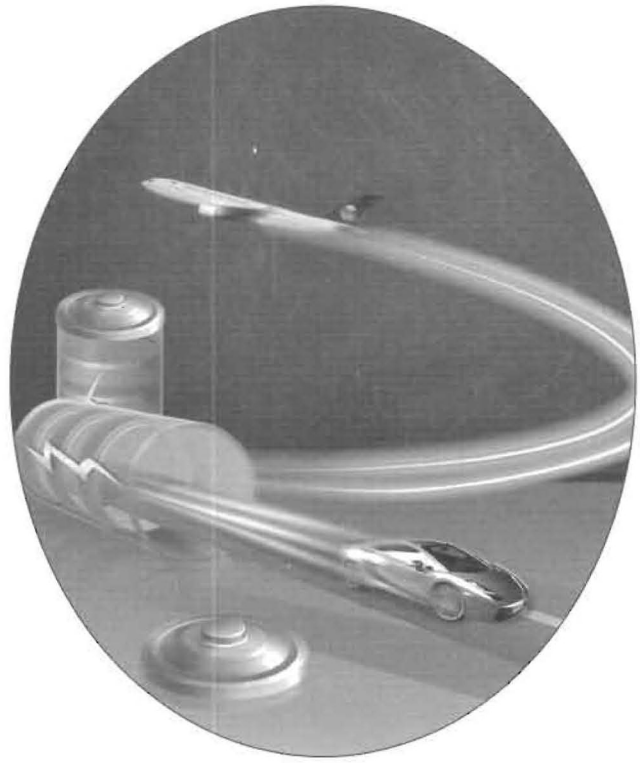
وزارة التربية والتعليم
المملكة العربية السعودية

الفيزياء ٤

المستوى الرابع

المسار العلمي

النظام الفصلي للتعليم الثانوي



دليل التجارب العملية

العبيكان Obeikan

Mc Graw Hill Education

طبعة ١٤٣٦ هـ - ٢٠١٥ م

قررت وزارة التربية والتعليم بالمملكة العربية السعودية
تدريس هذا الكتاب وطبعه على نفقتها

يوزع مجانًا ولا يباع

Original Title:
Physics
Principles and Problems
By:
Paul W. Zitzewitz
Todd George Elliott
David G. Haase
Kathleen A. Harper
Michael R. Herzog
Jane Bray Nelson
Jim Nelson
Charles A. Schuler
Margaret K. Zorn

الفيزياء

أعدَّ النسخة العربية : شركة العبيكان للتعليم

التحرير والمراجعة والمواءمة
د. أحمد محمد رفيع
ربحي سعيد حميدي
خلدون سليمان مصاروه
زهير يوسف حداد
عبدالرحمن بن علي العريني

التعريب والتحرير اللغوي
نخبة من المتخصصين

www.macmillanmh.com

Mc Graw Hill **Education**

العبيكان Obeikan

English Edition Copyright © 2008 the McGraw-Hill Companies, Inc.
All rights reserved.

Arabic Edition is published by Obeikan under agreement with
The McGraw-Hill Companies, Inc. © 2008.

حقوق الطبعة الإنجليزية محفوظة لشركة ماجروهل©، ٢٠٠٩م.

الطبعة العربية: مجموعة العبيكان للاستثمار
وفقًا لاتفاقيتها مع شركة ماجروهل© ٢٠٠٨م/ ١٤٢٩هـ.

لا يسمح بإعادة إصدار هذا الكتاب أو نقله في أي شكل أو واسطة، سواءً أكانت إلكترونية أو ميكانيكية، بما في ذلك التصوير بالنسخ «فوتوكوبي»، أو التسجيل، أو التخزين والاسترجاع، دون إذن خطي من الناشر.

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 الفيزياء للصف الثاني الثانوي الفصل الدراسي الثاني- 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 الفصل الدراسي الثاني من كتاب الفيزياء للصف الثاني الثانوي 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

7-1 كيف تنعكس الموجات وكيف تنكسر؟ 16

7-2 كيف يبدو حيود الموجات وتداخلها؟ 22

8-1 ما الديسبل؟ 28

8-2 ما مقدار سرعة الصوت؟ 34

9-1 كيف يمكنك التقليل من الوهج؟ 40

10-1 أين تتكوّن صورتك في المرآة؟ 45

11-1 العدسات المحدبة والعدسات المقعرة 51

11-2 كيف ينحرف الضوء؟ 57

12-1 ما الطول الموجي؟ 63

12-2 ما الهولوجرام؟ 69

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

البيانـات التـي حصلت عليها؛ لتقـرر إذا كانت تدعم فرضيتك أم لا.

وأخيـرًا تمنحك الأسـئلة التطبيقية الفرصة لتطبيق ما تعلمته في مواقف جديدة.

الهدف من التجارب المختبرية

يهـدف العمل المختبري في الفيزياء إلى مسـاعدتك علـى فهـم مبادئهـا الأساسـية بشـكل أفضـل، حيث تبحـث فـي كل تجربـة عن هـدف، وتسـتقصي مبدأ أساسـيًا، أو تحل مشـكلة محددة باسـتخدام الطريقة العلميـة. وسـوف تقـوم بإجـراء قياسـات وتدوينهـا بوصفهـا بيانـات تسـاعدك علـى حـل المشـكلة، ثم تفسرها لاستخلاص النتائج المتعلقة بها.

وقـد لا تتفق القيم التي تحصل عليهـا دائمًا مع القيم المقبولـة في القياس لأسـباب مختلفـة، منها مثلًا أن التجهيـزات المختبريـة قد تكون غيـر متطورة بحيث تمكِّـن من تنفيذ التجربة بشـكل دقيـق، كما أن الزمن المخصـص للتجربة قد لا يكـون كافيًا. إن العلاقات بين مشـاهداتك والقوانين العامـة للفيزياء أكثر أهمية من الدقة العددية الصارمة.

استخدام الأرقام المعنوية

من المحتمل، عند إجراء الحسـابات باسـتخدام كميات مقيسة، الوقوع في خطأ تدوين نتائج العمليات الحسابية بدقة أكبر مما تسـمح به قياسـاتك. ولتجنـب هذا الخطأ اتبع الإرشادات التالية:

- عنـد جمـع الكميـات المقيسـة أو طرحها يجب تقريـب جميـع القيم إلى عـدد المنازل العشـرية المعنوية للقياس الأقل دقة.
- عنـد إجـراء عمليـات الضـرب أو القسـمة على الكميـات المقيسـة يجب أن يكون عـدد الأرقام المعنويـة فـي ناتـج الضرب أو القسـمة مسـاويًا عددها في القياس الأقل دقة.

الضبط والدقة

هنـاك دائمًـا درجة مـن الخطـأ في قيـاس الكميات الفيزيائيـة التـي تنتج عن عـدة مصادر، من أسـبابها: نوع الأداة المسـتخدمة في القيـاس. وطريقة إجرائه، وكيفية قراءة أداة القياس. ومن جهة أخرى يعود مدى اقتراب قيمة قياسـك من القيمة المقبولة (المعيارية) إلى مقاربتك (الضبط) في القياس. وسـتُقارن النتائج التجريبية بالقيم المقبولة في العديد من أنشطة كراسة التجارب العملية.

فعندمـا تُجرى عدة قياسـات فإن تقارب قيمها يشـير إلى مـدى دقة القياس، وكلما اقتربت قيم القياسـات بعضهـا مـن بعض كانت دقـة القياس أكبـر. لكن من المحتمل أن تحصل علـى 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 (للطالبات)، وأحكم الملابس الفضفاضة. 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 استُنشقت 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 مفتوحا يسبب الحريق.	الشعر، الملابس، الورق، المواد القابلة للاشتعال.	اربط الشعر إلى الخلف، ولا تلبس الملابس الفضفاضة، 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.

الاستجابة اللونية للعين لمختلف الأطوال الموجية للضوء

اللون	الطول الموجي	
	nm	m
فوق البنفسجية	أقل من 380	أقل من 3.8×10^{-7}
البنفسجي	420–400	$4.0–4.2\times10^{-7}$
الأزرق	480–440	$4.4–4.8\times10^{-7}$
الأخضر	560–500	$5.0–5.6\times10^{-7}$
الأصفر	600–580	$5.8–6.0\times10^{-7}$
الأحمر	700–620	$6.2–7.0\times10^{-7}$
تحت الحمراء	أكثر من 760	أكثر من 7.6×10^{-7}

معامل الانكسار لبعض المواد

المادة	معامل الانكسار
الهواء	1.00029
الكحول	1.36
البنزين	1.50
البيرل (الياقوت الأخضر)	1.58
ثاني أكسيد الكربون	1.00045
زيت القرفة	1.6026
زيت القرنفل	1.544
الألماس	2.42
العقيق	1.75
الزجاج التاجي	1.52
الزجاج الصواني	1.61
الزيوت المعدنية	1.48
زيت نبات عنب القطا	1.48
زيت الزيتون	1.47
الكوارتز المشكّل	1.46
معدن الكوارتز	1.54
التوباز (حجر كريم ملون)	1.62
التورمالين	1.63
زيت التربنتين	1.4721
الماء	1.33

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 بما يلي:

a. يغطي جميع النقاط الرئيسة في الموضوع.

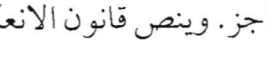
b. يستند على نتائج التجربة وبياناتها.

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

d. الوضوح والإيجاز مهمان في الاستنتاج، لذا، يجب تجنب استخدام الصيغ الشخصية مثل (أنا، نحن) إلا إذا كان ذلك ضروريًّا.

كيف تنعكس الموجات وكيف تنكسر؟

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)

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. و يسبب 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

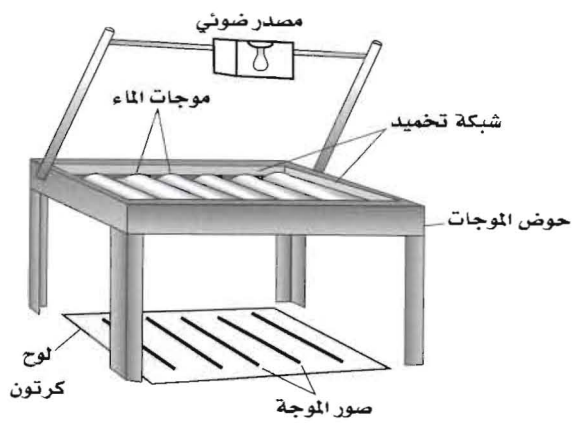
- **تلاحظ** انعكاس الموجات وانكسارها في حوض الموجات.
- **تُحلّل** أنماط الموجات في الماء.
- **تتوقّع** سلوك الموجات السطحية في الماء.

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

وضع أفقي مستوٍ. تحقّق من التسوية في اتجاه عرض الحوض وطوله، وعدّل من استواء الحوض واضبطه إذا لزم الأمر إلى أن يستوي في الاتجاهين، ثم أضف الماء إلى عمق 5–8 mm. ثم ضع لوح الكرتون تحت أرضية الحوض.



