سلطنة عمان
وزارة التربية والتعليم

رؤية عمان 2040
نتقدم بثقة
Moving Forward with Confidence

الفيزياء

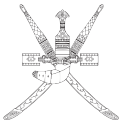
الصف الثاني عشر

كتاب التجارب العملية والأنشطة

الفصل الدراسي الأول

CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS

الطبعة التجريبية
1445 هـ - 2023 م



سلطنة عمان
وزارة التربية والتعليم

الفيزياء

الصف الثاني عشر

كتاب التجارب العملية والأنشطة

الفصل الدراسي الأول

CAMBRIDGE
UNIVERSITY PRESS

الطبعة التجريبية 1445 هـ - 2023 م

CAMBRIDGE
UNIVERSITY PRESS

مطبعة جامعة كامبريدج، الرمز البريدي CB2 8BS، المملكة المتحدة.

تشكل مطبعة جامعة كامبريدج جزءًا من الجامعة.
وللمطبعة دور في تعزيز رسالة الجامعة من خلال نشر المعرفة، سعيًا وراء
تحقيق التعليم والتعلم وتوفير أدوات البحث على أعلى مستويات التميز العالمية.

© مطبعة جامعة كامبريدج ووزارة التربية والتعليم في سلطنة عُمان.

يخضع هذا الكتاب لقانون حقوق الطباعة والنشر، ويخضع للاستثناء التشريعي
المسموح به قانونًا ولأحكام التراخيص ذات الصلة.
لا يجوز نسخ أي جزء من هذا الكتاب من دون الحصول على الإذن المكتوب من
مطبعة جامعة كامبريدج ومن وزارة التربية والتعليم في سلطنة عُمان.

الطبعة التجريبية ٢٠٢٣ م، طُبعت في سلطنة عُمان

هذه نسخة تمَّت مواءمتها من كتاب التجارب العملية والأنشطة – الفيزياء للصف الثاني عشر – من سلسلة كامبريدج للفيزياء لمستوى الدبلوم العام والمستوى المتقدم AS & A Level للمؤلفين غراهام جونز، وستيف فيلد، وكريس هوليت، ودايفد ستايلز.

تمت مواءمة هذا الكتاب بناءً على العقد الموقع بين وزارة التربية والتعليم ومطبعة
جامعة كامبريدج.
لا تتحمل مطبعة جامعة كامبريدج المسؤولية تجاه المواقع الإلكترونية
المستخدمة في هذا الكتاب أو دقّتها، ولا تؤكد أن المحتوى الوارد على تلك المواقع دقيق
وملائم، أو أنه سيبقى كذلك.

تمت مواءمة الكتاب

بموجب القرار الوزاري رقم ٢٠٢٣/٣٦ واللجان المنبثقة عنه

جميع حقوق الطبع والتأليف والنشر محفوظة لوزارة التربية والتعليم
ولا يجوز طبع الكتاب أو تصويره أو إعادة نسخه كاملًا أو مجزأً أو ترجمته
أو تخزينه في نطاق استعادة المعلومات بهدف تجاري بأي شكل من الأشكال
إلّا بإذن كتابي مسبق من الوزارة، وفي حال الاقتباس القصير يجب ذكر المصدر.

المغفور لـه
السلطان قابوس بن سعيد
–طيّب الله ثراه–

حضرة صاحب الجلالة
السلطان هيثم بن طارق المعظم
– حفظه الله ورعاه –

سلطنـــــة عُمـــــان

(المحافظات والولايات)

النَّشيدُ الْوَطَنِيُّ

يا رَبَّنا احْفَظْ لنا جَلالَةَ السُّلْطان
وَالشَّعْبَ في الأَوْطان بِالْعِزِّ والأَمان
وَلْيَدُمْ مُؤَيَّدًا عاهِلًا مُمَجَّدًا
بِالنُّفوسِ يُفْتَدى

يا عُمانُ نَحْنُ مِنْ عَهْدِ النَّبي أَوْفِياءُ مِنْ كِرامِ الْعَرَبِ
فارْتَقي هامَ السَّماء وَامْلَئي الْكَوْنَ ضياء
وَاسْعَدي وَانْعَمي بِالرَّخاء

تقديم

الحمد لله رب العالمين، والصلاة والسلام على خير المرسلين، سيّدنا مُحمَّد، وعلى آله وصحبه أجمعين. وبعد:

فقد حرصت وزارة التربية والتعليم على تطوير المنظومة التعليمية في جوانبها ومجالاتها المختلفة كافة؛ لتُلبّي مُتطلّبات المجتمع الحالية، وتطلُّعاته المستقبلية، ولتتواكب مع المُستجدّات العالمية في اقتصاد المعرفة، والعلوم الحياتية المختلفة؛ بما يؤدّي إلى تمكين المخرجات التعليمية من المشاركة في مجالات التنمية الشاملة للسلطنة.

وقد حظيت المناهج الدراسية، باعتبارها مكوِّنًا أساسيًا من مكوِّنات المنظومة التعليمية، بمراجعة مستمرة وتطوير شامل في نواحيها المختلفة؛ بدءًا من المقرّرات الدراسية، وطرائق التدريس، وأساليب التقويم وغيرها؛ وذلك لتتناسب مع الرؤية المستقبلية للتعليم في السلطنة، ولتتوافق مع فلسفته وأهدافه.

وقد أولت الوزارة مجال تدريس العلوم والرياضيات اهتمامًا كبيرًا يتلاءم مع مستجدات التطور العلمي والتكنولوجي والمعرفي. ومن هذا المنطلق اتَّجهت إلى الاستفادة من الخبرات الدولية؛ اتساقًا مع التطوُّر المتسارع في هذا المجال، من خلال تبنّي مشروع السلاسل العالمية في تدريس هاتَين المادّتَين وفق المعايير الدولية؛ من أجل تنمية مهارات البحث والتقصّي والاستنتاج لدى الطلبة، وتعميق فهمهم للظواهر العلمية المختلفة، وتطوير قدراتهم التنافُسية في المسابقات العلمية والمعرفية، وتحقيق نتائج أفضل في الدراسات الدولية.

إن هذا الكتاب، بما يحويه من معارف ومهارات وقيَم واتجاهات، جاء مُحقِّقًا لأهداف التعليم في السلطنة، وموائمًا للبيئة العمانية، والخصوصية الثقافية للبلد، بما يتضمَّنه من أنشطة وصور ورسوم. وهو أحد مصادر المعرفة الداعمة لتعلُّم الطالب، بالإضافة إلى غيره من المصادر المختلفة.

نتمنّى لأبنائنا الطلبة النجاح، ولزملائنا المعلّمين التوفيق فيما يبذلونه من جهود مُخلِصة، لتحقيق أهداف الرسالة التربوية السامية؛ خدمة لهذا الوطن العزيز، تحت ظل القيادة الحكيمة لمولانا حضرة صاحب الجلالة السلطان هيثم بن طارق المعظّم، حفظه الله ورعاه.

والله ولي التوفيق

د. مديحة بنت أحمد الشيبانية

وزيرة التربية والتعليم

المحتويات

المقدمة xiv
كيف تستخدم هذه السلسلة xvi
كيف تستخدم هذا الكتاب xviii
الأمان والسلامة في مختبر الفيزياء xix
البحث العلمي والمهارات العملية xx

الوحدة الأولى: مجالات الجاذبية

الأنشطة:

١-١ قانون نيوتن للجاذبية ٢٤
١-٢ شدة مجال الجاذبية ٢٨
١-٣ الطاقة وجهد الجاذبية ٣٠
١-٤ المجال والجهد الناشئ عن كتلتَين ٣٤
١-٥ الدوران تحت تأثير الجاذبية ٣٥

الوحدة الثانية: المجالات الكهربائية وقانون كولوم

الأنشطة:

٢-١ تمثيل مجال كهربائي ٤٢
٢-٢ حساب القوة وشدة المجال الكهربائي..... ٤٤
٢-٣ حركة الشحنات في مجال كهربائي..... ٤٦
٢-٤ المجال الكهربائي حول شحنة كهربائية نقطية ٤٨
٢-٥ الجهد الكهربائي ٥٤

الاستقصاءات العملية:

٢-١ التحقق من معادلة الجهد الكهربائي ٥٨

الوحدة الثالثة: الدوائر الكهربائية

الأنشطة:

٣–١ المقاومة، وفرق الجهد الكهربائي، والقوة الدافعة الكهربائية ٦٧
٣–٢ التيار الكهربائي والشحنة الكهربائية ٧٠
٣–٣ حاملات الشحنات الكهربائية ٧١
٣–٤ المقاومة النوعية والمقاومة: الأساسيات ٧٤
٣–٥ المقاومة النوعية والمقاومة: مسائل متقدمة ٧٧
٣–٦ قانونا كيرشوف ٨٠
٣–٧ تطبيق قانون كيرشوف الثاني على دوائر كهربائية ٨٤
٣–٨ القوة الدافعة الكهربائية والمقاومة الداخلية ٨٧
٣–٩ استخدام معادلات المقاومة الداخلية ٩٠
٣–١٠ مجزئ الجهد الكهربائي ٩٤
٣–١١ مقياس الجهد الكهربائي ٩٧

الاستقصاءات العملية:

٣–١ المقاومة النوعية لسلك فلزي ١٠٠

الوحدة الرابعة: المكثفات

الأنشطة:

٤–١ الشحنة الكهربائية وفرق الجهد الكهربائي والسعة ١١٠
٤–٢ الطاقة المخزنة بواسطة مكثف مشحون ١١٤
٤–٣ توصيل المكثفات على التوالي وعلى التوازي ١١٧
٤–٤ تفريغ المكثفات ١٢١

الاستقصاءات العملية:

٤–١ تحديد سعة مكثف في دائرة تيار كهربائي مستمر ١٢٦

الوحدة الخامسة: المغناطيسية والحث الكهرومغناطيسي

الأنشطة:

٥-١ خطوط المجال المغناطيسي ١٣٤
٥-٢ القوة المؤثرة على سلك يسري فيه تيار كهربائي ١٣٧
٥-٣ الفيض المغناطيسي وكثافة الفيض المغناطيسي والفيض المغناطيسي الكلي ١٤١
٥-٤ قانون فاراداي للحث الكهرومغناطيسي وقانون لنز ١٤٤
٥-٥ المزيد حول قانون فاراداي ١٤٧

الاستقصاءات العملية:

٥-١ قياس كثافة الفيض المغناطيسي ١٥٢
٥-٢ التخطيط لرفع حلقة فلزية فوق ملف حامل لتيار كهربائي ١٥٧

ملحق: مهارات التمثيلات البيانية المتقدمة ١٦٦

المقدمة

خُصّص «كتاب التجارب العملية والأنشطة» لمساعدتك على تطوير المهارات التي سوف تحتاج إليها للنجاح في مادة الفيزياء للصف الثاني عشر، وهو يتضمن:

الأنشطة

توفّر لك الأنشطة الموجودة في هذا الكتاب فرصًا لممارسة المهارات الآتية:

- فهم الظواهر والنظريات العلمية التي تدرسها.
- حل المسائل العددية وغيرها من المسائل المختلفة.
- تنمية التفكير النقدي/الناقد حول التقنيات والبيانات التجريبية.
- القيام بالتنبّؤات، واستخدام الأسباب والتبريرات العلمية لدعم تنبؤاتك.

وقد تم تصميم «كتاب التجارب العملية والأنشطة» لدعم «كتاب الطالب»، إذ يتضمن موضوعات مختارة خصيصًا بحيث يمكن للطلبة الاستفادة من المزيد من الفرص لتحقيق المهارات، مثل التطبيق والتحليل والتقييم، بالإضافة إلى تطوير المعرفة والفهم. وستطّلع من المقدمة الموجودة في بداية كل نشاط على المهارات التي ستمارسها وأنت تجيب عن الأسئلة، بحيث يتم ترتيب الأنشطة بما يتلاءم مع ترتيب الوحدات الموجودة في «كتاب الطالب». وفي نهاية كل وحدة، يتم تقديم مجموعة من الأسئلة لتعزيز ودعم المهارات التي اكتسبتها.

الاستقصاءات العملية

تُعدّ الاستقصاءات العملية جزءًا أساسيًا من مادة الفيزياء. فقد تم إجراء العديد من الاكتشافات في عالم الفيزياء وذلك لأن التجارب العملية قد مكّنت من إثبات النظرية بما لا يدع مجالًا للشك، أو أظهرت أن النظريات أو الأفكار بحاجة إلى تغيير. وقد تكون العديد من المبادئ التي ستتعلمها كجزء من كتابك هذا، حتى الوقت الحالي، عبارة عن أمور تقريبية فقط، إذ يدرك الفيزيائيون أنه لا تزال هناك العديد من الاكتشافات التي يجب القيام بها. ومن المحتمل أن يقدم الجيل الذي تنتمي إليه رؤى من شأنها تعزيز فهمنا للعالَم المادي، وتحسين نظرياتنا الحالية، ولكن تذكّر أن العمل المختبري والنظري الذي يقوم به علماء الفيزياء يمكن إثبات صحته من خلال التجارب العملية المناسبة فقط. وقد يكون هذا العمل ضمن نطاق فلكي، مثل تحديد ماهية الجاذبية بالضبط، أو على نطاق مجهري، مثل تحديد كيف يمكن اعتبار أن الجسيمات، كالإلكترونات أو الذرات، لها خصائص موجيّة.

من المسلّم به بشكل عام أن التجارب العملية النوعية والجيدة تطوّر مجموعة من المهارات، والمعرفة والاستيعاب المفاهيمي، حيث تشتمل هذه المهارات، وكذلك الفيزياء أيضًا، على استقصاء حقيقي ذي قيمة لمجتمع العلوم ككل. وهذه المهارات مفيدة في مجالات أخرى مثل الصناعة والأعمال؛ وذلك من خلال تعلم كيفية التعامل مع مشكلة عمليًا، والتخطيط لإجراء استقصاء، وإجراء القياسات المناسبة، وتحليل نتائجك، إضافة إلى أنك ستطوّر مهارات من المحتمل جدًا أن تستفيد منها في حياتك مستقبلًا بشكل جيد.

من المحتمل أن تكون قلقًا، خصوصًا في البداية؛ وذلك لأنك لم تقم سوى بالقليل من التجارب العملية قبل أن تبدأ بدراسة محتوى هذا الكتاب، أو ربما كانت التجارب العملية المختبرية مقتصرة على التعليمات المتعلقة بجمع البيانات، ومحصورة باستخدام أدوات غير مألوفة بالنسبة إليك، أو باتباع الإجراءات المذكورة والتي ربما لم تفهم مضمونها. لذا، تم تصميم هذا الكتاب لمساعدتك على تحسين مهاراتك العملية، إضافة إلى مساعدتك على الاستعداد لأداء اختباراتك العملية. ويتم تطوير المهارات التي ستحتاج إليها خلال دراستك لهذا الكتاب، وذلك أثناء تقدمك في دراسة كتاب «التجارب العملية والأنشطة». لهذا، سوف تخطط لإجراء استقصاءات بنفسك، وأخذ القياسات وتحليل النتائج الخاصة بك. إذ يجب عليك أن تحصل على ملكية هذه النتائج، وتستغل وقتك العملي بشكل جيد.

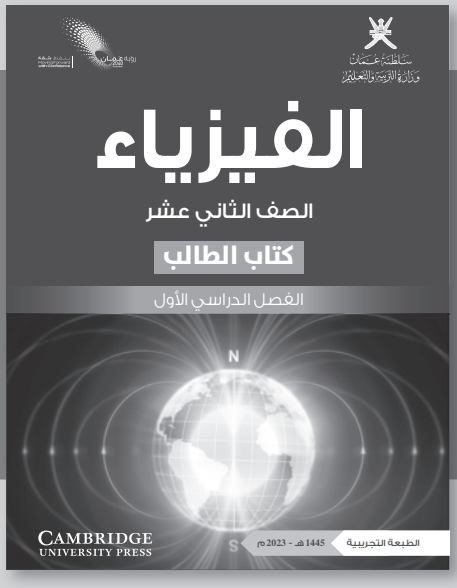
لا تجري الاستقصاءات دائمًا كما هو متوقع؛ فبعض الحوادث، كالتوصيل الكهربائي العالي مثلًا، لم تمنع الفيزيائيين من متابعة استكشافاتهم. وعندما لم تنجح التجربة كانوا يقومون بتحليل النتائج غير المتوقعة، ثم يفكرون مليًا في المشكلات التي حالت دون اكتمال التجربة. يمكنك القيام بالشيء نفسه، بحيث يمكنك التعلّم من الاستقصاءات التي لا تكتمل، ومن تلك التي اكتملت أيضًا، وهذا يتطلب تفكيرًا جيدًا، على أمل أن يحفّز هذا الأمر اهتمامك ويشدّ عزيمتك، إضافة إلى مساعدتك على تطوير مهارات قيّمة.

وقبل كل شيء، استمتع بعملك النظري والعملي، فقد تتفاجأ كم هو ممتع حقًا!

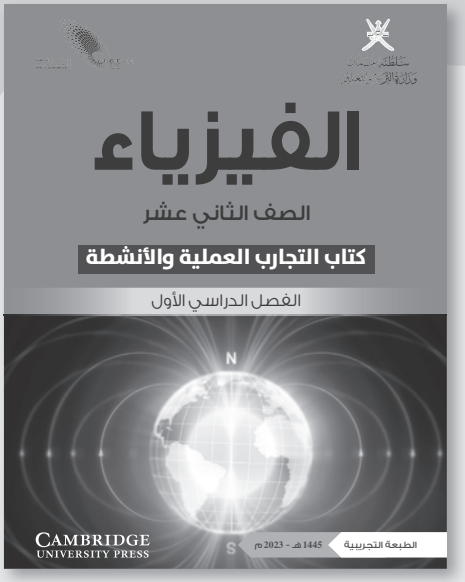
نأمل ألّا يدعمك هذا الكتاب للنجاح في دراستك وحياتك المهنية فحسب، بل يحفّز مدى اهتمامك وفضولك المتعلق بالفيزياء أيضًا.

كيف تستخدم هذه السلسلة

تقدّم هذه المكوّنات (أو المصادر) الدعم للطلبة في الصف الثاني عشر في سلطنة عمان لتعلم مادة الفيزياء واستيعابها، حيث تعمل كتب هذه السلسلة جميعها معًا لمساعدة الطلبة على تطوير المعرفة والمهارات العلمية اللازمة لهذه المادة. كما تقدّم الدعم للمعلمين لإيصال هذه المعارف للطلبة وتمكينهم من مهارات الاستقصاء العلمي.



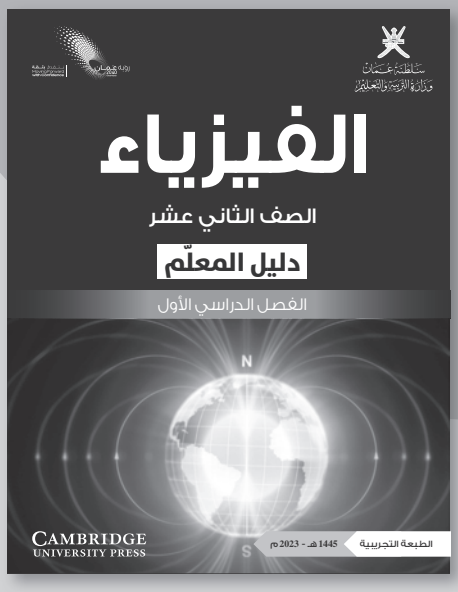
يقدّم «كتاب الطالب» دعمًا شاملًا لمنهج الفيزياء للصف الثاني عشر في سلطنة عمان، ويقدّم شرحًا للحقائق والمفاهيم والتقنيات العلمية بوضوح، كما يستخدم أمثلة من العالم الواقعي للمبادئ العلمية. والأسئلة التي تتضمنها كل وحدة تساعد على تطوير فهم الطلبة للمحتوى، في حين أن الأسئلة الموجودة في نهاية كل وحدة تحقق لهم مزيدًا من التطبيقات العلمية الأساسية.



يحتوي «كتاب التجارب العملية والأنشطة» على أنشطة وأسئلة نهاية الوحدة، والتي تمّ اختيارها بعناية، بهدف مساعدة الطلبة على تطوير المهارات المختلفة التي يحتاجون إليها أثناء تقدمهم في دراسة كتاب الفيزياء. كما تساعد هذه الأسئلة الطلبة على تطوير فهمهم لمعنى الأفعال الإجرائية المستخدمة في الأسئلة، إضافة إلى دعمهم في الإجابة عن الأسئلة بشكل مناسب.

كما يحقّق هذا الكتاب للطلبة الدعم الكامل الذي يساعدهم على تطوير مهارات الاستقصاء العملية الأساسية. وكذلك مهارات تخطيط الاستقصاءات، واختيار الجهاز المناسب وكيفية التعامل معه، وطرح الفرضيات، وتدوين النتائج وعرضها، وتحليل البيانات وتقييمها.

يدعم دليل المعلم «كتاب الطالب» و «كتاب التجارب العملية والأنشطة»، ويعزز الأسئلة والمهارات العملية الموجودة فيهما. ويتضمّن هذا الدليل أفكارًا تفصيلية للتدريس وإجابات عن كل سؤال ونشاط وارد في «كتاب الطالب» وفي «كتاب التجارب العملية والأنشطة»، فضلًا عن الإرشادات التعليمية لكل موضوع، بما في ذلك خطة التدريس المقترحة، وأفكار للتعلم النشط والتقويم التكويني، والمصادر المرتبطة بالموضوع، والأنشطة التمهيدية، والتعليم المتمايز (تفريد التعليم) والمفاهيم الخاطئة وسوء الفهم. كما يتضمن أيضًا دعمًا مفصلًا لإجراء الاستقصاءات العملية وتنفيذها في «كتاب التجارب العملية والأنشطة»، بما في ذلك فقرات «مهم» لجعل الأمور تسير بشكل جيد، إضافة إلى مجموعة من عينات النتائج التي يمكن استخدامها إذا لم يتمكن الطلبة من إجراء التجربة، أو أخفقوا في جمع النتائج النموذجية.



كيف تستخدم هذا الكتاب

خلال دراستك هذا الكتاب، ستلاحظ الكثير من الميزات المختلفة التي ستساعدك في التعلم. هذه الميزات موضحة على النحو الآتي:

أهداف التعلّم

تظهر هذه الأهداف في بداية كل وحدة دراسية لتقدّم أهداف التعلم ولتساعدك على التنقل في المحتوى.

مهم

ستساعدك المعلومات الواردة في هذه المربعات على إكمال الأنشطة، وستقدم لك الدعم في المجالات التي قد تجدها صعبة.

مصطلحات علمية

يتم تمييز المصطلحات الأساسية في النص عند تقديمها لأول مرة. ثم يتم تقديم تعريفات في الهامش تشرح معاني هذه المصطلحات.

أسئلة

يتخلّل الكتاب أسئلة تساعدك للتدرّب على المهارات العلمية المهمّة لدراسة الفيزياء.

أفعال إجرائية

لقد تمّ إبراز الأفعال الإجرائية الواردة في المنهج الدراسي بلون غامق في أسئلة نهاية الوحدة، ويمكن استخدامها في الاختبارات، خصوصًا عندما يتم تقديمها للمرة الأولى. وستجد في الهامش تعريفًا لها.

أسئلة نهاية الوحدة

تقيس هذه الأسئلة مدى تحقّق الأهداف التعليمية في الوحدة، وقد يتطلب بعضها استخدام معارف علمية من وحدات سابقة.

المعادلة: سوف تساعدك قائمة المعادلات في بداية كل وحدة دراسية على إكمال التجارب العملية والأنشطة.

ستحتاج إلى

تتضمّن قائمة بجميع المواد والأدوات المطلوبة لتنفيذ الاستقصاء العملي.

ترد التعريفات للمفاهيم العلمية والمبادئ والقوانين والنظريات العلمية المهمة في الهامش، ويتم إبرازها في النص بلون غامق عند تقديمه لأول مرة.

الأمان والسلامة في مختبر الفيزياء

- العمل بأمان في مختبر الفيزياء جانب أساسي من جوانب التعلّم الذي يتميّز به العمل التجريبي.
- كن دائمًا مستمعًا جيّدًا للتعليمات، وملتزمًا التوجيهات وقواعد السلوك بعناية.
- إذا لم تكن متأكّدًا من أي جانب من جوانب عملك التجريبي، فلا تتوانَ في سؤال معلّمك، وإذا كنت تودّ تصميم استقصاءٍ خاصّ بك، فاطلب إلى معلّمك أن يتحقّق من خطّتك قبل تنفيذها.
- العديد من احتياطات الأمان والسلامة في مختبر الفيزياء تُعنى بمنع حدوث ضرر يلحق بالطالب أو بالأجهزة والأدوات.

استخدام السوائل في العمل	ضع كل الأدوات في حوض بحيث إذا انسكب شيء منها لا يؤثّر على أوراق العمل. فإذا كنت تستخدم الماء الساخن أو المغلي؛ فاستخدم ماسكًا لحمل الأوعية مثل الكؤوس.
استخدام ميزان الحرارة الزجاجيّ المُعبّأ بسائل	ضع ميزان الحرارة بشكل آمن على الطاولة فور الانتهاء من استخدامه، وتأكّد من موقعه بحيث لا يتدحرج، وإذا تعرّض للكسر؛ فأبلغ معلّمك فورًا، ولا تلمس الزجاج المكسور أو السائل المتسرّب منه.
تعليق موادّ على أسلاك رفيعة	ارتد نظّارات واقية تحسّبًا لحدوث انقطاع في السلك، واحذر من سقوط أثقالَ في حال انقطاع السلك؛ وضَع وسادة أو ما شابه على الأرض.
توصيل مكوّنات كهربائية	لا تتجاوز فرق الجهد الكهربائي الموصى به للمكوِّن الكهربائي، على سبيل المثال: فرق الجهد الكهربائي لمصباح ما هو (6 V).
استخدام الحوامل المعرّضة للانقلاب	إذا كان الحامل متحرّكًا أو معرّضًا لخطر الانقلاب؛ فثبّته على الطاولة بإحكام.
استخدام الأجسام القابلة للتدحرُج كالأسطوانات	ضع شيئًا مناسبًا مثل صندوق لجمع الأجسام القابلة للتدحرُج؛ بحيث لا تسقط على الأرضية أو تؤثّر على تجربة شخص آخر.
الخلايا الجافة 1.5 V	لا توصل قطبَي الخلية أو البطارية أحدهما بالآخر بسلك كهربائي.

احتياطات الأمان والسلامة في مختبر الفيزياء

البحث العلمي والمهارات العملية

إن تطبيق مهارات البحث العلمي والمهارات العملية من الصفوف السابقة وتطويرها في سياقات جديدة خلال الصفَّين الحادي عشر والثاني عشر مطلب ضروري. وبالإضافة إلى تذكر المعلومات والظواهر والحقائق والقوانين والتعاريف والمفاهيم والنظريات المذكورة في المناهج الدراسية وإلى شرحها وتطبيقها، فمن المتوقع أن يكون الطلبة قادرين على حلّ المسائل في مواقف جديدة أو غير مألوفة باستخدام التفكير المنطقي.

ويُتوقع من الطلبة إظهار استيعابهم للمهارات العملية بما في ذلك القدرة على:

- تخطيط التجارب والاستقصاءات.
- جمع الملاحظات والقياسات والتقديرات وتسجيلها وتقديمها.
- تحليل البيانات الناتجة من التجارب للوصول إلى استنتاجات وتفسيرها.
- تقييم أساليب البيانات الناتجة من التجارب وجودتها واقتراح التحسينات الممكنة للتجارب.

أمثلة على المهارات العملية

في القوائم التالية أمثلة محددة على كل مهارة من المهارات العملية. وهذه الأمثلة المحددة توجّه إلى المزيد من البحث العلمي والمهارات العملية التي يتوقع من الطلبة اكتسابها كجزء من تعلمهم.

إلى ذلك، يجب تطوير المهارات العملية الأربع وتوحيدها في كل وحدة دراسية. إلّا أن بعض الأمثلة المحددة في القوائم قد تكون أكثر صلة بالأنشطة العملية الموصى بها في وحدات دراسية معيّنة.

تعطي هذه المهارات أمثلة عن محتوى AO3 ويمكن تقييمها في الورقة العملية.

تخطيط التجارب والاستقصاءات

- تحديد المتغيّرات المستقلة والتابعة وضبطها، ووصف كيفية قياسها وضبطها.
- وصف الإجراءات والتقنيات المستخدمة في التجارب، والتي تؤدي إلى جمع بيانات منطقية ودقيقة. استخدام مخططات واضحة ومصنفة لإظهار ترتيب الجهاز عند الحاجة.
- شرح اختيار الجهاز وأداة القياس للوصول إلى دقة مناسبة في قراءة القياس.
- وصف المخاطر الموجودة في التجربة وكيفية تقليلها.

- التنبؤ بالنتائج ووضع الفرضيات بناء على المعرفة والمفاهيم العامة.
- وصف كيفية استخدام البيانات للوصول إلى استنتاج، بما في ذلك الكمّيات المشتقة التي سوف تحسب بناءً على البيانات الخام لرسم تمثيل بياني مناسب أو وضع مخطط مناسب.

جمع الملاحظات والقياسات والتقديرات وتسجيلها وتقديمها

- تطبيق الطالب لفهمه معنى الضبط والدقة.
- تحديد قيم عدم اليقين في قياس ما كقيم عدم يقين مطلق أو كنسبة مئوية لعدم اليقين.
- جمع القياسات والملاحظات وتسجيلها بشكل منهجي، وتقديم البيانات باستخدام العناوين ووحدات القياس والأرقام ومدى القياسات ودرجات الدقة المناسبة.
- استخدم الطرائق الرياضية أو الإحصائية المناسبة لمعالجة البيانات الخام وتسجيلها حتى العدد الصحيح من الأرقام المعنوية (يجب أن يكون هذا العدد هو نفسه أو أكثر بواحد من أصغر عدد من الأرقام المعنوية في البيانات المقدمة).

تحليل البيانات الناتجة من التجارب للوصول إلى استنتاجات وتفسيرها

- معالجة البيانات وتقديمها، بما في ذلك الرسوم والمخططات والتمثيلات البيانية باستخدام الخطوط المستقيمة أو المنحنيات الأكثر ملاءمة. وتحليل التمثيلات البيانية، بما في ذلك ميل المنحنيات.
- ربط التمثيلات البيانية ذات الخط المستقيم بالمعادلات ذات الصيغة $y = mx + c$ واشتقاق التعابير التي تعادل الميل و / أو نقطة التقاطع مع المحور الصادي في التمثيل البياني الخاص بها.
- تحديد نقطة التقاطع مع المحور الصادي للتمثيل البياني ذي الخط المستقيم أو الميل لمماس المنحنى بما في ذلك مكان وجودهما على منحنيات التمثيلات البيانية بما في ذلك تلك التي لا تمر بنقطة الأصل.
- تقدير قيمة عدم اليقين المطلق في الميل والتقاطع الصادي للتمثيل البياني.
- جمع قيم عدم اليقين عند إضافة الكميّات أو طرحها وجمع النسب المئوية لعدم اليقين عند ضرب الكميات أو قسمتها.
- رسم الخط المستقيم الأفضل ملاءمة من خلال النقاط الموجودة على التمثيل البياني.
- استخدام قيم الانحراف المعياري أو الخطأ المعياري، أوالتمثيلات البيانية ذات أشرطة الخطأ المعيارية، لتحديد ما إذا كانت الاختلافات في القيم المتوسطة ذات دلالة إحصائية.

- تفسير الملاحظات والبيانات الناتجة من التجارب وتقييمها، وتحديد النتائج غير المتوقعة والتعامل معها بشكل مناسب.
- وصف الأنماط في البيانات والتمثيلات البيانية. وإجراء تنبؤات بناءً على الأنماط في البيانات.
- الوصول إلى الاستنتاجات المناسبة وتبريرها بالإشارة إلى البيانات واستخدام التفسيرات المناسبة، ومناقشة مدى دعم النتائج للفرضيات.

تقييم الأساليب واقتراح التحسينات

- تحديد الأسباب المحتملة لعدم اليقين، في البيانات أو في الاستنتاجات، واقتراح التحسينات المناسبة على الإجراءات وتقنيات إجراء التجارب.
- شرح تأثير الأخطاء المنهجية (بما في ذلك الأخطاء الصفرية) والأخطاء العشوائية على القياسات.
- وصف تعديلات على تجربة ما من شأنها تحسين دقة البيانات أو توسيع نطاق الاستقصاء.

مجالات الجاذبية Gravitational Fields

أهداف التعلّم

١-١ يذكر أن مجال الجاذبية هو مثال على مجال القوة ويعرّف شدة مجال الجاذبية على أنها القوة لكل وحدة كتلة.

١-٢ يمثّل مجال الجاذبية باستخدام خطوط المجال.

١-٣ يذكر أنه بالنسبة إلى نقطة خارج كرة منتظمة يمكن اعتبار كتلة الكرة كتلة نقطية في مركزها.

١-٤ يذكر نص قانون الجاذبية لنيوتن ويستخدم المعادلة: $F = \frac{Gm_1m_2}{r^2}$.

١-٥ يستنتج من قانون الجاذبية لنيوتن وتعريف شدة مجال الجاذبية المعادلة: $g = \frac{GM}{r^2}$ لشدة مجال الجاذبية لكتلة نقطية.

١-٦ يستخدم المعادلة: $g = \frac{GM}{r^2}$.

١-٧ يعرّف جهد الجاذبية عند نقطة معيّنة على أنه الشغل المبذول لوحدة الكتل لنقل كتلة نقطية (كتلة اختبارية) صغيرة من اللانهاية إلى تلك النقطة.

١-٨ يستخدم المعادلة: $\phi = -\frac{GM}{r}$ لجهد الجاذبية في مجال كتلة نقطية.

١-٩ يصف كيف أن مفهوم جهد الجاذبية مرتبط بطاقة وضع الجاذبية لكتلتَين نقطيتَين ويستخدم المعادلة: $E_p = -\frac{GMm}{r}$.

١-١٠ يحلّل المدارات الدائرية في مجالات الجاذبية بدلالة الجاذبية التي تعمل كقوة مركزية والتسارع المركزي الذي تسببه هذه القوة.

١-١١ يذكر أن القمر الصناعي الثابت بالنسبة للأرض يبقى في النقطة نفسها فوق سطح الأرض، ويدور بزمن دوري مدته ٢٤ ساعة، من الغرب إلى الشرق، مباشرة فوق خط الاستواء.

شدة مجال الجاذبية = $\frac{\text{قوة الجاذبية}}{\text{الكتلة}}$

$\vec{g} = \frac{\vec{F}}{m}$

جهد الجاذبية = $\frac{\text{الشغل المبذول}}{\text{الكتلة}}$

$\phi = \frac{W}{m}$ و $\phi = -\frac{GM}{r}$

قانون نيوتن للجاذبية: $F = \frac{Gm_1m_2}{r^2}$

شدة مجال الجاذبية: $g = \frac{GM}{r^2}$

طاقة وضع الجاذبية لكتلتين نقطيتين: $E_p = \frac{-Gm_1m_2}{r}$

القوة المركزية = الكتلة × التسارع المركزي

$F = \frac{mv^2}{r}$

التغير في طاقة وضع الجاذبية: $\Delta\phi = GM\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)$

مربع السرعة في المدار: $v^2 = \frac{GM}{r}$

الزمن الدوري المداري: $T = \sqrt{\frac{4\pi^2 r^3}{GM}}$

الأنشطة

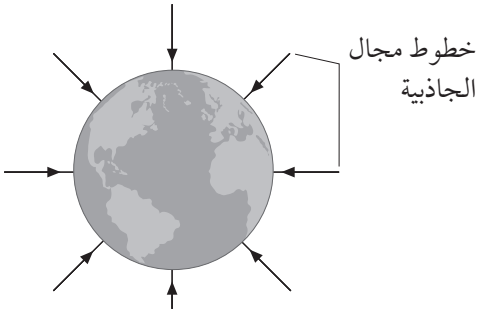
نشاط ١-١ قانون نيوتن للجاذبية

اكتشف نيوتن القانون الذي يصف قوة الجاذبية التي يؤثر بها جسم على آخر. في هذا النشاط ستتدرّب على رسم خطوط المجال وتفسيرها، واستخدام معادلة قوة الجاذبية.

مصطلحات علمية

مجال الجاذبية
Gravitational field:
منطقة من الفضاء تتأثر فيها كتلة ما بقوة الجاذبية.

١. يوضح الشكل ١-١ كيف يمكننا تمثيل **مجال الجاذبية** للأرض:



الشكل ١-١: للسؤال ١. تمثيل مجال الجاذبية للأرض.

أ. لماذا يكون اتجاه جميع الأسهم الموجودة على خطوط المجال باتجاه الأرض؟ اشرح إجابتك.

.....

.....

ب. في أي نقطة يمكن لجميع خطوط المجال أن تتلاقى؟

.....

ج. المبنى الذي تجلس فيه موجود على سطح الأرض، ويوصف مجال الجاذبية الأرضية فيه بأنه منتظم.

١. ارسم مخططًا لإظهار خطوط مجال الجاذبية في المنطقة من حولك.

٢. كيف تبيّن خطوط المجال التي رسمتها أن المجال منتظم؟

.....

.....

.....

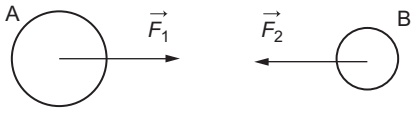
د. انظر إلى الشكل ١-١ مرة أخرى، واشرح كيف يتّضح من هذا الشكل أن مجال الجاذبية الأرضية ليس منتظمًا.

.....

.....

.....

٢. يوضح الشكل ١-٢ رسمًا تخطيطيًا لجسمَين: A و B، كتلة الجسم A أكبر من كتلة الجسم B، ويجذب A و B أحدهما الآخر بقوتَي الجاذبية ($\vec{F}_1$) و ($\vec{F}_2$):



الشكل ١-٢: للسؤال ٢. جسمان: A و B يجذب كل منهما الآخر بقوتَي الجاذبية $\vec{F}_1$ و $\vec{F}_2$.

