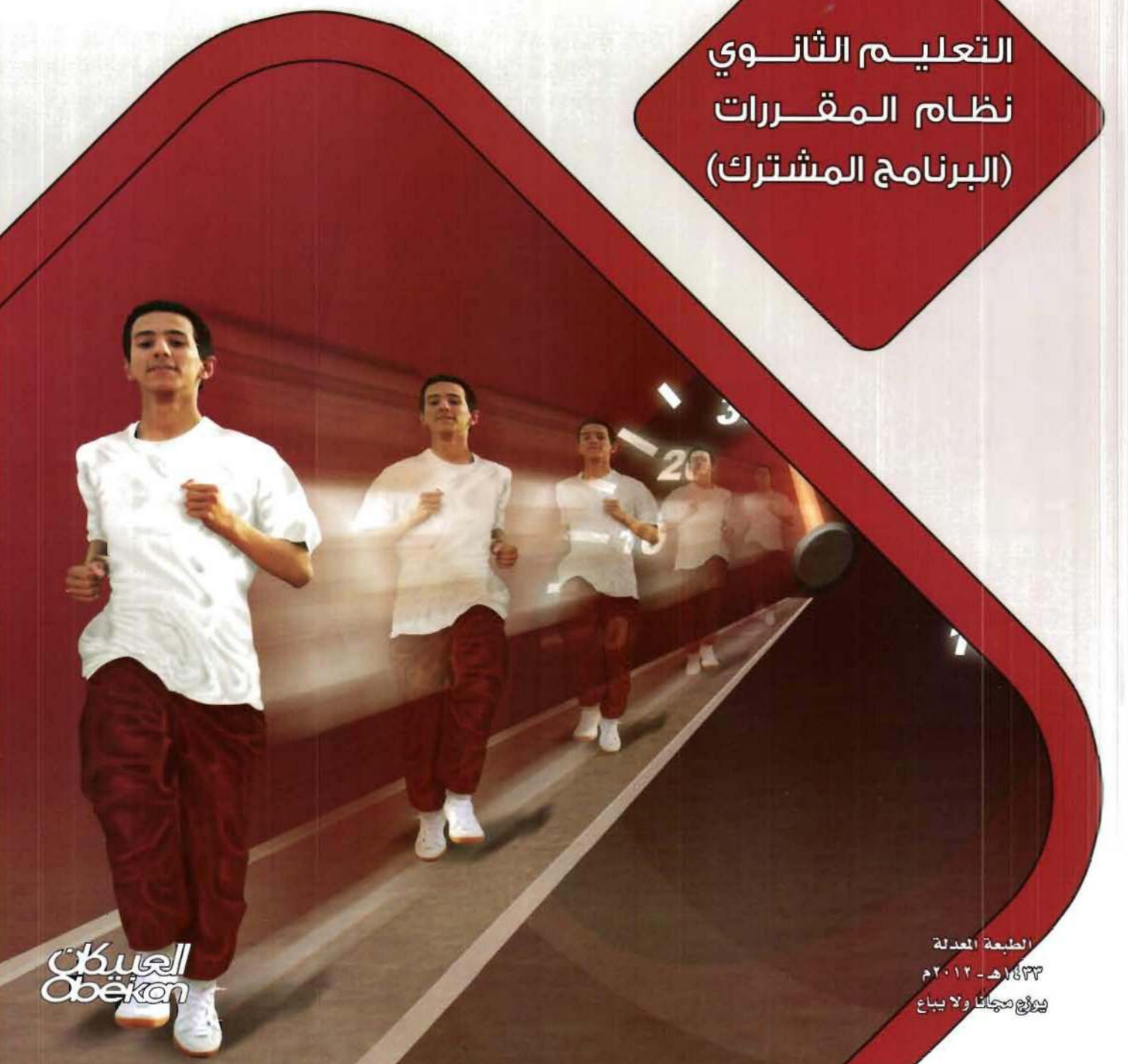
المملكة العربية السعودية
وزارة التربية والتعليم

فيزياء ١

دليل التجارب

التعليم الثانوي
نظام المقررات
(البرنامج المشترك)



العبيكان
Obeikan

الطبعة المعدلة
١٤٣٣هـ - ٢٠١٢م
يوزع مجانا ولا يباع

وزارة التربية والتعليم
MINISTRY OF EDUCATION
المملكة العربية السعودية

الفيزياء ١

التعليم الثانوي- نظام المقررات
البرنامج المشترك

دليل التجارب العملية

العبيكان Obeikan

Mc Graw Hill Education

الطبعة المعدلة
١٤٣٣ هـ - ٢٠١٢ م

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

يوزع مجانًا ولا يباع

Original Title:

Physics

Principles and Problems

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

الفيزياء

أعدَّ النسخة العربية:
شركة العبيكان للأبحاث والتطوير

التحرير والمراجعة والمواءمة
د.أحمد محمد رفيع
خلدون سليمان المصاروه
زهير يوسف حداد
عبدالرحمن بن علي العريني

التعريب والتحرير اللغوي
نخبة من المتخصصين

www.macmillanmh.com

Mc Graw Hill Education

www.obeikaneducation.com

العبيكان Obeikan

English Edition Copyright © 2009 the McGraw-Hill Companies, Inc.
All rights reserved.

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

حقوق الطبعة الإنجليزية محفوظة لشركة ماجروهل©، ٢٠٠٩م.

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

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

المقـدمـة

عزيزي الطالب / عزيزتي الطالبة

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

وتهدف هذه المناهج بموادها التعليمية المختلفة ـ ومنها هذا الدليل المصاحب لكتاب الفيزياء ١ للمرحلة الثانوية ـ إلى تعزيز المفاهيم والمهارات العلمية لديك، وإلى إكسابك مهارات الاستقصاء العلمي، والطرائق العلمية في تنفيذ التجارب العملية، وجمع البيانات وتسجيلها، والتعامل مع الجداول والرسوم البيانية، واستخلاص النتائج وتفسيرها. كما يهدف هذا الدليل العملي على وجه الخصوص إلى إكسابك مهارات التعامل مع الأدوات، والأجهزة في المختبر.

ويتضمن هذا الدليل تجارب عملية تتلاءم مع محتوى فصول كتاب الفيزياء ١ وسياق الموضوعات المقدمة فيه، ويتضمن إرشادات عن كيفية التعامل مع التجارب وفق خطوات متسلسلة من حيث تحديد المشكلة لكل تجربة وأهدافها، وإرشادات السلامة والمواد والأدوات.

وإننا إذ نقدم لك هذا الدليل لنأمل أن تكون قادرًا على استيعاب الأهداف المنشودة وتحقيقها من خلال تنفيذ التجارب الواردة فيه وفقاً لمستوياته المختلفة الموجهة، وشبه الموجهة، والحرة، وأن تتفاعل مع معلمك والمعنيين في المختبر تفاعلاً 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.

قائمَةُ الْمُحْتَوَيات

تعزيز الإتجاهات العلمية V

الإسعافات الأولية في المختبر 1X

احتياطات السلامة في المختبر X

المخاطر والاحتياجات اللازم مراعاتها X1

مرجع الفيزياء X11

إعداد وكتابة تقارير التجارب X111

1-1 ما العلاقة بين الكتلة والحجم؟ 1

1-2 ما موقع العربة؟ 5

1-3 كيف تتدحرج الكرة؟ 9

1-4 ما القوى المؤثرة في القطار؟ 14

1-5 كيف يتحرك جسم عندما تؤثر فيه قوتان؟ 19

2-5 كيف يتحرك الجسم المنزلق على سطح مائل؟ 24

1-6 ما الذي يُبقي السدّادة متحركة في مسار دائري؟ 29

2-6 السرعة النسبية 35

1-7 هل كتلةُ القصور تساوي كتلةَ الجاذبية؟ 41

2-7 كيف تقيس الكتلة؟ 47

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 بيانيًا، 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، ثم اختباره، سواء في الحال أو في نهاية تجربة أو أكثر.

التجربة

نُظّمت التجارب في عدة أجزاء، وجاءت بعض التجارب تقليدية، فتبدأ بمراجعة مفاهيم الفيزياء السابقة ذات العلاقة بالتجربة. وتساعدك الأهداف المدونة في الهامش على التركيز على استقصائك.

يتضمن جزء **المواد الأدوات** 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.

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

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

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 لتطوِّر تفسيرًا محتملًا للمشكلة. ثم تتاح لك الفرصة لتطوير خطواتك لاختبار فرضيتك. ويزوِّدك 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 اطّلاعه 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 تمكّن 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 دائمًا درجة من الخطأ في قياس الكميات الفيزيائية التي تنتج عن عدة مصادر، من أسبابها: نوع الأداة المستخدمة في القياس، وطريقة إجرائه، وكيفية قراءة أداة القياس، ومن جهة أخرى يعود مدى اقتراب قيمة قياسك من القيمة المقبولة (المعيارية) إلى مقاربتك (الضبط) في القياس. وستُقارن النتائج التجريبية بالقيم المقبولة في العديد من أنشطة كراسة التجارب العملية.

فعندما تُجرى عدة قياسات 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 إلى الاستجابة في موقف الصدمة الكهربائية.
الحريق	إقفال جميع مصادر اللهب وإغلاق صنابير الغاز، ولف المصاب ببطانية الحريق، واستعمال طفاية الحريق لإخماد النار. 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، واستأذن 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، وتعرّف 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 اللازم مراعاتها

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

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

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

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

نشاط إشعاعي
يظهر هذا الرمز عند استعمال مواد مشعة.

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

ثوابت فيزيائية عامة

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

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

معاملات التحويل

الكتلة: $1000\ g = 1\ kg$

$1\ g = 1000\ mg$

الحجم: $1\ L = 1000\ ml$

$1\ ml = 1\ cm^3$

$1\ km = 1000\ m$

الطول: $1\ m = 100\ cm$

$1\ m = 1000\ mm$

بادئات تستعمل مع النظام الدولي للوحدات

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

إعداد وكتابة تقارير التجارب

إن أحـد أهـم جوانب العمل المختبـري هو تحقيق النتائج التي حصلت عليها خلال الاسـتقصاء. لذا، فقد صُمِّمَ دليـل التجـارب العملية بحيث تكون كتابة التقرير المختبري فعالة قدر المسـتطاع. وسـوف تكتب تقاريرك على الأوراق المرفقـة (النمـاذج) الخاصـة بالتقاريـر مباشـرة بعد إجـراء التجربة، وقد تمـت عنونة جميـع الجداول المعروضة لتسـهل عملية تسجيل البيانات وإجراء الحسـابات. وتُركت مساحات فارغة كافية في التقرير لإجراء الحسابات الضرورية، ومناقشة النتائج والاستنتاجات والتفسيرات.

وفيما يلي العناصر التي يشتمل عليها تقرير المختبر:

1. المقدمة

تشتمل على:

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

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

2. البيانات

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

3. النتائج والتحليل

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

b. إذا تعددت النتائج وجبت كتابتها في جداول.

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

4. الرسوم البيانية

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

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

5. الحسابات

يجب أن تحتوي جميع الحسابات على ما يلي:

a. المعادلة الفيزيائية بصورتها المألوفة.

b. الحل الجبري للمعادلة.

c. تعويض الكميات المعلومة مع مراعاة وحداتها .

d. الناتج العددي للقيمة المطلوبة مع وحداتها.

مثال: إذا كانت $d = 10\ \text{m}$ و $t = 2\ \text{s}$ فاستخدم المعادلة التالية لإيجاد التسارع $\boldsymbol{a}$:

$$d = v_i t + \frac{1}{2} at^2$$ ، وحيث إن $v_i = 0$ فإن:

$$a = \frac{2d}{t^2} = \frac{2\,(10\ \text{m})}{(2\ \text{s})^2} = 5\ \text{m}/\text{s}^2$$

6. المناقشة

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

7. الاستنتاجات

الاستنتاج جزء مهم في أي تقرير، وهو عمل فردي يجب أن يقوم به الطالب الذي كتب التقرير، دون مساعدة من أحد، إلا من معلمه. يتكون الاستنتاج من فقرة أو أكثر مصوغة بشكل جيد، بحيث تستطيع تلخيص النتائج النهائية. ويتميز الاستنتاج بما يلي:

a. يغطي جميع النقاط الرئيسة في الموضوع.

b. يستند على نتائج التجربة وبياناتها.

