المملكة العربية السعودية

وزارة التعليم
Ministry of Education

قررت وزارة التعليم تدريس
هذا الكتاب وطبعه على نفقتها

فيزياء ٢

التعليم الثانوي
(نظام المقررات)
(مسار العلوم الطبيعية)

دليل التجارب العملية

قام بالتأليف والمراجعة
فريق من المتخصصين

طبعة ١٤٤١ ـ ٢٠١٩

يوزع مجاناً ولا يباع

ⓒ وزارة التعليم، ١٤٣٧هـ

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر
وزارة التعليم
فيزياء ٢ - التعليم الثانوي - نظام المقررات (مسار العلوم الطبيعية) - دليل التجارب العملية.
وزارة التعليم. الرياض، ١٤٣٧هـ.
٧٢ ص؛ ٢١ X ٢٧,٥ سم
ردمك: ٤-٤٥٧-٥٠٨-٦٠٣-٩٧٨
١ - العلوم - كتب دراسية ٢ - التعليم الثانوي السعودية -
كتب دراسية. أ - العنوان
ديوي ٣٧٥,٥٣ ١٤٣٨/٤٥٥٩

رقم الإيداع: ١٤٣٨/٤٥٥٩
ردمك: ٤-٤٥٧-٥٠٨-٦٠٣-٩٧٨

لهذا المقرر قيمة مهمة وفائدة كبيرة فلنحافظ عليه، ولنجعل نظافته تشهد على حسن سلوكنا معه.

إذا لم نحتفظ بهذا المقرر في مكتبتنا الخاصة في آخر العام للاستفادة، فلنجعل مكتبة مدرستنا تحتفظ به.

حقوق الطبع والنشر محفوظة لوزارة التعليم - المملكة العربية السعودية

موقع وزارة التعليم
www.moe.gov.sa

موقع مشروع الرياضيات والعلوم الطبيعية
www.obeikaneducation.com

البريد الإلكتروني:
لقسم العلوم - الإدارة العامة للمناهج
science.cur@moe.gov.sa

المقـدمـة

عزيزي الطالب / عزيزتي الطالبة

تتكامل أدلة التجارب العملية لفروع مادة العلوم المختلفة (الفيزياء، والكيمياء، والأحياء، وعلم الأرض) مع الكتب المطورة لكل فرع منها، وفي الصفوف المختلفة في نظام توحيد المسارات، من حيث المحتوى والمضمون، وتتماشى أيضًا مع طبيعة العلم باعتباره مادة وطريقة، وتعتمد في الوقت نفسه على فلسفة المناهج المطورة، وفقًا لأحدث التوجهات التي تنطلق من مبادئ التربية العلمية ومعاييرها العالمية.

وتهدف هذه المناهج بموادها التعليمية المختلفة - ومنها هذا الدليل المصاحب لكتاب فيزياء ٢ للمرحلة الثانوية- إلى تعزيز المفاهيم والمهارات العلمية لديك، وإلى إكسابك مهارات الاستقصاء العلمي، والطرائق العلمية في تنفيذ التجارب العملية، وجمع البيانات وتسجيلها، والتعامل مع الجداول والرسوم البيانية، واستخلاص النتائج وتفسيرها. كما يهدف هذا الدليل إلى إكسابك مهارات التعامل مع الأدوات والأجهزة في المختبر.

ويتضمن الدليل تجارب عملية تتلاءم مع محتوى فصول كتاب فيزياء ٢ وسياق الموضوعات المقدّمة فيه، وتتضمن إرشادات عن كيفية التعامل مع التجارب وفق خطوات متسلسلة من حيث تحديد المشكلة لكل تجربة وأهدافها، وإرشادات السلامة والمواد والأدوات.

وإذ نقدم لك هذا الدليل، فإنا لنأمل أن تكون قادرًا على استيعاب الأهداف المنشودة، وتحقيقها من خلال تنفيذ التجارب الواردة فيه، وأن تتفاعل مع معلمك والمعنيين في المختبر تفاعلاً إيجابيًّا في جميع المجالات والمستويات، بدءًا بمراعاة مبادئ الأمن والسلامة، ومرورًا بالتخطيط والتصميم والتجريب، وانتهاءً بالتحليل والاستنتاج.

والله نسأل التوفيق وتحقيق الفائدة المرجوة لناشئتنا على درب التقدم والنجاح.

قائمة المحتويات

تعزيز الاتجاهات العلمية **5**

الإسعافات الأولية في المختبر **9**

احتياطات السلامة في المختبر **10**

المخاطر والاحتياطات اللازم مراعاتها **11**

مرجع الفيزياء **12**

إعداد وكتابة تقارير التجارب **14**

1–1 العزوم **16**

1–2 هل الزخم محفوظ؟ **21**

1–3 كيف تساعدك البكرات على رفع الأشياء؟ **24**

1–4 هل الطاقة محفوظة؟ **29**

1–5 ما مقدار الطاقة اللازمة لصهر الجليد؟ **34**

1–6 لماذا تبدو الصخرة خفيفة في الماء؟ **39**

2–6 لماذا تؤلمك أذناك عندما تغوص في الماء؟ **43**

1–7 كيف تنعكس الموجات وكيف تنكسر؟ **49**

2–7 كيف يبدو حيود الموجات وتداخلها؟ **55**

1–8 ما الديسبل؟ **61**

2–8 ما مقدار سرعة الصوت؟ **67**

عمليات العلم

يستخدم المتخصصون في العلوم عمليات العلم في اتخاذ القرارات، وحل المشكلات، وتعميق فهمهم للطبيعة. ويتضمن دليل التجارب العملية العديد من العمليات العلمية في جميع أنشطة المختبر، حيث تقوم بوضع الفرضيات والتحقق من صحتها، وإجراء التجارب، وجمع البيانات وتسجيلها وتمثيلها بيانيًّا، وكتابة الاستنتاجات. وبالإضافة إلى كل ذلك، يشتمل دليل التجارب العملية على العمليات العلمية التالية:

الملاحظة استخدام الحواس للحصول على معلومات عن العالم الطبيعي.

التصنيف وضع مجموعة من المواد أو الأحداث ضمن ترتيب محدد.

التواصل نقل معلومات من شخص إلى آخر.

القياس استخدام أداة لإيجاد قيمةٍ ما؛ مثل الطول أو الكتلة.

استخدام الأرقام للتعبير عن الأفكار، والمشاهدات، والعلاقات.

ضبط المتغيرات تحديد وإدارة العوامل المختلفة التي يمكن أن تؤثر في موقف أو حدث ما.

تصميم التجارب القيام بسلسلة من عمليات جمع البيانات التي تعدُّ أساسًا لاختبار الفرضيات، أو للإجابة عن سؤال محدد.

التعريف الإجرائي صياغة تعريف لمفهوم أو حدث بعبارات وصفية ذات طابع فيزيائي.

تشكيل النماذج عمل آلة أو برنامج أو هيكل قادر على تمثيل الأشياء في الواقع، ويحاكي وقوع الأحداث كما تجري في الطبيعة.

الاستدلال تفسير المشاهدات استنادًا إلى الخبرة السابقة.

تفسير البيانات البحث عن نمط أو معنى في مجموعة من البيانات، يتيح التعميم.

التوقع التنبؤ بنتائج مستقبلية اعتمادًا على المعرفة السابقة.

السؤال التعبير عن عدم اليقين أو الشك القائم على القدرة على إدراك التناقض بين ما هو معلوم وما هو موضوع مُشاهدة.

وضع الفرضيات تفسير عدد كبير نسبيًّا من الأحداث بوضع تعميم مؤقت، ومن ثم اختباره؛ سواء في الحال، أو في نهاية تجربة أو أكثر.

التجربة

نُظّمت التجارب في عدة أجزاء، وبعض التجارب جاءت تقليدية تبدأ بمراجعة مفاهيم الفيزياء السابقة ذات العلاقة بالتجربة. وتساعدك الأهداف المدونة في الهامش على التركيز على استقصائك.

يتضمن جزء **المواد والأدوات** التجهيزات والأشياء المستخدمة في التجربة، وهي عادة من النوع الذي يمكن الحصول عليه بسرعة وفاعلية. ومعظم التجهيزات متوافرة في مختبرات الفيزياء في المدارس الثانوية. وقد يتطلب الأمر إحداث بعض التغييرات الطفيفة في التجهيزات دون أن يؤثر ذلك في إجراء التجارب الواردة في دليل التجارب العملية. كما تحذرك رموز السلامة من الأخطار المحتملة في الاستقصاء التجريبي.

أمّا جزء **الخطوات** فيتضمن تعليمات تنفيذ التجربة خطوة خطوة، مما يساعدك على الإفادة من الزمن المحدد لحصة المختبر.

وأمّا جزء **البيانات والمشاهدات** فيعينك على تنظيم تقرير التجربة، حيث تم عرض جميع الجداول وتصنيفها، كما أدرجت مجموعة من الأسئلة لتوجيه مشاهداتك في معظم التجارب.

وأما في جزء **التحليل والاستنتاج** فسوف تربط المشاهدات والبيانات بالمبادئ العامة في فقرة أهداف التجربة، وسترسم المنحنيات البيانية وتفسرها، وتضع الاستنتاجات المتعلقة بالبيانات.

ويتضمن جزء **التوسع والتطبيق** خطوات عمل إضافية، ومسائل توسع آفاق التجربة، وتتيح لك التعمق في بعض أوجه المفهوم الفيزيائي الذي قمت باستقصائه، كما يشرح التطبيقات العملية الحالية للمفهوم.

وقد جاءت بعض التجارب تحت عنوان «صمم تجربتك»، وعلى غرار النمط الموجود في كتاب الفيزياء بعنوان «مختبر الفيزياء»؛ حيث تبدأ كما في التجارب التقليدية بالمعلومات التمهيدية والأهداف. ويركز عرض المشكلة (السؤال) على عنصر التحفيز الذي يدفع إلى إجراء التجربة. ويذكرك جزء الفرضية باستخدام ما تعرفه لتطور تفسيرًا محتملًا للمشكلة. وبعدئذ تتاح لك الفرصة لتطوير خطواتك لاختبار فرضيتك. ويزودك جزء خطة التجربة بالإرشاد الكامل لهذه العملية. وتتضمن قائمة المواد الأشياء التي يمكن استخدامها في التجربة، اعتمادًا على الخطوات التي وضعتها بنفسك. وقد تحتار في استخدام جميع هذه المواد، أو بعضها وهنا يأتي دور المعلم الذي يقدم لك المساعدة اللازمة حول الاستخدام الآمن للمواد، وذلك بعد اطلاعه على خطوات العمل التي اقترحتها لتجربتك. وفي معظم الحالات يقدم لك جدولًا لتدوين بياناتك فيه. كما تساعدك أسئلة التحليل والاستنتاج على فهم البيانات التي حصلت عليها؛ لتقرر إذا كانت تدعم فرضيتك أم لا.

وأخيرًا تمنحك الأسئلة التطبيقية الفرصة لتطبيق ما تعلمته في مواقف جديدة.

الهدف من التجارب المختبرية

يهدف العمل المختبري في الفيزياء إلى مساعدتك على فهم مبادئها الأساسية بشكل أفضل، حيث تبحث في كل تجربة عن هدف، وتستقصي مبدأ أساسيًّا، أو تحل مشكلة محددة باستخدام الطريقة العلمية. وسوف تقوم بإجراء قياسات وتدوينها بوصفها بيانات تساعدك على حل المشكلة، ثم تفسرها لاستخلاص النتائج المتعلقة بها.

وقد لا تتفق القيم التي تحصل عليها دائمًا مع القيم المقبولة في القياس لأسباب مختلفة، منها مثلًا أن التجهيزات المختبرية قد تكون غير متطورة بحيث تمكِّن من تنفيذ التجربة بشكل دقيق، كما أن الزمن المخصص للتجربة قد لا يكون كافيًا. إن العلاقات بين مشاهداتك والقوانين العامة للفيزياء أكثر أهمية من الدقة العددية الصارمة.

استخدام الأرقام المعنوية

من المحتمل، عند إجراء الحسابات باستخدام كميات مقيسة، الوقوع في خطأ تدوين نتائج العمليات الحسابية بدقة أكبر مما تسمح به قياساتك. ولتجنب هذا الخطأ اتبع الإرشادات التالية:

- عند جمع الكميات المقيسة أو طرحها يجب تقريب جميع القيم إلى عدد المنازل العشرية المعنوية للقياس الأقل دقة.
- عند إجراء عمليات الضرب أو القسمة على الكميات المقيسة يجب أن يكون عدد الأرقام المعنوية في ناتج الضرب أو القسمة مساويًا عددها في القياس الأقل دقة.

الضبط والدقة

هناك دائمًا درجة من الخطأ في قياس الكميات الفيزيائية التي تنتج عن عدة مصادر، من أسبابها: نوع الأداة المستخدمة في القياس. وطريقة إجرائه، وكيفية قراءة أداة القياس. ومن جهة أخرى يعود مدى اقتراب قيمة قياسك من القيمة المقبولة (المعيارية) إلى مقاربتك (الضبط) في القياس. وستُقارن النتائج التجريبية بالقيم المقبولة في العديد من أنشطة كراسة التجارب العملية.

فعندما تُجرى عدة قياسات فإن تقارب قيمها يشير إلى مدى دقة القياس، وكلما اقتربت قيم القياسات بعضها من بعض كانت دقة القياس أكبر. لكن من المحتمل أن تحصل على دقة ممتازة وتكون النتائج مع ذلك غير صحيحة (غير قريبة من القيم المعيارية)، وربما تكون الدقة قليلة وتكون النتائج صحيحة، وذلك عندما يكون متوسط البيانات قريبًا من القيمة المعيارية (الضبط). والشيء المثالي هو الحصول على قياس دقيق ومضبوط في الوقت نفسه.

الرسوم البيانية

كثيرًا ما تتضمن التجارب إيجاد العلاقات وكيفية ارتباط كمية ما بكمية أخرى.

وفي أكثر الأحيان لا يمكن التحقق بسهولة من العلاقة بين المتغيرين التابع والمستقل من خلال البيانات المكتوبة، لكن إذا تم تمثيل القيم بيانيًّا فإن المنحنى البياني الناتج سيشير بوضوح إلى نوع العلاقة بين المتغيرين.

استخدم الإرشادات التالية عند التمثيل البياني:

- عيّن قيم المتغير المستقل على المحور الأفقي (الإحداثي x).
- عيّن قيم المتغير التابع على المحور الرأسي (الإحداثي y).
- ارسم الخط أو المنحنى الذي يمر بمعظم النقاط الممثلة على الرسم البياني أو بأقرب ما يمكن منها.

يزودك دليل الرياضيات في كتاب الفيزياء بمعلومات حول العلاقات الخطية، والمعادلة التربيعية، والعلاقات العكسية بين المتغيرات.

الإسعافات الأولية في المختبر

أخبر معلمك في الحال عن أي حوادث قد تقع، وعليك أن تكون على علم بما يلي:

- احتياطات السلامة في المختبر.
- كيف ومتى تبلغ عن حادث، أو إصابة أو جرح، أو مادة مسكوبة.
- مكان صندوق الإسعافات الأولية ومستلزماتها، ومواقع كل من أجهزة إنذار الحريق، والهاتف، ومكتب الممرض في المدرسة.

الموقف	الاستجابة الآمنة
الحروق	يُسكب عليها الماء البارد بغزارة.
الجروح والكدمات	اتباع التعليمات والإرشادات الموجودة في صندوق الإسعافات الأولية.
الصدمة الكهربائية	تزويد الشخص بالهواء المنعش، وتمديد الشخص المصاب في وضع يكون فيه الرأس منخفضًا عن باقي الجسم، وإجراء عملية التنفس الاصطناعي إذا كان ضروريًّا.
الإغماء أو الانهيار	استدعاء الإسعاف فورًا.
الحريق	إقفال جميع مصادر اللهب وإغلاق صنابير الغاز، ولف المصاب ببطانية الحريق، واستعمال طفاية الحريق لإخماد النار. لا يستخدم الماء لإطفاء الحريق؛ فقد يتفاعل مع المواد المحترقة فيسبب ازدياد الحريق.
مادة مجهولة في العين	غسل العين بالماء النظيف.
التسمم	معرفة العامل المسبب للتسمم، وإبلاغ المعلم للقيام باللازم.
النزف الشديد	الضغط على الجرح لوقف النزيف، وطلب المساعدة الطبية في الحال.
الحروق الناتجة عن انسكاب المواد القاعدية	استخدام حمض اليوريك H_3BO_3، وغسل المنطقة المصابة بكمية كبيرة من الماء.