أ. ماذا يمكنك أن تقول عن اتجاهَي القوّتَين ($\vec{F}_1$) و ($\vec{F}_2$)؟

.....

.....

ب. ماذا يمكنك أن تقول عن مقدارَي القوّتَين ($\vec{F}_1$) و ($\vec{F}_2$)؟

.....

.....

ج. الجسمان A و B كانا في حالة سكون، وتدفعهما قوّتا الجاذبية بينهما إلى التسارع أحدهما باتجاه الآخر. أيّ من الجسمَين سيكون له تسارع أكبر؟ اشرح إجابتك.

.....

.....

.....

مهمّ

في السؤال ٢ ج، ستحتاج إلى التفكير في كتلتَي الجسمَين.

٣. يعبّر عن **قانون نيوتن للجاذبية** بالمعادلة $F = \frac{Gm_1m_2}{r^2}$، حيث (G) هو ثابت الجاذبية (ثابت الجذب الكوني).

أ. أعد ترتيب المعادلة للحصول على (G).

.....

ب. أثبت أن وحدة (G) هي $N\ m^2\ kg^{-2}$ وأن وحدتها الأساسية في النظام الدولي للوحدات هي $m^3\ s^{-2}\ kg^{-1}$.

.....

.....

.....

مصطلحات علمية

قانون نيوتن للجاذبية
Newton's law of gravitation:
أي كتلتَين نقطيتَين تجذب كل منهما الأخرى بقوة تتناسب طرديًا مع حاصل ضرب كتلتَيهما وعكسيًا مع مربع المسافة بينهما.

٤. يوضح الشكل ١–٣ جسمًا كتلته (M) على سطح الأرض:

الشكل ١–٣: للسؤال ٤. جسم كتلته M على سطح الأرض.

أ. أضف سهمًا إلى الرسم في الشكل لتوضيح اتجاه قوة جاذبية الأرض ($\vec{F}$) المؤثرة على الجسم (M).

ب. ينجذب الجسم إلى جميع النقاط الموجودة داخل الأرض. أي منطقة من الأرض تؤثر بأكبر قوة جاذبية على الجسم؟ ارمز إلى هذه المنطقة في الشكل بالحرف (أ). اشرح إجابتك.

.....

.....

.....

ج. أيّ منطقة من الأرض تؤثر بأقل قوة جاذبية على الجسم؟ ارمز إلى هذه المنطقة في الشكل بالحرف (ب). اشرح إجابتك.

.....

.....

.....

د. يمكننا اعتبار قوة جاذبية الأرض كما لو كانت كل كتلتها مركزة عند نقطة واحدة هي مركز جاذبيتها. حدّد هذه النقطة على الشكل وارمز إليها بالحرف (ج). اشرح إجابتك.

.....

.....

.....

٥. قيمة ثابت الجاذبية $G = 6.67 \times 10^{-11}\ \text{N m}^2\ \text{kg}^{-2}$.

أ. استخدم قانون نيوتن لحساب قوة جاذبية الأرض لجسم كتلته (6.0 kg) وموضوع على سطح الأرض (كتلة الأرض: $M = 6.0 \times 10^{24}\ \text{kg}$؛ ونصف قطر الأرض يساوي $R = 6400\ \text{km}$ تقريبًا).

.....

.....

.....

ب. احسب قوة جاذبية الشمس للأرض (كتلة الشمس تساوي $2.0 \times 10^{30}\ \text{kg}$ تقريبًا؛ نصف قطر مدار الأرض حول الشمس يساوي $150 \times 10^{6}\ \text{km}$ تقريبًا).

.....

.....

.....

نشاط ١-٢ شدة مجال الجاذبية

شدة مجال الجاذبية (g) تُعدّ كمّية فيزيائية مألوفة لأننا نستخدمها لحساب الوزن (W) لأي جسم ولنفترض كتلته (m) باستخدام المعادلة $W = mg$، وقيمة (g) على سطح الأرض تساوي ($9.81\ N\ kg^{-1}$) تقريبًا. يتمحور هذا النشاط حول حساب شدة مجال الجاذبية لأجسام مختلفة في النظام الشمسي.

مصطلحات علمية

شدة مجال الجاذبية
Gravitational field strength: شدة مجال الجاذبية عند نقطة ما هي قوة الجاذبية المؤثرة لكل وحدة كتلة لجسم صغير موضوع في تلك النقطة.

١. بما أن الأرض ليست كروية تمامًا، تتراوح قيمة (g) من ($9.78\ N\ kg^{-1}$) عند خط الاستواء إلى ($9.83\ N\ kg^{-1}$) عند القطبَين.
تمّ نقل جسم كتلته (20.0 kg) من خط الاستواء إلى القطب الشمالي.

أ. احسب وزن الجسم عند نقطة ما حيث شدة مجال الجاذبية الأرضية (g) تساوي ($9.80\ N\ kg^{-1}$).

.....

.....

ب. احسب مقدار الزيادة في وزن الجسم أثناء انتقاله من خط الاستواء إلى القطب الشمالي.

.....

.....

مهمّ

في السؤال ١ ج، تذكّر أن قوة جاذبية جسم لآخر تعتمد على المسافة بين مركزَي كتلتَيهما.

ج. اشرح كيف ستتغير (g) إذا صعدت إلى قمة جبل عالٍ.

.....

.....

.....

٢. قوة الجاذبية التي تؤثر بها كتلة على أخرى تُعطى بقانون نيوتن للجاذبية $F = \frac{Gm_1m_2}{r^2}$. يعني تعريف شدة مجال الجاذبية ($\vec{g}$) أن قيمته هي قوة الجاذبية المؤثرة لكل وحدة كتلة من جسم ما.

أ. أثبت أن معادلة شدة مجال الجاذبية على مسافة (r) من كتلة نقطية (M) تعطى بالعلاقة: $g = \frac{GM}{r^2}$.

.....

.....

ب. احسب شدة مجال الجاذبية على سطح الأرض. اكتب إجابتك مقرّبة إلى أقرب رقمَين معنويَّين. (كتلة الأرض تساوي 6.0×10^{24} kg تقريبًا، نصف قطر الأرض يساوي 6400 km تقريبًا، ثابت الجاذبية: $G = 6.67 \times 10^{-11}$ N m^2 kg^{-2}).

.....

.....

٣. كتلة القمر تساوي (7.3×10^{22} kg) تقريبًا ومتوسط نصف قطره يساوي (1.74×10^{6} m) تقريبًا.

أ. احسب قوة الجاذبية المؤثرة على جسم، كتلته (1 kg) على سطح القمر (ثابت الجاذبية: $G = 6.67 \times 10^{-11}$ N m^2 kg^{-2}).

.....

.....

ب. ما مقدار شدة مجال الجاذبية على سطح القمر؟

.....

.....

ج. احسب وزن جسم كتلته (20.0 kg) على سطح القمر.

.....

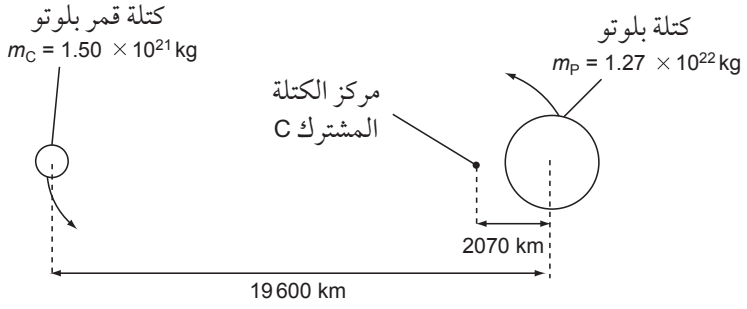
.....

د. تخيل أنك أسقطتّ جسمًا بالقرب من سطح القمر. احسب مقدار تسارع الجسم.

.....

.....

٤. يدور قمر الكوكب القزم بلوتو حوله، كما هو موضح في الشكل ١-٤:



الشكل ١-٤: للسؤال ٤. يوضح الكوكب القزم بلوتو يدور حوله قمره.

في الواقع، يدور كل منهما حول الآخر حول **المركز المشترك للكتلتين** C (الذي هو عبارة عن النقطة حيث كتلة الجسمَين موزعة بالتساوي حولها).

مصطلحات علمية

مركز الكتلة
Centre of mass:
هو النقطة التي يمكننا اعتبار إجمالي كتلة الجسم مركّزًا فيها.

أ. احسب شدة مجال الجاذبية عند النقطة C بسبب بلوتو.
(ثابت الجاذبية: $G = 6.67 \times 10^{-11}\ N\ m^2\ kg^{-2}$).

.....

.....

.....

مهمّ

فكّر في تعريف المجال، وتذكّر أنها كمية متّجهة.

ب. احسب شدة مجال الجاذبية عند النقطة C بسبب قمر بلوتو. حدّد اتجاه هذا المجال.

.....

.....

.....

ج. ما مقدار قوة الجاذبية المؤثرة على جسم كتلته (1.0 kg) موضوعًا عند النقطة C؟ اشرح إجابتك.

.....

.....

نشاط ١-٣ الطاقة وجهد الجاذبية

مصطلحات علمية

جهد الجاذبية
Gravitational potential:
جهد الجاذبية عند نقطة ما هو الشغل المبذول لكل وحدة كتلة لنقل كتلة نقطية من اللانهاية إلى تلك النقطة.

يحدّد **جهد الجاذبية** عند نقطة ما من خلال الشغل المبذول لكل وحدة كتلة لنقلها من اللانهاية إلى تلك النقطة. يمكنك التفكير في الأمر على أنه طاقة وضع الجاذبية لكل وحدة كتلة، لكن تذكر أن قيمتها تساوي صفرًا عند اللانهاية وأقل من الصفر في أيّ مكان آخر. يتيح لك هذا النشاط فهم معادلة حساب جهد الجاذبية واستخدامها.

١. جهد الجاذبية عند نقطة ما ولتكن P يساوي ($\phi = -60\ J\ kg^{-1}$).
من خلال تعريف جهد الجاذبية (ϕ):

أ. ما مقدار طاقة وضع الجاذبية لجسم كتلته (1.0 kg) عند النقطة P؟

.....

ب. احسب طاقة وضع الجاذبية لجسم كتلته (50.0 kg) عند النقطة P.

.....

.....

ج. ما مقدار الشغل المبذول في تحريك جسم كتلته (50.0 kg) من اللانهاية إلى النقطة P؟

.....

.....

.....

د. ما مقدار الشغل المبذول في تحريك جسم كتلته (50.0 kg) من النقطة P إلى اللانهاية؟

.....

.....

.....

هـ. جهد الجاذبية يساوي ($\phi = -40\ J\ kg^{-1}$) عند نقطة أخرى Q.

١. أيّ النقطتَين P أم Q لها الجهد الأعلى؟

.....

٢. احسب الشغل المبذول في تحريك جسم كتلته (50.0 kg) من النقطة P إلى النقطة Q.

.....

.....

.....

٢. ستحتاج إلى هذه البيانات للإجابة عن السؤال الآتي:

ثابت الجاذبية: ($G = 6.67 \times 10^{-11}\ N\ m^2\ kg^{-2}$).

الأرض: الكتلة = 6.0×10^{24} kg ، نصف القطر = 6.4×10^{6} m

القمر: الكتلة = 7.4×10^{22} kg ، متوسط نصف القطر = 1.74×10^{6} m

يُعطى جهد الجاذبية (ϕ) في مجال كتلة نقطية من خلال المعادلة: $\phi = -\frac{GM}{r}$.

أ. ما دلالة كل من الرموز (G) و (M) و (r)؟

.....

.....

مهمّ

تذكّر أنه على الرغم من أن جهد الجاذبية بالقرب من كتلة ما يكون دائمًا سالبًا، إلّا أنه يزداد مع البعد عن الكتلة، أي يصبح أقل سالبية.

ب. استخدم معادلة (ϕ) لحساب جهد الجاذبية على سطح الأرض.

.....

.....

.....

ج. احسب جهد الجاذبية (ϕ) على سطح القمر.

.....

.....

.....

د. رائد فضاء كتلته (120 kg) يقف على سطح القمر. احسب طاقة وضع الجاذبية له (اعتبر أن طاقة الوضع عند نقطة على مسافة لانهائية من القمر تساوي صفرًا).

.....

.....

.....

هـ. يوجد رائد فضاء آخر في مركبة فضائية تدور فوق سطح القمر. أي رائد فضاء له أعلى جهد جاذبية؟

.....

.....

.....

٣. عند رفع جسم كتلته (m) إلى ارتفاع (h)، فإن الزيادة في طاقة وضع الجاذبية للجسم = mgh.

يجب أن تكون على دراية بهذه المعادلة، ولكن لاحظ أنها تنطبق فقط بالقرب من سطح الأرض حيث تكون (g) ثابتة المقدار تقريبًا. في هذا السؤال يمكنك التحقق من حصولك على الإجابة نفسها باستخدام هذه المعادلة وباستخدام المعادلة العامة $\phi = -\frac{GM}{r}$.

أ. وُضِع جسم كتلته (1.0 kg) على سطح الأرض وبالتحديد على مسافة (6.40×10^6 m) من مركز الأرض. احسب طاقة وضع الجاذبية للجسم مستعينًا بالبيانات المعطاة في السؤال رقم (٢). قرِّب إجابتك إلى أقرب ثمانية أرقام معنوية.

.....

.....

.....

ب. رُفع الجسم مسافة (100 m) رأسيًا إلى الأعلى، وأصبحت المسافة بين مركز الجسم ومركز كتلة الأرض تساوي (6.400100×10^6 m). باستخدام المعادلة $\phi = -\frac{GM}{r}$، احسب القيمة الجديدة لطاقة وضع الجاذبية للجسم.

.....

.....

.....

ج. احسب الزيادة في طاقة وضع الجاذبية للجسم.

.....

.....

.....

د. احسب الكمية نفسها باستخدام المعادلة:

التغير في طاقة وضع الجاذبية = mgh.

هل حصلت على الإجابة نفسها كالتي حصلت عليها في الجزئية (ج)؟

.....

.....

.....

نشاط ١-٤ المجال والجهد الناشئ عن كتلتَين

في هذا النشاط ستتعلم أن شدة مجال الجاذبية هي كمية متجهة، وأن جهد الجاذبية هو كمية عددية.

١. عند الانطلاق من الأرض إلى القمر، هناك نقطة واحدة P حيث تكون قوة جاذبية الأرض مساويةً لقوة جاذبية القمر بالمقدار، وتقع هذه النقطة على مسافة (3.41×10^8 m) من مركز الأرض، ومسافة (3.8×10^7 m) من مركز القمر.

إذا كانت كتلة الأرض = (6.0×10^{24} kg) وكتلة القمر = (7.3×10^{22} kg)، فاحسب:

أ. شدة مجال وجهد الجاذبية الأرضية عند النقطة P.

.....

.....

ب. شدة مجال وجهد جاذبية القمر عند النقطة P.

.....

.....

ج. محصلة شدة مجال جاذبية الأرض والقمر عند النقطة P.

.....

.....

.....

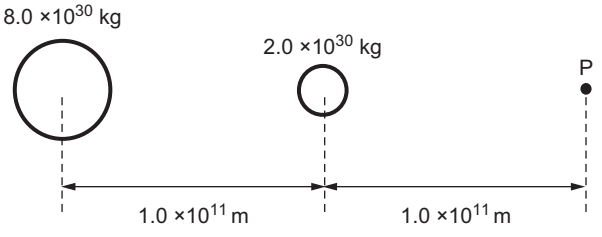
د. مجموع جهد جاذبية الأرض والقمر عند النقطة P.

.....

.....

.....

٢. يُظهر الشكل ١–٥ نظامًا نجميًا ثنائيًا يدور فيه نجمان أحدهما حول الآخر، كما يُظهر كتلتَي النجمَين وبُعدهما عن نقطة ما P:



الشكل ١–٥: للسؤال ٢. نظام نجمي ثنائي ونقطة P.

أ. احسب محصلة شدة مجال الجاذبية عند النقطة P.

.....

.....

.....

ب. احسب جهد الجاذبية الكلّي عند النقطة P.

.....

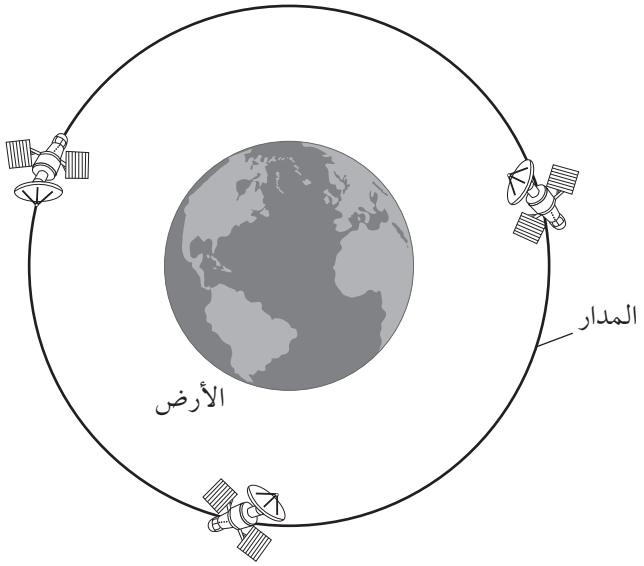
.....

.....

نشاط ١-٥ الدوران تحت تأثير الجاذبية

الجاذبية هي القوة الأكثر أهمية للأجرام السماوية مثل الكواكب والأقمار في النظام الشمسي. كما أنها تبقي الأقمار الصناعية الثابتة بالنسبة إلى الأرض في مداراتها حول هذا الكوكب. هذا النشاط يأخذ في الاعتبار المركبات الفضائية والأقمار الصناعية لأنواع مختلفة من المدارات حول الأرض.

١. يوضح الشكل ١-٦ ثلاث مركبات فضائية متماثلة تشترك في مدار دائري حول الأرض، وكتلة كل مركبة فضائية (450 kg):



الشكل ١-٦: للسؤال ١. ثلاث مركبات فضائية تشترك في مدار دائري حول الأرض.

مهمّ

تذكّر دائمًا حساب بُعد المركبة الفضائية عن مركز الأرض، وليس عن سطحها.

أ. أضف سهم قوة إلى الرسم في الشكل لكل مركبة فضائية لإظهار تأثير قوة جاذبية الأرض عليها.

ب. تدور كل مركبة فضائية على مسافة (2600 km) فوق سطح الأرض. احسب مسافة كل مركبة فضائية من مركز الأرض، ومقدار قوة الجاذبية المؤثرة عليها (ثابت الجاذبية: $G = 6.67 \times 10^{-11}\ N\ m^2\ kg^{-2}$، كتلة الأرض = $6.0 \times 10^{24}\ kg$، نصف قطر الأرض = $6.4 \times 10^{6}\ m$).

.....

.....

.....

ج. يجب على أي مركبة فضائية أن تتحرك بسرعة مناسبة لتبقى في مدارها. احسب مقدار هذه السرعة باستخدام معادلة الحركة الدائرية $F = \frac{mv^2}{r}$.

.....

.....

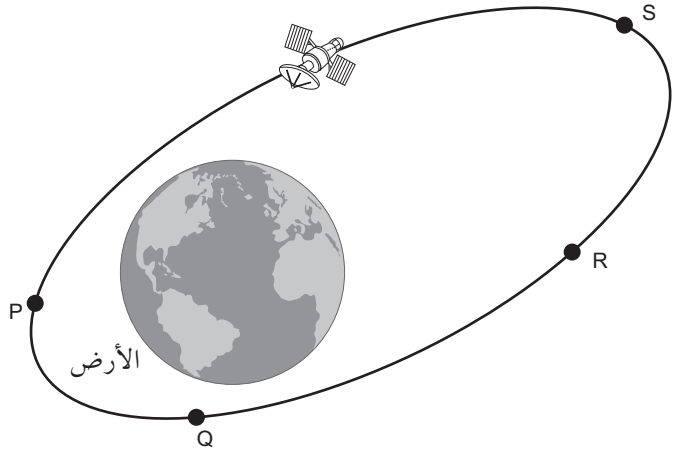
د. احسب الزمن الذي تستغرقه إحدى المركبات الفضائية لإكمال دورة كاملة حول الأرض. أعط إجابتك بالدقائق.

.....

.....

.....

٢. يوضح الشكل ١–٧ مركبة فضائية في مدار إهليلجي حول الأرض. تتغيّر المسافة بينها وبين الأرض نتيجة حركتها حول المدار:



الشكل ١–٧: للسؤال ٢. مركبة فضائية في مدار إهليلجي حول الأرض.

قم بتضمين الأسباب لإجاباتك عن الأسئلة الآتية:

أ. تمّ وضع أربع نقاط P و Q و R و S على المدار. ما النقطة التي تكون عندها المركبة الفضائية أبعد ما تكون عن الأرض؟

.....

.....

ب. ما النقطة التي تكون عندها قوة جاذبية الأرض للمركبة الفضائية أضعف ما يمكن؟

.....

.....

ج. ما النقطة التي تكون فيها طاقة وضع الجاذبية للمركبة الفضائية في ذروتها (أكبر ما يمكن)؟

.....

.....

د. الطاقة الكلّية للمركبة الفضائية (طاقة الوضع + طاقة الحركة) ثابتة. حدّد النقطة التي ستتحرك عندها المركبة الفضائية أبطأ ما يمكن.

.....

.....

٣. تدور مركبة فضائية حول كوكب ما مرة واحدة كل يوم وتبقى ثابتة بالنسبة إلى الكوكب، أي أنها تبقى عند نقطة ثابتة في السماء فوق خط الاستواء للكوكب.

أ. حدّد الزمن الدوري لمركبة فضائية تدور حول الأرض في **مدار ثابت بالنسبة إلى الأرض**. أعط إجابتك بوحدة الثانية.

.....

.....

.....

ب. يمكن وضع مركبة فضائية في مدار حول كوكب المريخ حيث تبقى ثابتة بالنسبة إلى سطح المريخ من أجل الحفاظ على الاتصال بمركبة هبوط على سطح الكوكب، الزمن الدوري (T) للمركبة الفضائية يُستنتج من خلال المعادلة الآتية:

$$T^2 = \left(\frac{4\pi^2}{GM}\right) r^3$$

مصطلحات علمية

مدار الأقمار الثابتة بالنسبة إلى الأرض

Geostationary orbit:
مدار يبقى فيه القمر الصناعي مباشرةً فوق النقطة نفسها على الأرض في جميع الأوقات.

١. اذكر الكمّيتَين اللتَين يمثلهما الرمزان (M) و (r).

.....

.....

٢. احسب نصف قطر المدار لقمر صناعي ثابت يدور حول المريخ. استخدم كتابًا مرجعيًا أو الشبكة العالمية للمعلومات والاتصالات الدولية (الإنترنت) لتوفير البيانات اللازمة.

.....

.....

.....

أسئلة نهاية الوحدة

ثابت الجاذبية: $G = 6.67 \times 10^{-11}\ \text{N m}^2\ \text{kg}^{-2}$

كتلة الأرض = $6.0 \times 10^{24}\ \text{kg}$ ، نصف قطر الأرض = $6.4 \times 10^{6}\ \text{m}$.

١. أ. اشرح المقصود بمصطلح شدة مجال الجاذبية.

ب. هبطت مركبة فضائية كتلتها (220 kg) على سطح المريخ. بواسطة جهاز استشعار على متن المركبة تمّ تحديد وزنها على أنه (836 N). **احسب** شدة مجال الجاذبية على سطح المريخ.

ج. توضح القياسات المأخوذة من الأرض أن قطر المريخ يبلغ ($6.75 \times 10^{6}\ \text{m}$) استنتج كتلته.

د. يوصف مجال الجاذبية على سطح المريخ بأنه منتظم. اشرح ما يعنيه هذا.

٢. أ. اشرح المقصود بمصطلح جهد الجاذبية.

ب. مركبة تجسس فضائية تدور حول الأرض في مدار دائري على ارتفاع (500 km) فوق سطح الكوكب.

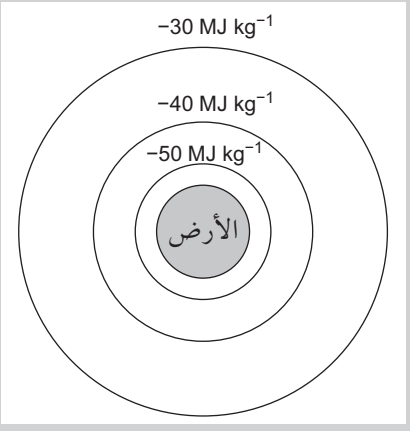
١. احسب جهد الجاذبية عند هذا الارتفاع.

٢. حدد كمية الطاقة لكل كيلوغرام اللازمة لتحرير المركبة الفضائية بالكامل من مجال الجاذبية الأرضية.

٣. احسب سرعة المركبة الفضائية في مدارها.

٤. احسب الزمن الذي تستغرقه المركبة الفضائية لإكمال دورة واحدة كاملة حول الأرض.

٣. يوضح الشكل ١–٨ ثلاثة أسطح متساوية جهد الجاذبية حول الأرض.



الشكل ١–٨

أفعال إجرائية

احسب Calculate: استخلص من الحقائق المعطاة، المعلومات أو الأرقام.

تابع

إذا علمت أنه عند كل نقطة على الدائرة الخارجية جهد الجاذبية يساوي ($-30\,MJ\,kg^{-1}$).

أ. اشرح المقصود بقولنا أنّ جهد الجاذبية يساوي ($-30\,MJ\,kg^{-1}$).

ب. اشرح سبب كون جهد الجاذبية سالبًا.

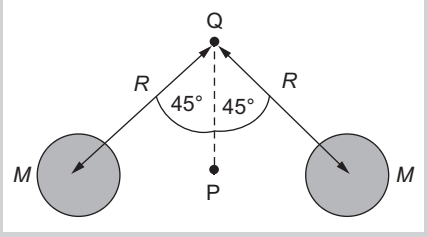
ج. اشرح كيف تُظهر المسافات بين الأسطح المتساوية الجهد في الشكل ١–٨ أن قوة الجاذبية على كتلة ما تتناقص بالارتفاع عن سطح الأرض.

د. تعود مركبة فضائية إلى الأرض تحت تأثير قوة الجاذبية من نقطة حيث يكون فيها جهد الجاذبية ($-50\,MJ\,kg^{-1}$). احسب سرعة المركبة الفضائية عندما تكون على مسافة من الأرض حيث يساوي جهد الجاذبية ($-60\,MJ\,kg^{-1}$).

٤. أ. **اذكر** نصّ قانون نيوتن لقوة الجاذبية بين كتلتَين.

ب. استخدم قانون نيوتن للجاذبية لإثبات أن السرعة (v) لقمر صناعي في مدار دائري حول الأرض تُعطى بالمعادلة $v = \sqrt{\frac{GM}{R}}$، حيث (G) هو ثابت الجاذبية، و (M) هي كتلة الأرض و (R) هي المسافة بين القمر الصناعي ومركز الأرض.

ج. يوضح الشكل ١–٩ جسمَين متماثلَين كتلة كل منهما (M).



الشكل ١–٩

١. لماذا تكون شدة مجال الجاذبية عند النقطة P، والتي تقع على مسافة متساوية من الجسمين، مساوية للصفر؟ اشرح إجابتك.

٢. بدلالة (M)، و (R) وثابت الجاذبية (G):

أ. استنتج تعبيرًا عن الشدة الكلّية لمجال الجاذبية عند النقطة Q.

ب. ما جهد الجاذبية الكلّي عند النقطة Q؟

أفعال إجرائية

اذكر State: عبّر بكلمات واضحة.

المجالات الكهربائية وقانون كولوم
Electric fields and Coulomb's law

أهداف التعلّم

٢-١ يذكر أن المجال الكهربائي هو مثال على مجال القوة ويعرّف شدة المجال الكهربائي على أنه القوة لوحدة الشحنة الموجبة.

٢-٢ يمثّل مجالًا كهربائيًا باستخدام خطوط المجال.

٢-٣ يستخدم معادلة القوة المؤثرة على شحنة في مجال كهربائي: $\vec{F} = Q\vec{E}$.

٢-٤ يستخدم معادلة حساب شدة المجال الكهربائي المنتظم بين لوحَين متوازيَين مشحونَين: $\vec{E} = \frac{\Delta V}{\Delta d}$.

٢-٥ يصف تأثير المجال الكهربائي المنتظم على حركة الجسيمات المشحونة.

٢-٦ يذكر أنه بالنسبة إلى نقطة خارج موصل كروي، يمكن اعتبار الشحنة الموجودة على الكرة شحنة نقطية في مركزها.

٢-٧ يذكر نص قانون كولوم ويستخدم معادلة القوة بين شحنتَين نقطيتَين في الفراغ: $\vec{F} = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi\varepsilon_0 \vec{r}^2}$.

٢-٨ يستخدم معادلة شدة المجال الكهربائي: $\vec{E} = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 \vec{r}^2}$ الناشئ عن شحنة نقطية في الفراغ.

٢-٩ يعرّف الجهد الكهربائي عند نقطة ما على أنه الشغل المبذول لوحدة الشحنة الموجبة لنقل شحنة اختبارية صغيرة من اللانهاية إلى تلك النقطة.

٢-١٠ يستخدم معادلة الجهد الكهربائي في المجال الكهربائي الناشئ عن شحنة نقطية: $V = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r}$.

٢-١١ يصف كيف أن مفهوم الجهد الكهربائي مرتبط بطاقة الوضع الكهربائية لشحنتَين نقطيتَين ويستخدم المعادلة: $E_p = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi\varepsilon_0 r}$.

شدة المجال الكهربائي = $\frac{\text{القوة}}{\text{الشحنة}}$

$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{Q}$

شدة المجال الكهربائي المنتظم: $\vec{E} = \frac{V}{d}$

قانون كولوم: $F = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$

شدة المجال الكهربائي: $\vec{E} = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$

الجهد الكهربائي = $\frac{\text{الشغل المبذول}}{\text{الشحنة الكهربائية}}$

$V = \frac{W}{Q}$

الجهد الكهربائي لشحنة كهربائية نقطية: $V = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r}$

الأنشطة

نشاط ٢-١ تمثيل مجال كهربائي

الشحنات الكهربائية محاطة بمجالات كهربائية، وتُرسم خطوط المجال لتمثيل المجالات الكهربائية. يمنحك هذا النشاط تدريبًا على رسم المجالات الكهربائية وفهم القواعد التي يجب اتباعها.

١. كل من هذه العبارات غير صحيحة. أعد كتابتها بالشكل الصحيح:

أ. شحنتان كهربائيتان موجبتان تتجاذب إحداهما مع الأخرى.

.....

.....

ب. توجد قوة تنافر بين شحنتَين كهربائيتَين مختلفتَين في النوع.

.....

ج. خطوط المجال الكهربائي تتّجه من الشحنة السالبة إلى الشحنة الموجبة.

.....

.....

د. يوضح خط المجال الكهربائي اتجاه القوة المؤثرة على شحنة سالبة موضوعة عند نقطة معيّنة في مجال كهربائي ما.

.....

.....

.....

مهمّ

تذكّر أن خطوط المجال الكهربائي تكون دائمًا عمودية على السطح المشحون؛ تذكّر أيضًا اتجاه الأسهم على خطوط المجال الكهربائي.

٢. ارسم رسومًا تخطيطية لتمثيل المجالات الكهربائية الآتية:

أ. المجال الكهربائي المنتظم بين لوحَين متوازيَين مشحونَين بشحنتَين مختلفتَين.

ب. المجال الكهربائي حول كرة موجبة الشحنة.

ج. المجال الكهربائي حول زوج من الشحنات الكهربائية، إحداهما موجبة والأخرى سالبة.

٣. تُظهر الرسوم التخطيطية (أ)، (ب)، (ج) في الشكل ٢-١ شحنة كهربائية موجبة (Q) موضوعة في مجال كهربائي ناتج عن شحنات كهربائية أخرى:

الشكل ٢-١: للسؤال ٣. يوضح كل رسم تخطيطي شحنة كهربائية موجبة (Q) موضوعة في مجال كهربائي ناتج عن شحنات كهربائية أخرى.

أضف سهمًا إلى كل رسم تخطيطي يوضح اتجاه القوة المؤثرة على الشحنة الكهربائية (Q).

نشاط ٢-٢ حساب القوة وشدة المجال الكهربائي

نحدد **شدة المجال الكهربائي** عند نقطة في مجال كهربائي ما من خلال القوة المؤثرة على شحنة كهربائية موجبة موضوعة عند تلك النقطة. يقيس هذا النشاط فهمك للمعادلات التي تحدد شدة المجال الكهربائي وكيفية تطبيقها.

ملاحظة: (شحنة الإلكترون: $e = -1.6 \times 10^{-19}$ C).

١. تُحسب شدة المجال الكهربائي بالمعادلة: $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{Q}$.

أ. اذكر الكميّات التي تمثلها كل من ($\vec{E}$) و ($\vec{F}$) و (Q) وحدّد وحدة قياس كل منها.

.....

.....

.....

ب. أعد ترتيب المعادلة لإيجاد ($\vec{F}$).

.....

ج. استنتج معادلة التسارع ($\vec{a}$) لجسيم مشحون كتلته (m) موضوع في مجال كهربائي. استخدم المعادلة التي تربط بين ($\vec{F}$) و (m) و ($\vec{a}$).

.....

.....

٢. **أ.** احسب شدة المجال الكهربائي عندما تؤثر قوة مقدارها (2.0×10^{-9} N) على شحنة كهربائية مقدارها (4.5×10^{-6} C).

.....

.....

ب. احسب مقدار القوة المؤثرة على إلكترون موضوع في مجال كهربائي شدته (2.0×10^{4} N C^{-1}).

.....

.....

٣. شدة المجال الكهربائي هي نفسها في جميع النقاط الموجودة ضمن مجال كهربائي منتظم، ويمكن توليد مجال كهربائي منتظم عن طريق تطبيق فرق جهد كهربائي بين لوحَين متوازيَين، وتُعطى شدة المجال الكهربائي المنتظم بالمعادلة: $E = \frac{V}{d}$.

مصطلحات علمية

شدة المجال الكهربائي (عند نقطة)
Electric field strength: القوة لكل وحدة شحنة كهربائية والتي تؤثر على شحنة كهربائية موجبة ثابتة موضوعة عند تلك النقطة.

أ. اذكر الكميات التي تمثلها كل من الرموز (E) و (V) و (d)، وحدّد وحدة قياس كل منها.

.....

.....

ب. احسب شدة المجال الكهربائي المتولّد بين لوحَين فلزيين متوازيين تفصل بينهما مسافة (20.0 cm) عند تطبيق فرق جهد كهربائي مقداره (5.0 kV) بينهما. يمكن لإجابتك أن تكون بالوحدة ($V\ m^{-1}$) أو ($N\ C^{-1}$) لأنهما وحدتان متكافئتان.

.....

.....

ج. ما مقدار فرق الجهد الكهربائي المطلوب لتوليد مجال كهربائي شدّته ($500\ V\ m^{-1}$) بين لوحَين فلزيَّين متوازيَين يبعد أحدهما عن الآخر بمقدار (1.0 cm)؟

.....

.....

مهمّ

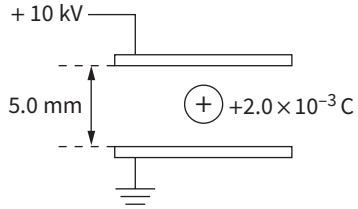
يمكنك القيام بذلك في خطوتَين. احسب شدة المجال الكهربائي أولًا ثم احسب مقدار القوة.

د. ما مقدار القوة التي ستؤثر على جسيم شحنته ($+2e$) موضوع بين لوحَين متوازيَين مفصولَين بمسافة (140 mm) عندما يكون بينهما فرق الجهد الكهربائي (400 V)؟

.....

.....

هـ. احسب مقدار القوة المؤثرة على الشحنة الكهربائية الموضحة في الشكل ٢–٢ وحدد اتجاهها.



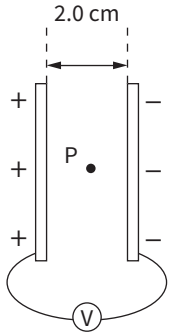
الشكل ٢–٢: للسؤال ٣ هـ. شحنة كهربائية موجبة بين لوحَين متوازيَين.

.....

.....

نشاط ٢-٣ حركة الشحنات في مجال كهربائي

يوضح هذا النشاط أن الشحنات تتحرك في مجال كهربائي معيّن. الجسيم المشحون الذي يتحرك في مجال كهربائي منتظم يشبه كتلة تتحرك في مجال جاذبية منتظم (مثل المقذوف). تذكّر أن قوانين الحركة المعتادة تنطبق على جسيم مشحون يتحرك في مجال كهربائي.



الشكل ٢–٣: للسؤال ١. رسم تخطيطي يوضح بروتونًا موضوعًا في مجال كهربائي منتظم.

١. يوضح الشكل ٢–٣ بروتونًا موضوعًا في مجال كهربائي منتظم بين لوحَين فلزيَّين. القراءة على الڤولتميتر تساوي (240 V).

(كتلة البروتون = 1.67×10^{-27} kg؛ شحنة البروتون = $+1.60 \times 10^{-19}$ C)

أ. احسب شدة المجال الكهربائي بين اللوحَين.

.....

.....

.....

ب. احسب القوة المؤثرة على البروتون.

.....

.....

.....

ج. احسب تسارع البروتون.

.....

.....

.....

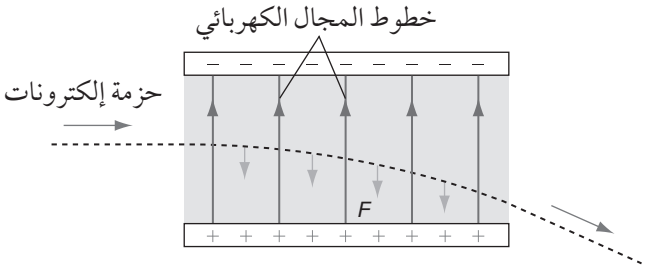
د. يكون البروتون ساكنًا في البداية، صِف كيف سيتحرك ضمن المجال الكهربائي.