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

d. الوضوح والإيجاز مهمان في الاستنتاج؛ لذا يجب تجنب استخدام صيغة المتكلم (مثل أنا، نحن) إلا إذا كان ذلك ضروريًا.

مختبر الفيزياء 1 – 1

احتياطات السلامة

المواد والأدوات

- القدمة ذات الورنية
- ميزان
- متوازي مستطيلات فلزي مصمت
- متوازي مستطيلات خشبي مصمت
- أسطوانة فلزية مصمتة
- أسطوانة خشبية مصمتة
- كرة فلزية مصمتة
- كرة خشبية مصمتة

ما العلاقة بين الكتلة والحجم؟

يمكنك التحقق من بعض ثوابت الفيزياء من خلال الملاحظة ومهارات استخدام أدوات القياس والحساب مستعينًا بالأرقام المعنوية. والثابت الفيزيائي كمية فيزيائية تبقى ثابتة تحت مجموعة من الظروف. فإذا قمت بعدة تجارب ولاحظت أن الماء يتجمد دائمًا عند درجة حرارة $0^{\circ}C$ فإنك تستنتج أن درجة حرارة تجمد الماء ثابتة، وباستخدام هذه الحقيقة تستطيع التوسع في أبحاثك العلمية لاكتشاف حقائق أخرى عن الماء وعن الآلية الفيزيائية للتجمد.

ستستقصي في هذه التجربة خاصية الكثافة، وهي مقدار كتلة وحدة الحجوم لمادة، ويستخدم الفيزيائيون الكثافة لدراسة بعض الظواهر الفيزيائية ومنها الطفو.

سوف تقيس في هذه التجربة كتلة عدة أجسام مصنوعة من المادة نفسها، ثم تقيس أبعاد هذه الأجسام، وتحسب أحجامها، وأخيرًا تمثل النتائج التي حصلت عليها في رسم بياني لإثبات حقيقة أن كثافة المادة تبقى ثابتة مهما تغير شكلها.

الأهداف

يُتَوقع بعد تنفيذ هذه التجربة أن تكون قادرًا على أن:

- **تقيس** أبعاد وكتل عدة أجسام باستخدام النظام الدولي للوحدات (SI).
- **تمثل** بيانيًّا العلاقة بين كتلة الجسم (m) و حجمه (V).
- **توضح** كيفية إيجاد حجم جسم دون قياس أبعاده.

الخطوات

1. أحضر متوازي مستطيلات وأسطوانة وكرة كلها مصنوعة من نوع الخشب نفسه.
2. سجل نوع الخشب في **الجدول 1**.
3. استخدم الميزان لقياس كتلة كل من الأجسام الثلاثة (m) إلى أقرب جرام، وسجل النتائج في الجدول 1.

4. استخدم القدمة ذات الورنية لقياس ارتفاع متوازي المستطيلات (h) وطوله (l) وعرضه (w) إلى أقرب ملمتر. قس كل بُعد أربع مرات، وسجل قياساتك في الجدول 1.
5. استخدم القدمة ذات الورنية لقياس قطر الأسطوانة (d) وارتفاعها (h) إلى أقرب ملمتر. قس كل بُعد أربع مرات، وسجل قياساتك في الجدول 1.
6. استخدم القدمة ذات الورنية لقياس قطر الكرة (d) إلى أقرب ملمتر. قس القطر أربع مرات، وسجل قياساتك في الجدول 1.
7. أحضر متوازي مستطيلات وأسطوانة وكرة كلها مصنوعة من نوع الفلز نفسه.
8. سجل نوع الفلز في **الجدول 2**.
9. كرّر الخطوات 6–3 وسجل قياساتك في الجدول 2.

البيانات والمشاهدات

الجـــــدول 1

نوع الخشب .....

الشكل	الكتلة (kg)	الأبعاد (cm)			
		الطول	العرض	الارتفاع	القطر
متوازي المستطيلات					
الأسطوانة					
الكرة					

الجـــــدول 2

نوع الفلز .....

الشكل	الكتلة (kg)	الأبعاد (cm)			
		الطول	العرض	الارتفاع	القطر
متوازي المستطيلات					
الأسطوانة					
الكرة					

التحليل والاستنتاج

1. احسب متوسط كل بُعد لكل جسم، وسجل المتوسطات في **الجدول 3**.

الجـــــدول 3

الجسم	متوسط الأبعاد (cm)		
متوازي المستطيلات الخشبي	الطول	العرض	الارتفاع
الأسطوانة الخشبية	القطر	الارتفاع	
الكرة الخشبية	القطر		
متوازي المستطيلات الفلزي	الطول	العرض	الارتفاع
الأسطوانة الفلزية	القطر	الارتفاع	
الكرة الفلزية	القطر		

2. احسب حجم كل جسم باستخدام متوسط الأبعاد في الجدول 3، وحوّل الحجم الناتج إلى وحدة m^3، ثم سجل نتائجك في **الجدول 4**.

الجـــــدول 4

الشكل	معادلة حساب الحجم	حجوم الأجسام الخشبية $V(m^3)$	حجوم الأجسام الفلزية $V(m^3)$
متوازي المستطيلات	$V = lwh$		
الأسطوانة	$V = \pi (\frac{d}{2})^2 h$		
الكرة	$V = \frac{4}{3} \pi (\frac{d}{2})^3$		

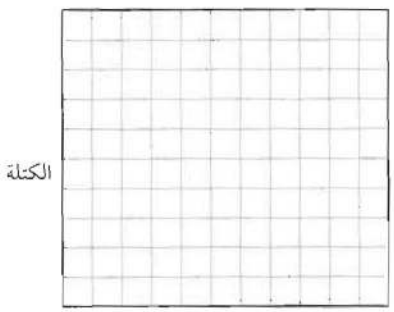
3. استخدم ورقتي الرسم البياني في الصفحة التالية لتمثيل نتائجك، مستخدمًا إحداهما للأجسام الخشبية، والأخرى للأجسام الفلزية. مثّل الكتلة المقيسة لكل جسم على المحور الرأسي (y) والحجم على المحور الأفقي (x).

4. حلّل كلًّا من الرسمين الناتجين. هل تستطيع أن تتبين وجود علاقة بين كتلة كل مادة وحجمها؟

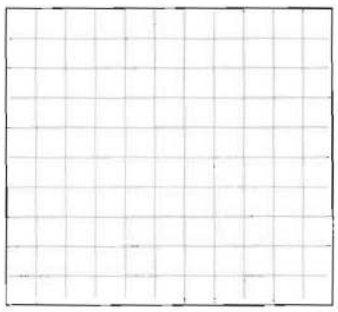
.....

.....

الخشب



الفلز



5. ارسم خط المواءمة الأفضل لكل مادة. ما قيمة ميل كل من الخطين؟ ماذا يمثل الميل؟ ما وحداته؟

.....

.....

6. هـل تقع جميع النقاط على خط المواءمة الأفضل لكل مادة؟ هل تشـير النتائـج إلى وجود ثابت فيزيائي؟ ما الأسباب التي أدت إلى وقوع بعض النقاط بعيدًا عنه؟

.....

.....

.....

التوسع والتطبيق

1. اكتب العلاقة الرياضية بين كلٍّ من الكتلة والحجم لكلتا المادتين. ما الثابت في هذه العلاقة؟

.....

.....

2. لو افترضنا أن لديك جسمًا غير منتظم الشكل من مادة معروفة، فكيف تستطيع إيجاد حجم هذا الجسم دون أن تقيس أبعاده؟

.....

.....

مختبر الفيزياء 1 – 2

احتياطات السلامة

المواد والأدوات

- ماسك
- عربة ذات سرعة منتظمة
- مسطرة مترية
- شريط لاصق
- مؤقت البوابة الضوئية
- ساعة إيقاف

ما موقع العربة؟

عند دراسة الحركة يمكنك فقط قياس كميتي الموقع (d) والزمن (t) بسهولة. وتستخدم قيم هاتين الكميتين في حساب كميات أخرى مرتبطة مع الحركة ومنها السرعة، والتي تمثل المعدل الزمني لتغير موقع الجسم. وهي وسيلة يستخدمها العلماء في وضع توقعات حول حركة جسم ما، مثل توقع الزمن اللازم لقطع الجسم مسافة معلومة، أو توقع المسافة التي يمكن أن يقطعها في زمن معين.

وحتى تعيّن السرعة المتوسطة لجسم، عليك أن تقيس الإزاحة Δd (التغير في الموقع) خلال فترة زمنية Δt، ثم تقسم الإزاحة على الفترة الزمنية:

$$\overline{v} = \frac{\Delta d}{\Delta t}$$

وإذا كانت إزاحة الجسم منتظمة خلال فترات زمنية متساوية، يكون مقدار السرعة المتوسطة ثابتًا، ويكون الرسم البياني للعلاقة بين الموقع والزمن خطًّا مستقيمًا، ميله يساوي الفرق بين الموقع النهائي والموقع الابتدائي أو مقدار الإزاحة $(d_f - d_i)$ مقسومًا على الفرق بين الزمن النهائي والزمن الابتدائي $(t_f - t_i)$؛ أي الفترة الزمنية التي استغرقها الجسم المتحرك. ويعطى مقدار الميل بالمعادلة:

$$v = \frac{(d_f - d_i)}{(t_f - t_i)}$$

تشبه هذه المعادلة الصيغة النظرية التي تعرّف السرعة المتوسطة. وفي حالة جسم يتحرك بسرعة منتظمة v، ويبدأ حركته عندما تكون $d_i = 0$ و$t_i = 0$ تصبح العلاقة بين الموقع النهائي للجسم والزمن الذي استغرقه الجسم للوصول إليه:

$$t_f = \frac{d_f}{v}$$

ستدرس في هذه التجربة جسمًا يتحرك بسرعة منتظمة (ثابتة مقدارًا واتجاهًا)، وتضع توقعاتك حول الزمن اللازم لوصول الجسم إلى مواقع معينة، ثم تصمم تجربة وتنفذها للتحقق من صحة توقعاتك.

2 مختبر الفيزياء 1 – 2

الأهداف

يُتوقع بعد تنفيذ هذه التجربة أن تكون قادرًا على أن:

- **تتوقع** الزمن اللازم لكي تقطع عربة ذات سرعة منتظمة مسافات محددة.
- **تقيس** الفترات الزمنية المرتبطة مع المسافات المقطوعة.
- **تقوّم** تجربتك.

المشكلة

ما العلاقة بين المسافة والزمن في حالة جسم يتحرك بسرعة منتظمة؟

الفرضية

كوِّن فرضية حول العلاقة بين المسافة المقطوعة والزمن المستغرق في حالة عربة تتحرك بسرعة منتظمة. بالاعتماد على فرضيتك، توقع مقدار الزمن الذي تحتاج إليه عربتك لقطع المسافات الواردة في **الجدول 1** بسرعة منتظمة يحددها لك معلمك.

الجدول 1

المعطيات: المسافة المقطوعة (cm)	التوقع: الزمن اللازم (s)
10	
20	
30	
40	
50	
60	
70	
80	
90	
100	

التخطيط للتجربة

1. بالعمل مع زميل أو ضمن مجموعات صغيرة، اختر ما تحتاج إليه من المواد والأدوات لتصمم تجربة تساعدك على اختبار فرضيتك.

2. اختر أدوات القياس التي ستستخدمها في قياس زمن المسافات المقطوعة في الجدول 1، وتأكد من إلمامك بطرائق استخدام هذه الأدوات، ومعرفتك مدى دقتها.

3. بيِّن الخطوات التي ستستخدم فيها المواد و طرائق القياس التي قمت باختيارها. اكتب هذه الخطوات في دفتر ملاحظاتك، ثم ارسم مخطط التجربة التي ستقوم بها في الفراغ المخصص لذلك.

4. افحص خطة التجربة احصل على موافقة معلمك على خطة التجربة قبل أن تشرع في تنفيذها.

