المملكة الأردنية الهاشمية
وزارة التربية والتعليم

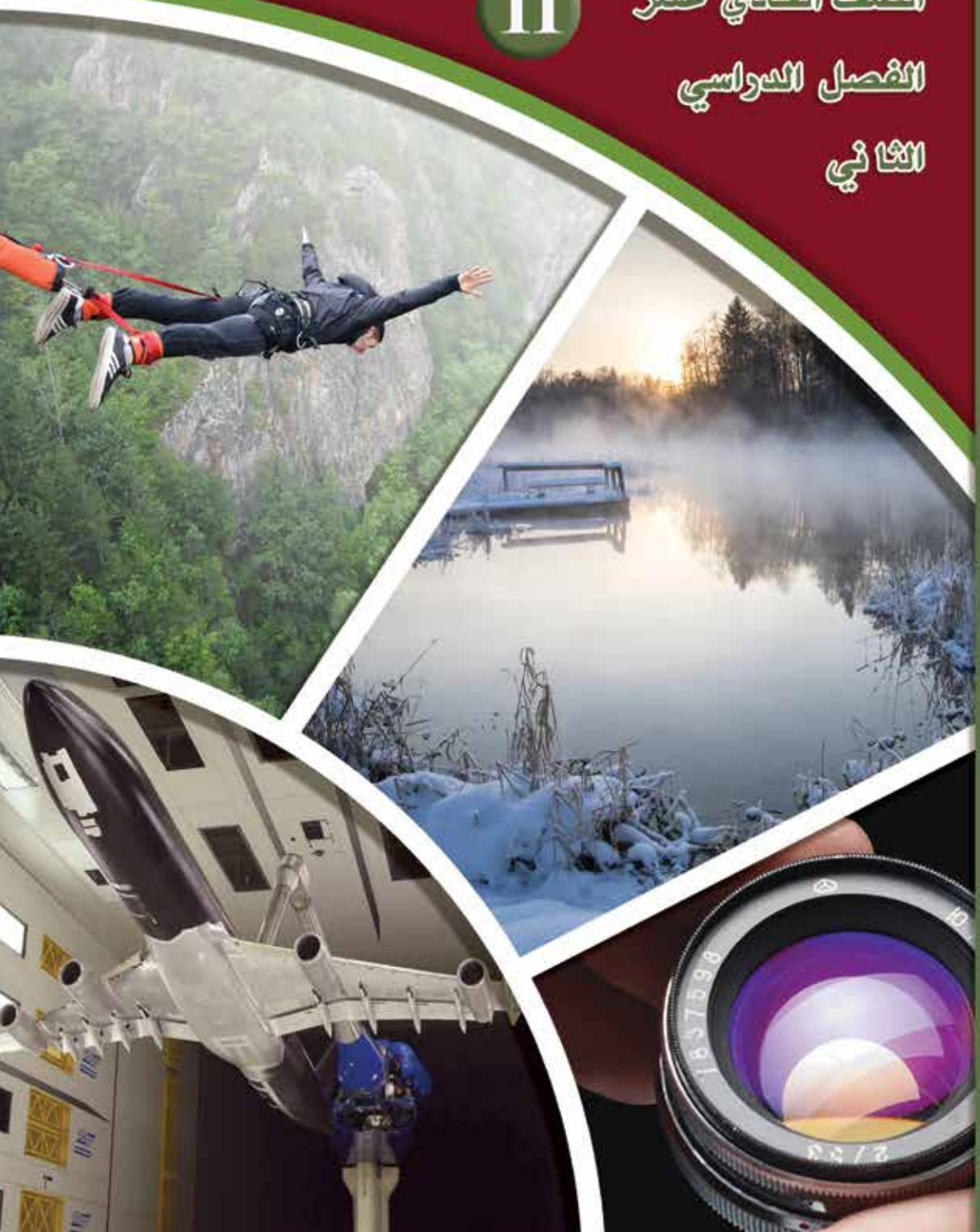
المركز الوطني لتطوير المناهج
National Center for Curriculum Development

الفيزياء

11

الصف الحادي عشر

الفصل الدراسي الثاني



كتاب الأنشطة والتجارب العملية

المملكة الأردنية الهاشمية
وزارة التربية والتعليم

المركز الوطني لتطوير المناهج
National Center for Curriculum Development

الفيزياء

الصف الحادي عشر - كتاب الأنشطة والتجارب العملية

الفصل الدراسي الثاني

11

فريق التأليف

موسى عطا الله الطراونة (رئيسًا)

أ.د. محمود إسماعيل الجاغوب
خلدون سليمان المصاروه
موسى محمود جرادات
يحيى أحمد طواها

منهاجي
متعة التعليم الهادف

الناشر: المركز الوطني لتطوير المناهج

يسرُّ المركز الوطني لتطوير المناهج استقبال آرائكم وملحوظاتكم على هذا الكتاب عن طريق العناوين الآتية:

06-5376262 / 237 | 06-5376266 | P.O.Box: 2088 Amman 11941

@nccdjor | feedback@nccd.gov.jo | www.nccd.gov.jo

قـرّرت وزارة التربيـة والتعليـم تدريـس هذا الكتـاب في مدارس المملكـة الأردنية الهاشـمية جميعها، بنـاءً على قـرار المجلس الأعلى للمركـز الوطنـي لتطوير المناهج في جلسـته رقـم (2021/5)، تاريخ 2021/12/7 م، وقـرار مجلس التربية والتعليـم رقم (2021/172)، تاريـخ 2021/12/21 م، بـدءًا من العام الـدراسي 2021 / 2022 م.

© HarperCollins Publishers Limited 2021.
- Prepared Originally in English for the National Center for Curriculum Development. Amman - Jordan
- Translated to Arabic, adapted, customised and published by the National Center for Curriculum Development. Amman - Jordan

ISBN: 978 - 9923 - 41 - 295 - 4

المملكة الأردنية الهاشمية
رقم الإيداع لدى دائرة المكتبة الوطنية:
(2022/4/1890)

375,001

الأردن. المركز الوطني لتطوير المناهج

الفيزياء: الصف الحـادي عشر: الفصل الثاني (كتاب الأنشطة والتجارب العمليّة)/ المركز الوطني لتطوير المناهج.–

ط2؛ مزيدة ومنقحة.– عمان: المركز، 2022

(48) ص.

ر.إ.: 2022/4/1890

الواصفات: / تطوير المناهج/ / المقررات الدراسية/ / مستويات التعليم/ / المناهج/

يتحمل المؤلف كامل المسؤولية القانونية عن محتوى مصنفه ولا يعبّر هذا المصنف عن رأي دائرة المكتبة الوطنية.

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, sorted in retrieval system, or transmitted in any form by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise , without the prior written permission of the publisher or a license permitting restricted copying in the United Kingdom issued by the Copyright Licensing Agency Ltd, Barnard's Inn, 86 Fetter Lane, London, EC4A 1EN.
British Library Cataloguing -in- Publication Data
A catalogue record for this publication is available from the Library.

الطبعة الأولى (التجريبية)
أعيدت طباعته

منهاجي
متعة التعليم الهادف

1442هـ / 2021 م
2022 م – 2023 م

قائمة المحتويات

الموضوع	رقم الصفحة
الوحدة الرابعة: الديناميكا الحرارية	
تجربة استهلالية: تأثير كتلة الجسم في تغيّر درجة حرارته	4
التجربة 1: تأثير نوع مادّة الجسم في تغيّر درجة حرارته	7
التجربة 2: عمليات الديناميكا الحرارية	11
تجربة إثرائية: قياس السعة الحرارية النوعية للرصاص	15
أسئلة تفكير	21
الوحدة الخامسة: الحركة التوافقية البسيطة	
تجربة استهلالية: دراسة الحركة التذبذبية لجسم معلّق في نابض	25
التجربة: استخدام البندول البسيط؛ لإيجاد تسارع السقوط الحرّ عمليًّا	28
تجربة إثرائية: تصميم ساعة بندولية	32
أسئلة تفكير	35
الوحدة السادسة: الموجات وخصائصها	
تجربة استهلالية: قياس سرعة الموجات الميكانيكية في الأوساط الصلبة	36
التجربة 1: استقصاء تردّدات الموجات الموقوفة في وتر مشدود	38
التجربة 2: قياس طول موجة ضوء أحادي اللون باستخدام محزوز الحيود	41
تجربة إثرائية: تحليل الضوء الأبيض باستخدام المطياف ومحزوز الحيود	44
أسئلة تفكير	48

تأثير كتلة الجسم في تغيّر درجة حرارته

الخلفيّة العلميّة:

يعمل الكوبان البلاستيكيان عمل مسعّر حراري؛ إذ يعزلان محتوى الكوب الداخلي عن المحيط الخارجي، ما يُقلّل من مقدار الطاقة المتبادلة مع المحيط الخارجي. وعند سكب الماء الساخن في الكوب الذي يحتوي على برادة حديد؛ فإنّ الماء الساخن يفقد طاقة تكسبها برادة الحديد، وهذا يؤدّي إلى انخفاض درجة حرارة الماء وارتفاع درجة حرارة برادة الحديد، حتّى يصلا إلى حالة الاتّزان الحراري ويصبح لهما درجة الحرارة نفسها.

الأهداف:

- تصميم مسعّر حراري بسيط.
- اكتساب مهارة قراءة القياسات وتدوينها بدقّة.
- استنتاج تأثير زيادة كتلة جسم في مقدار تغيّر درجة حرارته.

الموادّ والأدوات:

كوبان بلاستيكيان مع غطاء، برادة حديد 200 g، مقياس درجة حرارة عدد (2)، ميزان إلكتروني، شريط لاصق، مياه ساخنة 200 mL، مخبار زجاجي، مناشف ورقية.

إرشادات السلامة:

ارتداء المعطف واستعمال النظّارات الواقية للعينين، ومراعاة عدم سكب الماء على أرضية المختبر، والحذر من الانزلاق نتيجة انسكاب الماء عليها.

خطوات العمل:

بالتعاون مع أفراد مجموعتي؛ أُنفّذ الخطوات الآتية:

1. أضع أحد الكوبين داخل الآخر، وأُثبّتهما معًا بالشريط اللاصق، ثمّ أثقب غطاء الكوب من منتصفه بالمثقب، على أنْ يدخل مقياس درجة الحرارة عبره.
2. **أقيس**: أضع 200 g من برادة الحديد في الكوب الداخلي وأُغلقه بغطائه بإحكام، ثم أُدخل مقياس درجة الحرارة عبر ثقب الغطاء حتّى يلامس مستودعه برادة الحديد، وأُثبّت المقياس في الغطاء بالشريط اللاصق، ثمّ أقيس درجة حرارة برادة الحديد وأُدوّنها.

3. **أقيس**: أسكبُ 100 mL من الماء الساخن في المخبار، ثمّ أقيس درجة حرارته وأُدوّنها.
4. **أُلاحظ**: أُزيل غطاء الكوب ومقياس درجة الحرارة المثبّتين معًا، ثمّ أسكبُ بحذر الماء الساخن في الكوب، ثمّ أغلقه بغطائه بسرعة. أُلاحظ ما يحدث لقراءة مقياس درجة الحرارة، وعندما تثبت قراءته أُدوّنها.
5. أُكرّر الخطوات (2 – 4) بزيادة كمّية الماء الساخن، وأُدوّن نتائجي في جدول بيانات.