احتياطات السلامة في المختبر

إذا اتبعت التعليمات بدقة وعرفت الأخطار المحتملة التي قد تواجهها في أثناء استخدامك الأدوات، وإجراءات التجربة فسيكون مختبر الفيزياء مكانًا آمنًا. وانتبه إلى أنك لست مطالبًا بالمحافظة على سلامتك الشخصية فحسب، بل على سلامة زملائك ومعلمك أيضًا.

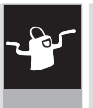
وفيما يلي بعض القواعد التي ترشدك إلى حماية نفسك والآخرين من الإصابات، والحفاظ على بيئة مختبرية آمنة:

1. استخدام مختبر الفيزياء في العمل الجاد فقط.
2. عدم إحضار الطعام والشراب، ومواد التجميل إلى المختبر، وعدم تذوق أي شيء فيه، أو العبث بأواني المختبر الزجاجية، أو استخدامها في الطعام أو الشراب.
3. لا تجرِ أي تجارب غير مقررة، واطلب الإذن من معلمك دائمًا قبل البدء في أي نشاط.
4. اقرأ التجربة المقررة قبل مجيئك إلى المختبر، واسأل معلمك إذا كان لديك شك أو استفسار حول أي خطوة.
5. حافظ على بقاء أماكن العمل من حولك نظيفة وجافة.
6. استخدم أدوات السلامة المتاحة، وتعرف مكان كل من طفاية الحريق، ورشاش الماء، وصندوق الإسعافات الأولية.
7. أبلغ معلمك عن أي حادث، أو إصابة، أو إجراء غير صحيح في التجربة.
8. احتفظ بجميع المواد بعيدة عن مصادر اللهب، وعند استخدام أي مصدر حراري اربطي الشعر الطويل إلى الخلف، وأحكم الملابس الفضفاضة (للطالبات). وفي حال وصول النار إلى ملابسك، قم بإخمادها ببطانية أو معطف، أو طفاية الحريق، وحذارِ أن تركض قبل إطفائها.
9. التزم تمامًا بتعليمات معلمك وتوجيهاته عند استخدام المواد السامة أو المواد القابلة للاشتعال، وإن سكبت حمضًا أو مادة كيميائية فعالة قد تسبب التآكل فاغسل مكان تأثيرها بالماء فورًا.
10. ضع الزجاج المكسور والمواد الصلبة في الحاويات المخصصة لها، واحتفظ بالمواد غير الذائبة في الماء خارج المغسلة.
11. لا تستخدم الأدوات الكهربائية إلا تحت إشراف معلمك. وتأكد أن المعلم قد قام بتفحص توصيل الدائرة الكهربائية قبل تشغيلها. لا تلمس الأدوات الكهربائية بيد مبللة بالماء، أو حين تكون واقفًا على أرض رطبة.
12. بعد الانتهاء من الاستقصاء ، تأكد من إغلاق صنابير المياه والغاز، وافصل الوصلات الكهربائية، ونظّف مكان عملك، وأعد جميع المواد والأجهزة إلى الأماكن المخصصة لها، واغسل يديك جيدًا قبل خروجك من المختبر.

المخاطر والاحتياطات اللازم مراعاتها

رموز السلامة	المخاطر	الأمثلة	الاحتياطات	العلاج
التخلص من المخلفات	مخلفات التجربة قد تكون ضارة بالإنسان.	بعض المواد الكيميائية، والمخلوقات الحية.	لا تتخلص من هذه المواد في المغسلة أو في سلة المهملات.	تخلص من المخلفات وفق تعليمات المعلم.
ملوثات حيوية بيولوجية	مخلوقات ومواد حية قد تسبّب ضررًا للإنسان.	البكتيريا، الفطريات ، الدم، الأنسجة غير المحفوظة، المواد النباتية.	تجنب ملامسة الجلد لهذه المواد، وارتد كمامة وقفازين.	أبلغ معلمك في حالة حدوث ملامسة للجسم، واغسل يديك جيدًا.
درجة الحرارة المؤذية	الأشياء التي قد تحرق الجلد بسبب حرارتها أو برودتها الشديدتين.	غليان السوائل، السخانات الكهربائية، الجليد الجاف، النيتروجين السائل.	استعمال قفازات واقية.	اذهب إلى معلمك طلبًا للإسعاف الأولي.
الأجسام الحادة	استعمال الأدوات والزجاجيات التي تجرح الجلد بسهولة.	المقصات، الشفرات، السكاكين، الأدوات المدبّبة، أدوات التشريح، الزجاج المكسور.	تعامل بحكمة مع الأداة، واتبع إرشادات استعمالها.	اذهب إلى معلمك طلبًا للإسعاف الأولي.
الأبخرة الضارة	خطر محتمل على الجهاز التنفسي من الأبخرة.	الأمونيا، الأستون، الكبريت الساخن، كرات العث (النفثالين).	تأكد من وجود تهوية جيدة، ولا تشم الأبخرة مباشرة، وارتد كمامة.	اترك المنطقة، وأخبر معلمك فورًا.
الكهرباء	خطر محتمل من الصعقة الكهربائية أو الحريق.	تأريض غير صحيح، سوائل منسكبة، تماس كهربائي، أسلاك معرّاة.	تأكد من التوصيلات الكهربائية للأجهزة بالتعاون مع معلمك.	لا تحاول إصلاح الأعطال الكهربائية، واستعن بمعلمك فورًا.
المواد المهيّجة	مواد قد تهيج الجلد أو الغشاء المخاطي للقناة التنفسية.	حبوب اللقاح، كرات العث، سلك المواعين، ألياف الزجاج، برمنجنات البوتاسيوم.	ضع واقيًا للغبار وارتد قفازين وتعامل مع المواد بحرص شديد.	اذهب إلى معلمك طلبًا للإسعاف الأولي.
المواد الكيميائية	المواد الكيميائية التي قد تتفاعل مع الأنسجة والمواد الأخرى وتتلفها.	المبيّضات مثل فوق أكسيد الهيدروجين والأحماض كحمض الكبريتيك، والقواعد كالأمونيا وهيدروكسيد الصوديوم.	ارتد نظارة واقية، وقفازين، والبس معطف المختبر.	اغسل المنطقة المصابة بالماء، وأخبر معلمك بذلك.
المواد السامة	مواد تسبب التسمم إذا ابتلعت أو استنشقت أو لمست.	الزئبق، العديد من المركبات الفلزية، اليود، النباتات السامة.	اتبع تعليمات معلمك.	اغسل يديك جيدًا بعد الانتهاء من العمل، واذهب إلى معلمك طلبًا للإسعاف الأولي.
مواد قابلة للاشتعال	بعض الكيماويات التي يسهل اشتعالها بوساطة اللهب، أو الشرر، أو عند تعرضها للحرارة.	الكحول، الكيروسين، الأستون، برمنجنات البوتاسيوم ، الملابس، الشعر.	تجنب مناطق اللهب عند استخدام هذه الكيماويات.	أبلغ معلمك طلبًا للإسعاف الأولي واستخدم طفاية الحريق إن وجدت.
اللهب المشتعل	ترك اللهب مفتوحًا يسبب الحريق.	الشعر، الملابس، الورق، المواد القابلة للاشتعال.	اربط الشعر إلى الخلف، ولا تلبس الملابس الفضفاضة (للطالبات)، واتبع تعليمات المعلم عند إشعال اللهب أو إطفائه.	أبلغ معلمك طلبًا للإسعاف الأولي واستخدم طفاية الحريق إن وجدت.

سلامة العين
يجب دائمًا ارتداء نظارة واقية عند العمل في المختبر.



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

سلامة الحيوانات
يشير هذا الرمز إلى التأكيد على سلامة المخلوقات الحية.

نشاط إشعاعي
يظهر هذا الرمز عند استعمال مواد مشعة.

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

ثوابت فيزيائية عامة

تسارع الجاذبية الأرضية $g = 9.80\ m/s^2$

ثابت الجذب العام $G = 6.67 \times 10^{-11}\ N.m^2/kg^2$

سرعة الضوء في الفراغ $c = 2.99892458 \times 10^8\ m/s$

الصفر المطلق $-273.15^{\circ}C = 0\ K$

الضغط الجوي (المعياري) $1atm = 1.013 \times 10^5\ Pa = 760\ mm\ Hg$

الحرارة الكامنة لانصهار الجليد $3.34 \times 10^5\ J/kg$

الحرارة الكامنة لتصعيد الماء $2.26 \times 10^6\ J/kg$

معاملات التحويل

الكتلة:

$1\ kg = 10^3\ g$

$1\ g = 10^3\ mg$

الحجم:

$1L = 10^3\ ml$

$1ml = 1cm^3$

الطول:

$1km = 10^3\ m$

$1m = 10^2\ cm$

$1\ m = 10^3\ mm$

بادئات تستعمل مع النظام الدولي للوحدات

البادئة	الرمز	معامل الضرب	البادئة	الرمز	معامل الضرب
تيرا	T	10^{12}	بيكو	p	10^{-12}
جيجا	G	10^{9}	نانو	n	10^{-9}
ميجا	M	10^{6}	مايكرو	μ	10^{-6}
كيلو	k	10^{3}	مللي	m	10^{-3}
هكتو	h	10^{2}	سنتي	c	10^{-2}
ديكا	da	10^{1}	دسي	d	10^{-1}

خصائص المواد الشائعة: السعة الحرارية النوعية والكثافة

المادة	الحرارة النوعية $J/kg.^0C$	الكثافة g/cm^3
الألومنيوم	903	2.7
النحاس الأصفر	376	8.5 تختلف بحسب المكونات
الكربون	710	1.7–3.5
النحاس	385	8.9
الزجاج	664	2.2–2.6
الذهب	129	19.3
الجليد	2060	0.92
الحديد (الفولاذ)	450	7.1–7.8
الرصاص	130	11.3
النيكل	444	8.8
البلاتين	433	21.4
الفضة	235	10.5
الخارصين (الزنك)	388	7.1
التنجستن	133	19.3
الزئبق	138	13.6
بخار الماء	2020	–
الماء	4180	1.0 عند 4^0C, 0.99 عند 0^0C
الكحول	2450	0.8

إعداد وكتابة تقارير التجارب

إن أحد أهم جوانب العمل المختبري هو تحقيق النتائج التي حصلت عليها خلال الاستقصاء. لذا، فقد صُمِّمَ دليل التجارب العملية بحيث تكون كتابة التقرير المختبري فعالة قدر المستطاع. وسوف تكتب تقاريرك على الأوراق المرفقة (النماذج) الخاصة بالتقارير مباشرة بعد إجراء التجربة، وقد تمت عنونة جميع الجداول المعروضة لتسهل عملية تسجيل البيانات وإجراء الحسابات. وتُركت مساحات فارغة كافية في التقرير لإجراء الحسابات الضرورية، ومناقشة النتائج، والاستنتاجات، والتفسيرات.

وفيما يلي العناصر التي يشتمل عليها تقرير المختبر:

1. **المقدمة**

تشتمل على:

a. كتابة ملخصٍ لكل من أهداف التجربة، وخطوات العمل، والخلفية النظرية للتجربة.

b. المخططات، وتمثل رسومًا تخطيطية للأجهزة والدوائر الكهربائية المستخدمة مع كتابة عنوان مختصر لكل رسم.

2. **البيانات**

استخدام البيانات التي تم الحصول عليها من التجربة، وتحليل النتائج مباشرة.

3. **النتائج والتحليل**

a. يحتوي الجزء المخصص للنتائج على فراغات لإجراء الحسابات وكتابة النتائج النهائية.

b. إذا تعددت النتائج يجب كتابتها ضمن جداول.

c. يجب أن يعطى كل جدول عنوانًا مناسبًا، أو أي ملاحظات إضافية تساعد على توضيح محتوياته للقارئ.

4. **الرسوم البيانية**

a. كتابة معلومات كاملة على الرسم تتضمن العنوان، وأسماء الكميات على المحاور ووحداتها.

b. رسم أفضل خط يمر بمعظم النقاط ويتوسطها جميعًا (لا تصِلْ كل نقطة بما بعدها بخطوط منفصلة).

5. الحسابات

يجب أن تحتوي جميع الحسابات على ما يلي:

a. المعادلة الفيزيائية بصورتها المألوفة.

b. الحل الجبري للمعادلة.

c. تعويض الكميات المعلومة مع مراعاة وحداتها .

d. الناتج العددي للقيمة المطلوبة مع وحداتها.

مثال: موجة صوتية ترددها 192 Hz وسرعتها 337 m /s فما طولها الموجي؟

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{337\ \text{m/s}}{192\ \text{Hz}} = 1.76\ \text{m}$$

6. المناقشة

يكون الاستنتاج الذي تخرج به من التجربة في بعض الحالات واضحًا بحيث يمكن إهمال جزء المناقشة من التقرير؛ ففي هذه الحالة قد تفي جملة قصيرة بالغرض. وفي حالات أخرى تكون مناقشة نتائج التجربة ضرورية لتوضيح دلالاتها، كما يمكنك التعليق على أسباب الخطأ المحتملة، ووضع مقترحات لتحسين خطوات التنفيذ والأدوات المستخدمة في التجربة.

7. الاستنتاجات

الاستنتاج جزء مهم في أي تقرير، وهو عمل فردي يجب أن يقوم به الطالب الذي كتب التقرير، دون مساعدة من أحد (إلا من معلمه).

يتكون الاستنتاج من فقرة أو أكثر مصوغة بشكل جيد، بحيث تستطيع تلخيص النتائج النهائية. ويتميز الاستنتاج بأنه:

a. يغطي جميع النقاط الرئيسة في الموضوع.

b. يستند إلى نتائج التجربة وبياناتها.

c. يشير إلى الرسوم بتحديد عنوانها كاملاً في حال اعتماده عليها.

d. يتسم بالوضوح والإيجاز، ويتجنب استخدام الصيغ الشخصية مثل (أنا، نحن) إلا إذا كان ذلك ضروريًّا.

الفصل

1 مختبر الفيزياء 1 - 1

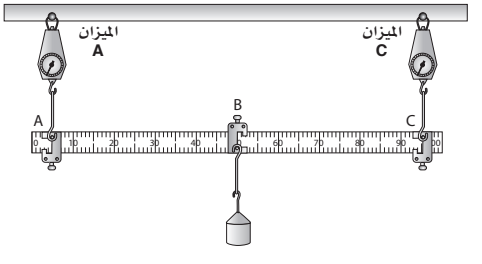
احتياطات السلامة

المواد والأدوات

- مسطرة مترية
- ميزانان نابضيان
- ثقل تعليق 500 g
- شريط لاصق
- ماسك مسطرة مترية (عدد 3)

العـــزوم

هنـاك سـبب مقنـع لجعـل مقبـض البـاب بعيـدًا قـدر الإمـكان عـن المُفصِّـلات. ولفتـح باب فإنـك يجب أن تؤثر فيه بقـوة. أين يجب أن تؤثر بهذه القوة؟ وفي أي اتجاه يجب أن تسحب الباب أو تدفعه ليكون فتح الباب ودورانه أسهل؟ لا تولّد القوى حركة في خط مستقيم فقط، بـل يمكن أن تولد دورانًا للجسـم الصلب حول محـور أيضًا. وتعرف فاعلية القوة على تدوير جسـم حر قابل للـدوران بالعزم τ . ويعبر عن مقـدار العزم لقوة متجهة F إذا كانـت ذراع القوة L بالعلاقة: $\tau = F L$ ، ويقـاس العزم بوحـــدة (N.m). كما أن ذراع القوة L تسـاوي $r \sin \theta$، حيـث r المسـافة العمودية مـن محور الـدوران إلى نقطة تأثيـر القوة، و θ هي الزاوية التي تؤثر بها القوة بالنسبة إلى r. وهكذا فكلما ابتعدت نقطـة تأثير القوة عن محور الدوران كان عزمهـا أكبر. في هذه التجربة تؤثـر القوة بزاوية 90° بالنسـبة إلى r ، لذا فـإن $\sin \theta = \sin (90^\circ) = 1$، فيكون ذراع القوة $L = r$.