5. نفّذ التجربة، وسجل بياناتك في **الجدول 2**.

مخطط التجربة

البيانات والمشاهدات

الجدول 2

مجموعة البيانات	المسافة المقطوعة (cm)	الزمن المستغرق (s)	الزمن الكلي لكل 10 cm (s)
1	10		
2	20		
3	30		
4	40		
5	50		
6	60		
7	70		
8	80		
9	90		
10	100		

2 مختبر الفيزياء 1 – 2

التحليل والاستنتاج

1. **اختبر البيانات** قارن بين نتائج التجربة وتوقعاتك.

.....

.....

.....

2. **حلِّل البيانات** جزِّئ كل زمن مقيس إلى مقادير زمنية من مضاعفات الزمن اللازم لقطع مسافة 10 cm. هل يمكنك استكشاف نمط ما؟ وضح ذلك.

.....

.....

3. **فسِّر المعلومات** افترض أن المسافات المستخدمة في التجربة لها القيم العددية نفسها، ولكنها بالأمتار بدلاً من السنتمترات، فكيف يؤثر ذلك في قياساتك للزمن؟

.....

.....

4. **استخلص النتائج** من خلال تجربتك صغ استنتاجًا عن شكل العلاقة بين المسافة والزمن لجسم يتحرك بسرعة منتظمة.

.....

.....

5. **قيم الطرائق العلمية** انقد تجربتك. ما الصعوبات التي واجهتك في أثناء تنفيذ التجربة؟ ما مقترحاتك للتغلب عليها؟

.....

.....

التطبيق

1. إذا أجريت تجربتك مرة أخرى على جسم يتحرك بسرعة ثابتة في مسار دائري فهل تتوقع أن تبقى فرضيتك صحيحة؟ فسّر ذلك.

.....

.....

احتياطات السلامة

المواد والأدوات

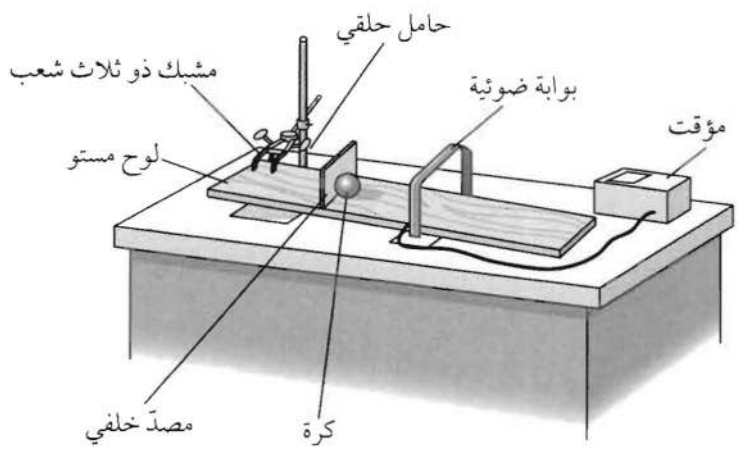
- كرة
- حامل حلقي
- مشبك ذو ثلاث شعب
- لوح مستوٍ
- مسطرة مترية
- بوابة ضوئية
- مؤقت البوابة الضوئية

كيف تتدحرج الكرة؟

لم يكن مفهوم التسارع مفهومًا لدى العلماء في زمن جاليليو. وكان الاعتقاد السائد آنذاك أن الجسم الذي يسير مسافة أكبر خلال زمن معين يكتسب سرعة أكبر. ولقد أدرك جاليليو أن بعض الأجسام تزداد سرعتها، ولكنه ظنّ في البداية أن هذه الزيادة في السرعة تتناسب طرديًّا مع المسافة. وبعد إجرائه عدة تجارب مستعملًا كرات تتدحرج على سطح مستو مائل أدرك أن الزيادة في السرعة تتناسب طرديًّا مع الزمن، وأن المسافة المقطوعة تتناسب طرديًّا مع مربع الزمن.

$$d \propto t^2$$

وأثبت جاليليو هذا القانون للأجسام الساقطة باستخدام معدات تشبه الجهاز الموضح في **الشكل A**. ولما كان من الصعب على جاليليو الحصول على ساعة تقيس الزمن بانتظام فقد استخدم مستوى مائلًا له ميل قليل جدًّا، بحيث تتسارع الكرة المتدحرجة ببطء. إن ما يميز عملك الآن عن جاليليو هو أنك تستطيع قياس الزمن بساعة دقيقة جدًّا (تعمل بتقنية البوابة الضوئية). ستقوم بإجراء تجربة الكرة المتدحرجة لتثبت أن المسافة التي يقطعها الجسم المتسارع تتناسب طرديًّا مع مربع الزمن.



الشكل A

3 مختبر الفيزياء 1 – 3

الأهداف

يُتوقع بعد تنفيذ هذه التجربة أن تكون قادرًا على أن:

- **توضح** العلاقة بين المسافة والزمن لكرة متدحرجة تتسارع.
- **تحسب** تسارع كرة متدحرجة.
- **تستنتج** العلاقة بين تزايد السرعة والزمن باستخدام بيانات المسافة والزمن.

الخطوات

1. احصل على كرة من المعلم.
2. ركّب الجهاز المبين في **الشكل A**. استخدم اللوح المستوي كمستوى مائل، واضبط ميله بحيث يكون أفقيًّا تقريبًا ومساويًا لميل المستويات المائلة عند المجموعات الأخرى. يجب أن تتسارع الكرة ببطء وبشكل ثابت. اضبط المؤقت بحيث يبدأ العدّ الزمني عند ضغط زر التشغيل، ويتوقف عند عبور الكرة البوابة الضوئية. اضبط البوابة الضوئية بحيث تسمح للكرة بالمرور، وبحيث تستطيع الكرة أن تحجب الضوء عن مجس البوابة.
3. ضع الكرة عند قمة المستوى المائل، وأمسكها بحيث تلامس حاجز البداية. استخدم المسطرة المترية لتضع البوابة الضوئية بحيث تكون المسافة بينها وبين مقدمة الكرة 10 cm على المستوى المائل.
4. اترك الكرة وشغل المؤقت في اللحظة نفسها، وبعد مرور الكرة من خلال البوابة الضوئية سجل الزمن الذي استغرقته الكرة لقطع مسافة 10 cm في عمود الزمن (t_1) في **الجدول 1**.
5. كرّر الخطوة 4 مرتين، وسجل قياسات الزمن t_2 و t_3 في الجدول 1.
6. كرّر الخطوات 5 – 3 لمجموعات البيانات من 10–2 في الجدول 1، بحيث تزداد مسافة التدحرج 10 cm في كل مرة.

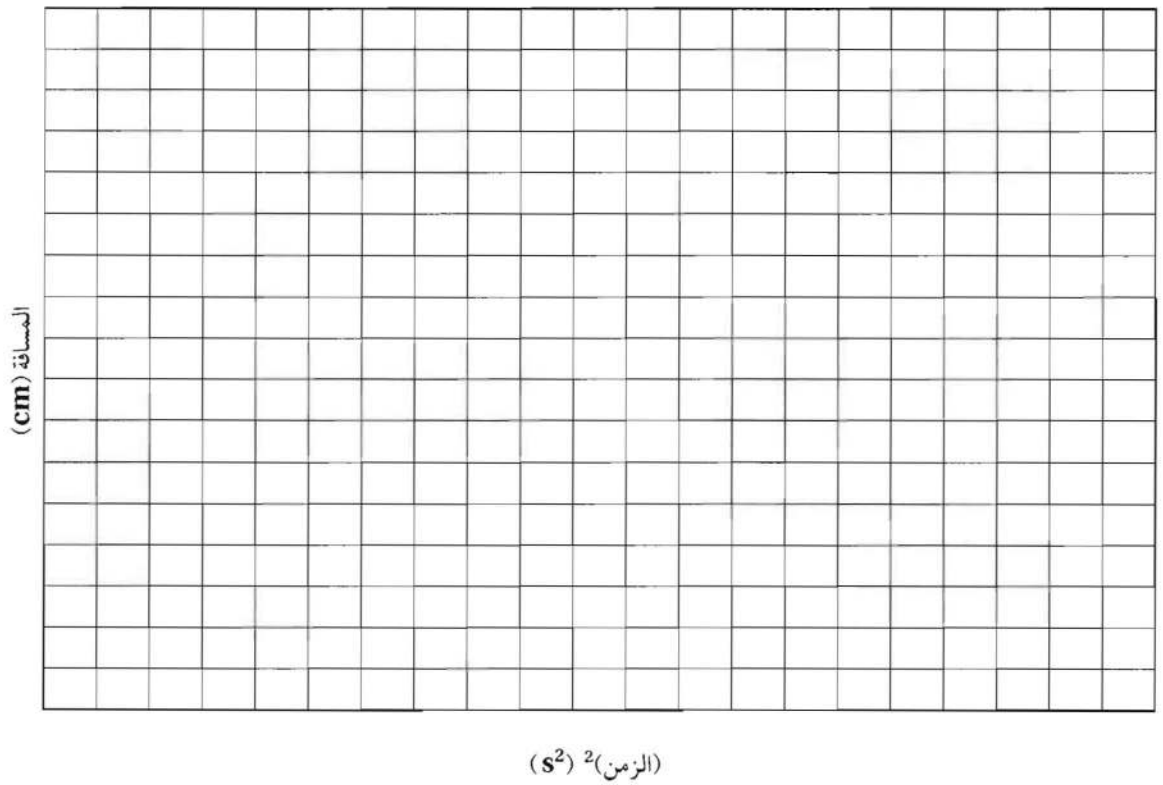
البيانات والمشاهدات

الجدول 1						
مجموعة البيانات	المسافة d (cm)	الزمن(1) t_1 (s)	الزمن(2) t_2 (s)	الزمن(3) t_3 (s)	متوسط الزمن $\bar{t}$ (s)	مربع متوسط الزمن $\bar{t}^2$ (s^2)
1	10					
2	20					
3	30					
4	40					
5	50					
6	60					
7	70					
8	80					
9	90					
10	100					

التحليل والاستنتاج

1. احسب متوسط الزمن ومربع متوسط الزمن لكل مجموعة بيانات، وسجّل مقاديرها في الجدول 1.

2. استخدم ورقة الرسم البياني التالية، وعيِّن عليها بيانات الجدول 1، على أن تُمثِّل المسافة على المحور الرأسي y، ومربع الزمن على المحور الأفقي x.



3. حلّل رسمك البياني، هل تلاحظ نمطًا ما لهذه النقاط؟ فسّر ذلك.

.....

.....

.....

4. ارسم خط المواءمة الأفضل للنقاط في الرسم البياني، واحسب ميله. ما الذي يمثله هذا الميل؟ وما وحداته؟

.....

.....

.....

5. لاحظ مدى ملاءمة الخط المستقيم الذي رسمته معتمدًا على النقاط في الرسم البياني. هل تحركت الكرة المتدحرجة في تجربتك بتسارع ثابت؟ هل تقع جميع النقاط على الخط المستقيم أم قريبة منه؟ ما الأسباب المحتملة لوقوع بعض نقاط البيانات بعيدًا عن الخط؟

.....

.....

.....

التوسع والتطبيق

1. قارن بين مقدار ميل الخط المستقيم الذي رسمته والمقادير التي حصلت عليها المجموعات الأخرى. على اعتبار أن جميع المجموعات استخدمت زاوية ميل المستوى نفسها. ما العامل المشترك بين نتائج جميع المجموعات؟

.....

.....

.....

2. استعن ببيانات التجربة لتحدد علامات على المستوى المائل، بحيث تمر الكرة بها خلال فترات زمنية متساوية. عند أي مسافة من نقطة البداية تضع العلامتين التاليتين إذا كانت علامتك الأولى على بُعد (10 cm) من نقطة البداية؟

.....

.....

.....

3. باستخدام نقطة البداية والعلامات الثلاث التي وضعتها، هل ترى نمطًا للمسافات الفاصلة بين العلامات المتجاورة؟ فسِّر ما يعنيه هذا النمط.

.....

.....

.....

