KINGDOM OF BAHRAIN

Ministry of Education

مَمْلَكَةُ البَحْرَيْن

وَزَارَةُ التَّرْبِيَةِ وَالتَّعْلِيم

فيز 210/217

# الفيزياء 2

## كراسة التجارب العملية
## للمرحلة الثانوية

2030

البحرين
BAHRAIN

فيز 210 / فيز 217

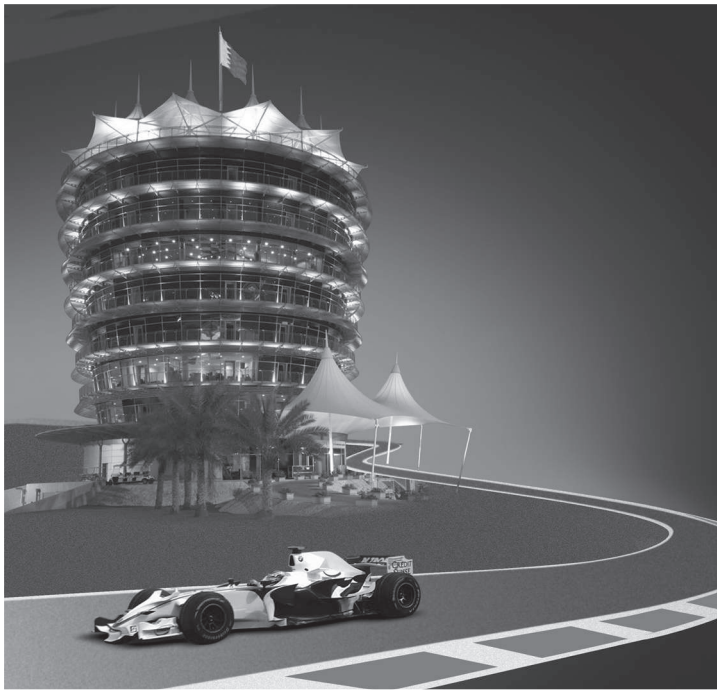
قررت وزارة التربية والتعليم بمملكة البحرين اعتماد هذه الكراسة لتدريس الفيزياء 2 بمدارسها الثانوية

إدارة سياسات وتطوير المناهج

# الفيزياء 2

## كراسة التجارب العملية

### للمرحلة الثانوية



الطبعة الثالثة
1444 هـ - 2022 م

منهاجي
متعة التعليم الهادف

العبيكان Obeikan

Mc Graw Hill Education

التأليف والتطوير

فريق متخصّص من وزارة التربية والتعليم بمملكة البحرين.

www.macmillanmh.com

Mc Graw Hill Education

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.

العبيكان Obeikan

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 و الاسترجاع، دون إذن خطي من الناشر.

# المقـدمـة

**عزيزي الطالب / عزيزتي الطالبة**

تتكامل كراسات التجارب العملية لفروع مادة العلوم المختلفة (الفيزياء، والكيمياء، والأحياء وعلوم 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 هذه الكراسة المصاحبة لكتاب الفيزياء (2) للمرحلة الثانوية – إلى تعزيز المفاهيم والمهارات العلمية لديك، وإلى إكسابك مهارات الاستقصاء العلمي، والطرائق العلمية في تنفيذ التجارب العملية، وجمع البيانات وتسجيلها، والتعامل مع الجداول والرسوم البيانية، واستخلاص النتائج وتفسيرها. كما تهدف هذه الكراسة العملية إلى إكسابك مهارات التعامل مع الأدوات، والأجهزة في المختبر.

وتتضمن هذه الكراسة تجارب عملية تتلاءم مع محتوى فصول كتاب الفيزياء (2)، وسياق الموضوعات المقدمة فيه، وتتضمن إرشادات عن كيفية التعامل مع التجارب وفق خطوات متسلسلة من حيث تحديد المشكلة لكل تجربة وأهدافها، وإرشادات السلامة والمواد والأدوات.

وإننا إذ نقدم لك هذه الكراسة، لنأمل أن تكون قادرًا على استيعاب الأهداف المنشودة وتحقيقها من خلال تنفيذ التجارب الواردة فيها، وأن تتفاعل مع معلمك والمعنيين في المختبر تفاعلًا ايجابيًا في جميع المجالات والمستويات بدءًا بمراعاة مبادئ الأمن والسلامة، ومرورًا بالتخطيط والتصميم وتنفيذ التجريب، وانتهاءً بالتحليل والاستنتاج.

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

# قائمة المحتويات


**تعزيــز الاتجاهــات العلميــة** ..... **5**

**الإســعافات الأولية في المختــبر** ..... **9**

**احتياطــات الســلامة في المختــبر** ..... **10**

**المخاطر والاحتياجات الواجب مراعاتهــا** ..... **11**

**كتابــة تقاريــر المختــبر** ..... **12**

مختبر الفيزياء 1-1 كيف يتحرك الجسم المنزلق على سطح مائل؟ ..... **14**

مختــبر الفيزيــاء 2-1 كيــف يمكــن تحديــد معامــلي الاحتــكاك الســكوني والحركــي لجســم عــلى سـطح افقـي؟ ..... **18**

مختبر الفيزياء 1-2 السرعة النسبية ..... **21**

مختبر الفيزياء 2-2 ما العوامل التي تؤثر في مسار مقذوف ما؟ ..... **26**

مختبر الفيزياء 1-3 هل تساوي الكتلة القصورية كتلةَ الجاذبية؟ ..... **29**

مختبر الفيزياء 2-3 ما شـكل مدارات الكواكب والاقمار في النظام الشمسي؟ ..... **34**

مختبر الفيزياء 1-4 العـزوم ..... **37**

مختــبر الفيزيــاء 2-4 ما الشروط اللازمــة للاتزان عندما تؤثــر قوتان متوازيتان في جســم؟ ..... **41**

مختبر الفيزياء 1-5 هل الزخم محفوظ؟ ..... **44**

مختــبر الفيزيــاء 2-5 كيــف يتأثــر زخــم نظــامٍ مــا للاصطــدام الملتحــم؟ ..... **47**

مختبر الفيزياء 1-6 هل الطاقة محفوظة؟ ..... **50**

مختبر الفيزياء 2-6 كيف يبرهن "تحول طاقة الوضع لجسم ما إلى طاقة حركية" مبدأ حفظ الطاقة؟ ... **55**

## عمليات العلم

يستخدم المتخصصون في العلوم عمليات العلم في اتخاذ القرارات، وحل المشكلات، وتعميق فهمهم للطبيعة. وتتضمن كراسة التجارب العملية العديد من العمليات العلمية في جميع الأنشطة المختبرية، حيث تقوم بوضع الفرضيات والتحقق من صحتها، وإجراء التجارب، وجمع البيانات وتسجيلها وتمثيلها بيانيًّا، وكتابة الاستنتاجات، وبالإضافة إلى كل ذلك تشتمل كراسة 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 قد 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.

جزء **المواد الأدوات** يتضمن 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 كراسة 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.

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

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

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

كما جاءت بعض التجارب تحت عنوان «صمم تجربتك»، وجاءت على 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 تتحير في استخدام جميع هذه المواد أو بعضها، وهنا يأتي دور المعلم ليقدم لك المساعدة اللازمة حول الاستخدام الآمن للمواد، وذلك بعد اطلاعه على خطوات العمل

التي اقترحتها لتجربتك وفي معظم الحالات يقدم لك جدولًا لتدوين بياناتك فيه. كما تساعدك أسئلة التحليل والاستنتاج على فهم البيانات التي حصلت عليها؛ لتقرر ما إذا كانت تدعم فرضيتك أم لا. وأخيرًا تمنحك الأسئلة التطبيقية الفرصة لتطبيق ما تعلمته في مواقف جديدة.

## الهدف من التجارب المختبرية

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

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

## استخدام الأرقام المعنوية

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

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

## الضبط والدقة

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

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

## الرسوم البيانية

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

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

استخدم الإرشادات التالية عند التمثيل البياني:

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

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

# الإسعافات الأولية في المختبر

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

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

| الموقف | الاستجابة الآمنة |
|---|---|
| الحروق | يُسكب عليها الماء البارد بغزارة. |
| الجروح والكدمات | اتباع التعليمات والإرشادات الموجودة في صندوق الإسعافات الأولية. |
| الصدمات 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 | ارجع للاستجابة في موقف الصدمة الكهربائية. |
| الحريق | إقفال جميع مصادر اللهب وإغلاق صنابير الغاز، ولف المصاب ببطانية الحريق، واستعمال طفاية الحريق لإخماد النار.<br>لا يجب استخدام الماء لإطفاء الحريق؛ لأن الماء ربما يتفاعل مع المواد المحترقة مما يتسبب في 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. |
| المواد المسكوبة | غسل 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. استعمال 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. استعمل 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 اربط الشعر الطويل إلى الخلف، 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 الواجب 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، والبس قناعًا (كمامة) وقفازات. | 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 قناعًا (كمامة). | اترك المنطقة، وأخبر معلمك فورًا. |
| الكهرباء | خطر محتمل من الصعقة الكهربائية أو الحريق. | تأريض غير صحيح، سوائل منسكبة، التماس الكهربائي، 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، الصوف الفولاذي، ألياف الزجاج، برمنجنات البوتاسيوم. | ضع واقيًا للغبار وارتد القفازات وتعامل مع المواد بحرص شديد. | اذهب إلى معلمك طلبًا للإسعاف الأولي. |
| المواد الكيميائية | المواد الكيميائية التي يمكن أن تتفاعل مع الأنسجة والمواد الأخرى وتتلفها. | المبيضات، مثل فوق أكسيد الهيدروجين والأحماض كحمض الكبريتيك، والقواعد كالأمونيا، وهيدروكسيد الصوديوم. | ارتد نظارات واقية، وقفازات، والبس معطف المختبر. | اغسل المنطقة المصابة بالماء، وأخبر معلمك بذلك. |
| المواد السامة | مواد تسبب التسمم إذا ابتُلعت 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، الأسيتون، برمنجنات البوتاسيوم، الملابس، الشعر. | تجنب مناطق اللهب المشتعل عند استخدام هذه الكيماويات. | أبلغ معلمك طلبًا للإسعاف الأولي واستخدم طفاية الحريق. |
| اللهب المشتعل | ترك اللهب مفتوحًا 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. |

**سلامة العين**
يجب دائمًا ارتداء نظارات 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 النظارات الواقية.

## كتابة تقارير المختبر

إن أحد أهم جوانب العمل المختبري هو تحقيق النتائج التي حصلت عليها خلال الاستقصاء. ولذا، فقد صُمّمت كراسة 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

يدون فيها رقم التجربة وعنوانها وتاريخ تنفيذها، واسم الطالب، واسم الطالب المرافق (إن وجد). وإذا اشترك طالبان في تنفيذ التجربة وجب على كل منهما أن يكتب تقريرًا منفصلاً (رغم تشاركهما البيانات نفسها). كما 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:

1. المعادلة الفيزيائية بصورتها المألوفة.
2. الحل الجبري للمعادلة.
3. تعويض الكميات المعلومة مع مراعاة وحداتها .
4. الناتج العددي للقيمة المطلوبة مع وحداتها.

### 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. يتميز الاستنتاج بما يلي:

a. يغطي جميع النقاط الرئيسة في الموضوع.

b. يجب أن يستند على نتائج التجربة وبياناتها.

c. إذا كان الاستنتاج يعتمد على الرسوم فيجب الإحالة إليها بتحديد عنوانها كاملًا.