الشكل A

2. ولّد موجات صغيرة بوساطة قلم الرصاص في وسط الحوض، وسلِّط ضوء المصدر الضوئي على سطح الماء حتى تظهر صورة واضحة للموجات على لوح الكرتون الأبيض أسفل الحوض.

B. الانعكاس

1. ضع القضيب الفلزي في الماء مقابلًا لأحد جوانب حوض الموجات، واختبر استخدامه، وذلك بتدويره بلطف إلى الخلف والأمام لتوليد نبضات موجة مستوية.
2. ضع الحاجز المستقيم في الجانب المقابل من الحوض موازيًا لحافة الحوض. واستخدم القضيب الفلزي لتوليد نبضات موجات مستوية تنتشر نحو الحاجز المستقيم، بحيث تصطدم بالحاجز مباشرة (زاوية السقوط 0°). ولاحظ على لوح الكرتون ما يحدث للنبضات عندما تصطدم بالحاجز. وسجل 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 بالحاجز، وسجّل وصفًا لملاحظاتك في البند 1 من الجدول 1. ارسم الصورة التي لاحظتها في البند 2 من الجدول 1. وتذكر أن سلوك النبضات هو نفسه سلوك الموجات.
4. باستخدام المنقلة قس الزاوية الحادة المحصورة بين الخط الواقع على امتداد مقدمة الموجات المستوية المتجهة نحو الحاجز والخط الواقع على طول الحاجز المستقيم. ومقدار هذه الزاوية دائمًا أقل من أو يساوي 90°، وهذه الزاوية تكون مساوية لزاوية السقوط θ_i. ثم قس الزاوية الحادة المحصورة بين الخط الواقع على امتداد مقدمة الموجات المستوية المنعكسة، 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

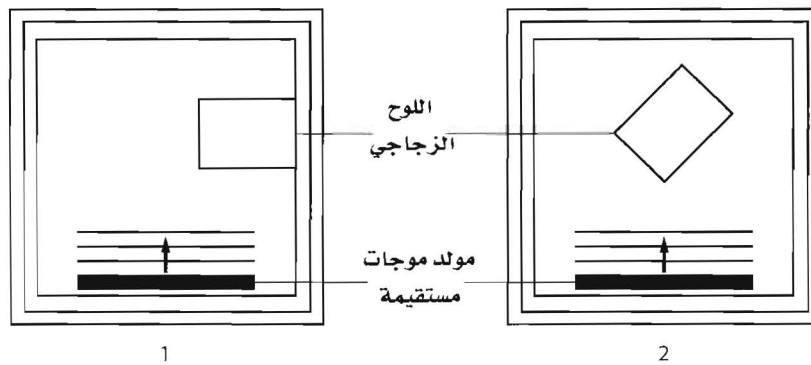
1. ضع لوح متوازي المستطيلات الزجاجي في وسط الحوض، على أن يستقر اللوح على أحد جانبيه العريضين، كما موضح في **الشكل B1**، وضع تحت اللوح حلقات معدنية من أجل إنتاج منطقة ماء ضحلة، وذلك إذا لزم الأمر.

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.

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. θ_i = _____ θ_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.

.....

.....

.....

.....

كيف يبدو حيود الموجات وتداخلها؟

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

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.

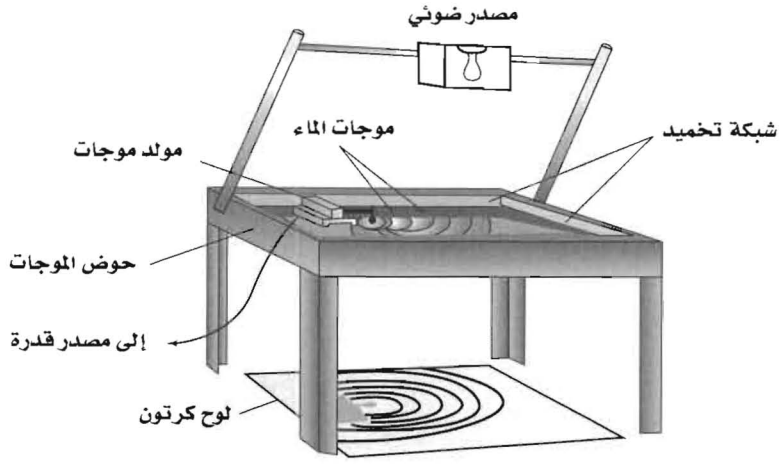
وتحدث ظاهرة التداخل عندما تمر موجتان منفصلتان أو أكثر كل منهما من خلال الأخرى. فعندما تتلاقى قمم الموجات أو قيعانها في المكان والزمان نفسيهما، فإن بعضها يتراكب فوق بعض، وهذا يُسمّى تداخلًا بناءً. أمّا عندما تتلاقى قمة موجة وقاع موجة أخرى في المكان والزمان نفسيهما فإن كلًّا منهما تلغي الأخرى، وتكون الموجة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

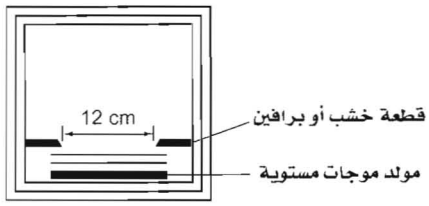
A. الإعداد

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.

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.



الشكل B

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.

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.

.....

.....

.....

.....

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 عند 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.

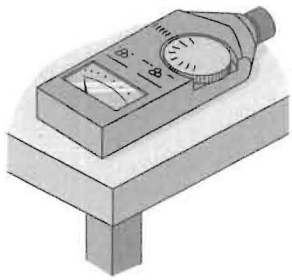
قد يؤدي التعرّض للأصوات الصاخبة لفترة طويلة إلى ضرر في السمع؛ وكلما كان التعرّض لهذه الأصوات لفترة أطول كان الضرر أكبر. وتنص قوانين العمل في بعض الدول على أنه لا يسمح تعرض العمال بشكل

الجدول 1	
I/I_o	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

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.

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. تأكّد أنك تعرف كيفية استخدام جهاز قياس مستوى الصوت وكيفية أخذ القراءات. 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. شغّل المذياع أو مشغّل الأقراص المدمجة بالإضافة إلى جهاز قياس مستوى الصوت. وسجّل مستوى الصوت عند كل زيادة على مفتاح التحكم بالصوت في **الجدول 3**. وكرّر الخطوات لمذياع آخر أو لمشغّلات أقراص أخرى، وسجّل هذه البيانات في الجدول 3 بوصفها محاولات أخرى.

6. دوّر مفتاح التحكّم بالصوت إلى أقل مقدار، ثم انزع سماعات الأذن عن جهاز قياس الصوت، وضعها على أذنيك، ثم اضبط مفتاح التحكم في الصوت حتى تصل إلى مستوى الصوت الذي تفضله. ثبت مؤشر المفتاح عند هذا المستوى في **الجدول 4**، وقدّر عدد الساعات التي تستمع فيها إلى هذا المستوى 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. مثل 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 شدة الصوت في الفضاء المفتوح عكسيًّا مع مربع المسافة عن المصدر $I \propto 1/r^2$. توقّع ما يحدث لمستويات الصوت في غرفة مغلقة. علل إجابتك.

.....

.....

.....

4. يفكر صديق لك في تجهيز غرفته بنظام ستيريو، ويفكر أنه يحتاج إلى مضخّم صوت قدرته 800 W لكي تُنتج مُكبرات الصوت قدرة صوتية مقدارها 80 W عند الموقع الذي يستمع فيه، فسألك إن كان هذا الاختيار جيدًا. لمساعدة هذا الصديق **(a)** يجب أن تجد الشدة الممكنة للصوت من خلال هذا النظام عند مسافة تبعد $r = 2.25\ m$ 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 الواط، وتُمثّل I الشدة مقيسة بوحدة الواط لكل 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 السؤال السابق 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؟

.....

.....

احتياطات السلامة

المواد والأدوات

- أنابيب اختبار مفتوحة أطوالها من 0.25 m الى 1.4 m متر 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 طرفي 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:

$$L_{eff} = L+0.8\,\mathrm{D}$$

$$L_{eff} = \lambda/2$$

$$\lambda=2(\mathrm{L}+0.8\,\mathrm{D})$$

سنُطبّق في هذه التجربة ظاهرتي الموجات الموقوفة والرنين لتحديد

مختبر الفيزياء 2 - 8

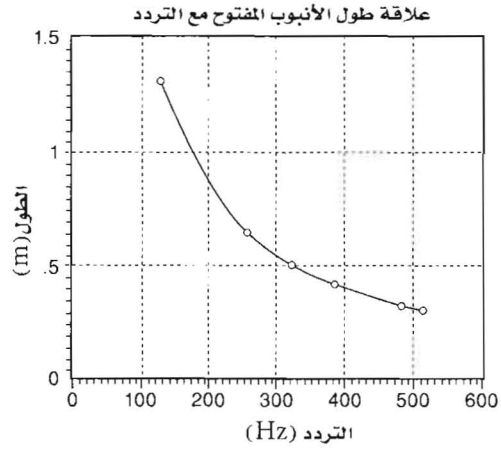
سرعة الصوت في الهواء عند ستة ترددات مختلفة؛ حيث ستولِّد النغمات باستخدام شوكات رنانة معروفة التردد f. وتجد طول عمود الهواء الذي يحدث عنده الرنين لكل تردد عن طريق وضع شوكة رنانة تهتز على طرف أنبوب مفتوح يمكن تعديل طوله، ثم تستخدم $\lambda=\frac{v}{f}$ لحساب سرعة الصوت في الهواء .

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

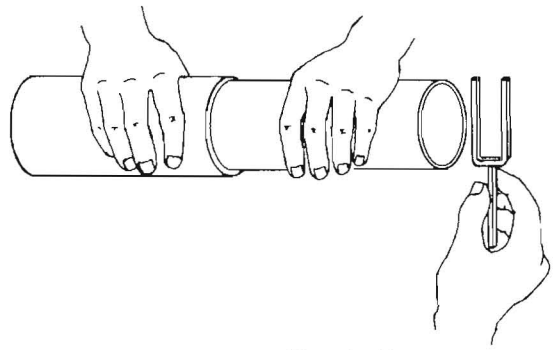
1. اختر أنبوبين مفتوحين أو أكثر، بحيث يكون لديك مدى 1 m من أطوال الأنابيب، وباستخدام المسطرة المترية قِس طول أقصر أنبوب يمكنك الحصول عليه، وطول أطول أنبوب.



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 للشوكة 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 الشوكة الرنانة، ويمسك بها بالقرب من فوهة الأنبوب غير ملامسة له، كما هو موضح في **الشكل B**، وفي أثناء ذلك غيّر في 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. كرّر الخطوات 5 – 3 للشوكات الرنانة الخمس المتبقية، وغيّر الأنابيب للحصول على رنين باستخدام 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 سرعات الموجات في الجدول 2 بعضها ببعض، ومع القيمة المقبولة لسرعة الصوت في الهواء عند درجة حرارة الغرفة كما وردت في كتابك.

.....

.....

.....

.....

6. قوّم ضبط ودقة الطريقة المستخدمة في هذه التجربة لتحديد سرعة الصوت. وهل هناك تفاوت بين القيم المحسوبة لسرعة الصوت. وما مدى التقارب بين متوسط القيم المحسوبة لسرعة الصوت والقيمة المقبولة لسرعة الصوت في الهواء؟

.....