احتياطات السلامة

المواد والأدوات

- عربات متساوية الكتلة
- ماسك عدد 3
- حامل لتعليق الكتل
- كتل مختلفة
- بكرات ملساء
- موازين نابضية
- خيوط

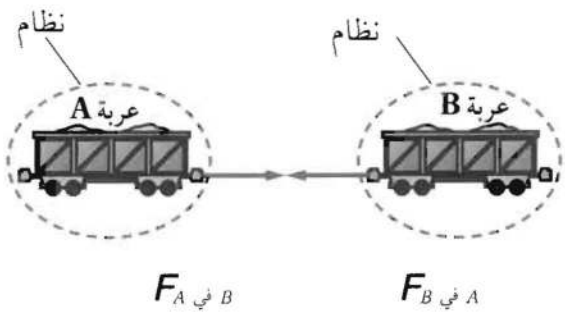
ما القوى المؤثرة في القطار؟

تعلمت أنه عند التأثير بقوة في نظام حر الحركة فإن هذا النظام يتسارع، ويعرف هذا بقانون نيوتن الثاني حيث:

$$a = \frac{F_{\text{محصلة}}}{m}$$

عند اختبار هذا القانون على نظام يتكون من كتلة واحدة مثل العربة فإنك تستطيع حساب القوة المحصلة المسببة للتسارع. ما الذي يحدث عندما يتكون النظام من مجموعة من العربات المترابطة معًا مثل القطار؟ إن التعامل مع القطار كجسم واحد لا يسمح لك بمعرفة القوى المتبادلة بين كل عربتين من عرباته.

يوضح **الشكل A** القوى المتبادلة بين عربتين متتاليتين؛ حيث يمثل كل من المتجهين $F_{A \text{ في } B}$ و $F_{B \text{ في } A}$ القوة التي تؤثر بها كل عربة في الأخرى، وقد أحيط كل من النظامين تحت الدراسة بدائرة منقطة.



الشكل A

وعلى اعتبار أن كل عربة تمثل نظامًا منفصلًا فإنه يمكن تفسير التفاعل بين النظامين (العربتين) باستخدام قانون نيوتن الثالث:

$$F_{A \text{ في } B} = -F_{B \text{ في } A}$$

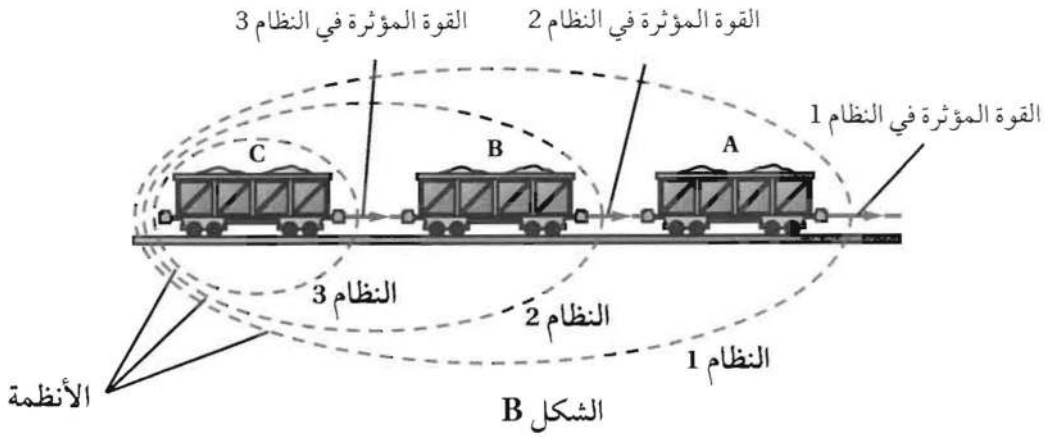
أما عند اعتبار العربتين معًا نظامًا واحدًا فإنهما تؤثران أحدهما في الأخرى بقوتين متساويتين في المقدار ومتعاكستين في الاتجاه، ومن ثم يبدو وكأن كل قوة تلغي الأخرى. وهما تمثلان القوى الداخلية في النظام التي لا تسهم في حركة القطار. فما القوة التي تسهم في حركة القطار؟

4 مختبر الفيزياء 1 – 4

وفقًا لقانون نيوتن الثاني، فإن القوى التي تسهم في حركة النظام هي القوى الخارجية المؤثرة فيه، وهي تظهر فقط في أثناء تسارع عربات القطار؛ فعندما تتسارع العربة التي في المقدمة تسحب التي خلفها مسبِّبة تسارعها.

ولتحديد حركة نظام من الضروري أن تأخذ بعين الاعتبار كل القوى الخارجية المؤثرة فيه، وتجمع هذه القوى (جمعًا متجهًا)، ثم تستخدم قانون نيوتن الثاني لحساب التسارع.

يوضح **الشكل B** القوى المؤثرة في نظام قطار مكوّن من ثلاث عربات. يسبب تحرك العربة A قوة سحب تؤثر في العربتين B وC، وفي الوقت نفسه فإن كلًّا من العربتين B وC تؤثر بقوة في الأخرى، لذلك يمكن تحليل القطار إلى ثلاثة أنظمة مختلفة تتحرك بالتسارع نفسه؛ بحيث يتكون النظام الأول من العربات A و B و C، والنظام الثاني من العربتين B وC، والنظام الثالث من العربة C. يبيّن **الشكل B** طرائق ونقاط تأثير القوى في النظام.



الشكل B

الأهداف

يُتوقع بعد تنفيذ هذه التجربة أن تكون قادرًا على أن:

- **تصمم** تجربة لاختبار القوى بين عربات قطار.
- **تربط** بين القوى المؤثرة في عربات قطار والقوة التي تسحب القطار.
- **تميز** بين قانوني نيوتن الثاني والثالث.

السؤال

كيف تقارن بين القوة التي تسبب تسارع قطار والقوى التي تنقل قوة السحب؟

4 مختبر الفيزياء 1 – 4

الفرضية

كوّن فرضية لمقارنة القوة التي تسبب تسارعًا ثابتًا لقطار، بالقوى بين كل عربتين في القطار نفسه.

.....

.....

التخطيط للتجربة

1. بالعمل ضمن مجموعات صغيرة، اختر ما تحتاج إليه من المواد والأدوات المقترحة (أو غيرها من اختيارك) لتصمم تجربة تساعد على اختبار فرضيتك.
2. اختر أدوات القياس التي تستخدمها في قياس القوى، وتأكد من معرفتك لمدى دقتها، وقرر كيف تحدد القوة المؤثرة في كل جزء من القطار.
3. حدد الخطوات التي تستخدم فيها طرائق القياس وأدواته التي اخترتها. اكتب الخطوات في دفتر ملاحظاتك. وارسم مخططًا توضيحيًّا لتجربتك في الفراغ أدناه.
4. تفحص خطة التجربة، واحصل على موافقة معلمك على خطتك قبل أن تشرع في تنفيذها. تأكد أنك تستطيع التعامل مع جميع الأدوات.
5. نفِّذ التجربة مستخدمًا **الجدول 1** لتسجيل البيانات التي ستحصل عليها.

مخطط التجربة

4 مختبر الفيزياء 1 – 4

البيانات والمشاهدات

الجدول 1			
رقم المحاولة	القوة المؤثرة في النظام 1 (N)	القوة المؤثرة في النظام 2 (N)	القوة المؤثرة في النظام 3 (N)
1			
2			
3			
4			

التحليل والاستنتاج

1. **اختبر البيانات** قارن بين مقادير القوى المؤثرة في الأنظمة الثلاثة في القطار.

.....

.....

2. **ميِّز الأنماط** ابحث عن نمط في البيانات الممثلة للقوة، ووضح النمط الذي تشاهده.

.....

.....

3. **حلِّل البيانات** وضِّح العلاقة بين السبب والنتيجة التي أدت إلى ظهور النمط في بيانات القوة، آخذًا بعين الاعتبار الكتلة الكلية لكل من الأنظمة الثلاثة.

.....

.....

.....

.....

4. **استخلص النتائج** تخيل قطارًا مكونًا من عدة عربات. اعتمادًا على العلاقة بين القوى المتبادلة بين العربات، ما العلاقة بين القوى المؤثرة في وصلات مقدمة القطار والمؤثرة في وصلات مؤخرته؟

.....

.....

التطبيق

1. **طبّق الاستنتاجات** تخيّل أنك المهندس المسؤول عن قيادة قاطرة تسحب مجموعة كبيرة من العربات، وتعلم أنها لا تستطيع أن تؤثر بقوة كبيرة تكفي لبدء تحريك العربات كلها في وقت واحد. ما الاستراتيجية التي ستستخدمها لتحريك القطار؟ ***إرشاد:*** *يوجد بين كل عربتين وصلة تستطيع الحركة عدة سنتمترات إلى الأمام والخلف قبل أن تؤثر بقوة في العربة التالية.*

.....

.....

.....

2. **صمّم تجربة** اعمل مخطط تجربة للمقارنة بين تسارع قطار مكوّن من ثلاث عربات وتسارع آخر مكوّن من عربة واحدة، علمًا بأن للقطارين الكتلة الكلية نفسها، وتؤثر في كل منهما القوة الكلية نفسها. ما العلاقة بين التسارعين؟ وكيف يمكن لهذه العلاقة أن توضح الفرق بين قانوني نيوتن الثاني والثالث؟

.....

.....

.....

.....

كيف يتحرك جسم عندما تؤثر فيه قوتان؟

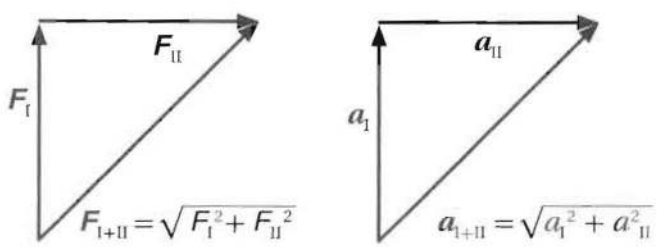
احتياطات السلامة

المواد والأدوات

- مدرج (مسار) هوائي مع عربة منزلقة
- حامل كتل
- كتل مختلفة
- مسطرة مترية
- خيط
- بوابة ضوئية
- مؤقت بوابة ضوئية

درست سابقًا أنه يمكن أن يتسارع نظام ما عندما تؤثر فيه قوة واحدة. فماذا يمكن أن يحدث عندما تؤثر قوتان متعامدتان في نظام ما؟ على افتراض أن القوتين ليستا في حالة اتزان فمن المتوقع أن يتسارع النظام، ولكن هل يمكن توقع مقدار التسارع واتجاهه؟ إن التسارع الذي يكتسبه نظام ما نتيجة لتأثير قوتين أو أكثر يساوي المجموع الاتجاهي للتسارع الذي تسببه كل قوة من هذه القوى على حدة.

انظر **الشكل A**. افترض أن قوتين متعامدتين F_I وF_{II} تؤثران معًا في جسم ما في وقت واحد. والقوة المحصلة F_{I+II} التي تؤثر في الجسم عبارة عن مجموع القوتين F_I وF_{II}، ويمكن إيجادها بتطبيق نظرية فيثاغورس على المثلث قائم الزاوية. وبما أن تسارع الجسم يتناسب طرديًّا مع القوة المؤثرة فيه؛ أيْ أن $a \propto F$، فإنه يمكن استعمال المخطط الاتجاهي نفسه لتمثيل التسارعين a_I و a_{II} اللذين تسببهما القوتان F_I وF_{II}. وهكذا يمكن إيجاد التسارع المحصل بالطريقة نفسها التي استخدمت لإيجاد القوة المحصلة F_{I+II} .



الشكل A

ستقيس في هذه التجربة تسارع نظام ما عندما تؤثر فيه قوتان. ويمكنك تنفيذ ذلك بقياس التسارع الذي تسببه كل قوة بصورة منفردة، ثم حساب محصلة القوتين، ثم إيجاد التسارع الناتج عن محصلة القوتين. وبعد ذلك ستقارن هذا التسارع بذلك الذي يمكن توقعه من جمع المتجهات.