الشكل A

تُـوازِن قوتـا المـيزانيـن النابضـيين في هـذه التجربة القـوة المـؤثـرة فـي اتجاه الأسـفل والناتجة عـن تعليـق الثقـل كمـا هـو موضـح في **الشـكل A**. وتعمل القوتان المتوازيتان على إحداث الدوران؛ لأن كلتيهمـا تؤثر خلال مسـافة محـددة (ذراع القوة)، أيْ البعـد عن القوة الثالثـة وهـي وزن الثقل المعلق. وتؤثـر قوة الوزن عنـد النقطة B التي

1 مختبر الفيزياء 1 - 1

تعـد محـور الدوران، وتؤثر القـوة عند النقطة A خلال المسـافة AB وتولّد عزمًا ذا قيمة سـالبة؛ لأنها تعمل على تدوير المسـطرة (الجسـم) في اتجاه حركة عقارب السـاعة حول النقطة B (محور الـدوران). كما تؤثر القوة عند النقطة C خلال المسافة BC وتولّد عزمًا ذا قيمة موجبة، لأن هذه القوة ستعمل على تدوير المسطرة في عكس اتجاه حركة عقارب السـاعة. وقد يؤدي مجموع العزمين إلى دوران المسـطرة المترية حول محور الدوران في أحد الاتجاهين. فإذا كان مجموع العزوم حول المحور في اتجاه حركة عقارب الساعة ومجموع العزوم حول المحور نفسـه في عكس اتجاه حركتها يسـاوي صفرًا فلن تدور المسطرة المترية. وعندما تكون القوتـان المتوازيتـان في حالة اتزان مع القوة الثالثة، كما في هذه التجربة؛ فإن مجموع العزوم يسـاوي صفرًا، ويكون النظام في حالة اتزان دوراني.

الأهداف

يُتَوقع بعد تنفيذ هذه التجربة أن تكون قادرًا على أن:

- **تقيس** القوى التي تولد العزم.
- **تحسب** العزم في اتجاه حركة عقارب الساعة وفي عكس اتجاه حركتها لجسم يدور.
- **تبيّن** العلاقة بين العزم وذراع القوة.

الخطوات

1. جهّـز الأدوات كمـا في **الشـكل A** دون تعليق الكتلة. علّـق الميزانين النابضيين من نقـاط التثبيت على طاولة المختبر أو ثبتهما بشريط لاصق، ثمّ تأكد أن مؤشر كُلٍّ منهما حر الحركة.

2. ضـع الخطّـاف عند نقطـة التـدريج 5 cm علـى المسـطرة المترية (النقطـة A) في المحاولـة الأولى، وضع الخطّاف الآخر عند نقطة التدريج 95 cm (النقطة C)، كما هو موضح في الشكل A.

3. لاحظ قـراءة مؤشـر كل ميزان، وسجل قراءة كل منهما في **الجدول 1** على أنها قراءة أولية.

4. علّـق الكتلـة 500 g (4.9 N) بالخطّـاف عند النقطة B في مركز المسـطرة المترية، ولاحـظ قراءتي تدريجي الميزانيـن النابضييـن المثبتيـن عنـد النقطتيـن A وC عنـد الاتزان. وسـجّل القـراءة الجديدة لـكل منهما في الجدول 1 على أنها قراءة نهائية.

5. القيمة الحقيقية (المقبولة) لقراءة كل ميزان نابضي هي الفرق بين القراءة النهائية والقراءة الأولية. كما أن القيمة الحقيقية هي القوة الناتجة عن تعليق الكتلة عند النقطة B. احسب القيمة الحقيقية لكل قراءة، ثمّ سجّل القيمة الناتجة في الجدول 1.

6. قس المسافتين AB و BC، ثمّ سجلهما في **الجدول 2**.

7. عزم القوة التي تؤثر في اتجاه حركة عقارب الساعة يساوي حاصل ضرب القيمة الحقيقية لقراءة الميزان A في المسافة AB، وعزم القوة التي تؤثر في عكس اتجاه حركة عقارب الساعة يساوي حاصل ضرب القيمة الحقيقية لقراءة الميزان C في المسافة BC. احسب كلًّا من عزمي القوتين، ثم سجل هاتين القيمتين في الجدول 2.

8. كرّر الخطوات من 2 إلى 7 للمحاولتين 2 و3 وسجل نتائجك في الجدولين، وذلك بتحريك الخطّاف عند النقطة A إلى موضعين مختلفين على المسطرة المترية.

البيانات والمشاهدات

الجدول 1

المحاولة	الميزان A			الميزان C		
	القراءة الأولية (N)	القراءة النهائية (N)	القراءة الحقيقية (N)	القراءة الأولية (N)	القراءة النهائية (N)	القراءة الحقيقية (N)
1						
2						
3						

الجدول 2

المحاولة	المسافة AB (m)	المسافة BC (m)	عزم القوة في اتجاه حركة عقارب الساعة (N.m)	عزم القوة في عكس اتجاه حركة عقارب الساعة (N.m)
1				
2				
3				

1 مختبر الفيزياء 1 - 1

التحليل والاستنتاج

1. ما الشروط التي تحققت في كل محاولة كان النظام فيها متزنًا؟

_____

_____

2. ما العلاقة بين مقادير القوى المؤثرة (القراءات الحقيقية) وطول ذراع القوة الذي أثرت فيه كل قوة؟

_____

_____

3. قارن بين القيم المطلقة لعزم القوى في اتجاه حركة عقارب الساعة وعزم القـوة في عكـس اتجاه حركتها لكل محاولة، وذلك بإيجاد الفرق النسبي بين القيمتين.

$$\text{الفرق النسبي} = \frac{|\text{العزم في عكس اتجاه حركة عقارب الساعة}| - |\text{العزم في اتجاه حركة عقارب الساعة}|}{|\text{العزم في عكس اتجاه حركة عقارب الساعة}|} \times 100\%$$

$$\%\text{difference} = \frac{|\text{counterclockwise torque}| - |\text{clockwise torque}|}{|\text{counterclockwise torque}|} \times 100\%$$

4. مـا العلاقـة بين عزم القوة في عكس اتجاه حركة عقارب السـاعة وعزم القوة في اتجاه حركة عقارب السـاعة عندما يكون النظام في حالة اتزان؟

_____

_____

5. لماذا يجب أن تبقى المسطرة المترية مستوية في جميع حالات تعليق الكتلة؟ وكيف تتغير الحسابات إذا أصبحت المسطرة المترية مائلة؟

التوسع والتطبيق

1. يمكن استخدام آلية قياس القوى في هذه التجربة لتحديد القوتين اللتين تؤثر بهما دعامتا الجسر فيه. تكون القوى في هذه الحالة متعاكسة؛ حيث يستبدل بالميزانين النابضيين الدعامتان اللتان تؤثران بقوتين رأسيتين إلى أعلى، ويستبدل بالكتلة المعلقة شخص يقف على الجسر ويؤثر فيه بقوة إلى أسفل. احسب القوتين F_1 و F_2 المؤثرتين بوساطة الدعامتين في جسر مشاه تتوزع كتلته البالغة 100.0 kg بالتساوي على طوله البالغ 5.0 m، وذلك عندما يقف شخص كتلته 55 kg على بعد 2.0 m من إحدى نهايتي الجسر.

مختبر الفيزياء 1 - 2

احتياطات السلامة

المواد والأدوات

- مدرج هوائي
- عربتان للمدرج الهوائي
- مسطرة مترية
- ساعة إيقاف/ بوابة ضوئية
- شريط لاصق
- ميزان
- كتل متنوعة

هل الزخم محفوظ؟

خلال التصادمات البسيطة بين جسمين لا تؤثر فيهما قوى خارجية، يتفاعل أحدهما مع الآخر لتغيير حركة كل منهما. وفي الظروف العادية يمكن توقع كل من سرعتيهما واتجاهيهما باستخدام قانون حفظ الزخم.

في هذه التجربة سيتضح لك صحة قانون حفظ الزخم، لذلك ستقوم بتحليل تصادمات بسيطة تشتمل على جسمين يتحركان في خط مستقيم (حركة في بعد واحد) على مدرج هوائي. وقد تم استخدام المدرج الهوائي لأن الهواء المنبعث من فتحاته يعمل على تقليل الاحتكاك بين العربات المتحركة عليه وسطحه الملامس للعربات بشكل كبير. وبذلك تكون الطاقة المفقودة بسبب الاحتكاك قليلة جدًّا. وعندها يمكن إهمال قوة الاحتكاك، واعتبار أن السطح الذي تتحرك عليه العربات عديم الاحتكاك. وبهذا يكون الفرق بين القيم التجريبية والقيم المتوقعة نظريًّا قليلًا.

قانون حفظ الزخم

$$m_1\nu_1 + m_2\nu_2 = m_1\nu'_1 + m_2\nu'_2$$

حيث إن m_1 ، m_2 كتلتا العربتين الأولى والثانية.

ν_1 ، ν_2 سرعتا العربتين الأولى والثانية قبل التصادم.

ν'_1 ، ν'_2 سرعتا العربتين الأولى والثانية بعد التصادم.

ستقوم في هذه التجربة بتنفيذ تصادم بين عربتين، الأولى كتلتها m_1 وسرعتها ν_1، والثانية كتلتها m_2 وسرعتها $\nu_2 = 0$.

إذا كان التصادم مرنًا فإن الزخم والطاقة الحركية يكونان محفوظين، وبذلك يمكنك استخدام التعبير الرياضي الآتي للحصول على سرعة كل من العربتين بعد التصادم، على أن تكون العربة الثانية ساكنة قبل التصادم:

$$\nu'_1 = \left((m_1 - m_2)/(m_1 + m_2)\right)\nu_1 \,,\; \nu'_2 = \left(2m_1/(m_1 + m_2)\right)\nu_1$$

2 مختبر الفيزياء 1 - 2

أما إذا كان التصادم عديم المرونة فإن الزخم يكون محفوظًا والطاقة الحركية غير محفوظة، ويمكنك استخدام التعبير الرياضي الآتي للحصول على سرعة كل من العربتين بعد التصادم على أن تكون العربة الثانية ساكنة قبل التصادم :

$$v'_1 = v'_2 = \left(\frac{m_1}{m_1 + m_2} \right) v_1$$

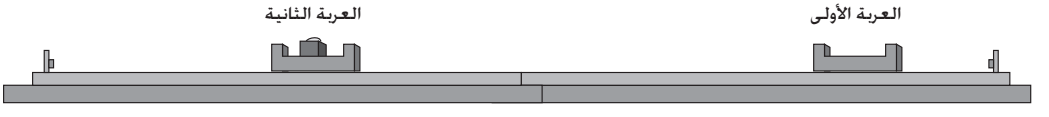
الأهداف

يتوقع بعد قيامك بهذه التجربة أن تكون قادرًا على أن:

- **تُثبت** أن الزخم محفوظ في جميع أنواع التصادمات.

الخطوات

1. شغل مضخة الهواء على المدرج الهوائي، بعد التأكد من أن مستوى سطح المدرج أفقي.



2. ضع أربع علامات على طول المدرج الهوائي، بحيث تقع أول علامتين على بعد 30 cm عن يمين ويسار منتصف المدرج، والعلامتان الأخريان على بعد 60 cm عن يمين ويسار منتصف المدرج.

3. ضع إحدى العربتين عند منتصف المدرج والأخرى في أقصى يمين المدرج.

4. ادفع العربة الأولى التي عن أقصى اليمين، واطلب إلى زميلك أن يستعمل ساعة الإيقاف لقياس الزمن الذي تستغرقه العربة للانتقال بين العلامتين عن اليمين، ثم احسب سرعتها v_1 بدلالة كل من المسافة والزمن.

5. بعد أن تصطدم العربة الأولى بالعربة الثانية الساكنة، احسب سرعة انطلاق العربة الثانية v'_2 بعد التصادم، وذلك بقياس الزمن الذي تستغرقه لقطع المسافة بين العلامتين عن اليسار.

6. احسب سرعة العربة الثانية v'_2 بعد التصادم مستخدمًا العلاقة الرياضية التالية:

$$v'_2 = (2m_1 / (m_1 + m_2))\, v_1$$

ثم سجّل النتائج التي تحصل عليها في **الجدول 1**.

7. كرّر الخطوات من 6 – 4، ثم ارسم العلاقة البيانية بين السرعتين v_1 ، v'_2

8. احسب ميل المنحنى البياني الذي حصلت عليه، وقارنه بالقيمة النظرية المحسوبة من العلاقة $\frac{\nu'_2}{\nu_1} = \frac{2m_1}{m_1+m_2}$

الجدول 1				
المحاولة	m_1 (kg)	m_2 (kg)	ν_1 (cm/s)	ν'_2 (cm/s)
1				
2				
3				
4				
5				

9. هل تطابقت توقعاتك مع النتائج التي حصلت عليها؟ إذا كان الجواب لا فابحث عن السبب، وكرّر الخطوتين (4 و 5)، وتأكد أن المدرج موضوع بشكل أفقي، وأن الهواء يخرج من جميع فتحاته، ثم تأكد من حساباتك، بمشاركة زملائك.

إذا كان الجواب نعم فكرر الخطوتين (4 و 5) لحالات مختلفة كما يأتي:

a. عندما $m_1 = m_2 , \nu_2 = 0$

b. عندما $m_1 \neq m_2 , \nu_2 = 0$

c. ضع مادة لاصقة على الجزأين المتقابلين من العربتين، بحيث تلتصق إحداهما بالأخرى لحظة التصادم؛ ليكون التصادم عديم المرونة، ثم نفذ الخطوات (4 و 5) عندما:

$m_1 = m_2 , \nu_2 = 0$ ، $m_1 \neq m_2 , \nu_2 = 0$

لاحظ أنه في هذه الحالة $\frac{\nu'_2}{\nu_1} = \frac{m_1}{m_1+m_2}$

10. ارسم العلاقة البيانية بين السرعات قبل التصادم وبعده في كل حالة من الحالات السابقة.

11. هل تطابقت نتائج تجربتك مع قانون حفظ الزخم في جميع الحالات؟ ماذا تستنتج؟

أسئلة

1. إذا لم تكن نتائجك في بعض الخطوات متوافقة مع قانون حفظ الزخم فما سبب ذلك؟

2. هل تدعم نتائج تجاربك قانون حفظ الزخم في الحياة اليومية؟ فسر إجابتك.

الفصل

3 مختبر الفيزياء 1 - 3

احتياطات السلامة

المواد والأدوات

- بكرتان منفردتان
- بكرتان مزدوجتان
- مجموعة كتل قابلة للتعليق
- ميزان نابضي
- داعم بكرة
- حبل طوله 2 m
- مسطرة

كيف تساعدك البكرات على رفع الأشياء؟

تعد البكرات من الآلات البسيطة التي يمكن استعمالها لتغيير اتجاه القوة، أو لتقليل القوة اللازمة لتحريك الحمل مسافة معينة، أو لزيادة مقدار السرعة التي يتحرك بها الحمل. والبكرات كالآلات البسيطة الأخرى لا تغير مقدار الشغل المبذول، لذا كلما قلّت المسافة التي يتحركها الحمل بالنسبة للمسافة التي تؤثر خلالها القوة قلت القوة المسلَّطة اللازمة. ويمكن أن تتضمن أنظمة البكرات بكرة مفردة أو مجموعة من البكرات الثابتة والمتحركة.