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

## كيف يتحرك الجسم المنزلق على سطح مائل؟

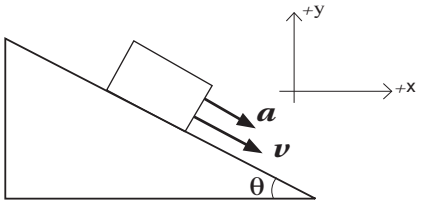
### احتياطات السلامة

### المواد والأدوات

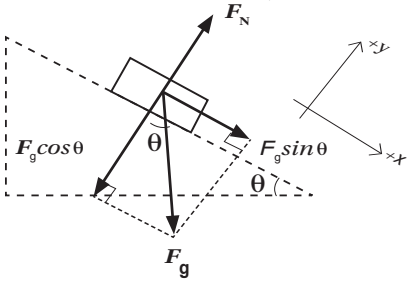
- مدرج هوائي
- مسطرة مترية
- بوابة ضوئية (عدد 2)
- مؤقت بوابة ضوئية
- عربة

هـل ركبـت يومًـا أفعوانية في مدينـة الألعاب؟ بم شـعرت بعـد الوصول إلى قمة المرتفع الأول ونزولك؟ لا بد أنك شـعرت بتسـارع كبيرٍ في أثناء نزولك هذا المرتفع. قارن هذا التسـارع بالتسـارع الذي يمكن أن تشعر به وأنت تقود الدراجة على طريق له زاوية ميلان صغيرة، فربما يكون التسـارع على الطريق المائل أقل منه في الأفعوانية. لماذا يختلف تسـارع الأجسـام باختلاف زاوية ميل السطح؟

درسـت سـابقًا أن قوة الجاذبية الأرضية تجعل الأجسـام تتدحـرج أو تنزلق على سطح مائل. ويبين **الشكل 1** حركة صندوق ينزلق على سطح مائل أملس. ويتضح مـن الشـكل أن هنـاك تسـارعًا في اتجـاه محـور× الموجـب (الاتجـاه الأفقي)، وتسارعًا كذلك نحو محور y السالب (الاتجاه العمودي).




**الشكل 1**




**الشكل 2**

يسـهل تحليل قوة الجاذبية الأرضية المتجهة نحو الأسـفل إلـى قوة عمودية على السـطح المائـل وأخرى موازية له وذلـك بتدوير النظام الإحداثـي، بحيث يصبح المحـور x موازيًـا للسـطح المائـل. إن القـوة الموازيـة للسـطح المائـل تجعـل الصندوق يتسـارع إلى أسـفل السـطح. ويوضح **الشـكل 2** مخطط الجسـم الحر للقـوى التـي تؤثر في الصندوق. ويلاحـظ أيضًا أن النظام الإحداثـي يميل بزاوية يكـون فيها المحور x في اتجاه يوازي السـطح المائل. ويمكـن إثبات أن المركبة العموديـة لـوزن الصندوق $F_g$ في حالة اتزان مع القـوة العمودية $F_N$ التي يؤثر بها السـطح فـي الصندوق؛ وذلك لعدم وجود تسـارع على المحـور y. وإذا كانت θ تمثل زاوية ميل السطح فإن تطبيق القانون الثاني لنيوتن في الاتجاه y يؤدي إلى:

$$F_N - F_g \cos\theta = 0$$

# 1 مختبر الفيزياء 1 – 1

يبين مخطط الحركة في **الشكل 2** أن هناك تسارعًا للصندوق في اتجاه المحور X. ويتضح من تطبيق القانون الثاني لنيوتن على هذا المحور أن:

$$F_g \sin\theta = m_{\text{الصندوق}}\, a$$

يمكن حل هذه المعادلة لإيجاد تسارع الصندوق $a$ ، وذلك بتعويض $(F_g = m_{\text{الصندوق}}\, g)$ في المعادلة السابقة لنحصل على $a_{\text{الصندوق}}\, m_{\text{الصندوق}}\, g) \sin\theta = m$ ، وهكذا تجد أن:

$$a = g \sin\theta.$$

تربط هذه العلاقة بين تسارع جسم ينزلق دون احتكاك على سطح مائل وبين زاوية ميل السطح. في هذه التجربة تستعمل هذه العلاقة لإيجاد تسارع جسم ينزلق على سطح مائل بزوايا مختلفة، ثم تقارن بين التسارعات التي حسبتها وتلك التي توصلت إليها من النتائج التجريبية.

**يتوقع من الطالب بعد الانتهاء من هذه التجربة أن:**

- **يرسم** المحاور العمودية والأفقية لنظام إحداثي بما يتناسب مع السطح المائل.
- **يقارن** القيم التجريبية للتسارع بالقيم المحسوبة.
- **يبين** أن تسارع عربة ما تنزلق على سطح مائل يعتمد على زاوية ميل ذلك السطح.

## الخطوات

1. جهز المدرج الهوائي بوضع عربة واحدة عند بدايته.
2. ضع البوابتين الضوئيتين على المدرج، بحيث تكون المسافة بينهما أكبر ما يمكن، والمسافة بين البوابة الثانية ونهاية المدرج تساوي طول العربة على الأقل والمسافة بين العربة والبوابة الأولى أقل ما يمكن، ثم صل البوابتين الضوئيتين بالمؤقت وشغله.
3. قس المسافة بين البوابتين الضوئيتين، وسجل هذه المسافة في **الجدول** 1.
4. ارفع طرف المدرج الهوائي من جهة العربة حتى تصبح زاوية ميله $5^\circ$ تقريبًا، وسجل زاوية الميل هذه في **الجدول** 1. معتبرًا هذه البيانات خاصة بالمجموعة 1.
5. أمسك بالعربة عند بداية المدرج الهوائي، بينما يقوم طالب آخر بتشغيل مضخة الهواء. ثم اترك العربة وشغل المؤقت في اللحظة نفسها. وعندما يتوقف المؤقت بعد مرور العربة خلال البوابة الضوئية الثانية سجل قراءة المؤقت في **الجدول** 1، ثم أعد تصفير المؤقت.
6. كرر الخطوة 5 أربع مرات حتى يصبح لديك على الأقل خمس قراءات للزمن لمجموعة البيانات 1 وسجل هذه القراءات في الأعمدة المخصصة لذلك في **الجدول** 1.

**7.** ارفع طرف المدرج الهوائي من جهة العربة حتى تصبح زاوية ميله °10، وسجل زاوية الميل هذه في **الجدول** 1، معتبرًا هذه البيانات خاصة بالمجموعة 2.

**8.** كرر الخطوة 5 خمس مرات حتى يصبح لديك على الأقل خمس قراءات لمجموعة البيانات 2، وسجل هذه القراءات في **الجدول** 1.

**9.** ارفع طرف المدرج الهوائي الذي من جهة العربة حتى تصبح زاوية ميله °15، وسجل زاوية الميل هذه في **الجدول** 1، معتبرًا هذه البيانات خاصة بالمجموعة 3.

**10.** كرر الخطوة 5 خمس مرات على أن يصبح لديك على الأقل خمس قراءات للزمن لمجموعة البيانات 3 وسجلها في الأعمدة المخصصة لذلك في **الجدول** 1.

## البيانات والمشاهدات

**الجدول 1**

المسافة **d (m)**: .....

| مجموعة البيانات | زاوية الميل (بالدرجات) | الزمن 1 $t_1$(s) | الزمن 2 $t_2$(s) | الزمن 3 $t_3$(s) | الزمن 4 $t_4$(s) | الزمن 5 $t_5$(s) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | | | | | |
| 2 | | | | | | |
| 3 | | | | | | |

## التحليل والاستنتاج

**1.** احسب متوسط الزمن ومربع متوسط الزمن لكل مجموعة بيانات، ثم سجل هذه القيم في **الجدول** 2. وضح طريقة الحساب في الفراغ أدناه.

**الجدول 2**

| مجموعة البيانات | متوسط الزمن t(s) | مربع متوسط الزمن $(\bar{t})^2$ (s)$^2$ | التسارع التجريبي a (m/s$^2$) | التسارع المحسوب $a$ (m/s$^2$) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |
| 3 | | | | |

**2.** احسب التسارع لكل زاوية ميل مستعملاً البيانات التجريبية ومستعينًا بالمعادلة التالية: $a = \frac{2d}{t^2}$ ، ثم سجل القيم في **الجدول** 2. وضح طريقة الحساب في الفراغ أدناه.

**3.** استعمل النتائج التجريبية لتشكيل العلاقة بين ميل المدرج الهوائي وتسارع العربة.

**4.** احسب التسارع لكل زاوية ميل للسطح مستعملًا العلاقة التالية :

$$a = \mathrm{g}\ sin\ \theta.$$

وسجل هذه القيم في الجدول 2 لكل مجموعة بيانات. وضح طريقة الحساب في الفراغ أدناه.

**5.** قارن بين القيم التجريبية للتسارع وبين قيمه المحسوبة، وذلك لكل مجموعة بيانات. هل تدعم البيانات التجريبية القيم المحسوبة؟

## التوسع والتطبيق

**1.** تخيل أنك أجريت التجربة نفسها باستعمال قطعة تنزلق على سطح خشن، هل ستحصل على النتائج نفسها؟ ولماذا؟

**2.** صمّم تجربة باستعمال أسطوانة تتدحرج على أن تكون زوايا ميل السطح هي نفسها التي استعملت في تجربة المدرج الهوائي. قارن بين الزمن اللازم لتتدحرج الأسطوانة المسافة نفسها التي تقطعها العربة، وبين الزمن الذي تحتاج إليه العربة لكل زاوية من زوايا الميل. اذكر بعض الأسباب المحتملة لأوجه التشابه أو الاختلاف؟

## كيف يمكن تحديد معاملي الاحتكاك السكوني والحركي لجسم على سطح أفقي؟

**احتياطات السلامة**

**المواد والأدوات**

- بكرة
- ملزمة
- شريط لاصق
- سطح خشبي
- خيط طوله 1m
- ميزان نابضي
- قطعة خشبية.

تنشأ قوتا الاحتكاك السكوني والحركي بين سطحين متلامسين؛ فالاحتكاك السكوني قوة يجب أن يُتغلَّب عليها ليبدأ الجسم في الحركة. أما الاحتكاك الحركي فيحدث بين جسمين متحركين أحدهما بالنسبة إلى الآخر. وتحسب قوة الاحتكاك الحركي $F_k$ بالعلاقة $F_k = \mu_k F_N$، حيث يمثل $\mu_k$ معامل الاحتكاك الحركي، و $F_N$ القوة العمودية المؤثرة في الجسم. أمّا القيمة القصوى للاحتكاك السكوني $F_s$ فتُحسب باستعمال العلاقة $F_s = \mu_s F_N$ حيث يمثل $\mu_s$ معامل الاحتكاك السكوني. إن القيمة القصوى لقوة الاحتكاك السكوني التي يجب أن يتغلب عليها الجسم حتى يبدأ حركته هي $\mu_s F_N$. فإذا أثرت بقوة ثابتة $F_P$ لسحب جسم على سطح أفقي بسرعة منتظمة فإن قوة الاحتكاك التي تعارض حركة الجسم تساوي في المقدار القوة المؤثرة $F_P$، ولكنها تعاكسها في الاتجاه، أيْ أن $F_P = F_k$. وعندما يكون الجسم على سطح أفقي والقوة المؤثرة فيه أفقية؛ فإن القوة العمودية تساوي وزن الجسم في المقدار وتعاكسه في الاتجاه.

**يتوقع من الطالب بعد الانتهاء من هذه التجربة أن:**

- **يقيس** القوة العمودية وقوة الاحتكاك المؤثرة في جسم على وشك الحركة، وعندما يكون متحركًا.
- **يستعمل** الأرقام لحساب $\mu_s$ و $\mu_k$.
- **يقارن بين** قيم $\mu_s$ و $\mu_k$.
- **يحلل** نتائج الاحتكاك الحركي.
- **يقدّر** الزاوية التي يبدأ عندها الجسم في الانزلاق على سطح مائل.

### الخطوات

1. افحص الميزان النابضي للتحقق من أن قراءته تكون صفرًا عندما يُعلّق بصورة رأسية، وإذا لم تكن كذلك فانتظر تعليمات المعلم لجعل القراءة صفرًا.
2. استعمل الملزمة لربط البكرة مع حافة الطاولة والسطح الخشبي.
3. اربط طرف الخيط بخطاف الميزان النابضي وطرفه الآخر بالقطعة الخشبية.