5 مختبر الفيزياء 1 - 5

الأهداف

يُتَوقع بعد تنفيذك هذه التجربة أن تكون قادرًا على أن:

- **تُكيّف** تجربة التسارع في بُعد واحد مع تجربة جمع القوى في بُعدين.
- **توضح** جمع القوى باستعمال المتجهات.
- **تقوّم** نتائج تجربتك.

الخطوات

1. اجعل المدرج الهوائي في وضع أفقي ومستوٍ وعلى ارتفاع 1 m من أرضية المختبر، ثم ثبت البكرة في نهايته، وقس كتلة العربة المنزلقة، وسجلها في **الجدول 1**.
2. أحضر خيطًا طوله يساوي طول المدرج الهوائي، واربط أحد طرفيه في العربة المنزلقة، والطرف الآخر في حامل الكتل، ثم ضع العربة عند بداية المدرج الهوائي، ومرر الخيط فوق البكرة الموجودة في نهاية المدرج الهوائي.
3. ضع البوابة الضوئية على بُعد 1 m من الطرف الأمامي للعربة، مما يسمح للعربة بالتسارع ضمن المسافة التي تفصلها عن البوابة الضوئية قبل أن يرتطم حامل الكتل بأرضية المختبر. وسجل هذه المسافة في الجدول1، وصل البوابة الضوئية بالمؤقت.
4. اطلب إلى أحد الطلاب أن يمسك العربة عند بداية المدرج الهوائي، بينما يقوم طالب آخر بتشغيل مضخة الهواء. ثم ضع كتلاً على الحامل واختبر تسارع العربة. ضع كتلاً كافية على العربة والحامل لجعل العربة تنتقل مسافة 1 m إلى مؤقت البوابة الضوئية خلال فترة زمنية مقدارها 4 s - 2 تقريبًا. ولاحظ أن الكتلة على الحامل يجب ألا تقل عن 10 g. ثم أجرِ بضعة اختبارات لتحديد الكتلة المطلوبة، وسجلها في الجدول 1 في سطر القوة F_I.
5. أمسك العربة عند بداية المدرج الهوائي، ثم أفلتها وشغّل المؤقت في اللحظة نفسها. وعندما يتوقف المؤقت بعد أن تجتاز العربة البوابة الضوئية سجل الزمن الذي تستغرقه العربة في حركتها في الجدول 1 وفي سطر القوة F_I.
6. أضف إلى الحامل كتلة مقدارها 5 g وأعد الخطوتين 4 و5. وسجل الزمن الذي تستغرقه العربة في حركتها في الجدول 1 في سطر القوة F_{II}.

7. احسب القوتين المسببتين لتسارع العربة باستعمال المعادلتين التاليتين:

$F_I = [(m_{\text{عربة}} m_I)/(m_{\text{عربة}} + m_I)] \times g$

$F_{II} = [(m_{\text{عربة}} m_{II})/(m_{\text{عربة}} + m_{II})] \times g$

سجّل قيم هذه القوى في الجدول 1.

8. احسب محصلة القوتين كما لو أنهما تؤثران في العربة بصورة تعامد كل منهما الأخرى، مستعملاً المعادلة التالية:

$$F_{I+II} = \sqrt{F_I^2 + F_{II}^2}$$

سجّل قيمة هذه القوة في الجدول 1 وفي سطر القوة I + II.

9. احسب كمية الكتلة المعلقة اللازمة لتتسارع العربة بالقوة F_{I+II}، مستعملاً المعادلة التالية:

$$m_{I+II} = \frac{m_{\text{عربة}} F_{I+II}}{(m_{\text{عربة}} g + F_{I+II})}$$

سجّل قيمة هذه الكتلة في الجدول 1 في سطر القوة I + II.

10. ضع كتلاً على الحامل حتى يصبح مجموع الكتل المعلقة يساوي الكمية المطلوبة لتتسارع العربة بتسارع القوة F_{I+II}. أمسك العربة عند بداية المدرج الهوائي، وشغِّل مضخة الهواء، ثم أفلت العربة، وشغِّل المؤقت في اللحظة نفسها. وحالما يتوقف المؤقت بعد مرور العربة من خلال البوابة الضوئية سجل الزمن الذي تستغرقه العربة في الجدول 1 في سطر القوة F_{I+II}.

البيانات والمشاهدات

الجـــــدول 1

كتلة العربة ($m_{\text{عربة}}$ (kg): ..... المسافة (d (m): .....

البيانات	الكتلة المعلقة m (kg)	القوة F (N)	الزمن t (s)	التسارع a (m/s^2)
القوة I				
القوة II				
القوة I+II				

التحليل والاستنتاج

1. احسب التسارع الذي تسببه كل قوة، وذلك باستعمال المعادلة التالية: $a = \frac{2d}{t^2}$

وضِّح خطوات الحساب في الفراغ التالي، وسجِّل التسارع الذي حسبته لكل قوة في الجدول 1.

2. احسب المتجه المحصل للتسارعين اللذين تسببهما القوتان I و II كما لو أنهما متعامدان، وذلك باستعمال المعادلة التالية: $a_{I+II} = \sqrt{a_I^2 + a_{II}^2}$

وضِّح خطوات الحساب في الفراغ التالي، وسجل التسارع على السطر الذي يليه.

.....

3. قارن القيمة التي حسبتها في الخطوة السابقة بالقيمة التجريبية a_{I+II} المسجلة في الجدول 1.

.....

.....

.....

.....

4. مثّل البيانات المتوافرة في الجدول 1، وذلك برسم مخططات متجهة مشابهة للمخططين في **الشكل A** لقيم القوة والتسارع.

5. هل نجحت طريقة حساب محصلة المتجهات في توقع قيمة التسارع الذي لاحظته من خلال تحديد a_{I+II} تجريبيًّا؟ وضِّح ذلك.

.....

.....

.....

.....

التوسع والتطبيق

1. أثرت ثلاث قوى F_I وF_{II} وF_{III} تعامد كل منها القوتين الأخريين في الجسم نفسه. ما الذي تتوقع حدوثه إذا كان الجسم حر الحركة في الأبعاد الثلاثة؟ ارسم مخططًا اتجاهيًّا للنظام، واكتب المعادلات التي تعطي مقدار كلٍّ من محصلة متجهات القوى ومحصلة متجهات التسارع.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

كيف يتحرك الجسم المنزلق على سطح مائل؟

احتياطات السلامة

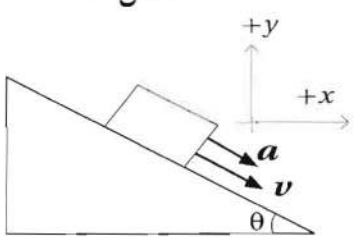
المواد والأدوات

- مدرج هوائي مع عربة منزلقة
- مسطرة مترية
- بوابة ضوئية
- مؤقت بوابة ضوئية

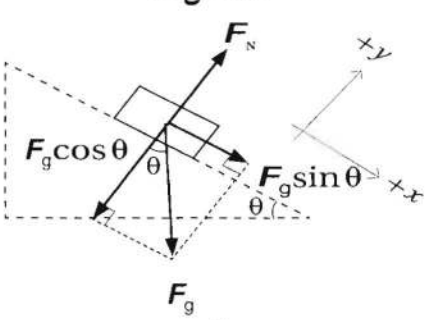
هل ركبت يومًا أفعوانية في مدينة الألعاب؟ بم شعرت بعد الوصول إلى قمة المرتفع الأول؟ في أثناء نزول هذا المرتفع ستشعر بتسارع كبير. قارن هذا التسارع بالتسارع الذي يمكن أن تشعر به وأنت تقود الدراجة على طريق له زاوية ميلان قليلة، فربما يكون التسارع على الطريق المائل أقل منه في الأفعوانية. لماذا يختلف تسارع الأجسام مع اختلاف زاوية ميلان السطح؟

لقد درست سابقًا أن قوة الجاذبية الأرضية تجعل الأجسام تتدحرج أو تنزلق على سطح مائل. ويبين **الشكل A** مخطط الحركة لصندوق ينزلق على سطح مائل. إذ يتضح من الشكل أنه يوجد في الوقت نفسه تسارع في اتجاه محور x الموجب (الاتجاه الأفقي)، وتسارع في اتجاه محور y السالب (إلى أسفل).

الشكل A



الشكل B



إلا أنه يصبح من السهل تحليل قوة الجاذبية الأرضية المتجهة إلى أسفل إلى قوة عمودية على السطح المائل وأخرى موازية له عند تدوير النظام الإحداثي، بحيث يصبح المحور x موازيًا للسطح المائل. إن القوة الموازية للسطح المائل تجعل الصندوق يتسارع إلى أسفل السطح، ويوضح **الشكل B** مخطط الجسم الحر للقوى التي تؤثر في الصندوق. ويلاحظ أيضًا أن النظام الإحداثي يميل بزاوية يكون فيها المحور x في اتجاه يوازي السطح المائل. ويمكن إثبات أن المركّبة

العموديـة لقـوة الوزن F_g في حالـة اتزان مع القوة العمودية F_N التي يؤثر بها السـطح فـي الصندوق؛ لعدم وجود تسارع على المحور y. فإذا كانت θ تمثل زاوية ميلان السطح فإن تطبيق القانون الثاني لنيوتن في اتجاه المحور y يؤدي إلى:

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

يبين مخطط الحركة في **الشـكل A** أن الصندوق يتسـارع في اتجاه المحور x الموضح في **الشكل B**. ويتضح من تطبيق القانون الثاني لنيوتن على هذا المحور أن:

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

يمكـن حـل هذه المعادلة لإيجاد تسـارع الصندوق $\boldsymbol{a}$، بتعويض ($F_g = m_{\text{الصندوق}}\, g$) في المعادلة السـابقة لنحصل على $m_{\text{الصندوق}}\, a = (m_{\text{الصندوق}}\, g) \sin\theta$، وهكذا تجد أن:

$$a = g \sin\theta$$

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

الأهداف

يُتَوقع بعد تنفيذ هذه التجربة أن تكون قادرًا على أن:

- **تُكيّف** وتوائم المحورين الرأسي والأفقي لنظام إحداثي بما يتناسب مع سطح مائل.
- **تقارن** القيم التجريبية للتسارع بالقيم المتوقعة.
- **توضح** أن تسارع عربة ما تنزلق على سطح مائل يعتمد على زاوية ميل ذلك السطح.

الخطوات

1. جهِّز المدرج الهوائي بوضع عربة واحدة عند بدايته.
2. ضع البوابة الضوئية على المدرج عند الطرف المقابل للعربة، بحيث تكون المسافة بينها وبين العربة أكبر ما يمكن، على أن تسـاوي المسـافة بين البوابة ونهاية المدرج طول العربة علـى الأقل، ثم صل البوابة الضوئية بالمؤقت وشغله.

3. قس المسافة بين الطرف الأمامي للعربة والبوابة الضوئية، وسجل هذه المسافة في **الجدول 1**.
4. ارفع طرف المدرج الهوائي الذي من جهة العربة حتى تصبح زاوية ميله °5 تقريبًا، معتبرًا هذه البيانات خاصة بالمجموعة الأولى. وسجل زاوية الميل هذه في الجدول 1.
5. أمسك العربة 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 سجل قراءة المؤقت في الجدول 1، ثم أعد تهيئته (تصفيره).
6. كرِّر الخطوة 5 أربع مرات حتى يصبح لديك على الأقل خمس قراءات للزمن لمجموعة البيانات الأولى. وسجل هذه القراءات في الأعمدة المخصصة لذلك في الجدول 1.
7. ارفع طرف المدرج الهوائي الذي من جهة العربة حتى تصبح زاوية ميله °10. سجل هذا الميل لمجموعة البيانات 2 في الجدول 1.
8. كرِّر الخطوة 5 خمس مرات حتى يصبح لديك على الأقل خمس قراءات لمجموعة البيانات الثانية، وسجل هذه القراءات في الأعمدة المخصصة لذلك في الجدول 1.
9. ارفع طرف المدرج الهوائي الذي من جهة العربة حتى تصبح زاوية ميله °15. سجل هذا الميل لمجموعة البيانات 3 في الجدول 1.
10. كرِّر الخطوة 5 خمس مرات حتى يصبح لديك على الأقل خمس قراءات للزمن لمجموعة البيانات الثالثة، وسجلها في الأعمدة المخصصة لذلك في الجدول 1.

