيقة)

- يكمل الطلبة حلّ الأسئلة من ١ إلى ٣ الواردة في كتاب الطالب.

› **فكرة للتقويم:** يمكن للطلبة تقويم إجابات زملائهم (تقويم الأقران) بينما يقوم المعلم بكتابة الإجابات الصحيحة الواردة في هذا الدليل.

٤ أنشطة كتاب التجارب العملية والأنشطة (٢٠ دقيقة)

- يكمل الطلبة حل النشاط ٨-١ الوارد في كتاب التجارب العملية والأنشطة.

› **فكرة للتقويم:** يقوم المعلم بتصحيح هذه الأسئلة كتقويم ختامي للفهم، وتقديم تغذية راجعة حول إجابات الطلبة.

اطلب إلى الطلبة الرجوع إلى السؤال ١ في أسئلة نهاية الوحدة الواردة في كتاب الطالب: هذا مثال على كيفية استخدام المول في حل المسائل.

التعليم المتمايز (تفريد التعليم)

التوسّع والتحدّي

يمكن لبعض الطلبة أن يتوسعوا في فهمهم لكمية المادة للغازات. اطلب إليهم أن يقترحوا كيف ستقارَن الكتل في مول واحد من بخار الماء، ومول واحد من غاز ثاني أكسيد الكربون، ومول واحد من غاز الهيدروجين. يجب أن يرجعوا إلى الجدول الدوري وما يعرفونه عن التركيب الجزيئي لهذه المواد. ما الذي قد يؤثر على حجم بالون مملوء بمول واحد من كل من هذه الغازات؟

الدعم

قد يواجه بعض الطلبة تحديًا في التمييز بين مفهومَي كمية المادة وكتلة المادة. يمكن ترسيخ مفهوم كمية المادة من خلال الطلب إليهم تنفيذ النشاط الرئيسي ١ – فرز أجسام مختلفة بطرائق مختلفة.

تلخيص الأفكار والتأمّل فيها

- طبّق استراتيجية (بطاقة خروج) حيث تطلب إلى الطلبة أن يبقوا واقفين إلى حين تذكر بعض المفاهيم الواردة في هذا الموضوع، مثل قيمة عدد أفوجادرو، والكتل الجزيئية للمواد الرئيسية، وتعريف المول، وغير ذلك. بعد الانتهاء من ذلك، يمكنهم الجلوس والاستعداد لانتهاء الحصة الدراسية.

الموضوع ٨-٢: الضغط والنموذج الحركي

الأهداف التعليمية

٨-٣ يصف الضغط على المستويَين المجهري والجهري ويشرحهما.

نظرة عامة على الموضوع

- يصف الطلبة الضغط على المستويَين المجهري والجهري ويشرحونهما.

عدد الحصص المقترحة للتدريس

يخصص لتنفيذ هذا الموضوع حصة دراسية واحدة (٤٠ دقيقة).

المصادر المرتبطة بالموضوع

المصدر	الموضوع	الوصف
كتاب الطالب	٨–٢ الضغط والنموذج الحركي	• يقدّم الموضوع ٨–٢ المفاهيم الأساسية للنموذج الحركي.
كتاب التجارب العملية والأنشطة	نشاط ٨–٢ كميّات الغاز	• يدعم السؤال ١ من النشاط ٨–٢ التعلّم عن الضغط من خلال الضغط الجوي ودرجة الحرارة المطلقة.

المفاهيم الخاطئة وسوء الفهم

- قد يخلط الطلبة في بعض الأحيان بين القوة والضغط، لا سيما عند تجاهل مساحة السطح.

أنشطة تمهيدية

فكرة (١٠ دقائق)

- وضّح مفهوم الضغط:

– بتقطيع قطعة زبدة (أو طين لدن) باستخدام سكين حادة وباستخدام أداة غير حادة مثل ساق معدني.

– بوضع كتل صغيرة (5 g تقريبًا) على قطعة من بطاقة ورق مقوّى رقيقة موضوعة فوق مادة لينة مثل إسفنجة؛ والقيام بتغيير مساحة سطح البطاقة. سيلاحظ الطلبة الأعماق المختلفة للأثر الذي تشكّله البطاقة في كل حالة.

الخلاصة: اعرض على الطلبة معادلة الضغط: $p = \frac{F}{A}$.

مراجعة: وحدة الضغط في النظام الدولي للوحدات (SI) هي باسكال ($Pa = N\ m^{-2}$).

› **أفكار للتقويم:** اطلب إلى الطلبة أن يكتبوا اقتراحاتهم حول ما يأتي، بالإشارة إلى معادلة الضغط:

– لماذا تكون السكين الحادة أفضل في القطع؟

– لماذا تغوص البطاقة ذات المساحة الأكبر من الورق المقوّى بشكل أقل من البطاقة ذات المساحة الأصغر فوق الإسفنجة؟

الأنشطة الرئيسية

١ شرح الضغط لغاز ما (٢٠ دقيقة)

- ناقش مع الطلبة:

– ما الدليل على أن الضغط ناتج عن تأثير جسيمات الغاز؟

– كيف يمكن أن تكون معادلة الضغط مفيدة هنا؟

– ما مصدر القوة؟

– ما المساحة المعنيّة؟

- بعد العرض التوضيحي لمحاكاة النموذج الحركي لحالات المادة، اطلب إلى الطلبة مراجعة النموذج الحركي لحالات المادة باستخدام محاكاة PHET:

https://phet.colorado.edu/en/simulations/states-of-matter

› **فكرة للتقويم:** كلّف الطلبة عند القيام بتجربة تغيير درجة حرارة غاز ما، مراقبة تأثير الضغط في المحاكاة.

٢ أنشطة كتاب التجارب العملية والأنشطة (١٠ دقائق)

- يكمل الطلبة حل السؤال ١ من النشاط ٨-٢ الوارد في كتاب التجارب العملية والأنشطة.

› **فكرة للتقويم:** يقدم المعلم تغذية راجعة للطلبة حول إجاباتهم عن السؤال ١ من النشاط ٨-٢ للتحقق من الفهم.

التعليم المتمايز (تفريد التعليم)

التوسّع والتحدّي

يمكن لبعض الطلبة البدء بالتفكير في تأثير تغيّر درجة الحرارة على الضغط. لقد قُدمت لهم فكرة أن درجة الحرارة مرتبطة بطاقة الحركة، وبالتالي بسرعة الجسيمات.

الدعم

قد يستفيد بعض الطلبة من محاكاة النموذج الحركي من خلال لعب الأدوار أكثر من أي وقت مضى، ربما يكون ذلك عن طريق نمذجة حركة الجسيمات فيزيائيًا في غرفة الصف.

تلخيص الأفكار والتأمّل فيها

- اطلب إلى الطلبة شرح ما يأتي استنادًا لمفهوم الضغط:
  - لماذا يكون للجَمل قدم كبيرة (خف كبير)؟
  - لماذا لا يغرق المتزلجون داخل الثلج؟
  - لماذا تقطع السكين الأشياء؟

الموضوع ٨-٣: تفسير الضغط

الأهداف التعليمية

٨-٣ يصف الضغط على المستويَين المجهري والجهري ويشرحهما.

نظرة عامة على الموضوع

- يصف الطلبة الضغط على المستويَين المجهري والجهري ويشرحونهما.

عدد الحصص المقترحة للتدريس

يخصص لتنفيذ هذا الموضوع حصة دراسية واحدة (٤٠ دقيقة).

المصادر المرتبطة بالموضوع

المصدر	الموضوع	الوصف
كتاب الطالب	٨-٣ تفسير الضغط	• الأسئلة من ٤ إلى ٦ • يستخدم الموضوع ٨-٣ النظرة المايكروسكوبية للنظرية الحركية في تفسير مقدار الضغط على المستوى الجهري.

المفاهيم الخاطئة وسوء الفهم

- قد يسيء الطلبة فهم الضغط الجوي على أنه يؤثر فقط إلى الداخل على الأجسام، ومن المهم التأكيد على أن الضغط الجوي الذي يؤثر على جسم الإنسان هو محصّلة الضغط الذي يُبذل على السطح الخارجي والسطح الداخلي لجسم الإنسان.

أنشطة تمهيدية

فكرة أ (١٠ دقائق)

- ضع بالونًا صغيرًا منفوخًا إذا كان ذلك ممكنًا داخل ناقوس زجاجي مزوّد بمفرّغة هواء، فرّغ الهواء من الناقوس واطلب إلى الطلبة – في حالة توفر مقياس الضغط – ملاحظة تغيّر الضغط والحجم في أثناء إزالة الهواء من الناقوس.

أو اطلب إلى الطلبة أن يبحثوا في الشبكة العالمية للمعلومات والاتصالات الدولية (الإنترنت) عن عرض توضيحي لهذه التجربة باستخدام كلمات البحث الرئيسية: 'balloon in a bell jar or bell jar experiment'.

› **أفكار للتقويم:** بعد العرض التوضيحي لتجربة «الناقوس الزجاجي»، اطلب إلى الطلبة أن يقترحوا:

(١) سبب انخفاض ضغط الهواء مع إزالة الهواء من الناقوس.

(٢) سبب ازدياد حجم البالون مع إزالة الهواء من داخل الناقوس.

الإجابات:

(١) إن ضغط الهواء ناتج عن القوة التي تبذلها جزيئات الهواء؛ فكلما قلّلنا من عدد جزيئات الهواء سيقلّ الضغط.

(٢) يرجع انتفاخ البالون إلى القوة المؤثرة على السطح الداخلي بواسطة جزيئات الهواء التي تتحرك داخل البالون؛ فعندما نزيل جزيئات الهواء من الناقوس، ستؤثر قوة أقل على السطح الخارجي للبالون من تلك المؤثرة على السطح الداخلي؛ لذلك فإن محصلة القوة تكون إلى الخارج؛ أي يتمدّد البالون.

فكرة ب (١٠ دقائق)

- استخدم منفاخ بالون يدوي أو منفاخ عجلة دراجة هوائية لنفخ البالون.

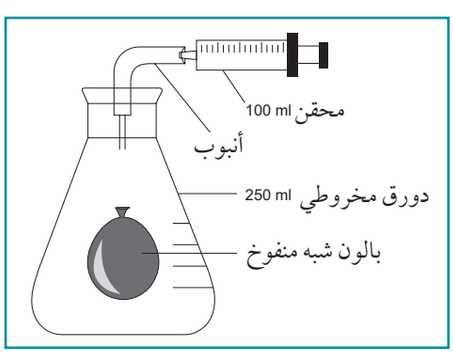
› **فكرة للتقويم:** اطلب إلى الطلبة اقتراح سبب انتفاخ البالون (ازدياد حجمه).

(**الإجابة:** ضغط الهواء ناتج عن القوة التي تبذلها جزيئات الهواء، إذ ينتفخ البالون بسبب القوة المؤثرة على السطح الداخلي بواسطة جزيئات الهواء التي تتحرك داخل البالون؛ عندما نضيف جزيئات هواء إلى داخل البالون ينتج عن ذلك قوة أكبر تؤثر على السطح الداخلي للبالون لا على السطح الخارجي، لذلك فإن محصلة القوة تكون إلى الخارج؛ فيزداد حجم البالون).

الأنشطة الرئيسية

١ (١٥ دقيقة)

- يمكن للطلبة إعادة إعداد العرض التوضيحي للناقوس الزجاجي باستخدام نشاط عملي بسيط وسهل التعلم، حيث يتم دفع بالون شبه منفوخ داخل دورق مخروطي بحجم (250 ml) أو ما شابه (الشكل ٨–١)،



الشكل ٨–١ عرض توضيحي لتأثير تغيير الضغط الخارجي على بالون منفوخ.

ثم إغلاق عنق الدورق بسدادة مطاطية تسهّل عملية إدخال أنبوب مطاطي. وقد يتم استخدام ماصة بلاستيكية لتوصيل الأنبوب بفوهة محقن سعة (100 ml).