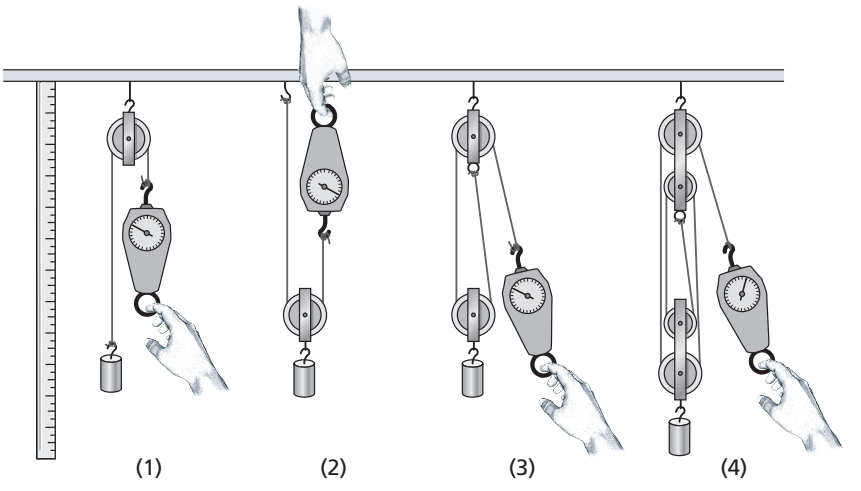
الأهداف

يُتَوقع بعد تنفيذ هذه التجربة أن تكون قادرًا على أن:

- **تركّب وتُشغّل** أنظمة بكرات ثابتة ومتحركة.
- **تحسب** كفاءة أنظمة مختلفة من البكرات.
- **تستنتج** كيف يؤثر ترتيب نظام البكرة في الفائدة الميكانيكية المثالية وفي كفاءة النظام.

الخطوات

1. ركّب نظام البكرة المفردة الثابتة، كما في الرسم 1 أدناه في **الشكل A**.



الشكل A

2. اختر كتلة يمكن قياسها بوساطة الميزان النابضي، ثمّ سجّل قيمة الكتلة في **الجدول 1**. إن قوة المقاومة F_r للكتلة المراد رفعها تساوي وزن هذه الكتلة، ولذا فإن $F_r = F_g = mg$, احسب وزن الكتلة المراد رفعها بوحدة النيوتن، وذلك بضرب كتلتها-بوحدة kg- في تسارع الجاذبية الأرضية.

3. ارفع الكتلة بحذر، وذلك بسحب الميزان النابضي، ثم قس المسافة d_r التي ترتفعها الكتلة بوحدة المتر، وسجل هذه القيمة في الجدول 1. ثم احسب الشغل الناتج W_0 لنظام البكرة، وذلك بضرب وزن الكتلة في المسافة التي ارتفعتها $F_r d_r$، وسجّل هذه القيمة في **الجدول 2**.

4. ارفع الكتلة بوساطة الميزان النابضي إلى الارتفاع نفسه في الخطوة 3، واطلب إلى زميلك قراءة تدريج الميزان النابضي مباشرة، حيث تمثل القراءة القوة التي يتطلبها رفع الكتلة (بوحدة N). وإذا كان الميزان النابضي معايرًا بالجرامات بدلًا من النيوتن، فاحسب القوة بضرب القراءة المعبر عنها بوحدة الكيلوجرام في تسارع الجاذبية الأرضية، وسجّل هذه القيمة في الجدول 1 على أنها قوة جهد F_e للميزان النابضي. انتبه الى ضرورة سحب الميزان النابضي ببطء وبسرعة ثابتة في أثناء رفع الحمل بوساطة الميزان النابضي، مستخدمًا أقل مقدار من القوة اللازمة لرفع الحمل؛ وذلك لأن أي قوة زائدة ستحدث تسارعًا للكتلة مما يؤدي إلى حدوث أخطاء في حساباتك.

5. قس المسافة (بوحدة المتر) التي أثرت خلالها القوة في رفع الكتلة إلى الارتفاع السابق. وسجّل هذه القيمة في الجدول1 على أنها المسافة، d_e، التي أثرت خلالها القوة (F_e) . ثم احسب الشغل المبذول W_i الذي يتطلبه رفع الكتلة؛ وذلك بضرب قيمة القوة التي حصلت عليها من الميزان النابضي في المسافة التي أثرت خلالها القوة $F_e d_e$. وسجّل قيمة الشغل المبذول في الجدول 2.

6. أعد الخطوات من 5 - 2 باستخدام كتل مختلفة.

7. أعد الخطوات من 6 - 2 لكل ترتيب من ترتيبات البكرات الأخرى الموضحة في الشكل A. وتأكد من تضمين كتلة البكرة (أو البكرات) السفلية بوصفها جزءًا من الكتلة المرفوعة.

8. احسب عدد أجزاء الخيط التي ترفع الثقل أو الحمل لكل نظام بكرة موضح في الشكل A ، وسجّل هذه القيم في الجدول 2.

3 مختبر الفيزياء 1 - 3

البيانات والمشاهدات

الجدول 1					
ترتيب البكرة	الكتلة المرفوعة (kg)	وزن الكتلة (F_r) (N)	الارتفاع (d_r) الذي رفعت إليه الكتلة (m)	القوة التي يقيسها (F_e) الميزان النابضي (N)	المسافة (d_e) التي تؤثر خلالها القوة (m)
1					
2					
3					
4					

الجدول 2					
ترتيب البكرة	الشغل الناتج ($W_o = F_r d_r$) (J)	الشغل المبذول ($W_i = F_e d_e$) (J)	الفائدة الميكانيكية المثالية $IMA = (d_e/d_r)$	عدد الخيوط التي ترفع الثقل	الكفاءة
1					
2					
3					
4					

التحليل والاستنتاج

1. احسب كفاءة كل نظام، ثم اكتب النتائج في الجدول 2. وعلّل لماذا لا تصل الكفاءة إلى 100%؟

2. احسب الفائدة الميكانيكية المثالية IMA لكل نظام بكرة وذلك بقسمة d_e على d_r، ثم اكتب النتائج في الجدول2. ماذا يحدث لقوة الجهد F_e عندما تزداد الفائدة الميكانيكية؟

3. كيف تؤثر زيادة الحمل في الفائدة الميكانيكية المثالية وكفاءة نظام البكرة؟

4. كيف تؤثر زيادة عدد البكرات في الفائدة الميكانيكية المثالية وكفاءة نظام البكرة؟

5. يمكن تحديد الفائدة الميكانيكية المثالية أيضًا من خلال عدد الخيوط التي ترفع الثقل أو الحمل. كيف يمكن مقارنة الفائدة الميكانيكية المثالية IMA التي تم حسابها في المسألة 2 بعدد أجزاء الخيوط التي حسبتها لكل نظام بكرة؟

6. وضّح لماذا يعدّ التعبير التالي غير صحيح: " تعمل الآلة على تقليل مقدار الشغل الذي يجب أن تبذله"؟ ما الذي تعمله الآلة في الواقع؟

3 مختبر الفيزياء 1 - 3

التوسع والتطبيق

1. ارسـم في الفراغ أدنـاه مخطّطًا توضيحيًّا لنظام البكرة التي يمكن اسـتعمالها لرفع قـارب من مقطورة إلى عوارض خشبية في مرآب، بحيث تؤثر القوة (F_e) لمسافة 30 m، في حين يتحرك الحمل مسافة 5 m.

مختبر الفيزياء 1 - 4

احتياطات السلامة

المواد والأدوات

- قطعة قماش
- ميزان نابضي لقياس القوة
- سطح مائل ميلانه قابل للضبط
- ميزان قياس الكتلة
- قطعة خشبية ملساء مُثبّت عند أحد طرفيها خطاف
- نابض
- علبة رش سليكون
- منقلة

هل الطاقة محفوظة؟

عندما ترفع جسمًا رأسيًّا إلى أعلى فإنك تبذل عليه شغلاً بوساطة القوة التي تبذلها لرفعه. وإذا رفعت الجسم ببطء وبسرعة ثابتة فإن القوة التي بذلتها ستكون في حالة اتزان مع وزن الجسم، ولأن الجسم لا يتسارع فإنه لا يوجد تغيّر في طاقته الحركية. وفي ضوء نظرية الشغل – الطاقة فإن $W_g + W_{\text{شخص}} = 0$. إن الشغل الذي تبذله القوة التي أثرت بها غير محفوظ (غ م)، $W_{\text{شخص}} = W_{\text{غ م}}$؛ لأنه لا يمكن تخزينه واستخدامه بعد ذلك في تسريع الجسم. في حين يكون شغل الجاذبية الأرضية محفوظًا على شكل طاقة وضع جاذبية، $PE = -W_g = mgh$؛ إذ تُحدَّد h بقياس المسافة الرأسية بين موقع الجسم ومستوى الإسناد؛ حيث يمكن استخدام طاقة وضع الجاذبية لاحقًا لمسارعة الجسم. لذلك عند تطبيق نظرية الشغل – الطاقة في مثل هذه الحالة نتوصل إلى المعادلة التالية: $W_{\text{غ م}} = PE$.

إذا رفعت الجسم السابق نفسه بسحبه على سطح مائل أملس إلى الارتفاع الرأسي نفسه فإن مقدار القوة التي تبذلها يكون أقل؛ لأن هذه القوة تكون في حالة اتزان مع مركّبة وزن الجسم الموازية للسطح المائل. وهذه القوة الأقل أثرت خلال مسافة أطول عند رفع الجسم للوصول إلى الارتفاع الرأسي نفسه، لذا فإنك ستبذل المقدار نفسه من الشغل على الجسم، وسيكون للجسم الزيادة نفسها في طاقة وضع الجاذبية. إذًا فالحاجة إلى القوة الصغيرة هي السبب في استخدام السطوح المائلة عند رفع الأجسام الثقيلة إلى مستويات أعلى.

أما عندما تسحب جسمًا إلى أعلى سطح مائل خشن فإن عليك سحب الجسم في عكس اتجاه قوة الاحتكاك، ويكون الشغل الذي تبذله قوة الاحتكاك غير محفوظ أيضًا. ويكون مقدار القوة التي تسحب بها الجسم إلى أعلى السطح الخشن أكبر من تلك التي تسحب بها الجسم

4 مختبر الفيزياء 1 - 4

نفسه على سطح أملس له الميل نفسه؛ لأن قوة الاحتكاك تؤثر في اتجاه معاكس لقوة سحبك. وإذا سحبت الجسم إلى أعلى السطح الخشن بسرعة ثابتة فإن مجموع مركّبة وزن الجسم الموازية للسطح ومقدار قوة الاحتكاك يساوي مقدار قوة السحب:

$$F_{\text{سحب}} = F_{g\text{موازية}} + f_k$$

وعندما تسحب الجسم إلى أعلى السطح المائل الخشن فإن قوة سحبك مطروحًا منها مقدار قوة الاحتكاك تساوي القوة التي بذلتها لسحب الجسم على السطح المائل نفسه بإهمال قوة الاحتكاك إذا كان السطح أملس. لذا يكون مقدار الشغل المبذول على الجسم في هذه الحالة مساويًا للشغل المبذول عليه في حالة إهمال قوة الاحتكاك، ومساويًا للزيادة في طاقة وضع الجاذبية له. وعندما تسحب الجسم إلى أسفل السطح المائل الخشن فإن قوة الاحتكاك المؤثرة هي نفسها ولكن في اتجاه أعلى السطح:

$$F_{\text{سحب}} = F_{g\text{موازية}} - f_k$$

في هذه التجربة ستستخدم ميزانًا نابضيًّا لقياس مقدار القوة التي يتطلبها سحب جسم إلى أعلى سطح مائل وإلى أسفله، وتستخدم هذه القوى المقيسة لتحديد قوة الاحتكاك بين السطح المائل والجسم. ثم تحسب صافي الشغل غير المحفوظ المبذول على الجسم عندما تسحبه ضد قوة الاحتكاك إلى أعلى السطح المائل، وتقارنها بطاقة وضع الجاذبية المتوقع أن يكتسبها الجسم.

الأهداف

يُتَوقع بعد تنفيذ هذه التجربة أن تكون قادرًا على أن:

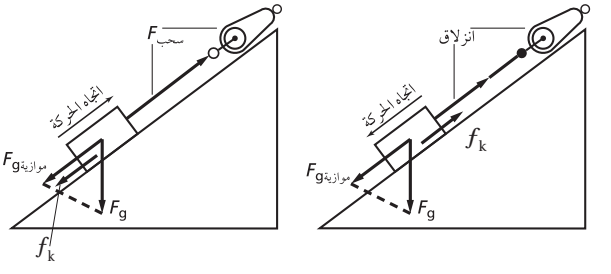
- **تقيس** القوى المؤثرة في جسم موضوع على سطح مائل.
- **تحسب** الشغل غير المحفوظ لقوتي السحب والاحتكاك.
- **تطبق** نظرية الشغل – الطاقة.
- **تقارن** النتائج التجريبية بقانون حفظ الطاقة وقانون حفظ الطاقة الميكانيكية.

الخطوات

1. قس كتلة قطعة الخشب باستخدام ميزان قياس الكتلة، وسجّل القيمة على الخط فوق **الجدول 1**.
2. نظّف السطح المائل، وسطوح القطعة الخشبية مستخدمًا السليكون.

3. اضبط ميل السـطح، بحيث ينزلق الجسـم (قطعة الخشـب) عليه إلى أسـفل دون التأثير فيه بقوة دفع، ثم قس زاوية ميل السطح θ ، وسجلها في المحاولة 1 في الجدول 1.

4. اطلب إلى أحد زملائك في المجموعة تثبيت الميزان النابضي بالجسـم، وسـحب الجسم إلى أعلى السطح ببطء وبسرعة ثابتة، كما في **الشكل A**. في أثناء تحريك الجسم بسرعة ثابتة، اطلب إلى زميل آخر في المجموعة قراءة تدريج الميزان النابضي، وتسجيل هذه القيمة باعتبارها مقدار قوة السحب في المحاولة 1 في الجدول 1.



الشكل A **الشكل B**

5. كرّر الخطوة 4 مسـتعينًا **بالشـكل B**، واسـمح للجسـم بالانزلاق إلى أسفل السـطح المائل من أعلى نقطة بسرعة ثابتة، ثم سجّل قراءة الميزان النابضي على أنها قوة سحب إلى أسفل في المحاولة 1 في الجدول 1.

6. كرّر الخطوتين 3 و 4 بزاويتين أكبر من السابق، وسجّل البيانات في المحاولتين 2 و 3 في الجدول 1.

البيانات والمشاهدات

كتلة الجسم (kg) = _____

الجدول 1			
المحاولة	زاوية الميل $(\theta)^\circ$	قوة سحب إلى أعلى $F_{\text{سحب}}$ (N)	قوة سحب إلى أسفل F (N)
1			
2			
3			

الجدول 2				
المحاولة	قوة الاحتكاك f_k (N)	محصلة قوتي السحب إلى أعلى والاحتكاك $F_{\text{غ م}} = F_{\text{سحب إلى أعلى}} - f_k$ (N)	الشغل غير المحفوظ $W_{\text{غ م}} = F_{\text{غ م}} d$ (J)	طاقة وضع الجاذبية $m\,g\,d\sin\theta$ (J)
1				
2				
3				

التحليل والاستنتاج

1. حلّ نظام المعادلات الذي يربط قوتي السحب إلى أعلى وإلى أسفل بقوة الاحتكاك.

2. احسب مقدار قوة الاحتكاك لكل محاولة وسجّل القيم في الجدول 2.

3. احسب محصلة قوتي السحب إلى أعلى والاحتكاك لكل محاولة وسجّل القيم في الجدول 2.

4. احسب الشغل غير المحفوظ الذي يُبذل عندما يُسحب الجسم إلى أعلى مسافة 1m في كل محاولة، وسجّل القيم في الجدول 2.