البيانات والملاحظات:

الجدول (1)			
المادّة	الكتلة m (kg)	درجة الحرارة الابتدائية T_i (°C)	درجة الحرارة النهائية T_f (°C)
برادة الحديد			
الماء			

التحليل والاستنتاج:

1. **أُفسّر**: لماذا استخدمتُ كوبين بلاستيكيين ولم أستخدم كوبًا واحدًا؟ أُفسّر إجابتي.

.....

.....

2. **أُفسّر**: ما الذي تُمثّله قراءة مقياس درجة الحرارة في الخطوة (4)؟

.....

.....

3. **أُقارن** بين درجتَي حرارة الماء الساخن وبرادة الحديد قبل خلطهما معًا وبعده. أيّهما ارتفعت درجة حرارته؟ وأيّهما انخفضت؟ أُفسّر إجابتي.

.....

.....

.....

4. **أستنتجُ** تأثير زيادة كمية الماء الساخن في تغيّر درجة حرارة الماء وبرادة الحديد.

.....

.....

5. **أتوقّع** كيف تؤثّر مضاعفة كتلة برادة الحديد المستخدمة في درجة حرارة المخلوط النهائية. أُبرّر توقّعي.

.....

.....

.....

.....

.....

التجربة 1
تأثير نوع مادّة الجسم في تغيّر درجة حرارته

الخلفيّة العلميّة:

تختلف الكتل المتساوية المصنوعة من موادّ مختلفة في مقدار تغيّر درجة حرارتها عند اكتسابها أو فقدها كمية الطاقة نفسها؛ إذ يؤثّر نوع مادّة الجسم في مقدار التغيّر في درجة حرارته عند تسخينه أو تبريده؛ لأنّ السعة الحرارية النوعية للمادّة (c) تعتمد على نوع مادّة الجسم فقط وتختلف من مادّة إلى أخرى، ولا تعتمد على كتلة الجسم أو حجمه.

وكي أحسُبَ كمّية الطاقة التي يكتسبها جسم كتلته (m) أو يفقدها عند تغيّر درجة حرارته بمقدار (ΔT)؛ فإنّني أستخدمُ العلاقة الآتية:

$$Q = mc\,\Delta T = mc\,(T_f - T_i)$$

الأهداف:

- استقصاء العلاقة بين نوع مادّة جسم، ومقدار التغيّر في درجة حرارته عند ثبات مقدار الطاقة المكتسبة.
- استقصاء العلاقة بين كتلة الجسم، ومقدار التغيّر في درجة حرارته عند ثبات مقدار الطاقة المكتسبة.
- استقصاء العلاقة بين زمن تسخين الجسم، ومقدار التغيّر في درجة حرارته عند ثبات كتلته.
- تعرّف مفهوم السعة الحرارية النوعية.
- اكتساب مهارة تصميم التجارب وتنفيذها.

الموادّ والأدوات:

مصدرا حرارة متماثلان، (3) دوارق زجاجية سَعة 150 mL متماثلة، 100 g ماء بدرجة حرارة الغرفة، 100 g زيت طهي بدرجة حرارة الغرفة، مقياسا درجة حرارة، ساعة إيقاف، ميزان إلكتروني.

إرشادات السلامة:

ارتداء المعطف واستعمال النظّارات الواقية للعينين وقفّازين حراريّين، والحذر من انسكاب الزيت على أرضيّة المختبر، والحذر من لمس مصدر الحرارة، وعدم رفع درجة حرارة الزيت بمقدار كبير.

خطوات العمل:

بالتعاون مع أفراد مجموعتي؛ أُنفّذ الخطوات الآتية:

1. **أقيس** باستخدام الميزان g 100 ماء، و g 100 زيت، ثمّ أسكب الماء في دورق، وأسكب الزيت في دورق آخر.
2. **أقيس** درجتَي حرارة الماء والزيت الابتدائية، ثمّ أُدوّنهما.
3. **أضبط المتغيّرات**: أضع كل دورق على مصدر حرارة، ثم أُشعل المصدرين في اللحظة نفسها، وأُشغّل ساعة الإيقاف، ثمّ أُطفئ مصدرَي الحرارة في اللحظة نفسها بعد مرور مدّة زمنية مناسبة (ثلاث دقائق مثلًا).
4. **أقيس** درجتَي حرارة الماء والزيت النهائية، ثمّ أُدوّنهما.
5. أُكرّر التجربة مرّة أُخرى بوضع كمّيتين مختلفتين من الماء في دورقين؛ لدراسة تأثير كتلة الجسم في مقدار تغيّر درجة حرارته، وأُدوّن نتائجي.
6. أُكرّر التجربة مرّة أُخرى بوضع كمّية محدّدة من الماء في دورق، ثمّ تسخينها مُددًا زمنية مختلفة؛ لدراسة تأثير زمن تسخين الجسم في مقدار تغيّر درجة حرارته، وأُدوّن نتائجي.

البيانات والملاحظات:

الجدول (1)

المادّة	الكتلة m (kg)	درجة الحرارة الابتدائية T_i (°C)	زمن التسخين t (s)	درجة الحرارة النهائية T_f (°C)
الماء				
الزيت				

التحليل والاستنتاج:

1. **أستنتجُ**: أُحدّد المتغيّر المستقلّ والمتغيّر التابع في التجربة.

.....

.....

2. **أُحلّل وأستنتجُ**: ما العلاقة بين كمّيتي الطاقة التي زوّدت بهما السائلين؟ هل هما متساويتان أم لا؟ أُفسّر إجابتي.

.....

.....

3. **أحسبُ** مقدار التغيّر في درجة حرارة الماء، ومقدار التغيّر في درجة حرارة الزيت، ثمّ أُدوّنهما.

.....

.....

4. **أُقارن** مقدار التغيّر في درجة حرارة الماء بمقدار التغيّر في درجة حرارة الزيت. هل هما متساويان؟ ماذا أستنتجُ؟ أُوضّح إجابتي.

.....

.....

.....

5. **أُحلّل وأستنتجُ**: ما الذي أستنتجُه بعد تنفيذ الخطوة (5)؟

.....

.....

.....

6. **أُحلّل وأستنتجُ**: ما الذي أستنتجُه بعد تنفيذ الخطوة (6)؟

.....

.....

.....

7. **أتوقّع** مصادر الخطأ المحتملة في التجربة.

.....

.....

التجربة 2 عمليّات الديناميكا الحرارية

الخلفيّة العلميّة:

يربط القانون الأول في الديناميكا الحرارية بين التغيّر في الطاقة الداخلية لنظام والشغل المبذول والحرارة، ولا يُشترط حدوث تغيّر في الكمّيات الفيزيائية الثلاث جميعها في عملية حرارية معيّنة؛ إذ تُصنّف العمليات الحرارية حسب الكمية الفيزيائية التي تبقى ثابتة في أثناء حدوث تلك العملية الحرارية إلى:

- عملية كاظمة (أديباتية) Adiabatic process: وهي عملية لا يحدث فيها تبادل للطاقة بين النظام ومحيطه على شكل حرارة؛ أي إنّ $Q = 0$.
- عملية عند ضغط ثابت Isobaric process: وهي عملية حرارية تحدث عند ثبات الضغط.
- عملية عند حجم ثابت Isovolumetric process: وهي عملية حرارية تحدث عند ثبات الحجم، ولا يتغيّر حجم الغاز في هذه العملية؛ لذا، فإنّ الشغل المبذول يساوي صفرًا $W = -P\,\Delta V$.
- عملية عند درجة حرارة ثابتة Isothermal process: وهي عملية حرارية تحدث عند ثبات درجة الحرارة. ونظرًا إلى أنّ درجة الحرارة لا تتغيّر في العملية عند درجة حرارة ثابتة لغاز؛ فإنَّ $\Delta U = 0$.

وفي معظم العمليات الحرارية يحدث التفاعل بين النظام ومحيطه الخارجي على شكل حرارة وشغل. وإذا كان النظام معزولًا؛ أي لا يتفاعل فيزيائيًّا مع المحيط الخارجي؛ فإنّه لا يحدث تبادل حراري مع المحيط الخارجي، والشغل المبذول يساوي صفرًا؛ لذا، لا تتغيّر الطاقة الداخلية للنظام $U_i = U_f$.

الأهداف:

- استقصاء عمليات الديناميكا الحرارية المثالية المختلفة.
- استقصاء ما يحدث لكلّ من: درجة الحرارة، والضغط، والحجم في كلّ عملية من عمليات الديناميكا الحرارية.
- استنتاج العلاقة بين الطاقة المنتقلة (الحرارة) والشغل والطاقة الداخلية في كلّ عملية من عمليات الديناميكا الحرارية.
- اكتساب مهارة تصميم التجارب وتنفيذها.

الموادّ والأدوات:

علبة ملطّف جوّ فلزّية، ساعة إيقاف، دورق زجاجي ذو فوّهة صغيرة، بالون عدد (2)، ماء، مصدر حرارة (كهربائي أو صفيحة تسخين)، مضخّة تفريغ هواء، مصدر طاقة كهربائية، ناقوس زجاجي.

إرشادات السلامة:

ارتداء المعطف واستعمال النظّارات الواقية للعينين وقفّازين حراريّين، والحذر من انسكاب الماء على أرضية الغرفة، والحذر من لمس مصدر الحرارة.

خطوات العمل:

بالتعاون مع أفراد مجموعتي؛ أُنفّذ الخطوات الآتية:

1. **أُلاحظ**: أُزيل غطاء علبة ملطّف الجوّ، وألمس العلبة وفوّهتها لملاحظة درجتَي حرارتهما.
2. **أضبطُ المتغيّرات**: أضغطُ على صمّام (كبسة) العلبة مدّة 3 s، على أنْ يتدفّق الغاز منها إلى المحيط الخارجي، ثمّ ألمسُ مباشرة العلبة وفوّهتها، وأُدوّن ملاحظاتي حول درجة حرارة العلبة وفوّهتها مقارنة بدرجتَي حرارتيهما في الخطوة السابقة.

.....

.....

.....

3. أسكبُ الماء في الدورق إلى منتصفه تقريبًا، ثمّ أُثبّت البالون عند فوّهة الدورق، ثمّ أضعه على مصدر الحرارة، مراعيًا عدم ملامسة البالون جدار الدورق كي لا يتلف البالون.
4. **أُلاحظ** ما يحدث للبالون عند غليان الماء في داخل الدورق، وأُدوّن ملاحظاتي.

.....

5. أصل مضخّة التفريغ بالناقوس الزجاجي، وأنفخُ البالون قليلًا وأضعه داخل الناقوس، ثمّ أصل المضخّة بمصدر الطاقة الكهربائية.
6. **أُلاحظ**: أبدأ بسحب الهواء من داخل الناقوس ببطء عن طريق تشغيل مضخة التفريغ، ثمَّ أُدوّن ملاحظاتي حول ما يحدث للبالون في أثناء هذه العملية.

.....