.....

.....

.....

٢. يوضح الشكل ٢-٤ مسار حزمة من إلكترونات عندما تدخل أفقيًا مجالًا كهربائيًا منتظمًا:



الشكل ٢-٤: للسؤال ٢. مسار حزمة من الإلكترونات عندما تدخل أفقيًا مجالًا كهربائيًا منتظمًا.

أ. كيف يمكنك أن تعرف من نمط خطوط المجال في الشكل أنه مجال كهربائي منتظم؟ اشرح إجابتك.

.....

.....

.....

ب. لماذا يكون اتجاه الأسهم على خطوط المجال إلى الأعلى؟ اشرح إجابتك.

.....

.....

.....

ج. لماذا تتجه أسهم القوة على الإلكترونات نحو الأسفل؟ (فكّر في شحنة الإلكترون)، واشرح إجابتك.

.....

.....

.....

د. المركّبة الأفقية للسرعة المتجهة للإلكترونات ثابتة. وضّح السبب في ذلك.

.....

.....

.....

مهمّ

في الجزئيات من (د) إلى (و)، يجب أن تتذكر الأفكار المشابهة لحركة مقذوف يتحرك في مجال جاذبية منتظم (الصف الحادي عشر).

هـ. عندما تدخل الإلكترونات ضمن المجال الكهربائي، تكون المركّبة الرأسية لسرعتها المتجهة صفرًا. صِف كيف تتغيّر المركّبة الرأسية للسرعة المتجهة في هذا المجال الكهربائي.

.....

.....

.....

و. تتبع الإلكترونات مسارًا مقوّسًا. صِف شكل هذا المسار المقوّس.

.....

.....

.....

نشاط ٢-٤ المجال الكهربائي حول شحنة كهربائية نقطية

هذا النشاط يوسّع الأفكار حول المجالات الكهربائية ومجالات الجاذبية ليشمل المجالات الكهربائية حول الشحنات الكهربائية النقطية.

ملاحظة: (السماحية الكهربائية للفراغ: $\varepsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}\ \mathrm{F\ m^{-1}}$).

١. في هذا السؤال سوف تسترجع فكرة المجال الكهربائي.

أ. ما المقصود بالمجال الكهربائي؟

.....

.....

.....

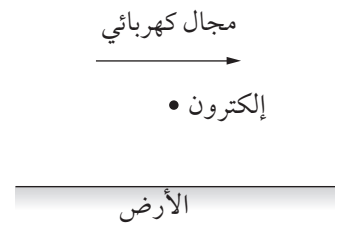
ب. اكتب المعادلة التي تحدد شدة المجال الكهربائي لشحنة نقطية بالكلمات والرموز، وحدّد وحدة كل كمية في المعادلة.

.....

.....

.....

ج. يوضح الشكل ٢–٥ إلكترونًا موضوعًا في مجال كهربائي شدته ($5000\ N\ C^{-1}$). الإلكترون قريب من سطح الأرض حيث شدة مجال الجاذبية: $g = 9.81\ N\ kg^{-1}$.



الشكل ٢–٥: للسؤال ١. إلكترون في مجال كهربائي شدّته ($5000\ N\ C^{-1}$).

١. احسب مقدار القوة الكهربائية المؤثرة على الإلكترون وحدّد اتجاهها (شحنة الإلكترون = $-1.6 \times 10^{-19}\ C$).

.....

.....

.....

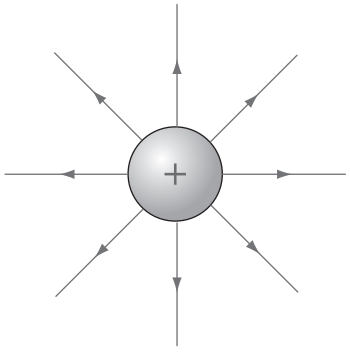
٢. احسب مقدار قوة الجاذبية المؤثرة على الإلكترون وحدّد اتجاهها. (كتلة الإلكترون: $9.11 \times 10^{-31}\ kg$).

.....

.....

.....

٢. كما هي الحال مع أي مجال كهربائي، يمكننا رسم خطوط المجال لتمثيل المجال الكهربائي حول شحنة كهربائية نقطية. يوضح الشكل ٢–٦ المجال الكهربائي حول كرة فلزية موجبة الشحنة:



الشكل ٢–٦: للسؤال ٢. خطوط المجال الكهربائي حول كرة فلزية موجبة الشحنة.

يمكن اعتبار الكرة المشحونة شحنة كهربائية نقطية حيث تتركز هذه الشحنة في مركز الكرة.

أ. ارسم مخططًا مشابهًا لتمثيل المجال الكهربائي حول كرة فلزية ذات شحنة كهربائية سالبة.

ب. تمّ وضع كرتَين فلزيتَين مشحونتَين، قطر كل منهما (10.0 cm)، بحيث يكون هناك فجوة مقدارها (20 cm) بينهما. يمكن اعتبارهما شحنتَين نقطيتَين مفصولتَين بمسافة (d). استنتج قيمة (d).

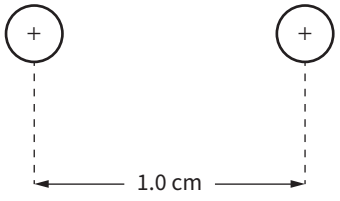
.....

.....

.....

٣. يصف **قانون كولوم** القوة الكهربائية بين شحنتين نقطيتين.

يوضح الشكل ٢–٧ شحنتَين نقطيتين، مقدار كل منهما ($+1.0 \times 10^{-6}$ C) تفصل بين مركزيهما مسافة (1.0 cm):



الشكل ٢–٧: للسؤال ٣. شحنتان نقطيتان، مقدار كل منهما ($+1.0 \times 10^{-6}$ C) المسافة بين مركزيهما (1.0 cm).

أ. أضف أسهمًا إلى الرسم لتمثيل القوة التي تؤثر بها كل شحنة على الأخرى.

مصطلحات علمية

قانون كولوم
Coulomb's law: تؤثر أي شحنتَين نقطيتَين إحداهما على الأخرى بقوة كهربائية تتناسب طرديًا مع حاصل ضرب مقدار الشحنتين وعكسيًا مع مربع المسافة بينهما.

ب. اشرح كيف ينطبق قانون نيوتن الثالث على مقداري القوّتَين واتجاههما.

.....

.....

.....

ج. صِف كيف ستتغيّر القوى إذا تغيّرت قيمة إحدى الشحنتين إلى (-1.0×10^{-6} C).

.....

.....

.....

د. حدّد كيف ستتغير القوة بين الشحنتَين إذا:

١. زادت قيمة كل من الشحنتين إلى الضعف.

.....

.....

.....

٢. زادت المسافة بين الشحنتين إلى الضعف.

.....

.....

٣. انخفضت المسافة بين الشحنتين إلى النصف.

.....

.....

هـ. احسب القوة الكهربائية بين الشحنتين ($+1.0 \times 10^{-6}$ C) عندما تفصل بينهما مسافة (1.0 cm). ($\varepsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}$ F m^{-1})

.....

.....

.....

٤. لحساب شدة المجال الكهربائي بسبب شحنة كهربائية نقطية، يمكننا اعتبار شحنة «اختبارية» مقدارها (+1 C) موضوعة في هذا المجال.

أ. تمّ وضع شحنة مقدارها (+1 C) على مسافة ما من شحنة موجبة (+Q). القوة الكهربائية المؤثرة عليها هي (24 N). احسب شدة المجال الكهربائي عند هذه النقطة وحدّد اتجاهه.

.....

.....

.....

ب. احسب القوة المؤثرة على شحنة مقدارها (–5 C) موضوعة عند النقطة نفسها.

.....

.....

.....

٥. اعتبر أن هناك شحنة نقطية ($+5.0 \times 10^{-6}$ C) بعيدة جدًا عن أي شحنة أخرى.

أ. ارسم مخططًا يوضح خطوط المجال الكهربائي حول الشحنة.

ب. اذكر ما إذا كان المجال الكهربائي المتولّد عن الشحنة الكهربائية منتظمًا. اشرح إجابتك بالرجوع إلى الرسم التخطيطي للمجال الكهربائي.

.....

.....

.....

ج. احسب شدة المجال الكهربائي على مسافة (4.0 cm) من الشحنة.

.....

.....

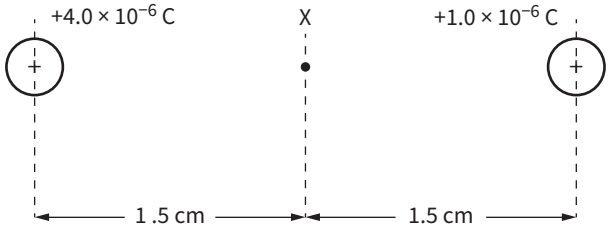
.....

د. ارسم تمثيلًا بيانيًا لتوضيح كيف تعتمد شدة المجال الكهربائي ($\vec{E}$) على المسافة (r) من الشحنة الكهربائية (ليست هناك حاجة إلى تضمين القيم على محاور التمثيل البياني).

٦. عند وجود شحنتين أو أكثر، يمكننا حساب القوة الكهربائية (أو شدة المجال الكهربائي) عن طريق حساب القوة الناتجة عن كل شحنة على حدة وجمعها معًا.

تذكّر أن القوة وشدة المجال الكهربائي كمّيتان متجهتان، لذا من الضروري مراعاة اتجاهاتهما.

يبيّن الشكل ٢–٨ شحنتَين نقطيتَين: ($+4.0 \times 10^{-6}$ C) و ($+1.0 \times 10^{-6}$ C) تفصل بين مركزيهما مسافة (3.0 cm):



الشكل ٢–٨: للسؤال ٦. شحنتان نقطيتان بينهما مسافة معيّنة.

أ. افترض شحنة «اختبار» موجبة موضوعة عند النقطة X، يتم دفعها من قبل كلتا الشحنتَين. أيّ من الشحنتَين ستؤثر عليها بقوة أكبر؟ اشرح إجابتك.

.....

.....

.....

ب. حدّد اتجاه القوة الكهربائية المحصلة والمؤثرة على الشحنة الاختبارية الموضوعة عند X.

.....

.....

.....

ج. اقترح نقطة يمكن وضع الشحنة الاختبارية عندها بحيث تكون القوة الكهربائية المحصلة المؤثرة عليها تساوي الصفر. برر إجابتك.

.....

.....

.....

نشاط ٢-٥ الجهد الكهربائي

يجب القيام بشغل لنقل شحنة كهربائية ما إلى **جهد كهربائي** أعلى، يمكن تحويل هذه الطاقة إلى أشكال أخرى عندما يتم إرجاع الشحنة إلى نقطة البداية؛ وهذا ما يحدث في الدائرة الكهربائية عندما تتحرك الشحنات من الطرف الموجب إلى السالب لمصدر الجهد الكهربائي. ستتدرب في هذا النشاط على حساب القوى الكهربائية، والشغل المبذول والجهد الكهربائي.

مصطلحات علمية

الجهد الكهربائي

Electric potential:
الجهد الكهربائي عند نقطة ما يساوي الشغل المبذول لكل وحدة شحنة كهربائية لنقل وحدة شحنة كهربائية موجبة من اللانهاية إلى تلك النقطة.

١. في هذا السؤال سيتم مقارنة الحركة في مجالَي الجاذبية والكهرباء. انظر إلى الرسمَين في الشكل ٢–٩:

الشكل ٢–٩: للسؤال ١. (أ) رفع حمولة ثقيلة من الأرض من النقطة A إلى النقطة B. (ب) دفع شحنة كهربائية موجبة (+20 C) من النقطة C إلى النقطة D خلال فرق جهد كهربائي مقداره (2.0 V).

أ. في الرسم (أ) يتم رفع حمولة ثقيلة عن سطح الأرض عند النقطة A، إذا كانت كتلة الحمولة (20 kg)، فما مقدار الزيادة في طاقة وضع الجاذبية للحمولة عند رفعها إلى النقطة B التي تقع على ارتفاع (2.0 m) فوق سطح الأرض؟ اذكر الفرق في جهد الجاذبية بين A و B (علمًا بأن شدة مجال الجاذبية: $g = 9.81\ \text{N kg}^{-1}$).

.....

.....

.....

ب. في الرسم (ب) يتم دفع شحنة موجبة (+20 C) من النقطة C إلى النقطة D بتطبيق فرق جهد كهربائي مقداره (2.0 V). صِف كيف يمكنك أن تعرف من الرسم أنه يجب القيام بشغل لتحقيق ذلك.

.....

.....

.....

ج. احسب الزيادة في طاقة الوضع الكهربائية عند دفع الشحنة الكهربائية (+20 C) من النقطة C إلى النقطة D.

.....

.....

.....

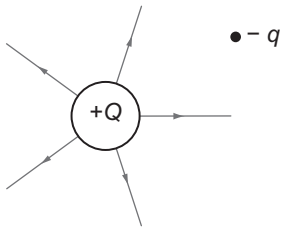
د. استنتج التغير في طاقة الوضع الكهربائية لشحنة كهربائية سالبة مقدارها (20 C–) إذا تحركت من النقطة C إلى النقطة D. اشرح إجابتك.

.....

.....

.....

٢. يتعلق هذا السؤال بالجهد الكهربائي بالقرب من شحنة كهربائية نقطية.
يوضح الرسم في الشكل ٢–١٠ خطوط المجال الكهربائي حول شحنة نقطية موجبة (Q+). وقد وُضعت شحنة نقطية أخرى سالبة (q–) بالقرب منها:



الشكل ٢–١٠: للسؤال ٢. خطوط المجال الكهربائي حول شحنة نقطية Q+. تمّ وضع شحنة نقطية سالبة q– بالقرب منها.

أ. اذكر ما إذا كانت الشحنتان الكهربائيتان تتجاذبان أم تتنافران. اشرح إجابتك.

.....

.....

.....

ب. تمّ نقل الشحنة النقطية (q–) بعيدًا عن (Q+). اذكر ما إذا كان قد تمّ بذل شغل ما أم تحرير طاقة. اشرح إجابتك.

.....

.....

.....

ج. إذا كان مقدار الشحنة الموجبة (Q+ = 0.010 C)، فاحسب الجهد الكهربائي على مسافة (0.010 m) منها.

.....

.....

.....

د. إذا كان مقدار الشحنة السالبة ($q = -0.0050\ C$)، فاحسب طاقة وضعها الكهربائية على مسافة ($0.010\ m$) من ($+Q$).

.....

.....

.....

الاستقصاءات العملية

استقصاء عملي ٢-١: التحقق من معادلة الجهد الكهربائي

أهداف الاستقصاء العملي

- جمع الملاحظات والقياسات والتقديرات وتسجيلها وتقديمها.
- تحليل البيانات الناتجة من التجارب للوصول إلى استنتاجات وتفسيرها.

في هذا الاستقصاء العملي سوف تستفيد من محاكاة مجال كهربائي لأخذ قياسات الجهد الكهربائي على مسافات مختلفة من شحنة اختبار كهربائية نقطية.

ابحث في الشبكة العالمية للمعلومات والاتصالات الدولية (الإنترنت) عن:

"PhET charges and fields simulation"

أو استخدم الموقع:

https://phet.colorado.edu/sims/html/charges-and-fields/latest/charges-and-fields_en.html

الطريقة

١. تأكد من أن جميع المربعات الموجودة على يمين الشاشة غير محدّدة.

٢. ضع شحنة الاختبار الكهربائية (1nC) الموجبة على الجانب الأيسر من الشاشة.

٣. باستخدام الڤولتميتر وشريط القياس، قم بقياس الجهد الكهربائي (V) على مسافة (r) من شحنة الاختبار.

٤. غيّر المسافة وكرر الخطوة ٣ حتى تحصل على ستّ قيم مختلفة للجهد الكهربائي.

٥. سجّل نتائجك في جدول تسجيل النتائج ٢-١.

مهمّ

يؤدي النقر على أداة القلم على الڤولتميتر إلى رسم خط متساوي الجهد الكهربائي عند هذه النقطة، الأمر الذي يجعل قياس المسافة أسهل.

النتائج

r (cm)	V (V)	

الجدول ٢-١: جدول تسجيل النتائج.

التحليل والاستنتاج والتقييم

أ. احسب قيم $\frac{1}{r}$ وأضفها إلى جدول تسجيل النتائج ٢-١. قم بتضمين عنوان مناسب لهذا العمود في الجدول ٢-١.

ب. ارسم على ورقة الرسم البياني تمثيلًا بيانيًا لـ (V) V على المحور الصادي (y) مقابل $\frac{1}{r}$ على المحور السيني (x).

ج. الجهد الكهربائي (V) مرتبط بالمسافة (r) من خلال المعادلة: $V = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r}$

اشرح ما إذا كان التمثيل البياني يدعم هذه العلاقة.

.....

.....

.....

د. احسب ميل منحنى التمثيل البياني. أعطِ وحدة الميل.

الميل = ... الوحدة = ...

هـ. استخدم قيمة الميل لحساب السماحية الكهربائية للفراغ (ε_0).

ε_0 = ... $F\ m^{-1}$

أسئلة نهاية الوحدة

شدة مجال الجاذبية $g = 9.81\ \text{N kg}^{-1}$

الشحنة الكهربائية للإلكترون $e = 1.60 \times 10^{-19}\ \text{C}$

أفعال إجرائية

عرّف Define: أعطِ معنًى دقيقًا.

١. أ. ما المقصود بالمجال الكهربائي؟

ب. **عرّف** شدة المجال الكهربائي.

ج. يوضح الشكل ٢–١١ جسيمًا مشحونًا كتلته ($1.0 \times 10^{-6}\ \text{kg}$) وشحنته ($-4.5 \times 10^{-9}\ \text{C}$) موضوعًا في مجال كهربائي شدته ($2500\ \text{N C}^{-1}$) واتجاهه من اليسار إلى اليمين:

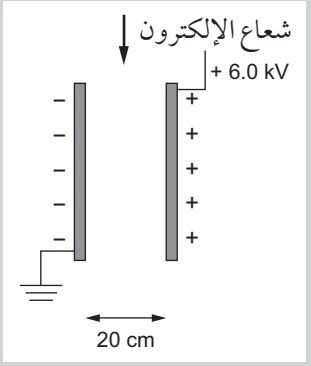
الشكل ٢–١١

١. احسب القوة الكهربائية المؤثرة على الجسيم.

٢. احسب قوة الجاذبية المؤثرة على الجسيم.

٣. ارسم مخططًا لتمثيل القوّتَين المؤثرتين على الجسيم. أضف سهمًا إلى الرسم التخطيطي لإظهار الاتجاه التقريبي للقوة المحصلة على الجسيم.

٢. يوضح الشكل ٢–١٢ لوحَين فلزيَّين متوازيَين بينهما فرق جهد كهربائي، وحزمة من الإلكترونات تتجه إلى الأسفل على وشك أن تدخل الحيّز بين اللوحَين، كما هو موضح:



الشكل ٢–١٢

تابع

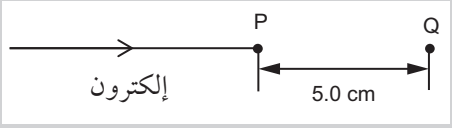
أ. احسب شدة المجال الكهربائي بين اللوحَين.

ب. احسب مقدار القوة الكهربائية المؤثرة على إلكترون واحد في المجال الكهربائي بين اللوحَين، وحدّد اتجاهها.

ج. انسخ الشكل وأضف خطوط المجال الكهربائي لتمثيل المجال بين اللوحَين.

د. أظهر مسار حزمة الإلكترونات أثناء مرورها بين اللوحَين وبعد خروجها من بين اللوحَين.

٣. يتحرك إلكترون نحو اليمين في خط مستقيم بسرعة ثابتة ($2.0 \times 10^{7}\ m\ s^{-1}$) كما في الشكل ٢–١٣. يدخل الإلكترون إلى منطقة مجال كهربائي منتظم عند النقطة P ويتوقف عند النقطة Q. المسافة PQ مقدارها (5.0 cm). كتلة الإلكترون تساوي (9.11×10^{-31} kg).



الشكل ٢–١٣

أ. ١. اذكر اتجاه المجال الكهربائي.

٢. صِف كيف يمكن توليد مجال كهربائي منتظم.

ب. احسب مقدار تباطؤ الإلكترون.

ج. احسب شدة المجال الكهربائي.

د. صِف حركة الإلكترون بعد وصوله إلى النقطة Q.

٤. أ. اذكر نصّ قانون كولوم.

ب. في ذرّة كربون، يدور الإلكترون (شحنته $e = -1.6 \times 10^{-19}$ C) في مدار حول نواة الذرّة (شحنتها $+6e$)، ويبلغ قطر المدار (1.4×10^{-10} m).

١. احسب مقدار القوة الكهربائية المؤثرة على الإلكترون بسبب النواة.

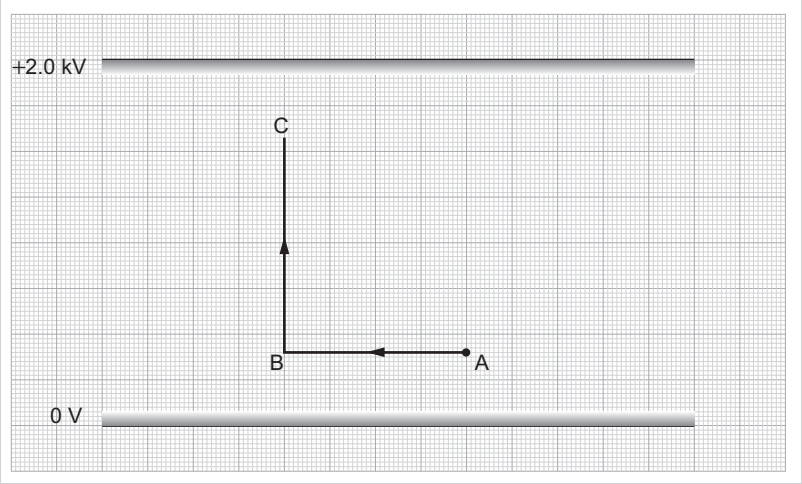
٢. ما مقدار القوة الكهربائية التي يؤثر بها الإلكترون على النواة؟

٣. ينتقل الإلكترون إلى مدار بقطر أكبر. اشرح ما إذا كانت طاقة الوضع الكهربائية للإلكترون ستزداد أم ستنخفض.

تابع

٥. **أ.** ما المقصود بالجهد الكهربائي عند نقطة ما؟

ب. يوضح الشكل ٢-١٤ لوحَين فلزيَّين متوازيَين تفصل بينهما مسافة (8.0 cm). اللوح العلوي متصل بجهد كهربائي (+2.0 kV)، واللوح السفلي متصل بالأرض بحيث يكون جهده الكهربائي (0 V).



الشكل ٢-١٤

١. احسب الشغل المبذول في نقل إلكترون واحد (شحنته e) من اللوح العلوي إلى اللوح السفلي ($e = -1.6 \times 10^{-19}$ C).

٢. ارسم تمثيلًا بيانيًا لتوضيح كيف يختلف الجهد الكهربائي باختلاف المسافة بين اللوحَين.

٣. احسب شدة المجال الكهربائي بين اللوحَين.

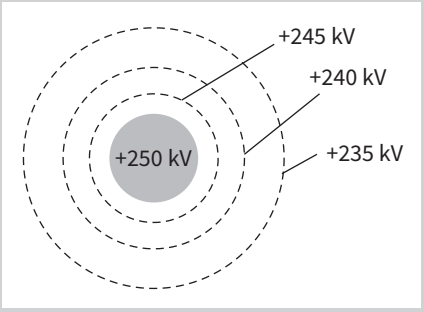
٤. يتحرك إلكترون على طول المسار ABC الموضح في الشكل ٢-١٤. حدّد الشغل الكهربائي المبذول في تحريك الإلكترون على طول المسار ABC. علمًا بأن طول المسارَين: (AB = 4.0 cm) و (BC = 5.0 cm).

مهمّ

تحتاج إلى حساب فرق الجهد بين نقطتين مع العلم أن اللوحين تفصل بينهما مسافة (8.0 cm).

تابع

٦. يوضح الشكل ٢–١٥ ثلاثة أسطح متساوية الجهد حول سلك (كابل) إرسال (250 kV). (السطح المتساوي الجهد الكهربائي هو سطح حيث يكون لكل النقاط فيه الجهد الكهربائي نفسه).



الشكل ٢–١٥

أ. على نسخة من الشكل، ارسم نمط المجال الكهربائي الناتج عن الشحنة على سلك (كابل) النقل. أظهر اتجاه المجال الكهربائي.

ب. اذكر واشرح كيف يوضح الشكل أن شدة المجال الكهربائي أكبر بالقرب من سلك (كابل) النقل.

ج. قدّر قيمة شدة المجال الكهربائي على سطح السلك إذا كانت المسافة بين سطح السلك (الكابل) وبين السطح متساوي الجهد الكهربائي (245 kV) هي (8.0 mm).

مهمّ

استخدم الفكرة في المعادلة:

$$\vec{E} = \frac{\Delta V}{\Delta d}$$

الدوائر الكهربائية Electrical circuits

أهداف التعلّم

٣-١ يذكر أن التيار الكهربائي هو تدفق لحاملات شحنة كهربائية مكمّمة.

٣-٢ يستخدم المعادلتَين: $Q = It$ و $I = Anvq$ المتعلقتَين بموصل حامل لتيار كهربائي.

٣-٣ يعرّف فرق الجهد الكهربائي عبر أي مكوِّن على أنه الطاقة المنقولة لكل وحدة شحنة ويستخدم المعادلة: $V = \frac{W}{Q}$.

٣-٤ يستخدم المعادلة: $R = \frac{\rho L}{A}$.

٣-٥ يذكر القانون الأول لكيرشوف ويشرح أنه نتيجة لقانون حفظ الشحنة الكهربائية.

٣-٦ يذكر القانون الثاني لكيرشوف ويشرح أنه نتيجة لقانون حفظ الطاقة.

٣-٧ يستخدم قانونَي كيرشوف لحل مسائل الدائرة الكهربائية.

٣-٨ يصف تأثيرات المقاومة الداخلية لمصدر قوة دافعة كهربائية على فرق الجهد الكهربائي بين طرفيه.

٣-٩ يصف مبدأ عمل دائرة مجزئ الجهد ويستخدمه.

٣-١٠ يذكر مبدأ عمل مقياس الجهد كوسيلة لمقارنة فروق الجهد ويستخدمه.

٣-١١ يصف استخدام الجلفانوميتر بالطرق الصفرية (انعدام شدة التيار).

الشحنة الكهربائية = شدة التيار الكهربائي × الزمن

$Q = It$

فرق الجهد الكهربائي = شدة التيار الكهربائي × المقاومة

$V = IR$

الطاقة الكهربائية = الشحنة الكهربائية × فرق الجهد الكهربائي

$E = QV$

الطاقة (أو الطاقة المنقولة) = فرق الجهد الكهربائي × شدة التيار الكهربائي × الزمن

$E = VIt$

شدة التيار الكهربائي = مساحة مقطع السلك × الكثافة العددية × متوسط السرعة المتجهة الانجرافية × الشحنة الكهربائية

$I = Anvq$

$$\text{المقاومة} = \frac{\text{المقاومة النوعية} \times \text{طول السلك}}{\text{مساحة مقطع العرضي للسلك}}$$

$R = \frac{\rho L}{A}$

قانون كيرشوف الأول: $\Sigma I_{in} = \Sigma I_{out}$ (حيث Σ تعني «مجموع»)

قانون كيرشوف الثاني : $\Sigma \varepsilon = \Sigma IR$ (حيث Σ تعني «مجموع»)

المقاومة المكافئة لمجموعة المقاومات الموصلة على التوالي: $R_T = R_1 + R_2 + R_3 + ...$

المقاومة المكافئة لمجموعة المقاومات الموصلة على التوازي: $\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + ...$

المقاومة الداخلية: $r = \frac{\varepsilon - V}{I}$

$\varepsilon = I(R + r)$

$V_{out} = \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) \times V_{out}$

في مقياس الجهد الكهربائي عند الاتزان: $\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} = \frac{\text{طول السلك للخلية 1}}{\text{طول السلك للخلية 2}}$

الأنشطة

نشاط ٣-١ المقاومة، وفرق الجهد الكهربائي، والقوة الدافعة الكهربائية

يمكن استخدام هذا النشاط لمراجعة ما تعلمته في الصفوف السابقة الأمر الذي يساعدك على فهم واستخدام التعريفات الأساسية ووحدات قياسها.

مصطلحات علمية

فرق الجهد الكهربائي (p.d.): فرق الجهد الكهربائي (*V*) بين نقطتَين A و B، هو الطاقة المنقولة لكل وحدة شحنة في أثناء انتقالها من النقطة A إلى النقطة B.

القوة الدافعة الكهربائية (emf): الطاقة المنقولة لكل وحدة شحنة لدفع الشحنة الكهربائية في الدائرة الكاملة.

١. **أ.** اذكر أحد أوجه التشابه بين **فرق الجهد الكهربائي** و**القوة الدافعة الكهربائية**.

.....

ب. اذكر فرقًا واحدًا بين فرق الجهد الكهربائي والقوة الدافعة الكهربائية.

.....

٢. صِل كل كميّة في العمود الأيمن بوحدة القياس المناسبة لها في العمود الأيسر:

القوة الدافعة الكهربائية	A s
الشحنة الكهربائية	$V A^{-1}$
المقاومة	$J C^{-1}$
القدرة الكهربائية	$J s^{-1}$

٣. اذكر المصطلح العلمي لكل مما يأتي:

أ. «كمية الطاقة المنقولة من مصدر ما إلى طاقة كهربائية لكل وحدة شحنة كهربائية».

.....

ب . «كمية الطاقة المنقولة من الطاقة الكهربائية إلى طاقة حرارية لكل وحدة شحنة كهربائية».

.....

ج. «معدل تدفق الشحنة الكهربائية عبر نقطة في دائرة».

.....

د. «جول واحد من الطاقة لكل كولوم من الشحنة».

.....

هـ. «فولت لكل أمبير».

.....

٤. لديك الكمّيات الكهربائية الأربع الآتية:

الشحنة الكهربائية – شدة التيار الكهربائي – فرق الجهد الكهربائي – المقاومة

حدّد أيّ كمية من الكميات في هذه القائمة تنطبق عليها العبارة المناسبة مما يأتي:

أ. يمكن قياسها بالجول لكل كولوم.

.....

ب. تساوي حاصل ضرب كمّيتَين أخريَين في القائمة.

.....

ج. تساوي معدل التغير لكمية أخرى في القائمة.

.....

د. كمية أساسية في النظام الدولي للوحدات (SI).

.....

هـ. كمية **مكمّمة** (مقدارها يساوي فقط مضاعفات من قيمة معيّنة).

.....

مصطلحات علمية

مكمّمة quantised:
يُقال إن الكميّة مكمّمة عندما يكون لها حد أدنى من المقدار وتكون دائمًا بمضاعفات من هذا المقدار.

٥. بيّن أنّ وحدة القياس (Ω) تكافئ ($J\ s\ C^{-2}$).

.....

.....

.....

٦. أربع خلايا كهربائية لكل منها قوة دافعة كهربائية (1.5 V)، وكل واحدة منها موصلة مع الأخرى بحيث تكوّن معًا بطارية (3.0 V) موصلة مع مصباح ذو فتيل ومفتاح. ارسم مخطط الدائرة الكهربائية، تأكد من استخدام جميع الخلايا الكهربائية الأربع مع العلم أن إجمالي القوة الدافعة الكهربائية للبطارية تساوي فقط (3.0 V).

٧. لديك مقاومة، ومصدر جهد كهربائي، وأميتر، وڤولتميتر.

أ. اذكر القياسات التي يجب إجراؤها للحصول على مقدار **المقاومة**.

.....

ب. ارسم مخطط دائرة كهربائية لأداء التجربة.

مصطلحات علمية

المقاومة Resistance: نسبة فرق الجهد الكهربائي بين طرفَي مكوّن كهربائي إلى شدة التيار الكهربائي في المكوّن.

ج. اذكر ما إذا وجب أن تكون مقاومة كل من الڤولتميتر والأميتر المستخدمَين في دائرتك منخفضة أم عالية. مقدار المقاومة المستخدمة هي ما يقارب بضعة أومات.

.....

.....

د. لماذا يجب أن يكون للڤولتميتر قيمة المقاومة التي اخترتها في الجزئية (ج)؟ اشرح إجابتك.

.....

.....

.....

٨. شدة التيار الكهربائي المار في مقاومة ما تساوي (0.80 A) عندما يكون فرق الجهد بين طرفَيها (12 V).

أ. احسب مقدار المقاومة.

.....

.....

.....

ب. احسب فرق الجهد الكهربائي اللازم لإنتاج تيار كهربائي شدته (1.2 A).

.....

.....

.....

نشاط ٣-٢ التيار الكهربائي والشحنة الكهربائية

يمنحك هذا النشاط تدريبًا على حساب شدة التيار الكهربائي ومقدار الشحنة الكهربائية.

غالبًا ما تُقاس شدة التيار الكهربائي بالـ mA (10^{-3} A) وبالـ μA (10^{-6} A). تحتاج إلى استخدام الأسّ الصحيح للرقم 10 مع البادئة الواردة في السؤال. قد تتضمن بعض المعادلات الزمن والذي يجب قياسه بالثواني. ستحتاج إلى استخدام **الشحنة الكهربائية الأولية**: $e = -1.6 \times 10^{-19}$ C. شحنة الإلكترون هي (e).

مصطلحات علمية

الشحنة الكهربائية الأولية Elementary charge: أصغر وحدة شحنة يمكن أن يمتلكها جسيم أو جسم ما، $e = 1.6 \times 10^{-19}$ C.

١. ما الفرق بين اتجاه تدفق الإلكترونات في دائرة كهربائية ما واتجاه التيار الاصطلاحي؟

.....

.....

٢. أ. اشرح المقصود بشدة التيار الكهربائي في موصل ما.

.....

.....

ب. الشحنة الكهربائية التي تمر عبر مثقاب كهربائي في كل دقيقة هي (360 C). احسب شدة التيار الكهربائي.

.....

.....

ج. تيار كهربائي شدته (250 μA) يمر عبر مصباح ما لمدة ثلاث دقائق. احسب الشحنة الكهربائية التي تدفقت عبر المصباح خلال هذا الزمن.

.....

.....

مهمّ

تأكّد من أنك تعرف البادئات الميكرو μ (10^{-6}) والملّي m (10^{-3}).

٣. تيار كهربائي شدته (5.0 mA) يتدفق عبر مقاومة لمدة 12 دقيقة.

أ. احسب مقدار الشحنة الكهربائية التي تمرّ عبر المقاومة خلال هذا الزمن.

.....

.....

ب. احسب عدد الإلكترونات التي تتدفق عبر المقاومة خلال هذا الزمن.

.....

.....

ج. احسب الزمن اللازم لمرور شحنة كهربائية مقدارها (2.0 C) عبر المقاومة.

.....

.....

٤. يقطع 100 إلكترون نقطة معيّنة في سلك ما خلال زمن مقداره (5.0×10^{-9} s).

أ. احسب الشحنة الكهربائية التي اجتازت النقطة خلال هذا الزمن.

.....

.....

ب. احسب شدة التيار الكهربائي في السلك.

.....

.....

ج. اشرح: لماذا تكون الشحنة الكهربائية التي اجتازت النقطة مساوية لمضاعفات الشحنة (1.6×10^{-19} C)؟

.....

.....

٥. احسب عدد الإلكترونات في حزمة من الإلكترونات تصطدم بشاشة راسم الاهتزازات كل ثانية عندما تكون شدة تيار الحزمة (1.0 mA).

.....

.....

نشاط ٣-٣ حاملات الشحنات الكهربائية

في هذا النشاط سيتعيّن عليك التفكير في المعادلة $I = nAvq$ واستخدامها، حيث أن الشحنة الكهربائية الأولية $e = 1.6 \times 10^{-19}$ C هي قيمة (q).

١. يتم إعطاء شدة التيار الكهربائي (I) في موصل فلزي ما ذي مقطع عرضي مساحته (A) بالصيغة $I = nAvq$.

أ. ما دلالة الرموز (n) و (q) و (v)؟

.....

.....

ب. باستخدام الرموز (n) و (A) و (v) و (q) جِد:

١. عدد **حاملات الشحنة الكهربائية** في سلك بطول (l).

.....

.....

٢. إجمالي الشحنة الكهربائية على جميع حاملات الشحنة الكهربائية في السلك.

.....

.....

٣. الزمن الذي تستغرقه حاملات الشحنة الكهربائية في السلك للانتقال من طرف إلى آخر.

.....

.....

٤. شدة التيار الكهربائي في السلك.

.....

.....

ج. قطعة من فلز وقطعة من عازل بلاستيكي لكل منهما الأبعاد نفسها وفرق الجهد نفسه بين طرفَيهما. اشرح كيف تؤثر القيم النسبية لـ (n) للفلز وللبلاستيك على شدة التيار الكهربائي في كل منهما.

.....

.....

.....

مصطلحات علمية

حامل الشحنة الكهربائية Charge carrier: جسيم مشحون يُسهم في التيار الكهربائي؛ وقد يكون هذا الجسيم إلكترونًا أو بروتونًا أو أيونًا.

٢. قم بتسمية حاملات الشحنة الكهربائية المسؤولة عن شدة التيار الكهربائي في:

أ. فلز ما.

.....

ب. محلول ملحي موصل للكهرباء.

.....

٣. عندما يتدفق تيار كهربائي شدته (2.0 A) عبر قطعة من سلك مساحة مقطعه العرضي ($1.0 \times 10^{-6}\ m^2$)، فإن **متوسط السرعة المتجهة الانجرافية** للإلكترونات هي ($2.5 \times 10^{-4}\ m\ s^{-1}$).

مصطلحات علمية

متوسط السرعة المتجهة الانجرافية Mean drift velocity: متوسط سرعة مجموعة من الجسيمات المشحونة عند مرور تيار كهربائي في موصل.