**4.** قِسْ وزن القطعة الخشبية، وسجّل القراءة لتمثل القوة العمودية في جداول البيانات 1 و 2 و 3 .
**5.** فك طرف الخيط المربوط بخطاف الميزان النابضي، ودَع الخيط يمر خلال البكرة، ثم أعد ربط طرفه بالميزان.
**6.** حرك القطعة الخشبية بعيدًا عن البكرة إلى الحد الذي يسمح به الخيط مع المحافظة على بقاء القطعة على السطح الخشبي.
**7.** اجعل الميزان النابضي رأسيًّا بحيث تتشكل زاوية قائمة عند البكرة بين قطعة الخشب والميزان. ثم اسحب الميزان ببطء إلى أعلى، وراقب القوة اللازمة لجعل القطعة الخشبية تبدأ في الانزلاق، وسجّل هذه القيمة على أنها قوة الاحتكاك السكوني في جدول البيانات 1.
**8.** كرر الخطوتين 6 و 7 مرتين.
**9.** عندما تبدأ القطعة في الانزلاق اسحب بدرجة كافية لجعلها تتحرك بسرعة منتظمة على السطح الأفقي. سجّل هذه القوة على أنها قوة الاحتكاك الحركي في الجدول رقم 2.
**10.** كرر الخطوة 9 مرتين.
**11.** ضع القطعة عند نهاية السطح ثم ارفعه من جهة القطعة ببطء حتى يصبح مائلاً. وانقر القطعة برفق حتى تتحرك وتتغلب على قوة الاحتكاك السكوني. وإذا توقفت القطعة فأعدها إلى أعلى السطح المائل، وكرر الخطوة مرة أخرى. استمر في زيادة الزاوية $\theta$ المحصورة بين السطح المائل والأفقي، وانقر القطعة حتى تنزلق بسرعة منتظمة إلى أسفل السطح، وسجل الزاوية $\theta$ في جدول البيانات 4 .

## البيانات والمشاهدات

| جدول المواد | |
|---|---|
| مادة الجسم | |
| مادة السطح | |

**جدول البيانات 1**

| $F_N(N)$ | قوة الاحتكاك السكوني $F_s$ (N) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | المحاولة 1 | المحاولة 2 | المحاولة 3 | المتوسط |
| | | | | |
| | | | | |

**جدول البيانات 2**

| $F_N(N)$ | قوة الاحتكاك الحركي $F_k$ (N) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | المحاولة 1 | المحاولة 2 | المحاولة 3 | المتوسط |
| | | | | |
| | | | | |

**جدول البيانات 3**

| $F_N$(N) | $F_s$ (N) | $F_k$ (N) | $\mu_s$ | $\mu_k$ |
|---|---|---|---|---|
| | | | | |
| | | | | |

**جدول البيانات 4** (الزاوية $\theta$ عندما يبدأ الجسم الانزلاق)

| $\theta$ | $\tan\theta$ |
|---|---|
| | |
| | |

# مختبر الفيزياء 2 – 1

## التحليل والاستنتاج

1. أوجد القيمة المتوسطة لقوة الاحتكاك السكوني $F_{s,\ \text{عظمى}}$ من المحاولات الثلاث، وسجّل النتيجة في العمود الأخير لجدول البيانات 1 وفي جدول البيانات 3.
2. أوجد القيمة المتوسطة لقوة الاحتكاك الحركي $F_k$ من المحاولات الثلاث، وسجّل النتيجة في العمود الأخير لجدول البيانات 2 وفي جدول البيانات 3 .
3. استعمل البيانات التي في الجدول رقم 3 لحساب معامل الاحتكاك السكوني $\mu_s$ وسجّل قيمته في الجدول نفسه.
4. استعمل البيانات التي في الجدول رقم 3 لحساب معامل الاحتكاك الحركي $\mu_k$، وسجّل قيمته في الجدول نفسه.
5. احسب $\tan \theta$ للزاوية الواردة في جدول البيانات رقم 4.

## التوسع والتطبيق

1. **قارن** اختبر قيم $\mu_s$ و $\mu_k$ التي حصلت عليها. وتحقق من النتائج.
2. **استخدام النماذج** ارسم مخطط الجسم الحر موضحًا القوى المؤثرة في القطعة الخشبية عندما توضع على السطح المائل بزاوية $\theta$ فوق الأفقي. وتحقق أن المخطط يتضمن القوة الناشئة عن الاحتكاك.
3. ما الذي يمثله $\tan \theta$ اعتمادًا على مخططك، مع الأخذ في الحسبان أن الزاوية $\theta$ هي الزاوية التي يبدأ عندها الجسم في الانزلاق؟

## التوسع في البحث

كرر التجربة باستعمال سطوح أخرى ذات خصائص مختلفة.

## الفيزياء في الحياة

إذا ذهبت في رحلة إلى متنزه عين عذاري، وأردت التزلج على السطح المائل الموجود فيها، ورغبت في تحديد معامل الاحتكاك الحركي بين جسمك والسطح، فكيف يمكنك القيام بذلك؟

# 2 مختبر الفيزياء 1 – 2

## السرعة النسبية

**احتياطات السلامة**

**المواد والأدوات**

- سكة عربة
- أقلام ملوّنة
- عربتان سرعتاهما منتظمتان
- ورق رسم بياني
- جهاز توقيت ذو شريط
- شريط توقيت

لقد درست حتى الآن حركة الأجسام في أطر مرجعية ثابتة. فمثلاً، عندما تقف على الرصيف يمكنك تحديد السرعة المتوسطة لسيارة بقياس الزمن الذي تستغرقه السيارة لقطع مسافة معينة. ولكن كيف يمكنك تحديد سرعة سيارة تمر بجانبك إذا كنت في سيارة أخرى تتحرك في الاتجاه المعاكس؟ إحدى الطرائق تكون بقياس سرعة السيارة المقابلة بالنسبة لك، ثم طرح سرعة سيارتك كما يبينها عدّاد السرعة، أيْ سرعة سيارتك بالنسبة للشارع. وباستعمال هذا الأسلوب تكون معادلة سرعة السيارة الأولى هي:

$$v_{C_1/s} = v_{C_1/C_2} - v_{C_2/s}$$

حيث ترمز $C_1$ للسيارة الأولى، و $C_2$ للسيارة الثانية ، وترمز s للشارع. سوف تدرس في هذه التجربة الحركة النسبية باستعمال سكة عربة، وعربتين سرعتاهما منتظمتان، وجهاز توقيت ذي شريط. وباستعمال جهاز التوقيت ستتمكن من قياس موقع إحدى العربتين بالنسبة للأخرى عند فترات زمنية محددة، وذلك عندما تتحرك العربة الأولى مبتعدة عن الثانية. وسوف تستعمل قياسات الموقع والزمن هذه لتحديد سرعة العربة الأولى بالنسبة للعربة الثانية.

**يتوقع من الطالب بعد الانتهاء من هذه التجربة أن:**

- **يجمع** بيانات السرعة النسبية لمركبتين.
- **يرسم** بيانيًّا الحركة النسبية على منحنى الموقع – الزمن.
- **يتوقع** أثر الإطار المرجعي المتسارع في حركة جسم يتحرك بسرعة منتظمة.

## الخطوات

### A. التحضير

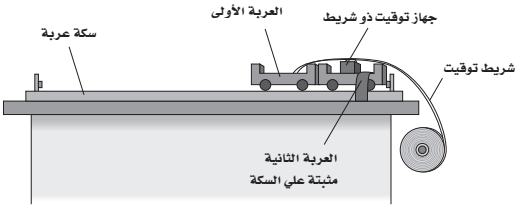
**1.** دَوِّن تردد جهاز التوقيت في الجزء الخاص بالبيانات والمشاهدات.

**2.** ثبّت جهاز التوقيت بالعربة الثانية.

**3.** اضبط سرعة كلّ من العربتين بحيث تقطع كل منهما طول السكة كاملاً (تقريبًا 2 m) في زمن s (2–10).

### B. سرعة العربة في إطار مرجعي ثابت (المختبر)

**1.** رتب السكة وعربتي السرعة المنتظمة كما في **الشكل 1**، وثبّت العربة الثانية على السكة.

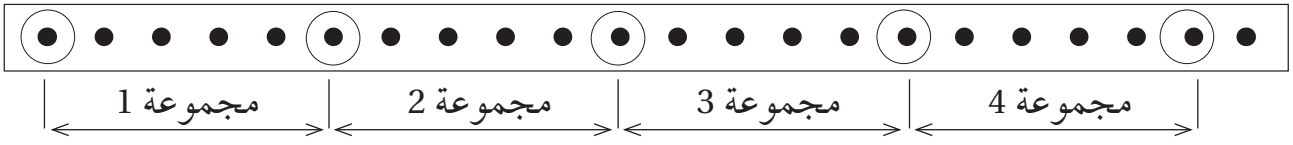



الشكل **1**

**2.** اقطع جزءًا من شريط التوقيت طوله مساوٍ لطول السكة، وثبت هذا الشريط في العربة الأولى، وضعها أمام العربة الثانية، بحيث تبدأ حركتها مبتعدة عن العربة الثانية. أدخل شريط التوقيت عبر جهاز التوقيت الموجود على العربة الثانية على أن يكون جزء الشريط الموجود بين العربة وجهاز التوقيت مشدودًا، ودع الجزء المتبقي من الشريط حرًّا، وتأكد أنه لن ينثني أو ينقطع عند بدء الحركة.

**3.** شغل جهاز التوقيت، والعربة الأولى، في اللحظة نفسها. وعندما تصل العربة إلى نهاية السكة أوقف تشغيل جهاز التوقيت.

**4.** ضع دائرة حول كل نقطة تريد استعمالها بوصفها نقطة بيانات على شريط التوقيت، وإذا كانت النقاط قريبة بعضها من بعض يمكن أن تختار النقطة الثانية، أو الثالثة، أو الرابعة، بوصفها نقطة بداية العد (انظر الشكل أدناه). اكتب عدد النقاط التي ستستعملها (N) بين كل دائرتين متتاليتين، وسجلها فوق جدول البيانات والمشاهدات.

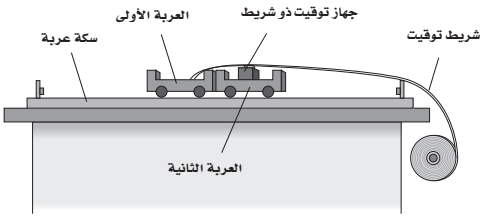



**N = 5**

**5.** ابدأ من النقطة الأقرب إلى العربة الأولى (النقطة O)، ثم قس طول المجموعة الأولى، وسجلها بوصفها تغير الإزاحة للنقطة البيانية 1 في **الجدول 1**.

**6.** قس طول المجموعة الثانية، وسجلها بوصفها تغير الازاحة للنقطة 2، وكرّر هذه الخطوة بقياس طول المجموعة الثالثة وهكذا، حتى يصبح لديك 9 تغيرات في الإزاحة مقيسة ومدوّنة.

## C. سرعة العربة في إطار مرجعي متحرك




الشكل 2

**1.** رتّب العربتين على السكة كما في **الشكل 2**.

**2.** قص قطعة من شريط التوقيت مساوية في الطول لسكة العربة، ثم ثبت طرف شريط التوقيت في العربة الأولى. ثم ضع العربتين في وضع متعاكس في منتصف السكة بحيث تتحرك كل عربة مبتعدة عن الأخرى. وأدخل شريط التوقيت في جهاز التوقيت كما في الخطوة B2.

**3.** شغل العربتين وجهاز التوقيت في اللحظة نفسها. وعند وصول إحدى العربتين إلى نهاية المسار أوقف تشغيل جهاز التوقيت.

**4.** انسخ قائمة البيانات والمشاهدات على ورقة منفصلةمن **الجدول 1** وسمها **الجدول 2**. واستعمله لتسجيل البيانات في الجزء C.

**5.** حدّد كما في الخطوة B4 عدد النقاط N، وسجّل ذلك في بيانات الجزء C في **الجدول 2**.

**6.** ابدأ بأقرب نقطة للعربة الأولى في شريط التوقيت وسمّها النقطة o، وقسم الشريط إلى مجموعات كل مجموعة تضم خمس نقاط وقس طول كل مجموعة. وسجل ذلك في سطر النقطة **1** من **الجدول 2**.

**7.** كرر القياسات كما في الخطوة B6 لتسع مجموعات إضافية.

## البيانات والمشاهدات

تردد جهاز التوقيت $50H_Z = f(H_Z)$

الجزء B، عدد النقاط N =

| الجدول 1 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| نقطة بيانات | التغير في الإزاحة (cm) | الإزاحة الكلية $d$(cm) | الفترة الزمنية T(s) | الزمن الكلي t(s) |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |
| 3 | | | | |
| 4 | | | | |
| 5 | | | | |
| 6 | | | | |
| 7 | | | | |
| 8 | | | | |
| 9 | | | | |
| 10 | | | | |

## التحليل والاستنتاج

**1.** احسب الإزاحة الكلية لكل نقطة بيانات في **الجدولين 1و 2** بإضافة التغير في إزاحة تلك النقطة إلى الإزاحة الكلية للنقاط السابقة، ثم دوّن النتائج في **الجدولين 1و 2**. وضح طريقة الحساب في الفراغ المخصص أدناه.