التحليل والاستنتاج:

1. **أُفسّر** سبب انخفاض درجة حرارة العلبة والصمّام في الخطوة (2). لماذا يجب تنفيذ هذه العملية بسرعة؟

.....

.....

.....

2. **أُحلّل وأستنتجُ**: ما الذي حدث للبالون في الخطوة (4)؟ هل بقي الضغط ثابتًا داخل البالون أم تغيّر؟ أُفسّر إجابتي.

.....

.....

.....

3. **أُحلّل وأستنتجُ**: ما الذي حدث للبالون في الخطوة (6)؟ هل ارتفعت درجة حرارة الهواء داخله؟ أُفسّر إجابتي.

.....

.....

.....

4. **أُحلّل وأستنتجُ**: هل حدث تبادل للطاقة بين النظام والمحيط الخارجي، في أثناء كلّ عملية من العمليّات الحرارية الموضّحة في الخطوات: 2، و4، و6؟

.....

.....

.....

5. **أُحلّل وأستنتجُ**: ماذا تُسمّى كلّ عملية من العمليّات الحرارية الموضّحة في الخطوات: 2، و4، و6؟

.....

.....

.....

.....

6. **أتوقّع** ما يحدث لعلبة ملطّف الجوّ الفلزّية عند تزويدها بكمّية من الطاقة على شكل حرارة. هل يتغيّر حجم الغاز في أثناء هذه العملية؟ ماذا تُسمّى هذه العملية؟

.....

.....

.....

قياس السعة الحرارية النوعية للرصاص

الخلفيّة العلميّة:

المسعّر الحراري Calorimeter أداة تُستخدم لقياس التغيّر في الطاقة الحرارية للموادّ الموضوعة داخله. ويعتمد مبدأ عمله على عدم تغيّر الطاقة الكلّية للنظام المكوّن من المسعّر ومحتوياته؛ إذ تنتقل الطاقة من جسم إلى آخر داخل الوعاء الداخلي للمسعّر المعزول حراريًّا عن جداره الخارجي، فيكون مقدار الطاقة المنتقلة من داخل المسعّر إلى المحيط الخارج (أو العكس) أقلّ ما يمكن بحيث يمكن إهمالها. ويُمزج المخلوط داخل المسعّر باستخدام قضيب التحريك؛ لتسريع تبادل الطاقة بين أجزاء النظام، فيصل إلى حالة الاتّزان الحراري خلال أقصر زمن ممكن، ما يحدّ من انتقال الطاقة إلى المحيط الخارجي. وللمسعّر الحراري استخدامات متعددة؛ فهو يُستخدم لقياس كتلة مادّة، أو سَعتها الحرارية النوعية، أو الطاقة المكتسبة أو الطاقة المفقودة. فمثلًا، عند وضع جسم ساخن في مسعّر نحاسي يحتوي على ماء بدرجة حرارة الغرفة، تنتقل الطاقة من الجسم الساخن إلى الماء والوعاء الداخلي للمسعّر، ويستمرّ انتقال الطاقة حتّى يصل النظام إلى الاتّزان الحراري. وعندئذٍ يُصبح صافي الطاقة المنتقلة صفرًا، ويكون مقدار الحرارة التي فقدها الجسم الساخن (Q_h) مساويًا لمقدار الحرارة التي كسبها الماء (Q_w) والوعاء الداخلي النحاسي للمسعّر (Q_c):

$$Q_{\mathrm{h}} + Q_{\mathrm{w}} + Q_{\mathrm{c}} = 0$$

$$m_{\mathrm{h}}\, c_{\mathrm{h}}\, \Delta T_{\mathrm{h}} + m_{\mathrm{w}}\, c_{\mathrm{w}}\, \Delta T_{\mathrm{w}} + m_{\mathrm{c}}\, c_{\mathrm{c}}\, \Delta T_{\mathrm{c}} = 0$$

في هذا الاستقصاء، سأقيس السعة الحرارية النوعية لمادّة الرصاص باستخدام المسعّر الحراري. وسأُراعي أخذ القياسات والقراءات بسرعة؛ لضمان عدم فقدان طاقة للمحيط الخارجي، وأُقوّم فاعلية هذه الطريقة في قياس السعة الحرارية النوعية بمقارنة نتائج تجربتي بالقيمة المقبولة للسعة الحرارية النوعية للرصاص، محاكاةً لما يفعلُه العلماء عند تصميم تجاربهم وتنفيذها، وتحليل النتائج التي يتوصّلون إليها وتقويم تجاربهم.

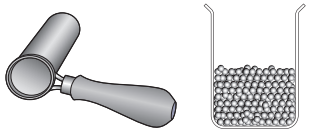
المعرفة السابقة:

معرفة أساسية بقانون حفظ الطاقة، وإلمام بحساب الطاقة المكتسبة والطاقة المفقودة، وتوافر معرفة ومهارة في التعامل مع المسعّر الحراري ومقياس درجة الحرارة وصفيحة التسخين، ومعرفة السعة الحرارية النوعية للماء والسعة الحرارية النوعية للنحاس، ويتطلب أيضًا معرفة السعة الحرارية النوعية للرصاص من أجل مقارنة نتائج التجربة بها.

الأهداف:

- استنتاج أهمّية الدقّة في القياسات؛ للوصول إلى نتائج مقبولة علميًّا.
- توضيح أهمّية استخدام الماء في المسعّر الحراري.
- استخدام قانون حفظ الطاقة لحساب كمّيات الطاقة المفقودة والطاقة المكتسبة داخل النظام.
- قياس السعة الحرارية النوعية لمادّة الرصاص.
- جمع البيانات المُتعلّقة بدرجة حرارة كلّ من: الماء والمسعّر وكرات الرصاص، وتنظيمها.
- تقويم الاستقصاء بناءً على نتائج التجربة.
- تصميم استقصاء لقياس السعة الحرارية النوعية لمادّة المسعّر.

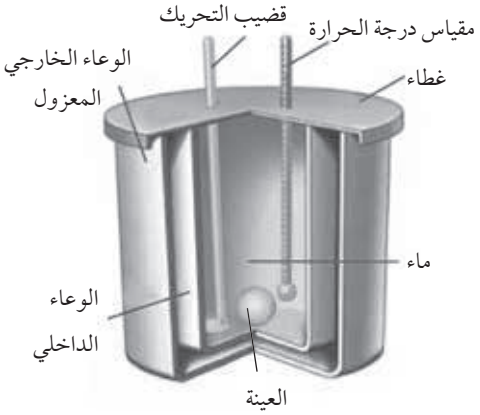
المواد والأدوات:



مسعّر حراري، ملعقة فلزّية عميقة لها مقبض من مادّة عازلة، 100 g كرات صغيرة من الرصاص، ميزان إلكتروني، مقياسا درجة حرارة، مصدر طاقة كهربائية، ماء، صفيحة تسخين، دورق زجاجي.

إرشادات السلامة:

لبس النظّارة الواقية وارتداء القفّازين ومريول المختبر، والحذر عند التعامل مع كرات الرصاص الساخنة والمصدر الحراري والماء الساخن، ومسح أيّ كمّية ماء تنسكب على الأرض؛ لأن الانزلاق عليها خطير.



خطوات العمل:

بالتعاون مع أفراد مجموعتي؛ أُنفِّذ الخطوات الآتية:

1. **أقيس** باستخدام الميزان الإلكتروني g 200 ماء، ثم أسكبها في الدورق الزجاجي، وأضعه على صفيحة التسخين، ثم أصل صفيحة التسخين بمصدر الطاقة وأُشغّلها حتّى تصبح درجة حرارة الماء 60°C تقريبًا.

2. **أقيس** باستخدام الميزان الإلكتروني كتلة الوعاء الداخلي للمسعّر وقضيب التحريك معًا، ثم أُدوّنها في الجدول (1).

3. **أقيس** باستخدام الميزان الإلكتروني g 200 من كرات الرصاص، ثمّ أضعها في الملعقة الفلزّية، ثمّ أضعها في الماء الساخن في الدورق.ثمَّ أضع مقياس درجة الحرارة بين كرات الرصاص في الملعقة على أنْ تحيط الكرات بمستودع المقياس، وأنتظرُ مدّة زمنية كافية حتّى تثبت قراءة درجة الحرارة على المقياس، ثمّ أُدوِّن في الجدول (1) كلًّا من: قراءة مقياس درجة الحرارة بوصفها درجة الحرارة الابتدائية للرصاص ($T_{i,Pb}$)، وكتلة الرصاص.

4. **أقيس**: في أثناء تنفيذي للخطوة السابقة يسكب أحد أفراد مجموعتي g 100 ماءً في المسعّر، وأضع مقياس درجة الحرارة مدّة زمنية كافية في الماء داخل المسعّر حتّى تثبت قراءته، وأُدوّنها في الجدول (1) بوصفها درجة الحرارة الابتدائية للماء والمسعّر ($T_{i,w}$).

5. **أُجرّب**: أُضيف كرات الرصاص الساخنة إلى الماء الموجود في المسعّر، وأُحرّك قضيب التحريك لوصول النظام إلى الاتّزان الحراري بسرعة.

6. **أقيس** درجة حرارة الماء في المسعّر بعد ثبوتها؛ بوصفها درجة الحرارة النهائية (T_f) لكرات الرصاص والماء والمسعّر، وأُدوّنها في الجدول (2).

البيانات والملاحظات:

الجدول (1)			
المادّة	الكتلة	درجة الحرارة الابتدائية T_i (°C)	درجة الحرارة النهائية T_f (°C)
الوعاء الداخلي للمسعّر وقضيب التحريك			
كرات الرصاص			
الماء في المسعّر			

الجدول (2)			
المادّة	كمّية الطاقة المكتسبة Q (J)	كمّية الطاقة المفقودة Q (J)	درجة الحرارة النهائية T_f (°C)
الوعاء الداخلي للمسعّر وقضيب التحريك			
كرات الرصاص			
الماء في المسعّر			

التحليل والاستنتاج:

1. **أحسبُ** كمّية الطاقة التي اكتسبها المسعّر الحراري، وأُدوّنها في الجدول (2).

.....

.....

2. **أحسبُ** كمّية الطاقة التي اكتسبها الماء، وأُدوّنها في الجدول (2).

.....

.....

3. **أُطبّق** قانون حفظ الطاقة لحساب السعة الحرارية النوعية للرصاص.

.....

.....

.....

4. **أُقارن**: درجتا الحرارة الابتدائية للماء والمسعّر متساويتان، ودرجتا الحرارة النهائية لهما متساويتان أيضًا، فهل يعني ذلك أنّهما اكتسبتا كمّية الطاقة نفسها خلال هذا التغيّر في درجة الحرارة؟ أفسّر إجابتي.

.....

.....

5. **أُقارن** مقدار السعة الحرارية النوعية للرصاص التي قستها في التجربة بالقيمة المقبولة لها، والتي تساوي 128 J/kg.K .

.....

.....

.....

6. **أُصدرُ حكمًا** على تجربتي في حساب السعة الحرارية النوعية؛ بناءً على إجابتي عن السؤال السابق.

.....

.....

.....

.....