أ. احسب عدد الإلكترونات الحرة لكل وحدة حجم من المادة. كن دقيقًا في إعطاء وحدة (*n*) بشكل صحيح.

.....

.....

ب. اذكر ما سيحدث للسرعة المتجهة الانجرافية إذا انخفضت شدة التيار الكهربائي إلى النصف.

.....

.....

ج. اذكر ما سيحدث للسرعة المتجهة الانجرافية إذا تضاعف قطر السلك ولم تتغير شدة التيار الكهربائي (فكّر في ما سيحدث للمساحة إذا تضاعف القطر).

.....

.....

٤. سلك من الألمنيوم مساحة مقطعه العرضي ($1.2 \times 10^{-6}\ m^2$) وطوله (5.0 m) يحتوي على (3.6×10^{23}) ذرّة، حيث تُسهم كل ذرّة بثلاثة إلكترونات حرة في السلك.

أ. احسب عدد الإلكترونات الحرة لكل وحدة حجم في سلك الألمنيوم.

.....

.....

ب. إذا كان السلك يحمل تيارًا كهربائيًا شدته (5.0 A)، فاحسب متوسط السرعة المتجهة الانجرافية للإلكترونات.

.....

.....

٥. سلك مساحة مقطعه العرضي ($1.8 \times 10^{-7}\ m^2$) يحتوي على (8.0×10^{28}) إلكترونًا حرًا لكل m^3. متوسط السرعة المتجهة الانجرافية للإلكترونات في السلك هو ($8.7 \times 10^{-4}\ m\ s^{-1}$).

أ. احسب شدة التيار الكهربائي المارّ في السلك.

.....

.....

ب. احسب الزمن الذي يستغرقه إلكترون حرّ في السلك للانتقال من طرف إلى آخر إذا كان طول السلك (5.0 m).

.....

ج. احسب عدد الإلكترونات الحرة في السلك.

.....

د. ينقل السلك تيارًا كهربائيًّا إلى محرك كهربائي. اشرح سبب عدم وجود تأخير زمني في بدء تشغيل المحرك عند مرور التيار الكهربائي.

.....

.....

٦. سلكان P و Q مصنوعان من المادة نفسها لكن بقطرَين مختلفَين تمّ توصيلهما على التوالي مع مصدر جهد كهربائي.

أ. أيّ من الكميات في المعادلة $I = nAvq$ تكون هي نفسها لكِلا السلكَين؟

.....

ب. مساحة المقطع العرضي لـ P هي ضعف مساحة المقطع العرضي لـ Q. احسب النسبة $(v_P) : (v_Q)$.

.....

نشاط ٣-٤ المقاومة النوعية والمقاومة: الأساسيات

يساعدك هذا النشاط على التفكير في العلاقة بين المقاومة والطول والمساحة، والاختلاف بين المقاومة **والمقاومة النوعية**. يمكن إجراء بعض الحسابات البسيطة فقط من خلال معرفة أن المقاومة تتناسب طرديًا مع الطول ولكنها تتناسب عكسيًا مع مساحة المقطع العرضي. لمساعدتك في استخدام الوحدة الصحيحة للمقاومة النوعية ووحدات الكميات الكهربائية الأخرى، سوف تتدرّب على تحويل الوحدات إلى وحدات النظام الدولي الأساسية.

مصطلحات علمية

المقاومة النوعية Resistivity: خاصية للمادة وهي مقياس لمقاومتها الكهربائية المعرّفة بالمعادلة: $\rho = \frac{RA}{L}$.

١. أ. اكتب المعادلة اللفظية التي تعرّف المقاومة النوعية لمادة ما.

.....

ب. اشرح الفرق بين المقاومة والمقاومة النوعية.

.....

.....

ج. لماذا تعتبر المقاومة النوعية خاصية للمادة التي يتكوّن منها السلك في حين أن المقاومة لكل وحدة طول من سلك ما ليست كذلك؟ اشرح إجابتك.

.....

.....

.....

٢. يكتب طالب بصورة خاطئة وحدة المقاومة النوعية على أنها Ω/m.

أ. اذكر وحدة (SI) الصحيحة للمقاومة النوعية.

.....

مهمّ

قم أولًا بتغيير V إلى $J\,C^{-1}$، ثم استخدم $C = A\,s$، وأخيرًا استخدم $J = N\,m$ و $N = kg\,m\,s^{-2}$.

ب. عبّر عن وحدة قياس المقاومة النوعية بدلالة الوحدات في نظام الـ (SI): V و A و m (تحتاج لتغيير Ω إلى وحدة بدلالة كل من V و A).

.....

ج. عبّر عن وحدة المقاومة النوعية بدلالة الوحدات الأساسية للنظام الدولي للوحدات kg و m و s و A.

.....

٣. صِف طريقة لتحدد بشكل مضبوط المقاومة النوعية لسلك فلزي باستخدام الأدوات والأجهزة الآتية: بطارية ومفتاح ومقاومة متغيرة وأميتر وڤولتميتر.
يجب أن تتضمن طريقتك قراءات لأطوال مختلفة، ورسم تمثيل بياني واستخدام ميل المنحنى.
يجب أن يتضمن وصفك ما يلي:

- رسم تخطيطي للدائرة الكهربائية.
- الكمّيات التي سيتم قياسها والأدوات المستخدمة.
- رسم التمثيل البياني.
- كيفية استخدام الميل.
- القياس الذي يحتمل أن يكون له أكبر نسبة عدم يقين إذا تمّ استخدام جهاز المدرسة العادي وسلك رفيع.
- إجراء احترازي لجعل درجة حرارة السلك ثابتة لجميع القراءات وإجراء آخر لزيادة ضبط النتيجة.

.....

.....

.....

مهمّ

يمكن إجراء هذه الحسابات ببساطة باستخدام فكرة أن المقاومة تتناسب طرديًا مع طول السلك، وعكسيًا مع مساحة المقطع العرضي له.

٤. لديك سلك طوله (20 m) ومساحة مقطعه العرضي (10^{-8} m^2) ومقاومته (200 Ω)، والعديد من الأسلاك الأخرى مصنوعة من المادة نفسها ولكن بأبعاد مختلفة. في كل حالة مما يأتي، احسب مقاومة السلك.

أ. الطول = 40 m، مساحة المقطع العرضي = 10^{-8} m^2

.....

.....

ب. الطول = 20 m، مساحة المقطع العرضي = 2×10^{-8} m^2

.....

.....

ج. الطول = 100 m، مساحة المقطع العرضي = 5×10^{-8} m^2

.....

.....

٥. احسب المقاومة النوعية لسلك طويل مقاومته (60 Ω) ومساحة مقطعه العرضي (2.0×10^{-8} m^2) وطوله (20 m).

.....

.....

٦. احسب طول سلك مقاومته (1000 Ω) إذا كانت مساحة مقطعه العرضي (1.0×10^{-8} m^2)، وكانت المقاومة النوعية للمادة (1.0×10^{-6} Ω m).

.....

.....

٧. سلك طوله (2.0 m) ومقاومته (50 Ω).

أ. احسب مساحة المقطع العرضي للسلك إذا كان مصنوعًا من مادة مقاومتها النوعية (5×10^{-7} Ω m).

.....

.....

ب. احسب نصف قطر السلك.

.....

.....

نشاط ٣-٥ المقاومة النوعية والمقاومة: مسائل متقدمة

يمنحك هذا النشاط تدريبًا في التعامل مع بعض الأمثلة الصعبة حيث يتعيّن عليك استخدام المعادلة: $R = \frac{\rho L}{A}$.

الكميات ليست جميعها بالوحدات الدولية – على سبيل المثال المقاومة النوعية بوحدة Ω m والطول بالـ cm – لذا تأكّد من تحويلها بحيث تكون متجانسة.

١. القلب الأسطواني لقلم رصاص مصنوع من مادة مقاومتها النوعية (5.0×10^{-3} Ω m). يبلغ طول القلب الأسطواني (15 cm) وقطره (0.20 cm).

أ. احسب مقاومة القلب الأسطواني (بما أن المقاومة النوعية معطاة بوحدة Ω m، استخدم وحدة المتر، وحوّل الطول والقطر بوحدة متر قبل استخدام المعادلة).

.....

.....

ب. حدّد كيفية استخدام مقاومة القلب الأسطواني للحصول على سمك (t) لخطٍ عرضه (w) وطوله (l) مرسومًا بواسطة قلم رصاص على قطعة من الورق (استخدم قلم رصاص ذا خط رفيع. اكتب المعادلات باستخدام (w) و (t) بدلًا من (A) وأعد ترتيب المعادلات لإيجاد (t)).

.....

.....

٢. يتم تحويل عيّنة من معجون موصّل إلى أسطوانة طولها (8 cm)، ونصف قطرها (1.5 cm)، والمقاومة النوعية للمعجون تساوي (4.0×10^{-3} Ω m).

أ. احسب مقاومة الأسطوانة.

.....

.....

ب. يتم تحويل عيّنة المعجون لأسطوانة قطرها يساوي نصف القطر السابق، وطولها يساوي أربعة أضعاف الطول السابق. احسب مقدار المقاومة في هذه الحالة.

.....

.....

٣. سلك مصنوع من القصدير مساحة مقطعه العرضي ($7.8 \times 10^{-8}\ m^2$)، والمقاومة النوعية للقصدير ($1.2 \times 10^{-7}\ \Omega\ m$).

أ. احسب الحد الأدنى لطول السلك اللازم حتى تكون شدة التيار الكهربائي في السلك أصغر من (3.0 A) عندما يكون فرق الجهد الكهربائي بين طرفَي السلك (2.0 V).

.....

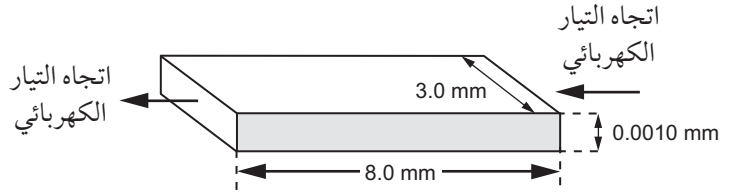
.....

ب. سلك آخر مصنوع من القصدير له حجم السلك الأول نفسه ولكنه أطول، وله فرق الجهد الكهربائي بين طرفَي السلك الآخر أيضًا (2.0 V). أكمل الجدول ٣–١ موضحًا ما إذا كانت الكميّة المحددة أصغر أم أكبر أم مساوية بالنسبة إلى السلك الأول:

الكميّة	الكمية بالنسبة إلى السلك الأول:
مساحة المقطع العرضي	
المقاومة	
المقاومة النوعية	
شدة التيار الكهربائي	
القدرة الناتجة	

الجدول ٣–١: للسؤال ٣ ب.

٤. يوضح الشكل ٣–١ غشاءً رقيقًا من الكربون يستخدم كمقاومة:



الشكل ٣–١: للسؤال ٤. غشاء رقيق من الكربون يُستخدم كمقاومة.

أ. إذا علمت أن المقاومة النوعية للكربون تساوي ($5.0 \times 10^{-6}\ \Omega\ m$)، فاحسب مقاومة الغشاء الرقيق.

.....

.....

ب. يتم تغيير اتجاه التيار بحيث يدخل التيار الكهربائي من الوجه العلوي للغشاء ويخرج من وجهه السفلي. احسب مقاومة الغشاء.

.....

.....

٥. المنصهر الذي يتم تركيبه في قابس ثلاثي الدبابيس مكوّن من قطعة من سلك المنصهر بمقاومة (0.20 Ω)، ويبلغ طول السلك (15 mm)، ومقاومته النوعية (1.45×10^{-6} Ω m). احسب قطر سلك المنصهر.

.....

.....

٦. سلكان A و B موصلان على التوازي. يُطبّق فرق الجهد الكهربائي نفسه عبر كل سلك. يعرض الجدول ٣-٢ بعض البيانات حول السلكَين:

	السلك A	السلك B
المقاومة النوعية للفلز	ρ	2ρ
الطول	l	$\frac{1}{2}l$
نصف القطر	r	$2r$

الجدول ٣-٢: بيانات للسؤال ٦.

مهمّ

أعد كتابة المعادلة واجعل ρ القيمة المجهولة، ثم عوّض بالأعداد.

أ. باستخدام معادلة المساحة = πr^2 احسب نسبة:

مساحة المقطع العرضي للسلك A : مساحة المقطع العرضي للسلك B

.....

.....

ب. باستخدام الصيغة $R = \frac{\rho l}{A}$ احسب نسبة:

مقاومة السلك A : مقاومة السلك B

.....

.....

ج. احسب نسبة:

شدة التيار الكهربائي في السلك A : شدة التيار الكهربائي في السلك B

.....

.....

نشاط ٣-٦ قانونا كيرشوف

مصطلحات علمية

حفظ الشحنة الكهربائية Conservation of charge: لا يمكن استحداث شحنة كهربائية أو إفناؤها.

يختبر هذا النشاط فهمك لقانونَي كيرشوف وكيفية ارتباطها **بحفظ الشحنة الكهربائية** وحفظ الطاقة.

١. اذكر نصَّي قانونَي كيرشوف الأول والثاني.

.....

.....

.....

٢. من خلال الكميات الآتية:

الشحنة الكهربائية، القوة الدافعة الكهربائية، الطاقة، فرق الجهد الكهربائي، الزمن.

اذكر الكمية المحفوظة من القائمة أعلاه في:

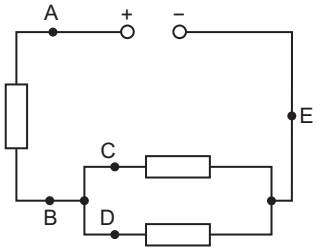
أ. قانون كيرشوف الأول.

.....

ب. قانون كيرشوف الثاني.

.....

٣. يوضح الشكل ٣–٢ دائرة كهربائية.



الشكل ٣–٢: للسؤال ٣. دائرة كهربائية.

شدة التيار الكهربائي عند النقطة A تساوي (6.0 A)، وشدة التيار الكهربائي عند النقطة C تساوي (1.0 A).

أ. احسب الشحنة الكهربائية التي تتدفق عبر النقطة A في (10 s).

.....

.....

ب. لماذا تكون شدة التيار الكهربائي عند النقطة B هي نفسها عند النقطة A؟ اشرح إجابتك.

.....

.....

مصطلحات علمية

قانون كيرشوف الأول Kirchhoff's first law: مجموع التيارات الكهربائية الداخلة إلى أي نقطة في دائرة ما يساوي مجموع التيارات الكهربائية الخارجة من تلك النقطة.

ج. باستخدام **قانون كيرشوف الأول**، احسب شدة التيار الكهربائي عند النقطة D.

.....

.....

د. باستخدام قانون كيرشوف الأول، احسب شدة التيار الكهربائي عند النقطة E.

.....

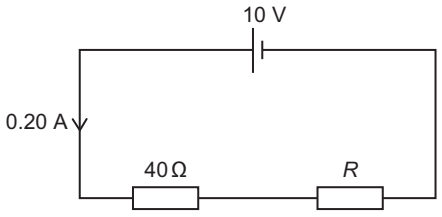
.....

هـ. اشرح سبب اختلاف شدة التيار الكهربائي عند النقطة C عن شدة التيار الكهربائي عند النقطة D.

.....

.....

٤. يوضح الشكل ٣-٣ دائرة كهربائية، فرق الجهد الكهربائي بين طرفَي المقاومة (40 Ω) يساوي (8.0 V). تعمل الدائرة الكهربائية خلال مدة (10 s).



الشكل ٣-٣: للسؤال ٤. دائرة كهربائية.

أ. احسب مقدار الشحنة الكهربائية التي تمرّ عبر الخلية الكهربائية خلال هذه المدة.

.....

.....

ب. احسب الطاقة التي أنتجتها الخلية الكهربائية.

.....

.....

ج. احسب فرق الجهد عبر المقاومة (R).

.....

.....

د. وضّح كيف أن **قانون كيرشوف الثاني** هو نتيجة حفظ الطاقة في هذه الدائرة الكهربائية. استخدم قيم الطاقة التي حسبتها.

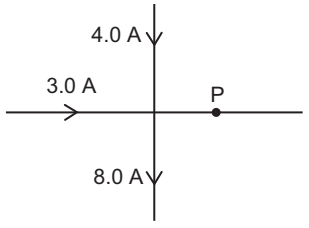
.....

.....

مصطلحات علمية

قانون كيرشوف الثاني
Kirchhoff's seond law:
مجموع القوى الدافعة الكهربائية في أي مسار مغلق في دائرة ما يساوي مجموع فروق الجهد الكهربائية في ذلك المسار.

٥. يوضح الشكل ٣–٤ تيارات داخلة وخارجة من نقطة تقاطع بين الأسلاك.



الشكل ٣–٤: للسؤال ٥. تيارات كهربائية داخلة وخارجة من نقطة معيّنة.

أ. احسب شدة التيار الكهربائي واتجاهه عند النقطة P.

.....

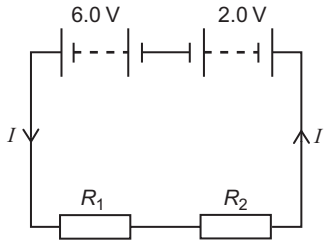
.....

ب. اشرح إجابتك على الجزئية (أ) من حيث الشحنات الكهربائية التي تتدفق في (1.0 s).

.....

.....

٦. يوضح الشكل ٣–٥ دائرة كهربائية وصّلت بها بطاريتان مقاومتهما الداخلية مهملة.



الشكل ٣–٥: للسؤال ٦. دائرة كهربائية.

لاحظ أن البطاريتَين موصلتان في اتجاه معاكس إحداهما للأخرى.

أ. جِد مجموع القوتَين الدافعتَين الكهربائيتَين في الدائرة الكهربائية.

.....

.....

ب. احسب فرق الجهد بين طرفَي المقاومة (R_2) إذا علمت أن فرق الجهد بين طرفَي المقاومة (R_1) يساوي (1.0 V).

.....

.....

ج. اشرح: لماذا يكون اتجاه التيار الكهربائي في الاتجاه الموضح؟

.....

.....

د. تتدفق شحنة كهربائية مقدارها (1.0 C) في الدائرة الكهربائية. اذكر تحوّل الطاقة الذي يحدث في:

١. البطارية (6.0 V) .....

٢. البطارية (2.0 V) .....

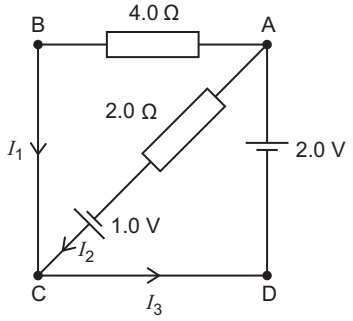
٣. المقاومة (R_1) .....

نشاط ٣-٧ تطبيق قانون كيرشوف الثاني على دوائر كهربائية

في هذا النشاط ستطبق قانون كيرشوف الثاني على دوائر كهربائية. تأكد من أنك تفهم المقصود بإجمالي القوى الدافعة الكهربائية في حلقة مغلقة.

في بعض الأحيان يتعيّن عليك جمع القوى الدافعة الكهربائية، وأحيانًا طرحها من بعض.

١. في الدائرة الكهربائية الموضحة في الشكل ٣–٦ هناك ثلاثة مسارات يمكن تحديدها لتطبيق قانون كيرشوف الثاني. الخليتان الكهربائيتان مقاومتهما الداخلية مهملة.



الشكل ٣–٦: للسؤال ١. دائرة كهربائية.

أ. إحدى المسارات المغلقة هي ABCDA. اذكر المسارَين المغلقَين الآخرَين.

.....

ب. احسب إجمالي القوى الدافعة الكهربائية في كل مسار من المسارات الثلاثة المغلقة:

اختر اتجاهًا لمتابعة اتجاه التيار الكهربائي في مسار مغلق.

إذا كانت هناك خليتان في مسار مغلق ما فأنت بحاجة إما إلى جمع قيمتَي القوّتَين الدافعتَين الكهربائيتَين أو إلى طرحهما. أضف قيم القوّتَين الدافعتَين الكهربائيتَين إذا كانت كلتا الخليتَين بمفردهما تنتج تيارًا كهربائيًا في اتجاه المسار المغلق. اطرح القوة الدافعة الكهربائية إذا كانت الخلية الكهربائية تنتج تيارًا في الاتجاه المعاكس للتيار الكهربائي الذي رسمته في هذا المسار المغلق.

.....

.....

ج. اكتب معادلات مماثلة باستخدام قانون كيرشوف الثاني لكل من المسارَين المغلقَين.

.....

.....

د. نحصل من قانون كيرشوف الثاني للمسار المغلق ABCDA على المعادلة ($4.0I_1 = 2.0$)، حيث (I_1) هو شدة التيار الكهربائي في المقاومة (4.0 Ω).

ونحصل من قانون كيرشوف الثاني للمسار المغلق ACDA على المعادلة $(1-)\ 2I_2 = 2.0)$، حيث (I_2) هي شدة التيار الكهربائي في (2.0 Ω).

١. حل المعادلتَين لإيجاد قيمة كل من (I_1) و (I_2).

.....

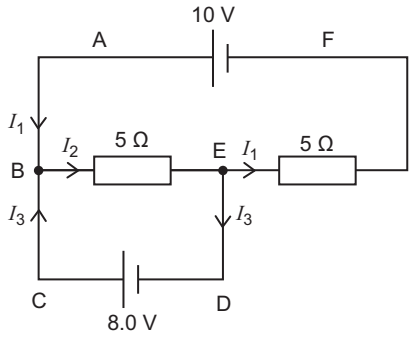
.....

٢. اكتب المعادلة التي تربط بين (I_1)، و (I_2)، و (I_3).

.....

.....

٢. يوضح الشكل ٣-٧ دائرة كهربائية بها خليتان كهربائيتان مقاومتهما الداخلية مهملة.



الشكل ٣-٧: للسؤال ٢. دائرة كهربائية.

أ. اكتب المعادلة التي تربط بين (I_1)، و (I_2)، و (I_3).

.....

ب. اكتب المعادلة مستخدمًا قانون كيرشوف الثاني في المسار المغلق CBEDC.

.....

ج. اكتب معادلة مستخدمًا قانون كيرشوف الثاني في المسار المغلق ABEFA.

.....

د. احسب قيم كل من (I_1)، و (I_2)، و (I_3).

.....

.....

هـ. اكتب معادلة مستخدمًا قانون كيرشوف الثاني في المسار المغلق ABCDEFA.

.....

٣. بطارية ذات قوة دافعة كهربائية (8.0 V)، ومقاومة (3.0 Ω)، وصّلتا على التوالي مع بطارية ذات قوة دافعة كهربائية (4.0 V)، ومقاومة (1.0 Ω). جميع المكوّنات موصلة على التوالي. يمكن عكس اتجاه توصيل إحدى البطاريتَين في الدائرة.

أ. احسب الحد الأقصى والحد الأدنى لمجموع القوى الدافعة الكهربائية في الدائرة الكهربائية.

.....

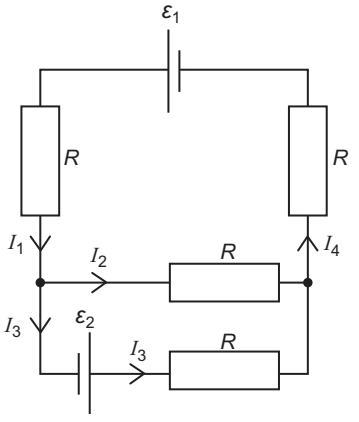
.....

ب. احسب الحد الأقصى والحد الأدنى لشدة التيار الكهربائي في الدائرة الكهربائية.

.....

.....

٤. وصّلت أربع مقاومات (R) كما هو موضح في الشكل ٣–٨. وبها ثلاثة مسارات مغلقة؛ حيث يتضمن المسار المغلق العلوي (ε_1)، وثلاث مقاومات، بينما يحتوي المسار المغلق السفلي على (ε_2)، ومقاومتَين.



الشكل ٣–٨: للسؤال ٤. دائرة كهربائية.

أ. اكتب المعادلة التي تربط بين كل من (I_1)، و (I_2)، و (I_3).

.....

ب. لماذا $I_4 = I_1$؟ اشرح إجابتك.

.....

.....

ج. اكتب المعادلة التي تربط بين كل من (ε_1)، و (R)، و (I_1)، و (I_2)، و (I_4) باستخدام المسار المغلق العلوي.

.....

د. اكتب المعادلة التي تربط بين الكميات (ε_2)، و (R)، و (I_2)، و (I_3) باستخدام المسار المغلق السفلي. الاتجاه الموجب للقوة الدافعة الكهربائية هو عكس اتجاه عقارب الساعة («اتجاه» ε_2) لذلك بالنسبة إلى المقاومة حيث يكون اتجاه التيار الكهربائي في اتجاه عقارب الساعة، فإن (IR) ستكون سالبة.

.....

هـ. اكتب المعادلة التي تربط بين الكميات (ε_1)، و (ε_2)، و (R)، و (I_1)، و (I_3) باستخدام المسار الخارجي. خذ الاتجاه الموجب بعكس اتجاه عقارب الساعة بحيث يكون كل من (ε_1) و (ε_2) موجبتَين في هذا الاتجاه.

.....

نشاط ٣-٨ القوة الدافعة الكهربائية والمقاومة الداخلية

يعزّز هذا النشاط فهمك للاختلافات والعلاقات بين القوة الدافعة الكهربائية، وفرق الجهد الكهربائي، والتيار الكهربائي، **والمقاومة الداخلية**.

مصطلحات علمية

المقاومة الداخلية Internal resistance: هي المقاومة الكامنة في مصدر القوة الدافعة الكهربائية، والتي يتحوّل فيها بعض الطاقة إلى أشكال أخرى، كالشغل المبذول في دفع الشحنة الكهربائية من خلال المصدر نفسه.

١. تنطبق المعادلة $\varepsilon = V + Ir$ على خلية كهربائية ذات قوة دافعة كهربائية (ε)، ومقاومة داخلية (r).

أ. صِف كل كميّة على أنها فرق جهد كهربائي، وأكمل الجدول الآتي:

ε	القوة الدافعة الكهربائية لخلية كهربائية ما – فرق الجهد عبر الخلية عندما لا يكون هناك تيار كهربائي.
V	
Ir	

ب. صِف كل كميّة باستخدام أفكار حول الطاقة، وأكمل الجدول الآتي:

ε	الطاقة الكهربائية المكتسبة لكل وحدة شحنة كهربائية في الخلية.
V	
Ir	

٢. الخلايا الكهربائية في الواقع لها مقاومة داخلية.

أ. اذكر حالة تكون فيها القوة الدافعة الكهربائية (ε) للخلية الكهربائية تساوي **فرق الجهد الكهربائي بين طرفَي المصدر** (V).

.....

ب. عند الاستخدام، تكون (ε) أكبر من (V). اشرح السبب.

.....

.....

ج. من الممكن أن تكون $\varepsilon = Ir$ وأن $V = 0$. اشرح كيف يتم ذلك.

.....

.....

مصطلحات علمية

فرق الجهد بين طرفَي المصدر Terminal potential difference:
هو فرق الجهد الكهربائي بين طرفَي المصدر والذي يعتمد على شدة التيار الكهربائي المتدفق من المصدر.

٣. يقرأ فولتميتر عالي المقاومة الموصل بمفرده بين طرفَي البطارية (6.0 V)، وعند توصيل مقاومة مقدارها (12 Ω) بين طرفَي البطارية، نجد أن فرق الجهد الكهربائي ينخفض إلى (4.0 V).

أ. ما قيمة القوة الدافعة الكهربائية للبطارية؟

.....

ب. اشرح سبب عدم وجود فرق جهد بين طرفَي المقاومة الداخلية للبطارية عندما تكون قراءة الفولتميتر (6.0 V).

.....

.....

ج. ما قيمة فرق الجهد الكهربائي بين طرفَي المقاومة الداخلية عند توصيل المقاومة؟

.....

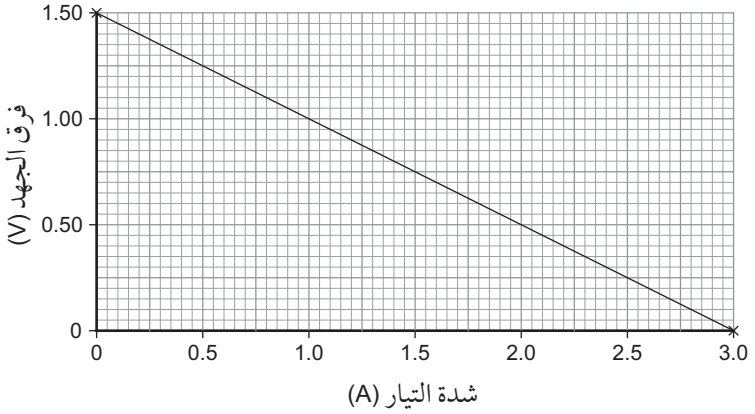
د. يحسب طالب شدة التيار الكهربائي باستخدام المعادلة $I = \frac{V}{R}$. باستخدام مقاومة مقدارها (12 Ω)، اذكر أي فرق جهد كهربائي عليه أن يستخدمه (انظر إلى فرق الجهد الكهربائي بين طرفَي المقاومة الذي سوف يطبّقه في المعادلة).

.....

هـ. يحسب طالب آخر المقاومة الداخلية للخلية الكهربائية باستخدام المعادلة $R = \frac{V}{I}$. حدّد أي فرق جهد كهربائي عليه أن يستخدمه.

.....

٤. يوضح الشكل ٣-٩ التمثيل البياني (فرق الجهد - شدة التيار) التغيّر في فرق الجهد الكهربائي لخلية كهربائية مع شدة التيار الكهربائي الذي يمر عبرها:



الشكل ٣-٩: للسؤال ٤. تمثيل بياني يوضح تغيّر فرق الجهد في خلية كهربائية مع شدة التيار الكهربائي الذي يمر عبرها.

أ. معادلة الخلية الكهربائية هي $\varepsilon = V + Ir$.

باستخدام التمثيل البياني، أكمل الجدول ٣-٣:

شدة التيار (A)	ε (V)	V (V)	فرق الجهد بين طرفَي المقاومة الداخلية (V) $\varepsilon - V$
0			
0.5	1.50	1.25	0.25
1.0			
2.0			
3.0			

الجدول ٣-٣: للسؤال ٤-أ.

ب. عندما تكون شدة التيار الكهربائي (0.50 A)، يكون فرق الجهد بين طرفَي الخلية الكهربائية (1.25 V). يدل الملصق الموضوع على الخلية الكهربائية على أن فرق الجهد الكهربائي لها يساوي (1.5 V). اشرح ما حدث للقوة الدافعة الكهربائية للخلية الكهربائية.

.....

.....

.....

ج. اشرح كيف يتم ضبط قيمة المقاومة الخارجية للحصول على نقاط مختلفة على التمثيل البياني.

.....

.....

.....

٥. عندما يُستخدم محرك بدء التشغيل لتشغيل محرك السيارة، فإن فرق الجهد الكهربائي عبر المحرك يكون (2.0 V) فقط، على الرغم من أن للبطارية قوة دافعة كهربائية (12 V). لماذا يكون فرق الجهد الكهربائي عبر المحرك أقل من القوة الدافعة الكهربائية للبطارية؟ اشرح إجابتك.

.....

.....

.....

نشاط ٣-٩ استخدام معادلات المقاومة الداخلية

سوف يدربّك هذا النشاط على استخدام وإعادة ترتيب وإجراء العمليات الحسابية التي تتضمن مقاومة داخلية، ستستخدم معادلات مثل $V = IR$ ولكن يجب عليك اختيار فرق الجهد والمقاومة المناسبَين.

مهمّ

القوة الدافعة الكهربائية فقط معطاة، لذلك اعتبر المقاومة الكلية للدائرة الكهربائية R.

١. القوة الدافعة الكهربائية لبطارية ما تساوي (9.0 V)، وعند توصيل مقاومة بالبطارية تنخفض قراءة الڤولتميتر إلى (8.0 V)، وشدة التيار الكهربائي تساوي (0.40 A).

أ. احسب قيمة المقاومة الخارجية.

.....

.....

ب. احسب قيمة المقاومة الداخلية للبطارية.

.....

.....

٢. وصِّلت مقاومة مقدارها (9.0 Ω) ببطارية ذات قوة دافعة كهربائية (4.0 V)، ومقاومتها الداخلية (1.0 Ω).

أ. احسب شدة التيار الكهربائي المارّ في الدائرة الكهربائية.

.....

.....

ب. احسب فرق الجهد الكهربائي بين طرفَي المقاومة (9.0 Ω).

.....

.....

ج. جِد فرق الجهد الكهربائي بين طرفَي البطارية.

.....

.....

د. جِد فرق الجهد الكهربائي بين طرفَي البطارية عند إزالة المقاومة.
(بدون أي مقاومة خارجية، يُقال إن البطارية في دائرة كهربائية مفتوحة).

.....

.....

٣. بطارية ذات قوة دافعة كهربائية (6.0 V) موصلة بطرفَي مقاومة مقدارها (10 Ω)، وفرق الجهد الكهربائي بين طرفَي المقاومة هو (4.0 V).

أ. احسب شدة التيار الكهربائي الذي يتدفق في الدائرة الكهربائية.

.....

.....

ب. احسب المقاومة الداخلية للبطارية.

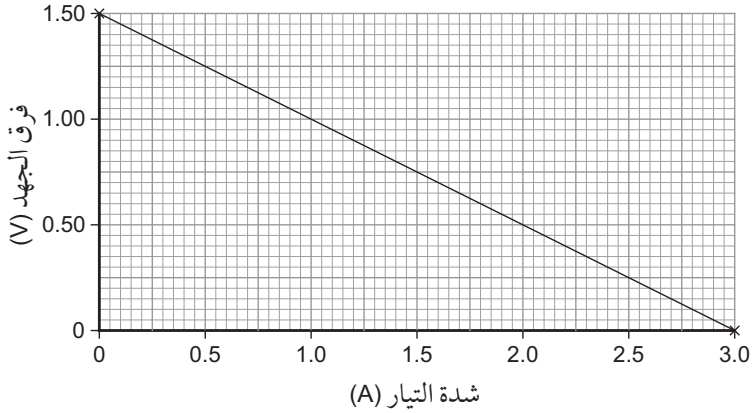
.....

.....

مهمّ

في السؤال ٣ (أ)، لا يمكنك استخدام القوة الدافعة الكهربائية كـ «فرق الجهد» في $V = IR$ لأنك لا تعرف المقاومة الكلية. احرص على استخدام «فرق الجهد» الصحيح.

٤. يوضح التمثيل البياني (فرق الجهد – شدة التيار) في الشكل ٣–١٠ تغيّر فرق الجهد الكهربائي بين طرفَي خلية كهربائية مع شدة التيار الكهربائي المار عبرها:



الشكل ٣–١٠: للسؤال ٤. تمثيل بياني يوضح تغيّر فرق الجهد الكهربائي بين طرفَي خلية كهربائية مع شدة التيار الكهربائي المار بداخلها.

أ. أعد ترتيب المعادلة $\varepsilon = V + Ir$ لجعل (V) مجهولًا وإيجاد ما يعنيه ميل التمثيل البياني، ونقطة تقاطع منحنى التمثيل البياني مع المحور (y) بدلالة (ε) و (r).

.....

ب. استخدم التمثيل البياني لإيجاد المقاومة الداخلية للخلية الكهربائية.

.....

.....

ج. ارسم دائرة كهربائية تتضمن كل المكوّنات اللازمة لأخذ القياسات الموضحة في التمثيل البياني. يجب أن تُمكّن الدائرة من ضبط شدة التيار الكهربائي.

٥. يتم توصيل مقاومة (1.2 Ω) ببطارية ذات مقاومة داخلية (0.30 Ω)، وشدة التيار الكهربائي المارّ في الدائرة (3.0 A).

أ. احسب القوة الدافعة الكهربائية للبطارية.

.....

.....

ب. احسب فرق الجهد الكهربائي بين طرفَي البطارية.

.....

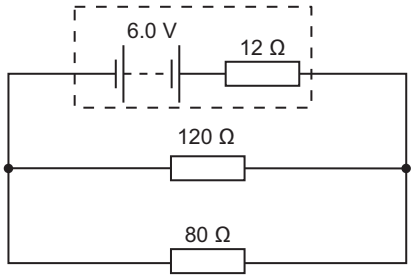
.....

ج. يتم استبدال المقاومة (1.2 Ω) بمقاومة أخرى، وشدة التيار الكهربائي (1.5 A). احسب قيمة المقاومة الجديدة.

.....

.....

٦. بطارية ذات قوة دافعة كهربائية (6.0 V)، ومقاومة داخلية (12 Ω) موصلتان بمقاومتَين موصلتَين على التوازي، كما هو موضح في الشكل ٣-١١:



الشكل ٣-١١: للسؤال ٦. دائرة كهربائية.

أ. احسب المقاومة الكلية للدائرة الكهربائية.

.....

.....

ب. احسب شدة التيار الكهربائي المارّ في البطارية.

.....

.....

ج. احسب فرق الجهد الكهربائي بين طرفَي البطارية.

.....

.....

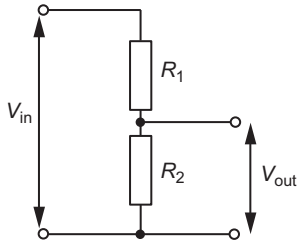
نشاط ٣-١ مجزئ الجهد الكهربائي

أحيانًا يكون من المفيد حساب فرق الجهد الكهربائي باستخدام **مجزئ الجهد الكهربائي**. ربما لا تضطر بعد ذلك إلى حساب شدة التيار الكهربائي على الإطلاق أثناء عملية الحساب الأمر الذي يوفر الوقت ويقلل من فرصة ارتكاب الخطأ. سيدرّبك هذا النشاط على استخدام معادلة مجزئ الجهد.