5. احسب طاقة وضع الجاذبية التي يكتسبها الجسم في كل محاولة معتمدًا على سحب الجسم مسافة 1.00 m إلى أعلى السطح المائل حيث ($g = 9.80\ m/s^2$)، وسجّل القيم في الجدول 2.

6. قارن بين الشغل غير المحفوظ المبذول عند سحب الجسم إلى أعلى السطح المائل وطاقة وضع الجاذبية التي يكتسبها الجسم.

التوسع والتطبيق

1. فسِّر لماذا يكون شغل قوتي السحب والاحتكاك غير محفوظ؟ لاحظ ما يحدث عند فرك يديك معًا بسرعة. ولاحظ كذلك ما يحدث عندما تحمل كتابًا ثقيلًا بيدك وهي ممدودة فترة طويلة. ما شكل الشغل الذي يأخذه كل من الاحتكاك والعضلة؟ عرّف النظام في كل حالة تكون فيها الطاقة محفوظة.

2. طبّق مبدأ حفظ الطاقة الميكانيكية على طالب كتلته 60.0 kg بدأ التزلج من السكون من أعلى منحدر ثلجي ارتفاعه الرأسي 10.0 m متجهًا إلى أسفله. هل تحولت طاقة وضع المتزلج جميعها إلى طاقة حركية؟ وضّح ذلك. ما الفرق بين هذه الحالة وبين تجربة قطعة الخشب التي أجريتها؟

الفصل
5 مختبر الفيزياء 1 - 5

احتياطات السلامة

المواد والأدوات

- صفيحة تسخين
- أسطوانة مدرجة 100 ml
- مقياس حرارة
- أكواب بلاستيكية
- مكعبات جليد
- قضيب تحريك
- ميزان
- ساعة إيقاف

ما مقدار الطاقة اللازمة لصهر الجليد؟

إذا أمسكت مكعب جليد بيديك فإنه سينصهر ببطء. وهذه العملية هي عملية امتصاص للحرارة، حيث يمتص الجليد الطاقة (الحرارة) من يديك. وحتى ينصهر الجليد يجب أن يتحول من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة؛ حيث تزداد درجة حرارة الجليد في البداية حتى يصل إلى درجة الانصهار، وباستمرار امتصاص الحرارة يتحول الجليد إلى ماء (سائل) عند درجة الانصهار نفسها. وبعد أن يتحول الجليد كاملًا إلى ماء تؤدي إضافة أي كمية من الطاقة إلى زيادة درجة حرارة الماء. وتسمى كمية الطاقة اللازمة لصهر 1 kg من مادة معينة عند درجة الانصهار نفسها ودون رفع درجة حرارتها بالحرارة الكامنة للانصهار. فإذا امتص 1.0 kg من الجليد عند درجة انصهاره (0°C أو 273 K) طاقة مقدارها 3.34×10^5 J فسيصبح الجليد ماءً كتلته 1.0 kg بدرجة حرارة مقدارها 0°C أو 273 K، حيث أدّت الطاقة الممتصة إلى تغيير الحالة، دون أن تغير درجة الحرارة.

ينصهر مكعب الجليد عند وضعه في ماء دافئ، وتكون كمية الحرارة Q اللازمة لصهر المادة الصلبة مساوية لحاصل ضرب كتلة المادة الصلبة m في الحرارة الكامنة لانصهار هذه المادة H_f، أي أن $Q_{\text{جليد إلى ماء}} = mH_f$. وفي أثناء انصهار مكعب الجليد يَنقُل الماء الدافئ الحرارة إلى الجليد. ويُعبّر عن كمية الطاقة التي يفقدها الماء $Q_{\text{ماء}}$، بالعلاقة $Q_{\text{ماء}} = m_w C_w \Delta T$، حيث C_w الحرارة النوعية للماء وتساوي 4.18 J/g.°C، وm_w كتلة الماء، و ΔT الفرق بين درجتي الحرارة الابتدائية والنهائية للماء ($T_{\text{الابتدائية}} - T_{\text{النهائية}}$) .

ستصمّم في هذه التجربة خطة عمل لقياس كمية الطاقة اللازمة لانصهار الجليد. تحتاج في هذه التجربة إلى قياس تغيرات درجة الحرارة التي تحدث عندما ينصهر الجليد في دورق ماء دافئ.

5 مختبر الفيزياء 1 - 5

الأهداف

يُتَوقع بعد تنفيذ هذه التجربة أن تكون قادرًا على أن:

- **تطبّق** قانون حفظ الطاقة بوصفها طريقة لقياس الحرارة الكامنة لانصهار الجليد.
- **تحسب** الطاقة المنتقلة والحرارة الكامنة لانصهار الجليد.
- **تفسّر** مبدأ عمل المسعر الحراري.

المشكلة

كيف يمكن استخدام كمية الطاقة التي يفقدها الماء الدافئ ويمتصها الجليد- مسبِّبةً صهره، ثم رفع درجة حرارته بعد أن يتحول كاملًا إلى ماء- في حساب الحرارة الكامنة لانصهار الجليد؟

الفرضية

كوِّن فرضية تصف فيها كيفية حفظ الطاقة وانتقالها من الماء الدافئ إلى الجليد.

_____

_____

التخطيط للتجربة

1. فكر مع أفراد مجموعتك في طريقة تستخدمون فيها المواد والأدوات المقترحة، أو أي مواد أخرى تختارونها؛ وذلك لجمع بيانات حول انصهار الجليد في الماء.
2. قرّر أي أنواع البيانات ستُجمع وكيف ستُحلّل. يمكنك تسجيل البيانات في الجدول في الصفحة التالية. وتذكر أن تضع لكل عمود عنوانًا مناسبًا.
3. اكتب الخطوات في ورقة منفصلة أو في دفترك، وارسم في المكان المخصّص في الصفحة التالية تركيب الجهاز الذي تخطّط لاستخدامه.
4. **تحقق من خطة العمل** اعرض الخطة على المعلم للموافقة عليها قبل بدء إجراء التجربة.

5 مختبر الفيزياء 1 - 5

مخطط التجربة

البيانات والمشاهدات

التحليل والاستنتاج

1. لخّص كيف تأثر تبريد الماء بوضع مكعبات الجليد فيه؟

2. استخدم الأرقام

a. احسب كمية الحرارة التي فقدها الماء.

b. احسب كمية الحرارة التي اكتسبها الجليد المنصهر. وضّح حساباتك في الفراغ أدناه.

3. حلّل البيانات ما مقدار الحرارة التي اكتسبها الجليد؟ وضّح حساباتك في الفراغ أدناه.

4. فسّر البيانات احسب الحرارة الكامنة لانصهار الجليد. وضّح حساباتك في الفراغ أدناه.

5. حلّل النتائج حدّد النسبة المئوية للخطأ بين القيمة المحسوبة للحرارة الكامنة لانصهار الجليد والقيمة المقبولة لها. وضّح حساباتك في الفراغ أدناه.

6. استنتج إضافة لانتقال الطاقة من الماء إلى الجليد، ما الأماكن الأخرى المحتمل انتقال الطاقة إليها؟

7. اختبـر فرضيتـك ما كمية الحرارة اللازمة لتحويل 100 g من الجليد درجـة حرارتها 0 °C، إلى ماء درجة حرارته 50 °C؟ وضّح حساباتك في الفراغ أدناه.

التوسع والتطبيق

1. لم ينتج عن الحرارة التي امتصها الجليد في أثناء انصهاره تغير في درجة حرارته، فأين ذهبت هذه الطاقة؟

2. ما الفائدة من استخدام ماء دافئ في هذه التجربة بدلًا من الماء البارد أو الماء في درجة حرارة الغرفة؟

مختبر الفيزياء 1 - 6

احتياطات السلامة

المواد والأدوات

- إناء مختبري 500 ml
- ميزان نابضي 5 N
- كتلة تعليق 500 g
- كتلة تعليق 100 g
- كأس بلاستيكية
- منشفة ورقية

لماذا تبدو الصخرة خفيفة في الماء؟

تنص قاعدة أرخميدس على أن الجسم المغمور كليًّا أو جزئيًّا في مائع تؤثر فيه قوة رأسية إلى أعلى تساوي وزن المائع المزاح بوساطة الجسم. تذكّر أنّ $F_{\text{الطفو}} = \rho_{\text{المائع}} Vg$، حيث تمثل ρ كثافة المائع، وV حجم المائع المزاح، وg تسارع الجاذبية الأرضية. فعندما تكون كثافة الجسم أقل من كثافة المائع المغمور فيه الجسم يبدأ الجسم في الغوص في المائع حتى يزيح كمية من المائع وزنها يساوي وزن الجسم. وفي هذه اللحظة يتوقف الجسم عن الغوص ويصبح مغمورًا جزئيًّا، وتحدث حالة اتزان، فيكون:

$$\rho_{\text{المائع}} V_{\text{المائع المزاح}} = \rho_{\text{الجسم}} V_{\text{الجسم}}$$

أما إذا كانت كثافة الجسم أكبر من كثافة المائع فإن قوة الطفو التي تؤثر إلى أعلى نتيجة ضغط المائع على الجسم تكون أقل من أن تُوازِن قوة وزن الجسم المؤثرة إلى أسفل، فيغوص الجسم لينغمر كليًّا في المائع وينقص وزنه الظاهري بمقدار مساوٍ لقوة الطفو المؤثرة فيه.

ستستقصي في هذه التجربة قوة طفو الماء المؤثرة في جسم. تذكّر أن كتلة 1 ml من الماء تساوي 1 g ووزنها يساوي 0.01 N، وإن قوة الطفو $F_{\text{الطفو}}$ المؤثرة في الجسم تساوي الفرق بين وزن الجسم في الهواء F_g ووزنه الظاهري $F_{\text{الظاهري}}$ عندما ينغمر في الماء.

$$F_{\text{الطفو}} = F_g - F_{\text{الظاهري}}$$

6 مختبر الفيزياء 1 - 6

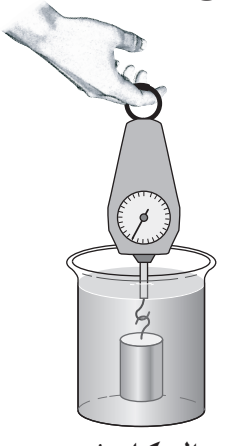
الأهداف

يُتَوقع بعد تنفيذ هذه التجربة أن تكون قادرًا على أن:

- **توضّح** العلاقة بين قوة الطفو ووزن الجسم في الهواء ووزنه الظاهري في الماء.
- **تطبّق** مبدأ أرخميدس على الطفو.
- **تستنتج** تأثير مساحة سطح وكثافة كتلة معلومة في كمية الماء المزاح.

الخطوات

1. اسكب 300 ml ماء صنبور في إناء مختبري سعته 500 ml، ثم اقرأ بدقة الحجم من التدريج الذي على الإناء المختبري، وسجّل هذه القيمة في **الجدول 1**.



الشكل A

2. علّق كتلة مقدارها 500 g في نهاية الميزان النابضي، ثم قس وزن الكتلة في الهواء وسجّل هذه القيمة في **الجدول 1**.

3. اغمر الكتلة 500 g المعلقة في نهاية الميزان النابضي في الماء، كما في **الشكل A**، ولا تدع الكتلة تستقر في قاع الإناء المختبري أو تلامس جوانبه. ثم قس الوزن الظاهري للكتلة المغمورة وسجّل هذه القيمة في الجدول 1.

4. قس حجم الماء والكتلة مغمورة فيه، وسجّل الحجم الجديد في الجدول 1، ثم ارفع الكتلة 500 g من الإناء وضعها جانبًا.

5. قس حجم الماء في الإناء المختبري وسجّله في **الجدول 2**، ثم ضع كتلة مقدارها 100 g في الإناء المختبري، وقس حجم الماء في الإناء والكتلة مغمورة فيه وسجله في الجدول 2.

6. استخدم الكأس البلاستيكية كقارب في الخطوة التالية. أزل الكتلة من الماء وجففها بوساطة منشفة ورقية، ثم ضعها في الكأس البلاستيكية وعوّم الكأس بأفضل طريقة ممكنة في الإناء المختبري، وقس حجم الماء الجديد وسجّله في الجدول 2.

البيانات والمشاهدات

الجدول 1	
وزن الكتلة التي مقدارها 500 g في الهواء.	
الوزن الظاهري للكتلة التي مقدارها 500 g وهي مغمورة في الماء.	
حجم الماء في الإناء المختبري.	
حجم الماء في الإناء المختبري والكتلة 500 g مغمورة فيه.	

الجدول 2	
حجم الماء في الإناء المختبري.	
حجم الماء والكتلة 100 g مغمورة فيه.	
حجم الماء والكتلة 100 g في الكأس البلاستيكية عائمة فيه.	

التحليل والاستنتاج

1. احسب قوة طفو الماء المؤثرة في الكتلة 500 g. وضّح حساباتك في الفراغ أدناه.

2. احسب باستخدام البيانات في الجدول 1 حجم الماء المزاح بوساطة الكتلة 500 g، ثم احسب وزن الماء المزاح. وضّح حساباتك في الفراغ أدناه. قارن بين وزن الماء المزاح وقوة الطفو المؤثرة في الجسم المغمور التي حسبتها في السؤال 1. وإذا كانت القيم مختلفة، فاذكر مصادر الخطأ التي سببت ذلك.

3. ماذا حدث لمستوى الماء في الإناء المختبري عندما وضعت الكتلة 100 g في القارب (الكأس البلاستيكية)؟ اقترح تفسيرًا لأي فرق في الحجم وجدته في الخطوتين 5 و 6، على أن يتضمن مفهوم الكثافة.

التوسع والتطبيق

1. يركب طارق ومحمود قاربًا مطاطيًّا في بركة سباحة. ماذا يحدث لمستوى الماء في البركة إذا سقطا في الماء؟

2. الجبال الجليدية كتل جليدية ضخمة عائمة، انفصلت عن الأنهار الجليدية أو عن الصفائح القطبية الجليدية، ويمكن مشاهدة قممها فوق سطح الماء. فإذا علمت أن كثافة الجليد $0.92\ g/cm^3$، وكثافة ماء البحر $1.03\ g/cm^3$ ، فما النسبة المئوية لحجم جزء جبل الجليد الظاهر فوق سطح المحيط بالنسبة إلى حجم جبل الجليد الكلي؟

3. تحمل سفن الشحن مئات الحاويات. في أثناء إبحار إحدى السفن عبر قناة مائية تحطمت بعض السلاسل التي تثبت الحاويات في السفينة، فسقطت عشرات الحاويات في القناة. ماذا يحدث لمستوى الماء في القناة؟

4. تخيّل إناءً مختبريًّا فيه ماء موضوع على سطح ميزان. هل يزداد وزن الإناء أم ينقص أم يبقى ثابتًا عند إنزال كتلة معلَّقة في نهاية ميزان نابضي في داخله؟

5. لماذا تبدو الصخرة أقل وزنًا في الماء مقارنة بوزنها عندما تكون في الهواء بناءً على مفهوم قوة الطفو؟

مختبر الفيزياء 2 - 6

احتياطات السلامة

المواد والأدوات

- ماصّة عصير
- أسطوانة مدرّجة 100 ml
- بطاقة فهرسة 7.5 cm x 12.5 cm
- كأس زجاجية
- مسطرة
- وعاء سعته 250 ml
- قارورة بلاستيكية سعتها 2 L
- مخرز أو إبرة
- وعاء أو صحن
- بارومتر متري

لماذا تؤلمك أذناك عندما تغوص في الماء؟

يُعد الفيزيائي الفرنسي بليز باسكال أحد الرواد في التمهيد لأساسيات علم الهيدروستاتيكا (hydrostatics)- علم دراسة الموائع الساكنة. حيث وجد أن الضغط في المائع المحصور ينتقل دون نقصان إلى كل جزء من المائع وإلى جدران الوعاء الذي يحويه، كما يعتمد ضغط المائع على عمق المائع في النقطة التي يقاس عندها.