7. **أُقوّم**: بناءً على إجابتي عن السؤال السابق؛ أُحدّد المشكلة أو المشكلات في التصميم أو التنفيذ. ما التعديلات التي يجب عليّ إدخالها في تجربتي للوصول إلى نتائج أكثر دقّة؟ أناقش رأي أفراد مجموعتي فيها.

.....

.....

.....

.....

8. **أُناقش**: كيف أُصمّم تجربة لحساب السعة الحرارية النوعية لمادّة المسعّر؟ أُناقش أفراد مجموعتي في ذلك.

.....

.....

.....

أسئلة تفكير

1 – أضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة لكلّ جملة ممّا يأتي:

1. مختلفان في الكتلة ومتّصلان حراريًّا. عندما يصل الجسمان إلى حالة الاتّزان الحراري:

أ . يتوقّف انتقال الطاقة بينهما.
ب. تكون درجة حرارة الجسم الأكبر كتلة هي الأعلى.
جـ. يصبح مجموع الطاقة المنتقلة بينهما صفرًا.
د . تكون درجة حرارة الجسم الأقلّ كتلة هي الأعلى.

2. ضغطت نسرين على كبسة (زرّ) علبة ملطّف جوّ داخل غرفتها مدّة (5 s)، فلاحظت انخفاض درجة حرارة علبة الملطّف بعد رشّ العطر منها، علمًا بأنّ درجة حرارة العلبة الابتدائية كانت مساوية لدرجة حرارة الغرفة. فما عملية الديناميكا الحرارية التي حدثت؟

أ . كاظمة (أديباتية).
ب. عند حجم ثابت.
جـ. عند ضغط ثابت.
د. عند درجة حرارة ثابتة.

3. في السؤال السابق، بعدما فرغت نسرين من استخدام علبة الملطف وضعتها داخل غرفتها مدّة نصف ساعة تقريبًا، فلاحظت ارتفاع درجة حرارة العلبة بحيث أصبحت مساوية لدرجة حرارة الغرفة مرّة أُخرى. فما عملية الديناميكا الحرارية التي حدثت خلال هذه المدّة؟

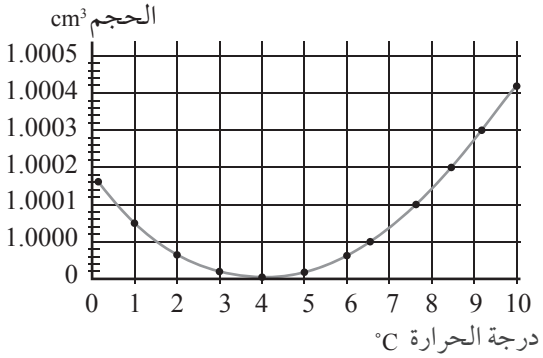
أ. كاظمة (أديباتية).
ب. عند حجم ثابت.
جـ. عند ضغط ثابت.
د. عند درجة حرارة ثابتة.

4. أيّ العمليّات الآتية لا يُبذل فيها شغل؟

أ. عمل محرّك ثلّاجة دورات عدّة.
ب. عمل محرّك حراري دورات عدّة.
جـ. غلي الماء في وعاء محكم الإغلاق.
د. نفخ إطار سيارة بمضخّة هواء.

5. يتكوّن الشريط الثنائي الفلزّ من شريطين:

أ . فلزّيين يتساويان في معامل التمدّد الطولي.
ب. فلزّيين يختلفان في معامل التمدّد الطولي.
جـ. أحدهما فقط فلزّ، ويتساويان في معامل التمدّد الطولي.
د. من مادّتين لهما معامل تمدّد مهمل.



* يوضّح الرسم البياني المجاور كيفية تغيّر حجم كتلة معيّنة من الماء عند تغيّر درجة حرارتها. إذا علمتُ أنّ العلاقة بين حجم كتلة محدّدة (V) وكثافتها (ρ) وكتلتها (m) يُعبَّر عنها بالمعادلة ($m = \rho V$)، فأُجيب عن الأسئلة (6 – 8).

6. ماذا يحدث للماء عندما تنخفض درجة حرارته إلى ما دون (4°C)؟

أ . يزداد حجمه، وتزداد كثافته.
ب. يزداد حجمه، وتقلّ كثافته.
جـ. يقلّ حجمه، وتزداد كثافته.
د . يقلّ حجمه، وتقلّ كثافته.

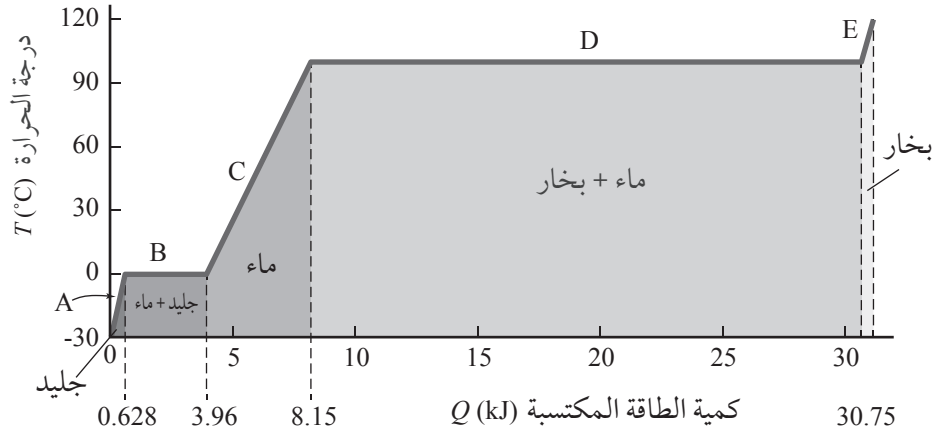
7. ماذا يحدث للماء عندما ترتفع درجة حرارته أكثر من (4°C)؟

أ . يزداد حجمه، وتزداد كثافته.
ب. يزداد حجمه، وتقلّ كثافته.
جـ. يقلّ حجمه، وتزداد كثافته.
د . يقلّ حجمه، وتقلّ كثافته.

8. ما درجة حرارة الماء التي تكون كثافته عندها أكبر ما يمكن؟

أ . 0°C
ب. 4°C
جـ. 10°C
د . 100°C

2 – يوضّح الشكل أدناه تمثيلًا بيانيًّا لتغيّر درجة حرارة مكعّب جليد كتلته 10 g بتغيّر كمّية الطاقة المكتسبة. مستعينًا بالشكل والبيانات المثبّتة عليه وفي الجدولين (1) و(2) في كتاب الطالب، أُجيب عمّا يأتي:



أ . ماذا يحدث لجزيئات الجليد في الجزء A عند تزويدها بالطاقة؟

.....

.....

ب. ماذا يحدث لجزيئات الماء في الجزء C عند تزويدها بالطاقة؟

.....

.....

جـ. ماذا يحدث للجزيئات في الجزء B عند تزويدها بالطاقة؟ **أُفسّر** إجابتي.

.....

.....

.....

د . في أثناء انصهار الجليد، ماذا يحدث لمتوسّط الطاقة الحركية لجزيئاته؟

.....

هـ. **أحسبُ** مقدار الطاقة اللازمة لصهر 10 g من الجليد عند درجة الانصهار.

.....

.....

و . **أحسبُ** مقدار الطاقة اللازمة لتحويل 10 g من الماء من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية عند درجة الغليان.

.....

.....

3 – **أفترضُ** نظامًا يتكوّن من كمّية من الماء في الحالة السائلة كتلتها 1 g وحجمها $1\ cm^3$ تتبخّر عند درجة الغليان عند الضغط الجوي المعياري ($1.013 \times 10^5\ Pa$). إذا أصبح حجمها في الحالة الغازية $1671\ cm^3$ ، وبافتراض أنّ البخار يدفع هواء المحيط الخارجي بعيدًا عن طريقه في أثناء تمدّده؛ لإهمال أيّ اختلاط بينهما، أُجيب عمّا يأتي:

أ . ما العمليّة الديناميكيّة الحراريّة المثاليّة التي تُمثّل هذه العمليّة؟

.....

.....

ب. **أحسبُ** مقدار الشغل الذي يبذله النظام في أثناء تمدّده.

.....

.....

.....

جـ. **أحسبُ** مقدار التغيّر في الطاقة الداخلية للنظام.

.....

.....

.....

.....

.....

د. ما نسبة الطاقة التي فقدها النظام؛ عند بذله شغلًا على المحيط الخارجي مقارنة بالطاقة التي اكتسبها؟

.....

.....

.....

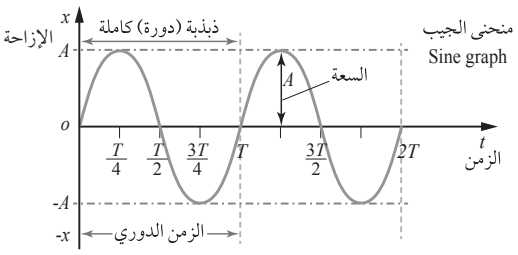
.....

تجربة استهلالية

دراسة الحركة التذبذبية لجسم معلّق في نابض

الخلفية العلمية: تتحرّك الأجسام بأشكال مختلفة؛ منها ما يتذبذب (يهتزّ) ذهابًا وإيابًا حول موقع ثابت مثل تذبذب جسم معلّق بنابض إلى أعلى وأسفل حول موقع الاتّزان ($x=0$). وتُسمّى القوّة التي تعمل على إعادة الجسم إلى موقع الاتّزان القوّة المُعيدة، وتُمثّل محصّلة قوّة الشدّ في النابض ووزن الجسم.

يمكن تمثيل المنحنى الناتج من التمثيل البياني لتغيّر إزاحة الجسم مع الزمن باستخدام منحنى الجيب؛ إذ تُمثّل سَعة الذبذبة أقصى إزاحة يتحرّكها الجسم من موقع الاتّزان، أمّا الزمن الدوري فهو زمن ذبذبة كاملة على نحو ما هو مُبيّن في الشكل المجاور.



الهدف:

- تعرُّف الحركة التذبذبية في نظام (كتلة – نابض).
- دراسة المنحنى الناتج عن تذبذب الجسم المعلّق بنابض، من حيث السعة والزمن الدوري.
- دراسة أثر تغيّر كتلة الجسم المعلّق ومرونة النابض في شكل المنحنى الناتج.

الموادّ والأدوات:

نابض، حامل فلزّي، شريط ورقي، قلم سائل، أسطوانة عدد (2)، أجسام ذات كُتَل مختلفة.

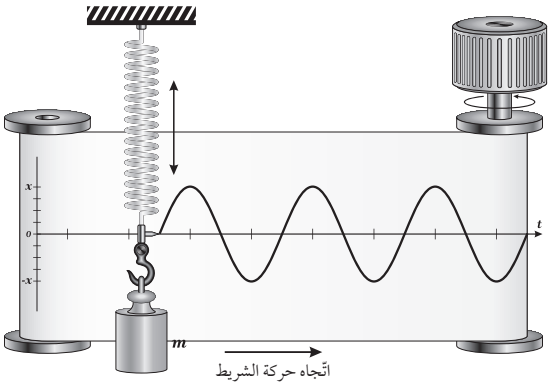
إرشادات السلامة:

الحذر من سقوط الأجسام والأدوات على القدمين.