- يمكن للطلبة بعد ذلك تغيير ضغط الهواء داخل الدورق المخروطي عن طريق سحب أو دفع مكبس المحقن، وملاحظة التأثير على حجم البالون داخل الدورق.

› **فكرة للتقويم:** باستخدام النموذج الحركي، يجب على الطلبة شرح ما يُعرض عليهم في بداية الموضوع بطريقتيَن:

– جهريًا: باستخدام القوة والمساحة والضغط.

– مجهريًا: باستخدام حركة الجسيمات داخل البالون وخارجه.

٢ أسئلة كتاب الطالب (١٥ دقيقة)

- يكمل الطلبة حلّ الأسئلة من ٤ إلى ٦ الواردة في كتاب الطالب.

› **فكرة للتقويم:** يمكن للمعلّم أن يقدم الإجابات الصحيحة ويقوم الطلبة بتصحيح إجابات بعضهم البعض (تقويم الأقران).

التعليم المتمايز (تفريد التعليم)

التوسّع والتحدّي

وجّه بعض الطلبة إلى القيام بتجارب محاكاة لقوانين الغازات باستخدام برنامج المحاكاة PHET:
https://phet.colorado.edu/en/simulations/gas-properties

الدعم

قد يستفيد بعض الطلبة من مراجعة الضغط بواسطة الأجسام الصلبة ومعادلة الضغط = $\frac{\text{القوة}}{\text{المساحة}}$.

تلخيص الأفكار والتأمّل فيها
• اطلب إلى الطلبة شرح سبب احتمالية انفجار بالون منفوخ عند تعرضه لأشعة الشمس.

الموضوعان ٨-٤: متغيّرات النظرية الحركية و ٨-٥: قانون بويل

الأهداف التعليمية

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

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.

نظرة عامة على الموضوع

- يحوّل الطلبة درجات الحرارة بين الكلفن ودرجات الحرارة بوحدة الدرجة السيليزية باستخدام العلاقة: $T\,(\text{K}) = \theta\,(^\circ\text{C}) + 273.15$.

- يذكر الطلبة أن أدنى درجة حرارة ممكنة على مقياس درجة الحرارة المطلقة هي درجة الصفر كلڤن وتعرف بدرجة الصفر المطلق.
- يصف الطلبة قانون بويل المعبّر عنه بـ: $p \propto \frac{1}{V}$ و $p_1V_1 = p_2V_2$ ويستخدمونه.

عدد الحصص المقترحة للتدريس

يخصص لتنفيذ هذَين الموضوعَين ٤ حصص دراسية (ساعتان و٤٠ دقيقة).

المصادر المرتبطة بالموضوع

المصدر	الموضوع	الوصف
كتاب الطالب	٨–٤ متغيرات النظرية الحركية ٨–٥ قانون بويل	• السؤال ٧ • تمّ تقديم المتغيّرات الرئيسية p و V و T ومراجعة كمية المادة. يُستخلص قانون بويل من تجربة ذهنية وملاحظات عملية.
كتاب التجارب العملية والأنشطة	نشاط ٨–٢ كميّات الغاز نشاط ٨–٣ الغازات المثالية الاستقصاء العملي ٨–١: قانون بويل	• يعزّز السؤال ٢ من النشاط ٨–٢ الفهم حول الضغط من خلال الضغط الجوي ودرجة الحرارة المطلقة. • استقصاء عملي لقياس الضغط الجوي بتطبيق معادلة الغاز المثالي.

المفاهيم الخاطئة وسوء الفهم

- قد يعتقد الطلبة أن كتلة الجزيئات يجب أن تكون عاملًا في قوانين الغاز عوضًا عن كمية المادة.

أنشطة تمهيدية

فكرة (١٠ دقائق)

- اسأل الطلبة: أين يتوقعون أن يكون أبرد مكان والذي له أقل درجة حرارة في الكون؟ وكم ستكون تلك الدرجة؟
- ناقش الطلبة فيما تعلموه سابقًا حول أن درجة الحرارة تعدّ مقياسًا لمتوسط طاقة حركة الجسيمات في جسم ما، ولكنها أيضًا تُعدّ مقياسًا لشدة الأشعة تحت الحمراء.
- اطلب إلى الطلبة البحث في الشبكة العالمية للاتصالات العالمية والدولية (الإنترنت) لمعرفة المزيد عما تم رصده في ما يتعلق بالخلفية الكونية الميكروية بواسطة المراصد الفضائية، وباستخدام كلمات البحث الآتية: NASA WMAP و ESA PLANCK OBSERVATORY.
- **ناقش:** كم تتوقع أن تكون درجة الحرارة في الفضاء السحيق؟
- اشرح أن الألوان تُظهر شدة إشعاع الموجات الميكروية في تلك المنطقة من الفضاء، وأن الألوان «الأكثر برودة» تعني شدة إشعاع أقل، وهذا يكافئ قياس «درجة حرارة» تلك المنطقة من الفضاء (ولكنها لم تُقس في أي مكان) على أنها صفر كلڤن!

الأنشطة الرئيسية

١ درجات الحرارة (٢٠ دقيقة)

› **فكرة للتقويم:** يحصر الطلبة درجات الحرارة بالدرجة السليزية للظواهر اليومية مثل انصهار الجليد، وغليان الماء، ودرجة حرارة جسم الإنسان، ودرجة حرارة الهواء المحيط في الظل، ثم يحوّلون درجات الحرارة هذه إلى درجة حرارة مطلقة بوحدة (K).

٢ أسئلة كتاب الطالب (٢٠ دقيقة)

- يطّلع الطلبة على المثال ٣ ثم يحلّون السؤال ٧ من كتاب الطالب.

› **فكرة للتقويم:** يمكن للمعلّم أن يقدم الإجابات الصحيحة ويقوم الطلبة بتصحيح إجابات بعضهم (تقويم الأقران).

٣ أنشطة كتاب التجارب العملية والأنشطة (٢٠ دقيقة)

- يحل الطلبة السؤال ٢ من النشاط ٨–٢ الوارد في كتاب التجارب العملية والأنشطة.

› **فكرة للتقويم:** يقيّم المعلم إجابات الطلبة على النشاط ٨–٢ باعتباره نشاطًا ختاميًا للتحقق من الفهم.

٤ الاستقصاء العملي ٨–١: قانون بويل (ساعتان)

- يعرض المعلّم جهاز قانون بويل كما هو مبيّن في الشكل ٨–٤ الوارد في كتاب الطالب (أو ما يشبهه، على سبيل المثال استخدام مقياس بوردون للضغط الخارجي).
- ناقش كيف يتغير ضغط الغاز المحصور داخل المحقن، وكيف يمكن حساب ذلك باستخدام الوزن المطبّق على مساحة سطح مكبس المحقن.
- اشرح أنه يجب علينا الانتظار بعض الوقت بين كل تطبيق للكتلة والقراءة التي تُرصد. ناقش ضرورة السماح باستقرار درجة حرارة الغاز عند درجة حرارة الغرفة (انظر التوسّع والتحدي وتوجيهات حول الاستقصاء).

المدّة

سيستغرق هذا الاستقصاء العملي ٦٠ دقيقة وسيستغرق التحليل نحو ٦٠ دقيقة أخرى.

ستحتاج إلى

المواد والأدوات	
• محقن بلاستيكي (10 ml)، محكم الإغلاق من أحد طرفَيه. • حامل ومثبت لتثبيت المحقن. • مسطرة (30 cm).	• علّاقة كتل مشقوقة (100 g) وتسع كتل مشقوقة (100 g). • لفة من خيط. • ميزان حرارة.

⚠ احتياطات الأمان والسلامة

- تأكّد من أن المحقن مثبّت جيدًا بواسطة المثبِّت بالحامل ومقلوب، 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.

التحضير للاستقصاء

يستقصي الطلبة تغيّر حجم كمية ثابتة من الهواء بتغير الضغط وعند درجة حرارة ثابتة ويطبّقون معادلة الغاز المثالي.

توجيهات حول الاستقصاء

- استخدم محقن غاز زجاجيًا بدلًا من المحقن البلاستيكي إذا أمكنك ذلك، يتصف محقن الغاز الزجاجي باحتكاك أقل بين المكبس والمحقن، في حين يمكن لمكبس المحاقن البلاستيكية «الالتصاق» بالمحقن، ما يؤدي إلى خطأ عشوائي إضافي وقيمة أكبر لعدم اليقين في النتائج.
- سيؤثر التسخين الديناميكي الحراري (أو التبريد في هذه الحالة) على حجم الغاز عند تمدّده (أو انضغاطه)؛ وبالتالي لأخذ القراءة يجب على الطلبة الانتظار دقيقة واحدة على الأقل بعد إضافة كل كتلة إلى المحقن. يسمح هذا الانتظار لدرجة حرارة الغاز بالعودة إلى ظروف البيئة المحيطة.

أنموذج نتائج

درجة حرارة الغرفة = 20 °C

M (kg)	l (m)			$\frac{1}{l}$ (m^{-1})
	القراءة الأولى	القراءة الثانية	متوسط القراءات وقيمة عدم اليقين	
0.000	0.072	0.068	0.070 ± 0.002	14.29 ± 0.41
0.200	0.084	0.078	0.081 ± 0.003	12.35 ± 0.46
0.400	0.088	0.096	0.092 ± 0.004	10.87 ± 0.47
0.600	0.098	0.120	0.109 ± 0.011	9.17 ± 0.93
0.800	0.123	0.163	0.143 ± 0.020	6.99 ± 0.98
1.000	0.237	0.192	0.215 ± 0.023	4.66 ± 0.49

الجدول ٨-١

إجابات أسئلة الاستقصاء العملي ٨-١ في كتاب التجارب العملية والأنشطة (باستخدام أنموذج النتائج)

أ. انظر الشكل ٨-٢.

الميل = $-\frac{g}{nRT}$

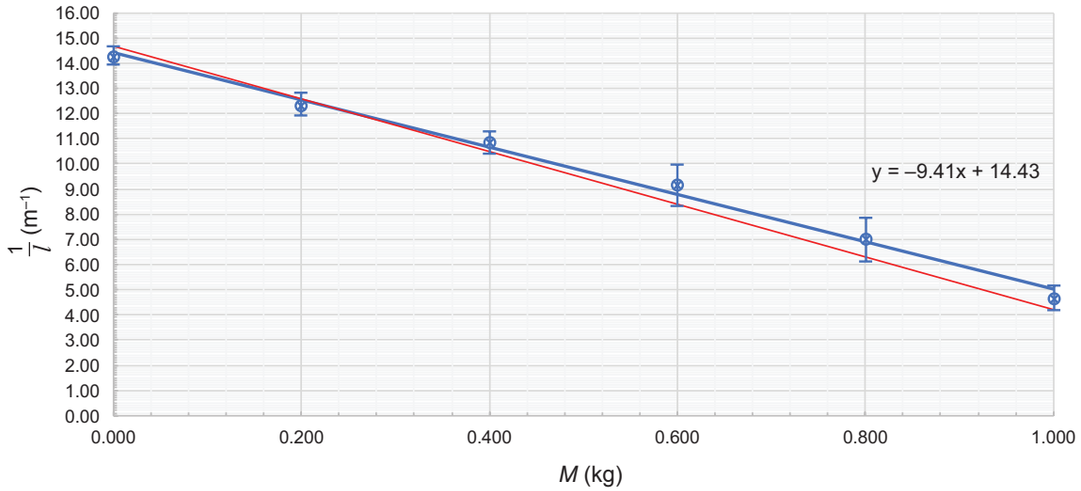
نقطة التقاطع = $\frac{p_0 A}{nRT}$

ب. انظر الجدول ٨-١.

ج. التمثيل البياني - لاحظ أن التمثيلات البيانية التي يرسمها الطلبة يجب أن تتضمن على تداريج متسقه مع المنزلة العشرية للقيم المحسوبة وأن تكون أشرطة الخطأ متوافقة مع قياسات قيم عدم اليقين (المطلقة).