البيانات والمشاهدات

الجـــــدول 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.

الجـــــدول 2

المسافة d (m): .....

مجموعة البيانات	متوسط الزمن $\overline{t}$ (s)	مربع متوسط الزمن $(\overline{t})^2$ $(s)^2$	التسارع تجريبيًّا a (m/s^2)	التسارع المتوقع a (m/s^2)
1				
2				
3				

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

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

.....

.....

4. احسب التسارع لكل زاوية ميل مستعملاً القانون الثاني لنيوتن في بُعدين.

$$a = g \sin \theta$$

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

5. قارن بين القيم التجريبية للتسارع وقيمه المتوقعة لكل مجموعة بيانات. هل تدعم البيانات التجريبية التوقعات المبنية على قانون نيوتن الثاني؟

.....

.....

.....

التوسع والتطبيق

1. تخيل أنك أجريت التجربة نفسها باستعمال جسم ينزلق على سطح خشن، ما النتائج التي تتوقعها؟ ولماذا؟

.....

.....

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

.....

.....

.....

مختبر الفيزياء 1 – 6

احتياطات السلامة

المواد والأدوات

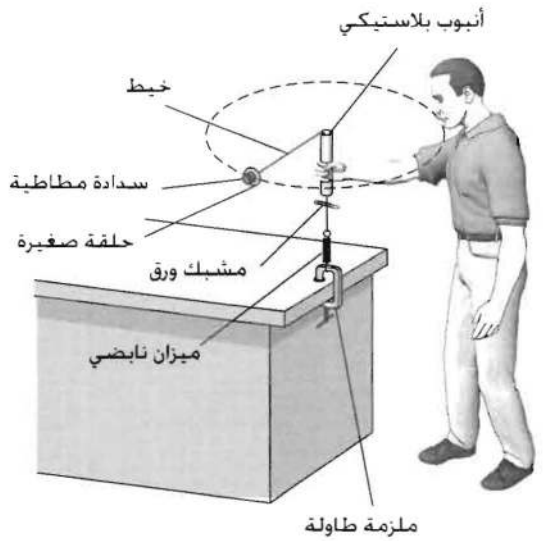
- ورقة رسم بياني
- خيط من النايلون
- مشبك ورق
- سدادة مطاطية مثقوبة
- ميزان نابضي
- ملزمة طاولة
- أنبوب بلاستيكي أو خشبي
- حلقة صغيرة
- ساعة إيقاف

ما الذي يُبقي السدّادة متحركة في مسار دائري؟

تسبب القوة المركزية حركة الأجسام في مسار منحنٍ. وعندما يتحرك جسم حركة دائرية منتظمة فإن هنالك قوة مركزية تؤثر فيه. والعلاقة بين التسارع المركزي a_C الناتج عن القوة المركزية وسرعة الجسم v ونصف قطر المسار r هي:

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

سوف تستعمل في هذه التجربة التصميم الموضح في **الشكل A** لاختبار العلاقة بين سرعة سدادة مطاطية تتحرك حركة دائرية منتظمة ونصف قطر المسار والقوة المركزية. ومن أجل دراسة العلاقة بين هذه المتغيرات الثلاثة فإنك ستثبت أحد المتغيرات من أجل دراسة أثر تغيير المتغيّر الثاني في المتغيّر الثالث. ستقوم أولاً بإجراء التجربة بتثبيت نصف القطر مع تغيير السرعة، ثم تختار كيفية تغير السرعة مع تغير نصف القطر عند ثبات القوة المركزية.



الشكل A

6 مختبر الفيزياء 1 – 6

الأهداف

يُتَوقع بعد تنفيذ هذه التجربة أن تكون قادرًا على أن:

- **تربط** بين المتغيرات في الحركة الدائرية المنتظمة.
- **تصمم** تجربة تشتمل على ثلاثة متغيرات، على أن يتم من خلالها تثبيت أحدها.
- **تبرّر** طريقة استعمال عدة دورات في تجربة القوة المركزية لتقليل أثر الأخطاء العشوائية.

الخطوات

A. تصميم التجربة

1. قس كتلة السدادة المطاطية مع الحلقة (m)، وسجل القراءات في جزء البيانات والمشاهدات، ثم حضر أدوات التجربة الموضحة في **الشكل A**.
2. يتعين في هذه التجربة المحافظة على نصف قطر ثابت في الحركة الدائرية المنتظمة على أن تُستمد القوة المركزية من الملزمة، وتكون مقيسة بوساطة الميزان النابضي. دوّر السدادة في مستوى أفقي بحيث يبقى المشبك على مسافة قصيرة تحت قاع الأنبوب في أثناء دورانها. وعندما يلامس المشبك قاع الأنبوب تتوقف الملزمة عن التأثير بقوة مركزية. وإذا ارتفع المشبك أو انخفض في أثناء دوران السدادة فإن نصف قطر الدائرة يتغير.

B. ثبات نصف القطر مع تغيّر السرعة

1. قس طول الخيط من قمة الأنبوب إلى السدادة مع وضع المشبك تحت قاع الأنبوب والخيط مشدود، وسجل نصف القطر r لثلاث محاولات في **الجدول 1**.
2. دوّر السدادة مع المحافظة على قراءة ثابتة للقوة على الميزان النابضي، ويمكن تغيير القوة برفق ومعرفة مقدارها من خلال قراءة الميزان النابضي. وعندما تحصل على قوة ثابتة ابدأ بتشغيل ساعة الإيقاف مع الاستمرار بالتدوير، ثم أوقفها بعد 30 دورة.
3. سجل بيانات القوة والزمن في العمود الخاص بالمحاولة الأولى في الجدول 1.

4. قم بزيادة معدل الدوران مع بقاء المشبك على مسافة قصيرة تحت قاع الأنبوب، ولاحظ ماذا يحدث لقراءة الميزان النابضي، يجب أن تزداد بالطبع، ثم كرّر الخطوة الثانية لهذه القوة الكبرى.
5. سجل بيانات القوة والزمن في العمود الخاص بالمحاولة الثانية في الجدول 1.
6. كرّر الخطوة الرابعة وسجل البيانات في العمود الخاص بالمحاولة الثالثة في الجدول 1.

C. ثبات القوة مع تغيّر نصف القطر

1. غيّر موقع المشبك لإنقاص نصف قطر الحركة الدائرية المنتظمة للسدادة، وحاول أن تحصل على أقل نصف قطر ممكن مع بقاء القوة ثابتة.
2. دوّر السدادة مع المحافظة على قراءة القوة ثابتة على الميزان النابضي، وسجل زمن 30 دورة باستعمال ساعة الإيقاف.
3. سجل بيانات القوة والزمن في العمود الخاص بالمحاولة الأولى في **الجدول 2**. ثم ضع المشبك ثابتًا تحت قاع الأنبوب والخيط مشدود وقس طول الخيط من قمة الأنبوب إلى السدادة وسجل نصف القطر r في العمود الخاص بالمحاولة الأولى في الجدول 2.
4. غيّر موقع المشبك لزيادة نصف قطر الحركة الدائرية المنتظمة للسدادة، وكرّر الخطوتين 2 و3 للقوة نفسها التي استخدمتها في المحاولة الأولى.
5. سجل بيانات القوة والزمن في العمود الخاص بالمحاولة الثانية في الجدول 2. ثم ضع المشبك ثابتًا تحت قاع الأنبوب والخيط مشدود وقس طول الخيط من قمة الأنبوب إلى السدادة وسجل نصف القطر r في العمود الخاص بالمحاولة الثانية في الجدول 2.
6. كرّر الخطوة 4، ثم قس طول الخيط من قمة الأنبوب إلى السدادة وسجل نصف القطر r في العمود الخاص بالمحاولة الثالثة في الجدول 2.

البيانات والمشاهدات

$m =$ .....

الجـــــدول 1						
رقم المحاولة	القوة F قراءة الميزان النابضي (N)	عدد الدورات n	الزمن t (s)	نصف القطر r (m)	سرعة السدادة v (m/s)	التسارع المركزي a_C (m/s^2)
1		30				
2		30				
3		30				

الجـــــدول 2						
رقم المحاولة	القوة F قراءة الميزان النابضي (N)	عدد الدورات n	الزمن t (s)	نصف القطر r (m)	سرعة السدادة v (m/s)	التسارع المركزي a_C (m/s^2)
1		30				
2		30				
3		30				

التحليل والاستنتاج

1. احسب سرعة السدادة لكل محاولة في الجدولين 1و 2 باستعمال العلاقة التالية:

$$v = \frac{n2\pi r}{t}$$

ثم سجّل السرعة المحسوبة لكل محاولة في الجدولين 1 و 2. وضح طريقة الحساب.

2. احسب قيمة التسارع المركزي لكل محاولة في الجدولين 1 و 2، ثم سجلها في الجدولين 1 و2. وضح طريقة الحساب.

3. ما الذي تشير إليه بياناتك بالنسبة للعلاقة بين القوة المركزية والتغيّر في السرعة عند ثبات نصف قطر الحركة الدائرية؟

.....

.....

4. ما الذي تشير إليه بياناتك بالنسبة للعلاقة بين نصف قطر الحركة الدائرية والتغير في السرعة عند ثبات القوة المركزية؟

.....

.....

5. استعمل ورقة الرسم البياني في الصفحة التالية لرسم القوة (قراءة الميزان النابضي) مع التسارع المركزي باستعمال جميع القراءات في الجدولين 1و 2.

6. حلّل الرسم الناتج، مبينًا هل هنالك نمط معيَّن في هذا الرسم؟ وماذا يعني هذا النمط؟

.....

.....

.....

7. اكتب معادلة رياضية توضح العلاقة بين قوة النابض (قراءة الميزان النابضي) والتسارع المركزي للسدادة. بم تخبرك هذه المعادلة عن قوة النابض؟

.....

.....

.....

التوسع والتطبيق

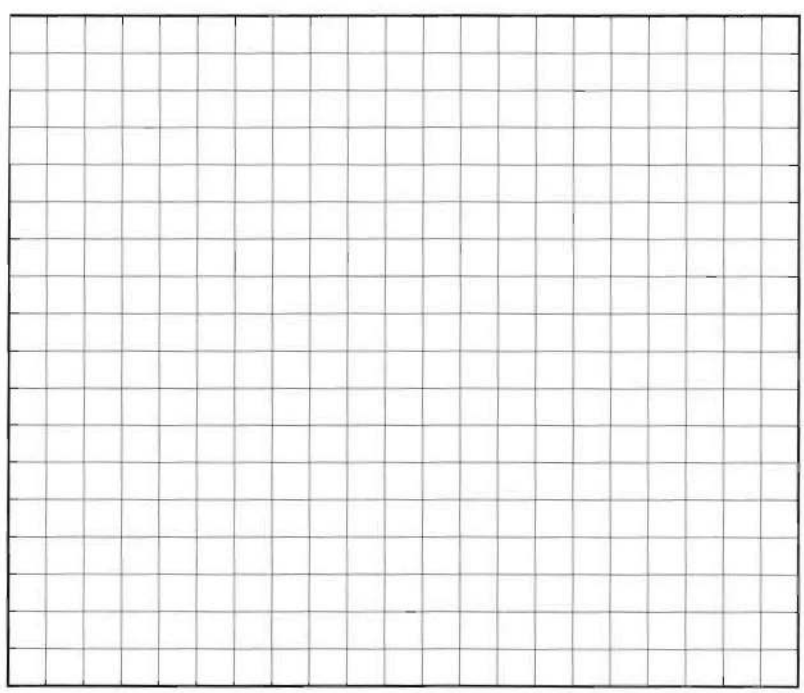
1. برّر تسجيل زمن 30 دورة لتقليل الخطأ في حساب سرعة السدادة، في حين تستعمل في تجارب أخرى تكرار المحاولات 30 مرَّة وتحسب المتوسط الحسابي للبيانات بوصفه طريقة لتقليل الأخطاء العشوائية المرتبطة بالقياسات. لماذا لم تستعمل الطريقة الثانية في هذه التجربة؟

.....