خطوات العمل:

بالتعاون مع أفراد مجموعتي؛ أُنفّذ الخطوات الآتية:

1. أُثبّت طرف النابض العلوي بالحامل الفلزّي، وأُثبّت القلم عند الطرف السفلي للنابض، على أن يلامس شريطًا ورقيًّا قابلًا للسحب باتّجاه أُفقي بين أسطوانتين على نحو ما هو مبيَّن في الشكل المجاور.



2. أُعلّق بطرف النابض السفلي جسمًا كتلته (m)، وأتركه حتى يتّزن عند نقطة تُسمّى موقع الاتّزان ($x = 0$)، وأرسمُ محورًا أُفقيًّا يمرّ بها يُمثّل زمن الحركة (t).
3. أسحبُ الجسم المعلّق بالنابض رأسيًّا إلى أسفل (مسافة 5 cm مثلًا)، وأتركُه يتذبذب بالتزامن مع سحب أحد أفراد مجموعتي الشريط الورقي بسرعة ثابتة، ثم أرسمُ محورًا عموديًّا يُمثّل الإزاحة (x) بعد الانتهاء من سحب الشريط.
4. **أُلاحظ** الشكل الذي رسمه القلم على الشريط في أثناء اهتزاز الجسم في الخطوة السابقة.
5. **أُقارن:** أُكرّر الخطوات (4-2) مستخدمًا جسمًا آخر ذا كتلة مختلفة (m')، وأُلاحظ الفرق بين شكل المنحنى الناتج وشكله في الخطوة (3).

التحليل والاستنتاج:

1. **أُفسّر:** ما سبب اهتزاز الجسم المعلّق بالنابض؟

.....

.....

.....

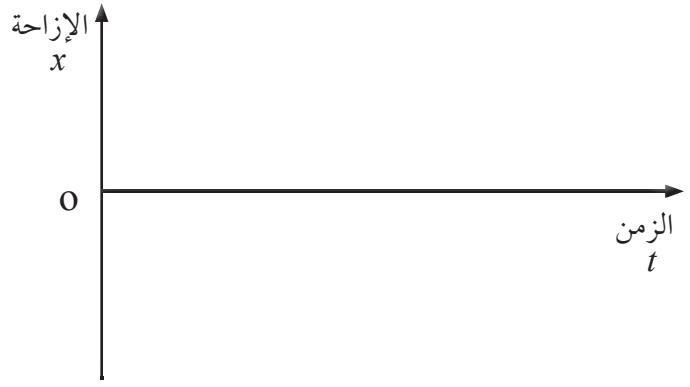
2. **أُحلّل:** أصف المنحنيات التي رسمها القلم على الشريط الورقي.

.....

.....

.....

3. **أُحلّل:** أُحدّد على المنحنى الناتج كلًّا من: ذبذبة كاملة، الزمن الدوري، سَعة الذبذبة.



4. **أُقارن** سَعة الذبذبة (x) عند استخدام كلٍّ من الكتلتين. هل تعتمد سَعة الذبذبة على كتلة الجسم المعلّق؟

.....

.....

.....

5. **أتوقّع**: إذا استخدمتُ نابضًا آخر مختلفًا في مرونته عن النابض السابق وكرّرتُ التجربة، فهل ستتغيّر النتائج؟

.....

.....

.....

6. **أُفسّر** تناقص سَعة الذبذبة مع الزمن.

.....

.....

.....

استخدام البندول البسيط؛ لإيجاد تسارع السقوط الحرّ عمليًّا

الخلفيّة العلميّة:

حركة البندول البسيط مثال نموذجي على الحركة التوافقية البسيطة. يتكوّن البندول البسيط من جسم كتلته m (مثل كرة) معلّقة بخيط رفيع مهمل الكتلة (كتلته صغيرة جدًّا مقارنة بكتلة الجسم) طوله L مثبّت على حامل على نحو ما في الشكل. فإذا سُحب الجسم إلى جهة معيّنة عن موقع الاتّزان ($x = 0$) على أنْ تكون الزاوية θ أقل من 10^{o} تقريبًا وتُرِك؛ فإنّه يتأرجح ذهابًا وإيابًا على المسار نفسه حول موقع الاتّزان في حركة توافقية بسيطة. ومن ثمّ، يمكن حساب تسارع السقوط الحر عن طريق قياس كلّ من طول البندول L والزمن الدوري لحركته T وتطبيق العلاقة:

$$T=2\pi\sqrt{\frac{L}{g}} \Longrightarrow g = \frac{4\pi^2 L}{T^2}$$

الهدف:

- استقصاء العلاقة بين الزمن الدوري لحركة البندول البسيط، وكلٍّ من طوله وكتلته.
- إيجاد تسارع السقوط الحر عمليًّا؛ باستخدام البندول البسيط.
- دراسة حركة البندول عندما تكون زاويته أكبر من 10^{o}.

الموادّ والأدوات:

كرتان فلزّيتان مختلفتان في الكتلة، حامل فلزّي، خيط غير قابل للاستطالة (أو سلك رفيع)، ساعة إيقاف رقمية، مسطرة مترية.

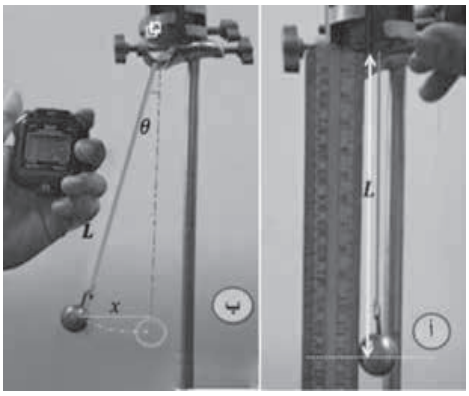
إرشادات السلامة:

الحذر من سقوط الأدوات والأثقال على القدمين.

خطوات العمل:

بالتعاون مع أفراد مجموعتي؛ أُنفّذ الخطوات الآتية:

1. أضع الحامل على سطح الطاولة، وأُثبّت اللواقط على قمّة الحامل، ثمّ أربط أحد طرفَي الخيط بكرة كتلتها m، في حين أُثبّت الطرف الآخر للخيط باللواقط على نحو ما في الشكل، على أنْ أتمكّن من تغيير طول الخيط L.



2. **أقيس** طول الخيط (L) باستخدام المسطرة المترية على نحو ما في الشكل (أ)، وأُدوّن النتيجة في الجدول.
3. أقيس: أسحبُ الكرة إلى اليسار مسافة أُفقية صغيرة، على أنْ تكون الزاوية θ أقل من 10^o تقريبًا على نحو ما في الشكل (ب)، وأتركها تتذبذب بالتزامن مع تشغيل أحد أفراد مجموعتي ساعة الإيقاف؛ لقياس زمن 10 ذبذبات كاملة (t_1) وأُدوّن نتائجي في الجدول.
4. أُكرّر الخطوة (3) مرّتين، وأُدوّن زمن عشر ذبذبات في كلّ مرّة (t_2,t_3)، وأُدوّن نتائجي في الجدول.
5. أُكرّر الخطوتين (3، 4) مستخدمًا أطوالًا مختلفة للخيط، وأُدوّن نتائجي في الجدول.
6. أُكرّر الخطوتين (3، 4) مستخدمًا كرة ذات كتلة مختلفة m'، وأدون نتائجي في الجدول.
7. أُكرّر الخطوتين (3، 4) بعد أن أُغيّر الزاوية إلى $\theta = 25^o$، وأدون نتائجي في الجدول.

البيانات والملاحظات:

زاوية البندول (θ)	الكتلة m(kg)	رقم المحاولة	طول الخيط L(m)	زمن 10 ذبذبات	متوسّط زمن 10 ذبذبات t(s)	الزمن الدوري T(s)	ميل الخط $\left(\frac{\Delta T^2}{\Delta L}\right)$	تسارع السقوط الحر $g=\frac{4\pi^2}{\left(\frac{\Delta T^2}{\Delta L}\right)}$ m/s²	
		.1		t_1=					
		.2		t_2=					
		.3		t_3=					
		.1		t_1=					
		.2		t_2=					
		.3		t_3=					
		.1		t_1=					
		.2		t_2=					
		.3		t_3=					
25^o	m'=	.1		t_1=					
		.2		t_2=					
		.3		t_3=					

التحليل والاستنتاج:

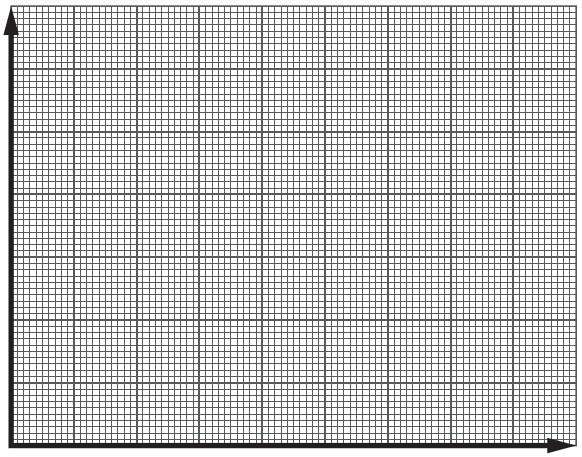
1. **أحسبُ** المتوسّط الحسابي (t) للفترات الزمنية الثلاث (t_1, t_2, t_3)، ثمّ **أحسبُ** الزمن الدوري (T)؛ بقسمة متوسّط الزمن (t) على عدد الذبذبات، وأُكرّر ذلك عند تغيّر طول الخيط، ثمّ أُدوّن نتائجي في الجدول. كيف يتغيّر الزمن الدوري بتغيّر طول الخيط؟

.....

.....

.....

2. **أرسمُ** العلاقة البيانية بين مربّع الزمن الدوري (T^2) على محور y وطول الخيط L على محور x، ثمّ أجد ميل الخطّ الناتج $\left(\frac{\Delta T^2}{\Delta L}\right)$، وأُطبّق العلاقة: $g = \left(\frac{L}{T^2}\right) \times 4\pi^2 = \frac{4\pi^2}{\left(\frac{\Delta T^2}{\Delta L}\right)}$ لحساب تسارع السقوط الحرّ g.



3. **أُحلّل**: هل تتّفق قيمة تسارع السقوط الحرّ g المحسوبة مع القيمة المعروفة $g = 9.8\ m/s^2$ ؟ ما سبب الاختلاف إن وجد؟

.....

.....

4. **أُحلّل**: هل تغيّر مقدار الزمن الدوري للبندول؛ عند استخدامي كرة ذات كتلة مختلفة m' ؟

.....

.....

5. **أتوقّع**: هل يتغيّر الزمن الدوري للبندول؛ عندما أُعيد إجراء التجربة في منطقة أعلى؟ أُفسّر إجابتي.

.....

.....

.....