**2.** احسب مقدار التغير في الزمن بقسمة عدد الفترات الزمنية بين نقطتين متتاليتين من نقاط البيانات على تردد جهاز التوقيت، $T = N / f$. سجل هذه القيمة بوصفها تغيرًا في الزمن لكل نقطة بيانات في **الجدولين 1و 2**، ثم احسب الزمن الكلي لكل نقطة بيانات في **الجدولين 1و 2** بإضافة الزيادة الزمنية إلى الزمن الكلي لكل نقطة من النقاط السابقة، وسجل النتائج في **الجدولين 1و 2**. ووضح طريقة الحساب في الفراغ أدناه.

**3.** استعمل ورقة رسم بياني وقلم تلوين لرسم بيانات العمود d مع العمود t في **الجدول** 1 بالنسبة للإطار المرجعي الثابت، ثم ارسم العلاقة بين بيانات العمود d والعمود t للإطار المرجعي المتحرك في الجدول 2 على ورقة الرسم البياني نفسها بلون مختلف .

**4.** استعمل الرسمين لتحديد سرعة العربة الأولى في كل إطار مرجعي.

المختبر بوصفه إطارًا مرجعيًّا ثابتًا: $v=$

إطار مرجعي متحرك: $v=$

**5.** قارن بين السرعة النسبية للعربة الأولى في كلٍّ من الإطارين المرجعيين الثابت والمتحرك.

**6.** استنتج أثر حركة العربة الثانية في القياسات التي تم الحصول عليها بوساطة جهاز التوقيت.

## التوسع والتطبيق

**1.** إذا أُعيد الجزء C من التجربة بسيارات حقيقية، وكان هناك مراقبٌ في السيارة الثانية ولكنه لا يعلم أن السيارة الثانية تتحرك، فماذا سيشاهد؟

**2.** تخيل أنك أجريت تجربة العربة بحيث تسير العربة الأولى بسرعة منتظمة في حين تتسارع العربة الثانية (المثبتة في جهاز التوقيت) بعيدًا عن العربة الأولى، فكيف تبدو البيانات التي يسجلها جهاز التوقيت؟ وماذا يكون تفسير شخص ينظر إلى الشريط فقط؟

## ما العوامل التي تؤثر في مسار مقذوف ما؟

في هذا النشاط ستحلّل عوامل متعددة تؤثر في حركة المقذوف، وتوظف مدى استيعابك لهذه العوامل لتوقع مسار المقذوف. وأخيرًا ستصمم قاذفة لتضرب هدفًا يبعد مسافة معلومة.

**يتوقع من الطالب بعد الانتهاء من هذه التجربة أن:**

- **يصمم** نماذج توضح العوامل التي تؤثر في حركة المقذوف.
- **يستعمل** النماذج لتوقع مكان سقوط المقذوف.

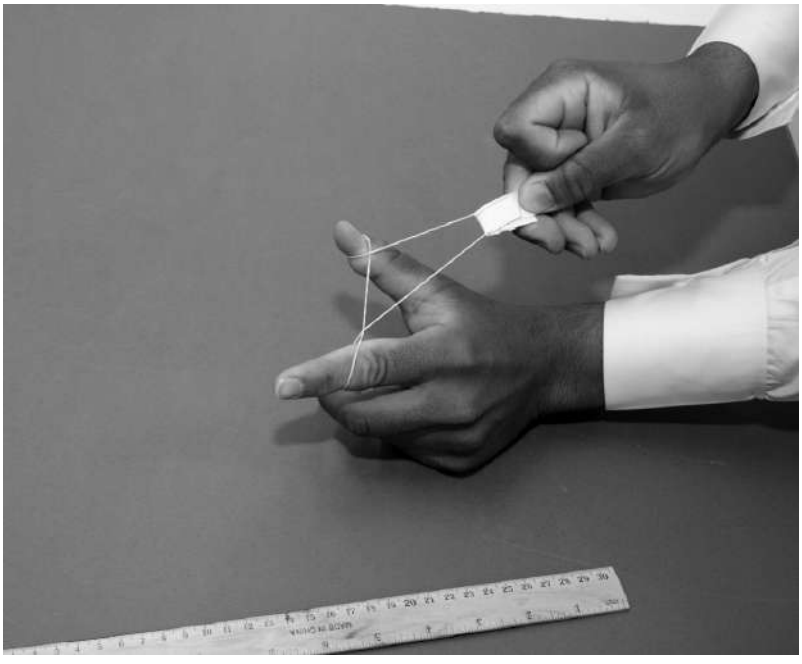
### احتياطات السلامة

### المواد والأدوات

- شريط ورق
- مطرقة صغيرة
- قطع بلاستيك
- أنابيب بلاستيكية
- أربطة مطاطية
- مشابك ورق
- ورق
- قطع خشبية
- مسامير
- قاطع أسلاك
- مقص
- منشار صغير
- مسطرة مترية
- منقلة

### الخطوات

1. فكّر في العوامل التي قد تؤثر في مسار المقذوفات ودوّنها.
2. ضع تصميمك الخاص بجهاز إطلاق المقذوفات، وحدّد أي جسم سيكون هدفًا للمقذوفات؟
3. خذ في الاعتبار تصميم جهاز إطلاقِ المقذوفات، وحدّد العاملين الرئيسين المؤثرين في مسار المقذوفات التي ستطلقها.
4. اختبر الجهاز الذي صمّمته، وناقش العوامل المؤثرة فيه مع معلمك، ثم أَجْرِ التعديلات الضرورية.
5. اقترح أسلوبًا لتحديد أثر العوامل التي دونتها في مسار المقذوفات.
6. احصل على موافقة المعلم على الطريقة التي ستتبعها قبل جمع البيانات.



## البيانات والمشاهدات

| جدول البيانات 1 | |
|---|---|
| زاوية الإطلاق (الدرجات) | المسافة التي يقطعها المقذوف (cm) |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |

| جدول البيانات 2 | |
|---|---|
| المسافة التي تتمدد إليها قطعة المطاط (cm) | المسافة التي يقطعها المقذوف (cm) |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |

## التحليل والاستنتاج

1. **إنشاء الرسوم البيانية واستعمالها** مثل بيانيًّا البيانات التي حصلت عليها لتتوقع كيف يمكنك إصابة الهدف.
2. **حلّل** ما العلاقات بين كل متغير اختبرته وبين المسافة التي يقطعها المقذوف؟

## التوسع والتطبيق

1. ما العوامل الرئيسة المؤثرة في مسار المقذوف؟
2. توقع الشروط الضرورية لإصابة الهدف الذي زودك به المعلم.
3. **فسّر** إذا وضعت خطة متكاملة ونفذتها، ولكنك لم تصب الهدف في المحاولة الأولى، فهل يمكن أن تكمن المشكلة في قوانين الفيزياء؟ وضح ذلك.
4. أطلق مقذوفك نحو الهدف، وإذا أخطأت الهدف فأجرِ التعديلات الضرورية، ثم حاول ثانية.

## التوسع في البحث

1. كيف يمكن أن تتغير نتائجك لو أجريت التجربة خارج المختبر؟ هل هناك عوامل إضافية تؤثر في حركة مقذوفاتك؟
2. كيف تتغير نتائج تجربتك إذا وضع الهدف في مكان أعلى من القاذف؟
3. كيف تختلف تجربتك إذا كان القاذف أعلى من الهدف؟

## الفيزياء في الحياة

في لعبة كرة القدم، يقال إن الرياح تلعب مع الفريق أو تلعب ضده.

- لماذا يتم تبديل مرمى الفريقين في الشوط الثاني؟
- ما الزاوية التي يقذف بها حارس المرمى الكرة لتصل إلى أبعد مدى ممكن؟

# 3 مختبر الفيزياء 1 – 3

## هل تساوي الكتلة القصورية كتلة الجاذبية؟

**احتياطات السلامة**

**المواد والأدوات**

- ميزان قياس الكتلة
- خطّاف
- حلقة لوصل الخطاف
- مسطرة مترية
- منقلة
- حامل قائم الزاوية
- خيط
- كوب ذو مقبض
- قضيبان داعمان
- ساعة وقف
- كتل متساوية من مواد مختلفة (قابلة للتعليق)
- كتل مختلفة من المادة نفسها (قابلة للتعليق)

1. يتكون البندول من جسم معلق بحامل ثابت؛ لذا يتأرجح الجسم بحرية بتأثير الجاذبية. وعند مراقبة البندول تلاحظ لتأرجحه زمنًا دوريًّا ثابتًا، وهو الزمن الذي يستغرقه لحدوث اهتزازة أو ذبذبة كاملة ذهابًا وإيابًا. وبخلاف حركة المقذوفات فإن للبندول حركتين أفقية ورأسية مترابطتين معًا. ولكي يتحرك البندول مسافة معينة إلى أسفل عليه أن يقطع مسافة معينة في الاتجاه الأفقي. وتبعًا للقانون الثاني لنيوتن يمكن وضع معادلة للزمن الدوري للبندول على أن تكون زاوية التأرجح صغيرة، وهي الزاوية التي يصنعها الخيط ذو الطول $l$ والمثبت في نهايته جسم كتلة الجاذبية له $m_G$، وكتلة القصور له $m_I$.

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m_I l}{m_G g}}$$

اعتبر إسحق نيوتن أن الكتلة القصورية هي كمية المادة في الجسم. وخلال سعيه العلمي لفهم قوة الجاذبية أجرى تجارب على البندول، ولاحظ من هذه التجارب أن أجسامًا ذات كتل جاذبية متساوية ومصنوعة من مواد مختلفة يكون لها كتل القصور نفسها (كمية المادة)، وهذا يؤدي إلى أن البندولات المصنوعة من مواد مختلفة يكون لها الزمن الدوري نفسه.

وهذا يعني أن كتلة الجاذبية لمادة ما تساوي الكتلة القصورية لها، وأن نسبة إحداهما إلى الأخرى تساوي واحدًا.

$$\frac{m_I}{m_G} = 1$$

وإذا كان ذلك صحيحًا فإن معادلة الزمن الدوري للبندول لا تعتمد على الكتلة مطلقًا، ومعادلة الزمن الدوري هي:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

وستبين من خلال هذه التجربة المشابهة لتجربة نيوتن أن الأجسام

# مختبر الفيزياء 1 – 3

ذات كتل الجاذبية المتساوية والمصنوعة من مواد مختلفة لها كتل القصور نفسها. كما ستقيس الزمن الدوري لبندول طوله ثابت باستعمال كتل جاذبية مختلفة (مصنوعة من المادة نفسها) لتحديد العلاقة بين كتلة الجاذبية والكتلة القصورية.

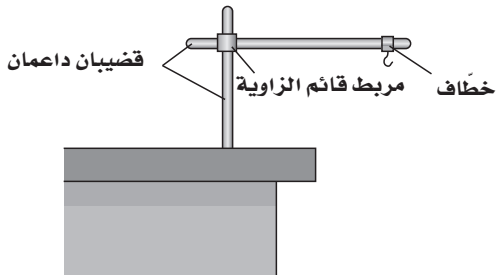
**يتوقع من الطالب بعد الانتهاء من هذه التجربة أن:**

- **يفسر** تساوي الزمن الدوري لبندولات ذات كتل جاذبية متساوية، إلا أنها مصنوعة من مواد مختلفة.
- **يبين** أن كتلة الجاذبية والكتلة القصورية متساويتان.
- **يُكامل** بين المشاهدات والمعلومات؛ لكي يصمم ساعة بندولية.