مصطلحات علمية

مجزئ الجهد الكهربائي Potential divider:
دائرة تقسّم فرق الجهد الكهربائي (V) للمصدر إلى جزأَين، بحيث يكون فرق الجهد الكهربائي عبر الجزء الأول هو (V_1) وفرق الجهد الكهربائي عبر الجزء الآخر هو (V_2)؛ بحيث يكون:
$V_1 + V_2 = V$

١. يتم توصيل مقاومتَين (R_1) و (R_2) في دائرة مجزئ الجهد، كما هو موضح في الشكل ٣-١٢.



الشكل ٣-١٢: للسؤال ١. رسم تخطيطي لدائرة مجزئ الجهد.

يتم تقسيم الجهد (V_{in}) بين المقاومتَين (R_1) و (R_2) بنسبة $R_1 : R_2$.
أحد الجزأَين هو فرق الجهد الخارج (V_{out}).

أ. قسّم العدد 30 بنسبة 4 : 6.

.....

ب. قسّم فرق الجهد (80 V) بنسبة 4 : 6.

.....

ج. قسّم فرق الجهد (60 V) بنسبة 3 : 12.

.....

د. من حيث (V_{in}) و (R_1) و (R_2)، اكتب معادلة لشدة التيار الكهربائي في دائرة مجزئ الجهد الكهربائي.

.....

هـ. من حيث (V_{out}) و (R_2)، اكتب معادلة لشدة التيار الكهربائي في مجزئ الجهد الكهربائي.

.....

و. شدة التيار الكهربائي في الجزئيتَين (د) و (هـ) متساوية. استخدم هذه الحقيقة لإظهار ما يلي:

$$V_{out} = \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) \times V_{in}$$

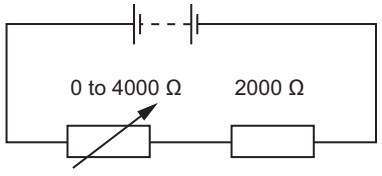
.....

ز. أكمل الجدول ٣-٤. يمكنك استخدام المعادلة أو الأفكار الأساسية لمجزئ الجهد:

R_2 (Ω)	R_1 (Ω)	V_{in} (V)	V_{out} (V)
250	50	6.0	
	100	10.0	2.0
200		24.0	4.0
	400	16.2	5.1

الجدول ٣-٤: للسؤال ١-ز.

٢. يتم توصيل مقاومة متغيّرة بمقاومة (2000 Ω) ثابتة المقدار، وببطارية ذات قوة دافعة كهربائية (6.0 V)، ومقاومة داخلية صفرية، كما هو موضح في الشكل ٣-١٣:



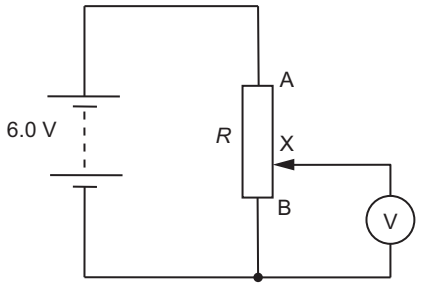
الشكل ٣-١٣: للسؤال ٢. رسم تخطيطي لدائرة كهربائية.

إذا تم تغيير مقدار المقاومة المتغيرة (من 0 إلى 4000 Ω)، فاحسب أقصى فرق جهد وأدنى فرق جهد بين طرفَي المقاومة (2000 Ω).

.....

.....

٣. يوضح الشكل ٣–١٤ دائرة مجزئ جهد كهربائي، حيث يتميز الڤولتميتر بمقاومة عالية جدًا:



الشكل ٣–١٤: للسؤال ٣. رسم تخطيطي لدائرة كهربائية.

يتم تجزئة المقاومة (*R*) إلى جزأَين، AX و XB، بواسطة المنزلق X.

أ. ما القراءة على الڤولتميتر عندما يكون المنزلق عند A؟

.....

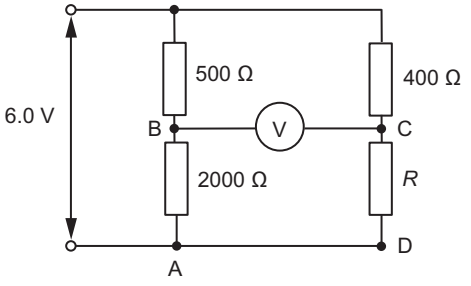
ب. ما القراءة على الڤولتميتر عندما يكون المنزلق عند B؟

.....

ج. احسب القراءة على الڤولتميتر عندما تكون مقاومة AX تساوي (4.0 Ω) ومقاومة XB تساوي (8.0 Ω).

.....

٤. يتم تطبيق فرق جهد كهربائي قدره 6.0 V على مجموعة من المقاومات، كما هو موضح في الشكل ٣–١٥:



الشكل ٣–١٥: للسؤال ٤.

أ. احسب فرق الجهد الكهربائي بين النقطتَين A و B.

.....

مهمّ

اعتبر أن الجهد الكهربائي للسلك AD عند 0 V. جِد الجهد الكهربائي عند B وعند C واطرحهما.

ب. احسب فرق الجهد الكهربائي بين C و D عندما يكون مقدار المقاومة (*R*):

١. 200 Ω .....

٢. 400 Ω .....

٣. 1600 Ω .....

ج. احسب فرق الجهد الكهربائي بين B و C عندما يكون مقدار المقاومة (*R*):

١. 200 Ω .....

٢. 400 Ω .....

٣. 1600 Ω .....

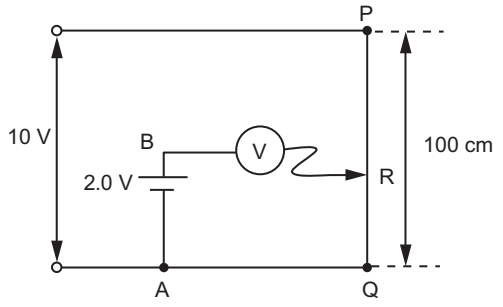
نشاط ٣-١١ مقياس الجهد الكهربائي

مصطلحات علمية

مقياس الجهد الكهربائي Potentiometer:
جهاز يستخدم لمقارنة فروق الجهد الكهربائية.

يمكن استخدام **مقياس الجهد الكهربائي** لمقارنة فرق جهد كهربائي بسرعة وبشكل مضبوط. سيدربك هذا النشاط على استخدام القراءات من مقياس الجهد.

١. سلك مقاومة منتظم PQ بطول (100 cm) متصل على التوازي مع مصدر جهد كهربائي ذي قوة دافعة كهربائية (10 V)، ومقاومة داخلية صفرية، وخلية كهربائية ذات قوة دافعة كهربائية (2.0 V) موصلة على التوازي مع جزء من السلك، كما هو موضح في الشكل ٣-١٦:



الشكل ٣-١٦: للسؤال ١. رسم تخطيطي لدائرة كهربائية.

أ. احسب فرق الجهد بين طرفَي (1.0 cm) من سلك المقاومة.

.....

.....

ب. احسب فرق الجهد الكهربائي بين النقطتَين R و Q عندما يكون طول الجزء RQ:

١. 20 cm .....

٢. 25 cm .....

٣. 40 cm .....

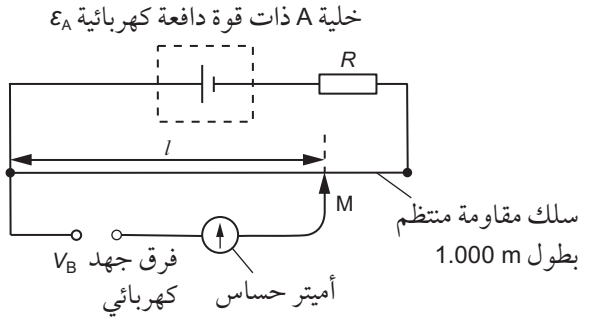
ج. احسب قراءة الڤولتميتر عندما يكون طول الجزء RQ:

١. 20 cm .....

٢. 25 cm .....

٣. 40 cm .....

٢. يوضح الشكل ٣–١٧ دائرة مقياس الجهد الكهربائي لقياس فرق الجهد (V_B):



الشكل ٣–١٧: للسؤال ٢. دائرة مقياس الجهد الكهربائي.

يتم دائمًا ضبط وضعية المنزلق المتحرك M حتى يسجل الأميتر الحساس (**الجلڤانوميتر**) تيارًا كهربائيًا صفرًا (**الطريقة الصفرية**). مقاومة سلك المقاومة بطول (1.000 m) تساوي (10 Ω).

أ. افترض أن $R = 0$. أكمل الجدول ٣–٥:

ε_A (V)	V_B (V)	l (m)
2.0	0.60	0.30
2.0	0.44	
	0.60	0.40
6.0		0.80

الجدول ٣–٥: للسؤال ٢–أ.

مصطلحات علمية

الجلڤانومتر Galvanometer: أداة تستخدم لقياس شدة التيارات الكهربائية الصغيرة أو الكشف عنها.

الطريقة الصفرية Null method: تقنية تجريبية للبحث عن قراءة صفرية.

ب. افترض أن $\varepsilon_A = 2.00\ V$؛ $R = 90\ \Omega$

١. احسب فرق الجهد الكهربائي بين طرفَي سلك المقاومة.

.....

٢. احسب (V_B) إذا كان $l = 0.245\ m$.

.....

٣. اشرح السبب في أن وجود مقاومة كبيرة (R) يسمح بقياس فروق جهد كهربائية صغيرة.

.....

ج. يمكن استخدام الدائرة الكهربائية لقياس فرق جهد كهربائي صغير يبلغ (2.0 mV). الخلية الكهربائية A هي مصدر جهد كهربائي ذات جهد كهربائي معروف (6.00 V). لا تزال مقاومة السلك (10 Ω).

١. احسب قيمة (R) التي ينتج منها فرق جهد كهربائي (3.0 mV) عبر السلك.

.....

.....

.....

٢. حدد الإجراءات والقياسات التي يجب اتخاذها والتي تسمح بالحصول على قياس فرق جهد صغير.

.....

.....

.....

٣. اشرح كيف تُحسب فروق الجهد الصغيرة من القياسات.

.....

.....

.....

الاستقصاءات العملية

استقصاء عملي ٣-١: المقاومة النوعية لسلك فلزي

أهداف الاستقصاء العملي

- جمع الملاحظات والقياسات والتقديرات وتسجيلها وتقديمها.
- تحليل البيانات الناتجة من التجارب للوصول إلى استنتاجات وتفسيرها.
- تقييم الأساليب واقتراح التحسينات.

تعتمد مقاومة السلك الفلزي (R) على طوله (l) ومساحة مقطعه العرضي (A) **والمقاومة النوعية** للفلز (ρ) الذي صنع منه السلك.

في هذا الاستقصاء العملي ستتحقق من العلاقة بين المقاومة والطول.

سوف ترسم رسمًا بيانيًا لنتائجك، وستقيس قطر السلك وتستخدم نتائجك لتحديد المقاومة النوعية للفلز.

الكثافة = الكتلة ÷ الحجم؛ $\rho = \frac{m}{V}$

ستحتاج إلى

الموادّ والأدوات:

- سلكان موصلان.
- مشبك فم التمساح عدد (2).
- ملتيمتر رقمي.
- مسطرة مترية.
- ميكرومتر.
- بكرة من سلك مقاومة.
- شريط لاصق.
- مقص.
- قاطع للأسلاك.

مصطلحات علمية

المقاومة النوعية

Resistivity: توجد من خلال:

$$\frac{\text{المقاومة} \times \text{مساحة المقطع العرضي}}{\text{الطول}}$$

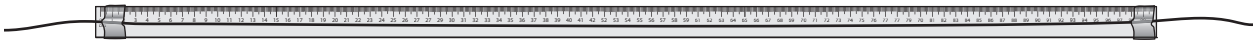
⚠ احتياطات الأمان والسلامة

- تأكّد من قراءة احتياطات الأمان والسلامة في بداية هذا الكتاب، واستمع لنصائح معلّمك قبل تنفيذ الاستقصاء.

الطريقة

١. استخدم قاطع الأسلاك لقطع سلك بطول (110 cm).

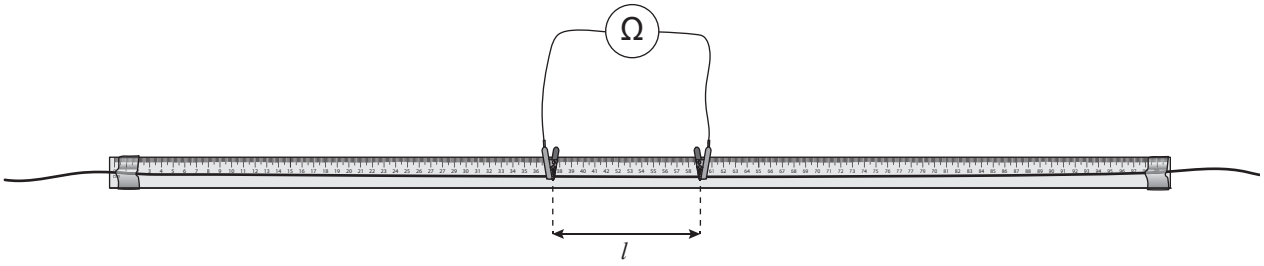
٢. استخدم المقص لقص شريطَين لاصقَين كافيَين لتثبيت السلك بمسطرة مترية كما هو موضح في الشكل ٣-١٨.



الشكل ٣-١٨: سلك مثبّت بواسطة شريطَين لاصقَين في نهايتَي مسطرة مترية.

٣. قم بتركيب الدائرة الكهربائية الموضحة في الشكل ٣-١٩. يجب ضبط الملتيمتر على التدريج المناسب للقياس. يجب أن تكون المسافة (l) بين مشبكَي فم التمساح (0.100 m).

سجّل قيمة قراءة الملتيمتر في الجدول ٣-٦ في قسم تسجيل النتائج.



الشكل ٣-١٩: كما في الشكل ٣-١٨، ولكن مع جهاز الأوميتر.

٤. كرّر الخطوة ٣ للقيم الأخرى لـ (l) وقم بتسجيل قيم (R) في جدول تسجيل النتائج ٣-٦.

٥. قم بقياس قطر السلك (d) باستخدام الميكرومتر. سجّل القيمة في قسم النتائج.

٦. قم بتوصيل السلكَين الموصلَين على التوالي، واستخدم الملتيمتر لقياس المقاومة الإجمالية لهذَين السلكَين. سجل قيمة هذه المقاومة في قسم النتائج.

النتائج

R (Ω)	l (m)
	0.100
	0.250
	0.400
	0.550
	0.700
	0.850

الجدول ٣-٦: جدول تسجيل النتائج.

d = ... mm

المقاومة الكلية للسلكين الموصلين = ... Ω

التحليل والاستنتاج والتقييم

أ. احسب مساحة المقطع (A) للسلك باستخدام العلاقة:

$$A = \frac{\pi d^2}{4}$$

A = ... m^2

مهمّ

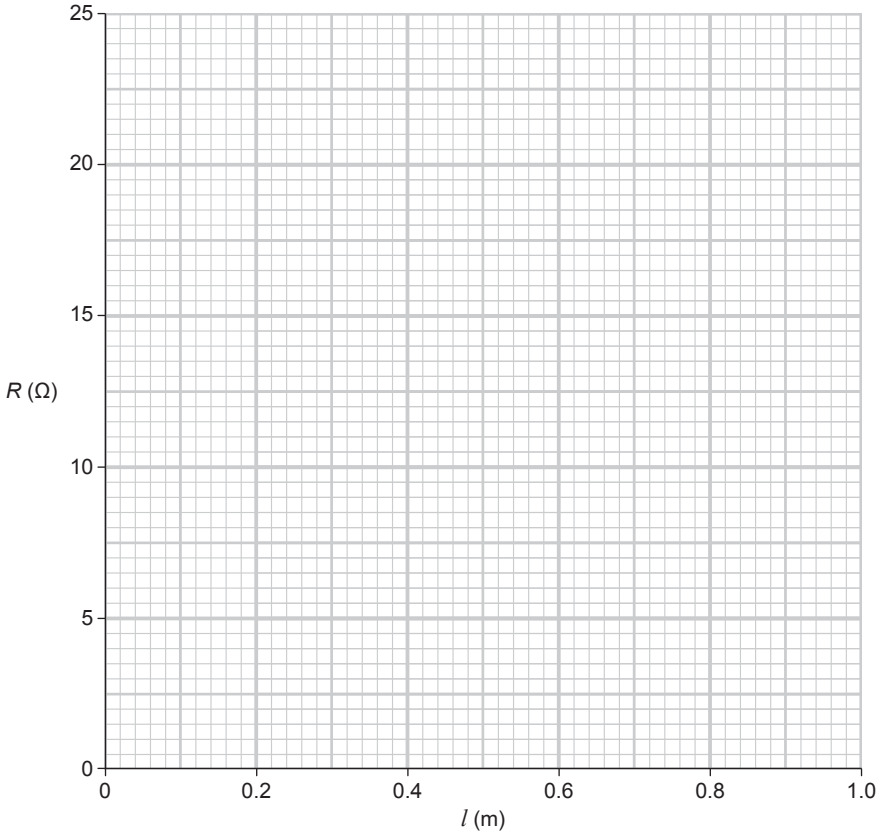
قم بقياس وتسجيل d بوحدة mm، ولكن لحساب A، قم بتحويل d إلى وحدة الـ m لأن قيم المقاومة النوعية مذكورة بوحدة أوم متر Ω m.

مهمّ

لاحظ أن:

$1\ mm^2 = 10^{-6}\ m^2$

ب. ارسم تمثيلًا بيانيًا لـ (R) على المحور (y) مقابل (l) على المحور (x).



ج. ارسم الخط المستقيم الأفضل ملاءمة الذي يمرّ عبر النقاط.

د. حدّد ميل الخط المستقيم.

الميل = ...

هـ. حدّد نقطة تقاطع الخط المستقيم مع المحور الصادي.

نقطة التقاطع = ...

و. العلاقة بين (R)، (ρ)، (l) و (A) هي:

$$R = \frac{\rho l}{A}$$

وميل منحنى المثيل البياني هو $\frac{R}{l}$.

إذًا:

ρ = الميل × A

احسب قيمة (ρ).

ρ = ... Ω m

ز. عادة ما تكون الأسلاك المستخدمة في المدارس مصنوعة من مادة الكونستانتان أو النيكروم أو النحاس.

هذه المواد الفلزية لها قيم المقاومة النوعية والأقطار الآتية.

كونستانتان: $\rho = 4.9 \times 10^{-7}$ Ω m

نيكروم: $\rho = 1.2 \times 10^{-6}$ Ω m

النحاس: $\rho = 1.7 \times 10^{-8}$ Ω m

القطر (mm): 0.46، 0.38، 0.32، 0.27، 0.23، 0.19، 0.15

ضَع دائرة حول المادة والقطر الذي استخدمته في هذه التجربة.

ح. إذا كنت استخدمت سلك الكونستانتان، فاحسب قطر سلك النيكروم الذي كان سيعطيك نتائج مماثلة.
أو إذا كنت استخدمت سلك النيكروم، فاحسب قطر سلك الكونستانتان الذي كان سيعطيك نتائج مماثلة.

القطر = mm .....

ط. وضح سبب عدم ملاءمة سلك النحاس لهذه التجربة.

.....

.....

ي. يشير منحنى التمثيل البياني الذي هو عبارة عن خط مستقيم لا يمر بالنقطة (0 ، 0) وله تقاطع موجب على المحور (*y*) إلى وجود خطأ نظامي في القراءات.
قد يكون هذا بسبب مقاومة السلكَين الموصلَين.
استخدم نتائجك لاستقصاء هذه الفكرة.

.....

.....

.....

أسئلة نهاية الوحدة

١. أ. عرّف القوة الدافعة الكهربائية لخلية كهربائية.

ب. شدة التيار الكهربائي المتدفق في كابل الطاقة الخارج من محطة إنتاج الطاقة الكهربائية هي (300 A). احسب عدد الإلكترونات التي تمر عبر المقطع العرضي للكابل في ثانية واحدة ($e = 1.6 \times 10^{-19}$ C).

ج. تبلغ مساحة المقطع العرضي للكابل (9.0×10^{-4} m^2)، والكثافة العددية للإلكترونات الحرة (1.6×10^{29} m^{-3}).

١. احسب متوسط السرعة المتجهة الانجرافية للإلكترونات الحرة في الكابل.

٢. اشرح الفرق بين متوسط السرعة المتجهة الانجرافية ومتوسط السرعة.

٣. يبلغ قطر أحد أجزاء الكابل أصغر من باقي أجزائه. اشرح سبب اختلاف متوسط السرعة المتجهة الانجرافية في هذا الجزء من الكابل.

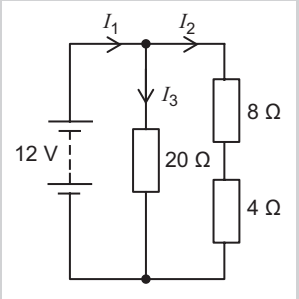
٢. يتكوّن كابل من 12 سلكًا من الأسلاك النحاسية، قطر كل منها (1.2 mm) ومتصلة على التوازي. المقاومة النوعية للنحاس (1.7×10^{-8} Ω m):

أ. احسب مساحة المقطع العرضي لسلك واحد من الأسلاك النحاسية.

ب. احسب مقاومة سلك واحد من الأسلاك النحاسية بطول (10 m).

ج. حدد المقاومة المكافئة لجميع الأسلاك الاثني عشر المكوّنة للكابل.

٣. يوضح الشكل ٣-٢٠ مصدر جهد كهربائي (12 V) مقاومته الداخلية مهملة، متصل بثلاث مقاومات:

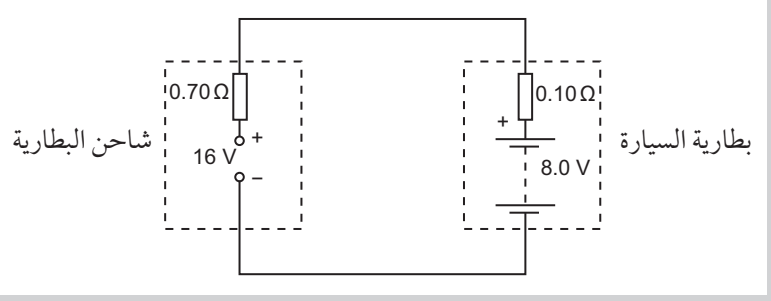


الشكل ٣-٢٠

تابع

أ. استخدم قانون كيرشوف الأول لتوضيح العلاقة بين (I_1)، و (I_2)، و (I_3).
ب. استخدم قانون كيرشوف الثاني لحساب (I_2).
ج. احسب (I_3).
د. اشرح كيف يمكن تطبيق قانون كيرشوف الثاني على المسار المغلق الذي يحتوي فقط على المقاومات الثلاث. وضّح إجابتك رياضيًا.
هـ. احسب المقاومة المكافئة للدائرة الكهربائية.

٤. أ. اكتب نص قانون كيرشوف الأول.
ب. اكتب الكميّة المحفوظة في القانون الأول.
ج. يُظهر قانون كيرشوف الثاني أنه عندما تكون القوة الدافعة الكهربائية (ε) لخلية كهربائية متصلة بمقاومتَين موصلتَين على التوالي، فإنها تساوي مجموع فرقَي الجهد الكهربائيَّين عبر المقاومتَين. اشرح أن هذا الأمر هو نتيجة مبدأ حفظ الطاقة. اعتبر أن المقاومة الداخلية للخلية مهملة.
د. تمّ شحن بطارية سيارة باستخدام شاحن بطارية ذي قوة دافعة كهربائية (16 V). القوة الدافعة الكهربائية لبطارية السيارة في بداية عملية الشحن كانت (8.0 V).
يوضح الشكل ٣-٢١ توصيلات الشاحن بالبطارية، والمقاومة في الدائرة الكهربائية.



الشكل ٣-٢١

١. احسب المقاومة المكافئة للدائرة الكهربائية.
٢. احسب شدة التيار الكهربائي في الدائرة الكهربائية.
٣. لخفض شدة التيار الكهربائي في البطارية إلى (2.0 A)، تمّ إضافة مقاومة على التوالي في الدائرة الكهربائية. حدّد مقدار هذه المقاومة.

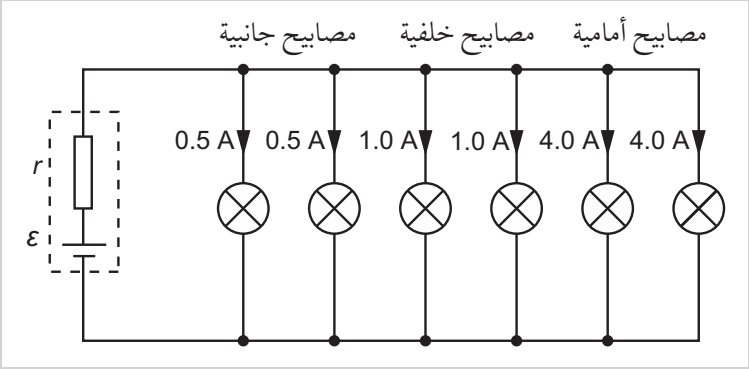
مهمّ

خذ الدائرة الكهربائية بأكملها كمسار مغلق، وتذكّر إضافة القوى الدافعة الكهربائية للبطاريتَين مع ملاحظة اتجاهاتهما.

تابع

٤. اذكر سببَين لعدم توصيل الطرف الموجب لشاحن البطارية بالطرف السالب لبطارية السيارة.

٥. بطارية لها قوة دافعة كهربائية (ε) ومقاومة داخلية (r)، وهي متصلة بستة مصابيح، كما هو موضح في الشكل ٣-٢٢: مصابيح جانبية، مصابيح خلفية، ومصابيح أمامية.



الشكل ٣-٢٢

لا تظهر مفاتيح المصابيح الفردية في الشكل ٣-٢٢ ولكن تظهر شدة التيارات الكهربائية في المصابيح عند تشغيلها جميعًا. القوة الدافعة الكهربائية (ε) للبطارية (12.0 V)، ومقاومتها الداخلية (r) تساوي (0.150 Ω).

أ. اشرح المقصود بالمقاومة الداخلية للبطارية.

ب. لماذا لا تتساوى القوة الدافعة الكهربائية للبطارية وفرق الجهد الكهربائي بين طرفَيها عند تشغيل المصابيح؟ استخدم اعتبارات الطاقة لشرح إجابتك.

ج. احسب فرق الجهد الكهربائي بين طرفَي البطارية عند تشغيل جميع المصابيح.

د. احسب مقاومة أحد المصباحَين الأماميَين.

هـ. احسب شدة التيار الكهربائي المار في البطارية عند تشغيل المصباحَين الأماميَّين فقط.

و. لاحظ سائق السيارة أن المصابيح الجانبية تكون خافتة بعض الشيء عند إضاءة المصابيح الأمامية. اشرح السبب.

تابع

٦. بطارية ذات قوة دافعة كهربائية (6.0 V) متصلة بمقاومتَين على التوالي. إحدى المقاومتَين (1600 Ω) والأخرى (1200 Ω). تشكّل المقاومتان على التوالي مجزئ جهد كهربائي.

أ. اشرح المقصود بمجزئ الجهد الكهربائي.

ب. لماذا يكون فرق الجهد الكهربائي بين طرفَي المقاومة (1600 Ω) أكبر من فرق الجهد الكهربائي بين طرفَي المقاومة (1200 Ω)؟ اشرح إجابتك.

ج. المقاومة الداخلية للبطارية صغيرة جدًا. احسب فرق الجهد الكهربائي بين طرفَي المقاومة (1600 Ω).

د. تمّ توصيل مقاومة (R) على التوازي مع المقاومة (1600 Ω). يقل فرق الجهد الكهربائي بين طرفَي هذه المقاومة إلى (2.0 V). احسب قيمة (R).

هـ. مقياس فرق الجهد الكهربائي هو جهاز لمقارنة فروق الجهد الكهربائية. ارسم مخططًا لدائرة كهربائية لمقياس فرق الجهد المستخدم لمقارنة القوة الدافعة الكهربائية لخليتَين (ستحتاج إلى خلية كهربائية أخرى، وسلك مقاومة، وجلفانوميتر حساس). اشرح الإجراء المستخدم للعثور على نسبة القوّتَين الدافعتَين للخليتَين.

المكثفات Capacitors

أهداف التعلّم

٤-١ يعرّف سعة المكثف، عند تطبيقها على المكثفات المتوازية الألواح.

٤-٢ يستخدم المعادلة $C = \frac{Q}{V}$.

٤-٣ يستنتج معادلات السعة المكافئة للمكثفات الموصلة على التوالي والموصلة على التوازي مستخدمًا المعادلة $C = \frac{Q}{V}$.

٤-٤ يحسب السعة المكافئة للمكثفات الموصلة على التوالي والموصلة على التوازي.

٤-٥ يجد طاقة الوضع الكهربائية المخزّنة في مكثف من المساحة الواقعة تحت منحنى التمثيل البياني (الجهد الكهربائي - الشحنة الكهربائية).

٤-٦ يستخدم المعادلات $W = \frac{1}{2}QV = \frac{1}{2}CV^2 = \frac{1}{2}\frac{Q^2}{C}$.

٤-٧ يحلّل التمثيلات البيانية لتغيّر كل من فرق الجهد الكهربائي والشحنة الكهربائية وشدة التيار الكهربائي مع الزمن لمكثف يُفرّغ عبر مقاومة ما.

٤-٨ يستخدم معادلة الثابت الزمني لمكثف يُفرّغ عبر مقاومة ما $\tau = RC$.

٤-٩ يستخدم معادلات بالصيغة $x = x_0 e^{-(t/RC)}$ حيث يمكن أن تمثّل x شدة التيار الكهربائي أو الشحنة الكهربائية أو فرق الجهد الكهربائي لمكثف يُفرّغ عبر مقاومة ما.

السعة الكهربائية = $\frac{\text{الشحنة الكهربائية}}{\text{فرق الجهد الكهربائي}}$

$C = \frac{Q}{V}$

الشغل المبذول = الشحنة الكهربائية × فرق الجهد الكهربائي

$W = QV$

الطاقة المخزنة = $\frac{1}{2}$ الشحنة الكهربائية × فرق الجهد الكهربائي

$W = \frac{1}{2}QV = \frac{1}{2}CV^2 = \frac{1}{2}\frac{Q^2}{C}$

توصيل المكثفات على التوالي: $\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \ldots$

توصيل المكثفات على التوازي: $C_T = C_1 + C_2 + C_3 + \ldots$

الثابت الزمني: $\tau = RC$

التفريغ الأسّي لمكثف ما: $x = x_0 e^{-(t/RC)}$، حيث x يمثل شدة التيار الكهربائي أو الشحنة الكهربائية أو فرق الجهد الكهربائي.

الأنشطة

نشاط ٤-١ الشحنة الكهربائية وفرق الجهد الكهربائي والسعة

يساعدك هذا النشاط على فهم الأفكار الأساسية حول **السعة الكهربائية**.

مصطلحات علمية

السعة الكهربائية Electric capacitance: سعة المكثف هي الشحنة الكهربائية المخزّنة على لوحَي المكثف لكل وحدة فرق جهد كهربائي بين اللوحَين.

١. المعادلة التي تحدد السعة هي:

$$C = \frac{Q}{V}$$

أ. اذكر اسم الكميّة التي يمثلها كل رمز وأعطِ وحدتها (الاسم والرمز).

.....

ب. اكتب معادلة توضح العلاقة بين وحدات الفاراد والكولوم والڤولت.

يمكنك التفكير في السعة على أنها الشحنة الكهربائية بوحدة الكولوم على كل لوح لكل ڤولت من فرق الجهد بينهما.

.....

ج. مكثف سعته (10000 μF).

١. ما مقدار سعته بوحدة (F)؟

.....

٢. احسب مقدار الشحنة الكهربائية على لوح المكثف عندما يكون فرق الجهد الكهربائي بين لوحَيه (1 V).

.....

.....

٣. احسب مقدار الشحنة الكهربائية الموجودة على لوح المكثف عندما يكون فرق الجهد الكهربائي بين لوحَيه (50 V).

.....

.....

٢. عادة ما تُعطى سعة المكثفات إما بوحدة (μF) أو بوحدة (pF).

أ. ما الذي ترمز إليه البادئة «p» في النظام الدولي للوحدات (SI)؟ ما الأسّ العشري الذي يمثّلها؟

.....

ب. اكتب قيم السعة الآتية بالصيغة القياسية (التدوين العلمي):

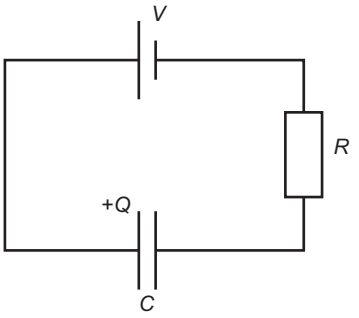
١. 20 µF .....

٢. 10000 µF .....

٣. 20 pF .....

٤. 5000 pF .....

٣. هذا السؤال يتعلق بطريقة عمل المكثفات. توضح الدائرة الكهربائية في الشكل ٤-١ مكثفًا تمّ توصيله مع خلية كهربائية ومقاومة:



الشكل ٤-١: للسؤال ٣. دائرة كهربائية مكوّنة من مكثف وخلية ومقاومة.

بداية يمرّ تيار كهربائي في الدائرة، ولكن في النهاية يصبح المكثف مشحونًا بالكامل.

أ. ماذا يحدث لشدة التيار الكهربائي المارّ في الدائرة عندما يكون المكثف مشحونًا بالكامل؟

.....

.....

ب. ما فرق الجهد الكهربائي لكل من المكثف والمقاومة؟

.....

.....

.....

ج. توضح الدائرة الكهربائية في الشكل ٤-١ أن هناك شحنة كهربائية (+Q) على أحد لوحَي المكثف. اذكر الشحنة الكهربائية على اللوح الآخر.

.....

د. حدّد جبريًا مقدار الشحنة الكهربائية التي تمرّ في الدائرة الكهربائية أثناء عملية الشحن.

.....

.....

هـ. ما نوع المجال الموجود بين لوحَي المكثف؟

.....

و. فكّر الآن في الدائرة الكهربائية في بداية عملية الشحن عندما وصّل المكثف لأول مرة بالخلية والمقاومة. اذكر فرق الجهد الكهربائي في هذه اللحظة بين طرفَي:

١. المكثف.

.....

٢. المقاومة.

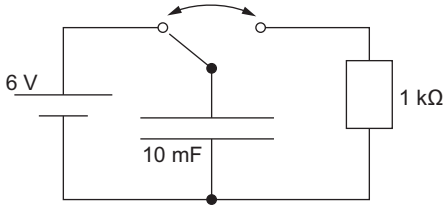
.....

ز. صِف كيف يمكنك حساب شدة التيار الكهربائي الابتدائي في الدائرة الكهربائية. قم بتضمين المعادلة التي ستستخدمها.

.....

.....

٤. إذا شُحن مكثف ثم وصّل بمقاومة فسيمر تيار كهربائي في الدائرة. توضح الدائرة الكهربائية في الشكل ٤–٢ إحدى الطرائق التي يمكن من خلالها التحقق من ذلك:



الشكل ٤–٢: للسؤال ٤. توضح الدائرة الكهربائية إحدى طرائق استقصاء التيار الكهربائي.

عندما يكون المفتاح إلى اليسار، يصبح لوحا المكثف مشحونَين، ولا توجد مقاومة في الدائرة الكهربائية، لذلك سيُشحن المكثف على الفور.

أ. ما مقدار فرق الجهد الكهربائي بين لوحَي المكثف عندما يكون مشحونًا بالكامل؟

.....

.....

ب. احسب شحنة كل من لوحَي المكثف.

.....

.....

.....

ج. عند نقل المفتاح إلى اليمين سيصبح لدينا دائرة كهربائية من مكثف ومقاومة.

١. ما مقدار فرق الجهد الكهربائي الابتدائي بين طرفَي المقاومة؟

.....

٢. ما مقدار شدة التيار الكهربائي المارّ في الدائرة لحظة توصيل المفتاح؟

.....

.....

٣. ما متوسط الشحنة الكهربائية التي تغادر المكثف في (1.0 s)؟ احسب مقدار الشحنة الكهربائية الجديدة المخزنة.

.....

.....

٤. استخدم إجابتك عن الجزئية (٣) لحساب فرق الجهد الكهربائي بين لوحَي المكثف بعد (1.0 s).

.....

.....

٥. استخدم إجابتك عن الجزئية (٤) لحساب شدة التيار الكهربائي المارّ في الدائرة بعد (1.0 s).

.....

.....

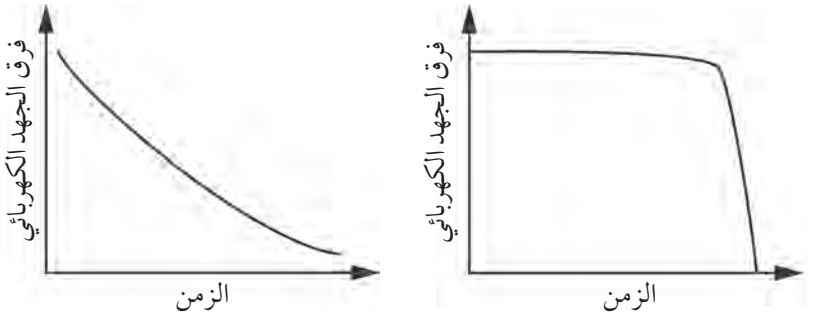
د. اشرح سبب انخفاض شدة التيار الكهربائي.

.....

.....

٥. من المفيد التفكير في أن المكثف مشابه للبطارية القابلة لإعادة الشحن، فبمجرد أن يتم شحنه، يمكن للمكثف أن يوفر مصدرًا للقوة الدافعة الكهربائية في دائرة ما مطلقًا شحنة كهربائية لتكوين تيار كهربائي، ومع ذلك هناك فرق مهم جدًا بين المكثف والبطارية القابلة لإعادة الشحن.

يوضح التمثيلان البيانيان في الشكل ٤–٣ كيف يتغير فرق الجهد الكهربائي بين لوحَي مكثف وبين طرفَي بطارية قابلة لإعادة الشحن بمرور الزمن عندما يتم توصيلهما بمقاومة، ولكن لم يتم تحديد أيهما يخصّ المكثف وأيهما يخصّ البطارية.