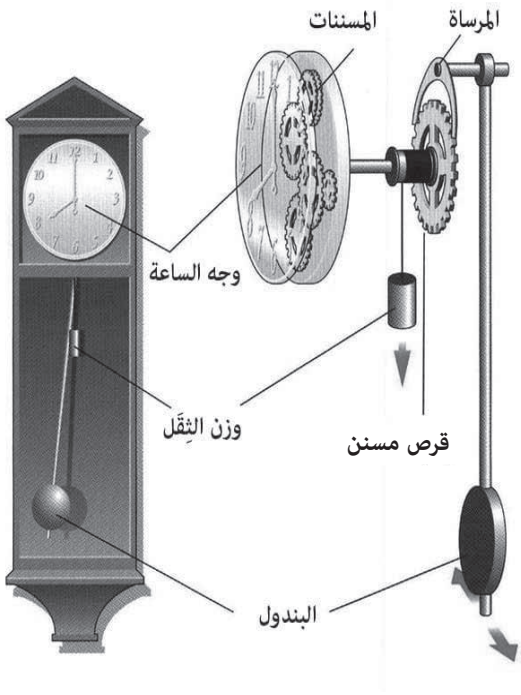
.....

.....

6. **أُفسّر**: عند تغيير الزاوية إلى $\theta = 25^{o}$ وحساب تسارع السقوط الحرّ؛ هل القيمة التي حصلت عليها قريبة من القيمة المقبولة للتسارع؟ أُفسّر إجابتي.

تصميم ساعة بندولية

الخلفيّة العلميّة:



تطوّرت صناعة الساعات عبر التاريخ وظهرت أشكال مختلفة مثل الساعة الشمسية، والساعة المائية، والساعة الرملية. وفي عام 1657م نجح العالم كريستيان هيغنز Christian Huygens في توظيف فكرة البندول البسيط، في صناعة أول ساعة بندولية تعتمد على الزمن الدوري للبندول، على أنْ يُكمل البندول ذبذبة كاملة في الثانية الواحدة؛ أيْ إنَّ الزمن الدوري للبندول (T=1 s) وتردّده (f = 1 Hz) عن طريق التحكّم بطول البندول واستخدام العلاقة: $T=2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$

فإذا زاد الزمن الدوري عن ثانية واحدة؛ فيجري تقليل طول الخيط L عن طريق إزاحة الكتلة إلى الأعلى، وإذا قلّ الزمن الدوري عن ثانية واحدة؛ فتجري زيادة طول الخيط L عن طريق إزاحة الكتلة إلى الأسفل، أتأمّلُ إلى الشكل المجاور.

في كل ذبذبة كاملة، يحرّك البندول المرساة التي تحرّك القرص المسنّن حركة واحدة تكافئ ثانية واحدة؛ إذ يتحرّك عقرب الثواني المتّصل بالقرص تكّة واحدة، ويُكمل القرص المسنّن دورته الكاملة بعد 60 s؛ إذ يحتوي القرص على 60 مسنّنًا.

الهدف:

- تصميم ساعة بندولية لقياس الزمن.
- استخدام الساعة البندولية التي صُمّمت في قياس الزمن.

المواد والأدوات:

كرة فلزّية قابلة للتعليق بخيط، حامل فلزّي، خيط غير قابل للاستطالة (أو سلك رفيع)، ساعة إيقاف رقمية، مسطرة مترية.

إرشادات السلامة:

الحذر من سقوط الأدوات والأثقال على القدمين.

خطوات العمل:

بالتعاون مع أفراد مجموعتي؛ أُنفّذ الخطوات الآتية (المتعلّقة بالبندول فقط):

1. أضع الحامل الفلزّي على سطح الطاولة وأُثبّت اللواقط على قمّة الحامل، ثمَّ أربط قرصًا أو كرة كتلتها m عند المنطقة السفلية من الخيط تقريبًا، في حين أُثبّت الطرف الآخر من الخيط باللواقط العلوية بحيث أتمكّن من تغيير طول الخيط L.
2. **أقيس** طول الخيط (L) باستخدام المسطرة المترية، وأُدوّن النتيجة في الجدول.
3. **أقيس**: أسحبُ الكرة إلى اليسار مسافة أُفقية صغيرة، على أنْ تكون الزاوية θ أقل من 10^o تقريبًا وأتركها تتذبذب بالتزامن مع تشغيل أحد أفراد مجموعتي ساعة الإيقاف؛ لقياس زمن 10 ذبذبات كاملة (t)، وأُدوّن نتائجي في الجدول.
4. **أُلاحظ**: أُكرّر الخطوتين (3-2) مرّات عدّة، على أنْ أُغيّر طول الخيط في كلّ مرّة (زيادة أو نقصان) حتى أحصل على نتيجة يتساوى عندها عدد الذبذبات مع عدد الثواني تمامًا، وأُدوّن نتائجي في الجدول.
5. **أقيس**: أستخدمُ البندول الذي حصلت عليه في الخطوة 4 في قياس زمن حدث ما (t') (زمن قصير نسبيًّا) في المختبر المدرسي، وأُكلّف أحد أفراد مجموعتي بقياس زمن الحدث نفسه (t'') باستخدام ساعة الإيقاف، وأُدوّن نتائجي في الجدول.

البيانات والملاحظات:

رقم المحاولة	طول الخيط L(m)	زمن 10 ذبذبات t(s)	الزمن الدوري T(s)	زمن الحدث باستخدام الساعة البندولية t'(s)	زمن الحدث باستخدام ساعة الإيقاف t''(s)

التحليل والاستنتاج:

1. **أحسبُ** الزمن الدوري T في كلّ محاولة؛ عن طريق قسمة زمن الذبذبات العشر على عدد الذبذبات.
   كيف يتغيّر الزمن الدوري بتغيّر طول البندول؟

.....

.....

2. **أحلّل**: ما مقدار طول الخيط الذي يصبح الزمن الدوري عنده (T=1 s)؟

.....

.....

3. **أُقارن** بين زمن الحدث المقيس بالبندول (t') وزمن الحدث نفسه المقيس بساعة الإيقاف (t'').

.....

.....

4. ما الأخطاء المحتملة في هذه التجربة؟

.....

.....

5. **أتوقّع**: هل يستمرّ البندول في حركته التذبذبية من دون التأثير فيه بقوة؟ أُفسّر إجابتي.

.....

.....

.....

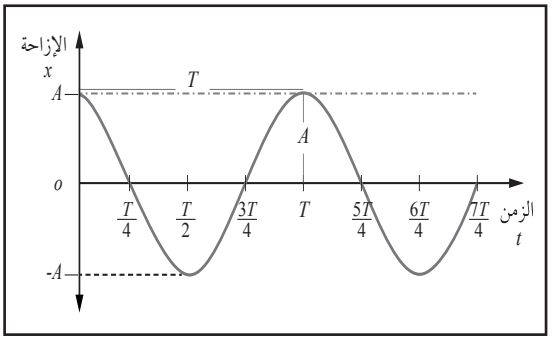
أسئلة تفكير

1- يستخدم أحمد أرجوحة تتذبذب في حركة توافقية بسيطة. إذا ضاعف الإزاحة القصوى للأرجوحة؛ فماذا سيحدث لكلّ من الزمن الدوري T وأقصى سرعة v_{max} للأرجوحة؟

أ . يتضاعف كلّ من T وv_m. ب. يبقى كلّ من T وv_{max} ثابتين.

جـ. T يتضاعف، وv_{max} ثابتة. د. T يبقى ثابتًا، وv_{max} تتضاعف.

2- يُمثّل الشكل المجاور منحنى (الإزاحة – الزمن) لجسم في حركة توافقية بسيطة؛ عند أيّ من الأزمنة الآتية تكون لسرعة الجسم قيمة عظمى موجبة:



أ . $t = \frac{T}{4}$ ب. $t = \frac{T}{2}$

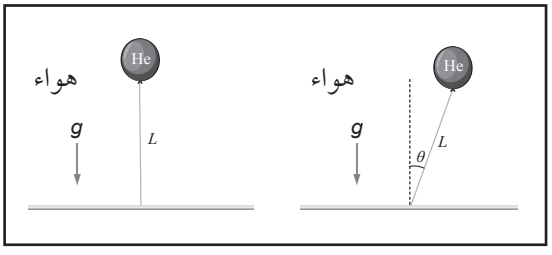
جـ. $t = \frac{3T}{4}$ د. $t = T$

3- أجرت أمل تجربة لقياس تسارع السقوط الحرّ g عند مستوى سطح البحر؛ باستخدام بندول طوله L وكتلته m وقياس الزمن الدوري T. إذا كرّرت التجربة عند أسفل وادٍ عميق باستخدام البندول نفسه؛ فماذا سيحدث لكلّ من الزمن الدوري للبندولT وتسارع السقوط الحرّ g .

أ . (g، T) ثابتان. ب. g: يزداد، T: يقلّ.

جـ. g : يزداد، T: يزداد. د. g: يقلّ، T: يقلّ.

4- بالون مملوء بغاز الهيليوم مربوط بطرف خيط. إذا أُزيح البالون إلى اليمين زاوية $\theta = 8^o$ على نحو ما في الشكل المجاور وتُرِك؛ فأُجيب عما يأتي:



أ. أُحدّد القوى المؤثّرة في البالون وأُحلّلها.

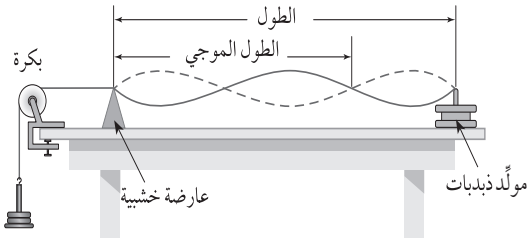
ب. أُحدّد القوّة المُعيدة في الشكل.

جـ. أصف حركة البالون.

تجربة استهلالية
قياس سرعة الموجات الميكانيكية في الأوساط الصلبة

الموادّ والأدوات:

خيط متين طوله (1.5 m)، بكرة، مولّد ذبذبات ومولّد إشارة، حامل أثقال، مجموعة كتل، عارضة خشبية.



إرشادات السلامة:

الحذر من سقوط الأجسام والأدوات على القدمين، ووضع النظّارات الواقية خوفًا من انقطاع الخيط.

خطوات العمل:

بالتعاون مع أفراد مجموعتي؛ أُنفّذ الخطوات الآتية:

1. أُثبّت مولّد الذبذبات على طرف الطاولة، وأُثبّت البكرة على الطرف المقابل.
2. أربطُ طرف الخيط بالجزء المهتزّ في مولّد الذبذبات وطرفه الآخر بحامل الأثقال وأُمرّره فوق البكرة، ثم أضع العارضة الخشبية تحت الخيط بالقرب من البكرة، على نحو ما في الشكل.
3. أضع كتلة 200 g على حامل الأثقال، وأُشغّل مولّد الذبذبات عن طريق توصيله مع مولّد الإشارة، ثمّ أُحرّك العارضة أفقيًّا كي ينتظم اهتزاز الخيط وأُشاهد بوضوح الموجات، وعدد القمم والقيعان المتكوّنة.
4. **أقيس** المسافة بين عُقدتين متجاورتين (بطن) وأُكرّر هذا القياس لأكثر من موقع، ثمّ أحصل على الطول الموجي بمضاعفة المسافة.
5. أحصل على تردّد الموجات من تردّد الجهاز المولّد للذبذبات، وأُدوّنه في الجدول.
6. أُكرّر خطوات التجربة (3) مرّات بتغيير تردّد المولّد في كلّ مرة، وأُدوّن نتائجي في جدول البيانات.
7. أُغيّر الكتلة المعلّقة بالخيط، وأُكرّر التجربة مرّة إضافية وأُلاحظ الاختلاف في القياسات.