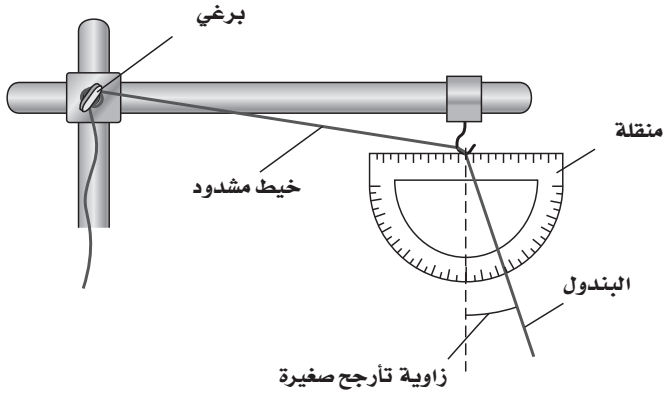
## الخطوات

### A. تركيب البندول

**1.** ركّب وزميلك نموذجين للبندول لهما الطول نفسه على طاولتين متجاورتين، مستعينًا بقضيبي دعم، وحامل قائم الزاوية، وقضيب وخطّاف لحمل البندول، كما في **الشكل 1**.




**الشكل 1**




**الشكل 2**

**2.** اربط خطّافًا في نهاية الخيط لكل بندول، ثم مرر الخيط عبر الخطّاف المثبت في القضيب، ولف ما يتبقى من الخيط حول البرغي كما في **الشكل 2**.

**3.** غيّر طول خيطي البندولين بحيث يصبح الخيطان متساويين في الطول على ألا يقل طول كلّ منهما عن عشرة أمثال ارتفاع الكوب.

### B. مقارنة الكتلة القصورية لأجسام مصنوعة من مواد مختلفة

**1.** استعمل الميزان لقياس كتلتي جذب متساويتين من مادتين مختلفتين.

**2.** علق الكتلتين بطرفي خيطي البندولين، ثم غير أطوال الخيطين حتى يتساويا.

**3.** اسحب خيطي البندولين بحيث يشكلان زاوية تأرجح متساويتين كما تبينهما المنقلة، ثم أفلتهما في الوقت نفسه.

**4.** اكتب ملاحظاتك في المكان المخصص لها في قسم البيانات والمشاهدات.

**5.** كرر الخطوات السابقة باستعمال كتل أخرى متساوية من مواد مختلفة.

### C. مقارنة كتلة الجاذبية بالكتلة القصورية

**1.** اختر جسمًا واحدًا مصنوعًا من مادة ما لتنفيذ هذا الجزء من التجربة، ونفذ الجزء المتبقي من التجربة دون الاستعانة بزميلك.

**2.** قس طول خيط البندول $l$ من الخطّاف حتى أسفل الكوب، وسجله في جزء البيانات والمشاهدات.

**3.** املأ الكوب بالمادة التي اخترتها، وقس كتلة الجاذبية وسجلها في المحاولة 1 في **الجدول 1**.

**4.** علق الكوب في نهاية خيط البندول، واسحبه بحيث يشكل زاوية مقدارها أقل من $10°$ كما تبينه المنقلة، وسجلها في جزء البيانات والمشاهدات.

**5.** سوف تسجل الآن الزمن الذي يستغرقه البندول عند تأرجحه ذهابًا وإيابًا ثلاثين مرة. أفلت الآن البندول بحيث يبدأ في الاهتزاز. وعند قمة الاهتزازة اضغط على ساعة الوقف لتبدأ العد، ثم أوقفها عندما يعود البندول إلى الموقع نفسه بعد إكمال 30 اهتزازة، وسجل هذا الزمن في المحاولة 1 في **الجدول 1**.

**6.** كرّر الخطوات C3 لغاية C5 مرتين أخريين عند الزاوية نفسها مستعملاً أجسامًا ذات كتل جاذبية مختلفة، ولكنها مصنوعة من المادة نفسها. وسجل البيانات في **الجدول 1**.

# مختبر الفيزياء 1 – 3

## البيانات والمشاهدات

مشاهدات الخطوة B.

مشاهدات الخطوة C: ..... =$l$ ، زاوية= .....

| الجدول 1 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| المحاولة | كتلة الجاذبية $m_G$ (g) | زمن 30 اهتزازة t (s) | الزمن الدوري المقيس T(s) | الزمن الدوري المتوقع T(s) |
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |
| 3 | | | | |

## التحليل والاستنتاج

**1.** فسّر المشاهدات التي رصدتها في الجزء B من تجربتك.

**2.** احسب الزمن الدوري لكل محاولة في **الجدول 1** وذلك بقسمة الزمن t على 30، ثم سجل الجواب باعتباره الزمن الدوري المقيس T. وضح طريقة الحساب في الفراغ أدناه.

**3.** احسب الزمن الدوري المتوقع للبندول باستعمال العلاقة $T= 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$، ثم سجل النتيجة لكل محاولة في **الجدول 1**. وضح طريقة الحساب في الفراغ أدناه.

**4.** قارن الزمن الدوري الذي حسبته في الخطوة 3 بالقيمة التجريبية المقيسة التي حصلت عليها في **الخطوة 2**.

**5.** استنتج العلاقة بين كتلتي القصور والجذب.

## التوسع والتطبيق

**1.** صمّم بندولاً على ورقة منفصلة يمكن استعماله في ساعة. وحدد مواصفاته، آخذًا بعين الاعتبار مشاهداتك على البندول، بالإضافة إلى قوة الجاذبية والقوى الأخرى التي ستؤثر فيه. وضح ذلك.

# مختبر الفيزياء 2 – 3

## ما شكل مدارات الكواكب والأقمار في النظام الشمسي؟

**احتياطات السلامة**

■ **الدبابيس حادة ويمكن أن تخدش الجسم.**

**المواد والأدوات**

- قطعة ورق مقوى
- طبق ورقي أبيض
- دبوسان
- مسطرة مترية
- قلم رصاص
- خيوط (25cm)

ستحلل في هذه التجربة نموذجًا يبين كيف يُطبق القانونان الأول والثاني لكبلر في الحركة على مـدارات الأجسام في الفضاء. ينص القانون الأول لكبلر على أن مـدارات الكواكب هي مـدارات إهليلجية وتقع الشمس في إحدى بؤرتيها. في حين ينص القانون الثاني لكبلر على أن الخط الوهمي الواصل بين الشمس والكوكب يمسح مساحات متساوية في فترات زمنية متساوية. ويعرف شكل المدار الإهليلجي باللامركزية e، والتي تساوي نسبة البعد بين البؤرتين إلى المحور الرئيس. وعندما يكون الجسم في أبعد مكان له عن الشمس على طول المحور الرئيس فإنه يكون في الأوج. وعندما يكون في أقرب مسافة له من الشمس على طول المحور الرئيس فإنه يكون في الحضيض.

**يتوقع من الطالب بعد الانتهاء من هذه التجربة أن:**

- **يصوغ نماذج** للاستدلال على شكل مدارات الكواكب والأقمار.
- **يجمـــع وينظـــم البيانـات** لمسافات الأوج والحضيض للأجسام عندما تدور حول الشمس.
- **يستخلص نتائج** حول القانونين الأول والثاني لكبلر في الحركة.

### الخطوات

**1.** ثبت قطعة الورق البيضاء على الورق المقوى.

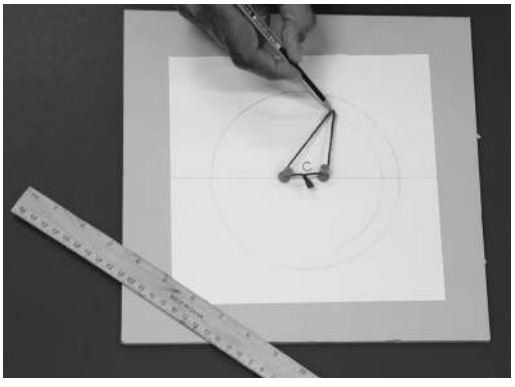
**2.** ارسم خطًّا عبر منتصف الورقة في اتجاه طولها. يمثل هذا الخط المحور الرئيس.

**3.** عين منتصف الخط وسمّه C.

**4.** اربط أحد الخيوط ليكوّن حلقة بحيث يكون طولها عند سحبها 10 cm. واحسب المسافة بين البؤرتين و($d$)، لكل جسم في الجدول باستعمال المعادلة:

$$d = \frac{2e\ (10.0\ \text{cm})}{e + 1}$$

**5.** بالنسبة للدائرة، ثبت دبوسًا عند C، وضع الحلقة فوق الدبوس



واسحبها بوساطة القلم. وحرك القلم بصورة دائرية حول المركز على أن يتحكم الخيط بحركة القلم.

**6.** للجسم الثاني، ثبت أحد الدبوسين على بعد $\frac{d}{2}$ من C على المحور الرئيس.

**7.** ثبّت دبوسًا آخر على بعد $\frac{d}{2}$ من الجهة الأخرى بالنسبة لـ C، حيث يمثل الدبوسان البؤرتين.

**8.** ضع الحلقة فوق الدبوسين واسحبها بقلم الرصاص، بحيث يتحكم الخيط في حركته.

**9.** كرر الخطوات 8-6 لجميع الأجسام المبينة في الجدول.

**10.** بعد رسم جميع المدارات، علّم كل مدار بوضع اسمه وقيمة (e) اللامركزية له.

## البيانات والمشاهدات

| قائمة البيانات | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| الجسم | اللامركزية (e) | $d$ المسافة بين البؤرتين (cm) | الأوج A | الحضيض P | e التجريبية | الخطأ % |
| الدائرة | 0 | | | | | |
| الأرض | 0.017 | | | | | |
| المذنب | 0.70 | | | | | |
| بلوتو | 0.25 | | | | | |

## التحليل والاستنتاج

**1.** قس مسافة الأوج A، وهي البعد بين إحدى البؤرتين وأبعد نقطة على المدار على امتداد المحور الرئيس. وسجل النتيجة في قائمة البيانات.

**2.** قس مسافة الحضيض $P$، وهي البعد بين نفس البؤرة وأقرب نقطة على المدار على امتداد المحور الرئيس.

**3.** احسب اللامركزية التجريبية e من المعادلة:

$$e = \frac{A-P}{A+P}$$

**4.** **حلّل الخطأ** احسب الخطأ النسبي بين القيمة التجريبية والقيمة المحسوبة لـ e.

**5.** **حلّل** لماذا يكون المدار ذو القيمة $(e = 0)$ دائريًّا؟

**6.** **قارن** بين مدار الأرض وشكل الدائرة.

**7.** **لاحظ** أي المدارات يكون إهليلجيًّا في الواقع؟

## التوسع والتطبيق

**1.** هل ينطبق القانون الأول لكبلر على المدار الذي رسمته؟ وضح.

**2.** درس كبلر بيانات مدار المريخ $(e = 0.093)$، واستنتج أن الكواكب تتحرك حول الشمس بمدارات إهليلجية، فماذا كان يستنتج لو كان على المريخ ودرس حركة الأرض؟

**3.** أين تكون سرعة الكوكب أكبر: عند الأوج أو الحضيض؟ ولماذا؟

**4.** يساعد القانون الثاني لكبلر على تحديد نسبة سرعة الأرض في الأوج والحضيض $(v_A/v_P)$.

لتحديد هذه النسبة احسب أولاً المساحة التي تمسحها الأرض في مدارها، وهذه المساحة تساوي تقريباً مساحة مثلث
مساحته = $\frac{1}{2}$ البعد عن الشمس× سرعته في تلك الفترة × الزمن. إذا كانت المساحة التي يمسحها الكوكب في فترات زمنية محددة (30 يوما مثلاً) متساوية عند الأوج والحضيض فإنه يمكن كتابة هذه العلاقة على النحو التالي:

$$\frac{1}{2}\, pv_{\mathrm{p}}t = \frac{1}{2}\, Av_{\mathrm{A}}t$$

ما النسبة $\frac{v_{\mathrm{p}}}{v_{\mathrm{A}}}$ لكوكب الأرض؟

## التوسع في البحث

**1.** استعملت طريقة تقريبية للنظر إلى القانون الثاني لكبلر. اقترح تجربة للحصول على نتائج أدق لإثبات القانون الثاني.

**2.** صمّم تجربة لإثبات القانون الثالث لكبلر.

## الفيزياء في الحياة

يدور قمر اصطناعي للاتصالات أو الأرصاد الجوية حول الأرض. هل يخضع هذا القمر لقوانين كبلر؟ اجمع بيانات لإثبات إجابتك.