.....

.....

.....

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

.....

.....

.....

.....

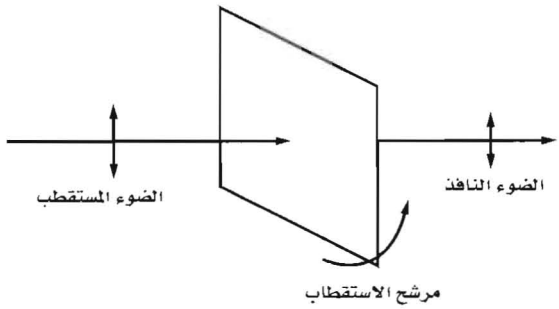
احتياطات السلامة

المواد والأدوات

- مرشّحا استقطاب
- مصباح كهربائي مع قابس وسلك
- مرآة مستوية
- نظارات واقية
- لوح زجاجي
- منقلة
- مسطرة

كيف يمكنك التقليل من الوهج؟

عندما تكون على شاطئ أو أثناء سباحتك في بركة سباحة، قد تلاحظ انعكاسا لضوء ساطع عن سطح الماء. يكون الضوء المنعكس عن سطح الماء مستقطبًا جزئيًّا بالانعكاس.



يختلف الضوء المستقطب في شدته عند النظر إليه من خلال مرشّح استقطاب دوّار.

الشكل A

الموجات المستعرضة فقط يمكن استقطابها، أو جعلها تتذبذب في مستوى واحد. ولأن الضوء ينتقل على شكل موجات مستعرضة فإنه يمكن أن يُستقطب بالامتصاص، أو الانعكاس، أو التشتت عن الأجسام المصقولة أو المواد اللامعة. ويمكن استقطاب الضوء أيضًا عندما ينفذ من خلال مواد معينة. فإذا دوّرت مرشّح استقطاب في أثناء مراقبة حزمة ضوء فقد تتباين شدة الضوء من المعتم إلى المضيء. وتكون موجات الضوء التي تتأثر بهذه الطريقة مستقطبة. أمّا إذا لم تتغير شدة الضوء المُراقب والمار خلال مرشّح الاستقطاب الدوّار فإنه يكون غير مستقطب.

الأهداف

- **تلاحظ** الضوء من خلال مرشّحات الاستقطاب.
- **تُحدّد** قطبية الضوء.
- **تصف** تطبيقات مرشّحات الاستقطاب.

الخطوات

1. أمسك أحد مرشّحات الاستقطاب، وضعه بين المصدر الضوئي وعينيك، ثم دوّر مرشّح الاستقطاب 360° في أثناء مراقبتك للمصدر الضوئي وراقب شدة الضوء في أثناء تدوير المرشّح. سجّل مشاهداتك في **الجدول** 1.
2. كرّر الخطوة 1، على أن تضيف مرشّح استقطاب آخر. لاحظ ما يحدث لشدة الضوء في أثناء تدوير المرشّح القريب من مصدر الضوء. سجّل مشاهداتك في الجدول 1.
3. أعد الخطوة 2 على أن تدوّر في هذه المرة مرشّح الاستقطاب القريب من عينيك. سجّل مشاهداتك في الجدول 1.
4. استخدم مرشّح استقطاب واحدًا، على أن تدوّره في أثناء مراقبتك للضوء المنعكس عن المرآة المستوية وراقب ما يحدث له. سجّل ملاحظاتك حول شدة الضوء في **الجدول** 2.
5. استخدم مرشّح استقطاب واحدًا، على أن تدوّره في أثناء مراقبتك للضوء المنعكس عن اللوح الزجاجي، وراقب ما يحدث له. كرّر ذلك مع الضوء المنعكس عن سطح الطاولة اللامع. سجّل ملاحظاتك حول شدة الضوء في الجدول 2.

البيانات والمشاهدات

الجدول 1
الملاحظات حول مصدر الضوء مع مرشّح استقطاب واحد.
الملاحظات حول مصدر الضوء مع مرشّحي استقطاب، وتدوير المرشح القريب من الضوء.
الملاحظات حول مصدر الضوء مع مرشّحي استقطاب، وتدوير المرشح القريب من عينيك.

الجدول 2
الملاحظات حول الضوء المنعكس عن المرآة المستوية.
الملاحظات حول الضوء المنعكس عن اللوح الزجاجي.
الملاحظات حول الضوء المنعكس عن سطح الطاولة اللامع.

التحليل والاستنتاج

1. هل الضوء الصادر عن المصباح الكهربائي مُستقطَب؟ علل إجابتك.

.....

.....

.....

2. ماذا يحدث لشدة الضوء المُشاهد من خلال مرشّحي استقطاب عند تدوير أحد المرشحين؟ هل يُعدّ تحديد المرشّح الذي يجب أن يُدوّر مهمًّا؟ وكم يجب أن يُدوّر أحد المرشحين حتى ينتقل الضوء النافذ من الحد الأقصى للسطوع إلى الحد الأدنى؟

.....

.....

.....

3. ينص قانون (مالوس) على أن شدة الضوء الخارج من مرشّح الاستقطاب الثاني يساوي شدة الضوء الخارج من مرشّح الاستقطاب الأول مضروبًا في مربع جيب تمام الزاوية المحصورة بين محوري استقطاب المرشحين. هل تؤكّد مشاهداتك قانون (مالوس)؟ وضّح إجابتك.

.....

.....

.....

4. هل الضوء المنعكس عن المرآة المستوية مُستقطَب؟ علل إجابتك.

.....

.....

.....

5. هل الضوء المنعكس عن اللوح الزجاجي، أو المنعكس عن سطح طاولة المختبر اللامع مُستقطَب؟ علل إجابتك.

.....

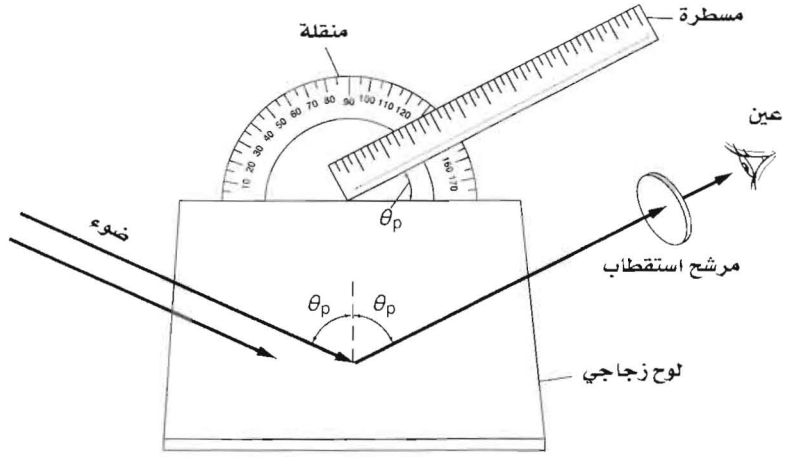
.....

.....

التوسّع والتطبيق

1. صف اتجاه مادة مُستقطبة تُستعمل في السيارات، بحيث يمكن للسائقين استخدام الأنوار العالية في الأوقات كلها.

2. استخدم مرشّح استقطاب مفردًا لمشاهدة الضوء المنعكس عن لوح زجاجي. اختبر زوايا انعكاس مختلفة إلى أن يختفي الضوء المنعكس تمامًا، كما هو موضح في **الشكل** B. قِس هذه الزاوية θ_p بالمنقلة. عندما يسقط ضوء غير مُستقطَب على سطح مصقول وينعكس جزئيًا، فإما أن يُستقطب الضوء المنعكس جزئيًا، أو يُستقطب كليًا، أو لا يُستقطب، وذلك اعتمادًا على زاوية السقوط. وتُسمّى زاوية السقوط التي يُستقطب عندها الضوء المنعكس كليًا زاوية الاستقطاب. وينص قانون الانعكاس على أن زاوية السقوط وزاوية الانعكاس متساويتان. وتُسمّى العلاقة التي تربط بين زاوية الاستقطاب θ_p ومعامل انكسار n مادة السطح العاكس $n = \tan \theta_p$ قانون بروستر.



الشكل B

احسب معامل انكسار اللوح الزجاجي باستخدام زاوية الانعكاس المقيسة. استبدل باللوح الزجاجي وعاءً زجاجيًا يحتوي ماء، ثم قِس زاوية السقوط التي يُستقطب عندها الضوء المنعكس كليًا، ثم احسب معامل انكسار الماء.

احتياطات السلامة

المواد والأدوات

- ملزمة
- لوح فلين
- مشبك ذو ثلاث شعب (عدد 2)
- مسطرة مترية
- أنبوب بلاستيكي على شكل حرف T
- رباط مطاطي
- 3 دبابيس مستقيمة وطويلة
- قضيب فلزي
- 4 دبابيس طبع
- مرآة مستوية رقيقة ذات خلفية فضية
- لوح شبه شفاف ملوّن من البلاستيك المقوى
- ورقة بيضاء (عدد 2)
- قطعة خشب صغيرة
- ساقا تثبيت

أين تتكوّن صورتك في المرآة؟

عندما يكون السطح العاكس أملسَ ومصقولاً يكون الانعكاس عنه منتظمًا، وتكون دائمًا زاوية سقوط شعاع ضوئي عند نقطة على سطح ما مساوية لزاوية انعكاسه. وكلتا الزاويتين مقيسة من العمود المقام الذي يُعدّ خطًّا وهميًّا متعامدًا مع السطح العاكس عند نقطة الانعكاس. وعندما تسقط حزمة الأشعة الضوئية على السطح فإنها تسقط جميعها بالزاوية نفسها. لذلك تنعكس بالزاوية نفسها، ويُمكّنك الانعكاس المنتظم من رؤية صورة مماثلة لك خلف المرآة المستوية.

ستستقصي في هذه التجربة موقع الصورة التي تكوّنها مرآة مستوية. وستنشئ باستخدام نموذج الشعاع الضوئي، مخطّطًا شعاعيًّا يُبيّن موقع الصورة الوهمية التي تكوّنها مرآة مستوية، وتستعمل أيضًا سطح عاكس جزئيًّا لكي تُحدّد فيزيائيًّا موقع الصورة الوهمية، وبعض خصائصها.

الأهداف

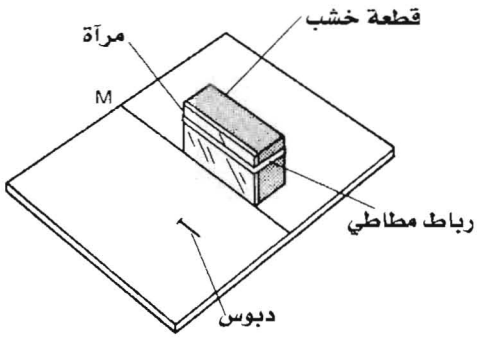
- **تصف** الصور التي تُكوّنها سطوح مستوية عاكسة مختلفة.
- **تُقارن** بين الأجسام والصور المتكوّنة لها بوساطة سطوح مستوية عاكسة.
- **تكتب** صفات الصور التي تكوّنها السطوح المستوية العاكسة.