.....

.....

.....



مختبر الفيزياء 2 – 6

احتياطات السلامة

المواد والأدوات

- سكة عربة
- أقلام ملوّنة
- عربتان سرعتاهما ثابتتان
- ورق رسم بياني
- مؤقت ذو شريط
- شريط ورقي للمؤقت

السرعة النسبية

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 للطريق. وباستعمال هذا الأسلوب فإن معادلة سرعة السيارة الأولى هي:

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

حيث ترمز C_1 للسيارة الأولى، C_2 للسيارة الثانية، و S للطريق. سوف تدرس في هذه التجربة الحركة النسبية باستعمال سكة عربة، وعربتين سرعتاهما ثابتتان، ومؤقت ذو شريط. وباستعمال المؤقت 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.

الأهداف

يُتَوقع بعد تنفيذ هذه التجربة أن تكون قادرًا على أن:

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

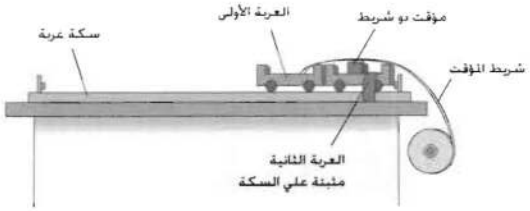
الخطوات

A. التحضير

1. اضبط المؤقت عند أقل تردّد، وسجِّل هذا التردد في الجزء الخاص بالبيانات والمشاهدات.
2. ثبّت المؤقت جيدًا بالعربة الثانية.
3. اضبط سرعة كلّ من العربتين بحيث تقطع كل منهما سكة العربة كاملةً (تقريبًا 2 m) في زمن 10 s – 2.

B. سرعة العربة في المختبر كإطار مرجعي ثابت

1. رتب السكة والعربتين ثابتتي السرعة كما في **الشكل A**، وثبّت العربة الثانية على السكة.



الشكل A

2. اقطع جزءًا من شريط المؤقت طوله مساوٍ طول السكة، وثبت هذا الشريط في العربة الأولى، وضعها إلى جوار العربة الثانية، بحيث تبدأ حركتها مبتعدة عن العربة الثانية. ثم أدخل شريط المؤقت من خلال المؤقت الموجود على العربة الثانية على أن يكون جزء الشريط الموجود بين العربة والمؤقت مشدودًا، ودع الجزء المتبقي من الشريط حرًّا، وتأكد أنه لن ينثني أو ينقطع عند بدء الحركة.
3. شغّل المؤقت والعربة الأولى في اللحظة نفسها. وعندما تصل العربة نهاية السكة أوقف تشغيل المؤقت والعربة.
4. ضع دائرة حول كل نقطة على شريط المؤقت تريد استعمالها بوصفها نقطة بيانات. إذا كانت النقاط متقاربة على شريط البيانات فقد تختار نقطة وتترك التي تليها، أو قد تترك نقطتين بعدها أو ثلاثة... وهكذا (انظر الشكل أدناه). اكتب عدد النقاط N التي سوف تستعملها في الجزء B فوق **الجدول 1**.

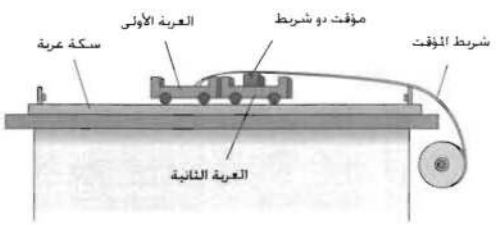
N = 5

5. ابدأ من النقطة الأقرب إلى العربة الأولى (النقطة 0)، ثم قس المسافة إلى نقطة البيانات الثانية وسجلها بوصفها تغير الإزاحة للنقطة البيانية 1 في الجدول 1.

6. قس المسافة من نقطة البيانات 1 إلى نقطة البيانات 2 وسجلها بوصفها تغير الإزاحة للنقطة البيانية 2، وكرّر هذه الخطوة بقياس المسافة من نقطة البيانات 2 إلى نقطة البيانات 3 وهكذا، حتى يصبح لديك تسعة تغيرات في الإزاحات مقيسة ومدوّنة.

C. سرعة العربة في إطار مرجعي متحرك

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



الشكل B

2. قص قطعة من شريط المؤقت مساوية في الطول لسكة العربة، وثبت أحد طرفيه في العربة الأولى. ثم ضع العربتين في وضع متعاكس في منتصف السكة بحيث تتحركان إحداهما مبتعدة عن الأخرى. وأدخل الطرف الآخر لشريط المؤقت في المؤقت كما في الخطوة B2.

3. شغّل العربتين والمؤقت في اللحظة نفسها. وعند وصول إحدى العربتين إلى نهاية المسار أوقف تشغيل المؤقت والعربتين.

4. انسخ قائمة البيانات والمشاهدات من الجدول 1 على ورقة منفصلة وسمّها **الجدول 2**. واستخدمه 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 المؤقت وسمّها النقطة 0، ثم قس المسافة بينها وبين نقطة البيانات التي تليها، وسجلها بوصفها تغير الإزاحة للنقطة البيانية 1 في الجدول 2.

7. كرّر القياسات كما في الخطوة B6 لتسعة تغيرات إضافية في الإزاحة.

البيانات والمشاهدات

تردد جهاز التوقيت f(Hz) = ...

الجزء **B** عدد النقاط N = ...

الجـــــدول 1				
النقطة البيانية	تغير 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 بيانية في الجدولين 1 و 2 بإضافة التغير في إزاحة تلك النقطة إلى الإزاحة الكلية للنقطة السابقة، ثم دوّن النتائج في الجدولين 1 و 2. وضح طريقة الحساب في الفراغ المخصص أدناه.

2. احسب طول الفترة الزمنية بقسمة عدد الفترات الزمنية بين نقطتين بيانيتين متتاليتين من نقاط البيانات على تردد المؤقت، $T = N / f$. ثم سجل هذه القيمة بوصفها الفترة الزمنية لكل نقطة بيانية في الجدولين 1 و2، ثم احسب الزمن الكلي لكل نقطة بيانية في الجدولين 1 و2 بإضافة الفترة الزمنية لتلك النقطة إلى الزمن الكلي للنقطة البيانية السابقة، ثم سجل النتائج في الجدولين 1 و2. وضح طريقة الحساب في الفراغ أدناه.

3. استعمل ورقة رسم بياني وقلم تلوين لرسم بيانات العمود d وبيانات العمود t في الجدول 1 للإطار المرجعي الثابت. ثم ارسم العلاقة بين بيانات العمود d وبيانات العمود 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 في كل إطار مرجعي السرعة النسبية للعربة الأولى بالنسبة للعربة الثانية.

.....

.....

.....

6. استنتج أثر حركة العربة الثانية في القياسات التي تم الحصول عليها بوساطة المؤقت.

.....

.....

.....

6 مختبر الفيزياء 2 – 6

التوسع والتطبيق

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

.....

.....

.....

2. تخيّل أنك أجريت تجربة العربة بحيث تسير العربة الأولى بسرعة منتظمة في حين تتسارع العربة الثانية (المثبت عليها المؤقت) بعيدًا عن العربة الأولى، فكيف تبدو البيانات التي يسجلها المؤقت؟ وماذا يكون تفسير شخص ينظر إلى الشريط فقط؟

.....

.....

.....

مختبر الفيزياء 1 – 7

احتياطات السلامة

المواد والأدوات

- ميزان قياس الكتلة
- خطّاف
- حلقة لوصل الخطاف
- مسطرة مستوية
- منقلة
- حامل قائم الزاوية
- خيط
- قضيبان داعمان
- كوب ذو مقبض
- ساعة إيقاف
- كتل متساوية من مواد مختلفة
- كتل مختلفة من المادة نفسها

هل كتلة القصور تساوي كتلة الجاذبية؟

يتكون البندول من جسم معلق بحامل ثابت؛ لذا يتأرجح الجسم بحرية بتأثير الجاذبية. وعند مراقبة البندول، تلاحظ أن تأرجحه له زمن دوري ثابت، 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 فإن عليه أن يقطع مسافة معينة في اتجاه الأفقي. وتبعًا لقانون نيوتن الثاني يمكن وضع معادلة للزمن الدوري للبندول على أن تكون زاوية التأرجح صغيرة، وهي الزاوية التي يصنعها خيط طوله l مثبت 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 كتلة القصور 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 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 كتلة القصور لها، وأن نسبة إحداهما إلى الأخرى تساوي واحدًا.

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

إذا كان ذلك صحيحًا فإن معادلة الزمن الدوري للبندول لا تعتمد على الكتلة مطلقًا، ومن ثم تصبح المعادلة:

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

ستبين من خلال هذه التجربة، المشابهة لتجربة نيوتن، أن الأجسام 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 وكتلة القصور.

الأهداف

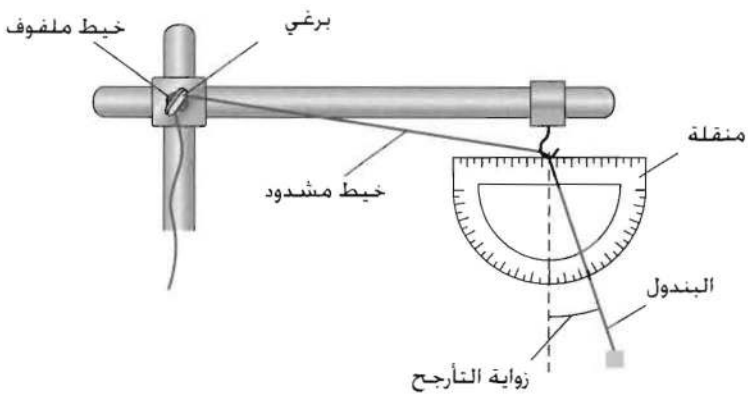
يُتَوقع بعد تنفيذ هذه التجربة أن تكون قادرًا على أن:

- **تفسر** تساوي الزمن الدوري لبندولات ذات كتل جاذبية متساوية، إلا أنها مصنوعة من مواد مختلفة.
- **تبين** أن كتلة الجاذبية وكتلة القصور متساويتان.
- **تُكامل** بين مشاهداتك ومعلوماتك؛ لكي تصمم ساعة بندولية.

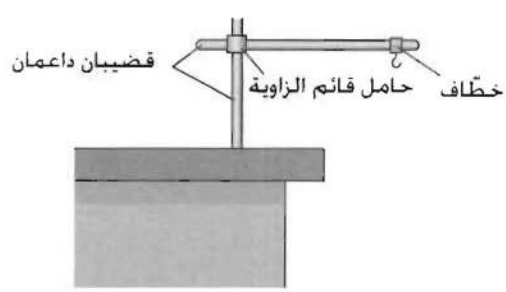
الخطوات

A. تركيب البندول

1. ركّب أنت وزميلك نموذجين للبندول لهما الطول نفسه على طاولتين متجاورتين. استعمل لكل بندول قضيبي دعم، وحاملاً قائم الزاوية، وقضيبًا ذا خطّافٍ لحمل البندول، كما في **الشكل A**.



الشكل B



الشكل A

2. لكل بندول، اربط خطّافًا في نهاية خيط، ثم مرّر الخيط عبر الخطّاف المثبت في القضيب، ولف ما يتبقى من الخيط حول البرغي كما في **الشكل B**.
3. غيّر طول خيطي البندولين بحيث يصبح الخيطان متساويين في الطول على ألا يقل طول كلّ منهما عن عشرة أمثال ارتفاع الكوب.

B. مقارنة كتلة القصور لأجسام مصنوعة من مواد مختلفة

1. ضع مادتين مختلفتين في الكوبين، ثم حدّد كتلة الجاذبية لكل منهما باستخدام الميزان، ثم غيِّر الكتلة في أحد الكوبين بحيث تصبح الكتلتان متساويتين كما يقيسهما الميزان.
2. علّق كل كوب بطرف خيط بندول، ثم غيِّر أطوال الخيطين حتى يتساويا، ثم اسحبهما بحيث يشكلان زاويتي تأرجح متساويتين كما تبينهما المنقلة، ثم أفلتهما في الوقت نفسه. واكتب ملاحظاتك في المكان المخصص لها في قسم البيانات والمشاهدات.
3. استبدل بالمادة في أحد الكوبين مادة أخرى، مستعملاً الميزان للتحقق من أن كتلة الجاذبية للمادة في الكوب الأول مساوية لكتلة الجاذبية للمادة في الكوب الآخر. وكرّر الخطوات في الجزء B2، واكتب ملاحظاتك.
4. كرّر هذه العملية باستخدام مواد مختلفة.