ماذا يحدث عندما تغوص إلى قاع بركة سباحة عميقة؟ تشعر بزيادة الضغط كلما غُصت إلى عمق أكبر في الماء. ولأن الماء، مثل جميع السوائل، غير قابل للانضغاط عمليًّا فإن أي تغيير في ضغط أي جزء منه ولو كان قليلًا سينتشر خلال السائل بسرعة تساوي سرعة الصوت فيه.

ينتج الضغط المؤثر في سبّاح بوساطة الماء في بركة السباحة عن قوة الجاذبية الأرضية التي تؤثر في عمود الماء فوق جسمه. والضغط هو القوة المؤثرة في وحدة المساحة، لذا يُعبّر عن ضغط الماء بالعلاقة التالية:

$$P = \frac{F_g}{A}$$

حيث F_g هي وزن عمود الماء فوق جسم السبّاح، و A مساحة عمود الماء فوق جسمه. يعبر عن وزن كتلة الماء فوق جسم السبّاح بالعلاقة التالية:

$$F_g = mg = \rho V g$$

حيث m كتلة الماء، و g تسارع الجاذبية الأرضية، و ρ كثافة الماء، و V حجم الماء. ويمكن التعبير عن الحجم بضرب المساحة A في ارتفاع عمود الماء h. لذا، يمكن كتابة ضغط الماء في الصورة:

$$P = F_g/A = mg/A = \rho V g /A = \rho g Ah/A$$

أو تبسيطه في الصورة: $P = \rho gh$

6 مختبر الفيزياء 2 - 6

الأهداف

يُتَوقع بعد تنفيذ هذه التجربة أن تكون قادرًا على أن:

- **تحلّل** القوى المؤثرة في المائع.
- **تطوّر** فهمك لمبدأ باسكال.
- **تلاحظ** تأثير القوة في المائع.

الخطوات

A. القارورة

1. أحضر قارورة نظيفة سعتها 2 L، وعيّن عليها ثلاث نقاط وحددها، بحيث تقع النقطة الأولى عند ربع المسافة بين قاع القارورة وقمتها، وتقع النقطة الثانية عند نصف المسافة، أما النقطة الثالثة فتقع عند ثلاثة أرباع المسافة بين قاع القارورة وقمتها، مستخدمًا المخرز أو الإبرة لثقب كل نقطة حدّدتها على القارورة.

2. أغلق الثقوب الثلاثة بأصابعك ثم املأ القارورة بالماء، وضعها في الصحن بعناية وأزل أصابعك. راقب تدفق الماء خلال الثقوب، وسجّل مشاهداتك في **الجدول 1**، ثم مثّلها بيانيًّا.

3. اسكب الماء المتدفق في الحوض، ثم كرّر الخطوة 2.

B. الأنابيب المفتوحة والمغلقة

1. قس الضغط الجوي وسجّل القيمة في **الجدول 2**.

2. املأ الأسطوانة المدرجة بالماء، ثم أدخل أحد طرفي ماصّة العصير فيه.

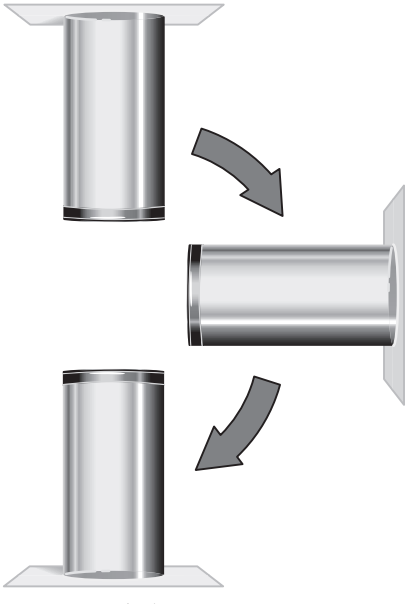
3. ضع إبهامك على الطرف الآخر للماصّة لإغلاقه.

4. اسحب الماصّة رأسيًّا إلى أعلى من الأسطوانة المدرّجة. سجّل مشاهداتك في الجدول 2.

5. ارفع إصبعك عن الطرف العلوي للماصّة في أثناء الإمساك بها فوق الأسطوانة المدرّجة. سجّل مشاهداتك في الجدول 2.

6. أعد وضع الماصّة في الأسطوانة المدرجة، ثم اسحبها من الماء دون أن تغطي نهايتها. سجّل مشاهداتك في الجدول 2.

الشكل A



الشكل B

C. الكأس الزجاجية المقلوبة

1. قس قطر الكأس الزجاجية وارتفاعها، وسجّل هذه القيم في **الجدول 3**.

2. املأ الكأس الزجاجية تمامًا بالماء إلى قمتها، ثم ضع بطاقة الفهرسة على سطح الماء، كما في **الشكل A**.

3. بينما تحمل الكأس الزجاجية فوق حوض الماء ضع إحدى يديك فوق البطاقة، ثم اقلب الكأس بحذر رأسًا على عقب بيدك الأخرى، كما في **الشكل B**، ثم أبعد يدك التي أصبحت أسفل البطاقة بحذر، وسجّل مشاهداتك في الجدول 3.

البيانات والمشاهدات

الجدول 1
المشاهدات والرسم التوضيحي للقارورة.

الجدول 2
الضغط البارومتري = _____ kPa
المشاهدات الخاصة بماصّة العصير عند إخراجها من الماء (عند إغلاق نهاية الماصّة بوساطة الإبهام).
المشاهدات الخاصة بالماصّة والماء عند إزالة الإبهام.
المشاهدات الخاصة بالماصّة عند إخراجها من الماء (الإبهام لا يغلق طرف الماصّة).

الجدول 3
قطر الكأس:
ارتفاع الكأس:
المشاهدات الخاصة بالكأس المقلوبة والبطاقة:

التحليل والاستنتاج

1. تؤثر قوة الجاذبية الأرضية بقوة جذب في جميع جزيئات الماء داخل القارورة التي سعتها 2 L في الجزء A. صِف الضغط في جميع أجزاء القارورة.

_____

_____

_____

2. لخّص نتائج إخراج الماصّة من الأسطوانة المملوءة بالماء.

_____

_____

_____

3. أنشئ رسمًا توضيحيًّا للضغط والقوى المؤثرة في الماصّة المملوءة بالماء.

4. احسب باستخدام البيانات في الجدول 3 الضغط الذي يؤثر به الماء الموجود داخل الكأس الزجاجية في بطاقة الفهرسة، علمًا بأن كثافة الماء تساوي $1.00 \times 10^3\ kg/m^3$. وضّح حساباتك في الفراغ أدناه.

5. احسب مقدار القوة التي يؤثر بها الماء في بطاقة الفهرسة باستخدام البيانات في الجدول 3 ونتيجة الضغط التي حسبتها في المسألة السابقة. وضّح حساباتك في الفراغ أدناه.

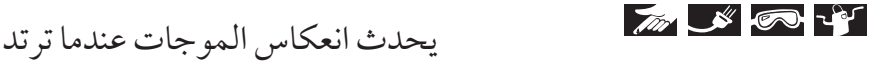
6. ينشأ الضغط الجوي من عمود الهواء الممتد من سطح الأرض وحتى نهاية الغلاف الجوي، ويسلك الهواء في الغرفة سلوك المائع، ويؤثر بهذا الضغط في جميع السطوح الموجودة في الغرفة. قارن بين ضغط الهواء المؤثر في بطاقة الفهرسة والضغط الذي يسببه وزن الماء على البطاقة نفسها. أيهما أكبر؟

7. لماذا يمكن أن تبقى بطاقة الفهرسة على الكأس وهي مقلوبة؟

التوسع والتطبيق

1. إذا كان الفرق بين الضغط خارج جسمك والضغط في الفراغات الهوائية الموجودة داخل الجسم كبيرًا فقد يؤدي ذلك إلى الشعور بالانضغاط مما يسبب ألمًا. ففي أثناء السباحة مثلًا تعمل طبلة الأذن عمل الحاجز بين الماء والهواء المحصور داخل الأذن. ما الزيادة في الضغط الذي ينتقل من الماء إلى طبلة أذنك إذا كنت تغوص في بركة سباحة على عمق 3 m؟ وماذا يحدث إذا لم تتم معادلة هذا الضغط؟

احتياطات السلامة



المواد والأدوات

- قضيب فلزي
- قطارة
- لوح زجاجي على شكل متوازي مستطيلات
- لوح كرتون أبيض
- مصدر ضوئي
- حاجزان فلزيان أحدهما على شكل قطع مكافئ والآخر مستقيم الشكل (ملحقات حوض الموجات)
- منقلة
- حوض الموجات
- حلقات معدنية
- ميزان الماء (الاستواء)

كيف تنعكس الموجات وكيف تنكسر؟

يحدث انعكاس الموجات عندما ترتد عن حاجز. وينص قانون الانعكاس على أن زاوية سقوط الموجة على حاجز تساوي زاوية انعكاسها عنه. وبمعنى آخر فإن هذا الارتداد يسبب تغير اتجاه الموجة، لكنه لا يسبب تغير سرعة الموجة. فسرعة الموجة تتغير عندما تعبر الموجة من وسط إلى وسط آخر مختلف عنه؛ وذلك لأن سرعة الموجة في وسط ما هي من خصائص ذلك الوسط. ويسبب هذا التغيّر في سرعة الموجة تغيرًا في اتجاهها أيضًا، وتسمى هذه الظاهرة الانكسار.

تستقصي في هذه التجربة ظواهر موجية تشمل تغيرًا في اتجاه حركة الموجات والمعروفة بالانعكاس والانكسار باستخدام حوض الموجات. يعد حوض الموجات بيئة مثالية لملاحظة سلوك الموجات؛ حيث تشاهد صورة الموجات المتكونة في الماء على شاشة ورقية أسفل الحوض. ويُشاهد الأثر الذي يُشكّله الضوء الساطع الساقط على موجات الماء -الظل- على هيئة خطوط مضيئة وأخرى معتمة، بالإضافة إلى وجود مساحات رمادية تفصل تلك الخطوط بعضها عن بعض. ستستخدم ظلال الموجات هذه لملاحظة الانعكاس والانكسار.

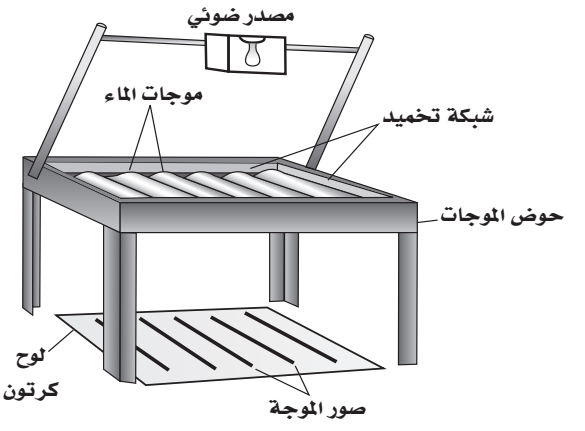
الأهداف

- **تلاحظ** انعكاس الموجات وانكسارها في حوض الموجات.
- **تُحلّل** أنماط الموجات في الماء.
- **تتوقّع** سلوك الموجات السطحية في الماء.

الخطوات

A. الإعداد

1. ركّب حوض الموجات، كما هو موضّح في **الشكل A**، وضع ميزان الماء في قاع الحوض قبل إضافة الماء، وتحقّق أنه في



الشكل A

وضـــع أفـقي مستوٍ. تحقّق من التسـوية فـي اتجاه عرض الحـوض وطوله، وعدّل من اسـتواء الحـوض واضبطه إذا لـزم الأمر إلى أن يسـتوي في الاتجاهيـن، ثم أضف المـاء إلـى عمـــق 8 mm—5. ثـم ضـع لـــوح الكرتون تحت أرضية الحوض.

2. ولّـد موجات صغيرة بوسـاطة قلم الرصاص في وسـط الحـوض، وسـلِّط ضوء المصـدر الضوئي على سـطح المـاء حتـى تظهر صـورة واضحة للموجـات على لوح الكرتون الأبيض أسفل الحوض.

B. الانعكاس

1. ضـع القضيـب الفلزي في الماء مقابلًا لأحد جوانـب حوض الموجات، واختبر اسـتخدامه، وذلك بتدويره بلطف إلى الخلف والأمام لتوليد نبضات موجة مستوية.

2. ضع الحاجز المسـتقيم في الجانب المقابل من الحوض موازيًا لحافة الحوض. واسـتخدم القضيب الفلزي لتوليـد نبضـات موجات مسـتوية تنتشـر نحو الحاجـز المسـتقيم، بحيث تصطـدم بالحاجز مباشـرة (زاوية السـقوط°0). ولاحـظ علـى لـوح الكرتـون ما يحـدث للنبضات عندمـا تصطـدم بالحاجز. وسـجل وصفًا لملاحظاتك في البند1 من **الجدول** 1.

3. غيّر موضع الحاجز المستقيم، بحيث يصنع زاوية مع طرف الحوض. واستخدم القضيب الفلزي لتوليد نبضات موجات مستوية تتحرّك نحو الحاجز المستقيم. ولاحظ على لوح الكرتون ما يحدث للنبضات عندما تصطدم بالحاجـز، وسـجّل وصفًا لملاحظاتك في البند 1 من الجدول 1. ارسـم الصورة التـي لاحظتها في البند 2 من الجدول 1. وتذكر أن سلوك النبضات هو نفسه سلوك الموجات.

4. باسـتخدام المنقلـة قس الزاويـة الحادة المحصورة بيـن الخط الواقع علـى امتداد مقدمة الموجات المسـتوية المتجهة نحو الحاجز والخط الواقع على طول الحاجز المستقيم. ومقدار هذه الزاوية دائمًا أقل من أو يساوي °90، وهذه الزاوية تكون مسـاوية لزاوية السـقوط θ_i. ثم قس الزاوية الحادة المحصورة بين الخط الواقع على امتداد مقدمة الموجات المسـتوية المنعكسـة، والخط الواقع على طول الحاجز المستقيم. سيكون مقدار هذه

الزاوية دائمًا أقل من أو يساوي °90، وهذه الزاوية تكون مساوية لزاوية الانعكاس θ_r. سجّل قياسي هاتين الزاويتين في البند 3 من الجدول 1.

5. أزل الحاجز المستقيم، وضع مكانه حاجزًا على شكل قطع مكافئ، وركّب الحاجز الجديد على أن يكون طرفه المفتوح في اتجاه القضيب الفلزي. استخدم القضيب الفلزي لتوليد نبضات موجات مستوية تتحرك نحو حاجز القطع المكافئ. ولاحظ على لوح الكرتون ما يحدث للنبضات عندما تصطدم بالحاجز، وسجّل وصفًا لملاحظاتك في البند 4 من الجدول 1. حدّد النقطة التي تلتقي عندها الموجات المنعكسة على لوح الكرتون أسفل الحوض، وضع علامة عندها باستعمال قلم رصاص. و تُسمّى هذه النقطة البؤرة.

6. توقف عن توليد نبضات موجية باستخدام القضيب الفلزي. واستخدم قطارة، وأسقط بضع قطرات صغيرة من الماء على السطح عند النقطة التي حددتها (البؤرة)، أو انقر سطح الماء عند هذه النقطة بلطف باستعمال قلم رصاص، ولاحظ ما يحدث للموجات المتولدة في هذه النقطة والمبتعدة عنها نحو حاجز القطع المكافئ. ثم لاحظ ما يحدث للموجات المنعكسة عن حاجز القطع المكافئ. وسجّل وصفًا لملاحظاتك في البند 5 من الجدول 1

7. أزل حاجز القطع المكافئ من حوض الموجات.

C. الانكسار

1. ضع لوح متوازي المستطيلات الزجاجي في وسط الحوض، على أن يستقر اللوح على أحد جانبيه العريضين، كما موضح في **الشكل B1**، وضع تحت اللوح حلقات معدنية من أجل إنتاج منطقة ماء ضحلة، وذلك إذا لزم الأمر.