طول عمود الهواء (l) مقابل الكتلة المطبقة (M).

الخط الأفضل ملاءمة (اللون الأزرق)، والخط الأسوأ ملاءمة (اللون الأحمر).



الشكل ٨–٢

د. قم أولًا بحساب الميل للخط الأفضل ملاءمة $\frac{1}{l}$:

$$\text{الميل} = \frac{\text{التغير في } y}{\text{التغير في } x} = \frac{14.41 - 5.00}{0 - 1.000} = -9.41$$

ثم احسب ميل الخط الأسوأ ملاءمة باستخدام قيم الخط الأحمر المنقط كما هو موضح في التمثيل البياني، سيكون على الشكل التالي:

$$\text{الميل} = \frac{\text{التغير في } y}{\text{التغير في } x} = \frac{14.70 - 4.20}{0 - 1.000} = -10.50$$

إذًا تكون قيمة عدم اليقين للميل: $10.50 - 9.41 = 1.09$

$$\text{الميل} = -9.41 \pm 1.09$$

هـ. درجة حرارة الغرفة = 293 K

و. إعادة ترتيب معادلة الميل من الجزئية (أ).

$$n = -\frac{g}{RT \times \text{الميل}} = \frac{9.81}{-9.41 \times 8.31 \times 293} = 4.28 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

إعادة ترتيب معادلة ميل الخط الأسوأ ملاءمة من الجزئية (أ).

$$n' = -\frac{g}{2 \times 8.31 \times 293 \text{ الميل}} = -\frac{9.81}{-10.50 \times 8.31 \times 293} = 3.84 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

قيمة عدم اليقين في عدد المولات:

$$n - n' = (4.28 - 3.84) \times 10^{-4}$$

عدد المولات (n):

$$n = 4.28 \times 10^{-4} \pm 0.44 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

ز. بإعادة ترتيب المعادلة التي تعبّر عن نقطة التقاطع مع المحور الصادي، فإن $c = \frac{p_0 A}{nRT}$ لتعطي $p_0 = \frac{cnRT}{A}$

ح. عدد المولات (n) سينخفض إلى النصف؛ لذلك سيتضاعف الميل، وسيتضاعف مقدار الجزء المقطوع من محور الصادات.

التعليم المتمايز (تفريد التعليم)

التوسّع والتحدّي

يجب على الطلبة التفكير في سبب ضرورة الانتظار قليلًا بين إضافة كتلة أخرى في التجربة وأخذ القراءة. لماذا يجب أن تتغيّر درجة حرارة الغاز عندما يتغيّر الضغط المطبّق؟ وما تأثير ذلك على حجم الغاز؟

الدعم

الطريقة الأسهل في أداء الاستقصاء العملي هي أن يقوم الطلبة برسم تمثيل بياني لإظهار العلاقة الخطية بين (p) و $\frac{1}{V}$ عندما تكون (T) ثابتة. وقد يحتاجون إلى مساعدة في تحديد النتائج بشكل خطي، فقدّم لهم تعليمات لرسم (p) مقابل $\frac{1}{V}$، كما هو مبيّن في الشكل ٨–٦ الوارد في كتاب الطالب.

تلخيص الأفكار والتأمّل فيها
• اطلب إلى الطلبة شرح سبب تمدّد بالون الطقس في الصورة ٨–١ كلما ارتفع في الغلاف الجوي.

الموضوع ٨-٦: تغيّر درجة الحرارة

الأهداف التعليمية

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 بـ: $p \propto T$ و $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$ ويستخدمه.

نظرة عامة على الموضوع

- يصف الطلبة 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 ويستخدمونه.
- يصف الطلبة قانون جاي لوساك المعبّر عنه بـ: $p \propto T$، $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$ ويستخدمونه.

عدد الحصص المقترحة للتدريس

يخصص لتنفيذ هذا الموضوع حصتان دراسيتان (ساعة و ٢٠ دقيقة).

المصادر المرتبطة بالموضوع

المصدر	الموضوع	الوصف
كتاب الطالب	٨–٦ تغيّر درجة الحرارة	• يوسع الطلبة فهمهم لقوانين الغاز ليشمل العلاقة بين الحجم ودرجة الحرارة (قانون شارل) والضغط ودرجة الحرارة (قانون جاي لوساك). تُستقرأ هاتان العلاقتان لتعزيز فهم الطلبة لمفهوم الصفر المطلق.
كتاب التجارب العملية والأنشطة		• يطبّق السؤال ٣ من أسئلة نهاية الوحدة قوانين الغاز على تغيّر الحجم في حالة تسخين غاز ما.

المفاهيم الخاطئة وسوء الفهم

- عند التفكير في استقراء قوانين شارل وجاي لوساك لدرجات الحرارة المنخفضة قد يفترض الطلبة افتراضًا خاطئًا وهو أن المواد ستبقى في حالة غازية حتى في درجات حرارة منخفضة جدًا، ويجب مناقشتهم في ذلك وأن يُطلب إليهم نقل ما يعرفونه بالفعل عن النظرية الحركية لحالات المادة لنقد هذا الافتراض.

أنشطة تمهيدية

فكرة (١٠ دقائق)

- اشرح تأثير تسخين حجم معيّن من غاز في دورق مخروطي محكم الإغلاق ببالون متصل بفوهة الدورق، ويمكن تطبيق ذلك عمليًا كما هو مبيّن في الشكل ٨–٧ الوارد في كتاب الطالب.

› **أفكار للتقويم:** يمكن الطلب إلى الطلبة التنبؤ بما سيحدث للبالون، ثم شرح ذلك بما يعرفونه عن النظرية الحركية والضغط. اسأل: إذا كان حجم البالون يزداد، فماذا يعني ذلك بالنسبة إلى الضغط داخل البالون وخارجه؟

الأنشطة الرئيسية

١ مقارنة طرائق تجريبية (٤٠ دقيقة)

- ناقش العلاقة بين التجربة المبيّنة في الشكل ٨–٧ الوارد في كتاب الطالب وتلك المبيّنة في الشكل ٨–٨. كيف نعرف في كلٍّ منهما أن ضغط كمية ثابتة من الغاز ثابت أيضًا؟

٢ عرض توضيحي: قانون شارل

- قد يرغب المعلّم في عرض أدوات قانون شارل كما هي مبيّنة في الشكل ٨–٨ الوارد في كتاب الطالب. يمكن للطلبة جمع بيانات عن تغيّر طول عمود الهواء ورسم تمثيل بياني كما هو مبيّن في الشكل ٨–٩.
- كما يمكن بدلًا من ذلك استخدام العرض التوضيحي (مع بيانات) باستخدام كلمات البحث الآتية على الشبكة العالمية للمعلومات والاتصالات الدولية (الإنترنت): DEMONSTRATION CHARLES' LAW.

› **فكرة للتقويم:** (١٥ دقيقة) يرسم الطلبة تمثيلًا بيانيًا لـ (*V*) مقابل *T* (K) باستخدام البيانات التي جُمعت من العرض التوضيحي العملي داخل الصف أو من عرض الڤيديو التوضيحي.

٣ عرض توضيحي: قانون جاي لوساك

- وبالمثل – إذا كانت الأدوات متوافرة (الشكل ٨–٩)– فيمكن عرض قانون جاي لوساك. البديل لذلك هو عرض العلاقة بشكل آخر كاستخدام عرض توضيحي عن العلبة المنبعجة باستخدام كلمات البحث على الشبكة العالمية للمعلومات والاتصالات الدولية (الإنترنت): DEMONSTRATION GAY-LUSSAC LAW.

› **فكرة للتقويم:** (١٥ دقيقة) يشرح الطلبة سبب انبعاج العلبة عند وضعها في الماء المثلج. ما مصدر القوة التي تسبّب انبعاج جدران العلبة وبالتالي انكماشها إلى الداخل (Implode)؟

٤ أنشطة كتاب التجارب العملية والأنشطة (٢٠ دقيقة)

- يحل الطلبة السؤال ٣ من أسئلة نهاية الوحدة الواردة في كتاب التجارب العملية والأنشطة.

التعليم المتمايز (تفريد التعليم)

التوسّع والتحدّي

قد يرغب بعض الطلبة في استخدام البيانات من الفيديو أو من العرض العملي لقانون شارل لاستقراء قيمة الصفر المطلق بوحدة (°C).

الدعم

قد يحتاج بعض الطلبة إلى توضيح لطريقة تضمين قيم عدم اليقين وأشرطة الخطأ. يجب على المعلّم التأكيد على هذه النقطة من خلال أخذ قياسات مكرّرة في أثناء أداء التجربة الخاصة بقانون شارل إن كان ذلك ممكنًا.

تلخيص الأفكار والتأمّل فيها

- اطلب إلى الطلبة كواجب منزلي البحث عن عروض أخرى لقانونَي شارل وجاي لوساك: على سبيل المثال، كلمات البحث: 'a candle-in-a-jar experiment'، 'The Sci Guys: Science at Home - SE2 -EP10: Charles's Law of Ideal Gases'، 'SE2 - EP11: Gay-Lussac's Law of Ideal Gases'.

الموضوع ٨-٧: الغازات الحقيقية والمثالية

الأهداف التعليمية

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

نظرة عامة على الموضوع

- يُعرّف الطلبة الغاز المثالي لكتلة ثابتة من الغاز على أنه غاز يخضع للعلاقة: $\frac{pV}{T}$ = مقدار ثابت.

عدد الحصص المقترحة للتدريس

يخصص لتنفيذ هذا الموضوع حصة دراسية واحدة (٤٠ دقيقة).

المصادر المرتبطة بالموضوع

المصدر	الموضوع	الوصف
كتاب الطالب	٨–٧ الغازات الحقيقية والمثالية	• يتم استكشاف الاختلافات بين السلوك الحقيقي والمثالي للغازات والحالات الأخرى.

المفاهيم الخاطئة وسوء الفهم

- غالبًا ما يعتبر الطلبة أن «المثالي» يعني «غير حقيقي» وبالتالي فإن قانون الغاز المثالي والنموذج الحركي ليس لهما فائدة في الواقع، ويمكن للمعلمين تقريب الفكرة من خلال إظهار أن الافتراضات «المثالية» في النموذج الحركي تقترب جدًا من السلوك الحقيقي في ظل مدى واسع من ظروف الضغط ودرجة الحرارة العاديَّين.

أنشطة تمهيدية

فكرة (١٠ دقائق)

- اطلب إلى الطلبة رسم تمثيلات بيانية لعلاقة (p) مع (V)، و (V) مع (T)، و (p) مع (T)، واطلب إليهم التعليق على التمثيلات البيانية، ثم اقتراح ما يمكن أن يحدث عند:

١. درجات حرارة منخفضة جدًا.

٢. ضغوط عالية جدًا.

الأنشطة الرئيسية

١ فرضية السلوك غير المثالي للغازات (٣٠ دقيقة)

- اطلب إلى الطلبة التعليق على التمثيلات البيانية التي رسموها. اطلب إليهم الآن اقتراح ما يمكن أن يحدث في حالة:

١. درجات الحرارة المنخفضة جدًا.

- **الدعم:** قم بمساعدة الطلبة على التوصل للإجابة بطرح الأسئلة الآتية:

– ماذا تخبرنا النظرية الحركية عن حركة الجسيمات ودرجة الحرارة؟

– كيف ستتغير حركة الجسيمات مع انخفاض درجة الحرارة؟

– كيف يمكن أن يؤثر ذلك على السلوك الجهري للغاز؟

٢. الضغوط المرتفعة جدًا.

- **الدعم:** قم بمساعدة الطلبة على التوصل للإجابة بطرح الأسئلة الآتية:

– عند الضغط المرتفع جدًا، ماذا يمكننا أن نفترض بشأن المسافات بين الجسيمات؟

– ماذا يفترض نموذج الغاز المثالي حول المسافات بين الجسيمات؟

– كيف يمكن أن يؤثر ذلك على السلوك الجهري للغاز؟

› **فكرة للتقويم:** تحقّق من فهم الطلبة للموضوع ٨–٧ الوارد في كتاب الطالب من خلال الطلب إليهم أن يناقشوا اختلافًا واحدًا بين السلوك «الحقيقي» و «المثالي» لغاز مثل النيتروجين.