C. مقارنة كتلة الجاذبية بكتلة القصور

1. اختر أجسامًا ذات كتل جاذبية مختلفة من المادة نفسها لتنفيذ هذا الجزء من التجربة، ونفِّذ الجزء المتبقي من التجربة دون الاستعانة بزميلك.
2. قس طول خيط البندول l من أسفل الخطّاف المثبت في القضيب حتى أسفل الكوب، ودوّنه في جزء البيانات والمشاهدات للجزء C.
3. ضع كتلاً من المادة التي اخترتها في الكوب، وقس كتلة الجاذبية ودوّنها في المحاولة 1 في **الجدول 1**.
4. علّق 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 30 مرة. أفلت البندول بحيث يبدأ في الاهتزاز، وعند قمة الاهتزازة اضغط على ساعة الإيقاف 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 عند الزاوية نفسها مستعملاً أجسامًا أخرى من المادة التي اخترتها في الخطوة 1. وسجل البيانات في الجدول 1.

البيانات والمشاهدات

مشاهدات الجزء B.

.....

.....

.....

.....

.....

مشاهدات الجزء C: l = ... ، زاوية = ...

الجـــدول 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 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 بوصفها الزمن المتوقع T لكل محاولة في الجدول 1. وضِّح طريقة الحساب في الفراغ أدناه.

4. قارن بين قيم الزمن الدوري المقيس بعضها مع بعض، ثم قارن بين الزمن الدوري الذي حسبته في الخطوة 3 والقيمة التي حصلت عليها في الخطوة 2 لكل محاولة.

.....

.....

.....

5. استنتج العلاقة بين كتلة القصور وكتلة الجاذبية.

.....

.....

.....

التوسع والتطبيق

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

احتياطات السلامة

المواد والأدوات

- ميزان القصور
- ميزان ذو كفتين
- ساعة إيقاف
- مجموعة كتل معيارية
- ملزمة طاولة
- ثلاث عينات مجهولة الكتلة

كيف تقيس الكتلة؟

الكتلة مقياس لكمية المادة في الجسم. وهناك طرائق عدة لقياسها، منها الميزان ذو الكفتين الذي يستعمل قوة الجاذبية الأرضية للموازنة بين كتلة مجهولة وكتلة معلومة؛ لذا يستعمل هذا الميزان لقياس كتلة الجاذبية.

والكتلة كذلك مقياس لمقاومة الجسم لأي محاولة لتغيير سرعته المتجهة؛ ولذا ينبغي عند قياس كتلة جسم ما محاولة تغيير سرعته، وتسجيل استجابة الجسم على هذه المحاولة، ثم استخدام هذه الاستجابة بوصفها مقياسًا نسبيًّا لكتلة القصور. وميزان القصور هو جهاز يقيس كتلة القصور بهذه الطريقة، إذ يستخدم نابضين للتأثير بقوة في الجسم حتى يهتز، ويتحرك أفقيًّا إلى الأمام وإلى الخلف، ويتسارع، ويتباطأ، ويغير اتجاه حركته بنمط متكرر. فإذا اهتز الجسم بمعدل كبير فإنه يُعدّ غير مقاوم مقارنةً بجسم آخر يهتز بمعدل أقل عند تأثير النابضين فيه بالقوة نفسها. وهكذا فإن الجسم الذي يهتز ببطء له كتلة قصور أكبر من الجسم الذي يهتز بسرعة.

وبقياس سرعة اهتزاز أجسام ذات كتل جاذبية معلومة بوساطة ميزان القصور يمكنك إنشاء رسم بياني يعاير هذا الميزان. ويمكنك عندئذٍ استعمال هذا الرسم لتربط بين الزمن الدوري لاهتزاز جسم مجهول الكتلة وكتلة جاذبية هذا الجسم. في هذه التجربة سوف تعاير ميزان القصور وتستعمله لقياس كُتل بعض العينات التي لها كتل جاذبية غير معلومة.

7 مختبر الفيزياء 2 – 7

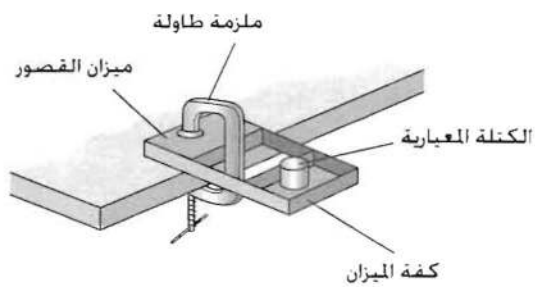
الأهداف

يُتَوقع بعد تنفيذ هذه التجربة أن تكون قادرًا على أن:

- **ترسم** منحنى معايرة لميزان القصور.
- **تستعمل** ميزان القصور لتوقع مقادير كتل مجهولة.
- **تحكم** على كيفية استعمال ميزان القصور.

الخطوات

A. جمع بيانات المعايرة



الشكل A

1. ثبِّت ميزان القصور بالطاولة كما في **الشكل A** على أن يُسمح لنهايته الأخرى بالاهتزاز خارجها.
2. ضع كتلة معيارية مقدارها 500 g في كفة ميزان القصور، كما في **الشكل A**، وأزح النهاية الحرة للميزان جانبًا ثم أفلتها. سوف يبدأ الميزان بالاهتزاز إلى الأمام وإلى الخلف. تدرب الآن حتى تحصل على اهتزاز ثابت دون حدوث إزاحات رأسية أو لمس أي دعائم.
3. ضع الكتلة المعدة للمحاولة 1 في **الجدول 1** في ميزان القصور بدلاً من الكتلة 500 g.
4. ستقوم الآن بتسجيل الزمن اللازم لميزان القصور لعمل 30 اهتزازة. اسحب النهاية الحرة للميزان جانبًا ثم أفلتها. وعند إحدى نهايتي الاهتزازة ابدأ تشغيل ساعة الإيقاف. ثم أوقفها عندما تعود كفة الميزان إلى النقطة التي بدأت منها بعد أن تكمل 30 اهتزازة. وسجل زمن هذه الاهتزازات في المحاولة 1 في الجدول 1.
5. كرّر الخطوتين A3 و A4 للمحاولات من 2 إلى 10، ثم سجل النتائج في الجدول 1.

B. جمع البيانات للكتل المجهولة

1. تسلَّمْ ثلاث كتل مجهولة من معلمك.
2. ضع إحدى الكتل المجهولة في ميزان القصور، ثم اسحب إحدى نهايتي الميزان جانبًا ثم أفلتها. وشغِّل ساعة الإيقاف عند أحد جانبي الاهتزازة، ثم أوقفها عندما يكمل الميزان 30 اهتزازة. وسجل الزمن الذي استغرقته الاهتزازات في المحاولة 11 في **الجدول 2**.
3. كرّر الخطوة B2 للمحاولتين 12 و 13 مستعملاً الكتلتين المجهولتين الباقيتين، وسجل البيانات الناتجة في **الجدول 2**.

البيانات والمشاهدات

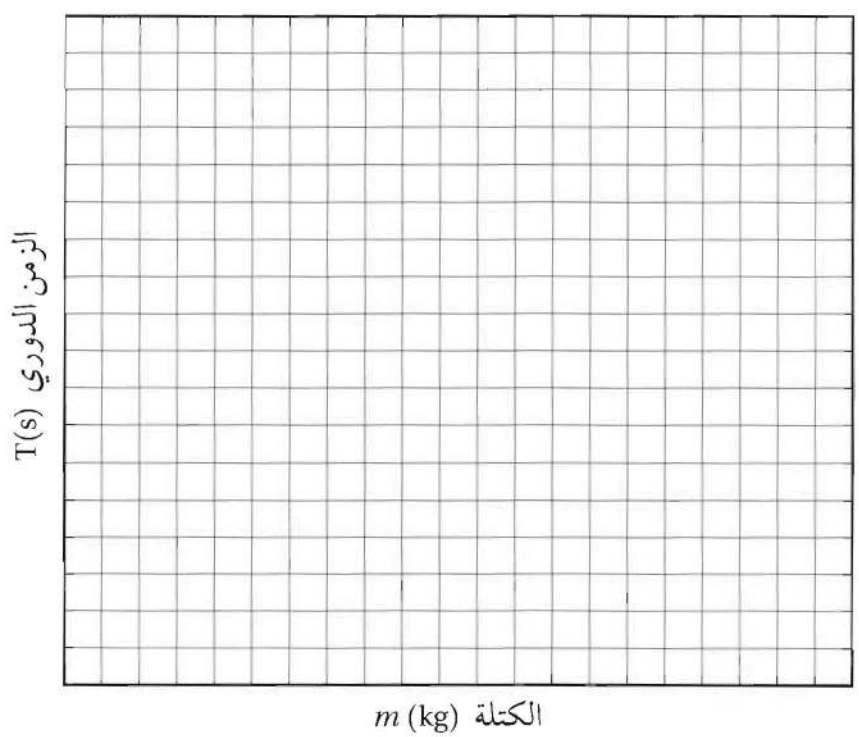
الجـــــدول 1

المحاولة	الكتلة المعيارية m (kg)	زمن 30 اهتزازة t (s)	الزمن الدوري لميزان القصور T (s)	المحاولة	الكتلة المعيارية m (kg)	زمن 30 اهتزازة t (s)	الزمن الدوري لميزان القصور T (s)
1	0.050			6	0.300		
2	0.100			7	0.350		
3	0.150			8	0.400		
4	0.200			9	0.450		
5	0.250			10	0.500		

الجـــــــدول 2				
المحاولة	زمن 30 اهتزازة t (s)	الزمن الدوري المقيس لميزان القصور T (s)	الكتلة المحددة من الرسم البياني $m_{\text{بيانيًا}}$ (kg)	الكتلة المحددة من الميزان ذي الكفتين $m_{\text{الميزان}}$ (kg)
11				
12				
13				

التحليل والاستنتاج

1. استعمل الرسم البياني المبين أدناه لرسم الزمن الدوري لميزان القصور T مقابل الكتلة المعيارية m لبيانات الكتلة المعيارية المعطاة في الجدول 1.



2. حلّل الرسم. هل هناك نمط متكرر يُظهر علاقة بين T و m؟ وضح ذلك.

3. ارسم أفضل خط يمر بالنقاط في هذا الرسم. لاحظ أن الخط لن يمر في نقطة الأصل (0.0).

4. استعن بالرسم (في الخطوة السابقة) على تحديد الكتلة المجهولة اعتمادًا على الأزمان الدورية التي قستها في الجدول 2. ثم دوّن هذه النتيجة لقيم الكتلة $m_{\text{يدويًا}}$ في الجدول 2.

5. استعمل الميزان ذا الكفتين لقياس الكتلة لكل عينة مجهولة، ثم دوّنها في العمود الخاص بقراءة الميزان، $m_{\text{الميزان}}$ في الجدول 2.

6. ميّز علاقة السبب والنتيجة بين m و T لميزان القصور.

7. حدّد دقّة وضبط استعمال ميزان القصور لقياس الكتلة؟

التوسع والتطبيق

1. لو كنت عضوًا في فريق علمي لإجراء التجارب في مركبة فضائية تدور في مدار حول الأرض، واحتجت إلى اختبار طريقة لقياس الكتلة، فهل تختار ميزان القصور أم الميزان ذا الكفتين؟ علّل سبب اختيارك.

2. حدّد ما تحتاج إلى معرفته عند استعمال ميزان القصور لإثبات أن كتلة القصور مساوية لكتلة الجاذبية. هل يزودك الرسم البياني بين الزمن الدوري والكتلة بمعلومات كافية لتحقق ذلك؟ وضح ذلك.

.....

.....

.....

.....