# 4 مختبر الفيزياء 1 – 4

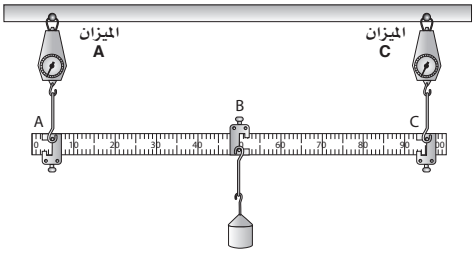
## احتياطات السلامة

## المواد والأدوات

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

## العزوم

هناك سبب مقنع لجعل مقبض الباب بعيدًا قدر الإمكان عن المُفصِّلات. ولفتح باب فإنك يجب أن تؤثر فيه بقوة. أين يجب أن تؤثر بهذه القوة؟ وفي أي اتجاه يجب أن تسحب الباب أو تدفعه ليكون فتح الباب ودورانه أسهل؟ القوى لا تولّد حركة في خط مستقيم فقط، ولكن يمكن أن تولد دورانًا للجسم الصلب حول محور أيضًا. وتعرف فاعلية القوة على تدوير جسم حر قابل للدوران بالعزم $\tau$. ويعبر عن مقدار العزم لقوة متجهة $F$ إذا كانت ذراع القوة $L$ بالعلاقة: $\tau = FL$، ويقاس العزم بوحـدة (N.m). كما أن ذراع القوة $L$ تساوي $r \sin \theta$، حيث $r$ المسافة العمودية من محور الدوران إلى نقطة تأثير القوة، و $\theta$ هي الزاوية التي تؤثر بها القوة بالنسبة إلى $r$. وهكذا فكلما ابتعدت نقطة تأثير القوة عن محور الدوران يكون عزمها أكبر، وفي هذه التجربة تؤثر القوة بزاوية $90^\circ$ نسبة إلى $r$ ، لذا فإن $\sin \theta = \sin (90^\circ) = 1$، فيكون ذراع القوة $L = r$.




**الشكل 1**

توازن قوتا الميزانين النابضيين في هذه التجربة القوة المؤثرة في إتجاه الأسفل والناتجة عن تعليق الثقل كما في **الشكل 1**. القوتان المتوازيتان تعملان على إحداث الدوران؛ لأن كلتيهما تؤثر خلال مسافة محددة (ذراع القوة)، أيْ بعدها عن القوة الثالثة وزن الكتلة (الثقل) المعلقة. إن قوة الوزن تؤثر عند النقطة B التي تعد محور الدوران لاحظ الشكل أعلاه، وتؤثر القوة عند النقطة A خلال المسافة AB وتولّد عزمًا ذا قيمة سالبة؛ لأنها تعمل على تدوير المسطرة في اتجاه حركة عقارب الساعة

## مختبر الفيزياء 1 – 4

حول النقطة B. كما تؤثر القوة عند النقطة C خلال المسافة BC وتولّد عزمًا ذا قيمة موجبة، لأن القوة المؤثرة عند النقطة C ستعمل على تدوير الجسم في عكس اتجاه حركة عقارب الساعة. وقد يؤدي مجموع العزمين إلى دوران المسطرة المترية حول محور الدوران في أحد الاتجاهين. فإذا كان مجموع العزوم حول المحور في اتجاه حركة عقارب الساعة ومجموع العزوم حول المحور نفسه في عكس اتجاه حركتها يساوي صفرًا فلن تدور المسطرة المترية. عندما تكون القوتان المتوازيتان في حالة اتزان مع القوة الثالثة؛ فإن مجموع العزوم يساوي صفرًا، ويكون النظام في حالة اتزان دوراني.

**يتوقع من الطالب بعد الانتهاء من هذه التجربة أن:**

- **يقيس** القوى التي تولد العزم.
- **يحسب** العزم في اتجاه حركة عقارب الساعة وفي عكسها على جسم يدور.
- **يبيّن** العلاقة بين العزم وذراع القوة.

**الخطوات**

**1.** جهّز الأدوات كما في **الشكل 1** دون تعليق الكتلة. علق الميزانين النابضيين من نقاط التثبيت على طاولة المختبر أو ثبتهما بشريط لاصق، ثمّ تأكد أن مؤشر كُلٍّ منهما حر الحركة.

**2.** ضع الخطّاف عند نقطة التدريج 5 cm على المسطرة المترية (النقطة A) في المحاولة الأولى، وضع الخطّاف الآخر عند نقطة التدريج 95 cm (النقطة C)، كما هو موضح في **الشكل 1**.

**3.** لاحظ قراءة مؤشر كل نابض، وسجل قراءة كل منهما في **الجدول 1** على أنها قراءة أولية.

**4.** علق الكتلة 500 g (4.9 N) بالخطّاف عند النقطة B في مركز المسطرة المترية، ولاحظ قراءتي تدريجي الميزانين النابضيين المثبتين عند النقطتين A وC عند الاتزان. وسجّل القراءة الجديدة لكل منهما في **الجدول 1** على أنها قراءة نهائية.

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

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

**7.** عزم القوة التي تؤثر في اتجاه حركة عقارب الساعة يساوي حاصل ضرب القيمة الحقيقية لقراءة الميزان A في المسافة AB، وعزم القوة التي تؤثر في عكس اتجاه حركة عقارب الساعة يساوي حاصل ضرب القيمة الحقيقية

لقراءة الميزان B في المسافة BC. احسب كلًّا من عزمي القوتين، ثم سجل هاتين القيمتين في **الجدول 2**.

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

## البيانات والمشاهدات

**الجدول 1**

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

**الجدول 2**

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

## التحليل والاستنتاج

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

**2.** ما العلاقة بين مقدار القوة المؤثرة (القراءة الحقيقية) وطول ذراع القوة التي أثرت فيه هذه القوة؟

_____

_____

**3.** قارن بين القيم المطلقة لعزم القوة في اتجاه حركة عقارب الساعة وعزم القوة في عكس اتجاه حركتها لكل محاولة، وذلك بإيجاد الفرق النسبي بين القيمتين.

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

**4.** ما العلاقة بين عزم القوة في عكس اتجاه حركة عقارب الساعة وعزم القوة في اتجاه حركة عقارب الساعة عندما يكون النظام في حالة اتزان؟

_____

_____

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

_____

_____

## التوسع والتطبيق

**1.** يمكن استعمال آلية قياس القوى في هذه التجربة لتحديد القوتين اللتين تؤثر بهما في دعامتي الجسر. تكون القوى في هذه الحالة متعاكسة. حيث يستبدل بالميزانين النابضيين الدعامتان وتؤثران بقوتين رأسيتين إلى الأعلى، ويستبدل بالكتلة المعلقة شخص يقف على الجسر ويؤثر فيه بقوة إلى أسفل. احسب القوتين المؤثرتين بوساطة الدعامتين $F_1$ و $F_2$ في جسر مشاه منتظم طوله 5.0 m وكتلته تساوي 100.0 kg، وذلك عندما يقف شخص كتلته 55 kg على بعد 2.0 m من إحدى نهايتي الجسر.

## ما الشروط اللازمة للاتزان عندما تؤثر قوتان متوازيتان في جسم؟

### احتياطات السلامة

■ كن حذرًا من سقوط الكتل.

### المواد والأدوات

- مسطرة مترية
- ميزانان نابضيان N 5–0
- حاملان رأسيان
- ملزمتان قابلتان للحركة
- كتلتا تعليق 500g، 200g .

عند صيانة البنايات العالية تستخدم السقالات وتثبّت من الخارج، ولكي تثبت هذه السقالات وتكون آمنة يجب أن تكون في اتزان انتقالي واتزان دوراني. فإذا أثرت قوتان أو أكثر في السقالة أمكن أن تحدث كل منها حركة دورانية حول طرفيها. تؤثر كتلة السقالة إذا كانت موزعة بانتظام في مركزها. وفي حالة الاتزان الانتقالي لا تتسارع السقالة؛ فالقوى إلى أعلى مساوية في المقدار ومعاكسة في الاتجاه للقوى إلى أسفل.
وللحصول على اتزان دوراني يجب أن يكون مجموع العزوم في اتجاه عقارب الساعة يساوي مجموع العزوم في عكس اتجاه عقارب الساعة. أي أن محصلة العزوم تساوي صفرًا. وستستخدم في هذا النشاط نموذج سقالة معلقة بحبلين، وذلك باستخدام مسطرة مترية، وميزانين نابضيين لقياس القوى المؤثرة في السقالة.

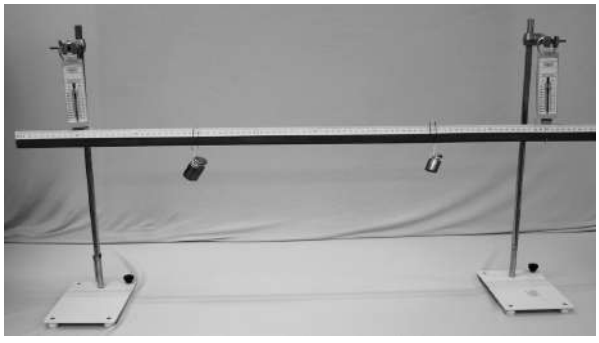
**يتوقع من الطالب بعد الانتهاء من هذه التجربة أن:**

- **يجمع البيانات** حول القوى المؤثرة في السقالة وينظمها.
- **يصف العزم** في اتجاه حركة عقارب الساعة وفي عكس اتجاه حركتها.
- **يقارن** بين الاتزان الانتقالي والاتزان الدوراني.

### الخطوات

سنعتبر الميزان الأيسر هو نقطة الدوران المحورية في هذا النشاط، حيث يقاس ذراع القوة من هذه النقطة.

1. ضع الحاملين على بعد 80.0 cm من بعضهما.
2. ثبّت كلاً من الملزمتين على الحاملين.
3. تأكد أن تدريج الميزانين النابضيين صفر قبل استخدامهما، وإذا كانا في حاجة إلى ضبط فاطلب مساعدة المعلم.



4. علق كلاً من الميزانين بملزمة قابلة للحركة ومثبتة على الحامل.
5. ثبّت المسطرة المترية باستخدام الخطافين في نهاية النابضيين، على أن يكون النابض الأيسر عند العلامة 10 cm، والنابض الأيمن عند العلامة 90 cm.
6. سجل قيمة القوة في جدول البيانات 1 في ضوء قراءة كل من الميزانين.
7. علق الكتلة 500 g على المسطرة المترية عند العلامة 30 cm، حيث تكون هذه النقطة على بعد 20 cm من الميزان الأيسر.
8. سجّل قيمة القوة في جدول البيانات 1 في ضوء قراءة كل من الميزانين.
9. علق الكتلة 200 g على المسطرة المترية عند العلامة 70 cm حيث تكون هذه النقطة على بعد 60 cm من الميزان الأيسر.
10. سجّل قيمة القوة في جدول البيانات 1 في ضوء قراءة كل من الميزانين.

## البيانات والمشاهدات

جدول البيانات -1

| الأجسام المضافة | المسافة من التدريج الأيسر ( m ) | قراءة الميزان الأيسر (N) | قراءة الميزان الأيمن (N) |
|---|---|---|---|
| المسطرة المترية | 0.4 | | |
| كتلة 500 g | 0.2 | | |
| كتلة 200 g | 0.6 | | |

جدول البيانات -2

| الأجسام المضافة | $\tau_c$ | $\tau_{cc}$ | ذراع القوة ( m ) | القوة ( N ) |
|---|---|---|---|---|
| المسطرة المترية | | | | |
| كتلة 500 g | | | | |
| كتلة 200 g | | | | |
| القيمة الصحيحة | | | | |

جدول البيانات -3

| الأجسام المضافة | $\tau_c$ ( N.m ) | $\tau_{cc}$ ( N.m ) |
|---|---|---|
| المسطرة المترية | | |
| كتلة 500 g | | |
| كتلة 200 g | | |
| القيمة الصحيحة | | |
| $\sum \tau$ | | |

## التحليل والاستنتاج

1. **احسب** كتلة المسطرة المترية.
2. **احسب** القوة أو الوزن الناتج عن كل جسم، وسجل قيمته في جدول البيانات 2. اقرأ القوة المؤثرة في النابض الأيمن وسجلها في جدول البيانات 2.
3. استخدم النقطة التي عُلق عندها الميزان الأيسر بوصفها نقطة دوران محوري. وحدِّد جميع القوى التي تسبب دوران السقالة في اتجاه عقارب الساعة أو في عكس اتجاهها. وضع إشارة × عند هذه القوى في جدول البيانات 2.
4. سجل طول ذراع القوة لكل من هذه القوى من نقطة الدوران المحورية في جدول البيانات 2.
5. **استخدم الأرقام** احسب العزم لكل جسم وذلك بضرب القوة في طول ذراع القوة، وسجل هذه القيم في جدول البيانات 3.