التعليم المتمايز (تفريد التعليم)

التوسّع والتحدّي

قد يرغب بعض الطلبة في استكشاف ما يحدث بالفعل لبعض الغازات عند درجات حرارة منخفضة جدًا، حتى بالنسبة إلى الحالات «الجديدة» للمادة مثل تكاثف بوز–آينشتاين (Bose-Einstein condensates).

الدعم

قد يحتاج بعض الطلبة إلى مراجعة نموذج الجسيمات أو النموذج الحركي لحالات مختلفة من المادة، لا سيما فيما يتعلق بالقوى بين الجزيئات في كل حالة.

تلخيص الأفكار والتأمّل فيها

- اطلب إلى الطلبة التفكير في الآتي: هل من المفيد دائمًا مراعاة الشروط «المثالية» فقط في الفيزياء؟ ما مزايا صنع «نماذج» من هذا النوع؟ ما العيوب التي قد تنجم عن ذلك؟

الموضوع ٨-٨: معادلة الغاز المثالي

الأهداف التعليمية

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

نظرة عامة على الموضوع

- يذكر الطلبة معادلة الغاز المثالي معبّرًا عنها بالمعادلة: $pV = nRT$، حيث n كمية المادة (عدد المولات) وبالمعادلة: $pV = NkT$، حيث N عدد الجزيئات، ويستخدمونها.

عدد الحصص المقترحة للتدريس

يخصص لتنفيذ هذا الموضوع حصتان دراسيتان (ساعة و ٢٠ دقيقة).

المصادر المرتبطة بالموضوع

المصدر	الموضوع	الوصف
كتاب الطالب	٨-٨ معادلة الغاز المثالي	• المثال ٤ • الأسئلة من ٨ إلى ١٣ • دراسة معادلة الغاز المثالي (معادلة الحالة).
كتاب التجارب العملية والأنشطة	نشاط ٨-٣ الغازات المثالية	• سؤال لتعزيز فهم الغازات المثالية.

المفاهيم الخاطئة وسوء الفهم

- ينسى الطلبة أحيانًا تحويل وحدات الكميات إلى وحدات دولية (درجة الحرارة المطلقة، الحجم بالـ m^3 على وجه الخصوص).

أنشطة تمهيدية

فكرة (١٠ دقائق)

- أعطِ الطلبة ٣ بطاقات مكتوب على كل منها (p) أو (V) أو (T). اطلب إليهم ترتيب البطاقات لإظهار كل من قوانين الغازات الثلاثة التي درسوها: قوانين بويل وشارل وجاي لوساك. اطلب إليهم ترتيب البطاقات بطريقة ما بحيث تُمثّل جميع القوانين الثلاثة في معادلة واحدة.

فكرة: ارجع إلى المعادلة الرئيسية في الموضوع ٨-٦ السابق.

الأنشطة الرئيسية

١ تطبيق معادلة الغازات المثالية (٣٠ دقيقة)

- يشرح المعلّم المثال ٤ ويوضح ما يتعلّق بحجم الغاز في الظروف العادية من الضغط ودرجة الحرارة.

› **فكرة للتقويم:** تحقّق من فهم الطلبة من خلال الطلب إليهم حلّ الأسئلة من ٨ إلى ١٣. قدّم للطلبة الإجابات الصحيحة واجعلهم يقيّمون بعضهم من خلال تقويم الأقران مع تقديم التغذية الراجعة لهم.

٢ أنشطة كتاب التجارب العملية والأنشطة (٤٠ دقيقة)

- يحل الطلبة النشاط ٨-٣ الوارد في كتاب التجارب العملية والأنشطة.

› **فكرة للتقويم:** استخدم إجابات الطلبة على النشاط ٨-٣ كنشاط ختامي للتحقق من الفهم، على المعلّم تصحيح هذه الإجابات ثم تحديد أي مفاهيم خاطئة. يمكن بعد ذلك عمل مجموعات ثنائية من الطلبة كـ «معلّم» و «طالب» بحيث يطلب «الطالب» المساعدة لتصحيح إجابته ويجيب «المعلم» عن المسائل بشكل صحيح.

التعليم المتمايز (تفريد التعليم)

الدعم

قد يحتاج بعض الطلبة إلى المساعدة في استخدام معادلة الغاز المثالي، لا سيما في تذكّر أنه يجب التعبير عن (*T*) بدرجة الحرارة المطلقة (K).

تلخيص الأفكار والتأمّل فيها

- ذكّر الطلبة بالعرضَين التوضيحيَّين الموجودَين في بداية الموضوع ٨-١ كمية المادة، بالون في الثلاجة وفي حمام مائي دافئ. اطلب إليهم أن يشرحوا -بالاستناد إلى معادلة الغاز المثالي- ما لاحظوه في كل حالة.

الموضوع ٨-٩: نمذجة الغازات: النموذج الحركي

الأهداف التعليمية

٨-١١ يذكر الافتراضات الأساسية للنظرية الحركية للغازات.

نظرة عامة على الموضوع

- يذكر الطلبة الافتراضات الأساسية للنظرية الحركية للغازات.

عدد الحصص المقترحة للتدريس

يخصص لتنفيذ هذا الموضوع حصة دراسية واحدة (٤٠ دقيقة).

المصادر المرتبطة بالموضوع

المصدر	الموضوع	الوصف
كتاب الطالب	٨-٩ نمذجة الغازات: النموذج الحركي	• السؤال ١٤ • سيتذكّر الطلبة افتراضات النموذج الحركي للغازات ويطبّقون فهمهم لشرح أهمية كل افتراض من خصائص الغازات المثالية أيضًا.
كتاب التجارب العملية والأنشطة	نشاط ٨-٤ النموذج الحركي لغاز ما	• يطبق السؤال ٢ من النشاط ٨-٤ لترسيخ فهم الطلبة للنموذج الحركي.

المفاهيم الخاطئة وسوء الفهم

- يعتقد بعض الطلبة أن الافتراضات تشير إلى أن النموذج الحركي لا يُستخدم في الواقع في التنبؤ بسلوك الغازات الحقيقية. هذه فرصة تعليمية جيدة لاستكشاف أهمية النماذج في العلوم، سواء من حيث تسهيل فهمنا للأنظمة المعقّدة (مثل الأنظمة العشوائية التي تتعلق بالنموذج الحركي)، وفي السماح لنا بعمل تنبؤات مفيدة حول تلك الأنظمة.

أنشطة تمهيدية

فكرة أ (١٠ دقائق)

- ابدأ الموضوع بعرض محاكاة الغاز المثالي من موقع (PHET) باستخدام الرابط الآتي:

https://phet.colorado.edu/en/simulations/gases-intro

إذا كان بإمكان الطلبة الوصول إلى الشبكة العالمية للاتصالات الدولية والمعلومات (الإنترنت) من أجهزتهم الخاصة فأعطهم فرصة القيام بالتجربة بتغيير كل من الكميات الآتية وعلى التوالي: (p)، و (V)، و (n)، و (T)، أو يمكن للمعلّم بدلًا من ذلك العرض بمفرده على أحد الأجهزة للصف بأكمله. يمكن الطلب إلى الطلبة ملاحظة حركة جزيئات الغاز في أثناء تغيير قيمة أحد المتغيرات.

فكرة ب (١٠ دقائق)

- رسّخ فهم الطلبة للنظرية الحركية لحالات المادة من خلال الطلب إليهم «بالتمثيل» أو لعب دور الجسيمات في كل حالة من الحالات سواء كانت صلبة أو سائلة أو غازية. أعطِ الطلبة شيئًا «للإمساك به» عندما «يرتبطون» في الحالة السائلة مثل خيوط طويلة. وبالمثل، اطلب إليهم الإمساك بالذراعَين في الحالة الصلبة.

› **أفكار للتقويم:** بالنسبة إلى أي من الأنشطة التمهيدية السابقة، اطلب إلى الطلبة التعليق على ما يحدث لحركة الجسيمات عندما تبدأ القوى بين الجسيمات بالتأثير.

الأنشطة الرئيسية

١ افتراضات وتفسيرات النموذج الحركي (١٥ دقيقة)

- أعط الطلبة مجموعات من 8 بطاقات. 4 بطاقات منها عليها «افتراضات» النموذج الحركي؛ و 4 بطاقات منها عليها «تفسيرات». يجب على الطلبة مقابلة البطاقات معًا كما هو مبيّن في الجدول ٨-١ الوارد في كتاب الطالب.

› **فكرة للتقويم:** أعط الطلبة نسخة من الجدول ٨–١ الوارد في كتاب الطالب، ولكن مع حذف التفسيرات واطلب إليهم إكمال الجدول بأسلوبهم الخاص.

٢ أسئلة كتاب الطالب (٥ دقائق)

- اطلب إلى الطلبة حل السؤال ١٤ الوارد في كتاب الطالب.

› **فكرة للتقويم:** زوّد الطلبة كتغذية راجعة بالإجابة النموذجية واطلب إليهم مراجعة إجاباتهم للتحقّق من فهمهم.

٣ أنشطة كتاب التجارب العملية والأنشطة (١٠ دقائق)

- اطلب إلى الطلبة حلّ السؤال ٢ من النشاط ٨–٤ والسؤالَين ١ و ٢ من أسئلة نهاية الوحدة الواردة في كتاب التجارب العملية والأنشطة.

› **فكرة للتقويم:** يمكن للمعلّم استخدام إجابات أسئلة نهاية الوحدة كمراجعة ختامية للتحقق من الفهم.

التعليم المتمايز (تفريد التعليم)

التوسّع والتحدّي

قد يرغب بعض الطلبة في توسيع نطاق فهمهم وتحديه باستخدام محاكاة أكثر توسعًا لسلوك الغاز من موقع (PHET)، لا سيما من خلال مراجعة توزيع ماكسويل–بولتزمان باستخدام محاكاة «الطاقة»، من خلال الرابط الآتي:

https://phet.colorado.edu/en/simulations/gas-properties

الدعم

قد يستفيد بعض الطلبة من مراجعة التعلّم السابق حول النظرية الحركية لحالات المادة باستخدام محاكاة موقع (PHET) باستخدام الرابط الآتي: https://phet.colorado.edu/en/simulations/states-of-matter-basics

تلخيص الأفكار والتأمّل فيها

- دع الطلبة يقفون، ثم اسمح لهم بالجلوس واحدًا تلو الآخر عندما يُطلب إليهم تقديم افتراض من افتراضات النموذج الحركي، بحيث يقدم الطالب الذي يليه التفسير المتعلّق بالافتراض وهكذا.

الموضوع ٨-١: استنتاج الضغط

الأهداف التعليمية

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

نظرة عامة على الموضوع

- يستخدم الطلبة العلاقة $pV = \frac{1}{3} Nm < c^2 >$ في حل المسائل، حيث ($< c^2 >$) هو متوسط مربع سرعة الجزيئات.

عدد الحصص المقترحة للتدريس

يخصص لتنفيذ هذا الموضوع حصتان دراسيتان (ساعة و٢٠ دقيقة).

المصادر المرتبطة بالموضوع

المصدر	الموضوع	الوصف
كتاب الطالب	٨–١٠ استنتاج الضغط	• السؤالان ١٥ و ١٦ • شرح استنتاج الضغط وتطبيقه من خلال الربط بين الخصائص الجهرية والخصائص المجهرية.
كتاب التجارب العملية والأنشطة	نشاط ٨–٤ النموذج الحركي لغاز ما	• السؤال ٣ من النشاط ٨–٤ يستدعي من الطلبة تطبيق فهمهم للنظرية الحركية على معادلات الضغط.