التحليل والاستنتاج:

1. أرسمُ النمط المتكوّن عند الحصول على شكل منتظم للموجات، وأُوضّح ما تعنيه العقدة.

.....

.....

2. **أُفسّر** سبب ثبات سرعة انتشار الموجات في المحاولات الثلاث الأولى.

.....

.....

3. **أستنتجُ** العلاقة بين التردّد والطول الموجي للموجات المنتشرة في الخيط.

.....

.....

4. **أحسبُ** سرعة الموجات باستخدام العلاقة الرياضية، التي تربط بين السرعة وكلّ من التردّد والطول الموجي.

.....

.....

5. **أُفسّر** تأثير اختلاف الكتلة المعلّقة في سرعة الموجات في الخيط.

.....

.....

6. **أستنتجُ**: ما الطرائق التي يمكن بها زيادة الطاقة المنقولة في المدّة الزمنية نفسها خلال الحركة؟

التجربة 1

استقصاء تردّدات الموجات الموقوفة في وتر مشدود

الخلفيّة العلميّة:

يمكن توليد موجات ميكانيكية مستعرضة في حبل أو وتر أو سلك فلزّي مشدود من طرفيه، وذلك بوصل مصدر مولّد للاهتزازات الميكانيكية بأحد طرفَي الحبل ثمّ تشغيل المولّد، فيبدأ بالاهتزاز وتبدأ الموجات المستعرضة بالانتشار في الحبل. نتيجة انعكاس الموجات من الطرفين الثابتين للحبل؛ يحدث تداخل بين الموجات الصادرة عن المولّد والموجات المنعكسة عن الطرفين الثابتين، فتنشأ موجات مستقرّة لها تردّدات مختلفة. يعتمد التردّد الأساسي لهذه الموجات على سُمك الحبل وعلى مقدار قوّة الشدّ. بزيادة كتلة الحبل يقلّ التردّد الأساسي، وبزيادة قوّة الشدّ يزداد التردّد الأساسي.

في هذه التجربة سيُستخدم خيط واحد؛ أي إنّ متغيّر كتلة الخيط سيجري ضبطه، لكنّ قوّة الشدّ سيجري التحكّم فيها عن طريق تغيير الكتلة المعلّقة. وفي حالة عدم توافر مولّد الذبذبات يمكن استخدام سمّاعة كبيرة، بعد تثبيت جزء من أنبوب قلم بلاستيكي في منتصف غشاء السمّاعة باستخدام مادة لاصقة جيّدة، ثمّ ملامسة الأنبوب البلاستيكي للخيط، وتوصيل السمّاعة بجهاز مولّد الإشارة.

الهدف:

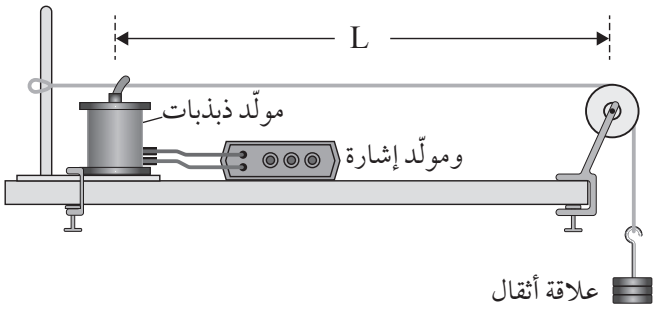
- استقصاء تكوّن موجات موقوفة في وتر مشدود.
- استقصاء تكوّن التوافقات المختلفة للموجات الموقوفة، واستنتاج علاقة بين الطول الموجي وطول الخيط.
- حساب سرعة انتشار الموجة في الخيط بمعرفة الطول الموجي والتردّد.

الموادّ والأدوات:

مولّد ذبذبات ومولّد إشارة، خيط نايلون، بكرة صغيرة، ملزمتان للتثبيت، حامل أثقال ومجموعة أثقال.

إرشادات السلامة:

الحذر من سقوط الأجسام والأدوات على القدمين، ووضع النظّارات الواقية خوفًا من انقطاع الخيط.



خطوات العمل:

بالتعاون مع أفراد مجموعتي، أُنفّذ الخطوات الآتية:

1. أُركّب أدوات التجربة على نحو ما في الشكل، مستخدمًا الملزمتين في تثبيت البكرة ومولّد الذبذبات في الطاولة.
2. أُعلّق كتلة g 50 في الخيط، ثمّ أُشغّل مولّد الذبذبات على أقلّ تردّد ممكن.
3. أبدأ بزيادة التردّد وأُراقب الخيط حتّى تبدأ الموجات الموقوفة بالتكوّن، أُلاحظ عدد البطون والعُقد المتكوّنة، وأقيس المسافة بين العقدتين وأُدوّنها في الجدول، ثمّ أُدوّن قياس التردّد.
4. أزيد من مقدار التردّد، وأُراقب تكوّن نمط آخر من الموجات الموقوفة. أُلاحظ عدد البطون والعُقد المتكوّنة، وأقيس المسافة بين عقدتين وأُدوّنها في الجدول، ثمّ أُدوّن قياس التردّد.
5. أُكرّر الخطوة (4)، وأُدوّن القياسات والملاحظات في الجدول.

البيانات والملاحظات:

وصف الموجات الموقوفة في التوافق الأول: .....

وصف الموجات الموقوفة في التوافق الثاني: .....

وصف الموجات الموقوفة في التوافق الثالث: .....

طول الخيط يساوي: ..... الوزن المعلّق يساوي: .....

التوافق	عدد العُقد	عدد البطون	عدد الموجات	طول الموجة	التردّد	السرعة	ملاحظات
1							
2							
3							

العلاقة	بين طول الخيط والطول الموجي	بين طول الخيط والتردّد والسرعة
التوافق الأول		
التوافق الثاني		
التوافق الثالث		

التحليل والاستنتاج:

1. **أصف** النمط الأول وأرسمُ شكل الموجة المتكوّنة، وأُحدّد عدد العُقد والبطون فيها، ثمّ أُقارن بين طول الخيط وطول الموجة المتكوّنة.

.....

.....

2. **أصف** النمطين الثاني والثالث بالطريقة نفسها، التي وصفت بها النمط الأول.

.....

.....

3. **أستنتجُ** العلاقة بين طول الخيط وعدد العُقد والطول الموجي للنمط الأول، ثمّ للأنماط المتكوّنة جميعها.

.....

.....

4. **أستنتجُ** العلاقة بين طول الخيط والطول الموجي والتردّد للنمط الأول، ثمّ للأنماط المتكوّنة جميعها.

.....

.....

5. **أتوقّع** أثر زيادة الكتلة المعلّقة في القياسات السابقة.

.....

.....

التجربة 2
قياس طول موجة ضوء أحادي اللون باستخدام محزوز الحيود

الخلفيّة العلميّة:

يجب الانتباه إلى أن تكون الطاولة أُفقية ومحزوز الحيود مثبّتًا بشكل عموديًّا على الطاولة وموازيًا للحاجز الذي ستتكوّن عليه الأهداب. يمكن حساب الطول الموجي لضوء أحادي اللون عند سقوطه على محزوز حيود وانحراف الضوء بزاوية؛ وذلك بإجراء عمليات القياس اللازمة، ثم استخدام العلاقة: $\sin\theta_n=\frac{n\lambda}{d}$

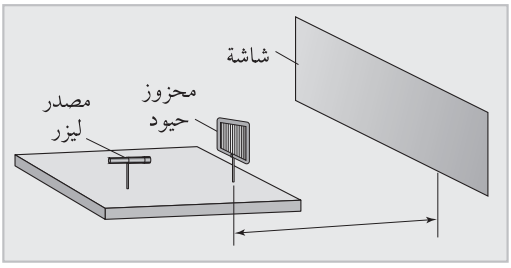
مع الانتباه إلى رقم الهدب المضيء (n)، وكذلك قياس الزاوية (θ_n) بطريقة صحيحة؛ إذ يكون الضلع الأوّل للزاوية هو الخطّ الواصل بين محزوز الحيود والهدب المضيء المركزي (الذي لم يَحِد)، والضلع الثاني للزاوية هو الخطّ الواصل من محزوز الحيود إلى الهدب المضيء ذي الرتبة (n).

أحسب المسافة بين خطين على المحزوز بوحدة المتر باستخدام العلاقة:

$$d=\frac{1}{\text{عدد الخطوط في المليمتر}\times 1000}$$

الموادّ والأدوات:

مصدر ضوء ليزر، محزوز حيود عدد خطوطه معلوم، مشابك تثبيت، شاشة مناسبة للعرض، مسطرة مترية، منقلة.



إرشادات السلامة:

عدم النظر إلى مصدر الليزر أو انعكاساته.

خطوات العمل:

بالتعاون مع أفراد مجموعتي؛ أُنفّذ الخطوات الآتية:

1. أُركّب أدوات التجربة على نحو ما هو مُبيّن في الشكل أعلاه.
2. أُثبّت محزوز الحيود بشكل عموديًّا على سطح طاولة أُفقي مستخدمًا المشبك، على أنْ يكون المحزوز في وضع رأسي تمامًا.
3. أُثبّت الشاشة في وضع رأسي، وأجعل بعدها عن محزوز الحيود أكبر ما يمكن، أي بحدود (1.5 m).

4. أستخدمُ مشبكًا آخر في تثبيت مصدر الليزر على مسافة مناسبة من محزوز الحيود.
5. أُشغّل مصدر الليزر، وأُلاحظ تكوّن الأهداب المضيئة والمعتمة على الشاشة.
6. أُحـرّك الشاشـة اقترابًـا أو ابتعـادًا عن الطاولـة؛ حتّى أشـاهد الهدب الثانـي ($n = 2$)، الـذي أرمز إليه بالرمـز (n_2)، ثـمّ أقيـس المسـافة بين محـزوز الحيـود والشاشـة وأُدوّنها في جـدول خاصّ.
7. **أقيـس** المسـافة مـن الهـدب المركـزي (n_0) والهـدب الأول الأيمـن (n_1)، والمسـافة بيـن الهـدب المركـزي والهـدب الأول الأيسـر، وأُدوّن القياسـين فـي الجـدول.
8. **أحسـبُ** قيـاس الزاويـة بيـن الشـعاع المركـزي والشـعاع الأوّل مـن أحـد الجانبيـن، وذلك بقسـمة المسـافة بيـن الهدبيـن (n_0) و (n_1) علـى البعـد بين الشاشـة والمحـزوز، فأحصلُ على ظـل الزاوية، علمًـا بـأنّ: ($\theta \approx \sin\theta = \tan\theta$) (عنـد قيـاس الزاويـة بالتقديـر الدائـري).
9. أُكرّر القياسات مع الهدب الثاني الأيمن والهدب الثاني الأيسر، وأُدوّن القياسات.