التمثيل البياني (ب) التمثيل البياني (أ)

الشكل ٤–٣: للسؤال ٥. تمثيلان بيانيان لفرق الجهد الكهربائي مقابل الزمن.

أ. حدّد أيّ التمثيلَين البيانيَّين (أ) أم (ب) يمثل سلوك المكثف. اشرح إجابتك.

.....

.....

ب. إذا تمّ توصيل مكثف بمقاومة كبيرة، فهل سيتم تفريغه ببطء أم بسرعة؟ اشرح إجابتك.

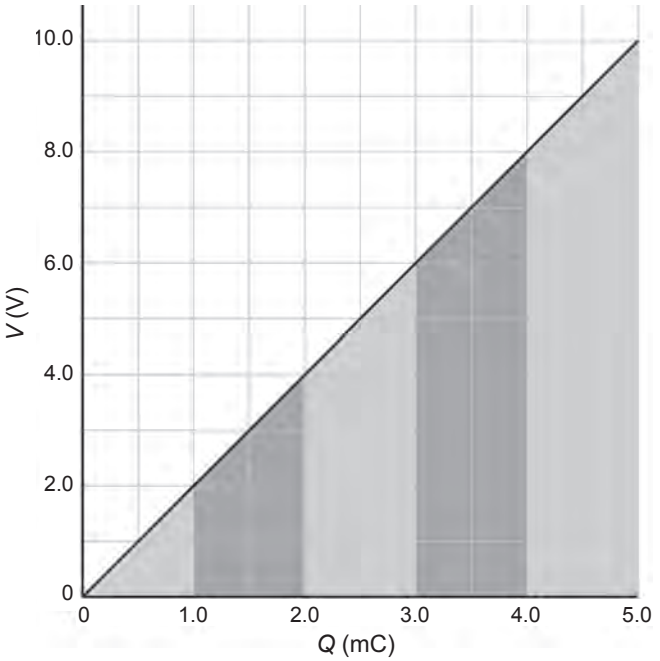
.....

.....

نشاط ٤-٢ الطاقة المخزنة بواسطة مكثف مشحون

يجب أن يتم بذل شغل ما لشحن مكثف، وهذا يعني أن المكثف هو مخزن للطاقة الكهربائية ويمكن استعادتها عند تفريغه. يوفر هذا النشاط تدريبًا على حساب الشحنة الكهربائية وفرق الجهد الكهربائي والطاقة المخزنة بواسطة مكثف.

١. يوضح التمثيل البياني في الشكل ٤-٤ كيف أن فرق الجهد الكهربائي (*V*) يزداد بين لوحَي مكثف سعته (0.50 mF) مع ازدياد الشحنة الكهربائية (*Q*) على كل من لوحَيه:



الشكل ٤-٤: للسؤال ١. تمثيل بياني يوضح العلاقة بين فرق الجهد الكهربائي *V* بين لوحَي مكثف والشحنة الكهربائية *Q* على كل من لوحَيه.

أ. منحنى التمثيل البياني عبارة عن خط مستقيم. فكّر في المعادلة: $C = \frac{Q}{V}$ ما الكميّة التي يمثلها ميل منحنى التمثيل البياني؟

.....

.....

ب. يُقسّم التمثيل البياني إلى أعمدة، تمثل مساحة كل عمود الشغل المبذول في نقل شحنة كهربائية مقدارها (1.0 mC) إلى المكثف. «العمود» الأول مثلّث الشكل. تُمثّل مساحته الشغل الذي تمّ إنجازه في نقل أول (1.0 mC) إلى المكثف. احسب مساحة هذا العمود (ملاحظة: الإجابة ستكون بوحدة mJ لأن (*Q*) بوحدة mC).

.....

.....

ج. احسب مساحة العمود الثاني. بكم مرّة سيكون هذا العمود أكبر عن العمود الأول؟

.....

.....

.....

د. اشرح ما تمثله مساحة العمود الثاني.

.....

.....

.....

هـ. اشرح سبب وجوب القيام بالمزيد من الشغل لدفع شحنة أخرى مقدارها (1.0 mC) إلى لوح المكثف.

.....

.....

.....

و. من التمثيل البياني استنتج مقدار الشغل المبذول في شحن المكثف ليصبح فرق الجهد الكهربائي بين لوحَيه (8.0 V). اشرح الطريقة التي اتبعتها.

.....

.....

.....

٢. الطاقة المخزنة بواسطة مكثف سعته (C) وفرق الجهد الكهربائي بين لوحَيه (V) تعطى بالمعادلة:

$$W = \frac{1}{2} QV$$

ويمكن إيجاد الطاقة المخزنة في مكثف من المساحة الواقعة تحت منحنى التمثيل البياني لـ (V) مقابل (Q).

أ. شُحن مكثف ليصبح فرق الجهد الكهربائي بين لوحَيه (6.0 V) والشحنة الكهربائية المخزّنة على كل لوح (300 μC). احسب سعة المكثف والطاقة التي خزّنها.

.....

.....

ب. المعادلة التي تحدد السعة هي:

$$C = \frac{Q}{V}$$

استخدم هذه المعادلة لإثبات أنه يمكننا كتابة معادلة الطاقة المخزنة بالصيغة:

$$W = \frac{1}{2} CV^2$$

.....

.....

ج. مكثف سعته (20 μF) شُحن حتى أصبح فرق الجهد الكهربائي بين لوحَيه (240 V). احسب الطاقة المخزّنة.

.....

.....

د. يُبذل (200 mJ) من الشغل في شحن مكثف ليصبح فرق الجهد الكهربائي بين لوحَيه (120 V). احسب سعته.

.....

.....

نشاط ٤-٣ توصيل المكثفات على التوالي وعلى التوازي

قد يتم توصيل مكثفَين معًا لذلك من المفيد أن تكون قادرًا على حساب السعة المكافئة لهما، وقد ترغب في توصيل مكثفَين أو أكثر معًا للحصول على قيمة معيّنة للسعة المكافئة. هذا نشاط يخصّ توصيل المكثفات بطرائق مختلفة.

١. فيما يلي معادلتا السعة المكافئة في حالة توصيل المكثفات:

على التوالي: $\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \ldots$

على التوازي: $C_T = C_1 + C_2 + C_3 + \ldots$

أ. ما السعة المكافئة لمكثفَين سعتهما (10 pF) موصلَين على التوازي؟

.....

ب. احسب السعة المكافئة لمكثفين سعتهما (10 pF) موصلَين على التوالي.

.....

.....

مهمّ

عند توصيل المكثفات على التوازي، يجب أن تكون السعة المكافئة لها أكبر من قيمة أكبر سعة للمكثفات التي تم توصيلها.

ج. حدد عدد المكثفات ذات الـ (10 pF) التي يجب توصيلها على التوازي للحصول على سعة مكافئة مقدارها (50 pF).

.....

.....

مهمّ

عند توصيل المكثفات على التوالي، يجب أن تكون السعة المكافئة لها أقل من قيمة أصغر سعة للمكثفات التي تم توصيلها.

د. احسب السعة المكافئة لعدد المكثفات ذات الـ (10 pF) التي حصلت عليها في الجزئية (ج) إذا كانت موصلة على التوالي.

.....

.....

هـ. ثلاث مكثفات لها السعات الآتية (10 pF) و (50 pF) و (200 pF) موصلة على التوازي. احسب سعتها المكافئة.

.....

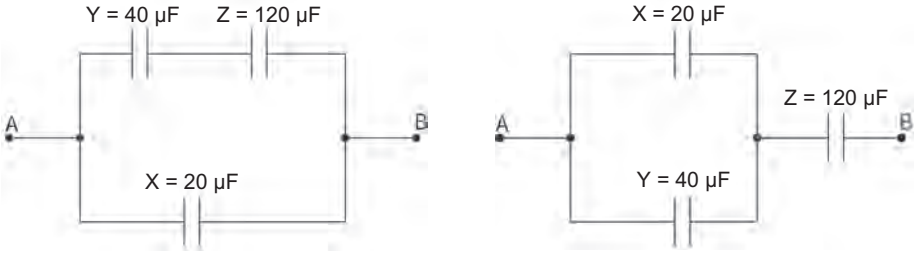
.....

و. وصّلت المكثفات الثلاثة في الجزئية (هـ) على التوالي. احسب سعتها المكافئة.

.....

.....

٢. توضح الدائرتان الكهربائيتان في الشكل ٤–٥ ثلاثة مكثفات موصلة بعضها ببعض. عليك أن تجد السعة المكافئة لمجموعة المكثفات بين A و B في الحالتَين.



الدائرة 2 الدائرة 1

الشكل ٤–٥: للسؤال ٢. دائرتان كهربائيتان توضحان ثلاثة مكثفات موصلة بطرائق مختلفة.

أ. بالنسبة إلى الدائرة 1

١. احسب أولًا السعة المكافئة لـ X و Y (لاحظ ما إذا كان المكثفان موصلَين على التوالي أم على التوازي واستنتج السعة المكافئة).

.....

.....

٢. قرّر الآن ما إذا كان المكثفان X و Y موصلَين على التوالي أم على التوازي مع المكثف Z واحسب السعة المكافئة بين طرفَي A و B.

.....

.....

ب. انظر إلى الدائرة 2.

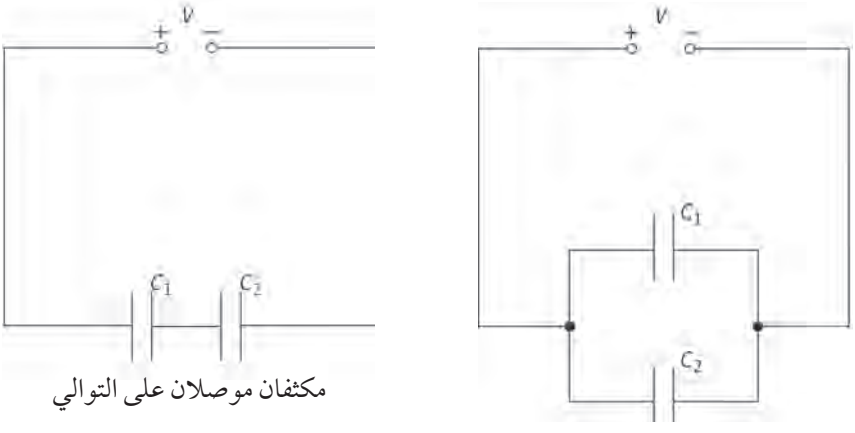
تمّ توصيل المكثفات الثلاثة نفسها معًا، ولكن بطريقة مختلفة. احسب السعة المكافئة بين طرفَي A و B. اتبع الطريقة نفسها كما في الجزئية (أ: ١ و ٢).

.....

.....

٣. يتعلق هذا السؤال بطريقة استنتاج معادلة السعة المكافئة للمكثفات الموصلة على التوالي أو على التوازي.

توضح الدائرتان الكهربائيتان في الشكل ٤-٦ مكثفَين C_1 و C_2، موصلَين مرّة على التوازي ومرّة على التوالي.



مكثفان موصلان على التوالي

مكثفان موصلان على التوازي

الشكل ٤-٦: للسؤال ٣. دائرتان كهربائيتان تظهران مكثفَين C_1 و C_2، موصلَين على التوازي وعلى التوالي.

للمكثفَين الموصلَين على التوازي:

أ. ما الكمية التي تكون نفسها: فرق الجهد الكهربائي (V) بين لوحَيهما، أم الشحنة الكهربائية (Q) على لوحَيهما؟ اشرح إجابتك.

.....

.....

.....

ب. استنتج تعبيرًا للشحنة الكهربائية الكلية على المكثفَين.

.....

.....

ج. استنتج معادلة السعة المكافئة للمكثفَين.

.....

.....

للمكثفَين الموصلَين على التوالي:

د. ما الكمية التي تكون نفسها: فرق الجهد الكهربائي (V) بين لوحَيهما، أم الشحنة الكهربائية (Q) على لوحيَهما؟ اشرح إجابتك.

.....

.....

.....

هـ. استنتج معادلة فرق الجهد الكهربائي بين لوحَي المكثفَين.

.....

.....

و. استنتج معادلة السعة المكافئة للمكثفَين.

.....

.....

٤. تتعلق العبارات الآتية بتوصيل مكثفَين، لكل عبارة حدّد ما إذا كان المكثفان موصلَين على التوالي أم على التوازي:

أ. السعة المكافئة أقل من أي من السعات الفردية.

.....

ب. السعة المكافئة أكبر من أي من السعات الفردية.

.....

ج. فرق الجهد الكهربائي للمصدر يجزّأ بين المكثفَين.

.....

د. فرق الجهد الكهربائي بين لوحَي أحد المكثفَين أكبر من فرق الجهد الكهربائي بين لوحَي الآخر.

.....

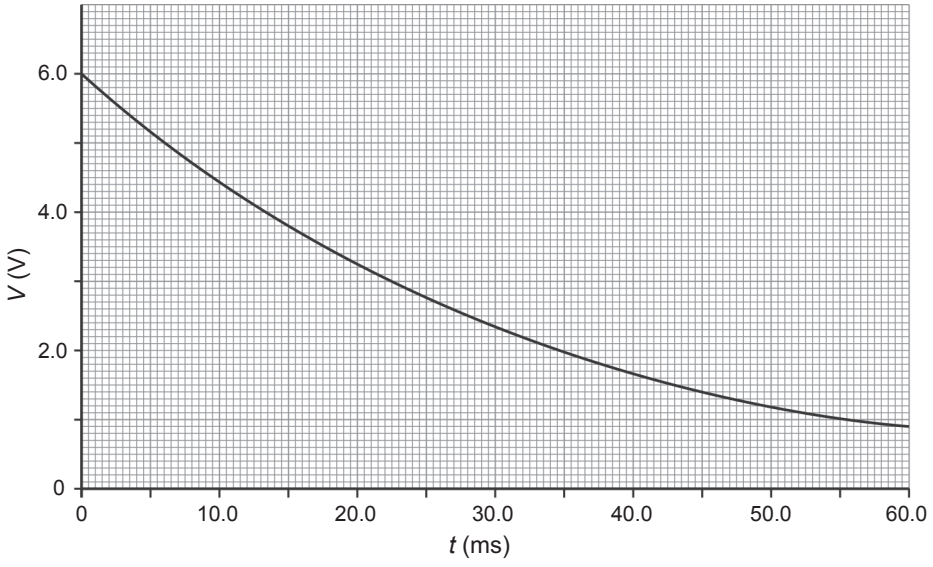
هـ. يكون لأحد المكثفَين شحنة كهربائية على لوحَيه أقل من الشحنة الكهربائية للمكثف الآخر.

.....

نشاط ٤-٤ تفريغ المكثفات

في هذا النشاط يمكنك دراسة التمثيلات البيانية التي تمّ الحصول عليها عند تفريغ مكثف من خلال مقاومة، هذه طريقة مفيدة لتحديد سعة المكثف. يمنحك هذا النشاط تدريبًا على استخدام الدالة الأسّية في المعادلة التي توضح كيف تضمحل شدة التيار الكهربائي وفرق الجهد الكهربائي والشحنة الكهربائية بمرور الزمن.

١. يوضح التمثيل البياني في الشكل ٤-٧ كيف يتغير فرق الجهد الكهربائي بين لوحَي مكثف بمرور الزمن عندما يكون موصلًا بمقاومة مقدارها (10 kΩ).



الشكل ٤-٧: للسؤال ١. تمثيل بياني يوضح كيف يتغير فرق الجهد الكهربائي بين لوحَي مكثف بمرور الزمن عندما يكون موصلًا بمقاومة 10 kΩ.

أ. احسب شدة التيار الكهربائي الابتدائية في المقاومة، وشدة التيار عند الزمن (t = 5.0 ms) ومتوسط شدة التيار في المقاومة بين الزمنَين (t = 0 ms) و (t = 5.0 ms).

.....

.....

.....

ب. باستخدام إجابتك لمتوسط شدة التيار الكهربائي في الجزئية (أ)، احسب مقدار الشحنة الكهربائية التي تدفقت عبر المقاومة في زمن قدره (5.0 ms).

.....

.....

.....

ج. انخفض فرق الجهد الكهربائي في أول (5.0 ms) بمقدار (0.8 V) تقريبًا. استخدم هذه القيمة وإجابتك عن الجزئية (ب) لتقدير قيمة سعة المكثف.

.....

.....

.....

د. حدّد **الثابت الزمني** للدائرة.

.....

.....

هـ. استخدم إجابتك عن الجزئية (د) وأن الثابت الزمني للدائرة $\tau = RC$ لحساب سعة المكثف.

.....

.....

.....

مهمّ

بالنسبة إلى الجزئية (د)، استخدم فكرة أن فرق الجهد الكهربائي في هذا الزمن ينخفض إلى $\frac{1}{e}$ أو 37% من قيمته الابتدائية. ملاحظة: محور الزمن بوحدة ms.

مصطلحات علمية

الثابت الزمني Time constant: الثابت الزمني (τ) لدائرة تتكوّن من مكثف – مقاومة يساوي (RC)، وهو يساوي الزمن الذي يستغرقه التيار الكهربائي في الدائرة لينخفض إلى $\frac{1}{e}$ من قيمة شدة التيار الكهربائي الابتدائي، حيث (e) هي الدالة الأسّية.

و. ارسم مخططَين بيانييَّن لتوضيح كيف تتغير كلّ من شحنة المكثف وشدة التيار الكهربائي في المقاومة مع مرور الزمن.

٢. يتم شحن مكثف سعته (2000 μF) ليصبح فرق الجهد الكهربائي بين لوحَيه (9.0 V) ثم يتم تفريغه من خلال مقاومة مقدارها (100 kΩ).

احسب:

أ. الشحنة الكهربائية الابتدائية المخزنة بواسطة المكثف.

.....

.....

.....

ب. شدة التيار الابتدائية لحظة التفريغ.

.....

.....

.....

ج. الثابت الزمني للدائرة.

.....

.....

.....

د. فرق الجهد الكهربائي بين لوحَي المكثف بعد زمن يساوي الثابت الزمني.

.....

.....

.....

هـ. شدة التيار الكهربائي المارّ في المقاومة بعد زمن يساوي الثابت الزمني.

.....

.....

.....

و. الشحنة الكهربائية المخزّنة بواسطة المكثف بعد زمن يساوي الثابت الزمني.

.....

.....

.....

٣. يتم شحن مكثف سعته (400 μF) ليصبح فرق الجهد الكهربائي بين لوحَيه (10 V) ثم يتم تفريغه من خلال مقاومة (100 kΩ). استخدم الصيغة $x = x_0\, e^{-(t/RC)}$، حيث يجب أن تكون (x) و (x_0) عبارة عن شحنة كهربائية أو فرق جهد كهربائي أو شدة تيار كهربائي.

احسب:

أ. فرق الجهد الكهربائي بين لوحَي المكثف بعد (20 s).

.....

.....

.....

ب. شدة التيار الكهربائي بعد (20 s).

.....

.....

.....

ج. فرق الجهد الكهربائي بين لوحَي المكثف بعد (60 s).

.....

.....

.....

د. الشحنة الكهربائية على لوحَي المكثف بعد (60 s).

.....

.....

.....

هـ. الزمن المستغرق لهبوط فرق الجهد الكهربائي بين لوحَي المكثف إلى (5.0 V).

.....

.....

.....

مهمّ

يجب عليك استخدام لوغاريتم الأساس (e) ثم $\ln\left(\frac{x}{x_0}\right) = \frac{-t}{RC}$.

الاستقصاءات العملية

استقصاء عملي ٤-١: تحديد سعة مكثف في دائرة تيار كهربائي مستمر

أهداف الاستقصاء العملي

- جمع الملاحظات والقياسات والتقديرات وتسجيلها وتقديمها.
- تحليل البيانات الناتجة من التجارب للوصول إلى استنتاجات وتفسيرها.
- تقييم الأساليب واقتراح التحسينات.

يتم شحن مكثف عن طريق توصيل مصدر للقوة الدافعة الكهربائية (e.m.f) بين لوحَيه، ثم يتم تفريغه خلال مقاومة كهربائية.

ستحتاج إلى

الموادّ والأدوات:

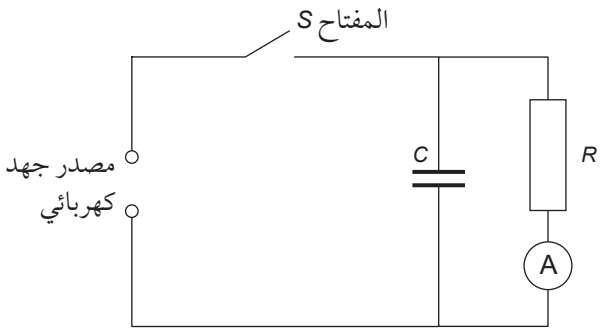
- مكثف.
- مقاومة (100 kΩ).
- أميتر (0–100 μA).
- مصدر جهد كهربائي.
- مفتاح.
- أسلاك توصيل.

⚠ احتياطات الأمان والسلامة

- تأكّد من قراءة احتياطات الأمان والسلامة في بداية هذا الكتاب، واستمع لنصائح معلّمك قبل تنفيذ هذا الاستقصاء.
- يجب استخدام مصدر جهد كهربائي منخفض.
- تأكد من صحة قطبية المكثف (توصيله بشكل صحيح).
- لا تلمس لوحَي المكثف خلال فترة تنفيذ التجربة.

الطريقة

١. قم بتركيب الدائرة الموضحة في الشكل ٤–٨. ستحتاج إلى التأكد من أن المكثف موصل بشكل صحيح.



الشكل ٤–٨: للسؤال ١. دائرة مكثف ومقاومة.

٢. أغلق المفتاح *S*.

٣. قم بقياس وتسجيل شدة التيار الكهربائي، وهذه هي شدة التيار عند: (t = 0).

٤. افتح المفتاح *S*.

٥. قم بقياس شدة التيار الكهربائي (I) كل (10 s)، وسجل القياسات في جدول تسجيل النتائج ٤–١.

٦. قم بتضمين قيمة عدم اليقين المطلقة في قراءاتك لشدة التيار الكهربائي.

مهمّ

تأكد من صحة قطبية الأميتر والمكثف.

النتائج

R = ...

t (s)	I (μA)	ln I (μA)
	±	±
	±	±
	±	±
	±	±
	±	±
	±	±
	±	±
	±	±

الجدول ٤–١: جدول تسجيل النتائج.

مهمّ

انظر إلى الملحق في نهاية كتاب التجارب العملية والأنشطة للحصول على إرشادات حول كيفية حساب عدم اليقين في كمية ما عند استخدام اللوغاريتمات.

التحليل والاستنتاج والتقييم

أ. احسب قيمة ln I (μA) ودوّنها في جدول تسجيل النتائج ٤–١. قم بتضمين قيم عدم اليقين في ln I.

ب. ارسم تمثيلًا بيانيًا لـ ln I (μA) على المحور (y) مقابل t (s) على المحور (x).

ج. من خلال العلاقة بين (I) و (t):

$$I = I_0 \, e^{-\frac{t}{RC}}$$

حيث (C) هي سعة المكثف و (R) هي مقدار المقاومة.

أعِد ترتيب المعادلة للحصول على $\ln I$

$\ln I =$ .....

د. باستخدام المعادلة في الجزئية (ج)، احسب ميل ونقطة تقاطع الخط المستقيم مع المحور الصادي في التمثيل البياني لـ $\ln I$ مقابل (t) بدلالة (C) و (R) و (I_0).

الميل = ... نقطة التقاطع = ...

هـ. استخدم قيمة عدم اليقين في قيم $\ln I$ لرسم أشرطة الخطأ على منحنى التمثيل البياني. ارسم الخط المستقيم الأفضل ملاءمة والخط المستقيم الأسوأ ملاءمة.

و. حدّد ميل الخط المستقيم الأفضل ملاءمة وميل الخط الأسوأ ملاءمة (لا تحتاج إلى إعطاء وحدات). قدر قيمة عدم اليقين في قيمة الميل.

ميل الخط الأفضل ملاءمة =.....

ميل الخط الأسوأ ملاءمة =.....

قيمة عدم اليقين في الميل =.....

ز. حدّد نقطة التقاطع مع المحور (y) للخط الأفضل ملاءمة ونقطة التقاطع مع المحور (y) للخط الأسوأ ملاءمة (لا تحتاج إلى إعطاء وحدات). قم بتقدير قيمة عدم اليقين في قيمة نقطة تقاطع مع المحور (y).

نقطة تقاطع الخط الأفضل ملاءمة مع المحور (y) = ...

نقطة تقاطع الخط الأسوأ ملاءمة مع المحور (y) = ...

قيمة عدم اليقين في نقطة التقاطع مع المحور (y) = ...

ح. باستخدام قيم الميل ونقطة التقاطع مع المحور (y) وقيمة (R)، حدد قيمتَي (C) و (I_0).

C = ... I_0 = ...

ط. حدّد النسبة المئوية لعدم اليقين لكل من (C) و (I_0).

النسبة المئوية لعدم اليقين في C = % .....

النسبة المئوية لعدم اليقين في I_0 = % .....

ي. اذكر مصادر عدم الضبط التي واجهتك في تحديد قيمة (C).

.....

.....

.....

.....

مهمّ

ضع في اعتبارك الكميّات المستخدمة لرسم التمثيل البياني وتحديد C.

ك. اشرح تأثير ذلك على قيمتَي (C) و (I_0).

.....

.....

.....

.....

أسئلة نهاية الوحدة

١. أ. عرّف السعة الكهربائية.

ب. مكثف سعته (200 μF) وصل على التوالي بمقاومة مقدارها (4.0 kΩ) ومصدر جهد كهربائي (240 V).

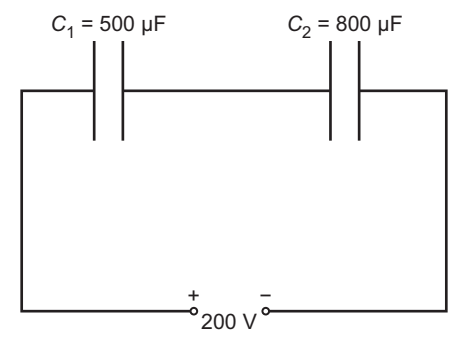
١. حدد شدة التيار الكهربائي الابتدائية في الدائرة.

٢. احسب الشحنة الكهربائية على كل من لوحَي المكثف عندما تهبط شدة التيار الكهربائي في الدائرة إلى (0 A).

٣. احسب الشغل المبذول في شحن المكثف.

٤. وضح بيانيًا كيف يتغير فرق الجهد الكهربائي مع ازدياد شحنة المكثف.

٢. يوضح الشكل ٤–٩ مكثفَين، (C_1) و (C_2)، متصلَين بمصدر جهد كهربائي:



الشكل ٤–٩

احسب:

أ. السعة المكافئة لـ (C_1) و (C_2) عند توصيلهما بهذه الطريقة.

ب. الشحنة الكهربائية على لوحَي كل من المكثفَين.

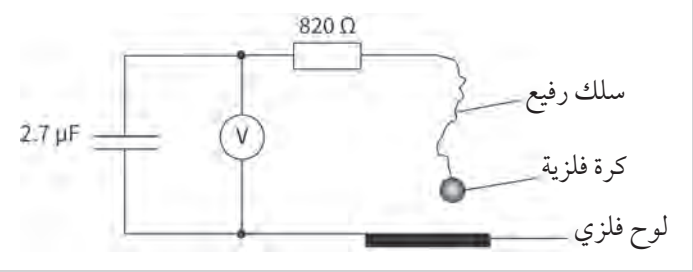
٣. يضيء المصباح الموجود في بطارية بومضة سريعة عند توصيله بمكثف مشحون سعته (470 μF) قبل أن يطفأ من جديد. يتم توصيل المكثف في البداية بفرق جهد كهربائي (30 V) ولكن قبل توصيله بالمصباح يتم فصله عن المصدر. مقاومة المصباح أثناء التفريغ (1.4 Ω). يتوقف انبعاث الضوء من المصباح عندما ينخفض فرق الجهد الكهربائي بين لوحَي المكثف إلى (2.0 V). احسب:

أ. الطاقة التي حرّرها المكثف عندما انخفض فرق الجهد الكهربائي بين لوحَيه من (30 V) إلى (2.0 V).

ب. الزمن الذي استغرقه وميض الضوء.

تابع

٤. يقيس حمود زمن التلامس لكرة فلزية ترتد عن لوح فلزي في الدائرة الموضحة في الشكل ٤–١٠.



الشكل ٤–١٠

يتم شحن المكثف أولًا عن طريق وصله ببطارية لفترة وجيزة، ثم يحرر حمود الكرة ويسجل قراءة الڤولتميتر قبل وبعد ارتداد الكرة مباشرة عن اللوح.

أ. ١. اشرح المقصود بالثابت الزمني لمكثف يتم تفريغه من خلال مقاومة.

٢. احسب الثابت الزمني للدائرة الموضحة.

ب. اشرح سبب انخفاض قراءة الڤولتميتر من دون أن تصل إلى الصفر.

ج. في إحدى التجارب كانت قراءة الڤولتميتر (5.0 V) قبل أن تلمس الكرة اللوح و (2.5 V) بعد ارتدادها مباشرة، احسب الزمن الذي تلامست خلاله الكرة مع اللوح.

د. لقياس زمن التلامس الأطول، يستخدم حمود مكثفًا بسعة (2.2 μF) بالإضافة إلى مكثف بسعة (2.7 μF).

١. احسب السعة الكلية للمكثفَين عند توصيلهما على التوالي وعلى التوازي.

٢. باستخدام أفكار حول الثابت الزمني حدّد أيّ طريقتَي توصيل المكثفين – على التوالي أم على التوازي – تسمح بقياس زمن تلامس أطول. اشرح إجابتك.

المغناطيسية والحث الكهرومغناطيسي

Magnetism and Electromagnetic Induction

أهداف التعلّم

٥-١ يطبق مفهوم أن المجال المغناطيسي مثال على مجال القوة الناتج من: الشحنات الكهربائية المتحركة أو من المغناطيس الدائم.

٥-٢ يمثل المجالات المغناطيسية المتولدة حول سلك مستقيم وملف دائري وملف حلزوني (ملف لولبي) بخطوط المجال المغناطيسي.

٥-٣ يستخدم المعادلة $F = BIL \sin\theta$، ويحدد الاتجاهات باستخدام قاعدة فليمنج لليد اليسرى.

٥-٤ يعرّف كثافة الفيض المغناطيسي على أنها القوة المؤثرة لكل وحدة تيار كهربائي لكل وحدة طول من سلك موضوع بزاوية قائمة على المجال المغناطيسي.

٥-٥ يصف الملاحظات الآتية للتجارب ويشرحها:

- الفيض المغناطيسي المتغيّر يمكن أن يولد قوة دافعة كهربائية مستحثة في دائرة كهربائية.
- القوة الدافعة الكهربائية المستحثة تكون في الاتجاه المعاكس للتغيّر الذي أنتجها.
- العوامل التي تؤثر على مقدار القوة الدافعة الكهربائية المستحثة (التأثيرية).

٥-٦ يعرّف الفيض المغناطيسي على أنه حاصل ضرب كثافة الفيض المغناطيسي في مساحة المقطع العرضي العمودية على اتجاه كثافة الفيض المغناطيسي.

٥-٧ يستخدم المعادلة $\Phi = \vec{B}\vec{A}$ ويحلّل $\vec{B}$ إلى مركّبتها العمودية باستخدام $\Phi = BA\cos\theta$.

٥-٨ يصف مفهوم الفيض المغناطيسي الكليّ ويستخدمه، بما في ذلك استخدام معادلة الفيض المغناطيسي الكليّ: $BAN\cos\theta$.

٥-٩ يحلّل التيار الكهربائي المستحث باستخدام قاعدة فليمنج لليد اليمنى.

٥-١٠ يذكر نص قانون فاراداي ونص قانون لنز للحث الكهرومغناطيسي ويستخدم المعادلة $\varepsilon = -\frac{\Delta(N\Phi)}{\Delta t}$.

كثافة الفيض المغناطيسي = $\frac{\text{القوة المغناطيسية}}{\text{شدة التيار الكهربائي} \times \text{طول السلك}}$

$B = \frac{F}{IL}$

الفيض المغناطيسي: $\Phi = BA\cos\theta$

الفيض المغناطيسي الكلي: $N\Phi = BAN\cos\theta$

القوة الدافعة الكهربائية المستحثة: $\varepsilon = -\frac{\Delta(N\Phi)}{\Delta t}$

الأنشطة

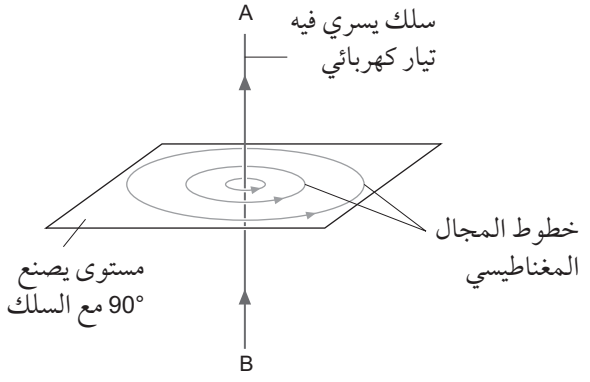
نشاط ٥-١ خطوط المجال المغناطيسي

نستخدم خطوط المجال المغناطيسي لتمثيل شدة **المجال المغناطيسي** واتجاهه. هذا النشاط يتيح لك التدرب على رسم خطوط المجال المغناطيسي وتفسيرها.

مصطلحات علمية

المجال المغناطيسي Magnetic field:
مجال قوة يتعرض فيه مغناطيس ما أو سلك حامل لتيار كهربائي أو شحنة كهربائية متحركة لقوة ما.

١. كلّ سلك يحمل تيارًا كهربائيًا يحاط بمجال مغناطيسي. يوضح الشكل ٥-١ سلكًا طويلًا مستقيمًا يتدفق عبره تيار كهربائي باتجاه الأعلى من B إلى A:



الشكل ٥-١: للسؤال ١. سلك طويل مستقيم يحمل تيارًا كهربائيًا باتجاه الأعلى من B إلى A.

أ. صِف شكل خطوط المجال المغناطيسي.

.....

.....

.....

ب. حدّد ما إذا كانت خطوط المجال المغناطيسي هذه – عند رؤيتها من النقطة A – تدور في اتجاه عقارب الساعة أم عكس اتجاه عقارب الساعة.

.....

.....

ج. أين تكون شدة المجال المغناطيسي أكبر ما يمكن؟ صِف كيف تمّ تمثيل ذلك في الشكل ٥-١.

.....

.....

.....

د. صِف كيف سيتغير الشكل إذا انعكس اتجاه التيار الكهربائي.

.....

.....

.....

هـ. صِف كيف سيتغير الشكل إذا ازدادت شدة التيار الكهربائي.

.....

.....

.....

٢. يمكن تحديد اتجاه خطوط المجال المغناطيسي حول موصلٍ حاملٍ لتيار كهربائي على النحو الآتي:

- تخيل أنك تمسك السلك بلف أربع أصابع حوله.
- وجّه الإبهام على طول السلك.

أ. ما القاعدة التي يجب أن تستخدم لهذا الغرض؟

.....

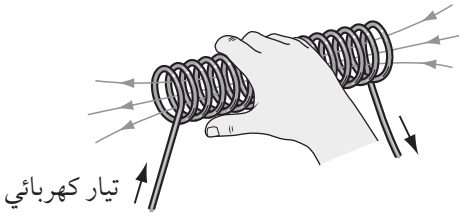
ب. إلامَ يشير اتجاه الإبهام؟

.....

ج. علامَ يدل اتجاه الأصابع الملتفة حول السلك؟

.....

٣. يمكن توليد مجال مغناطيسي أقوى عن طريق لف سلك لتشكيل ملف حلزوني. يوضح الشكل ٥-٢ كيفية تحديد اتجاه خطوط المجال المغناطيسي داخل ملف حلزوني:



الشكل ٥-٢: للسؤال ٣. كيفية تحديد اتجاه خطوط المجال المغناطيسي داخل ملف حلزوني.

أ. ما القاعدة التي يجب أن تستخدم لهذا الغرض؟

.....

ب. إلامَ يشير اتجاه الإبهام؟

.....

ج. ما اتجاه الأصابع الملتفة؟

.....

د. اكتب ثلاث طرائق يمكنك من خلالها زيادة شدة المجال المغناطيسي داخل الملف.

.....

.....

هـ. إذا وُضِع ملف حلزوني ثانٍ مماثل باتجاه التيار نفسه مباشرةً على يسار الملف الموضح في الشكل، فهل سيتجاذب الملفان الحلزونيان أم سيتنافران؟ اشرح إجابتك.

.....

.....

.....

و. كيف يمكنك عكس اتجاه القوة الناشئة بين الملفَّين الحلزونيَّين؟

.....

.....

.....

نشاط ٥-٢ القوة المؤثرة على سلك يسري فيه تيار كهربائي

يوجد مجال مغناطيسي حول أي سلك يسري فيه تيار كهربائي، وعندما يكون اتجاه التيار الكهربائي غير موازٍ للمجال المغناطيسي، يتفاعل المجالان لإنتاج قوة تؤثر على التيار الكهربائي. ستتدرب في هذا النشاط على حساب القوى المغناطيسية وتحديد اتجاهاتها.

١. يوضح الشكل ٥-٣ سلكًا يحمل تيارًا كهربائيًا (يتجه عموديًا إلى داخل مستوى الورقة)، فالسلك موضوع في مجال مغناطيسي ناتج عن المغناطيسَين.

الشكل ٥-٣: للسؤال ١. سلك يحمل تيارًا كهربائيًا (يتجه عموديًا إلى داخل مستوى الورقة).

أ. ارسم خطوط المجال بين المغناطيسَين.

ب. ارسم خطوط المجال حول سلك التيار الكهربائي.