أنشطة تمهيدية

فكرة (٥ دقائق)

- اطلب إلى الطلبة التفكير فيما نعنيه «بالنموذج» في العلوم. واسألهم عن النماذج الأخرى التي صادفوها في تعلّمهم، حيث يمكن للطلبة سردها: على سبيل المثال، النموذج الحركي لحالات المادة؛ نموذج تدفق المياه في فهم دوائر الكهرباء. ما الفرق بين «النموذج» و «النظرية»؟ (ضع في اعتبارك: ما الدور الذي تلعبه «الافتراضات» في كل منهما؟).

الأنشطة الرئيسية

١ استنتاج معادلة الضغط (٢٠ دقيقة)

- يجب أن يقوم المعلم باستنتاج معادلة الضغط مع الطلبة خطوة خطوة.

› **فكرة للتقويم:** يمكن للطلبة مراجعة الاستنتاج وعمل الآتي:

– تحديد افتراضَين على الأقل تمّ إجراؤهما في الاستنتاج.

٢ أسئلة كتاب الطالب (٢٠ دقيقة)

- يحل الطلبة السؤالَين ١٥ و ١٦ الواردَين في كتاب الطالب.

› **فكرة للتقويم:** زوّد الطلبة كتغذية راجعة بالإجابات النموذجية، واطلب إليهم مراجعة إجاباتهم للتحقّق من فهمهم.

٣ أنشطة كتاب التجارب العملية والأنشطة (٢٠ دقيقة)

- اطلب إلى الطلبة حلّ السؤال ٣ من النشاط ٨–٤ الوارد في كتاب التجارب العملية والأنشطة.

› **فكرة للتقويم:** يمكن أن يُطلب إلى الطلبة حلّ هذا السؤال دون الرجوع إلى ملاحظاتهم أو إلى كتاب الطالب. سيتحقق المعلم في هذا السؤال من مدى فهم الطلبة للاستنتاج.

التعليم المتمايز (تفريد التعليم)

التوسّع والتحدّي

قد يرغب بعض الطلبة في اختبار صحة الافتراضات الواردة في الاستنتاج والمحدّدة في النشاط الرئيسي. ما نوع الشروط التي يمكن أن تجعل من هذه الافتراضات غير معقولة؟

الدعم

قد يتطلب الاستنتاج أن يكون لدى بعض الطلبة تعمّق في فهم الرياضيات، على سبيل المثال فكّ قوس التعريف $< c^2 >$ باستخدام متوسط السرعة.

تلخيص الأفكار والتأمّل فيها

- المعادلة التي استنتجناها قد تكون معقولة، لكن ما مدى منطقية نموذجنا الأولي؟ هل يوضع الغاز في أوعية مكعبة الشكل دائمًا؟ هل يمكننا إيجاد دليل نثبت فيه احتواء البالون على الغاز؟

الموضوع ٨-١١: درجة الحرارة وطاقة حركة الجزيئات

الأهداف التعليمية

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

نظرة عامة على الموضوع

- يقارن الطلبة المعادلتَين: $pV = \frac{1}{3} Nm < c^2 >$ و $pV = NkT$؛ لاستنتاج أن متوسط طاقة الحركة الانتقالية لجزيء ما هي: $\frac{3}{2} kT$.

عدد الحصص المقترحة للتدريس

يخصص لتنفيذ هذا الموضوع حصتان دراسيتان (ساعة و٢٠ دقيقة).

المصادر المرتبطة بالموضوع

المصدر	الموضوع	الوصف
كتاب الطالب	٨–١١ درجة الحرارة وطاقة حركة الجزيئات	• الأسئلة من ١٧ إلى ١٩ • يستنتج الطلبة العلاقة بين متوسط طاقة الحركة لجزيء ما ودرجة الحرارة.
كتاب التجارب العملية والأنشطة	نشاط ٨–٤ النموذج الحركي لغاز ما	• يمكن استخدام السؤالَين ١ و ٤ من النشاط ٨–٤ كمراجعة ختامية للتحقق من الفهم.

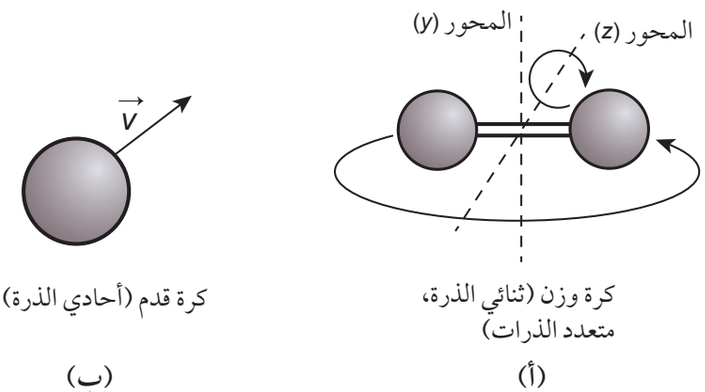
المفاهيم الخاطئة وسوء الفهم

- هناك اعتقاد خاطئ وشائع وهو أن درجة الحرارة هي مقياس مباشر لسرعة الجسيمات، أو للطاقة الحركية للجسيمات. يجب التأكيد للطلبة على أن درجة الحرارة تقيس متوسط طاقات الحركة في العيّنة، وعلى هذا النحو سيكون هناك (العديد) من الجزيئات ذات طاقات حركة – وبالتالي سرعات – أقل أو أكبر من المتوسط.

أنشطة تمهيدية

فكرة (١٠ دقائق)

- اعرض على الطلبة نماذج جزيئية (ربما تكون نماذج كيميائية متعدّدة) من جزيئات أحادية الذرّة أو ثنائية أو جزيئات أكبر (طريقة أخرى لتنفيذ ذلك هي استخدام كرة قدم وتنس والأوزان (dumbbell)). ناقش: ما أنواع الحركة التي يمكن أن تمتلكها هذه الأجسام المختلفة؟ في حالة وجود جُسيم يتكوّن من ذرّة واحدة فقط، يمكن للذرّة أن تدور حوله. وفي حالة الجسيم الذي يتكوّن من ذرّتَين أو أكثر (ثنائي الذرّة أو متعدد الذرات) (الشكل ٨-٣ أ)، يمكن للجسيم (أو الجزيء) أن يدور بطريقتَين حول محورَين متعامدَين أحدهما مع الآخر (y و z) ومتعامدين مع الرابطة بين الذرّات. أما في حالة وجود جزيء يتكوّن من ذرّة واحدة فقط (مادة أحادية الذرة) (الشكل ٨-٣ ب)، فيمكن للذرّة أن تدور حول محورها.



الشكل ٨-٣ الحركة الممكنة للجسيمات في غاز ما.

› **أفكار للتقويم:** مساعدة: أعط الطلبة المصطلحات المفتاحية للحركة الانتقالية (التحرك عبر الفراغ) وللحركة الدورانية (الدوران المغزلي حول محور). اطلب إليهم تحديد عدد الطرائق التي يمكن أن تقوم بها الجسيمات المختلفة بكل نوع من أنواع الحركة.

توسّع: ما الذي يمكن أن يقترحه هذا التنوّع حول الطرائق التي «تُخزِّن» بها الأنواع المختلفة للجسيمات الطاقة؟

الأنشطة الرئيسية

١ استنتاج العلاقة بين متوسط طاقة حركة الجسيمات ودرجة الحرارة (٢٠ دقيقة)

- يوضح المعلّم للطلبة خطوات الاستنتاجات، لأنها تتطلّب بعض الشرح وفكّ الأقواس. وقد يكون من المفيد التوقّف عند التفكير بتعريف ثابت بولتزمان، وذلك بملاحظة أنه يساوي قيمة ثابت الغاز مقسومًا على عدد الجسيمات في مول واحد من المادة. يعبّر عن ثابت بولتزمان بوحدة ($J\,K^{-1}$) فهو يربط الطاقة بدرجة الحرارة المطلقة.

٢ أسئلة كتاب الطالب (٢٠ دقيقة)

- اطلب إلى الطلبة حلّ الأسئلة من ١٧ إلى ١٩ الواردة في كتاب الطالب.

› **فكرة للتقويم:** زوّد الطلبة كتغذية راجعة بالإجابات النموذجية، واطلب إليهم مراجعة إجاباتهم للتحقّق من فهمهم.

٣ أنشطة كتاب التجارب العملية والأنشطة (٣٠ دقيقة)

- اطلب إلى الطلبة حلّ السؤالَين ١ و ٤ من النشاط ٨-٤ الوارد في كتاب التجارب العملية والأنشطة.

› **فكرة للتقويم:** يمكن أن يُطلب إلى الطلبة حلّ هذَين السؤالَين من دون الرجوع إلى ملاحظاتهم أو إلى كتاب الطالب. سيتحقّق من هذا السؤال مدى فهم الإثبات.

التعليم المتمايز (تفريد التعليم)

التوسّع والتحدّي

بالرجوع إلى سؤال التوسّع في النشاط التمهيدي للموضوع، اطلب إلى الطلبة التفكير في ما إذا كان هناك، بالإضافة إلى طاقة الحركة الانتقالية، أي طرائق أخرى يمكن من خلالها تخزين الطاقة في جزيء ثنائي الذرّة، وإذا لزم الأمر قدّم لهم دليلًا من خلال سؤالهم: ما الذي يعرفونه عن الروابط بين الذرات في الجزيء؟ هل يمكن تخزين الطاقة في هذه الروابط أيضًا؟ كيف يتم تخزين الطاقة في الروابط بين الذرات؟

الدعم

قد يحتاج بعض الطلبة قبل البدء في استنتاج طاقة حركة الجسيمات التذكير بتعريفات ثابت الغاز وعدد أفوجادرو ومراجعتهما.

تلخيص الأفكار والتأمّل فيها
• اطلب إلى الطلبة تحديد «عنوان» واحد من الموضوع، والإجابة عن بعض النقاط الرئيسية فيه للتعلّم.

إجابات كتاب الطالب

العلوم ضمن سياقها

- يمكن ملاحظة سلوك الغازات في كثير من الحالات في الحياة اليومية. تتضمن بعض الأمثلة المشار إليها في هذه الوحدة ما يأتي:
  - زيادة الضغط في الإطارات بإضافة غاز ما (أي زيادة كمية المادة) باستخدام مضخة.
  - التغير في ضغط الإطارات الناتج عن التسخين الذي يسبّبه الاحتكاك.
  - التعرض لتغير الضغط الجوي، على سبيل المثال عند إقلاع طائرة أو هبوطها.
- يُعدّ الانتقال في هذه الوحدة من التفسير الجهري (العياني) إلى التفسير المجهري مهارة تفكير مهمة لطلبة الفيزياء، لذا فإن الأنشطة التمهيدية تجمع عددًا من التأثيرات التي يمكن ملاحظتها بسهولة الأمر الذي يؤدي إلى استقصاء أعمق في الفيزياء الأساسية، مثل تغيير درجة حرارة البالونات وضغط الغاز داخلها أو تصور الحركة الانتقالية الممكنة للغازات الأحادية الذرّة أو الجزيئية باستخدام أجسام نتعامل معها في حياتنا اليومية كالكرات والأوزان (dumbbells).

مع ارتفاع بالون الطقس في الغلاف الجوي، ينخفض كل من الضغط ودرجة حرارة الغلاف الجوي خارج البالون، وكذلك ينخفض ضغط ودرجة حرارة الغاز داخل البالون، إلا أنّ ضغط ودرجة حرارة الغاز داخل البالون ينخفضان بمعدل أقل عن ضغط ودرجة حرارة الغاز خارج البالون، وتأثير هذَين المتغيّرَين هو أن جزيئات الغاز داخل البالون تبذل متوسط قوة أكبر نحو الخارج على جدار البالون من متوسط القوة التي تبذلها جزيئات غاز الغلاف الجوي إلى الداخل، فيميل البالون إلى التمدد والارتفاع إلى الأعلى.