البيانات والملاحظات:

أحسبُ المسافة بين خطّين في المحزوز (d)						
	رقم الهدب	θ_n	$\sin\theta_n$	d(m)	λ(m)	ملاحظات
اليمين	1					
اليسار	1					
المتوسّط	1					
اليمين	2					
اليسار	2					
المتوسّط	2					

التحليل والاستنتاج:

1. أُوضّح لماذا يجب أن تكون المسافة بين المحزوز والشاشة أكبر ما يمكن.

.....

.....

2. **أقترحُ** طريقة للتأكّد من أنّ محزوز الحيود مثبّت تثبيتًا موازيًا للشاشة.

.....

.....

3. **أُفسّر** سبب قياس المسافة من الهدب المركزي إلى الهدب الأول من جهتَي اليمين واليسار، ثمّ استخراج المتوسّط الحسابي .

.....

.....

4. **أحسبُ** مقدار الطول الموجي للضوء بمعرفة الزاوية θ والقياسات الأخرى في الجدول.

.....

.....

تحليل الضوء الأبيض باستخدام المطياف ومحزوز الحيود

المطياف:

أداة بصرية تُستخدم لتحليل الأطياف الضوئية وقياس زوايا انحراف كلّ لون منها، ويتكوّن المطياف – على نحو ما يُبيّن الشكل المجاور– من الأجزاء الآتية:

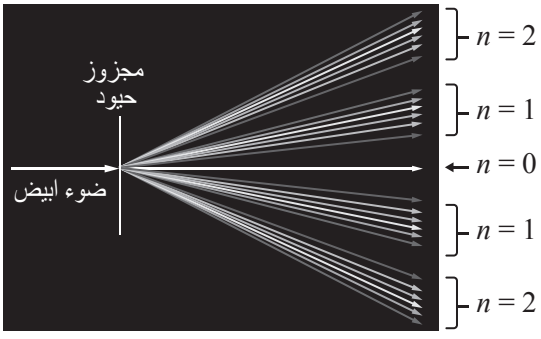
قاعدة: يجب تثبيتها بشكل أفقيًّا تمامًا عند الاستخدام، وفوقها منصة دائرية يوضع عليها المنشور أو محزوز الحيود، وتحتوي كلّ من المنصة والقاعدة على تدريج زوايا دقيق يُساعد على ضبط الاتّجاهات بدقّة.

مدخل الضوء: يحتوي على شقّ رأسيٍّ ضيّق قابل للضبط، ومجموعة عدسات للحصول على أشعّة متوازية.

مخرج الضوء: يتكوّن من تلسكوب للنظر عبره، وفيه شعرتان متعامدتان.

محزوز الحيود: أداة لحيود الضوء تحتوي على عدد كبير من الشقوق الرأسية المتوازية (ورد توضيحه في الدرس).

الخلفيّة العلميّة:



يمرّ الضوء من المصباح إلى الشقّ الضيّق في المطياف، ثمّ يتحوّل عن طريق العدسات إلى حزمة متوازية تسقط على محزوز الحيود، وبعد حيودها يمرّ جزء منها خلال التلسكوب، ثمّ يُشاهد الضوء بالعين. وتقاس زاوية الحيود باستخدام مؤشر وتدريج خاص على قاعدة المطياف. ويجري تعويض قيمة الزاوية في العلاقة الآتية: $\theta_n = \frac{n\lambda}{d}$

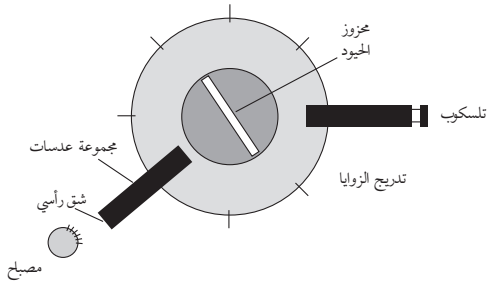
مع الأخذ في الحسبان رتبة الحيود، حيث الرتبة الأولى ($n = 1$)، لها زاوية انحراف لكلّ لون، ثمّ عند الرتبة الثانية ($n = 2$) توجد زاوية انحراف لكلّ لون، على نحو ما يُبيّن الشكل المجاور. بتطبيق العلاقة السابقة لكلّ لون، أجد أنّه ضمن الرتبة الواحدة تزداد زاوية حيود كلّ لون بزيادة طوله الموجي.

الهدف:

- تحليل الضوء الأبيض إلى مكوّنات الطيف المرئي.
- قياس الطول الموجي لكلّ لون من مكوّنات الطيف المرئي.

الموادّ والأدوات:

مصباح كهربائي متوهّج (تنغستون)، محزوز حيود عدد خطوطه معلوم، مشابك تثبيت، مطياف، شاشة عرض.



إرشادات السلامة:

عدم النظر إلى مصدر الضوء مباشرة، والحذر عند توصيل المصباح بمصدر الطاقة الكهربائية.

خطوات العمل:

بالتعاون مع أفراد مجموعتي؛ أُنفّذ الخطوات الآتية:

1. أُركّب أدوات التجربة على نحو ما هو في الشكل المجاور، على أنْ يكون المطياف أُفقيًّا تمامًا على الطاولة.
2. أُبعد التلسكوب عن مسار الضوء، وأنظرُ إلى مصدر الضوء عبر الشقّ الرأسي، وأضبطُ اتّساعه.
3. أُدوّر التلسكوب على أنْ يصبح على استقامة الشقّ وأنظر خلاله، ثم أضبطُ البؤرة على الشعرتين المتعامدتين داخل التلسكوب، وأتأكّد من أنّ قراءة الزاوية تساوي صفرًا.
4. أضع محزوز الحيود على القاعدة وأُثبّته باستخدام اللاقط، على أنْ يكون عموديًّا ومقابلًا للشق.
5. أنظرُ من التلسكوب وهو على زاوية الصفر، باحثًا عن الهدب المضيء المركزي الذي يظهر باللون الأبيض.
6. أُحرّك التلسكوب ببطء نحو اليمين للبحث عن الهدب المضيء الأول، وأتوقّف عن الحركة عند ظهور اللون الأول، ثمَّ أُدوّن اسم اللون وقياس زاوية الانحراف في الجدول.
7. أُحرّك التلسكوب قليلًا نحو اليمين للعثور على اللون الثاني، وأُدوّن اسم اللون وزاوية الانحراف، وأُكرّر ذلك لبقية ألوان الطيف المرئي.
8. أُكرّر الخطوات (7-4) من الجهة اليسرى، ثمّ أحصل على القياسات وأُدوّنها في الجدول.

البيانات والملاحظات:

الملاحظات التي تتعلّق بالهدب المركزي (n=0):

الألوان: .....

زاوية الحيود: ..... شدّة الإضاءة: .....

الملاحظات التي تتعلّق بالهدب الأوّل (n=1):

الألوان.....

زاوية الحيود: ..... شدّة الإضاءة: .....

جهة الانحراف: .....

الملاحظات التي تتعلّق بالهدب الثاني (n=2):

الألوان.....

زاوية الحيود: ..... شدّة الإضاءة: .....

جهة الانحراف: .....

أوّلًا: الحيود من الجهة اليمنى: (ليس ضروريًّا قياس زاويا ألوان الطيف جميعها)

أحسبُ المسافة بين خطّين في المحزوز (d) .....

اللون	الهدب	θ_n	$\sin \theta_n$	d(m)	λ(m)	ملاحظات
بنفسجي	1					
أزرق	1					
أخضر	1					
أصفر	1					
أحمر	2					

ثانيًا: الحيود من الجهة اليسرى: (ليس ضروريًّا قياس زاويا ألوان الطيف جميعها)

أحسبُ المسافة بين خطّين في المحزوز (d)						
اللون	الهدب	θ_n	$\sin\theta_n$	d(m)	λ(m)	ملاحظات
بنفسجي	1					
أزرق	1					
أخضر	1					
أصفر	1					
أحمر	1					

التحليل والاستنتاج:

1. **أُقارن** بين النتائج في الجدولين، ثمّ **أُفسّر** سبب الاختلافات إن وجدت.

.....

.....

2. **أصف** العلاقة بين الطول الموجي وزاوية الانحراف.

.....

.....

3. **أصف** العلاقة بين رتبة الهدب وشدّة الإضاءة.

.....

.....

4. **أُفسّر** سبب تحليل الضوء الأبيض في محزوز الحيود، وظهور ألوان الطيف عند كلّ هدب.

.....

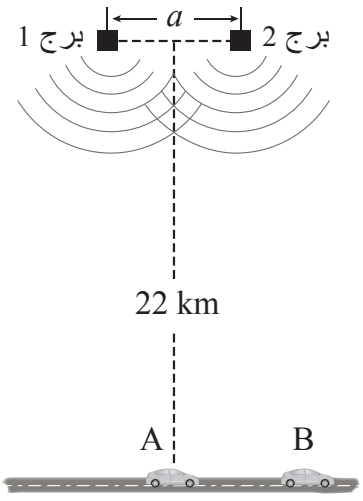
.....

5. **أُفسّر** سبب مشاهدة اللون الأبيض، وعدم تحليل الضوء في الهدب المركزي.

.....

.....

أسئلة تفكير



1. يقود أحمد سيّارته على طريق مستقيم باتّجاه الشرق بسرعة 25 m/s، وفي أثناء ذلك يستمع إلى إذاعة راديو تردّدها 100 MHz، في لحظة وجوده عند النقطة (A) كان صوت البث عاليًا، ثم انخفض الصوت، لكنّه عاد عاليًا بعد ثانيتين عند النقطة (B). إذا علمتُ بوجود برجين للبثّ على يسار السائق (جهة الشمال) يبعدان عن الطريق مسافة 22 km. أُجيبُ عن الأسئلة الآتية: (علمًا بأنّ سرعة الضوء 3×10^8 m/s):

أ - **أُفسّر** سبب انخفاض صوت البث الإذاعي وارتفاعه بالنسبة إلى سائق السيارة المتحرّكة.

.....

ب - **أحسبُ** المسافة بين الموقعين: A، B.

.....

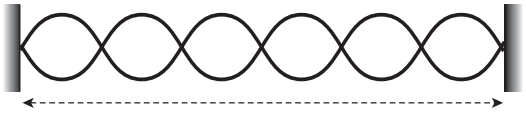
جـ - **أحسبُ** المسافة بين برجَي البثّ الإذاعي.

.....

د - أُحدّد موقعين آخرين على الطريق، يكون فيهما صوت البثّ عاليًا.

.....

2. يبين الشكل موجات موقوفة تكونت في وتر طوله (L)، وتردد الموجات (f). مستعينًا بالشكل أجيب عن الأسئلة الآتية:



أ. أرسمُ الموجات الموقوفة المتولدة في الوتر نفسه إذا تغير التردد إلى ($\frac{2}{3}f$).

ب. أرسمُ الموجات الموقوفة المتولدة في الوتر نفسه إذا تغير التردد إلى ($\frac{3}{2}f$).

جـ. هل يمكن أن يتولد في الوتر نفسه موجات موقوفة ترددها ($\frac{1}{4}f$)؟ **أفسرُ** إجابتي.

.....

Collins