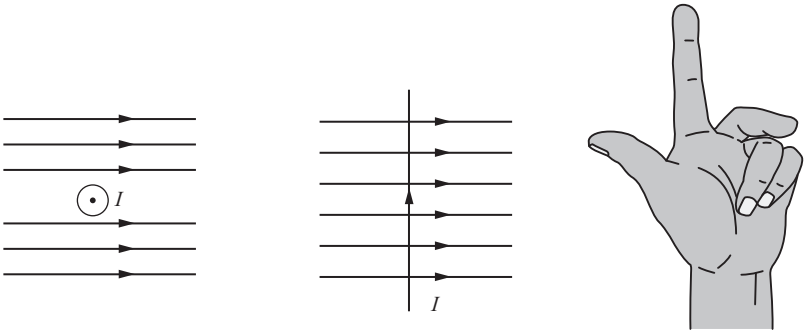
ج. ارسم سهمًا لتوضيح اتجاه القوة المؤثرة على الموصل.

د. استخدم الشكل لشرح سبب تأثير القوة في الاتجاه الذي أظهرته.

.....

.....

٢. لتحديد اتجاه القوة تستخدم **قاعدة فليمنج لليد اليسرى** (الشكل ٥-٤ أ):



(ج) (ب) (أ)

الشكل ٥-٤: للسؤال ٢.

مصطلحات علمية

قاعدة فليمنج لليد اليسرى Fleming's left-hand rule: تُستخدم هذه القاعدة لتحديد اتجاه القوة التي تؤثر على موصل يحمل تيارًا كهربائيًا وموضوع في مجال مغناطيسي خارجي؛ حيث تشير:

- الإبهام: اتجاه الحركة (القوة).
- السبابة: اتجاه المجال المغناطيسي.
- الوسطى: اتجاه التيار الاصطلاحي.

أ. ما الذي يمثله الإبهام والسبابة والوسطى في هذه القاعدة؟

.....

ب. انظر إلى الشكلَين ٥-٤ (ب) و (ج)، وقرر ما إذا كانت هناك قوة تؤثر على الموصل الذي يسري فيه تيار كهربائي وحدّد الاتجاه لكل منهما.

.....

.....

.....

٣. يُحسب مقدار القوة المغناطيسية المؤثرة على موصل يسري فيه تيار كهربائي باستخدام المعادلة: $F = BIL$.

أ. اكتب الكمية التي يمثلها كل رمز في هذه المعادلة، مع تحديد وحدة القياس في النظام الدولي للوحدات (SI) (الاسم والرمز).

.....

.....

.....

ب. تستخدم المعادلة لتعريف التسلا (T). أعد ترتيب المعادلة واستخدمها للتعبير عن التسلا بوحدات النظام الدولي للوحدات الأساسية.

.....

.....

ج. حدّد الكميّات المتجهة في هذه المعادلة.

.....

.....

د. وضّح كيف يجب أن تكون المعادلة إذا كانت هناك زاوية θ بين اتجاه التيار الكهربائي واتجاه الفيض المغناطيسي.

.....

.....

.....

مصطلحات علمية

كثافة الفيض المغناطيسي Magnetic flux density: القوة المؤثرة لكل وحدة تيار كهربائي لكل وحدة طول على سلك موضوع بزاوية قائمة مع المجال المغناطيسي ووحدة قياسها التسلا (T) Tesla.

هـ. احسب القوة المؤثرة على سلك طوله (0.40 m) يمر عبره تيار كهربائي شدته (0.30 A) موضوع بزاوية قائمة مع مجال مغناطيسي **كثافة فيضه** (250 mT).

.....

.....

.....

و. ارسم رسمًا تخطيطيًا لتوضيح كيف يمكن وضع السلك في المجال المغناطيسي بحيث تكون القوة المحصلة المؤثرة عليه تساوي صفرًا.

٤. يمكن تحديد كثافة الفيض المغناطيسي عن طريق قياس القوة المؤثرة على موصل يسري فيه تيار كهربائي موضوع في المجال المغناطيسي.
ملاحظة: كثافة فيض المجال المغناطيسي للأرض تساوي (32 μT) تقريبًا.

أ. سلك من النحاس طوله (10 cm) يحمل تيارًا كهربائيًا شدته (200 mA) وضِعَ بحيث يصنع زاوية قائمة مع مجال مغناطيسي. تبيّن أن القوة المؤثرة على الموصل مقدارها (8.0×10^{-3} N). احسب كثافة فيض المجال المغناطيسي.

.....

.....

.....

ب. احسب القوة المؤثرة على سلك طوله (1.0 m) يحمل تيارًا كهربائيًا شدته (5.0 A) وضع في المجال المغناطيسي للأرض.

.....

.....

.....

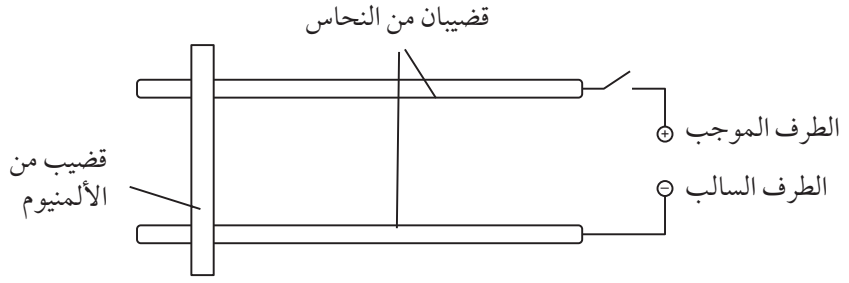
ج. إذا كانت كتلة السلك (20 g)، فاشرح سبب عدم احتمال ملاحظة القوة المغناطيسية المؤثرة على السلك من قبل شخص ما.

.....

.....

.....

٥. يوضح الشكل ٥–٥ تركيبًا يمكن استخدامه لإظهار وجود قوة تؤثر على موصل يحمل تيارًا كهربائيًا موضوعًا في مجال مغناطيسي.



الشكل ٥–٥: للسؤال ٥. قضيبان من النحاس مع قضيب من الألمنيوم موضوع عليهما بزاوية قائمة، ومفتاح وطرفَي مصدر جهد كهربائي.

عندما يُغلَق المفتاح يتدحرج قضيب الألمنيوم إلى اليمين على طول قضيبَي النحاس.

أ. ما اتجاه التيار الكهربائي المار في قضيب الألمنيوم؟

.....

ب. ما اتجاه المجال المغناطيسي الذي يؤثر على قضيب الألمنيوم؟ اشرح كيف تمكّنت من التوصل إلى إجابتك.

.....

.....

.....

نشاط ٥-٣ الفيض المغناطيسي وكثافة الفيض المغناطيسي والفيض المغناطيسي الكلي

يتناول هذا النشاط مصطلحات الفيض المغناطيسي وكثافة الفيض المغناطيسي والفيض المغناطيسي الكلي وبعض تطبيقاتها. من المهم تحديد الزاوية بين ملف ما ومجال مغناطيسي محدّد، وقد تكون هذه الزاوية هي الزاوية بين مستوى الملف والمجال، أو بين العمودي على مستوى الملف (أي محور الملف) والمجال المغناطيسي، وهذه الزوايا مختلفة.

١. طابق المصطلحات بالتعاريف الصحيحة:

المصطلح العلمي	التعريف
الفيض المغناطيسي	الفيض المغناطيسي الذي يمر عبر مساحة ($1\ m^2$) عندما تكون كثافة الفيض المغناطيسي (1 T).
الفيض المغناطيسي الكلي	الفيض المغناطيسي عبر ملف مضروبًا في عدد اللفات.
كثافة الفيض المغناطيسي	كثافة الفيض المغناطيسي عموديًا على الملف مضروبًا في مساحة المقطع العرضي.
الويبر	القوة المؤثرة لكل وحدة تيار كهربائي لكل وحدة طول على سلك موضوع بزاوية قائمة مع المجال المغناطيسي.

الجدول ٥-١: للسؤال ١.

٢. تمثّل المجالات المغناطيسية بخطوط المجال المغناطيسي التي تمر عبر الملفات، وتكون خطوط المجال أحيانًا متقاربة من بعضها وأحيانًا متباعدة.

أ. عرّف كلًا من كثافة الفيض المغناطيسي والفيض المغناطيسي والفيض المغناطيسي الكلي من حيث خطوط المجال المغناطيسي.

.....

.....

.....

ب. ما وحدة قياس كل من الفيض المغناطيسي وكثافة الفيض المغناطيسي والفيض المغناطيسي الكلي؟

.....

.....

ج. عند توصيل الملف الابتدائي لمحوّل مثالي بمصدر تيار كهربائي مستمر. لماذا يتساوى الفيض المغناطيسي عبر الملفَّين الابتدائي والثانوي ويختلف الفيض المغناطيسي الكلي؟ اقترح السبب.

.....

.....

.....

٣. لدى فاطمة حلقة مساحتها ($1.8 \times 10^{-4}\ m^2$)، إذا علمت أنّ كثافة الفيض المغناطيسي للأرض تساوي ($5.0 \times 10^{-5}\ T$) تقريبًا:

أ. صِف كيف يمكن أن تضع فاطمة هذه الحلقة بحيث يكون **الفيض المغناطيسي** عبرها أكبر ما يمكن.

.....

.....

.....

ب. احسب القيمة القصوى للفيض المغناطيسي عبر الحلقة.

.....

.....

.....

ج. اشرح سبب تساوي **الفيض المغناطيسي الكلي** والفيض المغناطيسي عبر الحلقة.

.....

.....

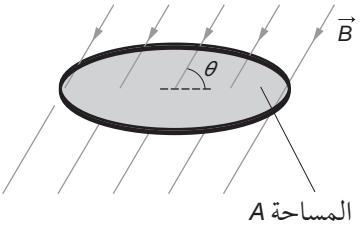
.....

مصطلحات علمية

الفيض المغناطيسي Magnetic flux: حاصل ضرب كثافة الفيض المغناطيسي في مساحة المقطع العرضي العمودية على اتجاه كثافة الفيض المغناطيسي. ووحدة قياسه: ويبر Wb وتكافئ $T\,m^2$.

الفيض المغناطيسي الكلي Magnetic flux linkage: حاصل ضرب الفيض المغناطيسي لملف ما في عدد اللفات. ووحدة قياسه: ويبر (Wb).

٤. ملف مسطّح مكوّن من (N) لفة ومساحته (A)، وُضِع بحيث يكون مستواه بزاوية (θ) مع مجال مغناطيسي كثافة فيضه ($\vec{B}$) (الشكل ٥-٦):



الشكل ٥-٦: للسؤال ٤. رسم تخطيطي يوضح ملفًا موضوعًا بحيث يكون مستواه بزاوية مع مجال مغناطيسي كثافة فيضه ($\vec{B}$).

استخدم تعريف الفيض المغناطيسي والفيض المغناطيسي الكلي لتوضيح أن الفيض المغناطيسي الكلي عبر الملف هو $NBA \sin \theta$. لاحظ أن هذا هو تغيير في المعادلة الواردة في كتاب الطالب نظرًا إلى تعريف الزاوية بشكل مختلف.

.....

.....

٥. وُضِع ملف مساحة مقطعه العرضي ($2.5 \times 10^{-4}\ m^2$) في مجال مغناطيسي كثافة فيضه (0.028 T). احسب الفيض المغناطيسي عبر الملف عندما يكون مستوى الملف:

أ. عموديًا على المجال.

.....

.....

.....

ب. يصنع زاوية °0 مع المجال.

.....

.....

.....

ج. يصنع زاوية °30 مع المجال.

.....

.....

.....

٦. وُضِع ملف مربع الشكل طول ضلعه (2.0 cm) ومكوّن من 50 لفة في مجال مغناطيسي كثافة فيضه (2.8×10^{-2} T). احسب الفيض المغناطيسي الكلي الذي يخترق الملف عندما تكون الزاوية بين مستوى الملف والمجال المغناطيسي (35°).

.....

.....

.....

مهمّ

انتبه: يجب أن تكون وحدة المساحة بالـ m^2.

٧. وُضِع ملف مساحة مقطعه العرضي (2.0×10^{-4} m^2) في مجال مغناطيسي كثافة فيضه (0.010 T). والفيض المغناطيسي الكلي عبر الملف يساوي (3.0×10^{-5} Wb). احسب:

أ. الفيض المغناطيسي خلال الملف.

.....

.....

.....

ب. عدد لفات الملف.

.....

.....

.....

نشاط ٥-٤ قانون فاراداي للحث الكهرومغناطيسي وقانون لنز

يمنحك هذا النشاط تدريبًا على تذكّر قانون فاراداي للحث الكهرومغناطيسي وقانون لنز واستخدامهما في حل مسائل.

مصطلحات علمية

قانون فاراداي للحث الكهرومغناطيسي
Faraday's law of electromagnetic induction:
يتناسب مقدار القوة الدافعة الكهربائية المستحثة طرديًا مع معدّل تغيّر الفيض المغناطيسي الكلي.

١. صِف تجربة توضح **قانون فاراداي للحث الكهرومغناطيسي**، يجب عليك تضمين:

أ. رسم تخطيطي معنون للتجربة.

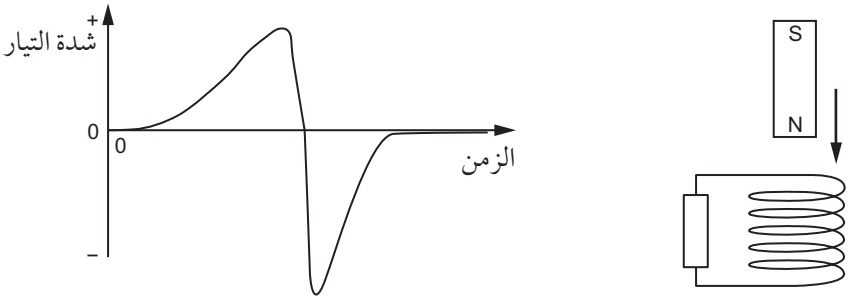
ب. شرح لكيفية توضيح النتائج أو الملاحظات لقانون فاراداي.

.....

.....

.....

٢. يوضح الشكل ٥-٧ (أ) سقوط مغناطيس رأسيًا عبر ملف، ويوضح الشكل ٥-٧ (ب) كيف تتغير شدة التيار الكهربائي المستحث في الملف مع مرور الزمن:



(ب) (أ)

الشكل ٥-٧: للسؤال ٢.

التيار الكهربائي في الملف يجعل الملف مغناطيسًا كهربائيًا.

أ. ما سبب تولد تيار كهربائي من القوة الدافعة الكهربائية المستحثة في الملف؟

.....

.....

ب. عندما يقترب القطب الشمالي N من الجزء العلوي من الملف، حدد ما إذا كان الجزء العلوي من الملف عبارة عن قطب شمالي N أو قطب جنوبي S. اشرح فكرتك باستخدام **قانون لنز**.

.....

.....

ج. عندما يترك القطب الجنوبي S أسفل الملف، حدّد ما إذا كان الجزء السفلي من الملف عبارة عن قطب شمالي N أو قطب جنوبي S. اشرح فكرتك باستخدام قانون لنز.

.....

.....

مصطلحات علمية

قانون لنز Lenz's law: تنشأ أي قوة دافعة كهربائية مستحثة باتجاه معيّن بحيث ينتج عنها تأثيرات تقاوم التغيّر الذي أنتجها.

د. استخدم قانون فاراداي لشرح سبب كون أقصى قيمة سالبة في شدة التيار الكهربائي أكبر مما هي في القيمة من أقصى قيمة موجبة.

.....

.....

.....

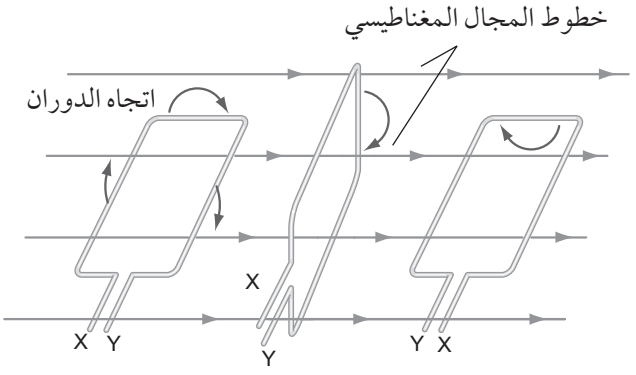
هـ. اذكر تغييرَين يمكن إجراؤهما على التجربة لزيادة شدة التيار الكهربائي الناتج عن القوة الدافعة الكهربائية المستحثة.

.....

.....

.....

٣. يحتوي مولد كهربائي على ملف يدور في مجال مغناطيسي، كما هو موضح في الشكل ٥–٨:



الشكل ٥–٨: للسؤال ٣. ملف يدور في مجال مغناطيسي.

أ. من خلال ما درسته حول الفيض المغناطيسي عبر الملف، اشرح سبب تولد قوة دافعة كهربائية مستحثة في الملف.

.....

.....

.....

ب. باستخدام قانون فاراداي اشرح سبب حصولنا على الحد الأقصى للقوة الدافعة الكهربائية عندما يكون الملف أفقيًا في الشكل ٥–٨.

.....

.....

.....

ج. اذكر طريقتَين يتم من خلالهما زيادة مقدار القوة الدافعة الكهربائية المستحثة. اشرح إجابتك باستخدام ما تعلمته حول الفيض المغناطيسي الكلي وقانون فاراداي.

.....

.....

.....

نشاط ٥-٥ المزيد حول قانون فاراداي

يمنحك هذا النشاط مزيدًا من التدريب في إجراء العمليات الحسابية باستخدام قانون فاراداي.

١. أيّ ثلاث من هذه الوحدات تكافئ ($Wb\ s^{-1}$) وهي وحدة معدل تغير الفيض المغناطيسي الكلي؟

$J\ s^{-1}$ $J\ C^{-1}$ $V\ s^{-1}$ V $T\ m^2\ s^{-1}$ $T\ m^2$

.....

٢. يتكوّن ملف من 50 لفة ومساحة مقطعه العرضي ($8.0 \times 10^{-4}\ m^2$). وُضِع الملف بشكل عمودي على مجال مغناطيسي منتظم مقداره (0.20 T).

أ. احسب الفيض المغناطيسي الكلي من خلال الملف.

.....

.....

ب. احسب القوة الدافعة الكهربائية المستحثة إذا تمّ خفض شدة المجال المغناطيسي إلى صفر في (50 ms). تذكّر أن ($1\ ms = 10^{-3}\ s$).

.....

.....

.....

ج. احسب القوة الدافعة الكهربائية المستحثة إذا تمّ عكس اتجاه المجال المغناطيسي في (50 ms).

.....

.....

.....

٣. ملف مساحة مقطعه العرضي ($2.0 \times 10^{-4}\ m^2$) يتكوّن من 3000 لفة، احسب التغير في كثافة الفيض المغناطيسي كل ثانية، الذي يولد قوة دافعة كهربائية مستحثة مقدارها (12 V) في الملف.

.....

.....

.....

٤. وُضِع ملف مساحة مقطعه العرضي ($1.6 \times 10^{-3}\ m^2$) مكوّن من 200 لفة في مجال مغناطيسي منتظم شدته (0.090 T). إذا أُخرِج الملف من المجال المغناطيسي فإن متوسط القوة الدافعة الكهربائية المستحثة في الملف يبلغ (15 V). قدر الزمن المستغرق لإخراج الملف من المجال المغناطيسي.

.....

.....

.....

٥. وُضِعت حلقة مفردة من سلك مقدار مقاومتها (3.6 Ω) ومساحتها ($6.0 \times 10^{-4}\ m^2$) بشكل متعامد مع مجال مغناطيسي منتظم ناتج عن مغناطيس كهربائي. عندما يتم تشغيل المغناطيس الكهربائي، يستغرق الأمر (0.60 s) للوصول إلى كثافة فيض مغناطيسي مقداره ($5.0 \times 10^{-4}\ T$) داخل الملف.

أ. احسب متوسط شدة التيار الكهربائي الذي يتدفق في الحلقة خلال (0.60 s) بعد تشغيل المغناطيس الكهربائي.

.....

.....

.....

ب. لماذا تكون شدة التيار الكهربائي صفرًا في الحلقة عندما يصبح التيار الكهربائي ثابت الشدة في المغناطيس الكهربائي؟ اشرح إجابتك.

.....

.....

.....

٦. يتغير الفيض المغناطيسي عبر ملف ما بشكل منتظم بمرور الزمن كموجة جيبية. الحد الأقصى لقيمة الفيض عبر الملف هو $(+\Phi_0)$. اشرح سبب ما يأتي:

أ. القوة الدافعة الكهربائية المستحثة في الملف مقدارها صفر عندما يكون الفيض بقيمة $(+\Phi_0)$.

.....

.....

.....

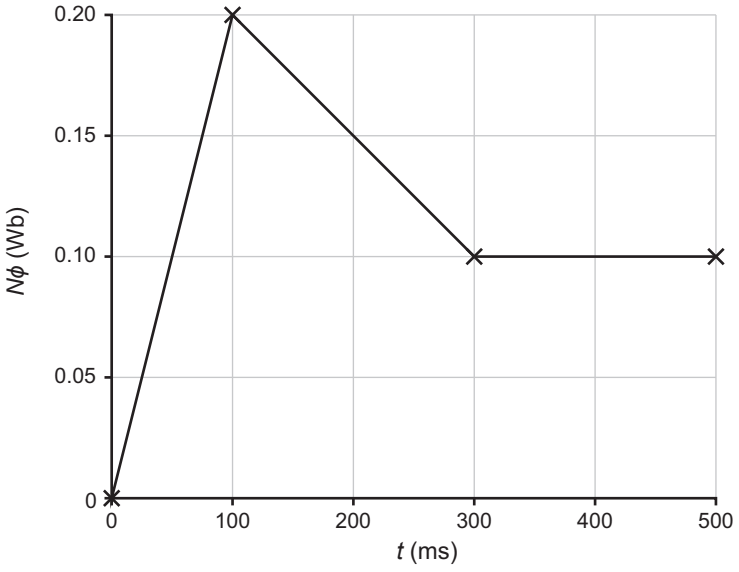
ب. يكون للقوة الدافعة الكهربائية المستحثة أكبر قيمة عندما يكون الفيض صفرًا.

.....

.....

.....

٧. يوضح التمثيل البياني في الشكل ٥–٩ كيف يتغير الفيض المغناطيسي الكلي عبر ملف ما مع مرور الزمن:



الشكل ٥–٩: للسؤال ٧. تمثيل بياني يوضح كيف يتغير الفيض المغناطيسي الكلي عبر ملف ما مع مرور الزمن.

احسب مقدار القوة الدافعة الكهربائية المستحثة بين:

أ. (0 ms) و (100 ms).

.....

.....

.....

ب. (100 ms) و (300 ms).

.....

.....

.....

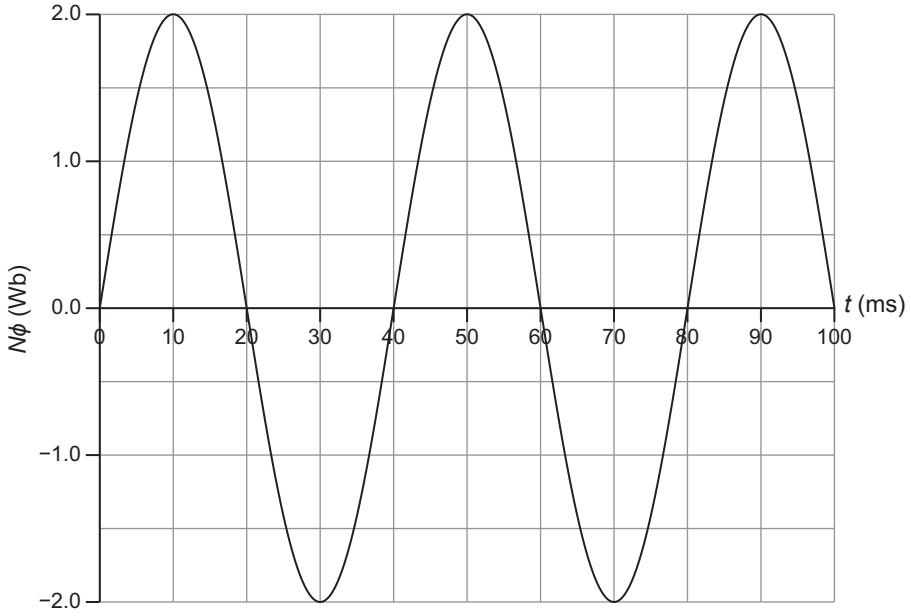
ج. (300 ms) و (500 ms).

.....

.....

.....

٨. يوضح التمثيل البياني في الشكل ٥–١٠ تغير الفيض المغناطيسي الكلي عبر ملف مع مرور الزمن:



الشكل ٥–١٠: للسؤال ٨. تمثيل بياني يوضح تغير الفيض المغناطيسي الكلي عبر ملف مع مرور الزمن.

أ. ما الزمن الذي تكون فيه للقوة الدافعة الكهربائية المستحثة في الملف قيمة قصوى؟

.....

ب. ما الزمن الذي تكون فيه القوة الدافعة الكهربائية المستحثة في الملف مساوية للصفر؟

.....

ج. ما الكمية الفيزيائية التي يمثلها ميل منحنى التمثيل البياني؟

.....

د. استعن بالقراءات في التمثيل البياني لتقدير القيمة القصوى للقوة الدافعة الكهربائية المستحثة في الملف.

.....

.....

.....

مهمّ

يمكنك وضع مسطرة على طول المنحنى عند النقطة التي تكون فيها القوة الدافعة الكهربائية المستحثة هي الأكبر.

هـ. إذا كانت مساحة المقطع العرضي للملف ($1.6 \times 10^{-2}\ m^2$) ويحتوي على 500 لفة، فاحسب القيمة القصوى لكثافة الفيض المغناطيسي.

.....

.....

.....

الاستقصاءات العملية

استقصاء عملي ٥-١: قياس كثافة الفيض المغناطيسي

أهداف الاستقصاء العملي

- جمع الملاحظات والقياسات والتقديرات وتسجيلها وتقديمها.
- تحليل البيانات الناتجة من التجارب للوصول إلى استنتاجات وتفسيرها.
- تقييم الأساليب واقتراح التحسينات.

يوضع مغناطيس على ميزان، ثم يُمرّر تيار كهربائي في ملف مكوّن من عدة لفات موضوع بين قطبَي المغناطيس، الأمر الذي يؤدي إلى بذل قوة على الميزان، ويتم تحديد القوة من التغير في قراءة الميزان.

ستحتاج إلى

الموادّ والأدوات:

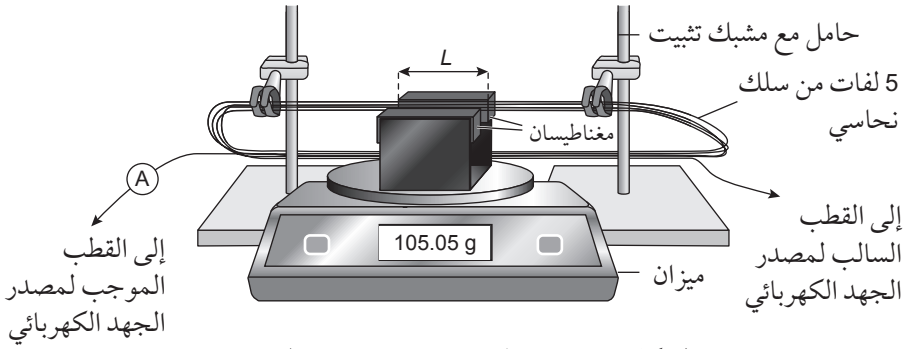
- سلك نحاسي طويل.
- مغناطيسان متشابهان وحامل على شكل حرف U من الحديد المطاوع.
- أميتر.
- حامل ومشابك تثبيت عدد 2.
- أسلاك توصيل.
- ميزان رقمي ذو كفّة.
- مصدر جهد كهربائي شدة تياره عالية (يمكن أن يكون فرق الجهد صغيرًا جدًا، لكن هذه دائرة قصر، لذا يجب أن يكون مصدر الطاقة قادرًا على تحمّل شدة تيارات كهربائية أكبر من المعتاد من دون تعطل قاطع الدائرة).

⚠ احتياطات الأمان والسلامة

- تأكّد من قراءة احتياطات الأمان والسلامة الواردة في بداية هذا الكتاب، واستمع لنصائح معلّمك قبل تنفيذ هذا الاستقصاء.

الطريقة

١. قم بتركيب أدوات التجربة كما هو موضح في الشكل ٥-١١.



الشكل ٥-١١: ملف نحاسي بين مغناطيسَين.

للمغناطيسَين أقطاب على سطحهما المستوي بالكامل وليس في نهايتَيهما. ضعهما على الحامل بحيث يواجه القطبان المختلفان أحدهما الآخر (الشمالي يقابل الجنوبي) عبر المسافة بينهما. اطلب مساعدة معلمك إذا لم تعرف وضع المغناطيسَين بالشكل المطلوب.

٢. قم بقياس الطول (L) لكل من المغناطيسَين وسجّلها في قسم النتائج، ثم أضف قيمة عدم اليقين المطلق في (L)، ثم سجّل عدد اللفات (N) للملف في قسم النتائج.

٣. قم بقياس وتسجيل قراءة الميزان (m_0) قبل مرور التيار الكهربائي في قسم النتائج، ثم أضف قيمة عدم اليقين المطلق في (m_0).

٤. قم بتشغيل مصدر الجهد الكهربائي؛ ثم قِس وسجّل شدة التيار الكهربائي (I) وقراءة الميزان (m)، أوقف تشغيل مصدر الجهد الكهربائي. سجل نتائجك في جدول تسجيل النتائج ٥-٢، مضمّنًا قيمة عدم اليقين المطلق في (m).

٥. كرر الخطوة ٤ للحصول على ست قيم مختلفة لشدة التيار الكهربائي.

النتائج

L = ... m_0 = ...

N = ...

I (A)	m (g)	$m - m_0$ (g)
	±	±
	±	±
	±	±
	±	±
	±	±
	±	±

الجدول ٥-٢ : جدول تسجيل النتائج.

التحليل والاستنتاج والتقييم

مهمّ

تذكّر قاعدة جمع قيم عدم اليقين عند طرح الكميّات.

أ. احسب قيم $m - m_0$ (g) وأضفها إلى جدول تسجيل النتائج ٥-٢. قم بتضمين قيم عدم اليقين لـ $(m - m_0)$.

مصطلحات علمية

كثافة الفيض المغناطيسي Magnetic flux density: القوة المؤثرة لكل وحدة تيار كهربائي لكل وحدة طول على سلك موضوع بزاوية قائمة مع المجال المغناطيسي ووحدة قياسها التسلا (T) Tesla.

ب. ارسم تمثيلًا بيانيًا $m - m_0$ (g) على المحور (y) مقابل I (A) على المحور (x).

اعتبر أن العلاقة بين $(m - m_0)$ و (I) هي $(m - m_0)\ g = NBIL$

حيث (g): تسارع السقوط الحر، و (B): **كثافة الفيض المغناطيسي**، و (L): طول المغناطيس، و (N): عدد لفات الملف.

ج. باستخدام المعادلة حدّد ميل منحنى التمثيل البياني لـ ($m - m_0$) مقابل (I) بدلالة (B).

الميل = ...

د. استخدم قيمة عدم اليقين في قيم ($m - m_0$) لرسم أشرطة الخطأ على التمثيل البياني. ارسم الخط المستقيم الأفضل ملاءمة الذي يمرّ عبر النقاط، وارسم الخط المستقيم الأسوأ ملاءمة.

هـ. حدّد ميل الخط المستقيم الأفضل ملاءمة وميل الخط الأسوأ ملاءمة. لا تحتاج إلى إعطاء وحدات. قدّر قيمة عدم اليقين في قيمة الميل.

ميل الخط الأفضل ملاءمة = ...

ميل الخط الأسوأ ملاءمة = ...

عدم اليقين في الميل = ...

و. باستخدام قيمة الميل، حدّد قيمة لـ (B). قم بتضمين الوحدات المناسبة لـ (B).

B = ...

ز. حدّد النسبة المئوية لعدم اليقين لـ (B).

النسبة المئوية لعدم اليقين في B = % .....

ح. اشرح كيف قمت بتركيب أدوات التجربة بحيث كانت قيم قراءات $(m - m_0)$ عند أقصى قيمة.

.....

.....

.....

.....

ط. اشرح كيف يمكن زيادة قيم قراءات $(m - m_0)$.

.....

.....

.....

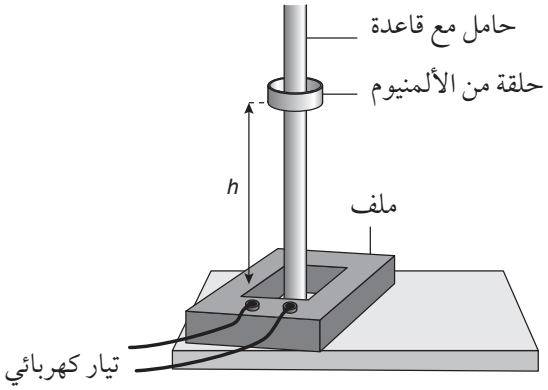
.....

استقصاء عملي ٥-٢: التخطيط لرفع حلقة فلزية فوق ملف حامل لتيار كهربائي

أهداف الاستقصاء العملي

- تخطيط التجارب والاستقصاءات.

عندما يتدفق تيار كهربائي عبر ملف ما، كما هو موضح في الشكل ٥-١٢، ترتفع حلقة الألمنيوم إلى ارتفاع (h).



الشكل ٥-١٢: تيار كهربائي يتدفق عبر ملف وحلقة ألمنيوم ترتفع إلى ارتفاع ما على الحامل.

العلاقة بين الارتفاع (h) وشدة التيار الكهربائي (I) تعطى من خلال:

$$h = pI^q$$

حيث (p) و (q) ثابتان.

ستصمم تجربة مخبرية لاختبار العلاقة بين (h) و (I). في كرّاسك سوف:

- تكتب الإجراءات الواجب اتباعها.
- تصف القياسات الواجب اتخاذها.
- تصف أنواع المتغيرات في التجربة.
- تصف كيف يمكن تحليل البيانات لتحديد قيم (p) و (q).
- تعطي احتياطًا واحدًا أو احتياطَين من احتياطات السلامة التي يجب اتخاذها.

المتغيرات

اذكر المتغير التابع، والمتغير المستقل، والمتغيرات الضابطة (المتغيرات التي يجب التحكم فيها، وهي كميات يجب أن تبقى كما هي).

- المتغير التابع: .....
- المتغير المستقل: .....
- المتغيرات الضابطة: .....

.....

ستحتاج إلى

الموادّ والأدوات:

اذكر المواد والأدوات التي ستحتاج إليها، وارسم رسمًا تخطيطيًا معنونًا بكيفية قيامك بتركيب أدوات التجربة من أجل الحصول على القياسات اللازمة.

- .....
- .....
- .....
- .....
- .....
- .....
- .....
- .....

مهمّ

ما نوع التيار الكهربائي اللازم استخدامه؟

⚠ احتياطات الأمان والسلامة

- تأكّد من قراءة احتياطات الأمان والسلامة الواردة في بداية هذا الكتاب، واستمع لنصائح معلّمك قبل تنفيذ الاستقصاء العملي.
- .....

.....

الطريقة

صِف كيف ستنفّذ التجربة.

مهمّ

اشرح بوضوح كيف يمكن تحديد *h* بدقة.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

النتائج

ارسم جدولًا بالنتائج التي يمكن استخدامها لتسجيل البيانات من هذه التجربة ومعالجتها. ليس عليك ملء أية قيمة في الجدول. تذكر تضمين وحدات القياس الصحيحة في عناوين الأعمدة.

التحليل والاستنتاج والتقييم

أ. صِف كيف يمكنك تحليل البيانات لتوضيح العلاقة بين (h) و (l). يجب أن يتضمن عملك تمثيلًا بيانيًا، واستخدام إمّا ميل منحنى التمثيل البياني أو نقطة تقاطع الخطّ مع المحور الصادي (y) في التمثيل البياني لتحديد قيم (p) و (q).

.....

.....

.....

.....

.....

.....

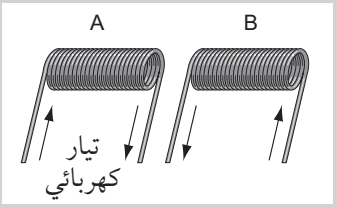
.....

.....

أسئلة نهاية الوحدة

١. أ. عرّف كثافة الفيض المغناطيسي.

ب. يوضح الشكل ٥–١٣ ملفَّين حلزونيَّين متشابهَين A و B، مع وجود تيار كهربائي في كل منهما، وموضوعَين أحدهما بجانب الآخر:



الشكل ٥–١٣

١. في الملف الحلزوني A، ما نوع القطب المغناطيسي الذي سيكون عند نهايته اليسرى؟

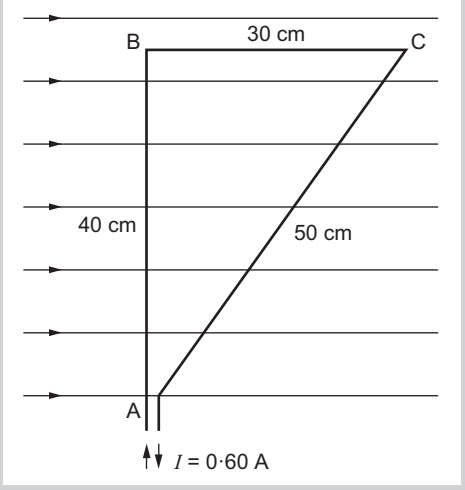
٢. كل ملف من الملفَّين الحلزونيَّين يؤثر بقوة مغناطيسية على الآخر. حدّد ما إذا كانت القوة بينهما تجاذب أم تنافر. **برّر** إجابتك.

٣. شدة التيار الكهربائي في الملف الحلزوني A تساوي (2 A)؛ وشدة التيار الكهربائي في الملف الحلزوني B تساوي (1 A). ماذا يمكنك أن تقول عن مقدارَي القوتَين اللتَين يؤثر بهما كل مغناطيس على الآخر؟ اشرح إجابتك.