- أخيرًا، هناك ارتباط كبير هنا مع المفاهيم الأساسية في الكيمياء، مثل المول وعدد أفوجادرو وحجم الغازات وضغطها في ظل ظروف محددة. وهذا يقدم فرصة مهمة لهؤلاء الطلبة للتفكير بطرائق متعددة، ويمكن تشجيع ذلك من قبل المعلمين حيثما وجدوا لذلك الفرصة المناسبة.

إجابات أسئلة موضوعات الوحدة

١. **أ.** كتلة ذرّة الكربون (^{12}C) = 12 u

$1\ u = 1.66 \times 10^{-27}\ kg$

$m = 12 \times 1.66 \times 10^{-27} = 1.99 \times 10^{-26}\ kg$

ب. عدد ذرات C-12 في 54 g = $\frac{\text{كتلة العينة}}{\text{كتلة ذرة واحدة}}$:

$$N = \frac{54.0 \times 10^{-3}}{1.99 \times 10^{-26}} = 2.71 \times 10^{24}$$ ذرّة

عدد المولات:

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

$$= \frac{2.71 \times 10^{24}}{6.02 \times 10^{23}} = 4.50\ mol$$

ج. كتلة ذرة واحدة = 1.99×10^{-26} kg

بالتالي عدد الذرات في 1 kg:

$$= \frac{1}{1.99 \times 10^{-26}} = 5.03 \times 10^{25}$$ ذرّة

٢. **أ.** كتلة ذرّة يورانيوم–235 (^{235}U) = 235 u

$m = 235 \times 1.66 \times 10^{-27} \times 10^{3}$

$= 3.90 \times 10^{-22}$ g

ب. ١. عدد الذرات في 20 mg:

$$N = \frac{20 \times 10^{-3}}{3.90 \times 10^{-22}} = 5.1 \times 10^{19}$$ ذرّة

٢. عدد المولات:

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

$$n = \frac{5.13 \times 10^{19}}{6.02 \times 10^{23}} = 8.52 \times 10^{-5}\ mol$$

٣. عدد أفوجادرو: $N_A = 6.02 \times 10^{23}$

لمول واحد من أي مادة.

عدد المولات لمادة مكوّنة من N ذرة:

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

يحتوي 1 mol على $N = 6.0 \times 10^{23}$ ذرّة (عدد أفوجادرو)

هذا يتوافق مع عدد ذرات الكربون-12 في 12 g من المادة.

في 1 kg لدينا 1000 g من المادة، وبالتالي عن طريق النسبة والتناسب يكون لدينا:

ذرّة $5 \times 10^{25} \approx 10^{26}$

٤. سيزداد ضغط الهواء داخل إطار العجلة لأن ازدياد عدد الجزيئات سيزيد من عدد التصادمات بالجدران الداخلية للإطار.

٥. مع ازدياد درجة حرارة الغاز داخل العبوة، سيزداد متوسط طاقة حركة الجسيمات، وبالتالي تزداد سرعتها، وهذا يعني أنها تضيف المزيد من كميّة التحرك لكل تصادم مع جدران العبوة فيزداد الضغط، وعندما يتجاوز الضغط قيمة معيّنة سوف تنفجر العبوة.

٦. في حالة حدوث تسخين بسبب الاحتكاك، سوف تزداد درجة حرارة الهواء داخل إطارات السيارة، وبالتالي سيزداد ضغط الهواء الموجود في الإطارات. إذا تمّ أخذ قراءة للضغط ضمن هذه الظروف، فسنحصل على قراءة عالية لضغط الإطار لا تتناسب مع درجة حرارة البيئة المحيطة.

٧. $p_1 = 120 \times 10^3$ Pa ؛ $V_2 = 0.025$ m^3 ؛ $V_1 = 0.04$ m^3

بإعادة ترتيب المعادلة $p_1V_1 = p_2V_2$ (عند ثبوت درجة الحرارة):

$$p_2 = \frac{p_1V_1}{V_2}$$

$$= \frac{120 \times 10^3 \times 0.04}{0.025}$$

$$= 192 \times 10^3 \text{ Pa} \approx 19 \times 10^4 \text{ Pa}$$

(برقمَين معنويَّين)

٨. $pV = nRT$

$$T = \frac{pV}{nR}$$

$$= \frac{1.0 \times 10^4 \times 1.0}{1.0 \times 8.31} = 1203 \text{ K} \approx 1200 \text{ K}$$

٩. أ. عدد مولات النيتروجين = $\frac{\text{كتلة المادة}}{\text{الكتلة المولية}}$

$$= \frac{100}{28} = 3.57 \text{ mol} \approx 4 \text{ mol}$$

ب. $pV = nRT$

الحجم عند (NTP):

$$V = \frac{nRT}{p}$$

$$V = \frac{3.57 \times 8.31 \times 293}{1.01 \times 10^5} = 0.09 \text{ m}^3$$

١٠. الحجم:

$$V = \frac{nRT}{p} = \frac{5.0 \times 8.31 \times 473}{1.0 \times 10^5}$$

$$= 0.20 \text{ m}^3$$

١١. عدد الجزيئات = جزيء $N = 3.0 \times 10^{24}$

عدد المولات للغاز:

$$n = \frac{N}{N_A} = \frac{3.0 \times 10^{24}}{6.02 \times 10^{23}} = 5.0 \text{ mol}$$

$$V = \frac{nRT}{p} = \frac{5.0 \times 8.31 \times 300}{120 \times 10^3}$$

$$= 0.1 \text{ m}^3$$

١٢. كتلة O_2: $m = 1.0$ kg

عدد المولات:

$$n = \frac{\text{كتلة المادة}}{\text{الكتلة المولية}}$$

$$n = \frac{1.0 \times 10^3}{32} = 31.25 \text{ mol} \approx 31 \text{ mol}$$

درجة الحرارة:

$$T = \frac{pV}{nR} = \frac{1.0 \times 10^5 \times 1.0}{31.25 \times 8.31} = 385 \text{ K} \approx 3.9 \times 10^2 \text{ K}$$

(برقمَين معنويَّين)

١٣. حجم كميّة الهيدروجين ($V = 0.100$ m^3) عند ضغط ($p = 20$ atm) ودرجة حرارة ($T = 20$°C)

أ. بإعادة ترتيب المعادلة $pV = nRT$ نحصل على n:

$$n = \frac{pV}{RT} = \frac{20 \times 1.01 \times 10^5 \times 0.100}{8.31 \times 293}$$

$$= 82.96 \text{ mol}$$

لذلك، كتلة الهيدروجين = عدد المولات × الكتلة المولية:

$$m = 82.96 \times 2.0 \text{ g mol}^{-1}$$

$$= 166 \text{ g} = 0.166 \text{ kg}$$

ب. إذا كان الغاز هو الأكسجين، فستكون كتلته:

$$m = 82.96 \times 32 = 2655 \text{ g} = 2.655 \text{ kg}$$

١٤. كلما اقتربت الجسيمات من بعضها تصبح القوى بين الجزيئات كبيرة. كما يصبح حجم الجسيمات مهمًا أيضًا عند مقارنته بحجم العيّنة (كسائل). هذا يعني أن التصادمات ستحدث بشكل متكرر أكثر مما تنبأت به النظرية الحركية للغازات.

١٥.

الجانب الأيمن للمعادلة	الجانب الأيسر للمعادلة
$\frac{Nm}{V} < c^2 >$	$p = \frac{F}{A}$
$= \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}.\left(\text{m.s}^{-1}\right)^2$	$p = \frac{ma}{A}$
$= \text{kg.m}^{-1}.\text{s}^{-2}$	$= \frac{\text{kg.m.s}^{-2}}{\text{m}^2}$
	$= \text{kg.m}^{-1}.\text{s}^{-2}$

١٦. كثافة الهواء: $\rho = 1.29 \text{ kg m}^{-3}$

الضغط الجوي: $p = 10^5 \text{ Pa}$

أ. $p = \frac{1}{3}\left(\frac{Nm}{V}\right) < c^2 >$

باستبدال الكثافة $\rho = \frac{M}{V}$ حيث $M = Nm$

$$p = \frac{1}{3}(\rho) < c^2 >$$

بإعادة الترتيب للحصول على $< c^2 >$

$$< c^2 > = \frac{3 \times 10^5}{1.29} = 2.32 \times 10^5 \text{ m}^2 \text{ s}^{-2}$$

$$\approx 2 \times 10^5 \text{ m}^2 \text{ s}^{-2}$$

ب. بأخذ الجذر التربيعي للطرفَين:

$$\sqrt{<c^2>} = 482 \text{ m s}^{-1} > c_{\text{الصوت}}$$

١٧. ثابت بولتزمان k يساوي:

$$k = \frac{R}{N_A} = \frac{8.31}{6.02 \times 10^{23}}$$

$$= 1.38 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$$

١٨. متوسط طاقة الحركة الانتقالية لذرات الغاز:

$$\overline{KE} = \frac{3}{2}kT$$

عند درجة حرارة: $T = 27°\text{C} = 300 \text{ K}$

$$\overline{KE} = \frac{3}{2} \times 1.38 \times 10^{-23} \times 300 = 6.21 \times 10^{-21} \text{ J}$$

$$\approx 6 \times 10^{-21} \text{ J}$$

(برقم معنوي واحد)

١٩. متوسط طاقة الحركة الانتقالية لذرات الغاز:

$$\overline{KE} = \frac{3}{2}kT = 5.0 \times 10^{-21} \text{ J}$$

بإعادة ترتيب المعادلة للحصول على T:

$$T = \frac{2 \times 5.0 \times 10^{-21}}{3 \times 1.38 \times 10^{-23}}$$

$$= 241.5 \text{ K} \approx 242 \text{ K} (-32°\text{C})$$

إجابات أسئلة نهاية الوحدة

١. أ. ١. يتكوّن 1 مول من He من 6.02×10^{23} ذرّة.

٢. يتكوّن 1 مول من Cl_2 من 1.20×10^{24} ذرّة.

٣. يتكوّن 1 كيلو مول من Ne من 6.02×10^{26} ذرّة.

ب. ١. $n = 4$

$$N = nN_A$$

$$= 4.00 \times 6.02 \times 10^{23}$$

$N = 2.41 \times 10^{24}$ جزيء

٢. عدد ذرات الكربون: 2.41×10^{24} ذرّة

٣. عدد ذرات الأكسجين هو:

$= 2 \times 2.41 \times 10^{24}$

$= 4.82 \times 10^{24}$ ذرّة

٢. أ. كتلة ذرّة ذهب:

$m = 197 \text{ u} = 197 \times 1.66 \times 10^{-27}$

$= 3.27 \times 10^{-25}$ kg

ب. عدد ذرّات الذهب:

$$N = \frac{1.0}{3.27 \times 10^{-25}}$$

$= 3.1 \times 10^{24}$ ذرّة

ج. عدد مولات الذهب:

$$n = \frac{3.1 \times 10^{24}}{6.02 \times 10^{23}} = 5.1 \text{ mol}$$

٣. أ. $p_1V_1 = p_2V_2$

بإعادة ترتيب المعادلة للحصول على p_2:

$$p_2 = \frac{p_1V_1}{V_2}$$

وعند ضغط ودرجة حرارة عاديَّين (NTP):

$p_1 = 1.01 \times 10^5$ Pa

$$p_2 = \frac{1.01 \times 10^5 \times 140}{42} = 3.37 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$\approx 3.4 \times 10^5$ Pa

ب. ستزداد درجة الحرارة كلما تمّ بذل شغل على الغاز بواسطة المكبس بسرعة؛ كما سيزداد الضغط أيضًا بمقدار أكبر.

٤. إذا كان 1 ضغط جوي = 100×10^3 Pa يعادل عمودًا من الماء ارتفاعه 10 m، فإن الضغط عند عمق 25 m يساوي:

$(1 + 2.5) \times 10^5 \text{ Pa} = 3.5 \times 10^5 \text{ Pa}$

(تمت إضافة رقم 1 إلى 2.5 لأن الضغط على سطح الماء يكون 1×10^5 Pa).