## التوسع والتطبيق

1. هل النظام في وضع اتزان انتقالي؟ وكيف عرفت ذلك؟
2. ارسم مخطّط الجسم الحر لهذا النظام، مبينًا جميع القوى على الرسم.
3. قارن بين مجموع العزوم في اتجاه عقارب الساعة ($\tau_c$) ومجموع العزوم في عكس اتجاه عقارب الساعة ($\tau_{cc}$).
4. ما النسبة المئوية للفرق بين $\Sigma\tau_c$ و $\Sigma\tau_{cc}$؟

## التوسع في البحث

استخدم كتلاً إضافية في مواضع تختارها باستشارة المعلم، وسجّل البيانات التي تحصل عليها.

## الفيزياء في الحياة

ابحث في متطلبات الأمن والسلامة لاستخدام السقالة في منطقتك وتركيبها وفكها.

## احتياطات السلامة

### المواد والأدوات

- مدرج هوائي
- عربتان للمدرج الهوائي.
- مسطرة مترية
- ساعة وقف/ بوابة ضوئية عدد (4)
- مؤقت بوابة ضوئية عدد (2)
- شريط لاصق
- ميزان
- كتل متنوعة

## هل الزخم محفوظ؟

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

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

### قانون حفظ الزخم:

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v'_1 + m_2 v'_2$$

حيث إن $m_1$ ، $m_2$ كتلتا العربتين الأولى والثانية.

$v_1$ ، $v_2$ سرعتا العربتين الأولى والثانية قبل التصادم.

$v'_1$ ، $v'_2$ سرعتا العربتين الأولى والثانية بعد التصادم.

ستقوم في هذه التجربة بتنفيذ تصادم بين عربتين، الأولى كتلتها $m_1$ وسرعتها $v_1$، والثانية كتلتها $m_2$ وسرعتها $v_2 = 0$.

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

$$v'_2 = \left(2m_1 / (m_1 + m_2)\right) v_1 \quad ، \quad v'_1 = \left((m_1 - m_2) / (m_1 + m_2)\right) v_1$$

أما إذا كان التصادم عديم المرونة فإن الزخم يكون محفوظًا والطاقة الحركية

غير محفوظة ويمكنك استعمال التعبير الرياضي الآتي للحصول على سرعة كل من العربتين بعد التصادم على أن تكون العربة الثانية ساكنة قبل التصادم .

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

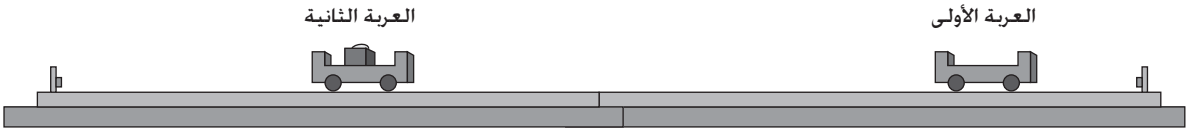
## الأهداف

**يتوقع من الطالب بعد الانتهاء من هذه التجربة أن:**

- يثبت أن الزخم محفوظ في جميع أنواع التصادمات.

## الخطوات

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




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

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

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

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

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

$$v'_2 = \frac{2m_1}{(m_1 + m_2)} v_1$$

ثم سجل النتائج التي تحصل عليها في **الجدول 1**

**7.** كرر الخطوات 6–4، ثم ارسم العلاقة البيانية بين السرعتين $v_1$ ، $v'_2$

**8.** احسب ميل المنحنى البياني الذي حصلت عليه وقارنه بالقيمة النظرية المحسوبة من العلاقة $\frac{v'_2}{v_1} = \frac{2m_1}{m_1 + m_2}$

| الجدول 1 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| المحاولة | $m_1$(kg) | $m_2$(kg) | $v_1$(m/s) | $v'_2$(cm/s) |
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |
| 3 | | | | |
| 4 | | | | |
| 5 | | | | |

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

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

**a.** عندما $m_1 = m_2$ ، $v_2 = 0$

**b.** عندما $m_1 \neq m_2$، $v_2 = 0$

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

**a.** $m_1 \neq m_2$، $v_2 = 0$ ، $m_1 = m_2$، $v_2 = 0$

**b.** (لاحظ أنه في هذه الحالة $\frac{v'_2}{v_1} = \frac{m_1}{m_1+m_2}$ )

**11.** ارسم العلاقة البيانية بين السرعات قبل وبعد التصادم في كل حالة من الحالات السابقة.

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

## أسئلة

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

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

## كيف يتأثر زخم نظامٍ ما بالاصطدام الملتحم؟

في هذا النشاط تصطدم عربة متحركة بعربة ثابتة، فتلتحمان معًا في أثناء التصادم. سوف تقيس كلًّا من السرعة المتجهة وكتلة العربتين قبل التصادم وبعده، ثم تحسب الزخم قبل التصادم وبعده.

**احتياطات السلامة**

**المواد والأدوات**

استخدام الإنترنت
لابتوب

**يتوقع من الطالب بعد الانتهاء من هذه التجربة أن:**

- **يصف** كيفية انتقال الزخم في أثناء التصادم.
- **يحسب** الزخم.
- **يفسر** البيانات الناتجة عن التصادم.
- **يستخلص** نتائج تدعم قانون حفظ الزخم.

### الخطوات

**1.** اعـرض مقطع الفيديو 1 للفصل 2 الموجود على الموقع: physicspp.com / internet_lab
لتحديد كتل العربات.

**2.** سجل كتلة كل عربة.

**3.** شاهد مقطع الفيديو 2: العربة 1 تصدم العربة 2.

**4.** بمثل كل ثلاثة أسطر في مقطع الفيديو 0.1 s، وتتباعد الخطوط المتشابكة الرئيسة مسافة 10 cm. سجل المسافة التي قطعتها العربة 1 في 0.1 s قبل التصادم، في جدول البيانات.

**5.** تابع مشاهدة التصادم، وسجل المسافة التي تحركتها العربتان الملتحمتان خلال 0.1 s بعد التصادم.

**6.** أعد الخطوات 3–5 من مقطع الفيديو 3، حيث تصطدم العربتان 1 و 3 بالعربة 2.

**7.** أعـد الخطوات 3–5 إلـى مقطع الفيديو 4، حيث تصطدم العربة 1 بالعربتين 2 و 3.

**8.** أعد الخطوات 3–5 من مقطع الفيديو 5، حيث تصطدم العربتان 1 و 3 بالعربتين 2 و 4.

## البيانات والمشاهدات

| جدول البيانات | |
|---|---|
| رقم العربة | الكتلة (kg) |
| 1 | |
| 2 | |
| 3 | |
| 4 | |

| زمن الوصول (s) | المسافة المقطوعة للوصول (cm) | السرعة المتجهة الابتدائية (cm/s) | كتلة العربات الواصلة (g) | الزخم الابتدائي (g. cm/s) | زمن المغادرة (s) | المسافة المقطوعة خلال المغادرة (cm) | السرعة المتجهة النهائية (cm/s) | كتلة العربات المغادرة (g) | الزخم النهائي (g. cm/s) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.1 | | | | | 0.1 | | | | |
| 0.1 | | | | | 0.1 | | | | |
| 0.1 | | | | | 0.1 | | | | |
| 0.1 | | | | | 0.1 | | | | |

## التحليل والاستنتاج

**1.** احسب السرعات المتجهة الابتدائية والنهائية لكل نظام من العربات.

**2.** احسب الزخم الابتدائي والنهائي لكل نظام من العربات.

**3.** **استخدام الرسوم البيانية** مثّل الزخم النهائي والزخم الابتدائي لجميع مقاطع الفيديو في رسمٍ بياني.

## التوسع والتطبيق

**1.** ما العلاقة بين الزخم الابتدائي والزخم النهائي لأنظمة العربات في التصادمات الملتحمة؟

**2.** ماذا يُمثل ميل الخط في رسمك البياني نظريًّا؟

**3.** يمكن للأرقام في البيانات الابتدائية والنهائية ألاّ تكون نفسها في الواقع. ويعود هذا إلى دقة الأدوات، والاحتكاك، وعوامل أخرى. فهل يكون الزخم الابتدائي أكبر أم أقل من الزخم النهائي؟ فسّر إجابتك.

## التوسع في البحث

**1.** صف، كيف ستبدو بيانات السرعة المتجهة والزخم إذا لم تلتحم العربات معًا، بل ارتدّ بعضها عن بعض.

**2.** صمّم تجربة لتختبر تأثير الاحتكاك في أنظمة العربات في أثناء التصادم. توقع كيف يختلف ميل الخط في الرسم البياني عمّا في التجربة، ثم اختبر تجربتك.

## الفيزياء في الحياة

**1.** افترض أن لاعبًا في مباراة كرة قدم اصطدم بلاعب آخر في وضع السكون، فالتحما معًا. ما الذي يحدث للسرعة المتجهة للنظام المكون من اللاعبين إذا كان الزخم محفوظًا؟

**2.** إذا ضربت سيارة متحركة مؤخرة سيارة ثابتة والتحمتا معًا، فما الذي يحدث للسرعتين المتجهتين لكل من السيارتين؟

الفصل
# 6 مختبر الفيزياء 1 – 6

## احتياطات السلامة

### المواد والأدوات

- قطعة قماش
- ميزان نابضي لقياس القوة (1–5)N
- سطح مائل ميلانه قابل للضبط
- ميزان قياس الكتلة
- قطعة خشبية ملساء بخطاف عند أحد طرفيها
- نابض
- قطعة خشبية خشنة بخطاف عند أحد طرفيها
- منقلة

## هل الطاقة محفوظة؟

في أثناء رفعك لجسم رأسيًّا إلى أعلى فإنك تؤثر عليه بقوة تبذل شغلاً، وإذا رفعت جسمًا ما ببطء وبسرعة منتظمة فإن القوة التي بذلتها ستكون في حالة اتزان مع وزن الجسم؛ وحيث إن الجسم لا يتسارع، فإنه لا يوجد تغيّر في طاقته الحركية. وفي ضوء نظرية الشغل – الطاقة $W_{\text{شخص}} + W_g = 0$، فإن الشغل الذي تبذله القوة التي أثرت بها غير محفوظ (غ م)، $W_{\text{شخص}} = W_{\text{غ م}}$، ولا يمكن تخزينه واستخدامه بعد ذلك في تسريع الجسم. في حين يكون شغل الجاذبية الأرضية محفوظًا كما في طاقة وضع الجاذبية $PE = -W_g = mgh$. إذ تُحدَّد $h$ بقياس المسافة الرأسية بين موقع الجسم ومستوى الإسناد. حيث يمكن استخدام طاقة وضع الجاذبية لاحقًا لمسارعة الجسم. ولذلك يعبر عن نظرية الشغل – الطاقة في مثل هذه الحالة بالمعادلة التالية:

$$W_{\text{غ م}} = PE$$

فعند رفعك للجسم نفسه بسحبه على سطح مائل أملس إلى الارتفاع نفسه سيكون مقدار القوة التي يتطلبها لذلك أقل؛ لأن القوة ستكون في حالة اتزان مع مركبة وزن الجسم الموازية للسطح. وهذه القوة الأقل أثرت خلال مسافة أطول عند رفع الجسم للوصول إلى الارتفاع نفسه، لذا فإنها ستبذل المقدار نفسه من الشغل على الجسم، وسيكون للجسم الزيادة نفسها في طاقة وضع الجاذبية. فالحاجة إلى القوة الصغيرة هي السبب في استخدام السطوح المائلة عند رفع الأجسام الثقيلة إلى مستويات أعلى.

فعندما تسحب جسمًا إلى أعلى سطح مائل خشن، عليك سحب الجسم عكس الاحتكاك؛ حيث يكون شغل الاحتكاك المبذول غير محفوظ. فالقوة التي تسحب بها الجسم إلى أعلى السطح الخشن أكبر من تلك التي تسحب بها الجسم نفسه على سطح أملس؛ لأن

# 6 مختبر الفيزياء 1 – 6

الاحتكاك يؤثر في اتجاه معاكس لقوة سحبك. وعند الاتزان (الحركة بسرعة منتظمة) **الشكل 1** يكون مجموع مركبة وزن الجسم الموازية للسطح ومقدار قوة الاحتكاك مساويًا لمقدار قوة السحب:

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

وعندما تسحب الجسم إلى أعلى السطح المائل الأملس فإن القوة التي تؤثر بها في الجسم تساوي مركبة وزن الجسم الموازية للسطح؛ والشغل المبذول على الجسم يساوي الزيادة في طاقة وضع الجاذبية. أما عندما يتحرك الجسم إلى أسفل السطح المائل الخشن بوجود قوة السحب للمحافظة على السرعة منتظمة للأعلى فإن قوة الإحتكاك هي نفسها ولكن في اتجاه أعلى السطح:

$$F_{\text{انزلاق}} = F_{g\text{موازية}} - F_k$$

في هذه التجربة ستستخدم ميزانًا نابضيًّا لقياس القوة التي يتطلبها سحب الجسم إلى أعلى السطح المائل، وإنزاله إلى أسفله. وستستخدم القوى المقيسة لتحديد قوة الاحتكاك بين السطح المائل والجسم. ثم ستحسب محصلة الشغل غير المحفوظ المبذول على الجسم عند سحبه بقوة ضد قوة الاحتكاك إلى أعلى السطح المائل، وتقارنها بطاقة وضع الجاذبية المتوقع أن يكتسبها الجسم.

**يتوقع من الطالب بعد الانتهاء من هذه التجربة أن:**

- **يقيس** القوى المؤثرة في جسم موضوع على سطح مائل.
- **يحسب** الشغل غير المحفوظ لقوتي السحب والاحتكاك.
- **يطبق** نظرية الشغل – الطاقة.
- **يقارن** النتائج التجريبية بقانون حفظ الطاقة وقانون حفظ الطاقة الميكانيكية.

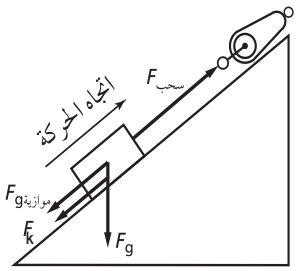
**الخطوات:**

**1.** قس كتلة قطعة الخشب باستخدام ميزان قياس الكتلة، وسجل القيمة فوق **الجدول 1**.

**2.** نظّف السطح المائل، وأسطح الجسم.

**3.** اضبط ميل السطح، بحيث ينزلق الجسم عليه نحو الأسفل –دون قوة دفع–، ثم قس زاوية ميل السطح $\theta$، وسجلها في المحاولة 1 في **الجدول 1**.

**4.** يتعين على بعض أعضاء المجموعة تثبيت الميزان النابضي بالجسم، وسحب الجسم إلى أعلى السطح ببطء وبسرعة منتظمة، كما في **الشكل 1**، وفي أثناء تحريك الجسم بسرعة منتظمة يتعين على زملائهم قراءة تدريج الميزان النابضي. وتسجيل مقدار قوة السحب في المحاولة 1 في **الجدول 1**.



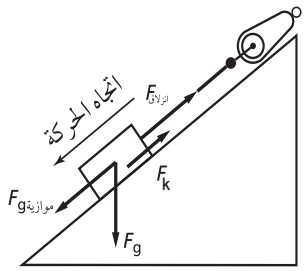




Figure A

**الشكل 1** **الشكل 2**

**5.** كرّر الخطوة 4 مستعينًا **بالشكل 2**، وأنزل الجسم إلى أسفل السطح المائل من أعلى نقطة بسرعة منتظمة، ثم سجّل قراءة الميزان النابضي على أنها قوة انزلاق في المحاولة 1 في **الجدول 1**.

**6.** كرّر الخطوة 3 و 4 بزاويتين أكبر من السابق، وسجل البيانات في المحاولتين 2 و 3 في **الجدول 1**.

## البيانات والمشاهدات

كتلة الجسم (kg) =

**الجدول 1**

| المحاولة | زاوية الميل $(\theta)^\circ$ | قوة السحب $F_{سحب}$ $(N)$ | قوة انزلاق $F_{انزلاق}$ $(N)$ |
|---|---|---|---|
| 1 | | | |
| 2 | | | |
| 3 | | | |

| الجدول 2 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| المحاولة | قوة الاحتكاك $F_k$ $(N)$ | محصلة قوة السحب والاحتكاك $F_{غم} = F_{سحب} - F_k$ $(N)$ | الشغل غير المحفوظ $W_{غم} = F_{غم} d$ $(J)$ | طاقة وضع الجاذبية $mgd\ sin\theta$ $(J)$ |
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |
| 3 | | | | |

## التحليل والاستنتاج

**1.** حلّ نظام المعادلات الذي يربط قوى السحب والانزلاق بقوة الاحتكاك.

**2.** احسب مقدار قوة الاحتكاك لكل محاولة وسجل القيم في **الجدول 2**.

**3.** احسب محصلة قوى السحب والاحتكاك لكل محاولة وسجل القيم في **الجدول 2**.

**4.** احسب الشغل غير المحفوظ الذي يبذل عندما يُسحب الجسم مسافة 1m في كل محاولة، وسجل القيم في الجدول 2.

**5.** احسب طاقة وضع الجاذبية التي يكتسبها الجسم في كل محاولة معتمدًا على سحب الجسم مسافة 1m إلى أعلى السطح المائل حيث ($g = 9.80\ m/s^2$)، وسجّل القيم في الجدول 2.

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

## التوسع والتطبيق

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

**2.** طبّق مبدأ حفظ الطاقة الميكانيكية على طالب كتلته 60.0 kg بدأ التزلج من السكون إلى أسفل منحدر ثلجي ارتفاعه 10.0 m، وهل تحولت طاقة الوضع جميعها للمتزلج إلى طاقة حركية؟ وضّح ذلك. وما الفرق بين هذه الحالة وبين تجربة الجسم التي أجريتها؟

## كيف يبرهن "تحول طاقة الوضع لجسم ما إلى طاقة حركية" مبدأ حفظ الطاقة؟

**احتياطات السلامة**

هناك أمثلة عديدة لتحولات الطاقة، منها سقوط الصخور من ارتفاع معين. فإذا بدأت الصخور في السقوط ففي هذه اللحظة تكون طاقتها طاقةَ وضع فقط، وفي أثناء السقوط تقل طاقة الوضع بتناقص الارتفاع، وتزداد الطاقة الحركية. ويبقى مجموع طاقتي الحركة والوضع ثابتًا إذا أهملنا الاحتكاك. وعند لحظة الاصطدام بالأرض فإن طاقة الوضع كلها تكون قد تحولت إلى طاقة حركية. وستصمم في هذه التجربة نموذجًا لإسقاط جسم من ارتفاع معين وتحسب سرعته عندما يرتطم بالأرض.

**يتوقع من الطالب بعد الانتهاء من هذه التجربة أن:**

- **يحسب** سرعة الجسم الساقط عند لحظة ارتطامه بالأرض باستخدام النموذج.
- **يفسر البيانات** لإيجاد علاقة بين طاقة وضع الجسم الساقط وطاقته الحركية.

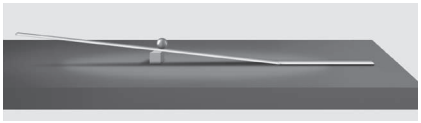
**المواد والأدوات**

- قطعتان خشبيتان أو بلاستيكيتان محفور فيهما أخدود (مسار) مستقيم يتكون من جزأين
- ميزان إلكتروني
- ساعة وقف
- كرات فولاذية أو زجاجية
- آلة حاسبة
- مسطرة مترية
- قطعة خشبية

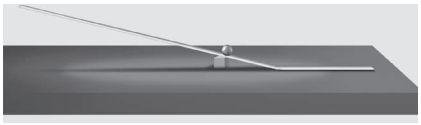
### الخطوات

شكل 1

1. ثبت القطعتين ذواتي الأخدود كما في **الشكل** 1. وارفع أحد المسارين مسافة 5 cm وضعه على القطعة الخشبية. تأكد أنه يمكن للكرة التدحرج بسهولة فوق الوصلة بين جزئي المسار.
2. سجل طول الجزء الأفقي للمسار في جدول البيانات. وضع كرة على المسار فوق القطعة الخشبية مباشرة، واترك الكرة تتدحرج. شغل ساعة الوقف عندما تصل الكرة إلى الجزء الأفقي، ثم أوقفها عندما تصل إلى نهاية المسار الأفقي. وسجل الزمن الذي استغرقته لقطع المسافة الأفقية في جدول البيانات.



شكل 2



شكل 3

3. حرّك القطعة الخشبية بحيث تصبح تحت نقطة منتصف الجزء المائل من المسار، كما في **الشكل** 2. وضع الكرة على المسار فوق القطعة الخشبية مباشرة، ثم اترك الكرة تتدحرج، وقس الزمن اللازم لقطع الجزء الأفقي من المسار وسجله في جدول البيانات.
4. احسب سرعة الكرة فوق المسار الأفقي في الخطوتين 2 و 3.
5. حرّك القطعة الخشبية الآن إلى نقطة تشكّل ثلاثة أرباع طول السطح المائل، كما في **الشكل** 3.
6. توقع الزمن اللازم لوصول الكرة إلى نهاية السطح الأفقي للمسار، وسجل توقعك ثم اختبره.
7. ضع القطعة الخشبية بصورة ثابتة عند منتصف السطح المائل كما في **الشكل** 2، ثمّ حدد نقطة على السطح المائل، على أن ترتفع 1 cm عن المستوى الأفقي للمسار، وليس 1 cm فوق سطح الطاولة.
8. دع الكرة تتدحرج من هذه النقطة، وقس الزمن اللازم لقطع طول المسار الأفقي، وسجله في جدول البيانات.
9. حدّد نقطة على السطح المائل باستخدام مسطرة، على أن ترتفع هذه النقطة 2 cm فوق السطح الأفقي للمسار، ودع الكرة تسقط من هذه النقطة، ثم قس الزمن اللازم لقطع طول المسار الأفقي، وسجله في جدول البيانات.
10. أعد الخطوة 8 من ارتفاع 8 cm، 7 cm، 6 cm، 5 cm، 4 cm، 3 cm، وسجل الزمن.

## البيانات والمشاهدات

| قائمة البيانات | | | |
|---|---|---|---|
| ارتفاع نقطة السقوط (m) | المسافة الأفقية (m) | الزمن (s) | السرعة (m/s) |
| 0.05 | | | |
| 0.05 | | | |
| 0.05 | | | |
| 0.01 | | | |
| 0.02 | | | |
| 0.03 | | | |

## التحليل والاستنتاج

1. **استدل** على أثر تغير ميل السطح المائل في سرعة الكرة على السطح الأفقي للمسار في الخطوات 2 – 6.
2. استخدم المعلومات في الخطوة 9 عند نقطة السقوط 8 cm لإيجاد طاقة الوضع للكرة قبل سقوطها مباشرة.
3. استخدم الميزان الإلكتروني لإيجاد كتلة الكرة، ولاحظ أن الارتفاع يجب أن يكون مقيسًا بوحدة m والكتلة بوحدة kg .

## التوسع والتطبيق

1. حل المعادلة بالنسبة للسرعة y بدلالة الارتفاع x، وابدأ بوضع $PE_i = KE_f$ .
2. وضح كيف تمثل هذه التجربة فقط سقوط كرة وإيجاد طاقتها الحركية لحظة ارتطامها بالأرض.
3. قارن بين طاقة الوضع للكرة قبل السقوط (الخطوة 8) والطاقة الحركية للكرة على السطح الأفقي (الخطوة 9)، ووضح لماذا تساوتا أو اختلفتا.
4. **التوصل للنتائج** هل تثبت هذه التجربة قانون حفظ الطاقة؟ وضح ذلك.

## التوسع في البحث

ما مصادر الخطأ في هذه التجربة؟ وكيف تستطيع التقليل منها؟

## الفيزياء في الحياة

كيف تثبت الحركة على منحدرات ذات ارتفاعات غير منتظمة مبدأ حفظ الطاقة بتحوّل طاقة الوضع إلى طاقة حركية؟

التعليم
مستقبل البحرين