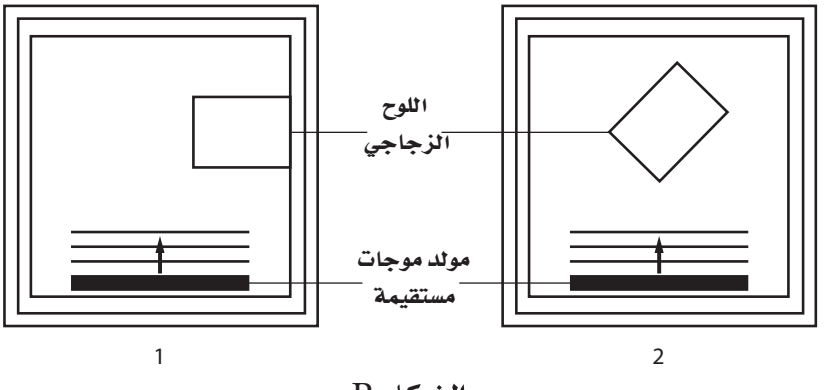
2. استخدم القضيب الفلزي لتوليد نبضات موجات مستوية في الحوض، ولاحظ ما يحدث بدقة للموجات عند حواف اللوح الزجاجي. في **الشكل B1**، ارسم الأنماط التي تلاحظها للموجات المتحركة مبتدئًا من المنطقة التي يكون فيها الماء عميقًا إلى المنطقة التي يكون فيها الماء ضحلاً فوق اللوح الزجاجي.

3. دوّر اللوح الزجاجي بحيث تكون إحدى زواياه مقابلة لطرف الحوض الموضوع عنده القضيب الفلزي، كما في **الشكل B2**. ثم استخدم القضيب الفلزي لتوليد نبضات موجية مستوية في الحوض. في **الشكل B2** ارسم الأنماط التي تلاحظها للموجات المتحرّكة مبتدئًا من الماء العميق إلى الماء الضحل فوق اللوح الزجاجي.

7 مختبر الفيزياء 1 - 7

البيانات والمشاهدات

الجدول 1
1. وصف النبضات الموجية المستوية التي تصطدم بالحاجز المستقيم بزاوية $0°$ وبزوايا أخرى.
2. رسم نبضات الموجات الساقطة و نبضات الموجات المنعكسة.
3. $\theta_i =$ _____ $\theta_r =$ _____
4. وصف الموجات المنعكسة عن حاجز القطع المكافئ.
5. وصف الموجات المتولّدة في بؤرة حاجز القطع المكافئ.



الشكل B

التحليل والاستنتاج

1. تذكر ملاحظاتك حول الموجات المنعكسة في حوض الموجات. هل تغيّرت سرعة الموجات، أم بقيت متحركة بالسرعة نفسها؟ وهل تغيّرت المسافة بين الموجات (الطول الموجي)؟

.....

.....

2. قارن بين زاوية السقوط وزاوية الانعكاس التي سجّلتها في الجدول 1.

.....

.....

3. اربط بين قانون الانعكاس وملاحظاتك حول الموجات المنعكسة عن حاجز القطع المكافئ. وهل بقي قانون الانعكاس مطبقًا في هذه الحالة؟

.....

.....

4. قارن بين ملاحظاتك في البند 4 وملاحظاتك في البند 5، في الجدول 1.

.....

.....

5. قارن بين ملاحظاتك حول الانعكاس وملاحظاتك حول الانكسار.

.....

.....

6. حدّد علاقة السبب والنتيجة للانكسار، وما الذي يُسبّب التغيّرات الحادثة في الموجات عندما تنتقل إلى منطقة الماء الضحل؟

.....

.....

التوسّع والتطبيق

1. اربط بين نموذج الانكسار في حوض الموجات وكيف يمكن لمستكشف أن يحدد موقع الشعاب المرجانية والحواجز الرملية تحت سطح الماء؟

.....

.....

.....

.....

2. اربط بين نموذج الانعكاس في حوض الموجات وبعض أنواع الرياضات البدنية، مثل التنس الأرضي، وتنس الطاولة، والبلياردو.

.....

.....

.....

.....

مختبر الفيزياء 2 - 7

احتياطات السلامة

المواد والأدوات

- قضيب فلزي
- لوح كرتون أبيض كبير
- مصدر قدرة متغير لتشغيل مولّد الموجات
- قطع من الخشب أو البرافين
- مولّد موجات مزود برأسين
- حوض موجات
- ميزان الماء (استواء)
- مولد موجات مستوية
- مصدر ضوئي

كيف يبدو حيود الموجات وتداخلها؟

تستكشف في هذه التجربة ظواهر مرتبطة مع تراكب الموجات، ومن هذه الظواهر ظاهرة تعرف بالحيود. تتكون مقدمة الموجة نتيجة تراكب مويجات هيجنز جميعها على امتداد مقدمة الموجة. ويحدث هذا النوع من التراكب للموجات جميعها، مما يؤدي إلى أن تحافظ مقدمة الموجة المتحركة على أبعادها كما في الموجة المستوية، أو تنتشر وتكبر وتتّسع كما في الموجة الدائرية. فعندما يعترض مقدمة موجة مستوية حافة فإنها تقطع مقدمة الموجة مسبِّبة توّلد مويجات هيجنز، التي تنتشر على شكل موجات دائرية من المكان الذي قطعت فيه مقدمة الموجة. وستكون النتيجة تكوُّن مقدمة موجة جديدة تظهر منحنية حول الحافة، ويكون انتشار الموجة دائريًّا.

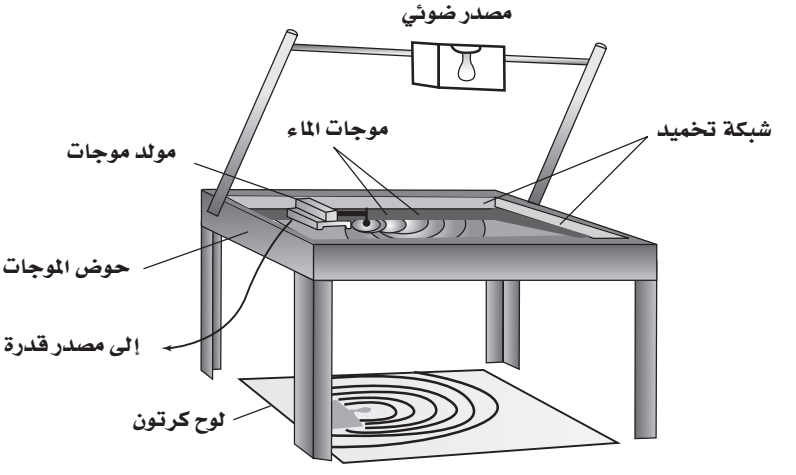
وتحدث ظاهرة التداخل عندما تمر موجتان منفصلتان أو أكثر كل منهما من خلال الأخرى. فعندما تتلاقى قمم الموجات أو قيعانها في المكان والزمان نفسيهما، فإن بعضها يتراكب فوق بعض، وهذا يُسمّى تداخلًا بناءً. أمّا عندما تتلاقى قمة موجة وقاع موجة أخرى في المكان والزمان نفسيهما فإن كلًّا منهما تلغي الأخرى، وتكون الموجة الناتجة عن ذلك ذات قمة أو قاع أصغر من قمة أو قاع الموجتين الأوليين، وهذا يُسمّى تداخلًا هدّامًا.

ستستخدم حوض الموجات لملاحظة ظاهرتي التداخل والحيود. وبدلًا من استخدام الحواجز لعكس الموجات فإنك ستستخدمها لقطع الموجات وملاحظة الحيود الناتج. ثم تستخدم مولّد موجات مزودًا برأسين - مصدرين نقطيين - لملاحظة نتيجة تداخل موجتين.

الأهداف

- **تستخدم** حوض الموجات لملاحظة ظاهرتي حيود الموجات وتداخلها.
- **تُحلّل** سلوك الموجة المقترن بالتداخل والحيود.
- **تتوقّع** سلوك الحيود الناتج بوساطة فتحتين.

الخطوات



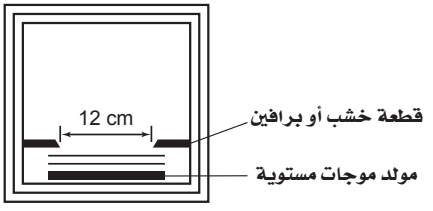
الشكل A

A. الإعداد

1. ركّب حوض الموجات، كما موضح في **الشكل A**، ولا تُركّب مولّد الموجات حتى تصل إلى الجزء C.
2. ضع ميزان الماء (الاستواء) في قاع الحوض قبل إضافة الماء، وتحقّق من الاستواء. تحقّق من الاستواء في اتجاه عرض الحوض، وفي اتجاه طوله، وعدّل من استواء الحوض واضبطه إذا لزم الأمر ذلك إلى أن يستوي في الاتجاهين.
3. أضف الماء إلى أن يصبح عمقه 5–8 mm.
4. شغّل مصدر الضوء، ثم ولّد موجه صغيرة بوساطة قلم الرصاص، وفي أثناء عملية توليد الموجات الصغيرة اضبط كلًّا من مصدر الضوء وعمق الماء حتى تظهر صورة واضحة للموجات على لوح الكرتون الأبيض تحت الحوض.

B. الحيود

1. ضع القضيب الفلزي في الماء مقابل أحد جوانب حوض الموجات، واختبر عمل القضيب الفلزي بتدويره إلى الخلف وإلى الأمام بلطف لتوليد نبضات موجة مستوية.



الشكل B

2. ضع قطعتي خشب أو برافين، كما موضّح في **الشكل** B. واستخدم القضيب الفلزي لتوليد نبضات موجة مستوية تتحرك نحو الفتحة بين قطعتي الخشب أو البرافين. لاحظ حيود الموجات، وأنشئ رسمًا لحيود الموجات الناتجة عن فتحة واسعة في البند 1 من **الجدول** 1.

3. في أثناء قيام أحد أعضاء فريق التجربة بتوليد موجات مستوية بمعدل منتظم يقوم عضو آخر من الفريق بتضييق الفتحة تدريجيًّا. لاحظ حيود الموجات، وأنشئ رسمًا لحيود الموجات الناتجة عن فتحة ضيقة في البند 1 من الجدول 1.

4. زد من تردد مولّد الموجات، ولاحظ حيود الموجة الناتجة عن فتحة ضيقه، وأنشئ رسمًا لحيود الموجات الناتجة في البند 2 من الجدول 1.

5. أزل القضيب الفلزي وقطعتي الخشب أو البرافين من حوض الموجات.

C. التداخل

1. ضع مولّد الموجات ذي الرأسين في حوض الموجات بالقرب من أحد الأطراف. وصل مصدر القدرة المتغيّرة بمولّد الموجات. اضبط مصدر القدرة على فرق جهد قليل حتى يولّد المصدر النقطي بشكل مستمر مجموعة من الموجات الدائرية ذات طول موجي كبير. سيؤدي تراكب الموجات الناتجة من المصدرين النقطيين إلى توليد نمط من التداخل في حوض الموجات. ولا بد من رؤية الخطوط العقدية، وهي مناطق من الماء الساكن، وستكون المناطق غير العقدية بين الخطوط العقدية، وهي مناطق من الماء ذات موجات مرئية. أنشئ رسمًا لنمط تداخل الموجات في البند 1 من الجدول 2.

2. زد تردد مولّد الموجات، ولاحظ نمط التداخل الناتج، وأنشئ رسمًا لنمط تداخل الموجات في البند 2 من الجدول 2.

7 مختبر الفيزياء 2 - 7

البيانات والمشاهدات

الجدول 1	
1. رسم حيود الموجات	
فتحة واسعة	فتحة ضيقة
2. رسم حيود الموجات الناتجة بوساطة مولّد موجات ذي تردد عالٍ	

الجدول 2	
1. نمط التداخل	2. نمط تداخل الموجات الناتجة بوساطة مولد موجات ذي تردد عالٍ

التحليل والاستنتاج

1. ما خاصية الموجة التي يتم التحكّم بها وضبطها بوساطة مولّد الموجات؟

.....

.....

2. وضّح تأثير زيادة تردد الموجة في الموجات التي ينتجها المولّد.

.....

.....

3. لخّص التراكب الذي يحدث في الحيود.

.....

.....

.....

.....

4. صف تراكب الموجات الذي نتج عند الخطوط العقدية في تجربة التداخل.

.....

.....

5. صف تراكب الموجات في المناطق غير العقدية في تجربة التداخل.

.....

.....

6. قارن بين نمط الحيود الناتج عن الفتحة الواسعة، ونمط الحيود الناتج عن الفتحة الضيقة.

.....

.....

.....

.....

7. حلّل تأثير زيادة تردد مولّد الموجات في الحيود.

.....

.....

.....

.....

8. حلّل تأثير زيادة تردد مولّد الموجات في التداخل الناتج عن مصدرين نقطيين.

.....

.....

.....

التوسّع والتطبيق

1. اجمع ملاحظاتك حول التداخل والحيود؛ للتنبؤ بنمط الموجات التي سيتم تولدها بوساطة حاجز ذي فتحتين ضيقتين.

.....

.....

.....

.....

مختبر الفيزياء 1 - 8

احتياطات السلامة

المواد والأدوات

- مذياع متنقل، أو مشغّل أقراص مدمجة مزود بسماعات أذن
- شريط لاصق
- جهاز قياس مستوى الصوت
- سائل طمس أبيض
- ورقة رسم بياني

ما الديسبل؟

تستطيع الأذن البشرية الإحساس بمدى واسع من شدة الصوت. وتكون شدة الصوت عـند عتبة الألم أكبر بـ 1×10^{12} مرة من أضعف صوت يمكن سماعه. ولكن لا تدرك الأذن البشرية علو الأصوات عند عتبة الألم وكأنها أكبر بـ 1×10^{12} مرّة من علو أضعف صوت يمكن سماعه؛ وذلك لأن علو الصوت - كما يُقاس بالأذن البشرية - لا يتناسب طردياً مع شدة موجة الصوت، إذ إن الصوت الذي شدته أكبر عشر مرات من شدة صوت آخر، يُدرك بالأذن كأن عُلوّه ضعف علو الصوت الآخر.

تدرك الأذن البشرية تغيّرات الضغط بوصفها صوتًا، وشدة الضغط بوصفها شدة نسبية للصوت. ولا يقاس الضغط الناتج بوساطة موجة صوت بسهولة. ويعد الديسبل dB وحدة عملية لقياس الشدة النسبية لمستوى الصوت β .

$$\beta = (10\ \text{dB}) \log I/I_{\circ}$$

حيث تُمثّل I الشدة عند مستوى الصوت β، وتُمثّل $I_{\circ}$ الشدة القياسية المرجعية للصوت بالقرب من الحد الأدنى لمستوى السمع البشري، والتي تقابل مستوى صوت 0 dB. ويقابل الصوت عند عتبة الألم مستوى صوت 120 dB.

يقارن **الجدول 1** نسب الشدة وما يكافئها من مستوى الصوت بوحدة الديسبل. ولاحظ أنه عند مضاعفة نسب الشدة صوت يزداد مستوى الصوت بمقدار 3 dB فقط. وإذا ضربت نسبة شدة صوت في 10 فسيزداد مستوى الصوت بمقدار 10 dB، ولكن إذا ضربت نسبة الشدة في 100 فسيزداد مستوى الصوت بمقدار 20 dB.

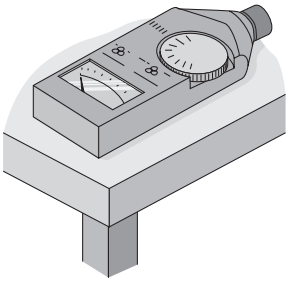
قد يؤدي التعرّض للأصوات الصاخبة لفترة طويلة إلى ضرر في السمع؛ وكلما كان التعرّض لهذه الأصوات لفترة أطول كان الضرر أكبر. وتنص قوانين العمل في بعض الدول على أنه لا يسمح تعرض العمـال بشكل مستمر لمستويات صوت أكثر من 90 dB خلال ساعات العمل (8 ساعات في اليوم). ويقارن **الجدول 2** مستويات الصوت، وحدود التعرّض المستمر يوميًّا لتجنب الضرر الدائم في السمع.