$p_1V_1 = p_2V_2$ بافتراض بقاء الفقاعة عند درجة حرارة ثابتة.

وبإعادة ترتيب المعادلة للحصول على V_2 على السطح:

$$V_2 = \frac{3.5 \times 10^5 \times 0.42}{10^5} = 1.47 \text{ cm}^3$$

إن الضغط على السطح أقل من الضغط عند عمق (25 m)، لذلك فإن حجم الفقاعة على السطح يجب أن يكون أكبر، لذلك فإنه على عمق (25 m) يكون الضغط والحجم:

$p_1 = 3.5 \times 10^5$ Pa

$V_1 = 0.42 \text{ cm}^3$

أما على السطح فيكون الضغط والحجم:

$p_2 = 1 \times 10^5$ Pa (1 atm)

$V_2 = 1.47 \text{ cm}^3$

٥. أ. عند ضغط ودرجة حرارة عاديَّين (NTP) و $T = 293$ K

$pV = nRT$

بإعادة ترتيب المعادلة لـ n:

$$n = \frac{4.8 \times 10^5 \times 4.0 \times 10^{-2}}{8.31 \times 293} = 7.89 \approx 7.9 \text{ mol}$$

ب. كتلة ثاني أكسيد الكربون:

$m = 7.9 \times 44 = 346.9 \approx 350$ g

٦. $p = 1.01 \times 10^5$ Pa ؛ $n = 1$ ؛ $T = 0°\text{C} = 273$ K

$pV = nRT$

بإعادة ترتيب المعادلة للحصول على V:

$$V = \frac{1 \times 8.31 \times 273}{1.01 \times 10^5} = 2.24 \times 10^{-2} \text{ m}^3$$

٧. $N = 3.0 \times 10^{26}$ ؛ $V = 0.20 \text{ m}^3$ ؛ $T = 127°\text{C} = 400$ K

$$n = \frac{N}{N_A} = \frac{3.0 \times 10^{26}}{6.02 \times 10^{23}} = 498.3 \approx 500 \text{ mol}$$

$pV = nRT$

بإعادة ترتيب المعادلة للحصول على p:

$$p = \frac{498 \times 8.31 \times 400}{0.20} = 8.28 \times 10^6 \text{ Pa}$$

٨. أ. ١. $T = 27\ °C = 300\ K$

لذلك، طاقة حركة ذرات النيون:

$$\overline{KE} = \frac{3}{2}kT$$

$$\overline{KE} = \frac{3}{2} \times 1.38 \times 10^{-23} \times 300$$

$$= 6.21 \times 10^{-21}\ J \approx 6 \times 10^{-21}\ J$$

٢. $T = 243\ °C = 516\ K$

لذلك، طاقة حركة ذرات النيون:

$$\overline{KE} = \frac{3}{2}kT$$

$$\overline{KE} = \frac{3}{2} \times 1.38 \times 10^{-23} \times 516$$

$$= 1.07 \times 10^{-20}\ J$$

ب. $\overline{KE} = \frac{1}{2}m\langle c^2 \rangle$

بالتالي النسبة بين سرعتَي الذرات:

$$\frac{\overline{KE_1}}{\overline{KE_2}} = \frac{\langle c_1^2 \rangle}{\langle c_2^2 \rangle} = 0.58$$

بأخذ الجذر التربيعي لإيجاد النسبة بين سرعتَي الجزيئات عند درجتَي الحرارة:

$$= 0.76$$

٩. أ. عندما تصطدم جزيئات الهواء بشكلٍ مرن بجدران الإطار فإنها تضيف كميّة تحرك، مؤثرة بدفع أي أن هناك قوة على مساحة سطح الإطار، وبالتالي سيكون ضغط الهواء في الإطارات يساوي إجمالي القوة مقسومًا على مساحة السطح الداخلي للإطار.

ب. $pV = nRT$

حيث $p = 3.42 \times 10^5\ Pa$، $V = 1.50\ m^3$ عند $T = 276\ K$.

بإعادة ترتيب المعادلة نحصل على n:

$$n = \frac{pV}{RT} = \frac{3.42 \times 10^5 \times 1.50}{8.31 \times 276} = 224\ mol$$

ج. $T = 42\ °C = 315\ K$

١. $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$ عند حجم ثابت.

بإعادة ترتيب المعادلة نحصل على p_2:

$$p_2 = 3.42 \times 10^5 \times \frac{315}{276} = 3.90 \times 10^5\ Pa$$

٢. $\overline{KE} = \frac{3}{2}kT$

$$\frac{\overline{KE_2}}{\overline{KE_1}} = \frac{T_2}{T_1} = \frac{315}{276} = 1.14$$

$\overline{KE_2}$ تعود لـ T_2 (بعد) وبما أن $\overline{KE}$ تتناسب طرديًا مع T فإن نسبة $\overline{KE_2}$ إلى $\overline{KE_1}$ هي نفسها نسبة T_2 إلى T_1.

١٠. أ. $pV = \frac{1}{3}Nm\langle c^2 \rangle$ حيث N هو عدد الجسيمات في الغاز، و m هي كتلة جسيم واحد و $\langle c^2 \rangle$ هو متوسط مربع سرعة الجسيمات.

ب. بالنسبة إلى الهيليوم-4:

$T = 22°C$، $V = 4.1 \times 10^4\ cm^3$، $p = 6.0 \times 10^5\ Pa$

١. كميّة الغاز:

$$n = \frac{pV}{RT} = \frac{6.0 \times 10^5 \times 4.1 \times 10^{-2}}{8.31 \times 295}$$

$$= 1.0 \times 10\ mol$$

٢. عدد الذرات:

$$N = nN_A = 1.0 \times 10 \times 6.02 \times 10^{23}$$

$$= 6.02 \times 10^{24} \approx 6.0 \times 10^{24}\ \text{ذرّة}$$

١١. أ. يتصرّف الغاز المثالي وفقًا لقانون الغاز المثالي $pV = nRT$.

ب. ١. عدد مولات الهيليوم:

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

$$n = \frac{500}{4.0} = 125\ mol$$

٢. عدد ذرات الهيليوم:

$$N = nN_A$$

$$= 125 \times N_A = 125 \times 6.022 \times 10^{23}$$

$$= 7.53 \times 10^{25}\ \text{ذرّة}$$

٣. $pV = nRT$

بإعادة ترتيب المعادلة للحصول على حجم الأسطوانة V:

$$V = \frac{125 \times 8.31 \times 300}{5.0 \times 10^5} = 0.62 \text{ m}^3$$

١٢. أ. ١. التصادم المرن كليًا هو الذي يمكن خلاله تبادل كميّة التحرك ويتم أيضًا خلاله الحفاظ على طاقة الحركة.

٢. ثلاث فرضيات للنظرية الحركية – (قبول أي ثلاث منها) على سبيل المثال:

– حجم الجسيمات ضئيل عند مقارنته بحجم الغاز.

– القوى بين الجسيمات غير ذات أهمية.

– زمن اصطدام الجسيمات ببعضها وبالجدار ضئيل مقارنة بالزمن بين اصطدامَين متتاليَين مع الجدار.

ب. ١. التغيّر في كميّة التحرك: $\Delta p = 2mc$

$= 2 \times 2.4 \times 10^{-26} \times 400$

$= 1.92 \times 10^{-23} \text{ kg m s}^{-1}$

$\approx 1.9 \times 10^{-23} \text{ kg m s}^{-1}$

٢. $c = \frac{l}{t}$ بالتالي فإن الزمن بين تصادمَين متتاليَين هو $t = \frac{l}{c}$

المسافة بين التصادمَين المتتاليَين $= 2l$

$$t = \frac{2l}{400} = 1.5 \times 10^{-3} \text{ s}$$

الأمر الذي يعني أن هناك $\frac{1.0}{t}$ من التصادمات أي:

عدد التصادمات في الثانية:

$$= \frac{1.0}{1.5} \times 10^{-3} = 667$$

٣. متوسط القوة المبذولة: $\Delta p = 2mc$

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

$$F = \frac{1.92 \times 10^{-23}}{1.5 \times 10^{-3}} = 1.28 \times 10^{-20} \text{ N}$$

١٣. $\overline{KE} = \frac{3}{2}kT = \frac{1}{2}m\langle c^2 \rangle$

بالنسبة إلى جزيء واحد:

$\Delta T = 1$ K حيث $\Delta\overline{KE} = \frac{3}{2}k\Delta T$

يعني، $\Delta\overline{KE} = \frac{3}{2}k$

$$= \frac{3}{2} \times 1.38 \times 10^{-23}$$

$$= 2.07 \times 10^{-23} \text{ J}$$

بالنسبة إلى 1.0 mol،

$$\Delta KE = 2.07 \times 10^{-23} \times 6.02 \times 10^{23}$$

$$= 12.5 \text{ J}$$

إجابات كتاب التجارب العملية والأنشطة

إجابات أسئلة الأنشطة

نشاط ٨–١: كمية المادة

١. أ. $\rho = \frac{M}{V}$

$V = 250\ \text{cm}^3 = 250 \times 10^{-6}\ \text{m}^3$

مع إعادة ترتيب المعادلة للحصول على الكتلة:

$M = \rho V$

كتلة الماء:

$M = 10^3 \times 250 \times 10^{-6}$

$= 250 \times 10^{-3}\ \text{kg} = 250\ \text{g}$

ب. الكتلة المولية للماء H_2O تساوي $18.0\ \text{g mol}^{-1}$

عدد مولات الماء:

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

$n = \frac{250}{18.0} = 13.9\ \text{mol}$

ج. عدد جزيئات الماء:

$N = nN_A$

$= 13.9 \times 6.02 \times 10^{23}$

$= 8.36 \times 10^{24}$ جزيء

٢. أ. كتلة الهيليوم:

$M = \rho V$

$= 2.0 \times 10^{-4} \times 1.5 \times 10^3 \approx 0.30\ \text{g}$

ب. لغاز الهيليوم كتلة ذرّية نسبية تساوي 4 u

لذلك كمية الهيليوم:

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

$= \frac{0.30}{4.0} = 0.075\ \text{mol}$

ج. عدد الذرات:

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

$N = nN_A = 0.075 \times 6.02 \times 10^{23}$

$\approx 4.5 \times 10^{22}$ ذرّة

٣. أ. عدد المولات:

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

$n = \frac{0.48}{32.0} = 0.015\ \text{mol}$

ب. الكتلة المولية:

$= \frac{26}{6.5} = 4.0\ \text{g mol}^{-1}$

ج. عدد مولات الهواء:

$V = 2.2 \times 6.0 \times 4.8 = 63.36\ \text{m}^3$

$m = \rho V$

$= 1.29 \times 63.36 = 81.73\ \text{kg}$

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

$= \frac{81.73 \times 10^3}{29} = 2.82 \times 10^3\ \text{mol}$

$\approx 2.8 \times 10^3\ \text{mol}$

نشاط ٨–٢: كمّيات الغاز

١. أ. $P = \frac{F}{A}$

بإعادة ترتيب المعادلة للحصول على القوة:

$F = PA$

متوسط القوة المؤثرة على الشخص:

$= 2.0 \times 10^5\ \text{N}$

ب. نظرًا إلى أن أجسامنا تحتوي أيضًا على الهواء عند مقدار ذلك الضغط نفسه، فإن القوة الناتجة من الضغط الجوي الذي يدفع إلى الداخل تتزن مع القوة التي تدفع إلى الخارج.

ج. عند ارتفاع 11000 m يكون الضغط الجوي أقل بكثير. سيكون الهواء داخل جسم المظلّي ذا ضغط أكبر بكثير، وهذا من شأنه أن يتسبب في عدم اتزان القوتَين الداخلية

والخارجية، الأمر الذي قد يؤدي إلى انفجار جسم المظلي.

٢. أ. 273.15 ≈ 273 K

ب. 373.15 ≈ 373 K

ج. 77.15 ≈ 77 K

د. 216.15 ≈ 216 K

نشاط ٨-٣: الغازات المثالية

١. أ. p : ضغط الغاز يقاس بوحدة (باسكال، Pa)

V : حجم الغاز يقاس بوحدة (m^3)

n : عدد مولات الغاز بوحدة (mol)

R : ثابت الغاز المولي = 8.31 J mol^{-1} K^{-1}

T : درجة الحرارة المطلقة تقاس بوحدة (كلفن K)

ب. الكميتان المتغيرتان هما الضغط p والحجم V حيث $p \propto \frac{1}{V}$ والكميتان الثابتتان هما: درجة الحرارة T وكميّة n من الغاز.

ج. يمكن استخدام عدد مولات (n) للمادة لحساب كتلة الغاز حيث يمكننا حساب عدد الجسيمات (N) أولًا باستخدام $n = \frac{N}{N_A}$، ثم الضرب في كتلة جسيم واحد.

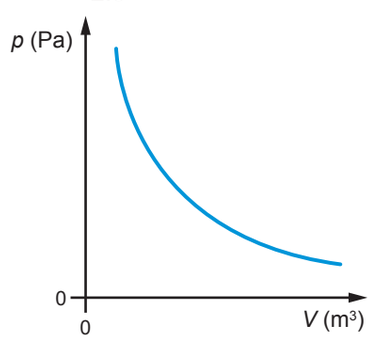
٢. أ. عند درجة حرارة ثابتة:

$p_1V_1 = p_2V_2$

بإعادة ترتيب المعادلة للحصول على الضغط النهائي p_2:

$$p_2 = \frac{200 \times 10^3 \times 40.0}{2.5} = 3.2 \times 10^6 \text{ Pa}$$

ب.



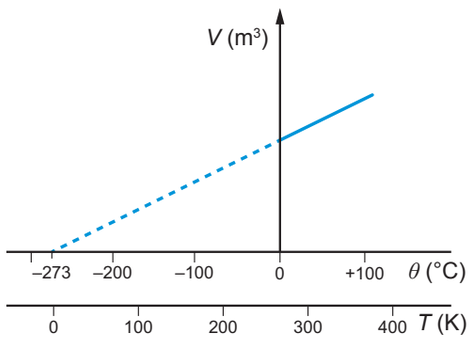
ج. $pV = nRT$

بإعادة ترتيب المعادلة للحصول على n:

$$n = \frac{2 \times 10^5 \times 40.0 \times 10^{-3}}{8.31 \times 300} = 3.21 \approx 3 \text{ mol}$$

٣. أ. سيزداد حجم الغاز عند ازدياد درجة الحرارة عند ضغط ثابت.

ب.



ملاحظة: قيم المحور الصادي غير مطلوبة.

ج. سيتكثف الغاز ليشكل سائلًا قبل أن يصل إلى الصفر المطلق. عند هذه النقطة سيبقى حجمه ثابتًا وستصبح القوى بين الجسيمات مهمة، لذلك لن يتصرف كغاز مثالي.

د. قانون شارل:

$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$ عند ضغط ثابت.

بالتالي $\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$

إذًا:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{296}{373} = 0.79$$

٤. أ. الثابت هو nR والوحدة J K^{-1}

ب. ١. $$\frac{p_1V_1}{T_1} = \frac{3.5 \times 10^5 \times 0.040}{300} = 46.7 \approx 47 \text{ J K}^{-1}$$

٢. الضغط الذي انفجر عنده البالون:

$$p_2 = \frac{nRT_2}{V_2} = \frac{46.7 \times 463}{0.044} = 4.9 \times 10^5 \text{ Pa}$$

٣. إذا بقي حجم البالون ثابتًا ولم يتمدّد، فحينئذٍ وبحسب قانون جاي لوساك:

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

درجة الحرارة التي انفجر عندها البالون:

$$T_2 = \frac{4.9 \times 10^5 \times 300}{3.5 \times 10^5} = 421 \text{ K}$$

نشاط ٨-٤: النموذج الحركي لغاز ما

١. أ. n هو عدد مولات الغاز

N هو عدد الجسيمات

ب.

$$pV = nRT = \frac{1}{3} Nm \langle c^2 \rangle$$

$$m \langle c^2 \rangle = \frac{3nRT}{N}$$

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

$$m \langle c^2 \rangle = \frac{3RT}{N_A}$$

بقسمة طرفَي المعادلة على 2، نحصل على:

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

$$\frac{R}{N_A} = k$$

متوسط طاقة الحركة لجزيء واحد:

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

ج. متوسط طاقة الحركة لمول واحد:

$$\frac{R}{N_A} = k$$

$$\overline{KE} = \frac{1}{2} m \langle c^2 \rangle = \frac{3RT}{2N_A}$$

لمول واحد:

$$N_A \times \overline{KE} = N_A \times \frac{3RT}{2N_A}$$

بالتالي:

$$\overline{KE} = \frac{3}{2} RT$$

٢. أ. الحجم الكلّي للجسيمات أقل بكثير من الحجم الكلّي للصندوق.

ب. القوى بين الجسيمات في الغاز صغيرة جدًا، أي يمكن إهمالها.

ج. تنتقل الجسيمات في خط مستقيم بين التصادمات. الزمن المستغرق عند التصادم بين الجسيمات أو مع جدران الحاوية لا يكاد يذكر عند مقارنته بالزمن المستغرق بين تصادمين متتاليين.

د. التصادمات مرنة، لذلك تكون طاقة الحركة محفوظة، وبالتالي لا تُفقد من الغاز.

٣. أ. كميّة تحرك الجسيم:

$$p = mv = 500 \text{ kg m s}^{-1}$$

ب. التغير في كميّة تحرك الجسيم:

$$\Delta p = 2mv = 1000 \text{ kg m s}^{-1}$$

ج. عدد المرات:

$$t = \frac{d}{v} = \frac{2l}{500} = 0.004 \text{ s}$$

أي أن عدد الاصطدامات في الثانية:

$$\frac{1}{0.004} = 2.5 \times 10^2 \text{ اصطدام}$$

د. القوة المؤثرة على الجانب ABCD:

$$F = \frac{\Delta p}{t} = \frac{1000}{0.004} = 2.5 \times 10^5 \text{ N}$$

هـ. الضغط على الجانب ABCD:

$$p = \frac{F}{A} = \frac{2.5 \times 10^5}{1.0^2} = 2.5 \times 10^5 \text{ Pa}$$

و. الضغط على الجانب المقابل للجانب ABCD هو نفسه:

$$p = 2.5 \times 10^5 \text{ Pa}$$

ز. يتحرك الجسيم فعليًا في ثلاثة أبعاد، لذا فإن كل مركّبة من مركّبات السرعة المتجهة c_x ، c_y ، c_z تُسهم بثلث كمية التحرك، بالتالي القيمة الجديدة للضغط:

$$p = \frac{2.5 \times 10^5}{3} = 0.83 \times 10^5 \text{ Pa}$$

ح. سيكون ضغط الهواء أكبر من ضغط الغاز؛ لأن كثافة الهواء أكبر، لذلك هناك كتلة أكبر لكل وحدة حجم، وهناك المزيد من الجسيمات التي تصطدم بجدران الحاوية.

ط. تكون التصادمات مرنة حيث يتم حفظ طاقة الحركة ولا يتم فقد أي طاقة حركة من الغاز.

٤. أ. m = كتلة الجسيمات

$\langle c^2 \rangle$ = متوسط مربع سرعة الجسيمات

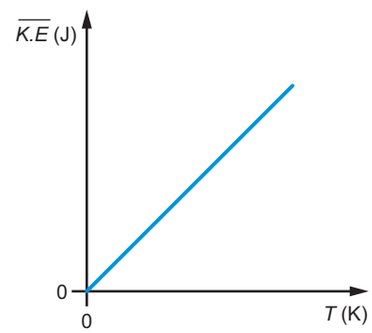
ب. k هو ثابت بولتزمان = $1.38 \times 10^{-23}\ \text{J K}^{-1}$

T هي درجة الحرارة المطلقة بوحدة الكلفن.

ج. إذا تضاعفت درجة الحرارة المطلقة $T \rightarrow 2T$ بالتالي يتضاعف متوسط طاقة الحركة:

$\overline{KE} \rightarrow 2\ \overline{KE}$

د.



إجابات أسئلة نهاية الوحدة

١. أ. الغاز المثالي هو الغاز الذي يخضع للمعادلة: $pV = nRT$.

ب. ١. عدد المولات:

$$n = \frac{120}{2.0} = 60\ \text{mol}$$

بإعادة ترتيب المعادلة $pV = nRT$ للحصول على الحجم:

$$V = \frac{nRT}{p} = \frac{60 \times 8.31 \times 300}{100 \times 10^3} = 1.5\ \text{m}^3$$

(برقمَين معنويَّين)

٢. الحجم V ثابت و درجة الحرارة $T = 373\ \text{K}$

$$p = \frac{nRT}{V} = \frac{60 \times 8.31 \times 373}{1.5}$$

$$= 1.24 \times 10^5\ \text{Pa} \approx 1.2 \times 10^5\ \text{Pa}$$

(برقمَين معنويَّين)

٣. كثافة الهيدروجين:

$$\rho = \frac{M}{V} = \frac{0.120}{1.5} = 0.08\ \text{kg m}^{-3}$$

٢. أ. يبذل الغاز ضغطًا على الجدران نظرًا إلى أن جزيئات الغاز تتحرك بسرعة، وعندما تصطدم بجدران الحاوية فإنها تخضع لتصادمات مرنة وتضيف كميّة تحرك، وهذا يسبب قوة على الجدران والتي عند تأثيرها على مساحة السطح للجدران ينتج الضغط.

ب. عندما تتضاعف كتلة الغاز يتضاعف الضغط بسبب وجود ضعف عدد الجسيمات في الحاوية، وبالتالي يتضاعف عدد التصادمات لكل ثانية، فينتج من ذلك ضعف القوة المؤثرة على جدران الحاوية.

ج. عندما تزداد درجة حرارة الغاز، يزداد الضغط؛ لأن درجة الحرارة تتناسب مع متوسط طاقة الحركة لجسيمات الغاز، وبالتالي تزداد سرعات الجسيمات. ومع ازدياد سرعة الجسيمات، تزداد كميّة تحرك الجسيمات، وبالتالي يزداد متوسط القوة المؤثرة الناتجة عن كل تصادم.

د. متوسط طاقة الحركة عند درجة الحرارة $T = 300\ \text{K}$.

$$\overline{KE} = \frac{3}{2}kT = \frac{3}{2} \times 1.38 \times 10^{-23} \times 300$$

$$\overline{KE} = 6.21 \times 10^{-21}\ \text{J} = 6 \times 10^{-21}\ \text{J}$$

(برقم معنوي واحد)

٣. أ. المول من أي مادة هو تلك الكميّة من المادة التي تحتوي على $N_A = 6.02 \times 10^{23}$ جسيمًا.

ب. ١. $pV = nRT$ حيث $n = 1.5\ \text{mol}$، ودرجة الحرارة $T = -50°\text{C} = 223\ \text{K}$، بالتالي الحجم عند درجة الحرارة هذه $V = 2.5 \times 10^{-2}\ \text{m}^3$.

عند $T = 250°C = 523\ K$ وبناءً على قانون شارل:

$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$ حيث الضغط p ثابت.

بإعادة ترتيب المعادلة، يصبح الحجم:

$$V_2 = \frac{2.5 \times 10^{-2} \times 523}{223} = 5.9 \times 10^{-2}\ m^3$$

٢. $pV = nRT$

وبإعادة ترتيب المعادلة، يصبح الضغط p:

$$p = \frac{nRT}{V} = \frac{1.5 \times 8.31 \times 223}{2.5 \times 10^{-2}}$$

$$= 1.1 \times 10^5\ Pa$$

تم بحمد الله