الخطوات

A. موقع صورة نقطة

1. ثبّت ورقة على لوح الفلين باستخدام دبابيس الطبع، واستخدم المسطرة لرسم الخط M على امتداد عرض الورقة.

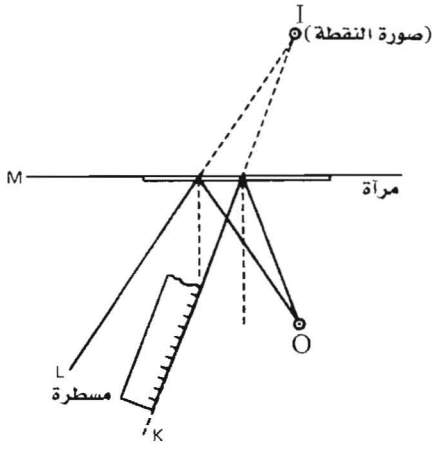
2. ثبّت المرآة المستوية على قطعة الخشب باستخدام الرباط المطاطي، ثم ضع قطعة الخشب والمرآة على الورقة، على أن يكون سطح المرآة العاكس محاذيًا للخط M، وأن تكون المرآة في وسط الورقة ومتعامدة مع سطح الورقة، كما هو موضّح في **الشكل A**.



الشكل A

3. حدد نقطة O باستخدام قلم الرصاص على الورقة أمام المرآة على بعد 4 cm منها، تُمثّل هذه النقطة موقع الجسم. وثبّت دبوسًا على الورقة ولوح الفلين عند النقطة O على أن يكون الدبوس قائمًا.

4. ضع المسطرة عن يسار الدبوس على بعد 5 cm تقريبًا منه، وانظر على امتداد حافة المسطرة، نحو صورة الدبوس حتى ترى الصورة على امتداد حافة المسطرة، ثم ارسم القطعة المستقيمة K في اتجاه المرآة، بحيث لا تصل القطعة المستقيمة إلى المرآة، كما هو موضّح في **الشكل B**.



الشكل B

5. حرّك المسطرة من (4 – 3) cm إلى اليسار، وانظر على امتداد حافة المسطرة نحو صورة الدبوس، حتى تمر الصورة بامتداد حافة المسطرة، ثم ارسم القطعة المستقيمة L في اتجاه المرآة، بحيث لا يصل الخط إلى المرآة.

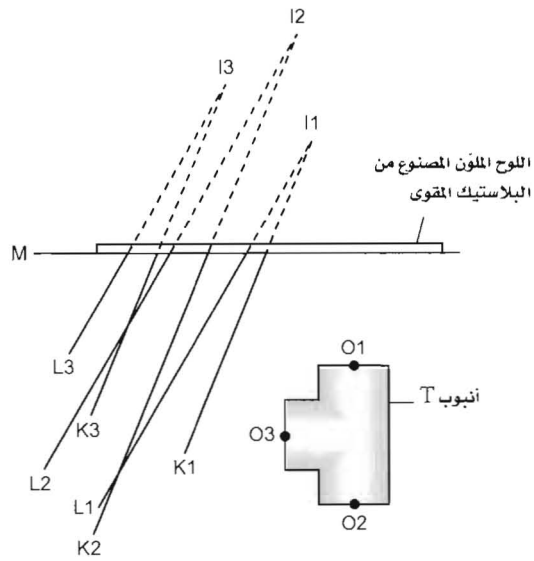
6. أبعد الدبوس والمرآة وقطعة الخشب عن الورقة.

7. مد الخطين K و L نحو الخط M بخطوط متقطعة، وارسم امتداد الخطين خلف الخط M حتى يتقاطعا. تُمثّل نقطة تقاطعهما موقع الصورة I كما هو موضّح في الشكل B.

8. ضع الحافة المستقيمة للمسطرة بحيث تصل بين I و O، وارسم خطًّا مستقيمًا بينهما عبر الخط M باستعمال المسطرة، على أن يكون الخط متصلا من O إلى M، و متقطّعًا من I إلى M. قِس طول الخط المتصل بين M و O، ثم قِس المسافة بين M و I عبر الخط المتقطع. سجّل هذه القياسات في **الجزء A** من بند البيانات والمشاهدات.

B. تكوين الصورة

1. كرّر الخطوة A1 الواردة سابقًا، على أن تستعمل ورقة بيضاء جديدة.
2. استخدم القضيب الفلزي وساق تثبيت أو ساقين، ومشبكًا ذا ثلاث شعب، لتثبيت اللوح شبه الشفاف البلاستيكي الملوّن في الوضع الرأسي. ضع لوح الفلين والورقة تحت اللوح شبه الشفّاف، بحيث يمتد السطح الأمامي له على امتداد الخط M كما هو موضح في **الشكل C**.
3. ضع الأنبوب البلاستيكي الذي على شكل حرف T أمام اللوح شبه الشفّاف، بحيث تكون إحدى فتحتيه المتقابلتين نحو اللوح والأخرى بعيدة عنه، أما الفتحة الثالثة فتكون نحو اليمين أو اليسار. ارسم بقلم رصاص حواف الأنبوب وحدّد نقطة في منتصف كل فتحة؛ O1 قريبًا من اللوح، وO2 بعيدًا عن اللوح، وO3 على الفتحة الثالثة. ثم ثبّت دبوس طبع في كل نقطة، على أن يكون الدبوس في وضع قائم.
4. أبعد الأنبوب البلاستيكي عن الورقة. ونفّذ الخطوتين A4 و A5 لكل من الدبابيس الثلاثة باستخدام انعكاس الدبابيس عن اللوح شبه الشفّاف. واستخدم الرمزين K1 و L1 للخطين المترافقين مع الدبوس O1، واستخدم الرمزين K2 و L2 للخطين المترافقين مع الدبوس O2، واستخدم الرمزين K3 و L3 للخطين المترافقين مع الدبوس O3.
5. أعد الأنبوب البلاستيكي إلى موقعه الأصلي على الورقة، ثم أزل الدبابيس الثلاثة، وفي أثناء النظر من خلال اللوح شبه الشفّاف إلى صورة الأنبوب ضع أنبوبًا آخر مماثلاً للأنبوب الأول خلف اللوح بحيث يكون منطبقًا على صورة الأنبوب الأول تمامًا. ثم انظر من خلال اللوح شبه الشفّاف في الاتجاه المعاكس، وسجّل ملاحظاتك في **الجزء B** من بند البيانات والمشاهدات.



الشكل C

6. ارسم بقلم رصاص حواف الأنبوب الثاني على الورقة، ثم أزل الأنبوبين واللوح شبه الشفّاف.

7. نفّذ الخطوة A7 لمجموعات الخطوط {L1,K1} و {L2,K2} و {L3,K3}، وسمِّ نقاط التقاطع I1 و I2 و I3 على الترتيب.

8. نفّذ الخطوة A8 لمجموعات النقاط {I1,O1} و {I2,O2} و {I3,O3}، وسجّل أبعاد نقاط الصورة، وأبعاد نقاط الأجسام في الجزء B من بند البيانات والمشاهدات.

البيانات والمشاهدات

الجزء A

بُعد النقطة O عن المرآة: _____ بُعد النقطة I عن المرآة : _____

الجزء B

ملاحظات حول النظر من خلال اللوح شبه الشفاف في كلا الاتجاهين.

.....

.....

.....

.....

- بُعد النقطة O1 عن المرآة: _____ بُعد النقطة I1 عن المرآة: _____
- بُعد النقطة O2 عن المرآة: _____ بُعد النقطة I2 عن المرآة: _____
- بُعد النقطة O3 عن المرآة: _____ بُعد النقطة I3 عن المرآة: _____

التحليل والاستنتاج

1. صف الصور التي كوّنتها المرآة ذات الخلفية الفضية، والصور التي كوّنها اللوح شبه الشفّاف، من حيث السطوع والوضوح، وقارن بينهما.

.....

.....

.....

2. قارن أبعاد نقاط الجسم عن السطح العاكس بأبعاد نقاط الصورة المتكوّنة.

.....

.....

.....

3. قارن حواف ونقاط صورة الأنبوب الثاني بحواف ونقاط جسم الأنبوب الأول.

.....

.....

.....

4. قارن وضعية نقاط الصورة I1، I2، I3 بوضعية نقاط الجسم O1، O2، O3.

.....

.....

.....

5. صف خصائص الصورة المتكوّنة بوساطة سطح مستوٍ عاكس، باستخدام ملاحظاتك في هذه التجربة.

.....

.....

.....

التوسّع والتطبيق

1. لعرض الصور المتكوّنة بوساطة الانعكاس المزدوج، ضع مرآتين مستويتين، بحيث تكون حافة المرآة الأولى على حافة المرآة الثانية، وتكون الزاوية بين السطحين العاكسين للمرآتين 90°. اكتب اسمك على بطاقة فهرسة أبعادها (7.5 cm × 5 cm)، وضع البطاقة بحيث تكون حافتها السفلى أمام المرآة التي عن اليسار. سيظهر اسمك مقلوبًا. انظر إلى المرآة التي عن اليمين بزاوية 45° تقريبًا، ولاحظ صورة اسمك في هذه المرآة، وسجّل وضع الصورة. أخيرًا لاحظ الصورة المتكونة في المرآة اليسرى بوساطة المرآة اليمنى، وسجّل وضع صورة اسمك. ما الفرق بين الصورة الثانية لاسمك والصورة المتكوّنة بوساطة المرآة المستوية.

.....

.....

.....

.....

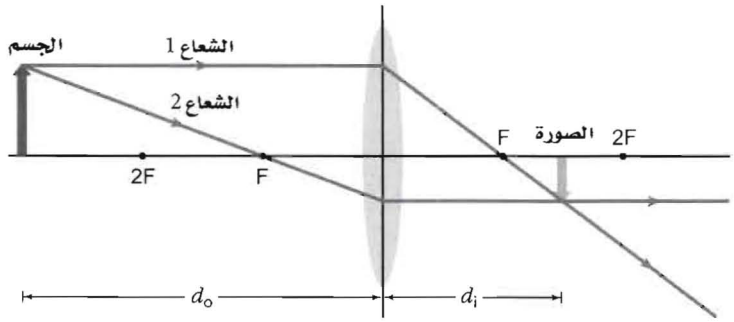
احتياطات السلامة

المواد والأدوات

- عدسة محدّبة الوجهين (السطحين)
- مسطرة مترية
- دعامة للمسطرة
- شاشة كرتونية صغيرة
- مصدر ضوئي
- حوامل للشاشة ومصدر الضوء والعدسة
- مسطرة

العدسات المحدبة والعدسات المقعرة

العدسة المحدّبة أو اللامَّة أكثر سُمكًا في وسطها من طرفيها. ومحورها الرئيس هو خط وهمي عمودي على المستوى المار في منتصف العدسة، ويمتد على كلا جانبيها. أما بؤرة العدسة F فتقع على بُعد معين من العدسة على المحور الرئيس، حيث تتجمّع فيها الأشعة الضوئية الساقطة على العدسة موازية للمحور الرئيس بعد نفاذها منها. يعتمد البعد البؤري للعدسة على كل من شكل العدسة ومعامل انكسار مادتها. وكما في المرايا، هناك نقطة مهمة تقع على بعد يساوي ضعفي البعد البؤري. ويكون لكل من النقطتين F و2F على جانبي العدسة المسافة نفسها، كما موضّح في **الشكل A**.



يُقاس البعد البؤري، وبُعد الجسم، وبُعد الصورة عن العدسة على امتداد المحور الرئيس

الشكل A

المسافة من مركز العدسة إلى الجسم هي d_o، والمسافة من مركز العدسة إلى الصورة هي d_i. ومعادلة العدسة أو المرآة هي:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_i} + \frac{1}{d_o}$$

ستقيس في هذه التجربة البعد البؤري f لعدسة محدّبة، وتضع جسمًا على أبعاد مختلفة من العدسة لتشاهد موقع الصورة وحجمها واتجاهها. تذكّر أن الصورة الحقيقية يمكن جمعها على شاشة أو حاجز، في حين لا يمكن جمع الصورة الوهمية على شاشة أو حاجز.

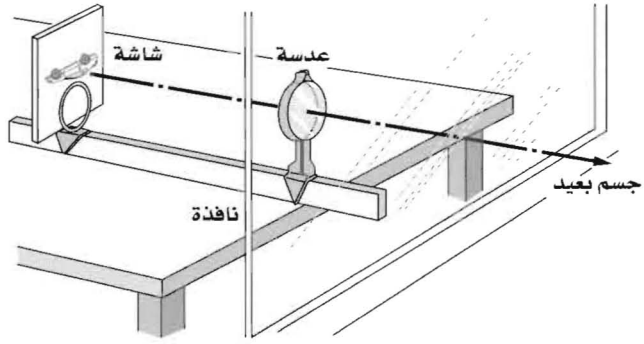
الأهداف

- **تُظهر** كيفية تكوّن الأخيلة بوساطة العدسات المحدبة.
- **تُحدّد** خصائص الصور التى تكوّنها العدسات المحدّبة.

الخطوات

A. البعد البؤري للعدسة المحدّبة

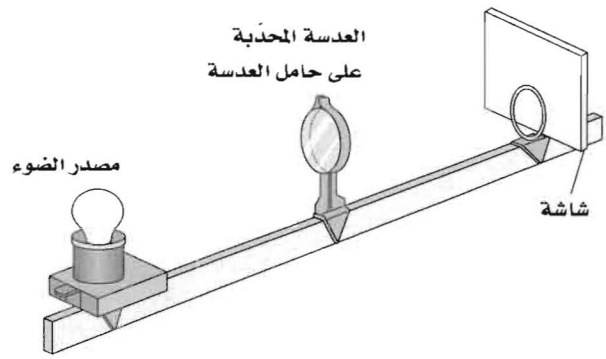
لإيجاد البعد البؤري لعدسة محدّبة، ضع العدسة، والحامل المتري، والشاشة بالترتيب الموضّح في **الشكل B**. ثم وجّه العدسة في اتجاه جسم بعيد، وحرّك الشاشة إلى الأمام والخلف، حتى تحصل على أوضح صورة للجسم على الشاشة. الغرفة المعتمة تسهل عليك رؤية الصورة. سجّل قياساتك للبعد البؤري في **الجدول** 1. واحسب المسافة 2F، وسجّلها في الجدول 1.



الشكل B

B. الصور التى تُكوّنها عدسة محدّبة

1. رتّب الأدوات كما هو موضّح في **الشكل C**، وضع مصدر الضوء على أحد جانبي العدسة على بُعد أكبر من مسافة 2F، ثم ضع الشاشة في الجانب المعاكس للعدسة. حرّك الشاشة إلى الأمام وإلى الخلف حتى تتكوّن صورة واضحة عليها. سجّل ارتفاع مصدر الضوء (الجسم) h_o في الجدول 1، و سجل قياساتك لكل من d_o و d_i و h_i وملاحظاتك حول الصورة في **الجدول** 2.
2. حرّك مصدر الضوء ليصبح على بُعد 2F من العدسة. وحرّك الشاشة إلى الخلف وإلى الأمام حتى تتكوّن صورة واضحة عليها. سجّل قياساتك لكل من d_o و d_i و h_i وملاحظاتك حول الصورة في الجدول 2.



الشكل C

3. حرّك مصدر الضوء ليصبح في موقع بين النقطتين F و 2F، ثمّ حرّك الشاشة إلى الخلف والأمام حتى تتكوّن صورة واضحة على الشاشة. سجّل قياسات d_o و d_i و h_i وملاحظاتك حول الصورة في الجدول 2.

4. كرّر الخطوة 3 عند موقع مختلف بين F و 2F.

5. حرّك مصدر الضوء ليصبح على بُعد F من العدسة. حاول تحديد موقع الصورة على الشاشة. ثمّ سجّل ملاحظاتك في الجدول 2.

6. حرّك مصدر الضوء إلى موقع بين F والعدسة. حاول تحديد موقع الصورة على الشاشة. ثم انظر من خلال العدسة إلى مصدر الضوء، وشاهد الصورة. سجّل ملاحظاتك في الجدول 2.

البيانات والمشاهدات

الجدول 1	
البعد البؤري f	
2F	
ارتفاع مصدر الضوء h_o	

الجدول 2					
موقع الجسم	أبعد من 2F (cm)	عند 2F (cm)	بين F و 2F (cm)	عند F (cm)	بين F والعدسة (cm)
d_o					
d_i					
h_i					
طبيعة الصورة: حقيقية أو خيالية أو لم تتكوّن.					
اتجاه الصورة: مقلوبة أم معتدلة.					

التحليل والاستنتاج

1. استخدم البيانات من الجدول 2، لتلخيص خصائص الصور التي تكوّنها العدسات المحدّبة في كل حالة.

a. الجسم على بُعد أكبر من 2F.

.....

.....

b. موقع الجسم عند 2F.

.....

.....

c. موقع الجسم بين F و 2F.

.....

.....

d. موقع الجسم عند F.

.....

.....

e. موقع الجسم بين F والعدسة.

.....

.....

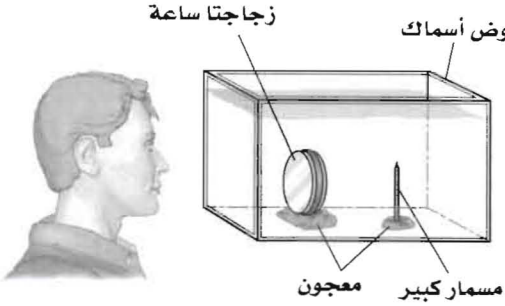
2. احسب البعد البؤري للعدسة لكل صورة حقيقية شاهدتها، باستخدام معادلة العدسة الرقيقة. هل تتفق القيم المحسوبة بعضها مع بعض؟

3. أوجد متوسط القيم لِـ f التي حسبتها في السؤال السابق، واحسب الخطأ النسبي بين هذا المتوسط وقيمة f من الجدول 1.

التوسّع والتطبيق

1. استخدام زجاجتي ساعة متماثلتين تمامًا، وحوض سمك صغيرٍ؛ لتستقصي عدسة هوائية. ألصق أطراف زجاجتي الساعة بحذر بلاصق سليكون، بحيث تصبحان كوحدة مقاومة لدخول الماء داخلها، ثم ثبّت العدسة الهوائية هذه في قاع الحوض الفارغ بكتلة من الصلصال، وضع بجانبها جسمًا، كما هو موضّح في **الشكل D**. والآن شاهد الجسم خلال العدسة، وسجّل مشاهداتك. ثم توقّع ما يحدث عند ملء الحوض بالماء، ومرور الضوء من وسط أكثر كثافة إلى وسط أقل كثافة في أثناء مروره خلال العدسة الهوائية. املأ الحوض بالماء، وكرّر مشاهداتك. ومن خلال مقارنة مجموعتي المشاهدات فسّر نتائجك. ما الذي تتوقعه إذا استخدمت عدسة هوائية مقعّرة؟ صمّم عدسة هوائية مقعّرة لتفحص فرضيتك.

2. يمكن استخدام ضوء الليزر المنعكس عن رأس مشاهد متحرّك لتحديد طول النظر أو قصر النظر. وهنا يتعيّن على المشاهد أن يزيل نظاراته أو عدساته اللاصقة. في غرفة مظلمة استخدم عدسة مقعّرة لتوسيع قطر حزمة ضوء الليزر حتى تسقط بقعة كبيرة من الضوء على الشاشة. على المشاهدين تحريك رؤوسهم من جانب إلى آخر بينما ينظرون إلى البقعة. وعلى كل طالب تسجيل الاتجاه الذي يبدو أن البقعة المنعكسة من ضوء الليزر تتحرك نحوه، والاتجاه الذي يتحرك فيه الرأس. وبعد ذلك يتعيّن على المشاهدين ارتداء نظاراتهم أو عدساتهم اللاصقة وتكرار مشاهداتهم.



الشكل D

احتياطات السلامة

المواد والأدوات

- لوح فلين
- متوازي مستطيلات زجاجي
- مسطرة مترية
- منقلة
- دبوسان مستقيمان
- أربع دبابيس طبع
- ست أوراق بيضاء
- قلم رصاص

كيف ينحرف الضوء؟

ينتقل الضوء بسرعات مختلفة في الأوساط المختلفة. فعندما يعبر الضوء بزاوية من وسط إلى آخر، فإنه يُغيّر اتجاهه عند الحد الفاصل بين الوسطين. ويُمثّل معامل الانكسار للوسط n النسبة بين سرعة الضوء في الفراغ c وسرعة الضوء في المادة .

$$n = \frac{c}{v}$$

عندما ينتقل الضوء إلى وسط معامل انكساره أكبر من معامل انكسار الوسط الذي سقط منه، سينحرف مقتربًا من العمود المقام على سطح الانفصال عند نقطة السقوط. وعندما ينتقل الضوء إلى وسط معامل انكساره أقل من معامل انكسار الوسط الذي سقط منه، سينحرف مبتعدًا عن العمود المقام. ويُسمّى هذا التغيّر في اتجاه الضوء عند الحد الفاصل بين الوسطين بالانكسار.

يصف قانون سنل في الانكسار، زاوية الانكسار θ_2 التي تحدث للضوء عندما ينتقل من وسط معامل انكساره n_1 بزاوية سقوط θ_1 ، إلى وسط آخر معامل انكساره n_2 حيث:

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

معامل الانكسار للفراغ يساوي 1، وحيث أن سرعة الضوء في الهواء مقاربة لسرعة الضوء في الفراغ، فإنه يمكن اعتبار أن معامل انكسار الهواء يساوي 1. وحيثما كان الهواء هو وسط السقوط بالنسبة للضوء، فإن قانون سنل يُبسّط على النحو التالي:

$$n_2 = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2}$$

ستقيس في هذه التجربة زاوية انكسار الضوء في لوح زجاجي لزوايا سقوط مختلفة. ثم تحسب معامل انكسار الزجاج، وستقارن معامل الانكسار لكل زاوية سقوط لتتحقّق من أنه مقدار ثابت.

الأهداف

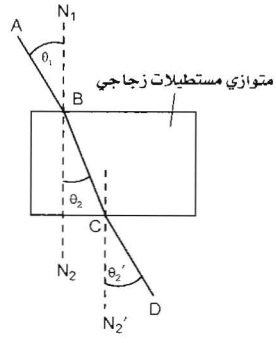
- **ترسم** مخطّط الأشعة، لنموذج انكسار الضوء عند انتقاله من الهواء إلى الزجاج.
- **تستنتج** ما إذا كان معامل الانكسار للمادة مقدارًا ثابتًا أم لا.
- **تستنتج** من خلال البيانات التجريبية ما إذا كان الانكسار عملية عكسية أم غير عكسية (تبادلية).

الخطوات

A. الإعداد

1. ضع متوازي المستطيلات الزجاجي في وسط الورقة، واستخدم قلم الرصاص لتحديد الحدود الخارجية له على الورقة، ثم ارفع متوازي المستطيلات الزجاجي عن الورقة.

2. باستخدام المنقلة وقلم الرصاص، عيّن نقطة تصنع زاوية 90° مع الجانب الطويل للحد الخارجي، بحيث تكون عن يسار الجانب العلوي للخط الخارجي، كما هو موضّح في **الشكل A**، وارسم النقطة N_1. وسمِّ النقطة التي على جانب الخط الخارجي عند مركز المنقلة بالنقطة B. ثم ارسم خطًّا متقطّعًا من النقطة N_1 إلى النقطة B. يُمّثل هذا العمود المقام على سطح اللوح الزجاجي. استمر برسم الخط المتقطع العمودي عبر السطح إلى الجانب الآخر من الخط الخارجي. وسمِّ النقطة التي يمر بها الخط العمودي بالجانب الآخر من الخط الخارجي بالنقطة N_2.



الشكل A

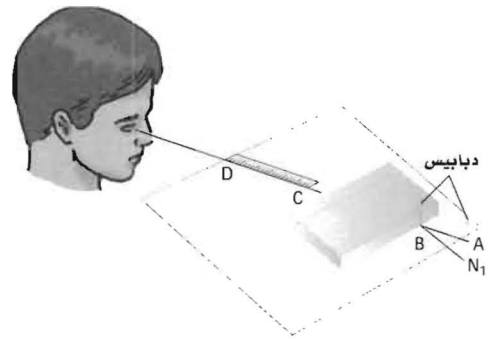
3. عيّن نقطة تنصنع زاوية 30° مع العمود المقام الذي رسمته في الخطوة 2، وذلك باستخدام المنقلة وقلم الرصاص، وسمِّ هذه النقطة A.

4. ارسم مستخدمًا المسطرة وقلم الرصاص، خطًّا مستقيمًا بين النقطتين A و B.

5. سمِّ الزاوية ABN_1 بالزاوية θ_1 .

6. ثبّت الورقة بلوح الفلين بوساطة دبابيس الطبع. ثم ألصق دبوسين خلال الورقة عند النقطتين A و B داخل لوح الفلين، كما هو موضّح في **الشكل** B.

B. قياس الانكسار



الشكل B

1. أعد اللوح الزجاجي إلى مكانه داخل مخطّط اللوح على الورقة.

2. اجعل المسطرة على طرف الورقة، وعلى جانب متوازي المستطيلات الزجاجي، وفي الجانب المعاكس للدبابيس، واجعل طرف المسطرة على استقامة مع صورة الدبوسين خلال متوازي المستطيلات بوساطة النظر، كما هو موضّح في الشكل B. وعندما يصبح طرف المسطرة على استقامة مع صورتي الدبوسين ارسم خطًّا مستقيمًا على طول المسطرة في اتجاه متوازي المستطيلات. ثم ارفع متوازي المستطيلات، وأكمل الخط حتى يتلاقى مع الحد الخارجي لمتوازي المستطيلات. وسمِّ نقطة تلاقي الخط مع الحد الخارجي بالنقطة C، وسمِّ النقطة الأبعد على طول هذا الخط من الحد الخارجي بالنقطة D.

3. ارسم مستخدمًا المنقلة وقلم الرصاص، خطًّا مستقيمًا يصل بين النقطتين B و C، وسمِّ الزاوية CBN_2 الزاويةَ θ_2 .

4. قِس باستخدام المنقلة الزاويةَ θ_2 ، وسجّل هذه الزاوية في **الجدول** 1 لزاوية السقوط 30°.

5. استخدم الطريقة نفسها، كما في الخطوة A3، وضع مركز المنقلة عند النقطة C، وارسم خطًّا متقطّعًا عموديًّا على الحد الخارجي، وسمّ النقطة على العمود المقام N_2' . وسمِّ الزاوية DCN_2' الزاوية θ_2'.

6. قِس باستخدام المنقلة الزاوية θ_2' ، وسجّل هذه الزاوية في الجدول 1 لزاوية السقوط 30°.

C. كرّر العملية لزوايا مختلفة

1. كرّر الجزء A والجزء B من هذه التجربة لخمس زوايا سقوط أخرى من اختيارك، واستخدم ورقة مختلفة لكل محاولة. وسجّل النتائج في **الجدول** 1.

البيانات والمشاهدات

الجدول 1

المحاولة	θ_1 (درجات)	θ_2 (درجات)	θ_2' (درجات)	$\sin\theta_1$	$\sin\theta_2$	n_2
1	30					
2						
3						
4						
5						
6						

التحليل والاستنتاج

1. صنّف انحراف الضوء كما يظهر من خلال رسم مخطّط الأشعة لكل محاولة. اعتمادًا على مخطّط الرسم، هل ينحرف الضوء منكسرًا بعيدًا عن العمود المقام، أم مقتربًا منه، عندما يمر بزاوية إلى داخل الوسط الذي معامل انكساره أكبر؟ وهل ينكسر الضوء مبتعدًا عن العمود المقام أم مقتربًا منه عندما يمر بزاوية إلى داخل الوسط الذي معامل انكساره أقل؟

.....

.....

.....

.....

2. احسب $\sin \theta_1$ و$\sin \theta_2$ لكل محاولة، وسجّل النتائج في الجدول 1.

3. احسب n_2 لكل محاولة. وسجّل النتائج في الجدول 1.

4. قارن بين قيم معامل الانكسار للزجاج لكل محاولة. هل هناك توافق بينها؟ هل تستنتج أن معامل الانكسار ثابت للوسط المستخدَم؟

.....

.....

.....

.....

التوسّع والتطبيق

1. قارن قيم θ_1 و θ_2 ، لكل محاولة. هل هناك علاقة بينهما؟ وإذا كان هناك علاقة فعلامَ يدل هذا؟

.....

.....

.....

.....

2. عوّض القيمة المتوسطة لمعامل الانكسار الذي قسته في هذه التجربة في المعادلة المستخدمة لحساب سرعة الضوء في الزجاج.

3. ماذا يحدث لو أجريت هذه التجربة أسفل الماء؟ قارن النتائج التي تحصل عليها في حال حدوث ذلك مع النتائج التي حصلت عليها من هذه التجربة.

.....

.....

.....

.....

4. عندما يقرأ الناس كلمة انحراف، فإن العديد يتصور انحرافًا أو انحناءً في الطريق. كيف تشرح لشخص آخر معنى كلمة انحراف عند استخدامها لوصف انكسار الضوء؟

.....

.....

.....

.....

احتياطات السلامة

المواد والأدوات

- مصباح كهربائي شفّاف ذو فتيلة رأسية
- شريحة شق مزدوج
- مسطرة مترية
- شريحة شق ضيّق
- قلم رصاص
- مرشحات ضوء حمراء، وصفراء، وبنفسجية
- شريط قياس متري
- مصدر ليزر منخفض القدرة

ما الطول الموجي؟

بيّن العالم توماس يونج عام 1801 أن الضوء الساقط على شقين متقاربين ينفذ من خلال الشقين ويحيد عند حوافهما، ويترتب على ذلك أن الضوء المترابط المنتشر من الشقين يتراكب وينتج نمط تداخل على الشاشة، ويظهر عدد من الأهداب المعتمة والمضيئة بتناوب متسلسل. يكون عرض الأهداب المضيئة متساويًا تقريبًا، كما تكون الأهداب متباعدة بأبعاد متساوية. تظهر الأهداب المضيئة في المناطق التي حدث فيها التداخل البنّاء، في حين تظهر الأهداب المعتمة في المناطق التي حدث فيها التداخل الهدّام.

عندما ترتبط مواقع الأهداب المضيئة مع مواقع الشقوق فمن الواضح أنه يكون هناك هدب مضيء واحد في اتجاه كل شق، بالإضافة إلى تكوّن عدد متساوٍ من الأهداب المضيئة على جانبي هذا الهدب المركزي المضيء. ويعرف الهدب المضيء الأول على جانبي الهدب المركزي المضيء بالهدب ذو الرتبة الأولى. ويكون هذا الهدب مضيء؛ لأن أطوال المسار للموجات الضوئية التي تصل من كل شق تختلف بمقدار طول موجي واحد. وتُعرف الأهداب المضيئة التالية للهدب ذو الرتبة الأولى، بالأهداب ذات الرتبة الثانية والثالثة.... ويمكن ملاحظة العديد من الأهداب الضوئية على جانبي الهدب المركزي المضيء. ويختلف عدد الأهداب المضيئة اعتمادًا على عرض الشق، وعلى مقدار المسافة الفاصلة بين الشقوق.

$$\lambda = \frac{xd}{L}$$

تعتمد المسافة بين الأهداب المضيئة x على الطول الموجي للضوء والمسافة الفاصلة بين الشقوق d، وعلى بعد الشقوق عن الشاشة L، وتُكتب هذه العلاقة غالبًا بصيغة يمكن استخدامها لتحديد الطول الموجي للمصدر الضوئي، وذلك من خلال تجربة الشق المزدوج ليونج.

ستستخدم في هذا التجربة الشق المزدوج لتحديد الأطوال الموجية لضوء له ألوان مختلفة، ولإجراء القياس بالدقة المطلوبة ستستخدم مصدر ليزر ذا طول موجي معلوم، لتحديد المسافة الفاصلة بين الشقوق؛ وذلك لأن الشقوق المزدوجة التي تعطي نتائج تجريبية جيدة يكون بعضها قريبًا جدًّا من بعض. وأخيرًا سوف تسقط ضوءًا ذا ألوان مختلفة على الشق المزدوج، ثم تقيس المسافة بين الخطوط المضيئة، وتستخدم هذه البيانات لحساب الطول الموجي للضوء.

الأهداف

- **تستخدم** مصدر ليزر لتحديد المسافة الفاصلة للشق المزدوج.
- **تُكيّف** تجربة الشق المزدوج، بحيث تستخدم المصباح الكهربائي مصدرًا للضوء.
- **تربط** انتشار نمط تداخل الشق المزدوج مع الحيود والطول الموجي.

الخطوات

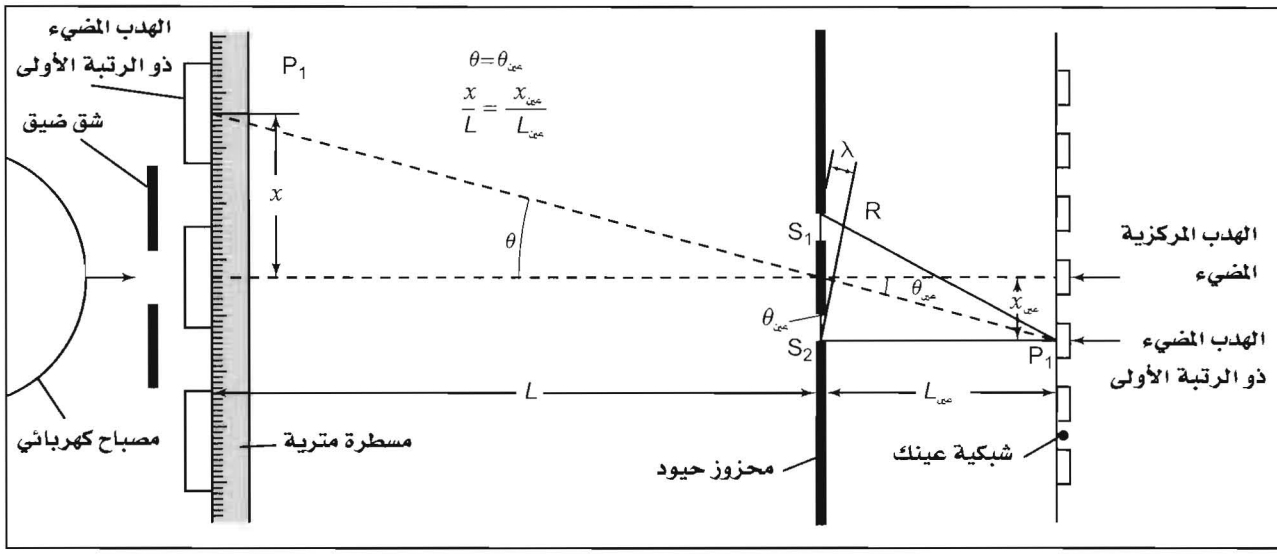
A. جمع البيانات الخاصة بالمسافة الفاصلة بين الشقوق

تحذير: *تجنّب النظر المباشر إلى أشعة الليزر مباشرة، وعند التعامل مع أشعة الليزر ضع دائمًا النظارات الواقية من أشعة الليزر والمصادق عليها من قبل ANSI.*

1. جهّز مصدر ليزر الـ He–Ne أو مؤشر الليزر ليصدر ضوءًا نحو الشق المزدوج، ومن ثم يسقط على شاشة بيضاء. ضع الشق المزدوج على بعد مناسب من الشاشة لتحصل على مسافة بين الحزم المضيئة في نمط التداخل قابلة للقياس. إن مقدار الطول الموجي لضوء الليزر He-Ne يساوي $6.328 \times 10^{-7}\ \text{m}$ ، أما مقدار الطول الموجي لضوء مؤشر الليزر فيساوي $6.70 \times 10^{-7}\ \text{m}$. سجّل القيمة المعتمدة في **الجدول 1** في عمود "الطول الموجي المعلوم".
2. احسب عدد الأهداب المضيئة التي يمكن مشاهدتها. وسجّل هذه القيمة بوصفها عدد الأهداب المضيئة في الجدول 1.
3. قِس بالمسطرة المترية المسافةَ بين الأهداب المضيئة على جانبي نمط التداخل، وسجّل هذه القيمة بوصفها مسافة انتشار النمط في الجدول 1.
4. استخدم شريط القياس لتحديد المسافة من الشق المزدوج إلى الشاشة البيضاء، وسجّل هذه القيمة على أنها بعد الشاشة في الجدول 1.

B. جمع البيانات الخاصة بالأطوال الموجية المجهولة

1. جهّز مصدر ضوء شفّافًا ذا فتيلة رأسية خلف الشق الضيق، كما يتضح من الشكل A. وضع مرشّحًا أحمر بين المصباح الكهربائي والشق الضيّق، ثم ضع المسطرة المترية بشكل مسطّح على الطاولة أمام الشق المفرد.



الشكل A

2. أشعل المصباح الكهربائي خلف الشق المفرد، وأطفئ أنوار الغرفة الصفية.

3. اطلب إلى أحد أعضاء فريق التجربة الوقوف على بُعد 1 m من مصدر الضوء، ثم النظر خلال الشق المزدوج الذي استخدمته في الجزء A للضوء الذي يشع من خلال الشق الضيق، وسجل مشاهداتك في **الجدول 2**.

4. تحرّك عدة أمتار بعيدًا عن المصدر الضوئي، وانظر خلال الشق المزدوج إلى الضوء المنبعث خلال الشق الضيق، وسجّل مشاهداتك في الجدول 2.

5. تقدم لتصبح على بعد 4 m من المصدر الضوئي، على أن تتمكن من رؤية نمط التداخل المضيء من خلال الشق المزدوج. احسب عدد الأهداب المضيئة المرئية، وسجّل هذه القيمة على أنها عدد الأهداب المضيئة في الجدول 3.

6. اطلب إلى أحد زملائك في المجموعة قياس المسافة بين الشق المفرد والشق المزدوج باستخدام شريط القياس، وسجّل هذه القيمة على أنها بعد الشاشة الوهمية في الجدول 3.

7. في أثناء مراقبة أحد زملائك نمط التداخل خلال الشق المزدوج اطلب إلى زميل آخر الوقوف خلف المصدر الضوئي والشق المفرد. وعلى هذا الزميل الإمساك بقلم رصاص رأسيًّا إلى اليمين تمامًا من الشق المفرد، بحيث يقع رأس قلم الرصاص على المسطرة المترية. اطلب إلى زميل ثالث توجيه الزميل الممسك بالقلم ليقوم بتحريك القلم ببطء مبتعدًا عن الشق المفرد على طول المسطرة المترية، حتى يصطف القلم مع الهدب المضيء المرئي الأخير عن اليمين. سجّل تدريج المسطرة المترية عند النقطة التي يُشير إليها القلم في الجدول 3 وتحت عمود موقع الهدب عند أقصى اليمين.

8. كرّر الخطوة 7 في أثناء تحريك القلم إلى جهة اليسار من الشق المفرد، واجعله يصطف مع الهدب المضيء الأخير عن اليسار. سجّل تدريج المسطرة المترية التي يُشير إليها القلم في الجدول 3 تحت عمود موقع الحزمة عند أقصى اليسار.

9. أزل المرشّح الأحمر، وكرّر الخطوات 8 - 5، مستخدمًا المرشّح الأصفر، ثم استخدم المرشّح البنفسجي، وسجّل بياناتك في الجدول 3.

البيانات والمشاهدات

الجدول 1

الطول الموجي λ (m)	عدد الأهداب المضيئة N	مسافة انتشار النمط $(N-1)x$ (m)	بعد الشاشة L (m)	المسافة بين الأهداب المضيئة x (m)	المسافة الفاصلة بين الشقوق d (m)

الجدول 2	
قريب	
بعيد	

الجدول 3						
لون المرشّح	عدد الأهداب المضيئة N	بعد الشاشة الوهمية L (m)	موقع الهدب المضيء أقصى اليمين P_{rt} (m)	موقع الهدب المضيء أقصى اليسار P_{lt} (m)	المسافة بين الأهداب المضيئة x (m)	الطول الموجي λ (m)
الأحمر						
الأصفر						
البنفسجي						

التحليل والاستنتاج

1. صف كيف يتغيّر نمط الشق المزدوج، عندما تتحرّك مبتعدًا عن المصدر الضوئي.

.....

.....

.....

2. احسب المسافة بين الأهدب المضيئة x، وقسّم مسافة انتشار النمط $x(N-1)$ ؛ على عدد الأهدب المضيئة ناقص 1، $N-1$، وسجّل النتائج في الجدول 1.

.....

.....

3. احسب المسافة الفاصلة بين الشقوق d، مستخدمًا معادلة الطول الموجي من تجربة الشق المزدوج. وسجّل النتائج في الجدول 1.

.....

.....

4. احسب المسافة بين الأهدب المضيئة x لكل لون، وسجّل النتائج في الجدول 3. استخدم المعادلة التالية:

$$x = \frac{|P_{rt} - P_{lt}|}{N-1}$$

.....

.....

5. احسب الطول الموجي λ لكل لون، باستخدام معادلة الطول الموجي من تجربة الشق المزدوج وقيمة d من الجدول 1، وسجّل النتائج في الجدول 3.

6. قارن نتائجك التجريبية للطول الموجي بالقيم المعلومة لهذه الألوان. واستخلص النتيجة المتعلّقة بفائدة الشق المزدوج لتحديد الطول الموجي.

التوسّع والتطبيق

1. كوّن علاقة بين نمط الانتشار لكل لون ونمط الحيود، وأي ألوان الضوء يحيد أكثر عندما يمر خلال الشق المزدوج؟ علل إجابتك.

.....

.....

احتياطات السلامة

المواد والأدوات

- مصدر أشعة ليزر He-Ne
- مرآة مقعّرة صغيرة مطلية بالفضة ذات بعد بؤري صغير
- حافظة محكمة الإغلاق لا تسمح بدخول الضوء، مزوّدة بشريحتي فيلم هولوجرافي أسود وأبيض
- مادة تغليف فلينية
- بطاقة مقطّعة
- ضوء أخضر خافت
- أجسام فلزية متنوعة صغيرة الحجم
- قطعة بلاط خرساني
- حامل مساعد
- 12 قرصًا مغناطيسيًّا
- ساعة إيقاف ذات تدريجات مضيئة
- ورقة سوداء
- ماسك أوراق (عدد 3)
- مرآة مستوية مطلية بالفضة

ما الهولوجرام؟

يُعدّ تصنيع الهولوجرام، إحدى التطبيقات الفريدة لأشعة الليزر. والهولوجرام صور ثلاثية الأبعاد، أو صور فوتوجرافية تتكوّن نتيجة تداخل الضوء المترابط. ويوجد نوعان أساسيان للهولوجرام: يُسمّى النوع الأول الهولوجرام العاكس، والآخر الهولوجرام النافذ. ويمتاز الهولوجرام النافذ بالعمق والوضوح، وينتج عندما تنقسم حزمة الليزر إلى قسمين، إذ ينعكس القسم الأول عن الجسم المراد تصويره، ويصطدم بالفيلم الهولوجرافي، في حين يسقط القسم الآخر مباشرة على الفيلم. وتشكّل الحزمتان المتراكبتان نمط التداخل الذي يُسجّل على الفيلم، مما يؤدي إلى تكوين صورة مركّبة على الفيلم. ويسجّل الفيلم الشدة المختلفة لنمط التداخل، وعندما يُعرض الفيلم المظهّر فإنه يُضاء من الخلف بوساطة شعاع ضوئي مترابط بالطول الموجي نفسه الذي استُخدم لعرض الفيلم. وينظر المشاهد إلى الضوء الذي يبدو نافذًا من خلال الفليم، فيشاهد صورة خيالية ثلاثية الأبعاد خلف الفيلم.

لعل معظمكم قد شاهد الهولوجرام العاكس ذا الضوء الأبيض، كما في الصور المرسومة على علب رقائق الذرة، والبطاقات الائتمانية، وفي المجلات. وينشأ الانعكاس الهولوجرامي عندما ينفذ شعاع ليزر من خلال فيلم فوتوجرافي شفّاف، ثم ينعكس عن الجسم مرتدًا نحو الفيلم. ويكوّن كل من الضوء النافذ والضوء المنعكس نمط تداخل على الفيلم، وعندما يُظهّر الفيلم ويُعرض باستخدام الضوء المنعكس؛ فإنه يبدو صورة ثلاثية الأبعاد للجسم. ستصنع في هذه التجربة هولوجرامًا عاكسًا.

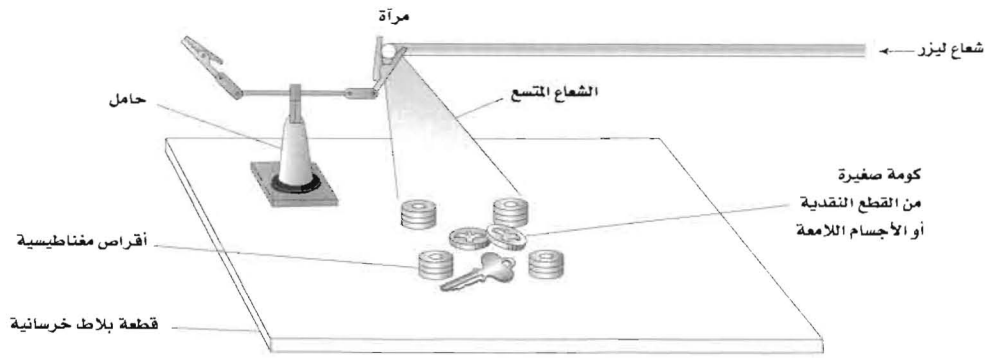
الأهداف

- **تُصمّم** هولوجرام باستخدام تداخل الضوء المترابط.
- **تصف** كيف ينتج الهولوجرام المنعكس الملون عند استخدام فيلم أبيض وأسود.
- **تُقارن** بين الهولوجرام العاكس، والهولوجرام النافذ، والصور الفوتوجرافية الملونة.

الخطوات

A. الإعداد

1. ثبّت مادة تغليف فلينية أو أية مادة أخرى مصمّمة لتخميد الاهتزازات، على طاولة المختبر بشكل مستطيل، وضع قطعة البلاط الخرسانية فوقها.
2. ثبّت مرآة مقعّرة صغيرة على حامل. وثبت الحامل على قطعة البلاط كما هو موضّح في **الشكل A**.



الشكل A

3. ضع الأجسام التالية على قطعة البلاط الخرسانية: ساعة إيقاف، وحافظة الفيلم الهولوجرافي. وقطعة من الورق الأسود، وأربعة أكوام صغيرة من الأقراص المغناطيسية، وبطاقة مقطّعة، وبعض الأجسام المعدنية الصغيرة كالقطع النقدية أو المفاتيح، ولا تهتم بترتيبها.

تحذير: تجنّب النظر المباشر لأشعة الليزر، وعند التعامل مع أشعة الليزر، ضع دائمًا النظارات الواقية من أشعة الليزر، والمصادق عليها من قبل ANSI.

4. ضع مصدر شعاع ليزر الـ He–Ne على طاولة مجاورة. وقبل تشغيل مصدر الليزر، اضبط موقع المرآة المقعّرة بحيث تعكس شعاع الليزر نحو الأسفل باتجاه قطعة البلاط. شغّل مصدر الضوء الأخضر الخافت، وأطفئ الأنوار في الغرفة الصفية. ثم شغّل مصدر أشعة الليزر ووجّه الشعاع نحو المرآة. واضبط المرآة عند الضرورة للتأكّد من أن الشعاع المنعكس والمتسع - المنتشر - من مصدر الليزر موجّه نحو الأسفل باتجاه قطعة البلاط، ثم حرّك الضوء الأخضر الصغير إلى موقع معيّن بحيث يشع ضوءا يكون كافيًا لرؤية قطعة البلاط في الغرفة الصفية المعتمة.

5. ضع الأجسام المعدنية الصغيرة في منطقة إضاءة شعاع الليزر على قطعة البلاط. ورتّب الأكوام الصغيرة الأربعة من الأقراص المغناطيسية حول الأجسام المعدنية، على أن توضع البطاقة المقطّعة فوق قمة الأكوام بحيث تدعم الأكوام كل بطاقة من جوانبها الأربعة. وهذا بدوره سيدعم الفيلم الهولوجرافي. اضبط ارتفاع الدعامات المغناطيسية على أن تقع البطاقة فوق الأجسام المعدنية ولا تلامسها، ثم أزل البطاقة المقطّعة.

B. صنع هولوجرام عاكس

1. اطلب إلى أحد أعضاء الفريق أن يحجب شعاع الليزر على الجانب الأعلى للمرآة المقعّرة باستخدام الورقة السوداء. واطلب إلى عضو آخر تحضير ساعة إيقاف لحساب زمن تعرّيض الفيلم لأشعة الليزر. ويقوم عضو الفريق الثالث بفتح وعاء الفيلم بعناية ويزيل شريحة الفيلم الهولوجرافي. احمل الشريحة من حوافّها ولا تلمس وسط الفيلم. ويقوم عضو الفريق الرابع بإغلاق الشرائح الأخرى المتبقية ووضعها داخل حافظة الفيلم الهولوجرافي.

2. ضع شريحة الفيلم الهولوجرافي على المغناطيس المُدعّم، بحيث يكون جانب الفيلم الحساس للضوء متجه نحو الأسفل. ومعلمك هو من يحدد جانب الشريحة الحسّاس للضوء.

3. خلال تعرّض الفيلم الهولوجرافي، يجب على الطلاب عدم السير حول الطاولة أو ملامستها، للتقليل من الاهتزازات. يقوم عضوا الفريق الذي يحجب ضوء الليزر والذي يحمل ساعة الإيقاف بتوقيت تعرّض الفيلم لضوء الليزر. ابدأ بتوقيت عملية التعرّض من لحظة سحب الورقة السوداء من مسار شعاع الليزر.

وبعد 20 s أو بعد فترة زمنية يحددها معلمك، أوقف عملية تعرض الفيلم بوساطة الورقة السوداء التي تحجب ضوء الليزر. احمل شريحة الفيلم الهولوجرافي إلى معلمك حتى يحمضه، ثم أطفئ مصدر ضوء الليزر.

4. عندما تكمل المجموعات جميعها تنفيذ التجربة، ويقوم المعلم بتحميض الفيلم، أشعل مصابيح إنارة الغرفة الصفية وأطفئ الضوء الأخضر الخافت. وعندما يجف الفيلم الهولوجرافي المحمض الخاص بك، احمله إلى أعلى وانظر من خلاله، وسجّل مشاهداتك في الجدول 1.

5. ضع خلفية سوداء مقابل الزجاج، وانظر من خلال الفيلم الهولوجرافي الخاص بك مقابل ضوء أبيض ساطع، كالذي يصدر من جهاز العرض فوق الرأسي مثلاً، حيث سينعكس الضوء عن مقدمة الفيلم الهولوجرافي، وسجّل مشاهداتك في الجدول 1.

6. اغسل يديك بالماء والصابون عندما تنتهي من العمل بالهولوجرام.

البيانات والمشاهدات

الجدول 2	
النظر من خلال الهولوجرام	
النظر إلى الانعكاس	

التحليل والاستنتاج

1. وضّح الهدف من استخدام مادة التغليف الفلينية وقطعة البلاط الخرسانية في الإعداد للتجربة.

.....

.....

.....

.....

2. قارن مشاهداتك للهولوجرام الخاص بك في الجدول 1. وكيف يمكنك تفسير مشاهداتك المختلفة؟

.....

.....

.....

3. قارن بين الهولوجرام الخاص بك، والصورة الفوتوجرافية العادية في كتابك المدرسي.

.....

.....

.....

4. حدّد علاقة السبب والنتيجة، المرتبطة بالحصول على صورة مجسّمة ملونة باستخدام فيلم أبيض وأسود.

.....

.....

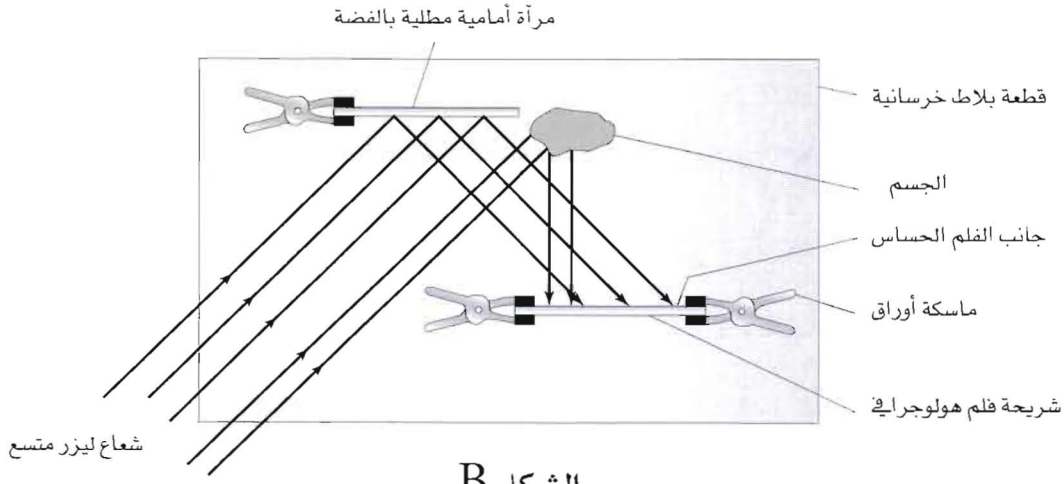
.....

.....

التوسّع والتطبيق

1. استخدم الرسم التوضيحي المبيّن في **الشكل B** لصنع هولوجرام نافذ. وضع الحامل الداعم المساعد الذي يحمل المرآة المقعّرة إلى الأسفل على قطعة البلاط الخرسانية بحيث يوجه ضوء الليزر المتسع على طول قطعة البلاط. واستخدم بعض ماسكات الورق الكبيرة الحجم لتثبيت المرآة المستوية المطلية بالفضة وشريحة الفيلم الفوتوجرافي بحيث يكونان عموديّان على سطح قطعة البلاط. وبعد أن يحمض معلمك الفيلم، أزل الجسم عن قطعة البلاط وضع الفيلم المُظهّر في موقعه الأصلي، وانظر من خلال

الفيلم كما يتضح من الشكل **B**. *تحذير: تجنّب النظر مباشرة لأشعة الليزر،أو الشعاع غير المتسع، وضع دائمًا النظارات التي تقي من أشعة الليزر.*



الشكل B

صف الهولوجرام النافذ الخاص بك، وقارنه مع الهولوجرام ذي الضوء الأبيض الذي صنعته سابقًا، وقارن بين أهمية هذين النوعين.

.....

.....

.....

.....

.....

.....