8 مختبر الفيزياء 1 - 8

الجدول 1	
$I/I_{\circ}$	dB
2	3
3	5
5	7
10	10
20	13
32	15
100	20
1000	30

الجدول 2	
مستوى الصوت (dB)	التعرض يوميًّا (h)
90	8
92	6
95	4
97	3
100	2
102	1.5
105	1
110	0.5

ستستخدم في هذه التجربة جهاز قياس مستوى الصوت، مثل ذلك المبين في **الشكل A** لقياس مستوى الصوت لمذياع أو لمشغّل الأقراص المدمجة.



الشكل A

الأهداف

- **تقيس** مستوى الصوت لمذياع أو لمشغل الأقراص المدمجة.
- **تُحدّد** العلاقة بين مستوى الصوت وإعدادات علو الصوت.
- **تُميّز** مستويات الصوت التي قد تتلف السمع.
- **تُحلّل** مستويات الصوت في حالات متعددة.

الخطوات

1. تفحّص مفتاح التحكم بالصوت للمذياع أو مشغّل الأقراص إذا كان مزودًا بمؤشر رقمي، وإذا لم يكن كذلك فاستخدم سائل الطمس الأبيض لعمل مؤشر يتكون من 10–8 خطوط على مفتاح التحكم، على أن تفصل بينهما فراغات متساوية، مبتدئًا من أقل موضع ممكن.
2. شغّل المذياع على إحدى المحطات، أو أدخل قرصًا مدمجًا في مشغّل الأقراص المدمجة.

3. تأكّـد أنك تعرف كيفية اسـتخدام جهاز قياس مسـتوى الصوت وكيفية أخذ القـراءات. وإذا لم تكن تعرف فاسأل معلمك عن ذلك.

4. استخدم الشريط اللاصق لتثبيت سماعات الأذن على مقياس مستوى الصوت، وضع ميكروفون المقياس مقابل سماعة الأذن.

5. شـغّل المذياع أو مشـغّل الأقراص المدمجة بالإضافة إلى جهاز قياس مسـتوى الصوت. وسـجّل مستوى الصـوت عنـد كل زيـادة علـى مفتاح التحكـم بالصوت في **الجـدول 3**. وكـرّر الخطوات لمذيـاع آخر أو لمشغّلات أقراص أخرى، وسجّل هذه البيانات في الجدول 3 بوصفها محاولات أخرى.

6. دوّر مفتـاح التحكّـم بالصوت إلى أقل مقدار، ثم انزع سـماعات الأذن عن جهـاز قياس الصوت، وضعها على أذنيك، ثم اضبط مفتاح التحكم في الصوت حتى تصل إلى مستوى الصوت الذي تفضله. ثبت مؤشر المفتـاح عنـد هذا المسـتوى في **الجدول 4**، وقدّر عدد السـاعات التي تسـتمع فيها إلى هذا المسـتوى من الصوت في اليوم، وسجّل القيمة في الجدول 4.

البيانات والمشاهدات

الجدول 3

الضبط والإعداد	مستوى الصوت (dB)			الضبط والإعداد	مستوى الصوت (dB)		
	المحاولة 1	المحاولة 2	المحاولة 3		المحاولة 1	المحاولة 2	المحاولة 3
0				6			
1				7			
2				8			
3				9			
4				10			
5							

الجدول 4	
تحديد مستوى الصوت في أثناء الاستماع	
الزمن المقدر لسماع مستوى الصوت نفسه يوميًّا	

التحليل والاستنتاج

1. مثِّل بيانيًّا العلاقة بين مستوى الصوت على المحور y، وإعدادات ضبط الصوت على المحور x. هل هناك أي علاقة واضحة بين مستوى الصوت المقيس وإعدادات ضبط الصوت المقابله لها؟ فسر إجابتك.

2. استخدم الرسم البياني لتحدّد مستوى الصوت المقابل لإعدادات ضبط الصوت المفضل لديك.

.....

.....

.....

.....

.....

3. ارجع إلى الجدول 2، لتحدّد أقصى زمن يمكن أن تستمع خلاله إلى المذياع عند مستوى الصوت المفضل لديك. ما مقدار هذه القيمة؟

.....

.....

.....

4. هل يمكن لمذياعك أو مشغّل الأقراص المدمجة لديك أن يتلف سمعك؟ فسر إجابتك.

.....

.....

.....

التوسّع والتطبيق

1. أظهر فحص السمع لخالد أنه يحتاج إلى مستوى صوت 20 dB ليسمع أصوات بتردد 2000 Hz. وأظهر فحص السمع لأسامة أنه يحتاج إلى مستوى صوت مقداره 40 dB ليسمع أصوات عند التردد نفسه. فإذا كان مستوى الصوت الطبيعي للفحص هو 15 dB، فما مقدار الزيادة في شدة الصوت عن الطبيعي التي يحتاج إليها خالد وأسامة لسماع الصوت؟

.....

.....

2. مستوى الصوت لفرقة أناشيد على بعد 1 m هو 110 dB، بينما يكون المستوى لمحادثة طبيعية على بعد 1 m هو 60 dB. جد النسبة بين شدتي الصوتين. وبيّن حساباتك في الفراغ أدناه.

3. تتغير شـدة الصوت في الفضاء المفتوح عكسـيًّا مع مربع المسـافة عن المصدر $I \propto 1/r^2$. توقّع ما يحدث لمستويات الصوت في غرفة مغلقة. علل إجابتك.

.....

.....

.....

4. يفكـر صديـق لـك في تجهيز غرفته بنظام سـتيريو، ويفكر أنه يحتـاج إلى مضخّم صوت قدرتـه 800 W لكي تُنتج مُكبـرات الصـوت قدرة صوتية مقدارها 80 W عند الموقع الذي يسـتمع فيه، فسـألك إن كان هـذا الاختيار جيدًا. لمساعدة هذا الصديق **(a)** يجب أن تجد الشدة الممكنة للصوت من خلال هذا النظام عند مسافة تبعـد $r = 2.25\ m$ عن مكبّرات الصوت، ومن ثم **(b)** تجد مستوى الصوت المقابل لها. استخدم المعادلة التالية في حساباتك:

$$I = \frac{P}{4\pi r^2}$$

حيث تُمثّل P القدرة، مقيسة بوحدة الـواط، وتُمثّـل I الشـدة مقيسـة بوحدة الـواط لكـل متر مربع، و $I_o = 10^{-12}\ W/m^2$ ثم حدّد ما إذا كان اختيار الصديق صحيحًا. وإذا اشترى هذا الصديق مضخّم صوت فما الذي يمكنه فعله حتى يتجنب تضرّر سمعه؟ علل إجابتك.

5. إذا كان الصديق في السـؤال السـابق يملك مكبر صوت واحد يولّد صوتاً بمستوى 100 dB على بعُد 1 m، ووضع مكبر صوت آخر له القدرة نفسها بجانب مكبر الصوت الأول، فما المستوى الجديد للصوت على بعد 1 m من مكبري الصوت؟

.....

.....

مختبر الفيزياء 2 - 8

احتياطات السلامة

المواد والأدوات

- أنابيب اختبار مفتوحة أطوالها من 0.25 m الى 1.4 m بأقطار مختلفة تتداخل معاً بإحكام
- مسطرة مترية
- شوكة رنانه (عدد 6) ترددا تها من 120 Hz إلي 512 Hz
- مطرقة للشوكة الرنانه

ما مقدار سرعة الصوت؟

تعلّمت أن الطول الموجي لموجة الصوت يعتمد على تردد الموجة كما يولّدها المصدر، وعلى سرعة الصوت في الوسط.

$$\lambda = \frac{v}{f}$$

وبوساطة هذه المعادلة، يمكن استخدام الموجات الموقوفة لقياس سرعة الصوت في الهواء بطريقة غير مباشرة، حيث تتكوّن الموجات الموقوفة الطولية في الأنابيب المفتوحة والأنابيب المغلقة كذلك. فعندما تهتز شوكة رنانة تتشتت جزيئات الهواء في الأنبوب، فيندفع الهواء خارج الأنبوب وينتج، وتتداخل الموجة المنعكسة عند نهاية الأنبوب مع الموجة الساقطة، فيحدث تداخل هدّام عند العقد، وتداخل بنّاء عند البطون، وينتج رنين يعمل على زيادة سعات الاهتزازات. ويمكنك الإحساس بهذه الزيادة في السعة كزيادة واضحة في علو النغمة.

عند النغمة الأساسية للأنبوب المفتوح تتكوّن عقدة ضغط عند كل من طرفى الأنبوب، مع وجود بطن ضغط بينهما. ويكون طول الأنبوب L مساويًا لنصف الطول الموجي λ لموجة الصوت تقريبًا. كما يكون الطول الفعال لعمود الهواء L_{eff} في أنبوب مفتوح في حالة رنين أكبر بمقدار معامل يرتبط مع قطر الأنبوب D. ويلزم هذا التصحيح لحساب طول عمود الهواء الذي يهتز داخل الأنبوب وخارجه عند نهايتيه. وللحصول على الطول الفعال عند طرفي أنبوب مفتوح لحساب الطول الموجي بشكل صحيح نستخدم المعامل 0.8 في تطبيق المعادلة الآتية:

$$L_{eff} = L + 0.8\,D$$
$$L_{eff} = \lambda/2$$
$$\lambda = 2(L + 0.8\,D)$$

ستُطبّق في هذه التجربة ظاهرتي الموجات الموقوفة والرنين لتحديد سرعة الصوت في الهواء عند ستة ترددات مختلفة؛ حيث ستولِّد النغمات باستخدام شوكات رنانة معروفة التردد f. وتجد طول عمود الهواء الذي

8 مختبر الفيزياء 2 - 8

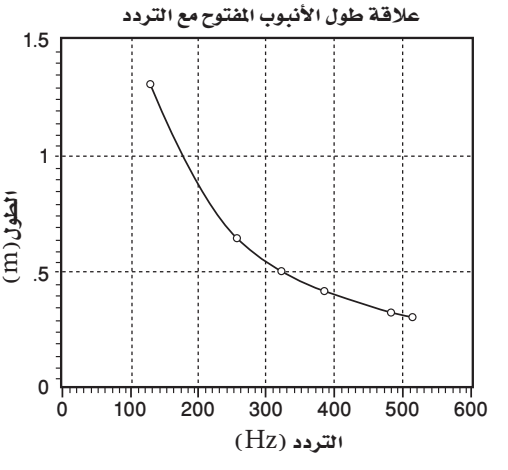
يحدث عنده الرنين لكل تردد عن طريق وضع شوكة رنانة تهتز على طرف أنبوب مفتوح يمكن تعديل طوله، ثم تستخدم $\lambda=\frac{v}{f}$ لحساب سرعة الصوت في الهواء.

الأهداف

- **تربط** بين الطول الموجي لموجات الصوت في الأنبوب المفتوح وسرعة الصوت.
- **تُقدّر** مدى دقة وضبط استخدام الأنابيب المفتوحة والرنين في قياس سرعة الصوت بطريقة غير مباشرة.
- **تتوقّع** إمكانية حدوث الرنين في أنابيب طويلة، وتختبر توقعك.

الخطوات

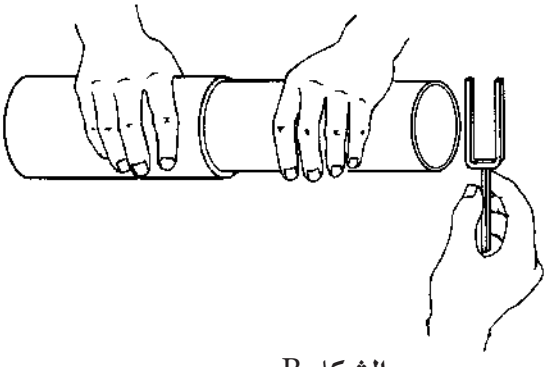
1. اختر أنبوبين مفتوحين أو أكثر، بحيث يكون لديك مدى 1 m من أطوال الأنابيب، وباستخدام المسطرة المترية قِس طول أقصر أنبوب يمكنك الحصول عليه، وطول أطول أنبوب.



الشكل A

يُبيّن **الشكل A** العلاقة التقريبية بين الطول وتردد الرنين لأنبوب مفتوح. استخدم المعلومات في الشكل A، واختر ست شوكات رنانة تقابل مدى طول الأنبوب لديك، وسجّل تردد كل شوكة رنانة كمحاولة منفصلة في **الجدول 1**.

2. اختر أنبوبًا يمكن تغيير طوله، بحيث يكون له مدى طول ملائم لتوليد رنين للشـوكة الرنانة في المحاولة 1 وذلك بالاستعانة بالشكل A، وقِس قطره وسجّل مقدار القطر في المحاولة 1 من الجدول 1.



الشكل B

3. اطلب إلى أحد زملائك في المجموعة أن يضرب بالمطرقة الشـوكة الرنانة، ويمسـك بها بالقرب من فوهة الأنبـوب غير ملامسـة له، كما هو موضح في **الشـكل** B، وفي أثناء ذلك غيّر فـي طول الأنبوب ببطء حتى تحصل على أعلى صوت.

4. قِس طول الأنبوب الذي ولّد أعلى صوت رنين، وسجّل طول الأنبوب في بند المحاولة 1 في الجدول 1.

5. كـرّر الخطوات 5 – 3 للشـوكات الرنانة الخمـس المتبقية، وغيّر الأنابيب للحصول على رنين باسـتخدام شوكات رنانة مختلفة. ثم سجّل قطر الأنبوب وطوله لكل محاولة في الجدول 1.

البيانات والمشاهدات

الجدول 1

المحاولة	التردد f (Hz)	قطر الأنبوب D (m)	طول الأنبوب L (m)
1			
2			
3			
4			
5			
6			

الجدول 2				
المحاولة	معامل التصحيح 0.8 D (Hz)	الطول الفعال لعمود الهواء L_{eff} (m)	الطول الموجي λ (m)	سرعة الموجة ν (m/s)
1				
2				
3				
4				
5				
6				

التحليل والاستنتاج

1. احسب معامل التصحيح لكل معادلة، وسجّل قيم كل محاولة في الجدول 2.

2. احسب الطول الفعال لعمود الهواء لكل محاولة، وسجّل قيم كل محاولة في الجدول 2.

3. احسب الطول الموجي للصوت لكل محاولة، وسجّل قيم كل محاولة في الجدول 2.

4. احسب سرعة الموجات لكل محاولة، وسجّل قيم كل محاولة في الجدول 2.

5. قارن قيم سـرعات الموجات في الجدول 2 بعضها ببعض، ومع القيمة المقبولة لسـرعة الصوت في الهواء عند درجة حرارة الغرفة كما وردت في كتابك.

.....

.....

.....

.....

6. قـوّم ضبـط ودقـة الطريقة المسـتخدمة في هـذه التجربة لتحديد سـرعة الصـوت. وهل هنـاك تفاوت بين القيم المحسـوبة لسـرعة الصوت. وما مدى التقارب بين متوسط القيم المحسوبة لسرعة الصوت والقيمة المقبولة لسرعة الصوت في الهواء؟

.....

.....

.....

.....

8 مختبر الفيزياء 2 - 8

التوسّع والتطبيق

1. ماذا يحدث لو استمررت في زيادة طول الأنبوب المفتوح إلى ما بعد الطول الذي ينتج الرنين الأول؟ هل يحدث رنين آخر للصوت عند طول آخر؟ سجّل فرضيتك في الفراغ أدناه، ثم اختبرها وسجّل مشاهداتك.

.....

.....

.....

.....

2. تخيّـل أنبوبًا مفتوحًا طوله 3 m وقطـره 0.15 m، يحدث فيه رنين عندما يُنفخ فيه هواء عند درجة حرارة 20.0 °C، ما مقدار تردد النغمة المتولّدة؟

.....

.....

.....

.....