أفعال إجرائية

برّر Justify:
ادعم الموضوع بالأدلة والحجة.

٢. يوضح الشكل ٥–١٤ مثلث ABC مكوّنًا من سلك نحاسي، موضوعًا في مجال مغناطيسي شدّته (2.8×10^{-4} T):



الشكل ٥–١٤

تابع

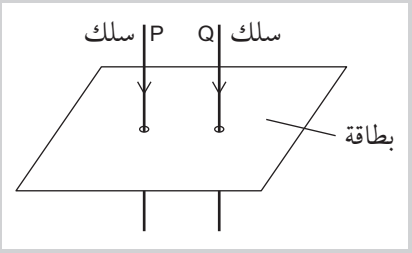
يمر في السلك تيار كهربائي مقداره (0.60 A).

أ. احسب القوة المؤثرة على الضلع AB وحدد اتجاهها.

ب. احسب القوة المؤثرة على الضلع CA وحدد اتجاهها.

ج. اشرح سبب عدم وجود قوة مؤثرة على الضلع BC.

٣. يحمل سلكان P و Q تيارًا كهربائيًا رأسيًا باتجاه الأسفل من خلال ثقبَين في بطاقة ورق مقوّى، كما هو موضح في الشكل ٥–١٥. شدة التيار الكهربائي في السلك P أكبر من شدة التيار الكهربائي في السلك Q.



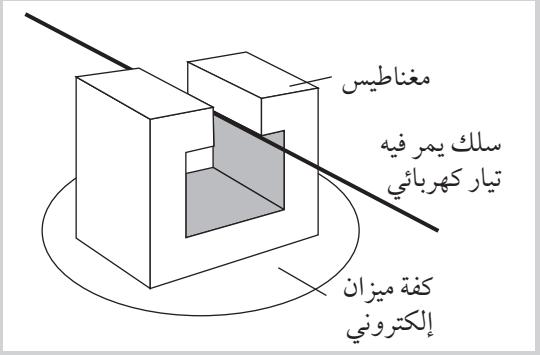
الشكل ٥–١٥

أ. ارسم نمط المجال المغناطيسي الموجود على البطاقة بالقرب من السلك الناتج عن التيار الكهربائي في Q.

ب. ١. ارسم سهمًا لتوضيح اتجاه القوة المؤثرة على السلك P بسبب المجال المغناطيسي الناتج عن التيار الكهربائي في Q.

٢. توجد قوة مؤثرة على السلك Q بسبب المجال المغناطيسي الناتج عن التيار الكهربائي في السلك P. **قارن** القوة المؤثرة على السلك P مع القوة المؤثرة على السلك Q.

٤. وُضِع سلك يحمل تيارًا كهربائيًا في الحيّز بين قطبَي مغناطيس موضوع فوق ميزان إلكتروني، كما هو موضح في الشكل ٥–١٦:



الشكل ٥–١٦

أفعال إجرائية

قارن Compare: حدّد أوجه التشابه و/ أو الاختلاف معلّقًا عليها.

تابع

يصنع السلك الذي يبلغ طوله (5.6 cm) زاوية قائمة مع المجال المغناطيسي الناتج عن قطبَي المغناطيس، وعند مرور التيار الكهربائي تزداد قراءة الميزان الإلكتروني بمقدار (2.6 g) عندما تكون شدة التيار الكهربائي المار في السلك (3.4 A).

أ. ما اتجاه القوة المؤثرة على السلك بسبب التيار الكهربائي؟ وضّح إجابتك.

ب. احسب متوسط كثافة الفيض المغناطيسي بين قطبَي المغناطيس.

ج. ما الذي سيحدث إذا تم تحريك السلك أفقيًا بزاوية 30° بحيث يصنع السلك زاوية 60° مع المجال المغناطيسي.

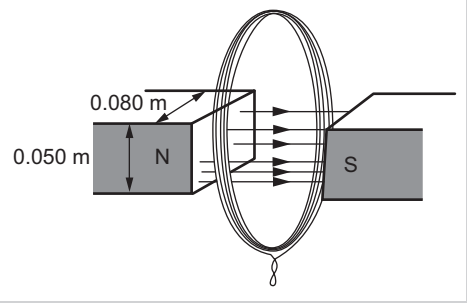
مهمّ

ينصّ قانون نيوتن الثالث أن القوة المؤثرة على السلك معاكسة للقوة المؤثرة على المغناطيس (وتتوازنان).

٥. أ. ١. اذكر نصّ قانون لنز.

٢. لديك ملف من سلك، وأميتر حساس، وقضيب مغناطيسي. صِف تجربة بسيطة باستخدام هذه الأدوات لتوضيح قانون لنز.

ب. ينتج مغناطيس كهربائي مجالًا منتظمًا من اليسار إلى اليمين في الحيز بين قطبَيه. الحيز له بُعدان (0.080 m × 0.050 m) ولا وجود للمجال المغناطيسي خارج الفجوة. يحيط ملف دائري مكوّن من 40 لفة بكامل الفيض المغناطيسي، كما هو موضح في الشكل ٥-١٧.



الشكل ٥-١٧

وصِّلت نهايتا الملف إحداهما بالأخرى بحيث ينتج عن القوة الدافعة الكهربائية المستحثة تيار كهربائي في الملف.

تنخفض شدة المجال المغناطيسي للمغناطيس الكهربائي خطيًا من (0.15 T) إلى صفر في زمن قدره (3.0 s).

١. احسب الفيض المغناطيسي الكلي الابتدائي عبر الملف.

٢. احسب قيمة القوة الدافعة الكهربائية المستحثة في الملف عندما تنخفض شدة المجال المغناطيسي.

تابع

٣. ما اتجاه المجال المغناطيسي الناشئ بواسطة التيار الكهربائي في الملف عندما تنخفض شدة المجال المغناطيسي؟ وضّح إجابتك.

٦. أ. اذكر نص قانون فاراداي للحث الكهرومغناطيسي.

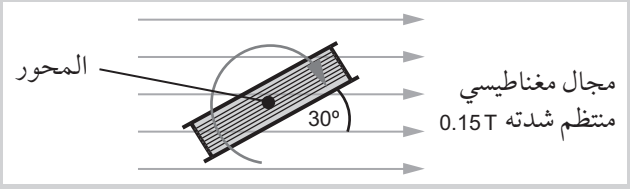
ب. وصِّل ملف بڤولتميتر حساس ذي شاشة عرض تماثلية (تناظرية)، والتي هي عبارة عن مؤشر يتحرك بالنسبة إلى مقياس محدد في خلفية شاشة العرض. يتم دفع قضيب مغناطيسي في الملف، ثم إيقافه، ثم إزالته بالسرعة نفسها.

١. اذكر تأثير هذا الإجراء على قراءة الڤولتميتر.

٢. اشرح هذه الملاحظات باستخدام قانون فاراداي.

٣. يُكرّر الإجراء بسرعة أكبر. اذكر الاختلاف الذي تتوقع أن تراه في استجابة الڤولتميتر. اشرح إجابتك.

ج. ملف مستطيل مساحة مقطعه العرضي ($4.0 \times 10^{-4}\ m^2$) وعدد لفاته 50 لفة يدور بسرعة زاوية ثابتة، ومحوره عمودي على مجال مغناطيسي منتظم شدته (0.15 T) (الشكل ٥–١٨):



الشكل ٥–١٨

في اللحظة الموضحة بالشكل تكون الزاوية بين مستوى الملف والمجال المغناطيسي (30°).

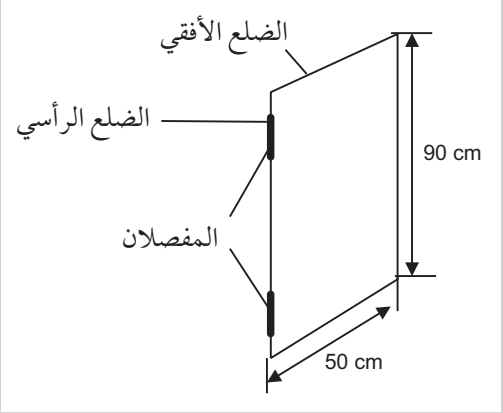
١. احسب الفيض عبر الملف في الوضع الموضّح.

٢. ينتقل الملف من الوضع الموضّح إلى وضع يكون فيه الفيض عبر الملف صفرًا. يستغرق التغيّر (0.25 s). احسب متوسط قيمة القوة الدافعة الكهربائية المستحثة في الملف.

٣. اشرح سبب عدم ثبات القوة الدافعة الكهربائية المستحثة على الرغم من أن الملف يدور بسرعة زاوية ثابتة.

تابع

٧. إطار نافذة من الألمنيوم معلّق من مفصلَين كما هو موضّح في الشكل ٥–١٩.



الشكل ٥–١٩

المركّبة الأفقية (B_x) لشدة المجال المغناطيسي الأرضي تساوي (2.0×10^{-5} T). عندما تكون النافذة مغلقة يكون الإطار متعامدًا مع (B_x)، وعند فتح النافذة في زمن قدره (0.40 s) يدور مستوى النافذة بمقدار (90°).

أ. عندما كانت النافذة مغلقة، احسب الفيض المغناطيسي عبر النافذة.

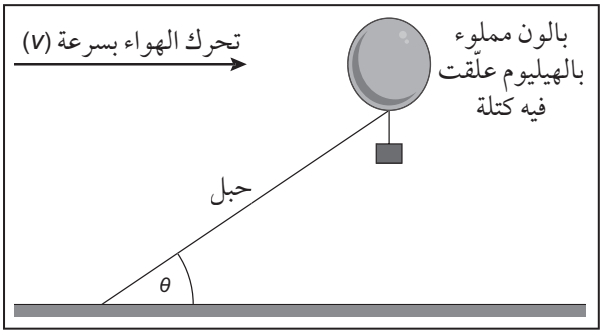
ب. اشرح سبب تولّد قوة دافعة كهربائية مستحثة في الإطار عند فتح النافذة، مع تحديد أضلاع الإطار التي تنشأ فيها القوة الدافعة الكهربائية.

ج. احسب متوسط القوة الدافعة الكهربائية المستحثة في إطار النافذة عند فتحها.

ملحق: مهارات التمثيلات البيانية المتقدمة

سواء كنت تتعامل مع بيانات جمعتها من تجربة أو بيانات مقدمة لك فستحتاج إلى تحليلها، وستحتاج إلى وصف كيفية استخدام تلك البيانات من أجل الوصول إلى نتيجة معيّنة وإعطاء تفاصيل لأي كميات قمت بحسابها.

انظر بعناية إلى الكميّات في العلاقة التي اقترحتها (أو في الصيغة التي تمّ اقتراحها عندما أُعطيت تجربة ما لتنفيذها). ينحرف بالون بواسطة هواء يتحرك بسرعة (v)، وهذا الانحراف مبيّن في الشكل ١. ففي هذا المثال تتناسب $\tan\theta$ عكسيًا مع (v^2)، ما يعني أن الصيغة ستكون:



الشكل ١ انحراف بالون مملوء هيليوم بتأثير هواء يتحرك بسرعة (v).

$$\tan\theta = \frac{k}{v^2}$$

حيث (k) ثابت.

إذا كانت هذه المعادلة صحيحة فيجب أن يكون التمثيل البياني لها عبارة عن خط مستقيم. بالنسبة إلى هذا المثال، وبما أن معادلة الخط المستقيم هي $y = mx + c$، يجب أن يكون المحور الصادي (y) للتمثيل البياني هو $\tan\theta$ ويجب أن يكون المحور السيني (x) هو $\frac{1}{v^2}$.

يجب أن تذكر بوضوح:

- ما يمثّل كل محور من محاور التمثيل البياني.
- أن العلاقة تكون صحيحة إذا أعطى التمثيل البياني خطًا مستقيمًا يمرّ بنقطة الأصل.

قد تختار أيضًا أن تمثل هذه المعلومات برسم تمثيل بياني، ومع ذلك يجب عليك التأكد من إظهار الكمية على كل محور.

تحليل أكثر عمقًا للبيانات

رأينا في الصف الحادي عشر كيف تُفسّر المعادلات ذات الصيغة $y = mx + c$ وكيف يُستخدم التمثيل البياني للخط المستقيم لإيجاد الثوابت (m) و (c)، ومع ذلك يجب أن تكون قادرًا على التعامل أيضًا مع الكميّات المرتبطة بمعادلات ذات الصيغة $y = ax^n$ والصيغة $y = ae^{kx}$؛ لهذا يجب أن تكون قادرًا على استخدام اللوغاريتمات (logs).

هناك نوعان شائعان من اللوغاريتمات؛ النوع الأول يسمى أحيانًا اللوغاريتم الطبيعي أو اللوغاريتم للأساس (e)، ويُكتب بالصيغة (ln)، والنوع الثاني هو اللوغاريتم للأساس 10 ويُكتب بالصيغة (log). يُعدّ النوع (ln) أكثر استخدامًا عند التعامل مع صيغة أُسّية مثل e^{kx}، ولكن يمكن استخدام أيّ من النوعَين. تحقّق من الأسئلة لترى أي نوع منهما يمكن استخدامه، ولا تخلط النوعَين المختلفَين معًا في إجابة سؤال واحد.

تُحدّد وحدة قياس الكمية التي تتضمن اللوغاريتمات بطريقة غير معتادة، على سبيل المثال يكتب اللوغاريتم الطبيعي للكمية (s) المقاسة بالأمتار على أنها ln [s (m)] وليس ln [(s) (m)] أو ln (s) ln (m). يمكنك أن ترى أن الوحدة تكتب داخل قوس مع الكمية.

يجب أن تكون قادرًا على أخذ لوغاريتمات المعادلات بالصيغة $y = ax^n$ والصيغة $y = ae^{kx}$ (تذكّر أن المعادلة تبقى متوازنة إذا أجريت العملية نفسها على كل من طرفَيها).

لنأخذ مثلًا المعادلة: $y = ax^n$

بأخذ اللوغاريتم لكِلا طرفَيها:

$\log y = \log a + n \log x$

$\ln y = \ln a + n \ln x$

لنأخذ الآن المعادلة: $y = ae^{kx}$

بأخذ اللوغاريتم لكِلا الطرفَين:

$\ln y = \ln a + kx$

قواعد اللوغاريتمات:

لوغاريتم حاصل الضرب: $\log (ab) = \log (a) + \log (b)$

لوغاريتم النسبة: $\log \left(\frac{a}{b} \right) = \log (a) - \log (b)$

لوغاريتم الأُسّ: $\log (a^n) = n \log (a)$

للحصول على هذه النتائج، استخدمنا قواعد اللوغاريتمات التي ستحتاج إليها.

أسئلة

١ احسب:

أ. log10

ب. ln 10

ج. log100

د. log5

هـ. معكوس اللوغاريتم للأساس 10 للأُس 1 (على سبيل المثال، جِد x حيث $\log x = 1$).

و. معكوس اللوغاريتم للأساس (e) للأُس 0.5 (على سبيل المثال، جِد x حيث $\ln x = 0.5$).

٢ العدد: ($48 = 3 \times 2^4$). احسب (log48) و (log3 + 4 log2). ولماذا هما متساويان؟

أي تمثيل بياني يُرسم؟

يكون هدفنا عند تناول البيانات هو معالجتها للحصول على تمثيل بياني بخط مستقيم، وبعد ذلك يمكننا استنتاج الكميّات من الميل ونقاط التقاطع. يبيّن الجدول ١ التمثيلات البيانية التي يمكن رسمها لعلاقات مختلفة، والكميّات التي يمكن استنتاجها من التمثيلات البيانية.

العلاقة	التمثيل البياني	الميل	نقطة التقاطع مع المحور الصادي (y)	السبب
$y = mx + c$	y مقابل x	m	c	
$y = ax^n$	$\ln y$ مقابل $\ln x$ $\log y$ مقابل $\log x$	n	$\ln a$ $\log a$	$\ln y = \ln a + n \ln x$ $\log y = \log a + n \log x$
$y = ae^{kx}$	$\ln y$ مقابل x	k	$\ln a$	$\ln y = \ln a + kx$

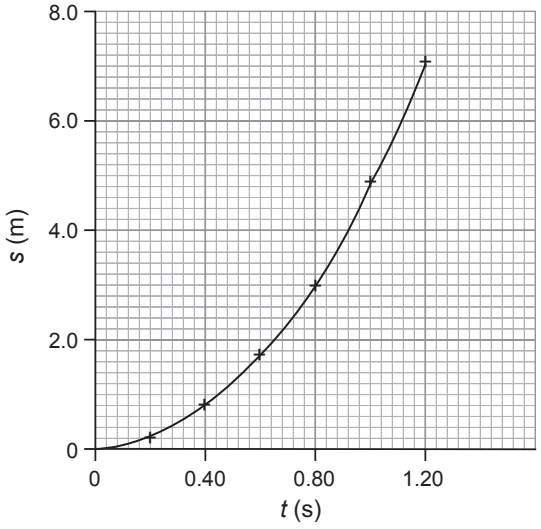
الجدول ١ اختيار المحاور للتمثيلات البيانية بخطوط مستقيمة.

العلاقة بصيغة $y = ax^n$

تسقط كرة مسافة (s) في زمن (t) تحت تأثير الجاذبية وبدون مقاومة الهواء. أعطيت النتائج في أول عمودَين من الجدول ٢. التمثيل البياني (المسافة – الزمن) أعطى المنحنى المبيّن في الشكل ٢.

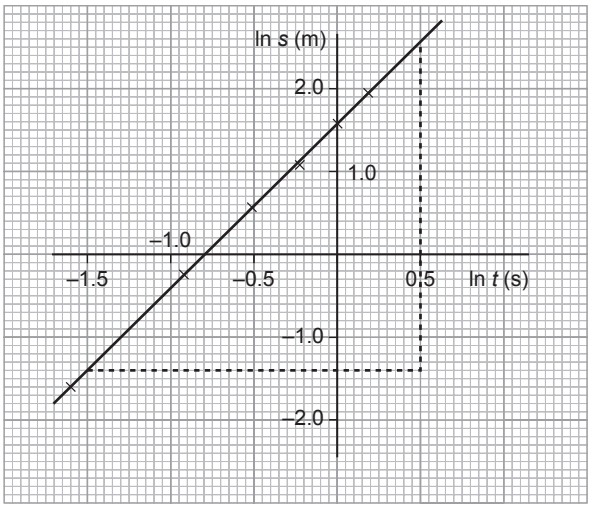
الزمن t (s)	مسافة السقوط s (m)	$\ln t$ (s)	$\ln s$ (m)
0.20	0.20	–1.61	–1.61
0.40	0.78	–0.92	–0.25
0.60	1.76	–0.51	0.57
0.80	3.14	–0.22	1.14
1.00	4.90	0.00	1.59
1.20	7.05	0.18	1.95

الجدول ٢ نتائج سقوط كرة تحت تأثير الجاذبية.



الشكل ٢ تمثيل بياني (المسافة– الزمن) باستخدام البيانات الواردة في الجدول ٢.

نظرًا إلى أن هذا المنحنى مقوّس، فإنه ليس سهلًا استقراء العلاقة بين المتغيرات منه، ومع ذلك فإذا توقعنا أن العلاقة على شكل $y = ax^n$، يمكننا اختبار هذا الافتراض من خلال رسم تمثيل بياني لـ $\ln s$ مقابل $\ln t$. يبيّن الجدول ٢ قيم $\ln s$ و $\ln t$، والتمثيل البياني الناتج مبيّن في الشكل ٣ (لاحظ أننا هنا نستخدم اللوغاريتم الطبيعي، ولكن يمكننا أيضًا استخدام اللوغاريتم للأساس 10).



الشكل ٣ تمثيل بياني لوغاريتمي– لوغاريتمي للبيانات المبيّنة في الجدول ٢.

ولأن التمثيل عبارة عن خط مستقيم، فالعلاقة يجب أن تكون بالصيغة $y = ax^n$. ولكن ما قيمة كل من (a) و (n)؟

الميل من التمثيل البياني قيمته تساوي (n)، وهي الأُس لـ (t):

$$n = \text{الميل}$$

$$n = \frac{2.55 - (-1.4)}{0.5 - (-1.5)}$$

$$n = \frac{3.95}{2.0}$$

$$n = 1.98 \approx 2.0$$

وبالتعويض عن قيمة (n) تصبح المعادلة بالصيغة $s = at^2$. نقطة التقاطع مع المحور الصادي (y) يساوي ln a، لذلك:

$$\ln a = 1.6$$

بأخذ معكوس اللوغاريتم نحصل على:

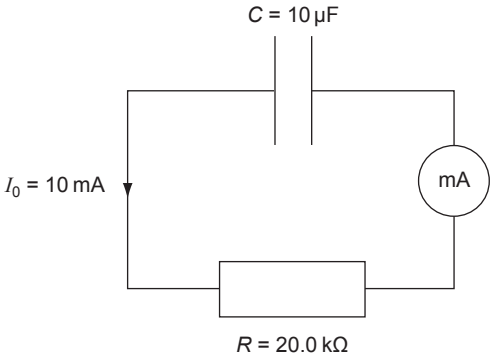
$$a = e^{1.6} = 4.95 \text{ m s}^{-2} \approx 5.0 \text{ m s}^{-2}$$

وإذا فكرنا في معادلة السقوط الحرّ $s = \frac{1}{2} gt^2$، يكون الثابت (a) يساوي $a = \frac{1}{2} g$، وبما أن $g = 9.8 \text{ m s}^{-2}$، فهذا يتسق مع القيمة التي حصلنا عليها للثابت (a).

العلاقة بصيغة $y = ae^{kx}$

يتدفق تيار كهربائي من مكثف مشحون عندما يكون موصلًا مع مقاومة في دائرة. تتناقص شدة التيار الكهربائي أُسّيًا مع الزمن (كنمط الانحلال الإشعاعي).

يبيّن الشكل ٤ الدائرة الكهربائية ويبيّن الجدول ٣ القيم النموذجية لشدة التيار الكهربائي (I) والزمن (t) لمثل هذه التجربة.



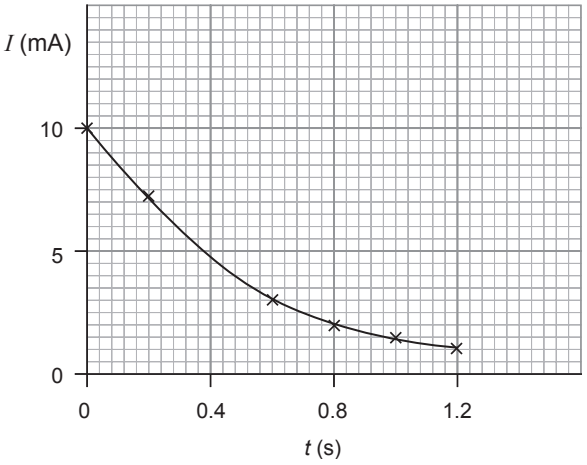
الشكل ٤ دائرة استقصاء تفريغ مكثف.

شدة التيار الكهربائي I (mA)	الزمن t (s)	$\ln I$ (mA)
10.00	0.00	2.303
6.70	0.20	1.902
4.49	0.40	1.502
3.01	0.60	1.102
2.02	0.80	0.703
1.35	1.00	0.300

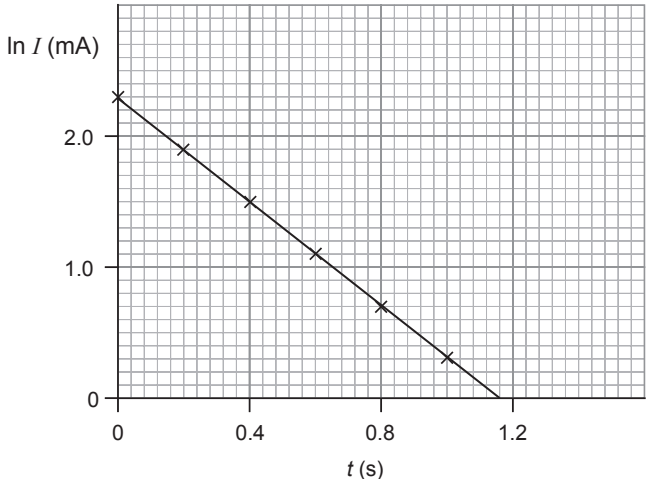
الجدول ٣ نتائج من تجربة تفريغ مكثف.

يبيّن التمثيل البياني الوارد في هذه النتائج (الشكل ٥) منحنى اضمحلال نموذجي، ولكن لا يمكننا التأكد من أنه أُسّي، ولإثبات أن المنحنى بالصيغة $I = I_0e^{kt}$، نرسم $\ln I$ مقابل (t) (تمثيل لوغاريتمي خطي). قيم $\ln I$ متضمنة في الجدول ٣ (هنا، يجب أن نستخدم لوغاريتم للأساس (e) بدلًا من الأساس 10).

التمثيل البياني لـ $\ln I$ مقابل (t) هو خط مستقيم (الشكل ٦)، ما يؤكد أن الانخفاض في شدة التيار الكهربائي يتبع نمطًا أُسّيًا. ويبيّن الميل السالب اضمحلالًا أُسّيًا، وليس تزايدًا أسّيًا.



الشكل ٥



الشكل ٦

يعطي ميل التمثيل البياني قيمة الثابت (k):

$$k = \text{الميل}$$

$$= \frac{(0 - 2.30)}{(1.16 - 0)}$$

$$= -1.98\ s^{-1} \approx -2.0\ s^{-1}$$

يمكننا من التمثيل البياني أن نرى أيضًا أن نقطة التقاطع مع المحور الصادي (y) قيمتها (2.30)، وبالتالي (بأخذ معكوس اللوغاريتم) يكون لدينا ($I_0 = 9.97 \approx 10$ mA). لذلك يمكننا كتابة معادلة تعبّر عن تناقص شدة التيار الكهربائي على النحو الآتي:

$$I = 10\ e^{-2.0t}$$

يمكننا استخدام هذه المعادلة لحساب شدة التيار الكهربائي في أي زمن (t).

أسئلة

(٣) الرمزان (x) و (y) في المعادلات الآتية متغيّران في تجربة ما. وجميع الكميّات الأخرى في المعادلات ثوابت.

اذكر في كل حالة مما يأتي، التمثيل البياني الذي قد ترسمه للحصول على خط مستقيم. واكتب ميل كل خط بدلالة الثوابت في المعادلة.

أ. $y = kx^{\frac{3}{2}}$

ب. $y = cx^q$

ج. $m = \frac{8x}{By^2}$

د. $y = y_0e^{kx}$

هـ. $R = \frac{(y - y_0)}{x^2}$

(٤) يعطى الزمن الدوري (T) لاهتزاز كتلة كروية صغيرة معلقة بخيط طوله (l) من خلال المعادلة:

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

حيث (g) هي تسارع الجاذبية. صمّم تجربة مخبرية مستخدمًا هذه المعادلة لتحديد التسارع بسبب الجاذبية. يجب عليك رسم مخطط يبيّن ترتيب الأدوات الخاصة بالتجربة. ويجب أن تأخذ في اعتبارك ما يأتي:

- الخطوات الواجب اتباعها.
- القياسات الواجب اتخاذها.
- تحليل البيانات لتحديد قيمة (g).
- أي احتياطات أمان قد تكون اتخذتها.

عدم اليقين والتمثيلات البيانية

يجب أن تتضمن جميع النتائج تقديرًا لقيمة عدم اليقين المطلق. على سبيل المثال، عند قياس زمن إكمال عدّاء مسافة (100 m)، قد تعبّر عنه بمثل هذا (12.1 ± 0.2) s. يمكن أيضًا التعبير عن **قيمة عدم اليقين Uncertainty** هذا كنسبة مئوية. النسبة المئوية لعدم اليقين تساوي $\frac{0.2}{12.1} \times 100\% = 1.655\%$، لذلك نكتب القيمة هكذا (12.1 s ± 1.7%) أو حتى (12.1 s ± 2%).

يمكننا استخدام أشرطة الخطأ لإظهار قيمة عدم اليقين في التمثيلات البيانية. يبيّن الجدول ٤ نتائج تجربة استطالة زنبرك.

الحمل (N)	طول الزنبرك (cm)	الاستطالة (cm)
0	12.4 ± 0.2	0.0
1.00	14.0 ± 0.2	1.6 ± 0.4
2.00	15.8 ± 0.2	3.4 ± 0.4
3.00	17.6 ± 0.2	5.2 ± 0.4
4.00	18.8 ± 0.2	6.4 ± 0.4
5.00	20.4 ± 0.2	8.0 ± 0.4

الجدول ٤ نتائج تجربة استطالة زنبرك.

مصطلحات علمية

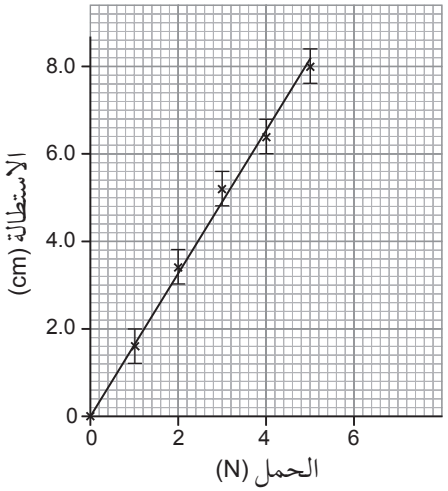
قيمة عدم اليقين Uncertainty: تقدير لانتشار القيم حول الكمية المقاسة والتي يمكن إيجاد القيمة الحقيقية من خلالها.

تُرسم النقاط كالمعتاد عند رسم التمثيل البياني، ثم تمدّد (توضع أشرطة أفقية أسفل وأعلى) تلك النقاط لإظهار القيم القصوى والدنيا المحتملة لها، كما هو مبيّن في الشكل ٧. ثم يرسم الخط المستقيم الأفضل ملاءمة.

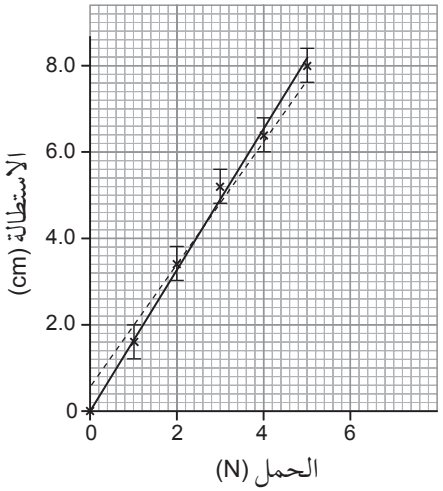
لتقدير عدم اليقين في الميل، لا نرسم الخط الأفضل ملاءمة فقط، بل نرسم **الخط المستقيم الأسوأ ملاءمة Worst fit line** أيضًا، بحيث يمر عبر أبعد حدود أشرطة الخطأ كما هو مبيّن في الشكل ٨.

مصطلحات علمية

الخط المستقيم الأسوأ ملاءمة Worst fit line:
إما أن يكون الخط الأكثر انحدارًا أو الخط الأكثر تسطحًا، ويمر عبر جميع أشرطة الخطأ لجميع النقاط.



الشكل ٧ تمثيل بياني يمثّل البيانات الواردة في الجدول ٤، مع أشرطة الخطأ والخط المستقيم الأفضل ملاءمة.



الشكل ٨ التمثيل البياني نفسه كما في الشكل ٧، مع رسم الخط المستقيم الأسوأ ملاءمة بخط متقطع.

يُحسب الميل لكل من الخطَّين الأكثر ملاءمة والأسوأ ملاءمة، وتكون قيمة عدم اليقين عبارة عن الفرق بين ميلَيهما:

قيمة عدم اليقين = (ميل الخط المستقيم الأفضل ملاءمة) – (ميل الخط المستقيم الأسوأ ملاءمة)

يكون الميلان في تجربتنا كالآتي:

- الخط المستقيم الأفضل ملاءمة:

$$\text{الميل} = \left(\frac{8.2 - 0}{5.0 - 0}\right) \text{cm N}^{-1}$$

$$= 1.64 \text{ cm N}^{-1} \approx 1.6 \text{ cm N}^{-1}$$

- الخط المستقيم الأسوأ ملاءمة:

$$\text{الميل} = \left(\frac{7.6 - 0.6}{5.0 - 0}\right) \text{cm N}^{-1}$$

$$= 1.4 \text{ cm N}^{-1}$$

لذلك فإن، قيمة عدم اليقين في الميل:

$= 1.6 - 1.4 = \pm 0.2 \text{ cm N}^{-1}$

لذلك يكون الميل: $(1.6 \pm 0.2 \text{ cm N}^{-1})$

عدم اليقين واللوغاريتمات

عندما يُستخدم التمثيل البياني للوغاريتم ما ونحتاج إلى تضمين أشرطة الخطأ، يجب أن نجد لوغاريتم القيمة المقاسة ولوغاريتم إمّا أكبر أو أصغر قيمة محتملة، ثم ستكون قيمة عدم اليقين في اللوغاريتم هي الفرق بين القيمتَين.

مثال

١. تُعطى مقاومة على أنها تساوي Ω (5 ± 47). يجب تمثيل قيمة $\ln R$ (Ω) بيانيًا. احسب قيمة $\ln R$ (Ω)، وعدم اليقين فيها.

الخطوة ١: احسب لوغاريتم القيمة المعطاة:

$\ln R\ (\Omega) = \ln 47 = 3.85$

الخطوة ٢: احسب لوغاريتم القيمة القصوى المحتملة:

القيمة القصوى المحتملة:

$= 47 + 5 = 52\ \Omega$

$\ln 52 = 3.95$

الخطوة ٣: قيمة عدم اليقين هي الفرق بين قيمتَي اللوغاريتمَين:

قيمة عدم اليقين في $\ln R$:

$= 3.95 - 3.85 = 0.10$

لذلك، $\ln R\ (\Omega) = 3.85 \pm 0.10$.

أسئلة

٥ تُعطى قيم الحمل المبيّنة في الجدول ٤ من دون أية إشارة إلى عدم اليقين فيها. اقترح سببًا لذلك.

٦ يقيس طالب نصف القطر (r) والمقاومة (R) لعدة أطوال متساوية من الأسلاك. والنتائج مبيّنة في الجدول ٤–٨. بفرض أن (R) و (r) مرتبطان بالمعادلة:

$$R = ar^b$$

حيث (a) و (b) ثابتان.

أ. ارسم تمثيلًا بيانيًا لـ $\ln R$ على المحور الصادي (y) و $\ln r$ على المحور السيني (x). عبّر عن الميل ونقطة التقاطع مع المحور الصادي (y) بدلالة (a) و (b).

ب. قيم (r) و (R) المقاسة في التجربة معطاة في الجدول ٥.

r (mm)	R (Ω)	$\ln r$ (mm)	$\ln R$ (Ω)
2.0 ± 0.1	175.0		
3.0 ± 0.1	77.8		
4.0 ± 0.1	43.8		
5.0 ± 0.1	28.0		
6.0 ± 0.1	19.4		

الجدول ٥

انسخ الجدول وأكمله بحساب قيم ln *r* (mm) و ln *R* (Ω) وتسجيلها في الجدول ٤–٨ وتضمينها قيم عدم اليقين المطلق لـ ln *r* (mm).

ج. ارسم تمثيلًا بيانيًا لـ ln *r* (mm) مقابل ln *R* (Ω) وضمّنه أشرطة الخطأ لـ ln *r* (mm).

د. ارسم الخط المستقيم الأفضل ملاءمة والأسوأ ملاءمة على التمثيل البياني.

هـ. حدّد ميل الخط المستقيم الأفضل ملاءمة. وضمّنه عدم اليقين في إجابتك.

و. باستخدام إجابتك للجزئية (هـ)، حدّد قيمة (*b*).

ز. حدّد قيمة (*a*) وقيمة عدم اليقين لها.

رقم الإيداع : ٦٥٧٨ / ٢٠٢٣

طبع بمطبعة عمان ومكتبتها المحدودة ش.م.م هاتف : ٢٤٤٤٦١٦٠ (٩٦٨)

الفيزياء – كتاب التجارب العملية والأنشطة

صمّم كتاب التجارب العملية والأنشطة هذا لدعم كتاب الطالب؛ الأمر الذي يساعد المعلّم على الربط بين التدريس النظري والتطبيق العملي إذ يتضمّن موضوعات تم اختيارها خصيصًا للاستفادة من المزيد من الفرص لتطبيق المهارات العملية، مثل التطبيق والتحليل والتقييم، إضافة إلى تطوير المعرفة والفهم. كما يتضمن هذا الكتاب أنشطة بنائية، وضعت لتدعم المواضيع والمفاهيم الدراسية في كل وحدة تضمّنها كتاب الطالب، كما أنه يحتوي على أفعال إجرائية لمساعدتك على التعرف على كيفية استخدامها، وأسئلة للتركيز على المهارات التي تمنحك فرصًا لرسم التمثيلات البيانية أو تقديمها.

توفر الاستقصاءات العملية الموجهة خطوةً بخطوة، فرصًا لتطوير المهارات العملية، مثل: التخطيط، وتحديد المواد والأدوات والأجهزة، ووضع الفرضيات، وتسجيل النتائج، وتحليل البيانات، وتقييم النتائج، كما تمنح الأسئلة فرصة لاختبار معرفتك والمساعدة في بناء ثقتك في التحضير للامتحانات.

- تحقّق لك الأسئلة التركيبية الموجودة في نهاية كل وحدة تدريبًا مكثفًا ضمن تنسيق مألوف يراعي مكتسباتك.
- يرتفع مستوى الأنشطة بشكل تدريجي، مع وجود تلميحات ونصائح ضمن فقرة «مهم» تمنحك القدرة على بناء المهارات اللازمة.
- أسئلة نهاية الوحدة والأسئلة الموجودة ضمن الأنشطة تساعدك على قياس فهمك، كما تكون معينة لك على استخدام الأفعال الإجرائية بفاعلية استعدادًا لعملية التقييم، حيث تتوافر إجابات هذه الأسئلة في دليل المعلم.

يشمل منهج الفيزياء للصف الثاني عشر من هذه السلسلة أيضًا:

- كتاب الطالب
- دليل المعلّم

www.moe.gov.om

CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS