



الفيزياء

الجزء الثاني

الصف العاشر

١٤٤٠هـ / ٢٠١٩م

الفيزياء

الجزء الثاني

١٠
الصف العاشر

ISBN: 978-9957-84-716-6



9 789957 847166

المطبعة



الفيزياء

الجزء الثاني

١٠

الصفّ العاشر

الناشر
وزارة التربية والتعليم
إدارة المناهج والكتب المدرسية

يسر إدارة المناهج والكتب المدرسية استقبال آرائكم وملحوظاتكم على هذا الكتاب عن طريق العناوين الآتية:

هاتف : ٨ - ٤١٧٣٠٤ / ٥ ، فاكس : ٤١٣٧٥٦٩ ، ص.ب: ١٩٣٠ الرمز البريدي : ١١١١٨
أو بوساطة البريد الإلكتروني : E-mail: Scientific.Division@moe.gov.jo

قررت وزارة التربية والتعليم تدريس هذا الكتاب في مدارس المملكة الأردنية الهاشمية جميعها، بناءً على قرار مجلس التربية والتعليم رقم (٢٠١٦/٥٦) تاريخ ٢٠١٦/٣/٦، بدءاً من العام الدراسي ٢٠١٦م / ٢٠١٧.

حقوق الطبع جميعها محفوظة لوزارة التربية والتعليم
عمّان - الأردن / ص. ب (١٩٣٠)

رقم الإيداع لدى دائرة المكتبة الوطنية
(٢٠١٦/٣/١٢٣٦)
ISBN: 978 - 9957 - 84 - 716 - 6

أشرف على تأليف هذا الكتاب كل من:

أ.د. خالد موسى أبو مراد (رئيساً) د. مفيد عبد الله عواودة
بديع صالح الخطيب موسى محمود جرادات (مقرراً)

وقام بتأليفه كل من:

رائد محمد الدحلة نجاح أحمد أبو شملة حنان شوكت عبد اللطيف

التحرير العلمي: موسى محمود جرادات

التصميم والرسم: هاني سلطي مقطش التحرير اللغوي: ميسرة عبد الحليم صويص
التحرير الفني: نداء فؤاد أبو شنب الإنتاج: د. عبد الرحمن سليمان أبو صعيك

دقق الطباعة وراجعها: شفاء طاهر عباس

قائمة المحتويات

الصفحة	الموضوع
	الفصل الدراسي الثاني
٥	الوحدة الرابعة: الكهرباء والمغناطيسية
٦	الفصل الخامس: الكهرباء السكونية.
٨	١-٥ الشحنة الكهربائية والتكهرب
٢١	٢-٥ قانون كولوم
٢٧	٣-٥ المجال الكهربائي
٤٤	الفصل السادس: التيار الكهربائي
٤٦	١-٦ الدارة الكهربائية البسيطة
٥٣	٢-٦ قانون أوم والمقاومة الكهربائية
٦١	٣-٦ الطاقة والقدرة الكهربائية
٧٨	الفصل السابع: المجال المغناطيسي وآثاره
٨٠	١-٧ المجال المغناطيسي
٨٦	٢-٧ الأثر المغناطيسي للتيار الكهربائي
٩٤	٣-٧ الأثر الكهربائي للمجال المغناطيسي
٩٩	٤-٧ تطبيقات المجال المغناطيسي
١١٠	قواعد السلامة العامة في مختبر الفيزياء
١١١	الرموز الخاصة بالعمل المخبري
١١٢	مسرد المصطلحات العلمية
١١٤	قائمة المراجع

موضوعات إضافية

يتضمّن هذا الكتاب موضوعات تُثري معرفة الطالب وتساعدُه على اتّباع الأسلوب العلميّ في التعلّم وحلّ المشكلات، وتكوين صورةٍ شاملةٍ عن العلوم، وهي: **حقيقة علميّة، وحلّ مشكلات، والتكامل** بين الفيزياء وبعض العلوم الأخرى والمهن، مثل **الكيمياء والفلك والطب والهندسة** وغيرها، ويتضمّن الكتاب موضوعاتٍ أخرى، هي: **الفيزياء والمجتمع، والفيزياء والتكنولوجيا**؛ لمساعدة الطالب على ربط ما يتعلّمه في حصّة الفيزياء داخل المدرسة بالحياة العملية اليومية، وأدرج في نهاية كلّ درسٍ موضوعٌ عنوانه التوسّع؛ يحفّز الطالب على البحث والاّطلاع، وفي نهاية كلّ فصلٍ مشروعٌ عمليّ عنوانه: **مختبر الفيزياء**، يهدف إلى تنمية المهارات العملية وتشجيع العمل التعاونيّ.

تنويه: نلفتُ انتباهَ زملائنا المعلّمين وأبنائنا الطلبة، إلى أنّ هذه الموضوعات جميعها لا تدخل في الاختبارات التقويمية للطالب.

الوحدة الرابعة

الكهرباء والمغناطيسية

ELECTRICITY AND MAGNETISM

- نستخدم في حياتنا اليومية كثيراً من الأجهزة الكهربائية، التي تستهلك الطاقة الكهربائية كالمصابيح والمكواة.
- بعض الأجهزة الكهربائية، تحتوي مغناطٍ دائمة أو مؤقتة، كالهاتف والحاسوب وغيرهما.
- بعض هذه الأجهزة، تعمل على إرسال الموجات الكهرومغناطيسية، أو استقبالها.
- لا نرى كثيراً من الموجات الكهرومغناطيسية التي تحيط بنا طوال الوقت، مع أن بعضاً منها، يخترق أجزاء من أجسامنا.

الكهرباء الساكنة

Electrostatic



١-٥ الشحنة الكهربائية والتكهرب

٢-٥ قانون كولوم

٣-٥ المجال الكهربائي

الأهمية

يُسمى انتقال الشحنات الكهربائية بين جسمين؛ تفريغاً كهربائياً، وقد يُشكل خطورةً تتفاوت من تلف دائرة كهربائية صغيرة عند صيانتها، إلى احتراق غابة كاملة عند حدوث صاعقة.

في الجو الجاف، نشعر بلسعات خفيفة عند خلع بعض الملابس الصوفية أو الصناعية، ونسمع فرقعة عند تمشيط الشعر، بينما لا يحدث ذلك عندما يكون الجو رطباً، لاحظ انجذاب الشعر نحو بالون ذلك بملابس صوفية، ما يدل على وجود شحنة كهربائية على البالون، وأخرى مخالفة لها على الشعر، أما عندما يكون الجو رطباً؛ فإن الأجسام لا تحتفظ بشحناتها، وتفرغ الشحنات منها إلى الهواء المحيط بها؛ لأن الهواء الرطب قادر على نقل الشحنة الكهربائية.

فكر: كيف يمكن التغلب على مشكلة الفرقعة عند تمشيط الشعر، الناتجة عن الكهرباء الساكنة في الأيام الجافة؟

الكهرباء السكونية في الطبيعة

لاحظ الإغريق في القرن السادس قبل الميلاد، أنَّ ذلك حجر العنبر بالصوف، يجعله قادراً على جذب ريش الطيور أو أجزاء القش الصغيرة. وبقيت قوة الجذب هذه سرّاً من أسرار الطبيعة لأكثر من ٢٠٠٠ عام، إلى أن أرسى العالم (بنيامين فرانكلين) أولى خطوات البحث في مجال الكهرباء السكونية، عن طريق تجربة الطائرة الورقية. ثم توالى بعد ذلك الأبحاث والتجارب، إلى أن أصبحت الكهرباء أحد فروع علم الفيزياء الأساسية، الذي له الكثير من التطبيقات العملية في الحياة. وكَيَ نتمكن من التعامل مع هذه التطبيقات بصورة صحيحة وسليمة، وتجنّب مخاطرها؛ يجب علينا دراسة مفاهيم الكهرباء والاطلاع على بعض تطبيقاتها.

بعد دراستك هذا الفصل، يُتوقَّع منك أن:

- ◀ تُفسّر عملية الشحن بالحثّ والتوصيل والدلك.
- ◀ تذكر نصّ مبدأ حفظ الشحنة الكهربائية، ووحدة الشحنة.
- ◀ تتعرّف مبدأ كمية الشحنة الكهربائية.
- ◀ توظّف التجربة العلمية في التمييز بين طرق الشحن الكهربائي: (الدلك، والحثّ، والتوصيل).
- ◀ تذكر نصّ قانون (كولوم) في الكهرباء السكونية.
- ◀ تُطبّق قانون (كولوم) في حلّ مسائل حسابية.
- ◀ تُمثّل العلاقات البيانية للقوة الكهربائية مع المسافة، وتُحلّلها.
- ◀ تحسب محصلة عدّة قوى كهربائية في بعد واحد.
- ◀ توضّح المقصود بالمجال الكهربائي.
- ◀ تُمثّل بالرسم خطوط المجال، وتستنسخ خصائصها.
- ◀ تُفسّر ظواهر وتطبيقات متعلّقة بالكهرباء السكونية.
- ◀ تُراعي قواعد الأمان وإجراءات السلامة، عند التعامل مع الأجسام المشحونة.

الشحنة الكهربائية خصيصة فيزيائية للمادة، مثل خصيستي الكتلة والحجم، والأجسام جميعها في وضعها الطبيعي متعادلة كهربائياً؛ أي أنّ عدد ما تحمله من شحنات كهربائية سالبة، يساوي ما تحمله من شحنات موجبة، والشحنات السالبة هي التي تظهر على مسطرة بلاستيكية؛ عند دلكها بقطعة صوف، بينما تظهر الشحنات الموجبة على قطعة الصوف. إذا قربت مسطرة مشحونة من قصاصات ورق صغيرة ستجدها تنجذب نحوها، ما يعني وجود قوة كهربائية بين الأجسام المشحونة. وتُعرف عملية الشحن الكهربائي: بأنها إكساب الأجسام شحنة كهربائية موجبة أو سالبة.

نتائج الدرس

- توضّح المقصود بكل من الموصل والعازل.
- تفسّر عملية الشحن بالدلك والتوصيل والحث.
- تتعرّف مبدأ كمية الشحنة.
- تذكر مبدأ حفظ الشحنة الكهربائية.
- تفسر ظواهر وتطبيقات الكهرباء السكونية.

نشاط تمهيدي

ادلك بالوناً بقطعة صوف، كما في الشكل (١-٥)، ثمّ قربهُ من قصاصات ورق صغيرة، ماذا تلاحظ؟ فسّر ذلك.



الشكل (١-٥): نشاط تمهيدي.

خصائص الشحنة الكهربائية

١-١-٥

Properties of Electric Charge

- ١- أثبتت عدّة تجارب، وجود نوعين من الشحنات الكهربائية، أعطاها (بنجامين فرانكلن Benjamin Franklin) اسم الشحنات السالبة والشحنات الموجبة.
- ٢- كما أثبتت التجارب والمشاهدات أنّ الشحنات المتشابهة تتنافر والشحنات المختلفة تتجاذب.
- ٣- الشحنات الكهربائية محفوظة، وعملية الشحن الكهربائي لا تولّد شحنات كهربائية جديدة، بل هي وسيلة تنتقل عن طريقها شحنات كهربائية سالبة من جسم إلى آخر، فيصبح الجسم الذي خسر شحنات سالبة موجباً، والجسم الذي كسب شحنات سالبة سالباً.

فكرة مضيئة

عندما أنتجت موادّ صناعية مثل النايلون والبوليستر والأكريليك، ظهرت مشكلة التصاق الملابس بالأجسام، ما دفع المنتجين إلى تطويرها؛ لتقليل هذا الالتصاق الناتج عن الكهرباء السكونية.

٤- توجد الشحنات في الطبيعة بمقادير محدّدة، أصغرّها مقدارُ شحنة إلكترون واحدٍ، ولا يمكن تجزئتها.

Electric Conductors & Insulators

الموادّ الموصلة والموادّ العازلة للكهرباء

٢-١-٥

تصنّف الموادّ من حيث سماحيّتها لانتقال الشحنات فيها إلى نوعين، هما:

١- موادّ موصلة (Conductors)

يمكن للشحنات الكهربائيّة أن تنتقل خلالها بسهولة، مثل الفلزّات والمحاليل الكهربائيّة مثل محلول ملح الطعام بالماء. ويعدّ كلّ من الذهب والفضة والنحاس والألمنيوم، من أجود الموصلات الفلزيّة، فالشحنة الكهربائيّة التي يحملها قضيب نحاسيّ تنتقل منه بسهولة إلى الأجسام التي يلامسها.

٢- موادّ عازلة (Insulators)

لا يمكن للشحنات الكهربائيّة أن تتحرّك خلالها بسهولة، مثل الزجاج والبلاستيك والمطاط والمحاليل الجزيئيّة مثل محلول السكر بالماء، وغيرها. والعوازل مهمّة في السلامة الكهربائيّة، حيث تُستخدم في تغطية الأسلاك الكهربائيّة ومقابض الأدوات الكهربائيّة، فعندما يلامس جسم مطاطيّ جسمًا مشحونًا، فإنّ الشحنة الكهربائيّة لا تنتقل إلى المطاط.

حقيقة علمية

يُعدّ الهواء الجافّ عازلاً، إلّا أنّه تحت ظروفٍ معنيّة؛ كأن يكون مخلخل الضغط، أو عالي الرطوبة، فإنّ الشحنات الكهربائيّة تتحرّك خلاله كما لو كان موصلًا، ويفسّر هذا صعوبة إجراء أنشطّة الشحن الكهربائيّ في جوّ رطب.

Methods of Charging

طرق الشحن الكهربائيّ

٣-١-٥

يمكن شحن الأجسام بطرائق ثلاث، هي الدلك والتوصيل والحث (التأثير).

١- الشحن بالدلك (Charging by Rubbing)

عرفت أنّ قضيب البلاستيك يُشحن بدلكه بالصوف، بينما يُشحن قضيب الزجاج بدلكه بالحرير. قد تدور في ذهنك أسئلة كثيرة، مثل: هل يُشحن قضيب البلاستيك إذا دلك بمادّة

أخرى غير الصوف؟ هل يختلف نوع الشحنة التي تظهر على قضيب البلاستيك، عن تلك التي تظهر على قضيب الزجاج؟ هل يوجد مواد أخرى يمكن شحنها بالدلك؟

عند ذلك جسمين غير مشحونين من مادتين مختلفتين بعضهما ببعض، تظهر على الجسمين شحنتان متساويتان مقداراً ومختلفتان نوعاً، فعندما تظهر شحنة موجبة على قضيب الزجاج، تظهر في المقابل شحنة سالبة على قطعة الحرير، وتكون الشحنتان متساويتين في المقدار. وبذلك، يمكننا القول إن الشحنت الكهربية لا تُفنى ولا تستحدث، ولكن تنتقل من جسم إلى آخر، وهذا هو **مبدأ حفظ الشحنة الكهربية (Conservation of Electric Charge)**. تظهر الشحنة على الجزء المدلول من الجسم فقط، ولا تتوزع على باقي أنحاء الجسم؛ لأنه عازل. تختلف المواد من حيث ميلها لإظهار شحنة كهربية موجبة أو سالبة عند دلكها معاً، وقد رُتبت بعض المواد في سلسلة أُطلق عليها اسم **سلسلة الدلك الكهربي (Triboelectric Series)**، وكما يظهر في الشكل (٥-٢)، فقد وضعت المواد الأكثر ميلاً لإظهار شحنة موجبة في أعلى السلسلة. لاحظ أن الزجاج يقع أعلى من الحرير، وهو أقرب إلى الإشارة الموجبة؛ لذا، عند ذلك الزجاج بالحرير، يصبح الزجاج موجباً والحرير سالباً.

تفكير ناقد



الشكل (٥-٢): سلسلة

الدلك الكهربي

معتمداً على سلسلة الدلك الكهربية، أجب عن الأسئلة

الآتية:

- ما الشحنة التي تظهر على قضيب من مادة الألمنيوم، عند دلكه بكل من: الصوف، القطن؟
- دلكت قطعة من المطاط بالحرير، ثم في تجربة أخرى دلكت بالصوف، في أيّ الحالتين تكون الشحنة المتولدة على المطاط أكبر؟ فسّر إجابتك.



١- مولّد فان دي غراف (Van De Graff Generator): جهاز يُستخدم

لتوليد شحنات كهربائية بكميات كبيرة، يتكوّن من حزام مطاطي يدور على بكرتين في أسفل الجهاز وفي أعلاه، فيشحن الحزام بالدلك، ثمّ تنتقل الشحنات إلى كرة من مادّة موصلة في أعلى الجهاز، فتتراكم الشحنات عليها. والشكل (٣-٥) يوضّح الجهاز.

٢- الكشاف الكهربائي (Electroscope): جهاز يكشف عن وجود

الشكل (٣-٥): مولّد فان دي غراف.

الشحنة الكهربائية، يتكوّن من قرص وساق موصلين، وتتصل بالساق ورقتان خفيفتان من الذهب أو فلز آخر، يحيط بأجزائه

إناء زجاجي شفاف، كما في الشكل (٤-٥/أ)، وعند شحن الكشاف بالكهرباء، تنفرج ورقتا الكشاف، وقد يزوّد الكشاف بتدريج يُشير إلى مقدار الانفراج في الورقتين؛ ويستخدم عندئذ لقياس كمية الشحنة الكهربائية إضافةً إلى نوعها، ويُسمّى الإلكتروميتر (Electrometer). لاحظ الشكل (٤-٥/ب).



(ب)



(أ)

الشكل (٤-٥): الكشاف الكهربائي.

عرفت أنّ الموادّ العازلة تُشحن بالكهرباء؛ عند ذلك مادّة عازلة بأخرى عازلة. لكن، هل تتولّد شحنات كهربائية على مادّة موصلة عند ذلكها بمادّة أخرى؟ للإجابة عن هذا السؤال؛ نفد النشاط الآتي:

هدف النشاط: التحقق عملياً من إمكانية شحن الأجسام الموصلة بالدلك.
الأدوات: قضيب حديدي، وقضيب الألمنيوم، وملقط خشبي، وقطعة صوف، وكشاف كهربائي.

خطوات تنفيذ النشاط

- ١- المس قرص الكشاف الكهربائي بيدك، وتأكد من انطباق ورقتيه.
 - ٢- اشحن قضيب الحديد بدلكه بالصوف.
 - ٣- امسك طرف القضيب بيدك، واجعل الطرف الآخر يلامس قرص الكشاف.
 - ٤- أعد الخطوات السابقة، ولكن امسك القضيب بالملقط الخشبي.
 - ٥- كرر الخطوات السابقة؛ مستخدماً قضيب الألمنيوم بدلاً من الحديد.
- أجب عن السؤال الآتي: هل كشفت عن وجود شحنات كهربائية ساكنة على كل من:
- قضيب الحديد عندما كان ملامساً ليدك؟ وعندما كان معزولاً عنها بالملقط الخشبي؟
 - قضيب الألمنيوم عندما كان ملامساً ليدك؟ وعندما كان معزولاً عنها بالملقط الخشبي؟

انتقلت الشحنات المتولدة بالدلك على المادة الموصلة، عبر جسمك الذي يُعد موصلاً للكهرباء إلى الأرض، فالأرض تُعد مستودعاً للشحنات الكهربائية السالبة، وعند اتصال أي جسم مشحون مع الأرض؛ فإنه يفقد شحنته، وتُعرف هذه العملية **بالتفريغ الكهربائي**، وعندما عُزلت المادة الموصلة عن جسمك احتفظت بالشحنة؛ لذا، يمكننا القول إنه يمكن شحن الأجسام الموصلة بالدلك؛ كما هي الحال بالنسبة إلى المواد العازلة. وتساعدنا معرفة طبيعة المادة إن كانت موصلة أم عازلة، على تفسير الكثير من المشاهدات المتعلقة بالشحنات الكهربائية.

٢- الشحن بالتوصيل (باللمس) (Charging by Contact)

هل شعرت يوماً برعشة في يدك عند لمسك مقبضاً موصلاً لباب غرفتك الخشبي، بعد سيرك على سجادة؟ إن كلاً من يدك ومقبض الباب أجسام موصلة للكهرباء، وما شعرت به ناتج عن انتقال الشحنة من جسمك إلى المقبض الموصل للباب أو العكس، ليكتسب المقبض شحنة كهربائية عن طريق اللمس.



الشكل (٥-٥): أغلفة بلاستيكية.

- تُغلف الأواني بأغلفة بلاستيكية شفافة ورقيقة جدًا، لحفظ الطعام، كما في الشكل (٥-٥)، فسّر لماذا يلتصق البلاستيك جيدًا بأواني الخزف والزجاج، بينما لا يحدث ذلك مع أواني الألمنيوم.
- إذا تلامس جسمان موصلان متماثلان تمامًا، أحدهما مشحون بشحنة سالبة، والثاني متعادل، ما الشحنة التي ستظهر على كل منهما بعد فصلهما؟

٣- الشحن بالحث (بالتأثير) (Charging by Induction)

هل يمكن شحن جسم متعادل من دون ذلك بجسم آخر، ومن دون ملامسته لجسم مشحون؟ للإجابة عن السؤال، نفذ النشاط الآتي:

الشحن بالحث

نشاط ٥-٢

هدف النشاط: شحن الأجسام بالحث.

الأدوات: قضيب بلاستيكي، وقضيب موصل له مقبض عازل، وقطعة صوف، ومولد فان دي غراف، وكشاف كهربائي، وأسلاك نحاسية.

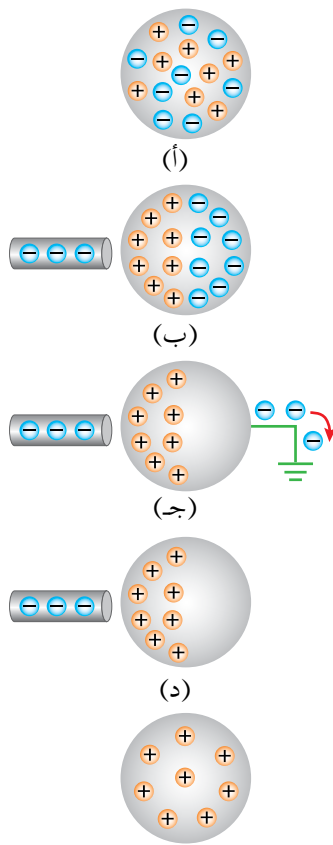
ملحوظة: عند استخدام مولد (فان دي غراف)، يُكتفى بالعرض العملي، من دون مشاركة الطلبة.

خطوات تنفيذ النشاط

- ١- ادلك قضيب البلاستيك بقطعة الصوف عدّة مرّات (يمكنك استخدام مولد فان دي غراف).
- ٢- صل أحد طرفي القضيب الموصل بقرص الكشاف الكهربائي.
- ٣- قرب القضيب البلاستيكي المدلوك من الطرف الآخر للقضيب الموصل، من دون أن يلمسه. لاحظ ما يحدث للكشاف.
- ٤- أبعد قضيب البلاستيك، ماذا تلاحظ؟
- ٥- كرر الخطوات الثلاث الأولى. وفي أثناء وجود قضيب البلاستيك بالقرب من الموصل، المس بيدك قرص الكشاف.

- ٦- أبعِدْ يَدَكَ عَنِ الْقَرِصِ أَوَّلًا، ثُمَّ أبعِدِ الْقُضِيبَ الْبَلَّاسْتِيكِيَّ عَنِ الْمَوْصِلِ.
- ٧- دَوِّنْ مَلاحِظَاتِكَ فِي جَدُولٍ مِمَّاثِلٍ لِلْجَدُولِ (٥-١)، عِنْدَ إِجْرَائِكَ كُلِّ خُطْوَةٍ، ثُمَّ فَسِّرْ مَا لَاحِظْتَهُ، مَبَيِّنًا نَوْعَ الشَّحْنَةِ الَّتِي تَظْهَرُ عَلَى الْقُضِيبِ الْمَوْصِلِ.

الجدول (٥-١): النشاط (٥-٢)			
	الإجراء	الملاحظة	التفسير والاستنتاج
١			
٢			
٣			



الشكل (٥-٦): خطوات الشحن بالحث.

عِنْدَ تَقْرِيبِ قُضِيبٍ مَطَّاطِيٍّ مَشْحُونٍ بِشَّحْنَةٍ سَالِبَةٍ، مِنْ كُرَةِ مَوْصِلَةٍ مُتَعَادِلَةٍ وَمَعزُولَةٍ عَنِ الْأَجْسَامِ الْأُخْرَى، تَظْهَرُ عَلَى الْكُرَةِ شَحْنَتَانِ؛ شَحْنَةٌ قَرِيبَةٌ مِنَ الْقُضِيبِ الْمَطَّاطِيٍّ (الْمُؤَثِّرِ) تَكُونُ مُخَالَفَةً لِشَحْنَتِهِ، تَسْمَى شَحْنَةً **مَقِيدَةً**، وَشَحْنَةٌ عَلَى الْغُرْفِ الْبَعِيدِ تَكُونُ مُشَابِهَةً لِشَحْنَةِ الْمُؤَثِّرِ تَسْمَى شَحْنَةً **حَرَّةً**، كَمَا فِي الشَّكْلِ (٥-٦/ب). تَكُونُ هَذِهِ الشَّحْنَةُ عَلَى الْكُرَةِ **مُوقَّتَةً**، لِأَنَّهُ عِنْدَ إِبْعَادِ الْمُؤَثِّرِ عَنِ الْكُرَةِ، تَسْتَعِيدُ الشَّحْنَاتُ تَوَازِيْعَهَا الطَّبِيعِيَّةَ مَرَّةً أُخْرَى، وَتَخْتَفِي الشَّحْنَةُ عَنِ الْكُرَةِ. لِشَحْنِ الْكُرَةِ بِشَّحْنَةٍ كَهْرَبَائِيَّةٍ دَائِمَةٍ بِطَرِيقَةِ الْحَثِّ، يَوْصَلُ الْغُرْفُ الْبَعِيدُ لِلْكُرَةِ مَعَ الْأَرْضِ، أَوْ يَلْمَسُ بِالْيَدِ فِي أَثْنَاءِ وُجُودِ الْمُؤَثِّرِ الْمَشْحُونِ بِالْقَرَبِ مِنْهَا، كَمَا فِي الشَّكْلِ (٥-٦/ج)، ثُمَّ يَقْطَعُ هَذَا التَّوَصِيلُ وَيَبْعُدُ الْمُؤَثِّرُ الْمَشْحُونُ عَنِ الْكُرَةِ. وَعِنْدَ ذَلِكَ، تَتَوَزَّعُ عَلَى سَطْحِ الْكُرَةِ شَحْنَةٌ كَهْرَبَائِيَّةٌ مُخَالَفَةٌ لِشَحْنَةِ الْمُؤَثِّرِ. مُعْتَمِدًا عَلَى الشَّكْلِ (٥-٦)، اكْتُبْ خُطُواتِ شَحْنِ الْكُرَةِ بِالْحَثِّ بِشَّحْنَةٍ دَائِمَةٍ.

فَكِّرْ



هَلْ يُمْكِنُكَ اسْتِبْدَالُ كُرَةِ مَطَّاطِيَّةٍ بِالْكَرَةِ الْمَوْصِلَةِ فِي النِّشَاطِ السَّابِقِ؛ لِشَحْنِهَا بِالْحَثِّ؟ فَسِّرْ إِجَابَتَكَ.

لتفسير الكثير من الظواهر المتعلقة بصفات المادة وسلوكها، وضع العلماء مجموعة من الفرضيات العلمية تنبأوا عن طريقها بتركيب المادة، حيث شكّلت هذه الفرضيات ما يُعرف **بالنظرية الذرية**، وهي تصف المواد جميعها باختلاف حالاتها، بأنها تتكوّن من ذرات، وتتكوّن الذرة الواحدة من نواة تحوي بروتونات موجبة الشحنة، تدور حولها إلكترونات سالبة الشحنة. وفي الذرة المتعادلة كهربائياً، يتساوى عدد البروتونات الموجبة في النواة، مع ما يدور حولها من إلكترونات سالبة الشحنة، واعتماداً على النظرية الذرية يمكننا تفسير ما سبق من ظواهر التكهرب.

١- تفسير التكهرب بطريقة الدلك

عند ذلك جسمين متعادلين من مادّتين مختلفتين بعضهما ببعض؛ فإنّ عدداً من الإلكترونات ينتقل من أحد الجسمين إلى الآخر، ويكون مقدار ما يفقده الجسم الأول من إلكترونات مساوياً لما يكتسبه الجسم الثاني، وما ينتقل عند الشحن هو الإلكترونات بسهولة فقدها واكتسابها، أمّا الشحنات الموجبة (البروتونات) فهي مرتبطة داخل النواة. وتعتمد عملية فقد الإلكترونات أو اكتسابها عند ذلك الأجسام ببعضها بعضاً، على قوّة ارتباط الإلكترونات بنواة الذرة في تلك الأجسام، وميل ذرات الجسم لفقد الإلكترونات أو اكتسابها، وهذا ما يفسّر اختلاف بعض المواد عن بعضها الآخر في ميلها للتكهرب، بما يتناسب مع ترتيبها في سلسلة الدلك.

سؤال: فسّر ظهور شحنات موجبة على جسم الإنسان، عند دلكه بالحرير، على الرغم من أنّ الشحنات الموجبة لم تنتقل إليه؟

فكر

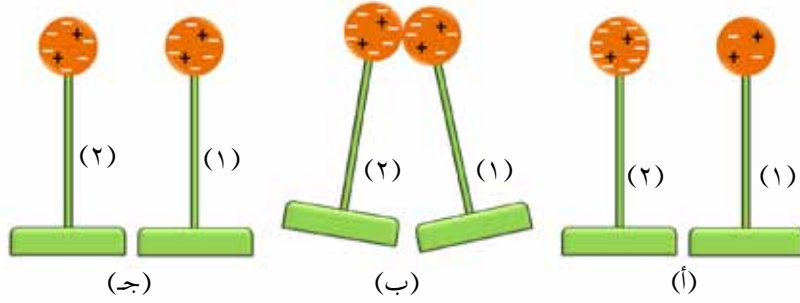


الشكل (٥-٧): دلك مطّاط الأيونات بالصوف.

يبيّن الشكل (٥-٧) عملية ذلك قضيب من مطّاط الأيونات بقطعة من الصوف، وانتقال الإلكترونات بينهما. فسّر سبب فقد الصوف للإلكترونات، وكسب المطّاط لها.

٢- تفسير التكهـرب بطريـقة اللـمس

لدينا كرتان موصلتان ومعزولتان عن الوسط، الكرة (١) متعادلة والكرة (٢) مشحونة بشحنة سالبة، كما في الشكل (٥-٨/أ)، إذا تلامست الكرتان كما في الشكل (ب)؛ فإن عددًا من الإلكترونات ينتقل من الكرة (٢) إلى الكرة (١) لتصبح الكرتان مشحونتين بشحنتين سالبتين، وعند فصل الكرتين عن بعضهما كما في الشكل (ج)، تبقى كل كرة محتفظة بشحنتها الجديدة.



الشكل (٥-٨): انتقال الإلكترونات بين كرتين موصلتين.

تفكير ناقد

إذا تلامس جسمان موصلان أحدهما مشحون بشحنة موجبة، والآخر غير مشحون، فسّر ما يحدث عند التلامس؟

سؤال: فسّر عملية التكهـرب بطريـقة الحثّ مستخدمًا النظرية الذرية، موضِّحًا الشحنة المقيّدة والشحنة الحرة، وعملية التفريغ الكهربائي.

٣- تكمية الشحنة

تبين أن شحنة الإلكترون، هي أصغر شحنة مستقرّة يمكن أن يحملها جسم في الطبيعة، تمكّن العالم (مليكان) من قياس شحنة الإلكترون بإجراء تجربة استخدم فيها رذاذ الزيت، بعد أن شحنته بشحنات كهربائية سالبة، ثم درس اتزان قطرة واحدة تحت تأثير عدّة قوى وبهذه النتيجة، توصل إلى مبدأ **تكمية الشحنة (Quantization of Charge)** الذي ينص على أن: أي جسم مشحون يجب أن تساوي شحنته عددًا صحيحًا من مضاعفات شحنة الإلكترون. ويُعبّر عن مبدأ تكمية الشحنة رياضيًا بالعلاقة الآتية:

$$\text{الشحنة} = \text{عددًا صحيحًا} \times \text{شحنة الإلكترون}$$

وبالرموز: $q = n \cdot e$ (٥-١)

حيث (ن): عددٌ صحيحٌ موجبٌ يساوي عددَ الإلكتروناتِ التي يكتسبها الجسمُ أو يفقدها عند شحنه، (س_e): شحنةُ الإلكترونِ ومقدارُها $1,6 \times 10^{-19}$ كولوم، وهي تساوي شحنةُ البروتون أيضاً من حيث المقدار، إنَّ وحدةَ قياسِ الشحنةِ الكهربائية هي **كولوم**، وهي وحدةٌ كبيرةٌ جداً وتحتوي كميةً كبيرةً من الشحناتِ الكهربائية؛ لذا، تُستخدمُ البادئاتُ العلميةُ في التعبيرِ عن الشحناتِ الكهربائيةِ المألوفة، مثل:

(ملي كولوم) = 10^{-3} كولوم، (ميكرو كولوم) = 10^{-6} كولوم،
(نانو كولوم) = 10^{-9} كولوم، (بيكو كولوم) = 10^{-12} كولوم.

مثال ١-٥

ما شحنةٌ جسيمٍ فقدَ مليونَ إلكترون؟

الحلُّ

$$س = ن \times س_e$$

$$= 1,6 \times 10^6 \times 10^{-19}$$

$$= 1,6 \times 10^{-13} \text{ كولوم، وهي شحنةٌ موجبةٌ؛ لأنَّ الجسمَ فقدَ إلكتروناتٍ سالبةَ الشحنة.}$$

فكرْ



في تجربةٍ مماثلةٍ للتجربةِ التي أجراها العالم (مليكان)، حصلَ باحثٌ على القيمِ الآتيةٍ لشحناتٍ كهربائيةٍ تحملها قطراتُ الزيت: 32×10^{-10} كولوم، 9×10^{-10} كولوم، $3,1 \times 10^{-17}$ كولوم، أيُّ هذه النتائجِ مقبولةٌ علمياً؟ لماذا؟

ظواهر وتطبيقات على الكهرباء الساكنية

٥-١-٥

Electrostatic Applications and Phenomenon

تعايش الإنسان مع ظواهر طبيعية، تُعدُّ تطبيقاً على الكهرباء الساكنية قبل أن يكتشف الكهرباء كظاهرة البرق، ومع التقدم التكنولوجي ظهرت تطبيقات مشابهة، بعضها ذو فائدة كبيرة وبعضها الآخر تنتج عنه أضرار يسعى الإنسان إلى التقليل منها، ومن تلك التطبيقات ما يأتي:

١- ظاهرة البرق (Lightening)

تكون قطرات الماء المحمولة في الغيوم مشحونة كهربائياً، فتصبح بعض الغيوم موجبة الشحنة وبعضها الآخر سالبة الشحنة، وعند اقتراب الغيوم المشحونة بشحنات مختلفة من بعضها لمسافة كافية، فإن التركيز العالي للشحنات الكهربائية يتغلّب على عزل الهواء، ويحدث تفريغ كهربائي بين الغيمتين، على صورة شرارة كهربائية ضخمة (سيل من الإلكترونات) تُسمى **برقاً**، وقد يحدث التفريغ الكهربائي أحياناً بين غيوم على ارتفاعات منخفضة وسطح الأرض، وعندها يُسمى **صاعقة**.

٢- أدوات تفريغ الشحنة الكهربائية



جميعنا نمتلك شحنات كهربائية على أجسامنا، لكننا لا نشعر بها، ولا يسبّب وجودها مشكلة؛ باستثناء بعض اللسعات الخفيفة التي قد نشعر بها عندما نلمس مقبضاً موصلاً لباب خشبي، إذ تنتج هذه اللسعة عن تفريغ الشحنات الكهربائية المتجمّعة على أجسامنا في المقبض. لكن، قد ينتج عن ذلك أضرار كبيرة عندما نتعامل مع الدارات الإلكترونية الحساسة، مثل: اللوحة الأم لجهاز الحاسوب، أو الهاتف الذكي، أو المقسم الإلكتروني؛ لذا، يُنصح بتفريغ شحنة أجسامنا قبل إجراءات الصيانة لتلك الأجهزة. في الشكل (٥-٩/أ)، ميدالية مفاتيح مزودة بشاشة صغيرة ولها طرف مطاطي، تستخدم لتفريغ الشحنات الكهربائية عن جسم مستخدمها، وذلك بمجرد حكّ

الجزء المطاطي من الميدالية في جسم موصل متصل بالأرض كالسيارة مثلاً، وبعد عملية التفريغ تظهر على الشاشة صورة ابتسامة، ما يعني أنّ المهمة انتهت بنجاح. أمّا الحزام المطاطي المبين في الشكل (٥-٩/ب) فيثبتته فني صيانة الإلكترونيات حول معصمه، ويوصل طرفه الآخر مع الجهاز الإلكتروني المراد صيانته؛ لمعادلة شحنة جسم الشخص مع شحنة الجهاز.

٣- طلاء السيارات

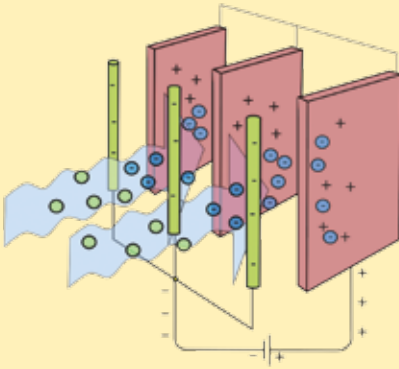
يستخدم لطلاء السيارات وقطع الأثاث وغيرها من الأجسام الموصلة مرذاذ خاص، يزوّد قطرات الطلاء بشحنات كهربائية موجبة عند خروجها منه، فتتنافر متباعدة عن بعضها،

ويشحن جسم السيارة بشحنة كهربائية سالبة، فتتجه قطرات الطلاء جميعها نحوها بسبب التجاذب الكهربائي، كما في الشكل (١٠-٥). ويتميز الطلاء بهذه الطريقة بالتجانس، والوصول إلى الأجزاء جميعها وترشيد استخدام الطلاء.



الشكل (١٠-٥): الطلاء بمساعدة الكهرباء السكونية.

التكامل مع البيئة



الشكل (١١-٥): مراحل تنقية الهواء في المرشحات الكهروسكونية.

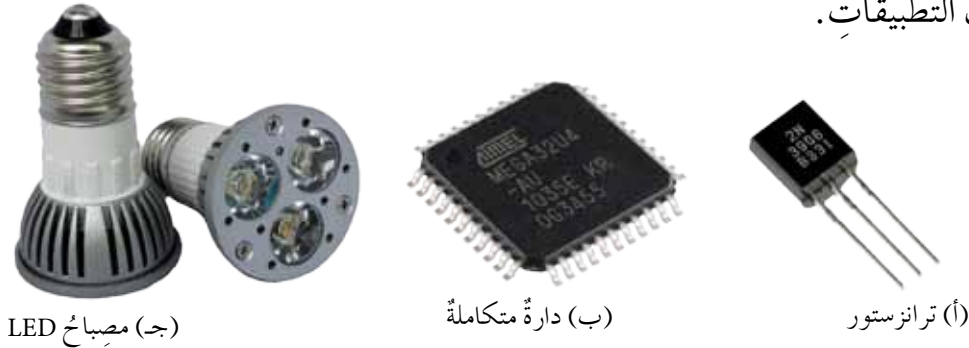
تسهم الكهرباء السكونية في المحافظة على البيئة، عن طريق التخلص من الغازات الملوثة التي تطلقها المصانع باستخدام أجهزة تسمى مرشحات كهروسكونية، تثبت في مداخن المصانع، إضافة إلى المرشحات التقليدية التي تنقي الهواء من المواد العالقة به. في المرحلة الأولى، تشحن الدقائق الملوثة للغازات بشحنة كهربائية سالبة عند مرورها بين أسلاك موصلة سالبة الشحنة، وفي المرحلة الثانية، تمر الغازات المشحونة بين ألواح موصلة مشحونة بشحنة كهربائية موجبة، وتكون مثبتة رأسياً، ومتقابلة كما في الشكل (١١-٥)، تجمع الغازات المشحونة بشحنة سالبة. يمكن أن تستخدم مثل هذه المرشحات في المنازل والمطاعم والقاعات الكبيرة؛ لتنقية الهواء من الغبار والدخان باستمرار.

التوسّع

أشباه الموصلات

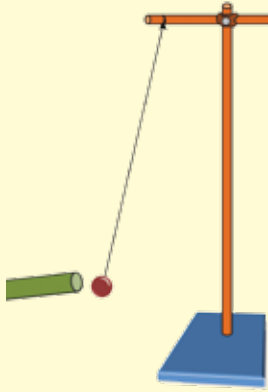
عرفت عند تصنيف المواد أنها تصنف إلى نوعين؛ موصلة للكهرباء وعازلة، لكن يوجد نوع ثالث من المواد تسمى **أشباه موصلات (Semiconductors)**، منها: الكربون والسيليكون والجرمانيوم، وهي تقع في المجموعة الرابعة من الجدول الدوري، تتصف هذه المواد بأن لها خصائص كهربائية

تقع بين خصائص المواد الموصلة والمواد العازلة. فهي موصلة ضعيفة للتيار الكهربائي. ولكن، إذا أضيفت إليها كميات قليلة جداً من مواد أخرى، كالزنيخ والفسفور وغيرهما؛ فإن أشباه الموصلات تصبح موصلة وتكتسب خصائص جديدة تمكّننا من استخدامها في الصناعات الإلكترونية الحديثة، مثل: الترانزستور (Transistor)، والدوائر الكهربائية المتكاملة (IC Circuits)، والتي تستخدم في أجهزة الحاسوب والهاتف النقّال وغيرهما، وتستخدم في مصابيح الإضاءة الحديثة التي تُعرف بالثنائي الضوئي (Light Emitting Diode) ويختصر اسمها بـ (LED). الشكل (٥-١٢) يوضح بعضاً من تلك التطبيقات.



الشكل (٥-١٢): بعض استخدامات أشباه الموصلات

مراجعة الدرس ١-٥



الشكل (٥-١٣): السؤال الثالث.



الشكل (٥-١٤): السؤال الرابع.

١- اذكر نص مبدأ حفظ الشحنة.

٢- بالرجوع إلى سلسلة الدلك الكهربائي، فسّر لماذا تتولّد شحنة كهربائية موجبة على الزجاج، عند ذلك بالحرير.

٣- عند تقريب قضيب بلاستيكي مشحون، من كرة موصلة خفيفة معلقة بخيط رفيع، كما في الشكل (٥-١٣)، تلاحظ اقتراب الكرة من القضيب، إلى أن تلامسه ثم ابتعادها عنه، فسّر ذلك.

٤- **تفكير ناقد:** ما أهمية توصيل سلك نحاسي كالمبين في الشكل (٥-١٤)، بين شاحنة نقل النفط، وباب البئر عند تفريغ حمولتها في محطات الوقود؟

٥- هل يمكن شحن جسم من مادة عازلة بطريقة الحث؟ لماذا؟

نتائج الدرس

- تذكر نص قانون كولوم.
- تطبق قانون كولوم في حل مسائل حسابية.
- تمثل بيانياً علاقة القوة الكهربائية مع المسافة، وتحللها.
- تحسب محصلة عدة قوى كهربائية في بعد واحد.

نشاط تمهيدي

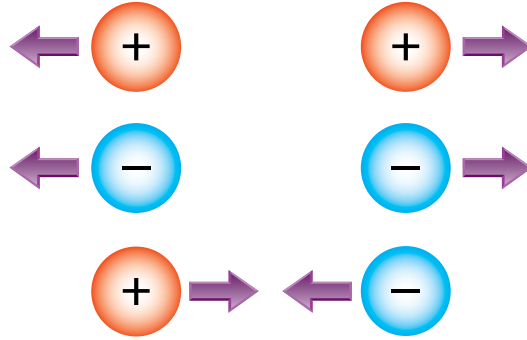
علّق بالونين بوساطة خيطين طويلين على مسافة من بعضهما، ثم ادلكهما بالصوف، ولاحظ ما يحدث لهما. غير المسافة تارة، وغير مدة ذلك (مقدار الشحنة) تارة أخرى، ولاحظ كيف يتغير مقدار التنافر بينهما (زاوية الانفراج).

فكرة مضيئة

تؤثر الشحنات الكهربائية في بعضها بقوى عن بعد، تكون إما تجاذب وإما تنافر.



تعلمت أنّ الشحنات الكهربائية المختلفة تتجاذب، وأنّ الشحنات الكهربائية المتشابهة تتنافر، وتعدّ حركة هذه الشحنات اقتراباً أو ابتعاداً عن بعضها دليلاً على وجود القوى بينها، انسجاماً مع القانون الأول لنيوتن في الميكانيكا، ولما كان منشأ هذه القوى شحنات كهربائية تحملها الأجسام المشحونة؛ فإنّها تدعى **قوى كهربائية**، وبما أنّ هذه القوى تؤثر عن بعد؛ فهي تصنف من قوى المجال. لاحظ الشكل (٥-١٥) الذي يبين اتجاهات القوى التي تؤثر بها كرات صغيرة مشحونة في بعضها.



الشكل (٥-١٥): قوى التنافر والتجاذب الكهربائية.

قد لاحظت عند تنفيذ النشاط التمهيدي، أنّ قوة التنافر الكهربائية بين البالونين لم تكن ثابتة المقدار، بل كانت تتغير عند تغييرك بعض العوامل، فما العوامل التي تعتمد عليها القوة الكهربائية التي يؤثر بها جسم مشحون في جسم آخر مشحون وقريب منه؟

أجرى العالم شارل كولوم عدة تجارب في عام ١٧٨٥م؛ لتحديد العوامل التي تعتمد عليها القوة الكهربائية التي تؤثر بها

شارل كولوم: Charles-Augustine Coulomb (١٧٣٦-١٨٠٦)

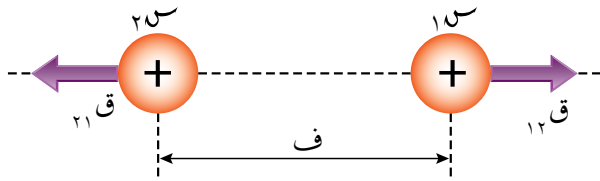
فيزيائي فرنسي أسهم إسهاماً علمياً في الكهرباء والمغناطيسية، عن طريق قانونه الذي يحمل اسمه (قانون كولوم)، مستخدماً أداة تُسمى ميزان (اللي).

كل شحنة في الشحنة الأخرى، مستخدمًا كرات صغيرة مشحونة، أنصاف أقطارها صغيرة جدًا مقارنة مع المسافة بينها، وهو بذلك كان يتعامل مع الكرات المشحونة على أنها **شحنات نقطية (Point Charge)**. وقد أثرت تجاربه بوضع **قانون كولوم** في الكهرباء السكونية، الذي يمكننا من حساب القوة التي تؤثر بها الشحنات الكهربائية بعضها في بعض.

ينص قانون كولوم في الكهرباء السكونية على أن: القوة الكهربائية المتبادلة بين شحنتين نقطيتين، تتناسب تناسبًا طرديًا مع مقدار كل من الشحنتين، وعكسيًا مع مربع المسافة بينهما.

وقد وصف كولوم القوة الكهربائية المتبادلة بين شحنتين نقطيتين بما يأتي:

- ١- يتناسب مقدارها طرديًا مع حاصل ضرب مقدار الشحنتين.
 - ٢- يتناسب مقدارها عكسيًا مع مربع البعد بين الشحنتين؛ أي أن القوى المتبادلة بين الشحنات تخضع لقانون التربيع العكسي.
 - ٣- ينطبق خط عملها على الخط الواصل بين الشحنتين.
 - ٤- يكون نوعها تنافريًا في حالة الشحنات المتشابهة، وتجاذبيًا في حالة الشحنات المتخالفة.
- ويمثل قانون كولوم بالعلاقة الرياضية الآتية:



الشكل (١٦-٥): قانون كولوم.

$$F = \frac{k q_1 q_2}{f^2} \quad \text{..... (١٦-٥)}$$

حيث: (ف) المسافة بين الشحنتين بالأمتار،

كما في الشكل (١٦-٥)، (س_١، س_٢): مقدار كل من الشحنتين بوحدة كولوم، وهما متماثلتان في الإشارة، (ق): القوة الكهربائية بوحدة نيوتن، (أ): ثابت كولوم ويساوي تقريبًا ٩ × ١٠^٩ نيوتن. م^٢/كولوم^٢ في حالة الفراغ. وعند وجود وسط آخر بين الشحنتين مثل الزيت؛ فإن قيمة هذا الثابت تكون أقل.

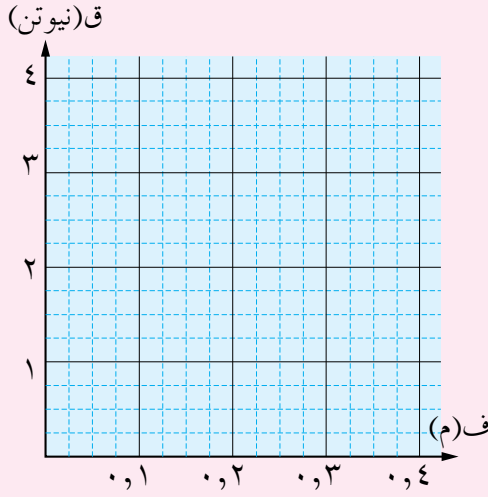
قانون كولوم

نشاط ٣-٥

هدف النشاط: تمثيل العلاقة الرياضية لقانون كولوم بيانيًا.

خطوات تنفيذ النشاط

لديك الجدول (٥-٢)، الذي يحتوي قياسات لكل من المسافة بين شحنتين كهربائيتين نقطيتين، والقوة التي تؤثر بها إحدى الشحنتين في الشحنة الأخرى. مثل العلاقة بينهما على الرسم البياني المبين في الشكل (٥-١٧)، ثم ناقش زملاءك، في السؤالين اللذين يليانه. (يمكنك استخدام Excel).



الشكل (٥-١٧): رسم بياني

الجدول (٥-٢): النشاط (٥-٣)		
المحاولة	ف (م)	القوة (ق نيوتن)
١	٠,١	٤,٠٠
٢	٠,٢	١,٠٠
٣	٠,٣	٠,٤٤
٤	٠,٤	٠,٢٥

• صف العلاقة البيانية التي حصلت عليها.

• ما المقصود بالتربيع العكسي؟

من العلاقة (٥-٢)، يمكننا استنباط تعريف وحدة قياس الشحنة الكهربائية (الكولوم). بأنه مقدار الشحنة الكهربائية التي إذا وضعت على بعد (١ م) من شحنة أخرى مماثلة لها في الفراغ، كانت القوة المتبادلة بينهما تساوي تقريباً 9×10^9 نيوتن. عند تطبيق العلاقة الرياضية لقانون كولوم في حل مسائل حسابية، لا بد من مراعاة الأمور الآتية:

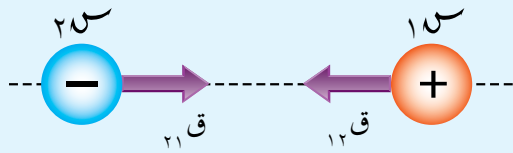
- ١- نهمل إشارة الشحنة السالبة عند التعويض.
- ٢- القوى الكهربائية بين أي شحنتين، تكون على صورة زوجين؛ فعل ورد فعل، أي أن كل شحنة تؤثر في الأخرى بقوة، وتتساوى هاتان القوتان في المقدار، وتعاكسان في الاتجاه، وينطبق عليهما القانون الثالث لنيوتن في الحركة.
- ٣- عند تأثير عدة شحنات نقطية في شحنة نقطية واحدة؛ فإننا نحسب القوى المؤثرة في تلك الشحنة بتطبيق العلاقة (٥-٢)، ثم نجد القوة المحصلة المؤثرة فيها.

وضعت شحنة كهربائية نقطية مقدارها $(+4)$ ميكرو كولوم، على بعد (2 سم) من شحنة نقطية أخرى مقدارها (-3) ميكرو كولوم، احسب:

١- القوة التي تؤثر بها الشحنة الأولى في الثانية $(ق_1)$

٢- القوة التي تؤثر بها الشحنة الثانية في الأولى $(ق_2)$

الحل



الشكل (١٨-٥): قوى الجذب المتبادلة بين شحنتين.

١- نرسم الشكل (١٨-٥)، ثم نضع عليه

المعطيات.

٢- نحدد اتجاه القوة التي تؤثر بها الشحنة الأولى في الثانية $(ق_1)$ ، وهي جذب نحو اليمين.

٣- نحول المسافة بين الشحنتين إلى وحدات النظام العالمي (متر).

$$ف = 2\text{ سم} = 2 \times 10^{-2}\text{ م}$$

٤- نطبق العلاقة (٢-٥) لقانون كولوم، لحساب مقدار القوة الكهربائية:

$$ق = \frac{ق_1 \times ق_2}{ف^2}$$

$$ق_1 = \frac{9 \times 10^9 \times 4 \times 10^{-6} \times 3 \times 10^{-6}}{(2 \times 10^{-2})^2}$$

$= 27 \times 10 = 270$ نيوتن، باتجاه اليمين. كما حدد في الخطوة الأولى من الحل.

٥- نطبق القانون الثالث في الحركة لنيوتن، لحساب مقدار القوة $(ق_2)$ وتحديد اتجاهها

$ق_2 = ق_1 = 270$ نيوتن، وتعاكسها في الاتجاه، أي باتجاه اليسار، لاحظ الشكل (١٨-٥).

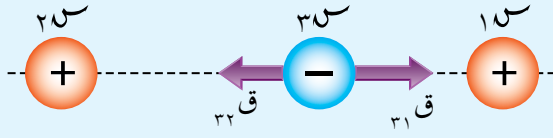
شحنتان نقطيتان، الأولى $(+2)$ ناتو كولوم، والثانية $(+4)$ ناتو كولوم، والمسافة الفاصلة

بينهما (5 سم) .

إذا وضعت شحنة ثالثة مقدارها (-6) ناتو كولوم على الخط الواصل بين الشحنتين، بحيث

تبعد مسافة (2 سم) عن الشحنة الأولى. احسب القوة المحصلة المؤثرة في الشحنة الثالثة؟

الحل



الشكل (١٩-٥): القوة الكهربائية المحصلة.

نرسم الشكل (١٩-٥) الذي يبين الشحنات الثلاث على خط مستقيم واحد (محور السينات)، والقوتين اللتين تؤثر بهما الشحنتان $س_١$ ، $س_٢$ في الشحنة الثالثة.

١- القوة (ق_{٣١}) التي تؤثر بها الشحنة (س_١) في الشحنة (س_٣)، وهي قوة جذب نحو اليمين:

$$ق_{٣١} = \frac{أ_{س_١} \times س_{س_٣}}{ف_٢}$$

$$ق_{٣١} = \frac{٩^{-١٠} \times ٦ \times ٩^{-١٠} \times ٢ \times ٩^{-١٠} \times ٩}{٢(٢^{-١٠} \times ٢)}$$

$$= ٢٧ \times ١٠^{-٥} \text{ نيوتن، نحو اليمين.}$$

٢- القوة (ق_{٣٢}) التي تؤثر بها الشحنة (س_٢) في الشحنة (س_٣)، وهي قوة جذب نحو اليسار:

$$ق_{٣٢} = \frac{أ_{س_٢} \times س_{س_٣}}{ف_٢}$$

$$ق_{٣٢} = \frac{٩^{-١٠} \times ٦ \times ٩^{-١٠} \times ٤ \times ٩^{-١٠} \times ٩}{٢(٢^{-١٠} \times ٣)}$$

$$= ٢٤ \times ١٠^{-٥} \text{ نيوتن، نحو اليسار.}$$

٣- القوة المحصلة المؤثرة في الشحنة الثالثة:

$$ق = ق_{٣١} - ق_{٣٢}$$

$$= ٢٧ \times ١٠^{-٥} - ٢٤ \times ١٠^{-٥} = ٣ \times ١٠^{-٥} \text{ نيوتن، نحو اليمين.}$$

لاحظ أن مقدار محصلة القوتين يساوي الفرق بين مقداريهما، واتجاهها باتجاه القوة الأكبر.

سؤال: هل يمكن وضع الشحنة الثالثة في مكان، تكون فيه محصلة القوى المؤثرة فيها صفرًا؟ حدّد هذا المكان.

تختلف أنواع القوى في الطبيعة باختلاف منشئها، فالقوة الكهربائية تنشأ عن تجاذب الشحنات الكهربائية أو تنافرهما، أما قوة الجذب الكتلي (مثل الوزن) فمنشؤها تجاذب الكتل المادية معاً، وتعلّمت في الصف التاسع أن نيوتن توصّل بالحدس إلى **قانون الجذب العام (الكوني)**، الذي يُستخدم لحساب قوة التجاذب بين أي كتلتين في الكون. والعلاقة الرياضية لقانون كولوم تشبه إلى حد كبير علاقة قانون الجذب العام، مع اختلاف بعض الكميات. قارن بين المعادلتين، ثم استخدمهما لمقارنة قوتي التجاذب الكهربائي والكتلي بين جسمين صغيرين معلومي الشحنة والكتلة، كالإلكترون والبروتون في ذرة الهيدروجين.

- ١- اذكر نص قانون كولوم.
- ٢- ما صفات القوة الكهربائية التي توصّل إليها العالم (كولوم).
- ٣- وضح المقصود بكل ممّا يأتي:
 - أ (تكون القوى المؤثرة بين الأجسام المشحونة على صورة أزواج.
 - ب (شحنة نقطية.
- ٤- وضح كيف يتوافق قانون كولوم مع كل من القوانين الآتية:
 - أ (قانون نيوتن الأول. ب) قانون نيوتن الثالث. ج) قانون التوزيع العكسي.
- ٥- **تفكير ناقذ:** شحنتان نقطيتان س_١، س_٢، البعد بينهما (ف)، والقوة المتبادلة بينهما (ق)، ماذا يحدث لمقدار تلك القوة في الحالتين الآتيتين:
 - أ (إذا ضاعفنا مقدار الشحنة الأولى فقط.
 - ب (إذا أصبحت المسافة بين الشحنتين نصف ما كانت عليه، أي $(\frac{f}{2})$.

نتائج الدرس

- توضّح المقصود بالمجال الكهربائي.
- تمثّل بالرسم خطوط المجال، وتستنّج خصائصها.
- تفرّق بين المجال الكهربائي غير المنتظم، والمجال المنتظم.

نشاط تمهيدي

اشحن قضيب بلاستيك مستخدماً مولّد فان دي غراف. وافتح الحنفية حتّى يسيل منها الماء سيلاناً خفيفاً. ثمّ قرب القضيب من الماء، ماذا تلاحظ؟

فكرة مضيئة

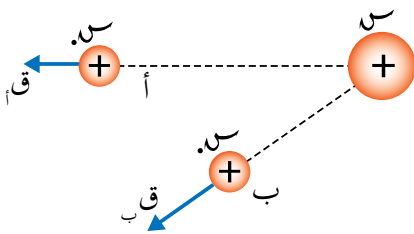
المجال الكهربائي يحيط بالشحنات الكهربائية ضمن حيز ثلاثي الأبعاد؛ ولتسهيل دراسته في هذه المرحلة، سنقتصر على التطبيقات الرياضية على بُعد واحد.

تعلمت أنّ الأجسام المشحونة كهربائياً، تؤثر بقوى كهربائية في بعضها، وطبقت قانون كولوم لحساب مقدار القوة التي تؤثر بها شحنة نقطية ساكنة في شحنة نقطية ساكنة أخرى؛ عندما تفصلهما عن بعضهما مسافة؛ أي أنّ القوى الكهربائية هي قوى تأثير عن بُعد، شأنها بذلك شأن قوة الجذب العام.

كيف يمكن لجسم أن يؤثر في جسم آخر بقوة، من دون أن يلامسه؟

للإجابة عن هذا السؤال، اقترح العالم (مايكل فارادي) مفهوم المجال الكهربائي، وافترض أنّه يحيط بالأجسام المشحونة. **المجال الكهربائي** هو: حيز إذا وضعت عند أي نقطة فيه شحنة كهربائية تأثرت بقوة كهربائية. والشحنات الكهربائية جميعها تحيط بها مجالات كهربائية، فكيف لنا أن نستدل على وجود مثل هذا المجال الكهربائي حول شحنة ما؟ وكيف يقاس هذا المجال؟ تُستخدم للكشف عن وجود المجال الكهربائي وقياسه، شحنة نقطية موجبة صغيرة تُسمّى **شحنة اختبار (Test Charge)** يفترض وجودها في مجال الشحنة الأصلية المولدة، وبقياس القوة التي أثّر بها المجال في شحنة الاختبار، يمكننا حساب مقدار ذلك المجال الكهربائي.

يبين الشكل (٢٠-٥) شحنة كهربائية نقطية موجبة (س) موجودة في الهواء، لقياس المجال الكهربائي الناتج عنها عند نقطة مثل (أ)، نضع شحنة اختبار موجبة (س) عند النقطة (أ)، ثمّ نحسب القوة التي تؤثر بها الشحنة (س) في شحنة الاختبار (س)، وعند نقل شحنة الاختبار إلى نقطة أخرى مثل (ب)، نجد أنّ القوة



الشكل (٢٠-٥): المجال الكهربائي.

المؤثرة فيها سوف تتغير مقداراً واتجاهاً، وكذلك لو نقلت إلى أي نقطة أخرى داخل المجال، بسبب تغير بُعد النقطة عن الشحنة (س). وهذا يعني أن مقدار المجال واتجاهه ليسا ثابتين عند النقاط الواقعة فيه جميعها.

وعليه، يمكن تعريف **المجال الكهربائي (Electric Field)** لشحنة نقطية (س) عند نقطة ما بأنه: القوة الكهربائية التي تؤثر بها الشحنة (س) في وحدة الشحنات الموجبة الموضوعة عند تلك النقطة. وحيث إن وحدة الشحنات (كولوم) كبيرة جداً؛ لذا، يحسب المجال الكهربائي من قسمة القوة المؤثرة في شحنة الاختبار، على مقدار الشحنة. ويمثل مقدار المجال بالعلاقة الرياضية الآتية:

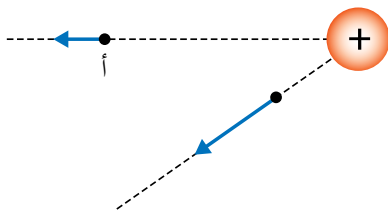
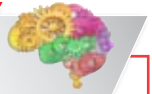
$$E = \frac{Q}{S} \dots\dots\dots (٥-٣)$$

حيث، (س): شحنة الاختبار، (ق): القوة الكهربائية التي تؤثر بها الشحنة (س) في شحنة الاختبار (س)، وتقاس بوحدة نيوتن. (م): المجال الكهربائي ووحدة قياسه في النظام العالمي (نيوتن/ كولوم).

سؤال: ماذا نعني بقولنا إن المجال الكهربائي عند النقطة (أ) يساوي (٤ نيوتن/ كولوم)؟

تحدد القوة الكهربائية بمقدار واتجاه؛ لأنها كمية فيزيائية متجهة، وكذلك الحال بالنسبة إلى المجال الكهربائي، فهو كمية متجهة يلزم لقياسه معرفة مقداره وتحديد اتجاهه، ويكون اتجاه المجال عند نقطة محددة، باتجاه القوة الكهربائية التي تؤثر في شحنة الاختبار الموجبة، الموضوعة عند تلك النقطة. وكما تمثل الكميات المتجهة الأخرى، يمثل المجال الكهربائي بسهم يعبر طوله عن مقدار المجال، واتجاهه عن اتجاه المجال، انظر الشكل (٥-٢٠) الذي يوضح تغير مقدار المجال، وتغير اتجاهه من نقطة إلى أخرى. (ملحوظة: شحنة الاختبار موجبة دائماً).

فكر



الشكل (٥-٢١): متجه المجال الكهربائي.

ما العوامل التي يعتمد عليها مقدار المجال الكهربائي واتجاهه عند نقطة مثل (أ)، في الشكل (٥-٢١)؟

مثال ٥-٤

وَضِعْتُ شحنةً اختبارٍ موجبةً (س) مقدارها 2×10^{-9} كولوم، عند نقطة في مجال كهربائي، فتأثرت بقوة (ق) مقدارها 6×10^{-4} نيوتن، جد:

١- مقدار المجال الكهربائي عند النقطة المذكورة.

٢- إذا وُضِعَتْ عند النقطة المذكورة شحنة (س) مقدارها (-4×10^{-6}) كولوم، احسب القوة الكهربائية المؤثرة فيها.

الحل

$$١- م = \frac{ق}{س} = \frac{6 \times 10^{-4}}{2 \times 10^{-9}} = 3 \times 10^5 \text{ نيوتن/كولوم. واتجاهه هو اتجاه القوة نفسه؛}$$

لأن الشحنة موجبة

$$٢- ق = م \times س$$

$$= 3 \times 10^5 \times (-4 \times 10^{-6}) = -1.2 \text{ نيوتن، وتكون القوة والمجال متعاكسين في الاتجاه؛ لأن الشحنة سالبة.}$$

مثال ٥-٥

وَضِعْتُ شحنةً كهربائيةً موجبةً (س_١) مقدارها 2×10^{-6} كولوم، عند النقطة (د) بين شحنتين سالبتين (س_١، س_٢) متساويتين مقداراً، كما في الشكل (٥-٢٢). فتأثرت بقوة من الشحنة الأولى (ق_١) تساوي 1×10^{-3} نيوتن، نحو اليمين. ومن الشحنة الثانية بقوة (ق_٢) مقدارها 3×10^{-3} نيوتن، نحو اليسار. جد ما يأتي:

١- القوة المحصلة المؤثرة في الشحنة (س_١).
٢- المجال الكهربائي عند النقطة (د).

الشكل (٥-٢٢): القوى المؤثرة في شحنة كهربائية.

الحل

١- معطيات السؤال: ق_١ = 1×10^{-3} نيوتن، نحو اليمين. ق_٢ = 3×10^{-3} نيوتن، نحو اليسار. وهاتان القوتان على محور السينات ومتعاكستان، فتكون محصلتهما كما يأتي:

$$ق_{محصلة} = ق_{٢} - ق_{١} = (3 \times 10^{-3}) - (1 \times 10^{-3})$$

$$ق_{محصلة} = 2 \times 10^{-3} \text{ نيوتن، نحو اليسار (باتجاه القوة الكبرى).}$$

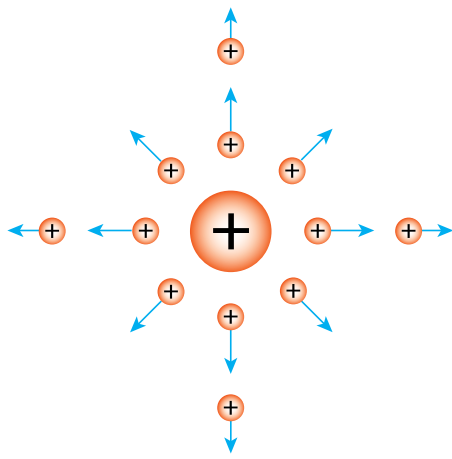
٢- لحساب المجال الكهربائي عند النقطة (د)؛ نطبق العلاقة (٥-٣).

$$مَد = \frac{ق\ محصلة}{ر^٢} = \frac{٢ \times ١٠^{-٣}}{٢ \times ١٠^{-٦}} = ١ \times ١٠^{-٣} \text{ نيوتن / كولوم.}$$

سؤال: إذا وضعت شحنة كهربائية عند نقطة مثل (هـ)، فكانت القوة الكهربائية المحصلة المؤثرة فيها تساوي صفراً، ما مقدار المجال الكهربائي عند النقطة المذكورة؟

Electric Field Lines

٥-٣-١ خطوط المجال الكهربائي



الشكل (٥-٢٣): مسارات شحنة الاختبار.

لاحظنا أنه يمكن تمثيل المجال الكهربائي عند نقطة؛ برسم سهم يشير إلى اتجاه المجال، ولتمثيل المجال الكهربائي في حيز يحيط بشحنة كهربائية (س) بمجموعة أسهم، نتصور عدّة شحنات اختبار، تتوزع في الحيز، ثم يُسمح لها بالحركة تحت تأثير القوة الكهربائية، كما يوضح ذلك الشكل (٥-٢٣)، فتتحرك عبر مسارات محدّدة تدعى **خطوط المجال الكهربائي**، ومع أنّ خطّ المجال وهمي، إلا أنه يُعرّف بالمسار الذي تسلكه شحنة اختبار حرة

الحركة عند وضعها في مجال كهربائي. وتزوّدنا خطوط المجال الكهربائي لشحنة (س) بمعلومات عن الشحنة المولدة للمجال، وعن اتجاه المجال عند كل نقطة فيه.

جرّبت عملياً في سنوات سابقة، كيف تخطّط المجال المغناطيسي باستخدام برادة الحديد. هل توجد طريقة عملية مشابهة لتخطيط المجال الكهربائي؟ لمعرفة ذلك؛ نفذ النشاط الآتي:

تخطيط المجال الكهربائي

نشاط ٥-٤

هدف النشاط: تخطيط المجال الكهربائي لشحنة مفردة وشحنتين متجاورتين بطريقة عملية. **الأدوات:** أسلاك نحاسية، وورق ألومنيوم، ووعاء بلاستيكيّ أو زجاجي، وزيت معدنيّ خفيف، أو زيت خروع، وبذور أعشاب (كمون، أو يانسون،...)، ومصدر جهد مستمرّ، وآلة تصوير.

خطوات تنفيذ النشاط

يقسم المعلم الطلبة إلى ثلاث مجموعات، **تنفذ المجموعة الأولى** الخطوات الآتية:

- ١- عمل كرتين صغيرتين من ورق الألمنيوم، وتثبيت كل منهما بطرف سلك نحاسي.
- ٢- عمل حلقة من سلك أو شريط موصل، يكون قطرها أقل من قطر الوعاء بقليل، ووضعها فيه.
- ٣- صب كمية من الزيت في الوعاء إلى ارتفاع (١ سم) تقريباً.
- ٤- تثبيت كرة الألمنيوم فوق الوعاء. بحيث تكون ملامسة لسطح الزيت.
- ٥- قبل تشغيل مصدر الجهد، وصل كرة الألمنيوم بالقطب الموجب لمصدر الجهد، والحلقة بالقطب السالب له.
- ٦- نثر قليل من بذور الأعشاب بلطف، فوق سطح الزيت.
- ٧- تشغيل مصدر الجهد ورفع الجهد بالتدريج، على ألا يزيد على (٥٠ فولت) تقريباً، وملاحظة ما يحدث للبذور.

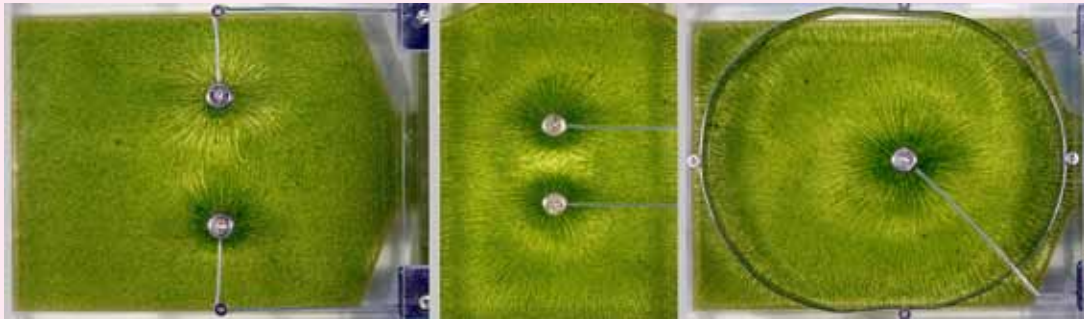
٨- التقاط مجموعة صور رقمية لترتيب البذور، ونقلها إلى الحاسوب.

• **تنفذ المجموعة الثانية** النشاط، وتستخدم الكرتين بحيث تصلهما معاً مع القطب الموجب، وتصل الحلقة مع القطب السالب (مع تحذير الطلبة من تلامس الكرات والحلقة المتصلة بقطبي المصدر).

• **تنفذ المجموعة الثالثة** النشاط، بحيث تزيل الحلقة، وتستخدم الكرتين بأن تضع الكرتين في طرفي الوعاء، وتصل إحداهما بالقطب الموجب والأخرى بالقطب السالب.

سؤال: هل حصلت المجموعات على صور مماثلة لتلك المبينة في الشكل (٥-٢٤)؟

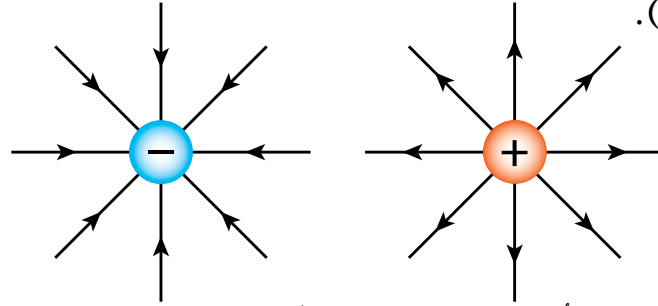
• تعرض كل مجموعة صور البذور، ويجري نقاش للتوصل إلى خصائص خطوط المجال.



الشكل (٥-٢٤) : توزيع بذور الأعشاب عند تأثرها بالمجال الكهربائي.

خصائص خطوط المجال الكهربائي

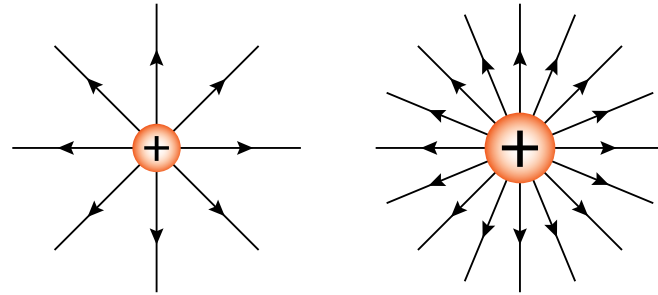
١- تتجه خطوط المجال الكهربائي خارجاً من الشحنة الموجبة، وداخلة في الشحنة السالبة، كما في الشكل (٥-٢٥).



الشكل (٥-٢٥): خطوط المجال الكهربائي حول شحنة مفردة موجبة، وشحنة مفردة سالبة.

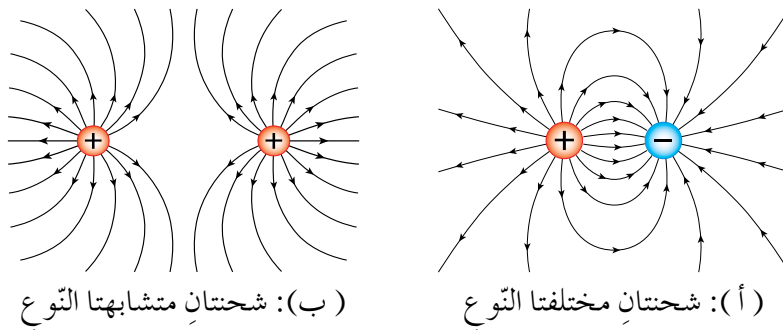
٢- خطوط المجال الكهربائي لا تتقاطع؛ لأنها لو تقاطعت لأصبح للمجال عدّة اتجاهات عند نقطة التقاطع.

٣- يتناسب عدد خطوط المجال الخارجة من الشحنة الموجبة، مع مقدار الشحنة. لاحظ الشكل (٥-٢٦).



الشكل (٥-٢٦): يتناسب عدد خطوط المجال الكهربائي مع مقدار الشحنة.

٤- تكون خطوط المجال متراصة قريباً من الشحنة، وتباعد عن بعضها كلما ابتعدت عن الشحنة. ومن نتائج النشاط (٥-٤)، يمكن رسم خطوط المجال الكهربائي لشحنتين متجاورتين متساويتين مقداراً، ومختلفتين نوعاً. كما في الشكل (٥-٢٧/أ)، أو متساويتين مقداراً ومتشابهتين نوعاً، كما في الشكل (٥-٢٧/ب).



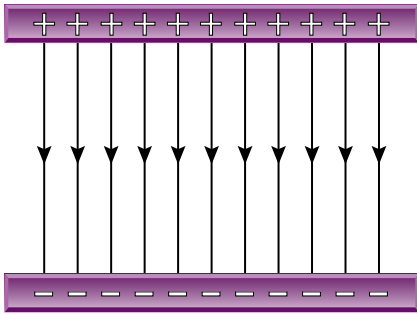
الشكل (٥-٢٧): خطوط المجال الكهربائي لشحنتين متجاورتين متساويتين مقداراً.

يتبين لنا من الشكل (٥-٢٧) أن خطوط المجال قد تكون منحنية. وبذلك؛ فإنه يمكن تمثيل اتجاه المجال عند نقطة، باتجاه المماس لخط المجال عند النقطة المذكورة. لاحظنا في الحالات السابقة جميعها، أن مقدار المجال الكهربائي الناشئ عن شحنة نقطية واحدة، أو مجموعة شحنات نقطية، يتغير مع تغير موقع النقطة التي يحددها المجال. كذلك، يتغير اتجاهه أيضًا؛ لذا، يوصف مجال الشحنة النقطية بأنه **مجال كهربائي غير منتظم**. وقد يحتوي المجال الكهربائي على منطقة تعادل خالية من خطوط المجال، كما في الشكل (٥-٢٧/ب).

Uniform Electric Field

٥-٣-٢ المجال الكهربائي المنتظم

متى يكون المجال الكهربائي منتظمًا؟ للإجابة عن السؤال؛ لاحظ الشكل (٥-٢٨/أ)، ثم صف الترتيب الذي ظهرت به بذور الأعشاب. يمثل الشكل صورة حقيقية للمجال الكهربائي المنتظم، ومنه يمكن إعادة رسم خطوط المجال المنتظم بطريقة هندسية، كما في الشكل (٥-٢٨/ب). ويمكن عندئذ تمثيل خطوط المجال الكهربائي المنتظم، بأنها خطوط متوازية، والمسافات بينها متساوية. وبذلك، يعرف **المجال الكهربائي المنتظم** بأنه: مجال كهربائي ثابت المقدار والاتجاه، عند النقاط جميعها فيه، وينشأ المجال الكهربائي المنتظم عن صفيحتين موصلتين متوازيتين، إحداهما موجبة الشحنة والأخرى سالبة الشحنة وتفصلهما مسافة.



(ب) خطوط المجال المنتظم المتوازية.



(أ) بذور الأعشاب بين صفيحتين موصلتين.

الشكل (٥-٢٨): تخطيط المجال المنتظم عمليًا.

عند وضع جسيم مشحون في مجال كهربائي منتظم؛ فإنه سوف يتأثر بقوة ثابتة المقدار والاتجاه. لأن المجال منتظم، وبتطبيق القانون الثاني في الحركة على الحالة الحركية لهذا الجسم، نجد أنه سيتحرك بتسارع ثابت، وفق القانون الثاني في الحركة لنيوتن.

$$\Sigma \text{ ق} = \text{ك ت} \dots\dots\dots (٤-٥)$$

حيث ق: القوّة الكهربائيّة التي يوتّرُ بها المجال في الجسم المشحون، ك: كتلة الجسم بوحدة (كغ)، ت: تسارعه بوحدة (م/ث^٢)

من العلاقة السابقة (٥-٣) نحصل على القوّة الكهربائيّة:

$$\text{ق كهربائية} = \text{م س}$$

وعندما تكون القوّة الكهربائيّة هي القوّة الوحيدة التي توتّرُ في الجسم؛ فإنّ:

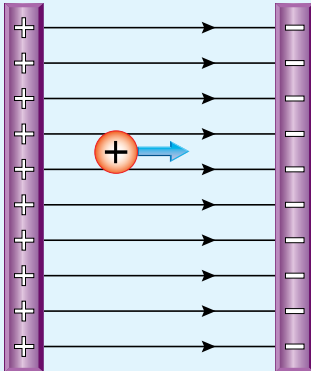
$$\text{ق كهربائية} = \Sigma \text{ ق}.$$

$$\text{م س} = \text{ك ت} \dots\dots\dots (٥-٥)$$

$$\text{ت} = \frac{\text{م س}}{\text{ك}} \text{ تُعطي هذه العلاقة الرياضية، تسارع الجسم المشحون.}$$

مثال ٦-٥

جسيم كتلته (٢ مغ)، يحمل شحنة كهربائية موجبة مقدارها (+٥) ميكروكولوم، وضع بين لوحين موصلين متوازيين، مشحونين بشحنتين مختلفتين، بينهما مجال كهربائي منتظم أفقي مقدارُه (٤ × ١٠^٥) نيوتن/ كولوم، فتحرّك الجسيم أفقيًا من السكون، كما في الشكل (٥-٢٩)، احسب:



الشكل (٥-٢٩): حركة

جسيم مشحون في مجال كهربائي منتظم.

١- القوّة التي يوتّرُ بها المجال المنتظم في الجسم المشحون.

٢- التسارع الأفقي للجسيم.

٣- سرعة الجسيم الأفقية، بعد قطعه إزاحة أفقية مقدارها (٥ سم).

٤- الزمن المستغرق في قطع الإزاحة المذكورة.

الحلّ

١- من العلاقة (٥-٣) نجد أنّ:

$$\text{ق كهربائية} = \text{م س}$$

$$٤ \times ١٠^٥ \times ٥ \times ١٠^{-٦}$$

$$= 20 \times 10^{-1}$$

= 2 نيوتن. ويكون اتجاه القوة باتجاه المجال؛ لأن شحنة الجسم موجبة.

٢- نطبق القانون الثاني لنيوتن في الحركة؛ لحساب التسارع الأفقي للجسيم (بإهمال وزنه):

$$F_{كهربية} = K \cdot q$$

$$T = \frac{q \cdot K_{كهربية}}{K} = \frac{2}{20 \times 10^{-1}}$$

T = 10 م/ث^٢. (قارن هذا المقدار مع تسارع الجاذبية الأرضية).

٣- نطبق إحدى معادلات الحركة؛ لحساب سرعة الجسيم الأفقية:

$$v_2 = v_1 + a \cdot t$$

$$= (0) + 2 \times 10 \times 5 \times 10^{-1} = 10$$

$$v_2 = 316 \text{ م/ث تقريبًا.}$$

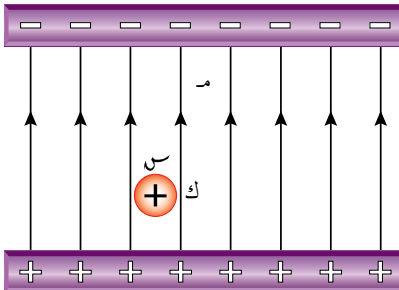
٤- نطبق معادلة الحركة لحساب الزمن:

$$v_2 = v_1 + a \cdot t$$

$$t = \frac{v_2 - v_1}{a}$$

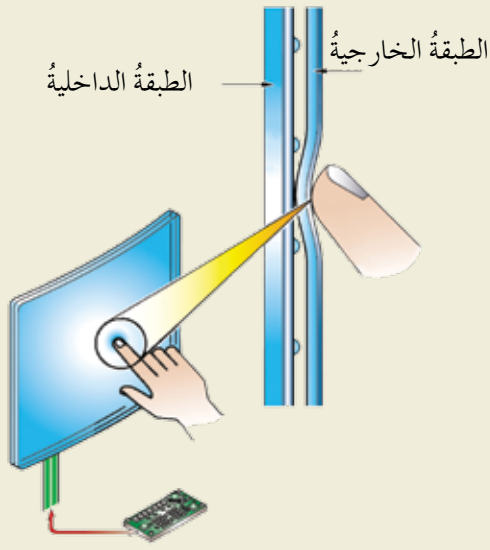
$$t = \frac{316}{10} = 3,16 \times 10^{-1} \text{ ث}$$

فكر



الشكل (٥-٣٠): مجال منتظم.

وضّع جسيم كتلته (ك)، وشحنته موجبة (س)، داخل مجال كهربائي منتظم (م) تتجه خطوطه رأسيًا إلى الأعلى، كما في الشكل (٥-٣٠). ما القوى المؤثرة في الجسيم؟ اكتب علاقة رياضية لمحصلة تلك القوى.



الشاشات التي تعمل باللمس

نتعامل يوميًا مع الهاتف النقال واللوح التفاعلي وأجهزة أخرى، ونُعطي الأوامر لمثل هذه الأجهزة عن طريق لمس الشاشة. هل فكرت يومًا، كيف تستقبل الشاشة تلك الأوامر؟

اعتمد المهندسون على علم الفيزياء في مجال الكهرباء الساكنة والموجات الصوتية، وطوّروا أنظمة مختلفة لعمل تلك الشاشات.

١- نظام التوصيل الكهربائي: تتكوّن الشاشة من طبقتين زجاجيتين مطلّيتين بمادّة موصلة للكهرباء، وبينهما

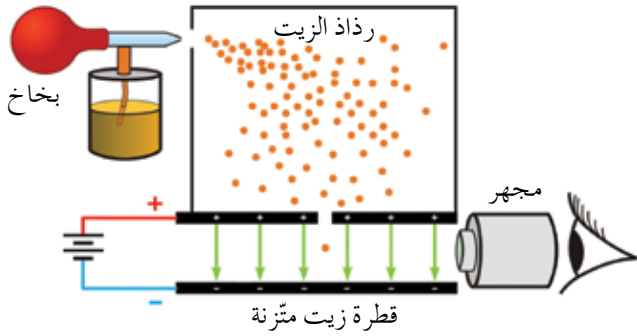
مجال كهرسكوني، عندما يلمس المستخدم الشاشة؛ فإنّ الطبقة الخارجية تنضغط وتلامس الطبقة الداخلية في تلك البقعة، فيحدث توصيل للكهرباء بينهما ويتشوّه المجال الكهرسكوني، لاحظ الشكل (٣١-٥)، فيكشف الحاسوب موقع اللمس ويعالج الأمر فيحوّله إلى إجراء في الجهاز.

٢- نظام المجال الكهربائي: تتكوّن الشاشة من طبقة زجاجية علوية، مشحونة بالكهرباء الساكنة، وطبقة زجاجية داخلية، مطلية بمادّة موصلة، وينشأ بين الطبقتين مجال كهرسكوني، وعندما يلمس المستخدم الشاشة بإصبعه في نقطة محدّدة؛ تنتقل الشحنات من الطبقة الخارجية إلى جسمه، ويقاس مقدار النقص في شحنة تلك البقعة من الشاشة، ويحدّد الحاسوب موقع اللمس ويعالج الأمر فيحوّله إلى إجراء في الجهاز.

٣- نظام الموجات الصوتية: تحتوي كل بقعة من الشاشة على مرسل ومستقبل للإشارات الكهربائية، وعند لمس تلك البقعة، تصدر عن اللمس موجة صوتية ضعيفة، يتمّ استشعارها وتحديد البقعة، ثمّ يُترجم ذلك إلى إجراء في الجهاز.

• في أيّ من الأنظمة يستجيب الجهاز، عندما يرتدي مستخدمه قفازات عازلة؟ هل يمكنك اختبار هاتفك الخاص وفق أيّ هذه الأنظمة تعمل شاشته؟

تجربة ميليكان



الشكل (٥-٣٢): تجربة ميليكان.

عدَّ العالم الكيميائي (جونستون ستوني) الإلكترون أصغر وحدة للشحنة الكهربائية، وكان ذلك في عام ١٨٧٤ م. بعده أجرى عالم الفيزياء (روبرت ميليكان) في عام ١٩٠٩ م، تجربة عملية لقياس شحنة الإلكترون للمرة الأولى، تُعدُّ من

أهم التطبيقات العملية على استخدام المجال الكهربائي المنتظم، لاحظ الشكل (٥-٣٢). أثبت فيها أنَّ مقدار شحنة الإلكترون (س) $= 1,6 \times 10^{-19}$ كولوم، مستخدماً مبدأ تكمية الشحنة الكهربائية، وتلخُص إجراءات تنفيذ التجربة بما يأتي:

- استخدام مجال كهربائي منتظم، يمكن التحكم باتجاهه ومقداره.
- استخدام بخاخ لرش رذاذ من الزيت بعد شحنه بشحنة كهربائية، بين لوحَي المجال، ومراقبة قطرات الزيت الصغيرة بمجهر بسيط، وهي تتحرَّك إلى الأسفل والأعلى.
- الحصول على حالة اتزان ديناميكي لقطرة الزيت داخل المجال المنتظم.
- دراسة قوى الاتزان، وحساب نسبة شحنة الإلكترون إلى كتلته.

٣-٥

مراجعة الدرس

- ١- عرّف المجال الكهربائي لشحنة عند نقطة.
- ٢- عدّد خصائص خطوط المجال الكهربائي.
- ٣- فسّر لماذا لا تشكّل خطوط المجال الكهربائي مسارات مغلقة.
- ٤- كيف يمكن الكشف عن أنَّ خطَّ المجال يتَّجه من الشحنة الموجبة إلى الشحنة السالبة.
- ٥- ماذا يُقصدُ بنقطة التعادل داخل المجال الكهربائي؟ وهل يمكن وجود هذه النقطة في مجال منتظم؟
- ٦- **تفكيرٌ ناقداً:** صف حركة بروتون وإلكترون ونيوترون، عند وضعها في حالة سكون داخل مجال كهربائي منتظم، اتجاهه نحو الأعلى.

مشروع ٥

تصميم مولّد فان دي غراف بسيط

فكرة المشروع

يستخدم مولّد (فان دي غراف) في تجارب الكهرباء السكونية، فهو يولّد شحنات كهربائية بكميات أكبر من تلك التي تولّد بطريقة الدلك، وتنتقل بواسطة شريط مطاطي حتى تتجمع على كرة فلزية في أعلى الجهاز. ينتج عن تراكم الشحنات الكهربائية التي يولّدها جهد كهربائي يصل إلى بضعة آلاف فولت.

الخطّة

ضع فرضية تتعلق بتصميم نموذج عملي لجهاز (فان دي غراف)، الذي ستقوم أنت وأفراد مجموعتك بتصميمه وبناءه، مستخدمين أدوات بسيطة من البيئة، ثم تشغيل النموذج، وملاحظة عمله، وحصر العيوب والمشكلات، والعمل على تعديل الممكن منها.



ترسم المجموعة مخططاً مناسباً للتصميم، وتحصر الأدوات الضرورية لتنفيذ العمل، يمكن الاستعانة بالشكل (٥-٣٣). ثم تحضر المجموعة قائمة بالمواد والأدوات، ومنها: قنينة مياه بلاستيكية شفافة، وعلبة ألومنيوم خاصة بالعصير، وشريط مطاطي، وقاعدة خشبية، ومطاطة رفيعة، وأسلاك نحاسية، وقرصان مضغوطان (CD) ولاصق، وأنايب بلاستيكية.

الشكل (٥-٣٣): مولّد دي غراف بسيط.

الإجراءات

- ١- استعن بالشكل (٥-٣٤)؛ لوضع محوري دوران في القنينة البلاستيكية، أحدهما في الأعلى والثاني قرب القاعدة.
- ٢- ثبت الشريط المطاطي داخل القنينة، بحيث يلتف حول المحورين، ويكون مشدوداً قليلاً.



الشكل (٥-٣٤): أدوات بسيطة من البيئة.

- ٣- ثبتت القنينة على القاعدة الخشبية.
- ٤- اصنع بكرة من القرصين المضغوطين، وثبتها على المحور السفلي.
- ٥- صل سلكاً نحاسياً غير معزول عند كل محور، واجعل السلكين يلامسان الشريط المطاطي.
- ٦- ثبت علبة الألمنيوم فوق القنينة، بحيث يلامسها السلك النحاسي من داخلها.
- ٧- ثبت ذراعاً يدوياً في البكرة؛ لتدويرها.

مناقشة النتائج

- تناقش المجموعات إجابات الأسئلة الآتية:
- ما فائدة الشريط المطاطي؟
 - هل كان وجود مصدر كهربائي سبباً في تولد الشحنات الكهربائية؟
 - فسّر سبب تولد شحنات كهربائية، عند تحريك الشريط المطاطي؟
 - اقترح إضافات على النموذج، يمكن أن تؤدي إلى تحسين الأداء وزيادة مقدار الشحنات المتولدة.

التقويم الذاتي

الرقم	المعيار	نعم	لا
١	تمكنت من التعبير عن فكرة المشروع بدقة ووضوح.		
٢	صغت فرضية تتعلق بطريقة عمل النموذج.		
٣	وضعت خطة مناسبة لتنفيذ التصميم.		
٤	ركبت الجهاز، وجربته عملياً.		
٥	تواصلت مع معلمي في أثناء تنفيذ المشروع.		
٦	راعت إجراءات السلامة العامة في أثناء العمل.		
٧	رصدت معوقات العمل، وعملت على تحسينه.		
٨	تعاونت مع زملائي، واحترمت آراءهم في أثناء العمل.		
٩	استطعت الحكم على دقة النتائج التي توصلت إليها.		
١٠	أنجزت المشروع وفق الخطة الزمنية المحددة.		

أسئلة الفصل الخامس

الجزء الأول: أسئلة قصيرة الإجابة

١- اختر رمز الإجابة الصحيحة لكل فقرة من الفقرات الآتية:

(١) شحنتان نقطيتان (س، س٣)، والبعْدُ بينهما (ف)، إذا كانت القوة الكهربائية المؤثرة في الشحنة (س) تساوي (٦) نيوتن نحو الشرق؛ فإن القوة الكهربائية المؤثرة في الشحنة (س٣) تساوي:

أ (٦ نيوتن نحو الشرق. ب (٦ نيوتن نحو الغرب.

ج (١٨ نيوتن نحو الشرق. د (١٨ نيوتن نحو الغرب.

(٢) شحنة اختبار مقدارها (٥) ميكروكولوم، موضوعة عند النقطة (أ) داخل مجال كهربائي اتجاهه نحو اليمين، ومقداره (٨ × ١٠^{-٦}) نيوتن/كولوم، إذا استبدلت بها شحنة اختبار أخرى مقدارها (١٠) ميكروكولوم، فإن المجال عند النقطة (أ):

أ (ينعكس اتجاهه فقط. ب (يتضاعف مقدارُه فقط.

ج (يتضاعف مقدارُه، وينعكس اتجاهه. د (لا يتغير مقدارًا ولا اتجاهًا.

(٣) المجال الكهربائي في الحيز بين صفيحتين متوازيتين، مشحونتين بشحنتين مختلفتين، يكون:

أ (صفرًا. ب (منتظمًا.

ج (قويًا قرب الصفيحة الموجبة. د (قويًا قرب الصفيحة السالبة.

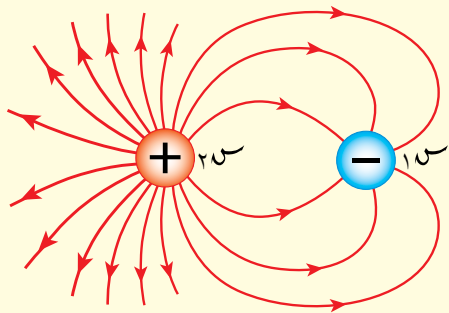
(٤) يوضح الشكل (٥-٣٥) خطوط المجال الكهربائي لشحنتين نقطيتين، تكون نسبة

مقدار الشحنة السالبة إلى مقدار الشحنة

الموجبة س_١: س_٢، كنسبة:

أ (٣:١ ب (٢:١

ج (١:٣ د (١:٢



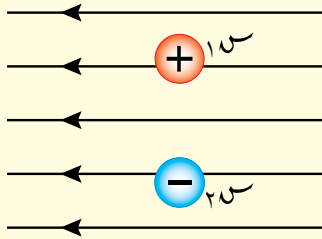
الشكل (٥-٣٥): السؤال الأول، الفرع الرابع.

(٥) عند ملاصقة موصلان متماثلان، الأول شحنته ٨ س، والثاني شحنته ٢ س إلى بعضهما، ثم فصلهما، يصبح مقدار الشحنة على كل منهما:

- أ (١٠ س) ب (٦ س) ج (٥ س) د (٣ س)

(٦) شحنتان نقطيتان تجذبان بعضهما بقوة (ق)، إذا أنقصنا إحداهما إلى ثلث قيمتها الأصلية، وزدنا المسافة بينهما إلى مثلي المسافة الأصلية. فإن القوة بينهما تصبح:

- أ ($\frac{ق}{١٢}$) ب ($\frac{ق}{٦}$) ج ($\frac{٣ق}{٤}$) د ($\frac{٣ق}{٢}$)



الشكل (٥-٣٦): السؤال الأول، الفرع السابع.

(٧) وضعت الشحنتان ١ س، ٢ س في مجال كهربائي منتظم،

كما في الشكل (٥-٣٦)، فتحرّكتا كما يأتي:

أ (الموجبة نحو اليمين، والسالبة نحو اليسار.

ب) الموجبة نحو اليسار، والسالبة نحو اليمين.

ج) كلاهما إلى اليمين.

د (كلاهما إلى اليسار.

(٨) ثلاث كرات موصلة متعادلة (أ، ب، ج) معزولة عن الوسط ومتلامسة معاً، قُرب قضيب مشحون بشحنة سالبة من الكرة (أ)، كما في الشكل (٥-٣٧)، إذا أبعدت الكرة (ج)

أولاً، ثم أبعدت الكرة (ب)، بوجود المؤثر،

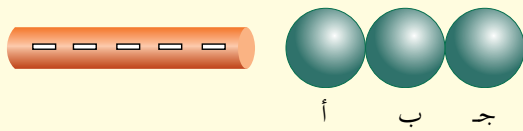
ثم أبعد المؤثر؛ فإن شحناتها تصبح:

أ (أ) سالبة، (ب) موجبة، (ج) موجبة.

ب) (أ) موجبة، (ب) متعادلة، (ج) موجبة.

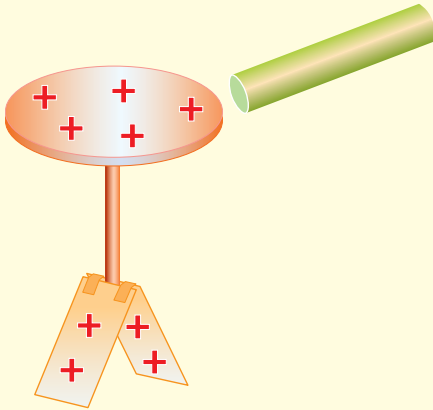
ج) (أ) موجبة، (ب) سالبة، (ج) موجبة.

د (أ) موجبة، (ب) سالبة، (ج) سالبة.



الشكل (٥-٣٧): السؤال الأول، الفرع الثامن.

٢- عند شحن قطعة نقدية صغيرة بشحنة كهربائية موجبة، ما الذي يحدث لكتلتها؟ فسّر إجابتك.



الشكل (٣٨-٥): السؤال الثالث.

٣- ذلك قضيب من مادة عازلة بمادة ما، ثم قُرب من قرص كشاف كهربائي مشحون بشحنة موجبة، كما في الشكل (٣٨-٥)، فلاحظ زيادة في انفراج ورقتي الكشاف الكهربائي.

أ) ما شحنة القضيب؟

ب) فسّر سبب زيادة انفراج ورقتي الكشاف.



الشكل (٣٩-٥): السؤال الرابع.

٤- دلكت طفلة بالونا مطاطيًا بشعرها، فشحن بشحنة كهربائية سالبة، والتصق بالجدار، كما في الشكل (٣٩-٥). هل يحدث الالتصاق لأن الجدار مشحون بشحنة موجبة؟ فسّر إجابتك، ثم وضح لماذا يسقط البالون في نهاية الأمر.

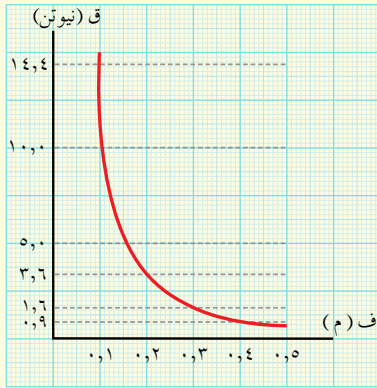
٥- **تفكير ناقد:** فسّر لماذا يعدّ تنافر جسمين دليلًا على أنهما مشحونان، بينما لا يتطلب تجاذبهما بالضرورة أن يكونا مشحونين.

الجزء الثاني: أسئلة حسابية

٦- جسم متعادّل انتقل إليه 10^{19} إلكترون، إذا علمت أن $(س = -6, 1 \times 10^{-19} \text{ كولوم})$. ما مقدار الشحنة التي اكتسبها؟

٧- أثّرت شحنة مقدارها (-6 ميكروكولوم) بقوة جذب مقدارها (٤٨٠ نيوتن) في شحنة ثانية تبعد عنها مسافة (٣ سم) ما مقدار الشحنة الثانية؟ وما نوعها؟

٨- كرتان موصلتان صغيرتان متماثلتان، الأولى شحنتها (٨ نانوكولوم) ، والثانية غير مشحونة، تلامست الكرتان معًا، ثم فصلتا ووضعتا على بعد (٢٠ سم) من بعضهما، احسب القوة التي تؤثر بها كل منهما في الأخرى.

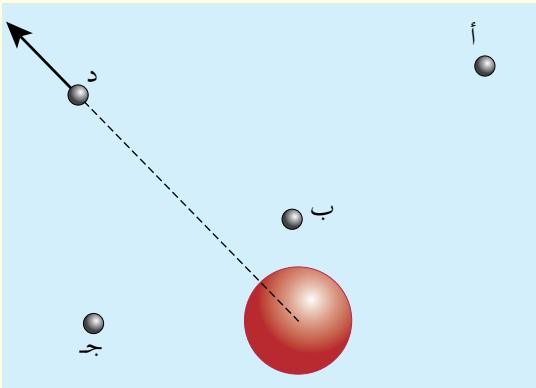


الشكل (٥-٤٠): السؤال التاسع.

٩ - يمثل الرسم البياني في الشكل (٥-٤٠)، العلاقة بين القوة الكهربائية بين شحنتين نقطيتين موجبتين متساويتين مقداراً، والبعد بينهما. معتمداً على الشكل: أ) جد مقدار القوة عندما كانت المسافة (٢٠) سم. ب) جد المسافة بين الشحنتين عندما كانت القوة ١٥ نيوتن.

ج) جد مقدار كلٍّ من الشحنتين.

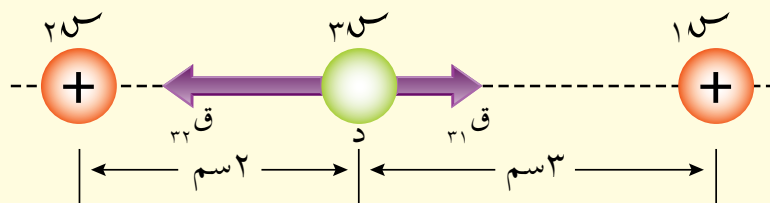
١٠ - وضعت شحنة كهربائية مقدارها (٣ ميكروكولوم) في مجال كهربائي عند نقطة قيمة المجال عندها 4×10^6 نيوتن/كولوم. احسب مقدار القوة الكهربائية المؤثرة فيها.



الشكل (٥-٤١): السؤال الحادي عشر.

١١ - يوضح الشكل (٥-٤١) شحنة كهربائية (س)، يحيط بها مجال كهربائي. ارسم أسهماً تمثل مقدار المجال واتجاهه عند النقاط (أ)، ب، ج).

١٢ - **تفكير ناقذ:** تتأثر الشحنة س_٣ في الشكل (٥-٤٢)، بقوة محصلة تساوي ١٢٠ نيوتن باتجاه س_٢، إذا عملت أن (س_١ = س_٣ = ٢ ميكروكولوم). جد مقدار س_٢، وحدد نوعها؟



الشكل (٥-٤٢): السؤال الثاني عشر.

التيار الكهربائي

Electric Current

١ ٢ ٣ ٤ ٥ ٦ ٧ ٨ ٩ ١٠ ١١ ١٢ ١٣ ١٤ ١٥ ١٦ ١٧ ١٨ ١٩ ٢٠ ٢١ ٢٢ ٢٣ ٢٤ ٢٥ ٢٦ ٢٧ ٢٨ ٢٩ ٣٠ ٣١ ٣٢ ٣٣ ٣٤ ٣٥ ٣٦ ٣٧ ٣٨ ٣٩ ٤٠ ٤١ ٤٢ ٤٣ ٤٤ ٤٥ ٤٦ ٤٧ ٤٨ ٤٩ ٥٠ ٥١ ٥٢ ٥٣ ٥٤ ٥٥ ٥٦ ٥٧ ٥٨ ٥٩ ٦٠ ٦١ ٦٢ ٦٣ ٦٤ ٦٥ ٦٦ ٦٧ ٦٨ ٦٩ ٧٠ ٧١ ٧٢ ٧٣ ٧٤ ٧٥ ٧٦ ٧٧ ٧٨ ٧٩ ٨٠ ٨١ ٨٢ ٨٣ ٨٤ ٨٥ ٨٦ ٨٧ ٨٨ ٨٩ ٩٠ ٩١ ٩٢ ٩٣ ٩٤ ٩٥ ٩٦ ٩٧ ٩٨ ٩٩ ١٠٠

١-٦ الدارة الكهربائية البسيطة

٢-٦ قانون أوم والمقاومة الكهربائية

٣-٦ الطاقة والقدرة الكهربائية

الأهمية

نحن لا نرى الكهرباء ولكننا نلمس آثارها، فهي شكل من أشكال الطاقة، يمكن نقلها إلى مسافات بعيدة، وتحويلها إلى أشكال أخرى بيسر وسهولة وجميعنا يدرك ما أضافته الكهرباء من رفاهية إلى حياتنا.



تصميم مبدئي لطائرة خفيفة أطلقت عليها وكالة الفضاء الأمريكية (NASA) اسم إله الشمس عند الإغريق (Helios)، لا تزيد كتلة هذه الطائرة المصنوعة من ألياف الكربون على (٩٠٠ كغ)، وتعمل بمراوح ومحركات كهربائية تستمد طاقتها الكهربائية من ألواح خلايا شمسية تغطي جناحي الطائرة، إذ استخدم ما يزيد على ٦٢ ألف خلية سيليكون، بمقدرتها تحويل ما نسبته (١٩٪) من الطاقة الشمسية الساقطة عليها لتوليد طاقة كهربائية بقدرة ٣٥ كيلو واط، وذلك كحد أقصى في وقت الظهيرة من أيام الصيف. حلقت (هيليوس) في رحلتها التجريبية مدة ثمانية عشر ساعة متواصلة.

فكر: ما الاستخدامات العملية للطاقة الشمسية، التي يمكن تطبيقها في المنزل والمدرسة؟

توليد الكهرباء

أثبت العالم (فولتا) في عام ١٧٩٩ م، إمكانية توليد الكهرباء باستخدام فلزين مختلفين ومحلول ملحي وأنتج أول خلية كهربائية من مصدر كيميائي. في عام ١٨٣١ م، نجح العالم (مايكل فارادي) في توليد التيار الكهربائي من مصدر يتحرك في مجال مغناطيسي. وبذلك، يكون قد أثبت إمكانية توليد الكهرباء بالمجال المغناطيسي من مصدر ميكانيكي، ويُعد هذان الاكتشافان، المولد الحقيقي للكهرباء في العصر الحديث، ونقطة الانطلاق لعلوم الاتصالات والإلكترونيات.

بعد دراستك هذا الفصل، يُتوقع منك أن:

- ◀ تُفسّر سريان التيار الكهربائي في الموصلات.
- ◀ تتحقق عملياً من قانون أوم (تمثل العلاقة بين الجهد والتيار بيانياً).
- ◀ تستنتج عملياً العوامل التي تعتمد عليها المقاومة الكهربائية لموصل.
- ◀ تُطبق العلاقات الخاصة بحساب المقاومة الكهربائية لموصل.
- ◀ تُميّز بين مقاومات المواد الخطية وغير الخطية؛ باستخدام منحني (الجهد - التيار).
- ◀ توضّح المقصود بالطاقة والقدرة الكهربائية، ووحدات قياسهما.
- ◀ تُطبق علاقات القدرة والطاقة، في حلّ مسائل حسابية.
- ◀ تُبين أخطار التعرّض للصدمة الكهربائية، وتقدر أهمية تجنبها.
- ◀ تبحث في طرق ترشيد استهلاك الطاقة الكهربائية.

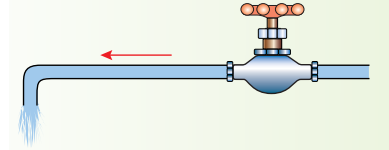
عندما تصل مصباحًا كهربائيًا صغيرًا مع بطارية باستخدام أسلاك توصيل نحاسية ويضيء المصباح؛ فإنك بذلك تكون قد ركبْتَ دائرةً كهربائيةً بسيطةً. ما الذي يجب إضافته إلى هذه الدارة كي يصبح التحكم بتشغيل المصباح وإطفائه أكثر سهولة؟

نتائج الدرس

- تفسّر سريان التيار الكهربائي.
- توضّح المقصود بالقوة الدافعة الكهربائية.

نشاط تمهيدي

تأمّل الشكل (١-٦)، الذي يوضّح تيار ماء ناتجًا عن جريان الماء في أنبوب، ثم أعط وصفًا لحركة الماء، وبين كيف يمكن التحكم في كمية الماء، وسرعة جريانه.



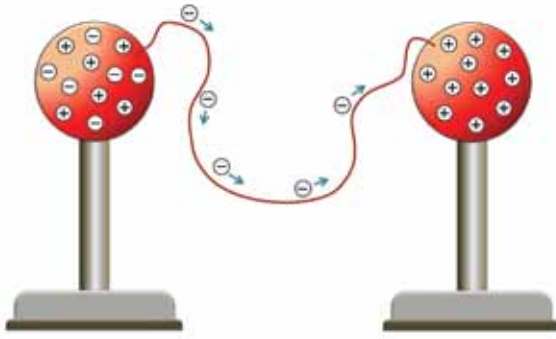
الشكل (١-٦): تيار ماء في أنبوب.

Electric Current

التيار الكهربائي

١-١-٦

تعلمت أن الشحنات الكهربائية تنتقل بين الأجسام الموصلة، فعند وصل كرتين موصلتين معًا بواسطة سلك نحاسي، وكانت الأولى مشحونة بشحنة موجبة، والثانية متعادلة، كما في الشكل (٢-٦)، فإن جزءًا من الشحنات السالبة تتسرب من الكرة المتعادلة إلى الكرة الموجبة. كيف يمكنك وصف حركة الشحنات خلال هذا السلك؟ هل يمكن تشبيه ذلك بتيار من الماء؟



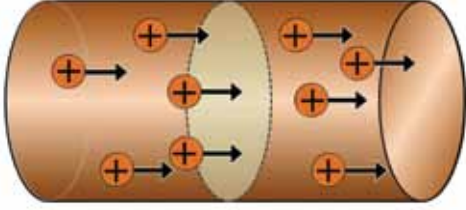
الشكل (٢-٦): انتقال الشحنات الكهربائية بين موصلين.

تحتوي الموصلات على ناقلات شحنة حرة (الإلكترونات) تتحرك حركة عشوائية داخل الموصل، ولا تشكّل مثل هذه الحركة تيارًا كهربائيًا؛ لأن معدل الشحنات المتحركة التي تعبر مقطع السلك باتجاه اليمين يساوي معدل الشحنات التي تعبر

فكرة مضيئة

لا تزود البطارية الدارة الكهربائية بالإلكترونات، إنما تزود الإلكترونات الموجودة أصلًا في الدارة بالطاقة.

المقطع نفسه نحو اليسار. لكن، عندما تتحرك هذه الإلكترونات باتجاه واحد كما هي الحال في السلك الموصل بين كرتين موصلتين إحداهما مشحونة، فإنه ينشأ عن ذلك تيار كهربائي. وفي المحاليل الكهربائية فإن التيار الكهربائي ينشأ عن حركة الأيونات السالبة والموجبة في آن معاً، باتجاهين متعاكسين.



الشكل (٦-٣): عبور الشحنات مقطعاً عرضياً في سلك موصل.

لنتصور أن الشحنات الكهربائية المتحركة في السلك، تعبر مقطعاً عرضياً فيه خلال مدة زمنية محددة، كما هو موضح في الشكل (٦-٣).

يعرف مقدار الشحنة الكهربائية التي تعبر مقطعاً من الموصل في الثانية الواحدة **بالتيار الكهربائي**. فإذا كان مقدار

الشحنة التي تعبر المقطع هو Δq ، والمدة الزمنية التي تمّ خلالها العبور هي Δt ؛ فإن معدل التيار الكهربائي يوصف بالعلاقة الرياضية الآتية:

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$$

بافتراض أن زمن البداية: $t_1 = 0$ ، والشحنة الابتدائية: $q_1 = 0$ ، فإنه يمكن كتابة العلاقة على الصورة:

$$I = \frac{q}{t} \quad \dots \dots \dots (٦-١)$$

وقد اتفق على أن يكون اتجاه التيار الكهربائي الاصطلاحي باتجاه الحركة الافتراضية للشحنات الموجبة، ويكون معاكساً لاتجاه حركة ناقلات الشحنة السالبة (الإلكترونات).

نستنتج من العلاقة الرياضية (٦-١) أن وحدة قياس التيار الكهربائي تساوي **كولوم/ث**، وتكريماً لعالم الفيزياء الفرنسي (أندريه ماري أمبير)، أطلق على وحدة التيار الكهربائي اسم **(أمبير)**، **والأمبير هو:** التيار الكهربائي الناتج عن عبور شحنة مقدارها كولوم واحد مقطعاً عرضياً في موصل خلال زمن مقداره ثانية واحدة.

سؤال: ماذا نعني بقولنا إن التيار الكهربائي المار في سلك يساوي (٤ أمبير)؟

إذا كان التيار الكهربائي المار في موصل يساوي (٠,٢ أمبير)، احسب مقدار الشحنة الكهربائية التي تعبر مقطع هذا الموصل خلال دقيقتين.

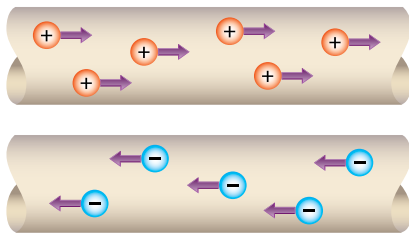
الحل

نحوّل قياس المدة الزمنية إلى النظام العالمي: $ز = ٢ \text{ دقيقة} \times \frac{٦٠ \text{ ث}}{\text{دقيقة}} = ١٢٠ \text{ ث}$
ونطبق العلاقة الرياضية (١-٦)

$ت = \frac{س}{ز}$ ، بالضرب التبادلي:

$$س = ت \times ز = ٠,٢ \times ١٢٠ = ٢٤ \text{ كولوم.}$$

فكر



الشكل (٤-٦): فكر.

يبين الشكل (٤-٦) شحنات كهربائية تتحرك عبر مقطعي موصلين متماثلين، إذا علمت أن الشحنات جميعها متساوية في المقدار، وتتحرك بالسرعة نفسها:

- حدّد اتجاه التيار في كل مقطع.
- أيّهما يمثل تياراً أكبر؟

Electromotive Force

القوة الدافعة الكهربائية

٢-١-٦

علمت أن حركة الشحنات الكهربائية في موصل باتجاه واحد؛ ينشأ عنها تيار كهربائي، فما الذي يدفع الشحنات على هذه الحركة؟ وما مصدر الطاقة التي تكتسبها الشحنات؟
عند وصل طرفي سلك موصل بقطبي بطارية، تتحرك الشحنات الموجبة الافتراضية داخل السلك باتجاه واحد من القطب الموجب للبطارية إلى القطب السالب، فالبطارية هي المصدر الذي يزود الشحنات الكهربائية بالطاقة. ومقدار الشغل الذي تبذله البطارية لنقل وحدة الشحنات الكهربائية بين قطبي البطارية يُسمى **القوة الدافعة الكهربائية**. وداخل البطارية تتحرك الشحنات



أليساندرو فولتا (١٧٤٥-١٨٢٧)

Alessandro Volta

عالم فيزياء وكيمياء إيطالي،
أول من اكتشف إمكانية توليد
التيار الكهربائي كيميائياً، كما
صمم عموداً كهربائياً سُمي
فيما بعد باسمه. كرمه العلماء
بإطلاق اسمه على وحدة قياس
فرق الجهد الكهربائي.

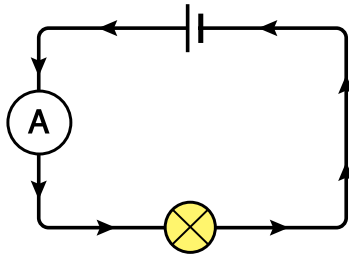
الافتراضية الموجبة من القطب السالب للبطارية إلى قطبها الموجب.

تقاس القوة الدافعة الكهربائية بوحدة جول/كولوم، ويُطلق عليها الفولت تكريماً للعالم (أليساندرو فولتا)، **والفولت هو: القوة الدافعة الكهربائية لبطارية تبذل شغلاً مقداره جول واحد، على شحنة مقدارها كولوم واحد؛ لنقلها بين قطبي البطارية.**

سؤال: ما منشأ الطاقة التي تمكن البطارية من بذل شغل على الشحنات؟

سؤال: ماذا نعني بقولنا إن القوة الدافعة الكهربائية لبطارية تساوي (١,٥) فولت؟

إن اتجاه التيار الكهربائي الاصطلاحي من القطب الموجب إلى القطب السالب، عبر عناصر الدارة وأسلاك التوصيل، كما في الشكل (٦-٥)، ينسجم مع اتجاه دفع البطارية للشحنات الافتراضية الموجبة لتحريكها من القطب الموجب إلى القطب السالب عبر الأسلاك، كما يندفع الماء بفعل الجاذبية من الأماكن المرتفعة إلى الأودية المنخفضة.

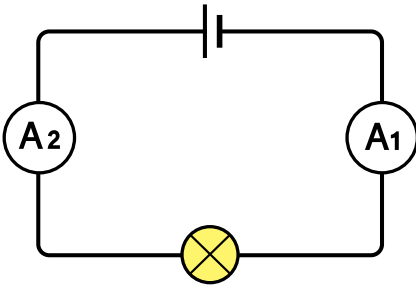


الشكل (٦-٥): اتجاه التيار في الدارة كما يشير السهم.

تفكير ناقد



تجادل التوأمين أنس ولمياء، حول التيار المار في الدارة الكهربائية المبينة في الشكل (٦-٦)؛ حيث ادعى أنس أن التيار الذي يقيسه الأميتر A_2 أكبر من التيار الذي يقيسه الأميتر A_1 ، لأن التيار يمر في A_2 أولاً، ثم يضعف بعد مروره في المصباح. بينما ادعت لمياء أن الجهازين يسجلان القراءة نفسها. أي منهما تؤيد؟ معللاً إجابتك.



الشكل (٦-٦): تفكير ناقد.



(أ) بطارية من الحجم (AA).



(ب) بطارية هاتف نقال.



(ج) بطارية سيارة.

الشكل (٦-٧): بعض أشكال بطاريات أيون الليثيوم.

بطاريات (ليثيوم-أيون) Lithium-Ion Batteries

حلت بطاريات (ليثيوم-أيون) التي يعاد شحنها مكان معظم البطاريات العادية والبطاريات الأخرى القابلة للشحن، في كثير من الأجهزة الإلكترونية؛ كالهواتف النقالة والحواسيب الشخصية والسيارات الهجينة التي تعمل بمحركات كهربائية. انظر الشكل (٦-٧). تتكون بطارية (ليثيوم-أيون) من قطب موجب يُصنع من أكسيد الليثيوم، وقطب سالب يُصنع غالبًا من الكربون، ومحلول كهربي يتكون من أحد أملاح الليثيوم؛ مذابًا في مادة عضوية، ولا يدخل الماء في ذلك المحلول؛ لأن الليثيوم فلز شديد التفاعل مع الماء.

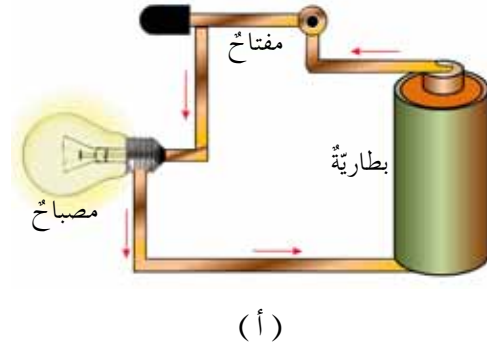
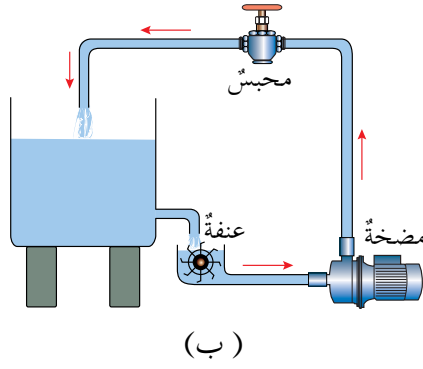
عند استخدام البطارية، يحدث تفاعل كيميائي في المحلول الكهربي، ناقلًا الشحنات الموجبة (أيونات الليثيوم) من القطب السالب إلى القطب الموجب داخل البطارية، فتؤثر البطارية في الشحنات الموجبة في الدارة الكهربائية بقوة دافعة كهربائية، وتنقلها من القطب الموجب إلى القطب السالب عبر الأسلاك خارج البطارية.

يؤدي استخدام البطارية إلى نفاذ طاقتها، ولإعادة شحنها يوصل قطباها مع مصدر جهد كهربائي؛ الموجب مع الموجب والسالب مع السالب، فينتج عن ذلك حدوث تفاعل كيميائي عكسي، يجبر أيونات الليثيوم الموجبة على العودة من القطب الموجب إلى القطب السالب داخل البطارية، حتى تكتمل عملية الشحن.

Potential Difference

٦-١-٣ فرق الجهد الكهربائي

لدينا دائرة كهربائية تتكون من بطارية ومصباح كهربائي ومفتاح، كما في الشكل (٦-٨/أ). ما الذي يتسبب في استمرار سريان التيار الكهربائي في المصباح في هذه الدارة كي يبقى مضيئًا؟ لو نظرنا إلى حركة الشحنات الكهربائية في أسلاك الدارة، فإنه يمكن تشبيهها بحركة الماء في الأنابيب في الشكل (٦-٨/ب)، إذ إن المضخة تزود الماء بالطاقة، ترفعه إلى الأعلى. بعدها، يجري



الشكل (٦-٨): تشبيه فرق الجهد الكهربائي بفرق ضغط الماء.

في الأنابيب بفعل فرق الضغط الناتج عن اختلاف الارتفاع، وعند مرور الماء عبر العنفة، فإنه يدورُها فتستهلك جزءاً من طاقته. وكذلك الحال في الدارة الكهربائية؛ فالبطارية تشبه المضخة، إذ تبدل شغلاً على الشحنات الكهربائية الموجبة، فتنقلها من القطب الموجب إلى القطب السالب خارج البطارية، عبر المصباح الذي يُشبه العنفة، وهنا يمكن القول إن القطب الموجب للبطارية يمثل النقطة الأعلى جهداً كهربائياً، والقطب السالب للبطارية يمثل النقطة الأدنى جهداً كهربائياً في الدارة؛ أي أنه يوجد فرق في الجهد الكهربائي بين قطبي البطارية، ويسري التيار في المصباح بسبب وجود فرق في الجهد الكهربائي بين طرفيه أيضاً. نرمز إلى فرق الجهد الكهربائي بالرمز Δ (ج)، ويقاس باستخدام جهاز الفولتметр (V)، ووحدة قياسه هي وحدة قياس القوة الدافعة الكهربائية (الفولت).

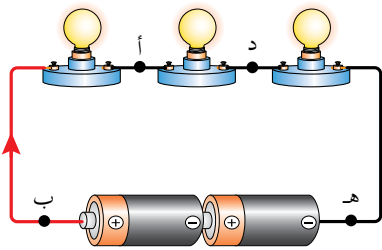
فكر



في الشكل (٦-٩):

■ أيّ النقطتين (أ، ب) لها جهد أعلى؟ لماذا؟

■ رتب النقاط (أ، ب، د، هـ) من الأعلى إلى الأدنى جهداً.



الشكل (٦-٩): فكر.

ملحوظة: ستقتصر دراستنا في هذه المرحلة على البطاريات المثالية، أي أن فرق الجهد بين طرفيها يساوي قوتها الدافعة الكهربائية، ولا يتأثر بقيمة التيار. ولكن، في الواقع يكون للبطارية مقاومة لمرور الشحنات داخلها تُسمى مقاومة داخلية، تتسبب في خفض فرق جهد البطارية عند مرور التيار فيها.

السرعة الانسيابية للإلكترون

عند إغلاق دائرة كهربائية فيها بطارية ومصباح، فإن المصباح يضيء في اللحظة نفسها التي نضغط فيها على المفتاح، حتى لو كان طول السلك بينهما عشرات الأمتار، إذ تنشر البطارية مجالاً كهربائياً داخل السلك بسرعة الضوء، فيؤثر في الناقلات الحرة للشحنة السالبة (الإلكترونات) الموجودة داخل السلك ويحركها معاً باتجاه واحد، فيسري تيار كهربائي بسرعة كبيرة تُقارن بسرعة الضوء، فإذا علمنا أن **السرعة الانسيابية** للإلكترون داخل السلك وهي السرعة الفعلية للإلكترون واحد يتحرك بتأثير المجال لا تزيد على بضعة مليمترات في الثانية الواحدة، فكيف للتيار أن ينتقل بهذه السرعة الكبيرة؟
تنتشر الإلكترونات الحرة في السلك من أوله إلى آخره مثل كرات متراصة، وعند غلق المفتاح تتأثر جميعها بالمجال الكهربائي فتتحرك جميعها معاً باتجاه واحد، وعند عبور الإلكترون الأول من البطارية إلى الدارة، يكون الإلكترون الأخير قد عبر المصباح، فيضيء.

١-٦

مراجعة الدرس

- ١- وضح المقصود بالتيار الكهربائي، ثم قارن اتجاهه باتجاه حركة الإلكترونات في موصل.
- ٢- أ (ارسّم دائرة كهربائية تحوي العناصر الآتية، موصولة بطريقة صحيحة:
بطارية، أميتر، مصباح كهربائي، فولتметр.
- ب) حدّد اتجاه التيار الكهربائي؛ بوضع أسهم على الدارة.
- ٣- **تفكير ناقد:** عند فتح الدارة الكهربائية، هل تتلاشى القوة الدافعة الكهربائية للبطارية؟ لماذا؟

نتائج الدرس

- تتحقق عملياً من قانون أوم.
- تمثل العلاقة (الجهد - التيار) بيانياً.
- تستنتج العوامل التي تعتمد عليها المقاومة الكهربائية لموصل عملياً.
- تطبق قانون أوم في حل مسائل حسابية.

Ohm's Law

قانون أوم

١-٢-٦

توصلت سابقاً إلى أنه لا بد من وجود فرق في الجهد الكهربائي بين نقطتين في دائرة كهربائية؛ كي يسري بينهما تيار كهربائي. فهل توجد علاقة بين التيار الكهربائي الذي يسري في موصل وفرق الجهد بين طرفيه. للإجابة؛ نفذ النشاط الآتي:

قانون اوم

١-٦

نشاط

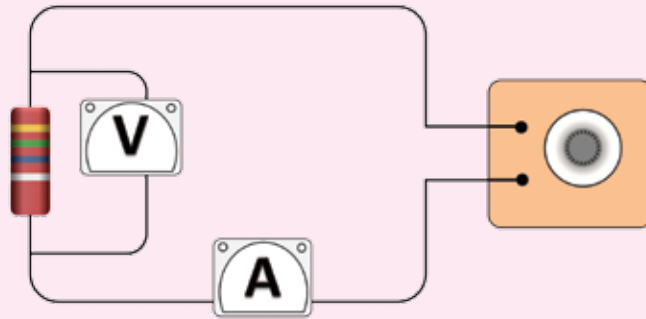
هدف النشاط: استقصاء العلاقة بين التيار الكهربائي المار في موصل، وفرق الجهد بين طرفيه عملياً.

الأدوات: مصدر جهد كهربائي مستمر متغير القيمة، ومقاومة، وأسلاك توصيل، وفولتметр، وأميتير.

خطوات تنفيذ النشاط

تزود كل مجموعة من الطلبة بأدوات النشاط.

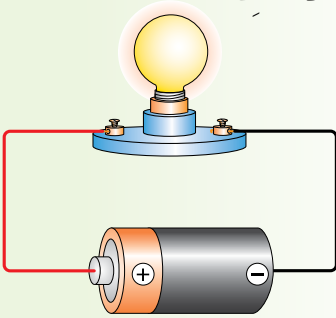
- ١- ركب أجزاء الدارة الكهربائية كما في الشكل (١١-٦).
- ٢- اخفض قيمة الجهد في المصدر إلى الصفر، ثم شغله.
- ٣- ارفع الجهد قليلاً، ثم دوّن قراءة كل من الأميتير والفولتметр.



الشكل (١١-٦): الدارة الكهربائية لتجربة قانون أوم.

نشاط تمهيدي

كون دائرة بسيطة تحوي مصباحاً وبطارية، كما في الشكل (١٠-٦)، أغلق الدارة، ثم انتظر مدة والمس المصباح، ماذا تلاحظ؟ فسّر ملاحظتك.



الشكل (١٠-٦): دائرة كهربائية بسيطة.

فكرة مضيئة

يستخدم فلز النحاس في التوصيلات الكهربائية؛ لأن مقاومته قليلة، إذ إن مقاومة السلك النحاسي الذي طوله (١٠٠) متر وقطره مليمتير واحد، تساوي (٢ أوم) تقريباً.

٤- دوّن النتيجة في دفتركَ، كما في الجدول (٦-١).

٥- مثل الجدول بعلاقة بيانية بوضع قيم التيار على محور السينات، وقيم فرق الجهد على محور الصادات.

الجدول (٦-١): النشاط (٦-١)		
رقم المحاولة	قراءة الأميتر (أمبير)	قراءة الفولتметр (فولت)
١		٢
٢		٤
٣		٦
٤		٨

أجب عن الأسئلة الآتية:

- ما شكل العلاقة البيانية التي رسمتها؟
- جـد ميل المنحنى (ج/ت)
- ما وحدة قياس الميل؟



جورج سيمون أوم (١٧٨٧-١٨٥٤)

George Simon Ohm

عالم فيزياء ورياضيات ألماني، بدأ حياته معلماً، ثم حصل على الدكتوراة أجرى أبحاثاً على الخلية الكهربية التي اخترعها العالم (فولت) في مختبر المدرسة، إلى أن توصّل إلى قانونٍ اشتهر باسمه.

توصّل العالم (أوم) بعد إجراء تجارب مماثلة على موصلات فلزية، إلى أن: «التيار الكهربائي المار في موصل فلزي، يتناسب طردياً مع فرق الجهد بين طرفيه، عند ثبوت درجة حرارته». وتُعرف هذه النتيجة **بقانون أوم (Ohm's Law)**. ومن قانون أوم، نجد أن النسبة بين فرق الجهد بين طرفي موصل والتيار الكهربائي المار فيه، تساوي مقداراً ثابتاً، ويُسمى هذا الثابت مقاومة الموصل، وتمثل العلاقة الرياضية الآتية قانون أوم:

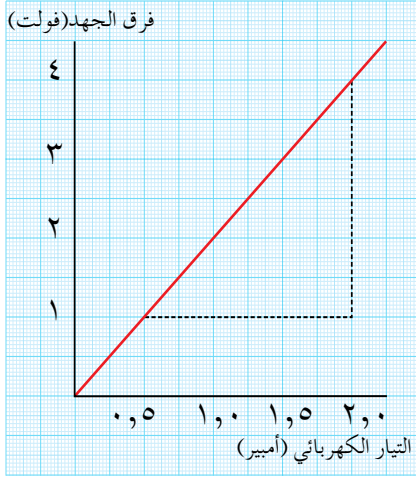
فرق الجهد = ثابت × التيار

$$\text{فرق الجهد} = \frac{\text{فرق الجهد}}{\text{التيار}} = \text{ثابت (المقاومة)}$$

وإذا رمزنا للمقاومة (م)، وفرق الجهد (ج)، والتيار (ت)، فإن:

$$M = \frac{J}{T} \dots\dots\dots (٦-٢)$$

تلاحظ أن النسبة $\frac{J}{T}$ التي حصلت عليها من النشاط السابق، تساوي ميل العلاقة البيانية لقيم التيار وقيم فرق الجهد. ونجد من العلاقة (٦-٢) أن وحدة قياس المقاومة الكهربائية هي (فولت/أمبير)، وقد أطلق اسم العالم (أوم) على هذه الوحدة تكريماً لجهوده، ويرمز لها بالحرف اللاتيني (Ω) وتُقرأ: (أوميغا).



الشكل (٦-١٢): منحني علاقة (الجهد-التيار).

توصف العلاقة الطردية بين فرق الجهد الكهربائي بين طرفي موصل فلزي والتيار المار فيه، بأنها علاقة خطية؛ لأن المنحنى البياني لهذه العلاقة الذي توصلنا إليه في النشاط السابق، يكون على شكل خط مستقيم ميله ثابت، وهذا يعني أن مقاومة الموصل ثابتة، وحيث إن الموصل الفلزي في هذه الحالة يخضع لقانون أوم، فإنه يُسمى **موصلًا خطيًا**، ويبيّن الشكل (٦-١٢) التمثيل البياني للعلاقة الرياضية الطردية بين فرق الجهد والتيار الكهربائي.

فكر



- معتمدًا على العلاقة (٦-٢) وبصورة مماثلة لاستنتاج تعريف وحدة (فولت)، استنتج تعريف وحدة (أوم).
- ماذا نعني بأن مقاومة موصل تساوي $(\Omega ٦)$ ؟

Resistance

المقاومة الكهربائية

٢-٢-٦

توصلنا من قانون أوم إلى أن المقاومة الكهربائية لموصل، خصيصة فيزيائية نعبر عنها بنسبة فرق الجهد بين طرفي الموصل إلى التيار الكهربائي المار فيه، ومنشأ هذه المقاومة هو إعاقة لحركة الشحنات الحرة داخل الموصل؛ بسبب وجود الذرات والشحنات الأخرى، ويمكن تشبيه ذلك بحركة لاعب كرة القدم نحو مرمى الخصم؛ فإن الإعاقة التي يواجهها في الملعب، تعتمد على عدة عوامل، فما تلك العوامل؟

يملك الفلز الذي تُصنع منه أسلاك التوصيل ذرات تدور حولها إلكترونات مقيدة بصورة مستمرة، وعند انسياق الإلكترونات الحرة لتشكل تيارًا كهربائيًا، فإنها تصادم مع ذرات الفلز وإلكتروناتها الأخرى، فتنشأ عن هذه التصادمات مقاومة الموصل لمرور التيار الكهربائي فيه، تمامًا كما يتصادم اللاعب عند جريه مع لاعبين آخرين في الملعب. وينشأ عن هذه التصادمات ارتفاع في درجة حرارة الموصل، كما لاحظت في النشاط التمهيدي السابق.

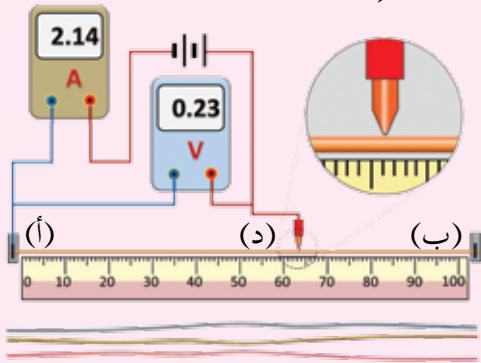
تُعَدُّ المقاومةُ الكهربائيةُ مقياسًا للممانعة التي تواجهها الشحناتُ الحرةُ في أثناء انتقالها عبر الموصل. وتختلفُ الموصلاتُ في ممانعتها لمرور الشحنات الكهربائية فيها، أي أنَّ لكلِّ موصلٍ مقاومةً تختلفُ عن غيره من الموصلات. وتوجدُ عواملٌ أخرى تؤثرُ في المقاومة الكهربائية، فما هذه العوامل؟ لمعرفتها؛ نفذِ النشاط الآتي:

العوامل التي تعتمد عليها المقاومة الكهربائية

نشاط ٢-٦

هدف النشاط: استقصاء عمليٍّ للعوامل التي تعتمد عليها المقاومة الكهربائية.

الأدوات: مصدر جهد كهربائي مستمر، وأميتير وفولتметр، وأسلاك نحاسية للتوصيل، وعصا متريّة، وأسلاك مختلفة القطر والنوع، طول كل منها متر؛ لاختبار مقاومتها.



خطوات تنفيذ النشاط

الشكل (١٣-٦): الدارة الكهربائية لاستقصاء عوامل المقاومة.

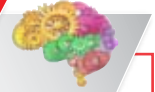
- ١- صل الدارة الكهربائية كما في الشكل (١٣-٦)، بحيث يمكنك تثبيت الموصلات المختلفة بين النقطتين (أ، ب) على العصا المتريّة بسهولة، ويكون الطرف (د) حرّ الحركة (الزلقية).
- ٢- ثبت أحد أسلاك الاختبار على العصا المتريّة، واختَر قيمة مناسبة للجهد.
- ٣- ابدأ بتحريك الزلقية على سلك الاختبار من النقطة (أ) باتجاه النقطة (ب)، وراقب قراءتي الفولتметр والأميتير، ثمّ دوّن ملاحظاتك.
- ٤- كرّر الخطوتين (٢، ٣) باستخدام سلك اختبار من النوع نفسه، لكن بقطر مختلف، وراقب قراءتي الفولتметр والأميتير، ودوّن ملاحظاتك.
- ٥- كرّر الخطوات (٢، ٣، ٤) باستخدام أسلاك الاختبار المتوافرة لديك، وراقب قراءة الأميتير، ودوّن ملاحظاتك.

بعد تدوين الملاحظات، أجب عن الأسئلة الآتية:

- ما أثر زيادة طول السلك في قراءة الأميتير (التيار الكهربائي) في الخطوة (٣)؟
- ما أثر زيادة سُمك السلك في قراءة الأميتير في الخطوة (٤)؟
- هل تغيّرت قراءة الأميتير بتغيّر نوع مادة السلك؟

إنَّ زيادةَ قيمةِ التيارِ المارِّ في سلكِ الاختبارِ بزيادةِ قطره، تعني نقصانَ المقاومة، فزيادةُ قطرِ السلكِ تزيدُ مساحةَ مقطعِ السلكِ، ما يمكنُ الشحناتِ من الحركةِ خلالها بممانعةٍ أقلَّ، تمامًا مثلَّ زيادةِ عددِ المساربِ التي تتحرَّكُ فيها السيَّاراتُ في الطريقِ. وزيادةُ طولِ سلكِ الاختبارِ تعني تعرُّضَ الشحناتِ لممانعةٍ أكبرَ، ما يزيدُ من قيمةِ المقاومة. والعاملُ الثالثُ الذي يؤثرُ في مقاومةِ الموصلِ، هو نوعُ مادَّتهِ، إذ يتغيَّرُ عددُ الذرَّاتِ والإلكتروناتِ المعيقة للحركة؛ بتغيُّرِ نوعِ مادَّةِ سلكِ الاختبارِ. تُستخدمُ المقاوماتُ في الداراتِ الكهربائيَّةِ بكثرةٍ، ولها أشكالٌ وأنواعٌ كثيرةٌ، فمنها ما هو ثابتُ المقدارِ، ويرمزُ له في الداراتِ الكهربائيَّةِ بالرمزِ $(-W-)$ ، ومنها ما هو متغيِّرُ المقدارِ ويرمزُ له بالرمزِ $(-WV-)$. وفي الحياةِ العمليَّةِ، نستخدمُ أجهزةً كهربائيَّةً فيها داراتُ كهربائيَّةٍ يحتوي بعضها على مقاوماتٍ، يختلفُ مقدارُها باختلافِ الغرضِ من استخدامها، إذ توصَّلُ مقاومةٌ كبيرةٌ جدًّا معَ أجهزةِ القياسِ لحمايتها من التياراتِ الكهربائيَّةِ الكبيرة، بينما تُستخدمُ مقاومةٌ منخفضةٌ في السخانِ الكهربائيِّ كي يكونَ التيارُ المارُّ فيه كبيرًا، وكافيًا لتسخينِ الماءِ.

تفكيرٌ ناقِدٌ



يُستخدمُ الهاتفُ التَّقالُ عدَّةَ أيامٍ قبلَ إعادةِ شحنه؛ عندما تكونُ بطَّاريتُهُ بحالةٍ جيِّدةٍ، لكنَّ البطَّاريةَ المستهلكةَ لا يدومُ شحنُها طويلًا. إذا علمتَ أنَّ البطَّاريةَ تحتوي على موادَّ كيميائيَّةٍ لها مقاومةٌ لمرورِ التيارِ الكهربائيِّ تُسمَّى المقاومةُ الداخليَّةُ للبطَّارية؛ فسِّرْ ما يحدثُ للمقاومةِ الداخليَّةِ معَ كثرةِ الاستخدامِ.

مثال ٢-٦

مِصباحٌ كهربائيٌّ مقاومتهُ $(6, 1 \Omega)$ ، احسبَ فرقَ الجهدِ بينَ طرفيه، كي يمرَّ فيه تيارٌ كهربائيٌّ مقداره $(5, 7 \text{ أمبير})$ ؟ وهل يمكنُ استخدامهُ في المنزلِ، أم في السيَّارةِ؟

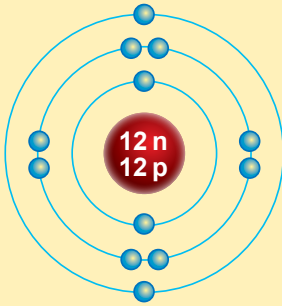
الحلُّ

بتطبيقِ العلاقةِ الرياضيّةِ لقانونِ أوم، نجدُ:

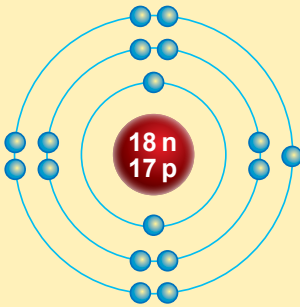
$$ج = م \times ت$$

$$ج = 6, 1 \times 7, 5 = 12 \text{ فولت}$$

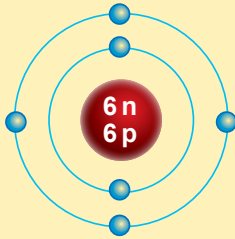
يُستخدمُ المِصباحُ في السيَّارةِ، لأنَّه يعملُ على جهدٍ مساوٍ لجهدِ بطَّاريتها.



(أ) ذرّة المغنيسيوم (فلز).



(ب) ذرّة الكلور (لا فلز).



(ج) ذرّة الكربون (شبه فلز).

الشكل (٦-١٤) : التوزيع الإلكتروني
لذرات العناصر.

تصنّف المواد من حيث توصيلها الكهربائي إلى ثلاثة أنواع، هي:

- **مواد موصلة للكهرباء:** فلزات تقع في المجموعات (١-٣) في الجدول الدوري، ويكون المدار الخارجي في ذراتها أقل من نصف مملوء، إذ يحتوي على إلكترون واحد أو اثنين أو ثلاثة، كما يتضح في الشكل (٦-١٤/أ). وتحرّر هذه الإلكترونات من ذراتها، وتنتقل بينها بسهولة لضعف ارتباطها بالذرات؛ لذا، تُسمّى إلكترونات حرّة. وعندما ينتشر مجال كهربائي في الموصل يؤثر في الإلكترونات الحرّة فيه؛ فيحرّكها باتجاه واحد مكونة تياراً كهربائياً.

- **مواد عازلة للكهرباء:** تقع في يمين الجدول الدوري في المجموعات (٥-٨)، منها اللافلزات، وتمتلك ذراتها في مداراتها الخارجية (٥-٨) إلكترون، وترتبط هذه الإلكترونات بقوة كبيرة مع النواة؛ لذا، لا تحرّر من ذراتها بسهولة ولا توصل الكهرباء. انظر الشكل (٦-١٤/ب).

- **أشباه الموصلات (Semiconductors):** تتصف بضعف توصيلها للكهرباء، مع أنها لا تكون عازلة تماماً، وتقع في

المجموعة الرابعة من الجدول الدوري مثل الكربون والسيليكون والجرمانيوم، ولهذه المواد أهمية خاصة في الإلكترونيات، ستعرّفها لاحقاً.

تناقص صفة التوصيل الكهربائي بالتدرج من مادة إلى أخرى، عند الانتقال من يسار الجدول الدوري إلى يمينه؛ فهي كبيرة في المواد الموصلة، وضعيفة في أشباه الموصلات، ومعدومة في المواد العازلة.

وصِلت مقاومة مقدارها (٦Ω) . في دائرة كهربائية؛ فكان فرق الجهد بين طرفيها (٣ فولت). جد ما يأتي:

- ١- مقدار التيار الذي يسري في المقاومة.
- ٢- مقدار المقاومة؛ للحصول على تيار يساوي ثلاثة أضعاف التيار السابق.

الحل

١- بتطبيق العلاقة الرياضية لقانون أوم، نجد:

$$ج = ت \times م$$

$$ت = \frac{ج}{م} = \frac{٣}{٦} = ٠,٥ \text{ أمبير.}$$

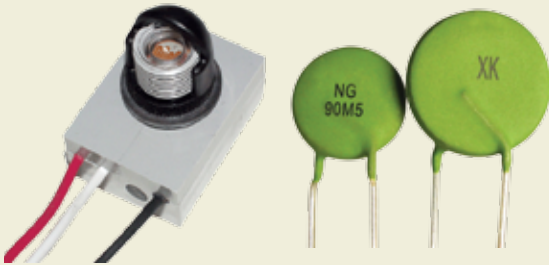
٢- بتطبيق العلاقة مرة أخرى، عندما يكون التيار: $ت_٢ = ٣ \times ت_١ = ١,٥$ أمبير

$$م = \frac{ج}{ت}$$

$$م = \frac{٣}{١,٥} = ٢ \Omega$$

الفيزياء والتكنولوجيا

تحتوي بعض الدارات الكهربائية عناصر تتغير مقاومتها بتغير خصيصاً فيزيائية محددة فيها؛ لذا، فإنها تستخدم مجسات، ومن هذه العناصر:



(أ) مقاوم حراري. (ب) مقاوم ضوئي.
الشكل (٦-١٥): بعض أنواع المقاومات الكهربائية.

١- المقاوم الحراري: مادة تزداد مقاومتها الكهربائية أو تقل، مع ارتفاع درجة حرارتها؛ لذا، فهي تُستخدم في صناعة مجسات لقياس درجة الحرارة، وتشغيل دارات كهربائية، مثل مجس الحرارة في السيارة، الذي يجعل مروحة التبريد تعمل عند ارتفاع درجة حرارة المحرك، والشكل (٦-١٥/أ) يبين أحد أنواعه.

٢- المقاوم الضوئي: مادة تزداد مقاومتها الكهربائية أو تقل، عند تعرضها إلى الضوء؛ لذا، تُستخدم في دارات الإنذار، وفي الأبواب الكهربائية، وفي إنارة الشوارع وإطفائها ذاتياً. لاحظ الشكل (٦-١٥/ب)

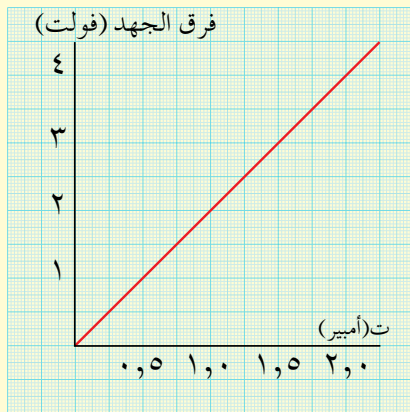
مواد فائقة الموصلية (Super Conductors)

تتغيّر مقاومة المواد بتغيّر درجة حرارتها. وفي حالة الفلزّات؛ فإنّ مقاومتها للكهرباء تزدادُ بارتفاع درجة الحرارة. إذ يعني ارتفاع درجة الحرارة زيادة الطاقة الحركية للإلكترونات، فيزدادُ احتمال حدوث التصادمات في ما بينها ومع ذرات الفلزّ. وعليه، تزدادُ المقاومة. وقد وجد تجريبياً أنّ المقاومة الكهربائية لبعض الفلزّات تصلُ إلى الصفر عند درجات الحرارة المنخفضة جداً، ويُطلق عليها عندئذٍ **فلزّات فائقة الموصلية**. تُستخدم مثل هذه الموصلات في إنتاج مغناط فائقة القوة كما تُستخدم في أجهزة التصوير بالرنين المغناطيسيّ. وما زال العلماء يطمحون إلى الوصول إلى حالة الموصلية الفائقة، عند درجات الحرارة العادية.

٢-٦

مراجعة الدرس

- ١- اذكر نصّ قانون أوم، وعبّر عنه بعلاقة رياضية.
- ٢- وصلت مقاومة مقدارها (م) في دائرة كهربائية بطرفي بطارية جهدها (ج)، وكان التيار الناتج (ت)، ماذا يحدث لقيمة التيار إذا نقصت قيمة المقاومة إلى نصف ما كانت عليه؟
- ٣- فسّر كيف تنشأ المقاومة الكهربائية في الموصلات الفلزيّة.
- ٤- أجريت تجربة لمعرفة مقاومة كهربائية مجهولة بقياس فرق الجهد بين طرفيها والتيار المار فيها، ومثلت نتائجها بيانياً في الشكل (٦-١٦). معتمداً على الشكل:



الشكل (٦-١٦): السؤال الرابع.

- أ) ما مقدار فرق الجهد؛ عندما كان التيار المار في المقاومة (١,٥ أمبير)؟
- ب) ما مقدار التيار؛ عندما كان فرق الجهد (٣,٥ فولت)؟
- ج) ما مقدار المقاومة المستخدمة في التجربة؟

نتائج الدرس

- توضُّح المقصود بالطاقة والقدرة الكهربائية، ووحدات قياسهما.
- تطبُّق علاقات القدرة والطاقة في حلِّ مسائل حسابية.
- تُراعي تعليمات الأمن والسلامة، عند التعامل مع الكهرباء.

نشاط تمهيدي

أحضِرْ مصباحين كما في الشكل (٦-١٧)، ثمَّ بيِّنْ دلالة الأرقام المسجَّلة على كلِّ مصباح، أضئِ المصباحين، ثمَّ فسِّرْ سبب سطوع أحدهما أكثر من الآخر.



الشكل (٦-١٧): النشاط التمهيدي.

فكرة مضيئة

مرور تيار كهربائي في موصل، يولّد طاقة حرارية مفيدة؛ كما في المكواة ومجفّف الشعر والمدفأة الكهربائية، وقد تكون هذه الحرارة غير مفيدة كما يحدث عند انصهار الوصلات الكهربائية.

Electric Energy

الطاقة الكهربائية

١-٣-٦

نستعمل في حياتنا اليومية الكثير من الأجهزة الكهربائية التي تساعدنا على إنجاز أعمالنا، وتختلف هذه الأجهزة في استهلاكها للطاقة الكهربائية، وينعكس ذلك على فاتورة الكهرباء التي ندفع قيمتها عند نهاية كل شهر، واختلاف إضاءة المصباحين في النشاط التمهيدي سببه اختلاف الطاقة الكهربائية التي تستهلك في كلٍّ منهما. هل يختلف مفهوم الطاقة في الكهرباء عن الطاقة الميكانيكية التي درستها سابقاً؟

عند دراستنا الميكانيكا، عرّفنا الطاقة بالمقدرة على إنجاز الشغل، ولا يختلف مفهوم الطاقة في الكهرباء عنه في الميكانيكا. والأجهزة الكهربائية تحوّل الطاقة الكهربائية التي تستهلكها إلى شغل ميكانيكي كما في الرافعة الكهربائية، أو إلى طاقة حرارية كما في السخان الكهربائي، أو أي صورة أخرى من صور الطاقة.

تعلم أنّ البطارية مصدر للطاقة الكهربائية؛ فهي تبدل شغلاً على الشحنات وتحركها عبر أسلاك التوصيل، وهذا الشغل يتناسب مع كلّ من فرق الجهد الكهربائي (القوة الدافعة الكهربائية للبطارية) ومقدار الشحنة المنقولة، أي أنّ:

الشغل (الطاقة الكهربائية) = فرق الجهد $\times$ الشحنة

$$\text{ش} = \text{ق} \times \text{س} \dots\dots\dots (٣-٦)$$

Electric Power

القدرة الكهربائية

٢-٣-٦

تعلم أنّ القدرة هي الشغل المنجز في وحدة الزمن، وقدرة جهاز كهربائي هي الطاقة الكهربائية التي يستهلكها الجهاز في وحدة

الزمن فيحوّلها إلى صورةٍ أخرى من صورِ الطاقة. أيّ أن:

$$\text{القدرة الكهربائية} = \frac{\text{الطاقة الكهربائية}}{\text{الزمن}} \dots\dots\dots (٦-٤)$$

بالرجوع إلى العلاقة (٦-٣) وقسمة طرفيها على الزمن؛ نحصلُ على:

$$\frac{\text{ج س}}{\text{ز}} = \text{القدرة الكهربائية}$$

وبتعويض قيمة (ت) من العلاقة (٦-١)، $\text{ت} = \frac{\text{س}}{\text{ز}}$ نجدُ أنّ:

$$\text{القدرة الكهربائية} = \text{ج} \times \text{ت} \dots\dots\dots (٦-٥)$$

وبهذا، **فَالْقُدْرَةُ الْكَهْرَبَائِيَّةُ** لأيّ جهازٍ كهربائيّ، تساوي حاصل ضرب فرق الجهد بين طرفيه في التيار الذي يمرُّ عبره. وتقاس القدرة الكهربائية بوحدة **(الواط)**، ومن العلاقة (٦-٥)؛ نستنتج تعريف وحدة **(الواط)** بأنه: القدرة الكهربائية لجهاز يمرُّ فيه تيارٌ مقداره أمبير واحد، عندما يكون فرق الجهد بين طرفيه فولتًا واحدًا؛ أيّ أن: $\text{واط} = (\text{فولت. أمبير})$. ومن العلاقة (٦-٤) نجدُ أنّ: $\text{واط} = (\text{جول/ ثانية})$. وتجدرُ الإشارةُ إلى أنّه يُستخدمُ جهازٌ يسمّى (واطميتر **Watt Meter**) لقياس القدرة الكهربائية عمليًّا بصورةٍ مباشرةٍ، من دون الحاجة لقياس كلٍّ من الجهد والتيار. انظر الشكل (٦-١٨).



الشكل (٦-١٨): مقياس القدرة الكهربائية.

فكّر



- معتمدًا على العلاقة (٦-٤) بين الطاقة والقدرة الكهربائية، ضع تعريفًا مناسبًا لوحدة (واط).
- ماذا يعني أنّ قدرة غسالة كهربائية تساوي ٣٦٠ واط؟
- صمّم تجربةً عمليةً واستخدم فيها أدوات القياس المناسبة، لقياس القدرة الكهربائية لمصباح سيّارة يعمل بفرق جهد ١٢ فولت.

وحدة قياس الطاقة الكهربائية في النظام العالمي هي (جول)، ويساوي (واط. ث). هل تُستخدم هذه الوحدة بصورةٍ عمليةٍ، عند حساب تكلفة استهلاك الكهرباء؟ تُستخدم في الحياة

العملية وحدة قياس أخرى للطاقة الكهربائية، هي (كيلو واط. ساعة)، وذلك عند قياس القدرة بوحدة (كيلو واط) والزمن بوحدة (ساعة). تعرّف هذه الوحدة بأنها مقدار الطاقة الكهربائية المستنفدة في جهاز قدرته ١٠٠٠ واط؛ عندما يعمل مدة ساعة واحدة.

سؤال: استنتج علاقة رياضية بين وحدتي قياس الطاقة الكهربائية (جول) و(كيلوواط ساعة).

مثال ٤-٦

مضخة ماء كهربائية قدرتها الكهربائية (٠,٢٦٤) كيلوواط، تعمل بفرق جهد مقداره (٢٢٠) فولت، احسب:

- ١- مقدار التيار المار في المحرك الكهربائي للمضخة.
- ٢- مقدار المقاومة الكهربائية للمضخة.
- ٣- مقدار الطاقة الكهربائية المستنفدة في المضخة؛ عندما تعمل مدة (١٠) دقائق.

الحل

القدرة بوحدة النظام العالمي = $٠,٢٦٤ \times ١٠٠٠ = ٢٦٤$ واط.

١- القدرة الكهربائية = ج × ت

$$ت = \frac{\text{القدرة}}{ج} = \frac{٢٦٤}{٢٢٠} = ١,٢ \text{ أمبير.}$$

٢- بتطبيق العلاقة الرياضية لقانون أوم، نجد أن:

$$م = \frac{ج}{ت} = \frac{٢٢٠}{١,٢} = ١٨٣ \text{ أوم.}$$

٣- الطاقة الكهربائية (جول) = القدرة (واط) × الزمن (ث)

$$\text{الطاقة الكهربائية} = ٢٦٤ \times (١٠ \times ٦٠) = ٢٦٤ \times ٦٠٠ = ١٥٨٤٠٠ \text{ جول.}$$

مثال ٥-٦

مدفأة كهربائية مقاومة سلك التسخين فيها تساوي (٢٥ أوم)، فإذا كان التيار المار في السلك يساوي (٨,٨ أمبير)، احسب ما يأتي:

- ١- فرق الجهد الكهربائي بين طرفي مقاومة المدفأة.
- ٢- القدرة الكهربائية للمدفأة.
- ٣- الطاقة الكهربائية المستهلكة في المدفأة؛ عندما تعمل مدة (٥) ساعات، بوحدة (جول).
- ٤- الطاقة الكهربائية المستهلكة في المدفأة؛ عندما تعمل مدة (٥) ساعات، بوحدة (كيلوواط ساعة).

الحلُّ

- ١- بتطبيق العلاقة الرياضية لقانون أوم:

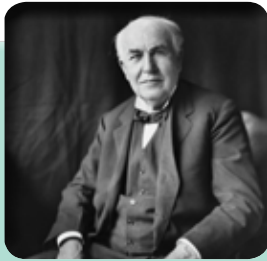
$$ج = ت \times م = ٨,٨ \times ٢٥ = ٢٢٠ \text{ فولت.}$$
- ٢- قدرة المدفأة = $ج \times ت = ٨,٨ \times ٢٢٠ = ١٩٣٦ \text{ واط}$
- ٣- الطاقة الكهربائية (جول) = القدرة (واط) $\times$ الزمن (ث)

$$= ١٩٣٦ \times (٥ \times ٦٠ \times ٦٠) = ٣٤٨٤٨٠٠٠ \text{ جول}$$
- ٤- الطاقة الكهربائية (كيلوواط ساعة) = القدرة (كيلوواط) $\times$ الزمن (ساعة)

$$= ١٩٣٦ \text{ واط} \times \frac{١ \text{ كيلو واط}}{١٠٠٠} \times ٥ \text{ ساعة}$$

$$= ٩,٦٨ \text{ كيلو واط ساعة.}$$

سؤال: توجد أجهزة كهربائية قدرتها كبيرة جدًا مثل سخان الماء، يترتب على تشغيلها مدة طويلة تكلفة مادية، ما العلاقة بين القدرة وتكلفة التشغيل؟



توماس أديسون (١٨٤٧ - ١٩٣١م)
Thomas Alva Edison

مخترع أمريكي قدّم للبشرية الكثير من الأدوات التي سهّلت الحياة اليومية، منها المصباح الكهربائي وآلة الصور المتحركة وجهاز الفونوغراف.

الفيزياء والتكنولوجيا

"أمي هي التي صنعتني، لأنها كانت تحترمني وتثق بي، أشعرتني بأي أهم شخص في الوجود، فأصبح وجودي ضروريًا من أجلها، وعاهدت نفسي ألا أخذلها كما لم تخذلني قط". كلمات قالها العالم والمخترع (توماس أديسون) مخترع أول مصباح كهربائي يعمل بالخييط القطني، انظر الشكل (٦-١٩). ثم تطوّرت المصابيح الكهربائية منذ اختراع (أديسون) حتى وقتنا الحالي؛ فظهرت عدّة أجيال من المصابيح، يختلف الجيل عن الآخر بصورة جذرية في مبدأ عمله وفي استهلاكه للطاقة الكهربائية، وفي كفاءة تحويل الكهرباء إلى ضوء. أهمّها الأجيال الثلاثة الآتية:



الشكل (٦-١):
مِصباح أديسون.

١- المِصباح المتوهج: يُستخدم فيه فتيل من فلز (التنغستون) داخل فقاعة زجاجية مملوءة بغاز خامل، يتوهج الفتيل عند تسخينه نتيجة مرور تيار كهربائي فيه؛ فتصدر عنه إضاءة وحرارة، انظر الشكل (٦-٢٠/أ).

٢- المِصباح المتفلور (Compact Fluorescents (CFLs): أنبوب زجاجي ملتوي، مملوء من الداخل بالفسفور، يحوي بداخله غازاً منخفض الضغط، وفيه بخار الزئبق وأقطاب كهربائية مرتفعة الجهد تصدر أشعة مهبطية عند مرور تيار فيها، ما يثير ذرات الزئبق فتصدر أشعة فوق بنفسجية، وعند سقوط هذه الأشعة على طلاء الفسفور يُصدر إضاءة، انظر الشكل (٦-٢٠/ب).

٣- مصابيح الديود (Light Emitting Diodes (LEDs): تحتوي على وحدات صغيرة من أشباه الموصلات، يصدر عنها الضوء عند مرور تيار كهربائي صغير فيها، ولا تولد حرارة؛ فهي الأكثر توفيراً لاستهلاك الطاقة الكهربائية.



(ج) مِصباح الديود



(ب) المِصباح المتفلور



(أ) المِصباح المتوهج

الشكل (٦-٢٠): أنواع المصابيح الكهربائية

لمقارنة كفاءة ثلاثة مصابيح متساوية في مقدار الإضاءة، انظر الجدول (٦-٢).

الجدول (٦-٢): مقارنة بين كفاءة ثلاثة أجيال من المصابيح الكهربائية.

المِصباح المتوهج	المِصباح المتفلور	مِصباح الديود (LED)	
٨٠٠ قنديلة	٨٠٠ قنديلة	٨٠٠ قنديلة*	السطوع
٦٠ واط	١٥ واط	٧ واط	القدرة الكهربائية
٥٤ واط	٩ واط	١ واط	الانبعاث الحراري
١٢٠٠ ساعة عمل	٨٠٠٠ ساعة عمل	٥٠٠٠٠ ساعة عمل	متوسط العمر
لا يحتوي	يحتوي زئبقاً	لا يحتوي	المواد السامة

* القنديلة: وحدة قياس سطوع المصادر الضوئية، وهي من وحدات النظام العالمي (SI).

نزودنا شركات الكهرباء بالطاقة الكهربائية اللازمة لتشغيل الأجهزة والأدوات الكهربائية في منازلنا، ولقياس كمية الطاقة الكهربائية المستهلكة شهرياً من أجل تحصيل ثمنها، فإن الشركة تركب عدادات خاصة لهذه الغاية، وحدة قياس الطاقة فيها (كيلو واط ساعة)، نظراً لسهولة حساب تكلفة الاستهلاك، وتظهر وحدة القياس هذه في فاتورة المستهلك للكهرباء. فإن أردت حساب التكلفة المادية المترتبة على استخدامك جهازاً كهربائياً كالحاسوب مثلاً، التي ستدفعها عند نهاية الشهر، طبق العلاقة الرياضية الآتية:

تكلفة الاستهلاك (فلس) = القدرة الكهربائية (كيلو واط) × الزمن (ساعة) × ثمن الوحدة (فلس/كيلو واط. ساعة)

مثال ٦-٦

الجدول (٣-٦): مواصفات بعض الأجهزة الكهربائية.

اسم الجهاز	القدرة	التشغيل اليومي
التلفاز	٨٠ واط	١٢ ساعة
المدفأة	٢٠٠٠ واط	ساعتان
الحاسوب	٢٦٠ واط	٨ ساعات

لديك الجدول (٣-٦)، الذي يحتوي معلومات عن بعض الأجهزة الكهربائية المنزلية. معتمداً على هذه المعلومات، احسب الطاقة المستهلكة من الأجهزة جميعها مدة شهر (٣٠ يوم)، إذا علمت أن متوسط ثمن (كيلو واط. ساعة) هو (٦٠ فلساً).

الحل

ثمن الطاقة الكهربائية = القدرة (كيلو واط) × الزمن (ساعة) × ثمن الوحدة (فلس)

ثمن الطاقة لجهاز التلفاز = $٠,٨ \times ١٢ \times ٦٠ = ٥٧,٦$ فلساً في اليوم الواحد.

ثمن الطاقة للمدفأة = $٢ \times ٢ \times ٦٠ = ٢٤٠$ فلساً في اليوم الواحد.

ثمن الطاقة لجهاز الحاسوب = $٠,٢٦ \times ٨ \times ٦٠ = ١٢٤,٨$ فلساً في اليوم الواحد.

ثمن الطاقة للأجهزة الثلاثة في الشهر = $٤٢٢,٤ = ٣٠ \times ١٢٦٧٢ = ١٢٦٧٢$ فلساً = ١٢,٦٧٢ ديناراً.

شركة الكهرباء الأردنية العامة (المعادلة الموزونة)			
قسيمة المشترك فاتورة شهر تموز / 2016			
فترة الاستهلاك	من 1/7/2016 إلى 1/8/2016	رقم الفاتورة	20105698
رقم الفاتورة	494889	رقم الإحصاء	1.0000
رقم الملف	201600000005698	معامل القرب	0.000
رقم العداد	201600066605698	النسبة (%)	0.000
القرابة السابقة	26705	القرابة الحالية	27024
القيمة السابقة	319	القيمة الحالية	26705
تفاصيل الدفع السابقة			
رقم الفاتورة	قسط	دينار	قسط
*****	***	22	968
*****	***	0	000
*****	***	0	200
*****	***	0	264
*****	***	1	000
*****	***	0	000
*****	***	24	432
*****	***	0	000
*****	***	24	432

هدف النشاط: تعرّف طريقة حساب ثمن الكهرباء.

خطوات تنفيذ النشاط

تحضّر كلّ مجموعة من الطلبة فاتورة كهرباء، كالتي في الشكل (٦-٢١)، وتقرأوها بعناية، ثمّ تناقش معاً إجابات الأسئلة الآتية:

- كيف تحسب الشركة كمية الاستهلاك الشهرية؟
- ما الإضافات المترتبة على ثمن الكهرباء؟
- أعد الحسابات للتأكد من صحّة قيمة الاستهلاك والقيمة المطلوبة، الواردتين في الفاتورة.
- يظهر على الوجه الخلفي للفاتورة. جدولاً يبيّن زيادة ثمن الكيلو واط ساعة، بزيادة كمية الاستهلاك. اقترح حلاً لخفض قيمة الفاتورة، معتمداً على الطريقة التي تحدّد بها ثمن وحدة الطاقة.

الشكل (٦-٢١): فاتورة الاستهلاك الشهري للكهرباء، صادرة عن شركة الكهرباء الأردنية.

Electricity in our Life

الكهرباء في حياتنا

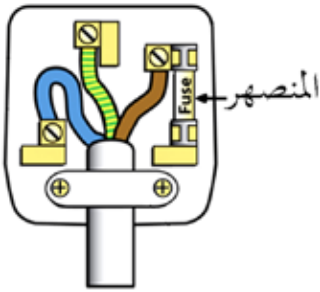
٤-٣-٦

أصبحت الكهرباء عصب الحياة العصرية، فهي من ضروريات الحياة، ونحن نتعامل مع الكهرباء في كلّ وقت وفي كلّ مكان تقريباً، وكين يكون هذا التعامل آمناً وسليماً، يجب علينا معرفة قواعد التعامل وتعليمات الأمن والسلامة، لتجنّب الأخطار الناجمة عنها، فهي لا تخفى على أحد، فقد تصل إلى الموت أحياناً، أو تسبّب دماراً في الممتلكات. فكيف نستخدم الكهرباء استخداماً آمناً؟

تعمل في الأردن شركات لتوليد الكهرباء وتوزيعها على المنازل والمنشآت الأخرى، وتكون هذه المنشآت مجهزة مسبقاً بتمديدات كهربائية مناسبة، وقد يحتوي المنزل الواحد على عدد كبير من الدارات الكهربائية التي توصل بطرائق مختلفة وتنتهي بطرفين، توصلها الشركة عن

طريقٍ عدادٍ خاصٍّ بسلكي التزويد اللذين يحملان فرقاً متردداً في الجهد مقداره (٢٢٠) فولت تقريباً؛ إذ يكون جهد أحدهما صفراً، ويُسمى **السلك المتعادل**، ويكون جهد الآخر (٢٢٠) فولت، ويُسمى **السلك الحي**. لكل جهاز كهربائي طرفان ينتهيان في أداة تُسمى **القابس**، عند وضعها في **مقبس** الكهرباء المثبت على الجدار، فإنه يمكننا تشغيل الجهاز الكهربائي. والتيار الناشئ عن هذا الفرق في الجهد يكون تياراً متناوباً وهو يختلف عن التيار المستمر الذي تزودنا به البطارية. أضيفت وسائل متعددة للأمان الكهربائي، تحمينا من أخطار الكهرباء التي تتسبب في مرور تيار كهربائي في أجسامنا، وما ينتج عنها من إصابات. ومن هذه الوسائل:

١- المنصهر (Fuse)



الشكل (٢٢-٦): القابس الكهربائي.

يستخدم في بعض الأجهزة الكهربائية، وهو سلك فلزي رفيع محمول على جسم من مادة عازلة، يسمح بمرور قيمة قصوى للتيار خلاله، وعند زيادة التيار الكهربائي المار فيه عن هذه القيمة ينصهر السلك، ويقطع التيار الكهربائي عن الجهاز لحمايته، وعادةً يركب المنصهر داخل الجهاز أو في القابس، كما يظهر في الشكل (٢٢-٦). ويميز المنصهر بحجم أو لون خاص، وعادةً تكتب عليه القيمة القصوى للتيار المار فيه.



الشكل (٢٣-٦): منصهرات مختلفة.

فكر



مكواة كهربائية تحمل ملصقاً يتضمن البيانات (220V)، (1000W). ما المنصهر المناسب لها من بين المنصهرات الثلاثة المبينة في الشكل (٢٣-٦).

٢- القاطع الكهربائي

أداة تُستخدم في التمديدات الكهربائية الخاصة في المباني وغيرها، من أجل الأمان الكهربائي، لاحظ الشكل (٢٤-٦). وهو يقطع التيار الكهربائي تلقائياً في حالة وجود مشكلة في الدارة الكهربائية تؤدي إلى زيادة قيمة التيار فيها عن الحد المسموح به،



ويمكن إعادة تشغيله مرةً أخرى، إما يدويًا أو ذاتيًا. ويأتي القاطع الكهربائي بأحجام وأشكال مختلفة، كي يناسب القيم القصوى للتيار المسموح بمروره، وتتراوح بين ١٦ و ١٠٠ أمبير، وقد تزيد حسب الحاجة، وتركب القواطع في المنزل داخل صندوق خاص.

الشكل (٦-٢٤): قاطع كهربائي.

٣- التأريض (Earthing)

عند تلف المادة العازلة التي تغلف السلك الحي بسبب عوامل مختلفة، يتعرض السلك النحاسي وقد يلامس الغلاف الفلزي للجهاز، وعند الاستخدام يمر التيار الكهربائي عبر جسم الإنسان

إلى الأرض، إذ يعد جسم الإنسان موصلًا للكهرباء، ما يشكل خطورة كبيرة عليه كما في الشكل (٦-٢٥ أ). للتغلب على هذه المشكلة، يوصل سلك نحاسي بين غلاف الجهاز والخط الثالث الموجود في القابس. انظر الشكل (٦-٢٥ ب)؛ الذي يبين ثلاثة أسلاك؛ هي الحي والمتعادل والخط الأرضي، الذي يكون أخضر اللون غالبًا. يوصل الخط الأرضي للمقابس جميعها معًا في المنزل، ثم توصل مع قضيب نحاسي يدفن في الأرض.

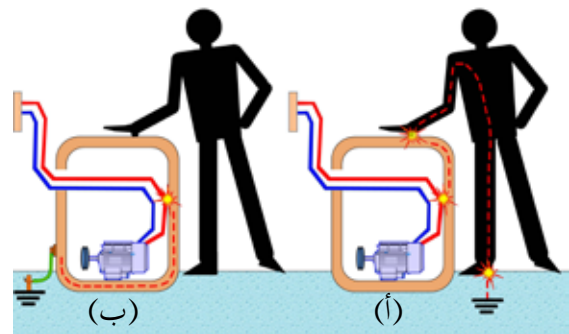


التكامل مع الطب

الصدمة الكهربائية

عند مرور تيار كهربائي متناوب في جسم الإنسان؛ يتسبب بتسخين الجسم؛ لأن للجسم مقاومة كهربائية، فتحدث حروق في أنسجته. ويصيب الجهاز العصبي الذي يعمل بالإشارات الكهربائية، فيعطله جزئيًا أو كليًا عن العمل، فلا يتمكن المصاب من إبعاد جسمه عن مصدر الكهرباء.

ترداد خطورة الإصابة بزيادة التيار المتناوب الذي يمر في الجسم، فأقلها الشعور بالتشنج العضلي وعدم القدرة عن الابتعاد، عندما تكون قيمة التيار (١٠ ملي أمبير)، وأقصاها حدوث انقباض دائم في عضلة القلب، وهبوط في التنفس وحروق (قد تؤدي إلى الوفاة)، عندما يزيد التيار على (٦ أمبير) علمًا بأن قيمة التيار الذي يمر في جسم الإنسان تعتمد على المقاومة الكهربائية للجسم، التي تكون (١٠٠٠ Ω) للجسم الرطب، وتصل إلى (١٠٠٠٠٠ Ω) عندما يكون الجسم جافًا.



الشكل (٦-٢٥): التأريض.

مخزون الشحنة في البطارية

عند تفحصك بعض أنواع البطاريات، تجد أن معظمها يحمل لاصقاً مكتوب عليه القوة الدافعة الكهربائية بوحدة (فولت)، ثم رموز أخرى مثل (AH) أو الرمز (mAh)، كما يبين الشكل (٢٦-٦)، فما الذي تعنيه هذه الرموز؟ تشير هذه الرموز والأرقام إلى مخزون البطارية أو سعتها. مثلاً: بطارية السيارة التي تحمل الرمز (50AH) المكتملة الشحن، يمكنها تزويدنا بتيار كهربائي مقداره (٥٠ أمبير) مدة ساعة واحدة، أو تيار مقداره (٢٥ أمبير) مدة ساعتين، على أن يكون حاصل ضرب التيار بوحدة (أمبير) في الزمن بوحدة (ساعة) يساوي (٥٠). وبطارية الهاتف النقّال التي تحمل الرمز (2300mAh) المكتملة الشحن، تزودنا بتيار كهربائي مقداره (٢٣٠ ملي أمبير) مدة (عشر ساعات). فعند شرائك بطارية جديدة لهاتفك، احرص على أن يكون هذا الرقم كبيراً كي تتمكن من استعمال الهاتف مدة زمنية أطول، قبل إعادة الشحن في كل مرة.



الشكل (٢٦-٦): مخزون الشحنة الكهربائية في أنواع مختلفة من البطاريات.

مراجعة الدرس ٣-٦

- ١- وضح المقصود بالقدرّة الكهربائيّة.
- ٢- فسّر كيف تكون إضاءة مصباح قدرته ١٠٠ واط، أقوى من إضاءة مصباح قدرته ٢٥ واط من النوع نفسه.
- ٣- كيف تساعد أفراد أسرتك على تخفيض قيمة فاتورة الكهرباء في منزلك؛ باستخدامك الأجهزة الآتية: المكواة الكهربائيّة، المصباح الكهربائيّ العاديّة.
- ٤- **تفكير ناقّد:** حاولت مريم استخدام خلاط كهربائي في المطبخ، إلا أنه تلف ولم يعد يعمل، وعندما أخبرت والدها بذلك، قال إنه أحضره من خارج الأردن، ويعمل على جهد ١١٠ فولت. فسّر سبب تلف الخلاط.

السؤال الرابع يشبه أسئلة الاختبارات الدولية.

الطاقة البديلة

فكرة المشروع



الشكل (٦-٢٧): ألواح الخلايا الشمسية.

شمس معان، اسمٌ لأكبر مشروع في منطقة الشرق الأوسط؛ لتوليد الكهرباء من الطاقة الشمسية، بدأ العمل به في محافظة معان جنوبية الأردن، ويتوقع أن يبدأ في إنتاج الطاقة مع نهاية عام ٢٠١٦، يستخدم في المشروع ٦٨١ ألف لوح شمسي لتوليد الكهرباء، بقدرة تزيد على ٥٠ ميغا واط، للإسهام في توفير حاجة

الأردن من الكهرباء، والتقليل من انبعاث الغازات الضارة بالبيئة. وتوجد عشرات المشاريع المماثلة لمشروع شمس معان، بالإضافة إلى مئات المشاريع الصغيرة التي بدأت تظهر فوق أسطح المنازل والمنشآت الأخرى في الأردن.

تحوّل الخلايا الشمسية طاقة الشمس إلى تيار كهربائي مستمر، يتحوّل إلى تيار متناوب، ويُنقل خلال محوّل خاص إلى شبكة التوزيع داخل المنزل. وعندما يفوق إنتاج الكهرباء حاجة المنزل، يُصدّر الفائض إلى الشبكة الوطنية، ويحتسب رصيداً لصالح المستهلك. وعندما يقل الإنتاج عن استهلاك المنزل، يعوّض الفرق من شبكة الكهرباء.

الخطّة

- يقسم الطلبة إلى مجموعات، ثم تُسند إلى كلّ مجموعة طلبية مهمّات محدّدة، كما يأتي:
- تكلف المجموعة الأولى بجمع معلومات عن وضع الطاقة الكهربائية في المدرسة، ومعدّل الاستهلاك الشهري. بمساعدة مدير المدرسة، والاطّلاع على فواتير الكهرباء.
- تكلف المجموعة الثانية بالتواصل مع المختصين بالطاقة الشمسية في الجهات الحكومية والخاصة، والاطّلاع على مشروعات مماثلة لجمع المعلومات اللازمة.
- تكلف المجموعة الثالثة بإجراء الحسابات اللازمة، التي تساعد على إنجاز الدراسة.
- تنظّم المجموعة الرابعة ندوة علمية في المدرسة، يدعى إليها أهل الاختصاص.

الإجراءات

- ١- حساب قدرة الأجهزة الكهربائية المستخدمة في المدرسة؛ بوحدة كيلو واط.
- ٢- حساب الطاقة الضائعة في أجهزة تحويل التيار.
- ٣- حساب الطاقة المطلوب تزويد المدرسة بها من الخلايا الشمسية.
- ٤- حساب عدد الخلايا الشمسية المطلوبة، والمساحة المطلوبة فوق سطح المبنى.
- ٥- حساب التكلفة الإجمالية للمشروع.
- ٦- البحث عن جهات داعمة من المجتمع المحلي؛ لدعم تنفيذ المشروع، والتنسيق معها.

مناقشة النتائج

تقيّم المجموعات النتائج، وتقرّن تكلفة استهلاك الكهرباء في المدرسة قبل المشروع وبعده، ثم تدعو أولياء الطلبة لتطبيق مثل هذه المشاريع في المنازل.

التقويم الذاتي

الرقم	المعيار	نعم	لا
١	تمكنت من التعبير عن فكرة المشروع بدقة ووضوح		
٢	صغت فرضية تتعلق بنظام الخلايا الشمسية.		
٣	وضعت خطة مناسبة لتنفيذ المشروع.		
٤	جمعت المعلومات الكافية عن المشروع.		
٥	تواصلت مع معلمي في أثناء تنفيذ المشروع.		
٦	تواصلت مع المختصين.		
٧	نظمت المعلومات وحللتها، وأجريت الحسابات اللازمة.		
٨	تعاونت مع زملائي، واحترمت آراءهم في أثناء العمل.		
٩	استطعت الحكم على دقة النتائج التي توصلت إليها.		
١٠	أنجزت المشروع وفق الخطة الزمنية المحددة.		
١١	شرحت المشروع بلغة علمية مبسطة.		

أسئلة الفصل السادس

الجزء الأول: أسئلة قصيرة الإجابة

١- اختر رمز الإجابة الصحيحة، لكل فقرة من الفقرات الآتية:

(١) يتناسب مقدار التيار الكهربائي المار في موصل، طردياً مع عدد الشحنات الكهربائية الحرة التي:

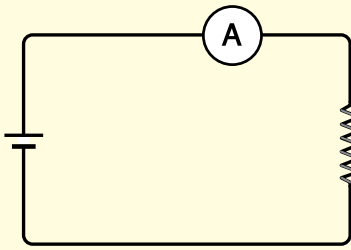
- أ (تعبر مقطع الموصل في الثانية الواحدة.
- ب) يكتسبها الموصل في الثانية الواحدة.
- ج) يفقدها الموصل في الثانية الواحدة.
- د (تتحرك بصورة عشوائية داخل الموصل.

(٢) إذا كان جهد النقطة س (٨) فولت، وجهد النقطة ص (٢) فولت. عند وصل سلك فلزي بين النقطتين، فإنه:

- أ (يسري تيار كهربائي من (س) إلى (ص).
- ب) يسري تيار كهربائي من (ص) إلى (س).
- ج) لا يسري تيار كهربائي.
- د (لا يمكن تحديد ذلك من دون استخدام الأميتر.

(٣) في الدارة الكهربائية المبينة في الشكل (٦-٢٨)، إذا كانت قيمة المقاومة (٢ أوم)، وفرق الجهد الكهربائي بين طرفيها (١٢ فولت)، تكون قراءة الأميتر بوحدة الأمبير:

- أ ($\frac{1}{4}$
- ب) ١٢
- ج) ٢٤
- د) ٦



الشكل (٦-٢٨): السؤال الأول، الفرع الثالث.

(٤) وحدة (كيلوواط. ساعة) هي وحدة لقياس:

- أ (الطاقة الكهربائية.
- ب) القدرة الكهربائية.
- ج) التيار الكهربائي.
- د (القوة الدافعة الكهربائية.

(٥) رمز المنصهر المناسب لدائرة كهربائية، يمر فيها تيار مقداره (١١,٥) أمبير، هو:



(د)



(ج)



(ب)



(أ)

(٦) التعبير الرياضي الصحيح لقانون (أوم)، هو:

$$\begin{aligned} \text{أ (التيار)} &= \frac{\text{المقاومة}}{\text{الجهد}} \\ \text{ب (المقاومة)} &= \frac{\text{القدرة}}{\text{الجهد}} \\ \text{ج (التيار)} &= \frac{\text{القدرة}}{\text{الجهد}} \\ \text{د (المقاومة)} &= \frac{\text{الجهد}}{\text{التيار}} \end{aligned}$$

(٧) الجهاز المستخدم لقياس فرق الجهد الكهربائي:

أ (أميتر. ب) فولتметр. ج) واطميتر. د (ميكروأميتر.

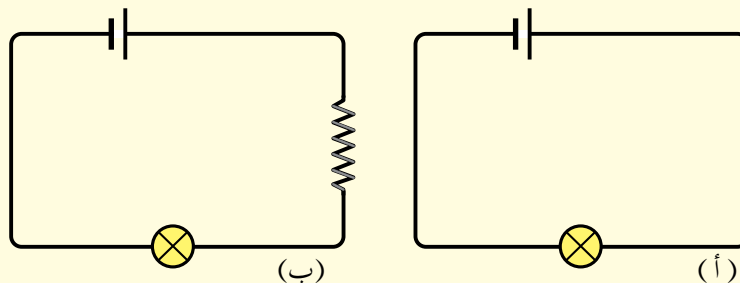
(٨) لزيادة الإضاءة، استخدمت سلمى مصباح مكتب قدرته (١٠٠ واط) بدلاً من القديم

ذي القدرة (٦٠ واط). تكون مقاومة المصباح الجديد مقارنةً بالقديم:

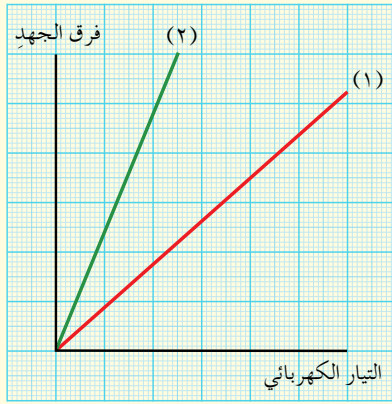
أ (أقل، ويمر فيها تيار أكبر. ب (أقل، ويمر فيها تيار أقل.

ج) أكبر، ويمر فيها تيار أكبر. د (أكبر، ويمر فيها تيار أقل.

٢- عند إضافة مقاومة إلى دائرة كهربائية فيها بطارية ومصباح، كما في الشكل (٦-٢٩)؛ تنخفض إضاءة المصباح، فسّر سبب ذلك.



الشكل (٦-٢٩): السؤال الثاني.



الشكل (٦-٣٠): السؤال الثالث.

٣- عند تمثيل العلاقة بين فرق الجهد بين طرفي سلكٍ والتيار المار فيه بيانيًا، لسلكين من المادة نفسها ولهما الطول نفسه، إلا أنهما يختلفان في مساحة المقطع، كان منحنى العلاقة كما في الشكل (٦-٣٠).

- أ (أي السلكين مقاومته أكبر؟
ب (أي السلكين مساحة مقطعه أكبر؟

٤- قارن بين ما يحدث عند استخدام غسالة مؤرضية وأخرى غير مؤرضية، إذا أصيبت المادة العازلة لأحد الأسلاك فيهما بتلف.

٥- مستخدمًا قانون (أوم) والعلاقة (القدرة = ت × ج)، أثبت أن:

- أ (القدرة = ج^٢ / م
ب (القدرة = ت^٢ × م

الجزء الثاني: أسئلة حسابية

٦- عند مرور تيار كهربائي مقداره (٢ أمبير) في موصل، فكم يلزم من الزمن لمرور شحنة كهربائية مقدارها (١٠ كولوم، خلال مقطع السلك؟

٧- يمر تيار كهربائي مقداره (٣ أمبير) في مقاومة؛ عندما يوصل طرفاها بفرق جهد (١٢ فولت، ما مقدار التيار الذي سيمر فيها؛ عندما توصل مع فرق جهد (٢٢٠ فولت؟

٨- يُركَّب في المنزل مصباح كهربائي يعمل على فرق جهد (٢٢٠ فولت)، فيمر فيه تيار كهربائي (٠,٥) أمبير. جد:

- أ (مقاومة المصباح.
ب (القدرة المستهلكة في المصباح.

- ٩ - إذا كان مقدار التيار الكهربائي في آلة حاسبة (٣٢٠) ميكروأمبير، عند الضغط على أحد مفاتيحها، وزمن مرور التيار الكهربائي (١٠) ملي ثانية، جد:
- أ (مقدار الشحنة الكهربائية التي نتج عن مرورها هذا التيار.
- ب) عدد الإلكترونات المتحركة. علماً بأن (س) $= 1,6 \times 10^{-19}$ كولوم).

١٠ - مصباح مكتوب عليه (٢٢٠ فولت، ١٠٠ واط):

- أ (ما المدلول الفيزيائي لكل من الرقمين.
- ب) جد مقدار التيار المار في المصباح، عند وصله مع فرق جهد ٢٢٠ فولت.
- ج) جد مقدار مقاومة المصباح.
- ١١ - وصل سلك محرك كهربائي صغير مع بطارية جهدها (٦ فولت) مدّة (٥ ث)، فوجد أن الطاقة الكهربائية المستهلكة فيه تساوي (١٥) جول. جد:

- أ (قدرة المحرك الكهربائي.
- ب) التيار المار في المحرك الكهربائي.
- ج) مقدار الشحنة التي عبرت أسلاك التوصيل.
- د (المقاومة الكهربائية للمحرك.

١٢ - لترشيد الاستهلاك، راقبت ليلى وشقيقتها خالد

عداد الكهرباء في منزلهما، عندما كان سخان الماء يعمل، وسجلا قراءة العداد كل دقيقة في الجدول (٤-٦)، بعد تحويلها إلى وحدة جول.

- أ (مثل العلاقة بين قراءة العداد والزمن بيانياً.
- ب) جد ميل المنحنى.
- ج) ماذا يمثل الميل؟

الجدول (٤-٦): قراءة عداد الكهرباء.	
الزمن (ث)	القراءة (جول)
صفر	صفر
٦٠	٣٠٠٠٠
١٢٠	٦٠٠٠٠
١٨٠	٩٠٠٠٠
٢٤٠	١٢٠٠٠٠
٣٠٠	١٥٠٠٠٠

١٣- حاسوبٌ محمولٌ قدرتهُ ٥٧,٦ واط، يعملُ على فرقِ جهدٍ كهربائيٍّ قدرُهُ ١٩,٢ فولت،
ما مقدارُ التيارِ المارِّ فيه؟

١٤- يعملُ جهازُ تلفازٍ (LED) بقدرةٍ (٥٢ واط)، وعندَ إطفائه من دونِ سحبِ القابسِ، تصبحُ
قدرتهُ (٠,٨ واط).

احسبْ تكلفةَ الطاقةِ المستهلكةِ عندَ تشغيله (٤) ساعاتٍ، وتكلفةَ الطاقةِ المستهلكةِ عندَ
إطفائه (١٠) ساعاتٍ، إذا كانَ ثمنُ وحدةٍ (كيلو واط. ساعة) هو (٨٥ فلس / كيلو واط. س).

المجال المغناطيسي وآثاره

Magnetic field and Its Effects



١-٧ المجال المغناطيسي

٢-٧ الأثر المغناطيسي للتيار الكهربائي

٣-٧ الأثر الكهربائي للمجال المغناطيسي

٤-٧ تطبيقات المجال المغناطيسي

الأهمية

المجال المغناطيسي للأرض أحد العوامل التي تحفظ الحياة عليها، ولولا المجال المغناطيسي لما أمكننا تحويل الطاقة الحركية إلى طاقة كهربائية، كما أن الموجات الكهرمغناطيسية تُعدُّ عصب الاتصالات الحديثة.

عنيت دولة الخلافة الإسلامية بشؤون البريد، فبنت البروج واستخدمت حمام الزاجل لذلك، فكان يقطع مئات الكيلو مترات في أنحاء الدولة، حاملاً الرسائل البريدية؛ إذ كان الحمام يحمل بعيداً عن موطنه، وعند الحاجة تُثبت رسالة في قدم الحمامة وتطلق عائدة إلى موطنها. كيف يستدل الحمام إلى موطنه الأصلي؟

يعتقد العلماء أن لدى بعض الطيور نظام ملاحه مغناطيسيًا يتكوّن من مجسّين للمجال المغناطيسي الأرضي؛ أحدهما يحدّد الاتجاه، والثاني يقيس قوة المجال، يتكوّن كل مجسّ من نسيج عضوي غنيّ بأكاسيد الحديد، حيث ترتب جسيمات هذه المعادن نفسها مع اتجاه المجال، محفزة الخلايا المحيطة بها على إرسال إشارة عصبية إلى الدماغ.

فكر: كيف تجنّب المسلمون المخاطر الناجمة عن وقوع رسالة تحمل معلومات عسكرية في أيدي الأعداء؟

العلاقة بين الكهرباء والمغناطيسية

تعامل الإنسان مع الكهرباء والمغناطيسية قديماً، على أنَّهما علمان منفصلان لا تربطهما أيُّ علاقة، واستمرت هذه الفكرة حتى عام ١٨١٩م، فبينما كان العالم (هانز كريستيان أورستد) يحضّر أدواته للقاء محاضراته الجامعية، لاحظَ أمراً غريباً. فإبرة البوصلة تشير دائماً نحو الشمال، إلاَّ أنه دُهِش لانحرافها عن الشمال حين كان أحد أسلاك التوصيل المتصل ببطارية ملقى بالقرب من البوصلة. استنتج (أورستد) من ملاحظته تلك، أنَّ السلك الموصل الذي يحمل تياراً كهربائياً، يولّد مجالاً مغناطيسياً في الحيز المحيط به، ما يؤكّد وجود علاقة بين علمي الكهرباء والمغناطيسية. وفي عام ١٨٧٣م، قدّم العالم (جيمس ماكسويل) نظرية متكاملة في الكهرباء والمغناطيسية.

بعد دراستك هذا الفصل، يُتوقَّع منك أن:

- ◀ تُعدّد مصادر المجال المغناطيسيّ وهي: (المغناطيس، والأرض، والتيار الكهربائي).
- ◀ توضّح المقصود بخطّ المجال المغناطيسيّ.
- ◀ ترسم خطوط المجال المغناطيسيّ الناشئ عن تيار كهربائيّ بحالاتٍ مختلفة.
- ◀ تستقصي العوامل التي يعتمد عليها المجال المغناطيسيّ للتيار الكهربائيّ.
- ◀ تصف المغناطيس الكهربائيّ، وتذكر استخداماته.
- ◀ توضّح بعض التطبيقات التكنولوجية، مثل المحرّك والمرحّل والغلفانومتر والمولّد الكهربائيّ.
- ◀ تصف المجال المغناطيسيّ للأرض.
- ◀ توضّح المقصود بالتيار الحثّي والقوّة الدافعة الكهربائية الحثّية.
- ◀ توضّح المقصود بالتيار الكهربائيّ المتناوب.
- ◀ تذكر العلاقة الرياضية للمحوّل، وتطبّقها في حلّ المسائل.
- ◀ تُجري تجارب عملية لاستقصاء أثر المجال المغناطيسيّ للأرض، وتخطيط المجال المغناطيسيّ الناشئ عن مرور تيار كهربائيّ.

للمغناط أهمية كبيرة في الحياة، نظرًا للتطبيقات التكنولوجية الواسعة التي تُستخدم فيها، وهي تصنّف إلى نوعين؛ دائمة ومؤقتة، ويحيط بالمغناطيس حيزٌ إذا وضعت فيه قطعة من الحديد، فإنه يجذبها ويكون الجذب نحو طرفي المغناطيس اللذين يعرفان بقطبي المغناطيس الشمالي والجنوبي، ولا يمكن فصل هذين القطبين عن بعضهما. ينشأ حول المغناطيس **مجال مغناطيسي**، يعرف بأنه: حيزٌ يحيط بالمغناطيس، وتظهر فيه آثار القوى المغناطيسية.

نتائج الدرس

- تعدّد مصادر المجال المغناطيسي.
- تتعرّف المجال المغناطيسي للأرض.
- توضّح المقصود بخط المجال المغناطيسي.
- ترسم خطوط المجال المغناطيسي.

نشاط تمهيدي

احضر مغناطيسًا ومجموعة من المواد: (قطع حديد، ونحاس، وبلاستيك، ووعاء فيه ماء).
قرب المغناطيس من كل مادة على حدة، ثم ضع المغناطيس داخل الماء، وسجل ملاحظاتك.



الشكل (١-٧): النشاط التمهيدي.

Magnetization

التمغنط

١-١-٧

كيف تتفاعل المواد المختلفة مع المغناطيس؟ للإجابة، نفذ النشاط التمهيدي.

بناءً على النشاط التمهيدي الذي نفذته، تُقسم المواد حسب استجابتها للمغناطيس إلى ثلاثة أنواع، هي:

- **مواد فرومغناطيسية** تنجذب إلى المغناطيس بقوة، كالحديد والنيكل والكوبلت، والسبائك المصنوعة من هذه الفلزات.
- **مواد بارامغناطيسية** لا تظهر انجذابًا إلى المغناطيس في الظروف العادية، لكنّها تنجذب إذا كان المغناطيس قويًا جدًا، ومنها الألمنيوم والنحاس.
- **مواد ديامغناطيسية** تظهر تنافرًا مع المغناطيس إذا كان قويًا، كفلزّ البزموت والماء.

يقصد بالتمغنط: عملية تحويل مادة فرومغناطيسية كالحديد إلى مغناطيس، عن طريق دلكها بمغناطيس، أو عند انجذابها له وملاصقته، حيث تصبح هي الأخرى بدورها مغناطيسًا.

فكرة مضيئة

توجد المغناط دائمًا بصورة ثنائية الأقطاب، ولا يمكن فصل القطبين عن بعضهما مهما حدث من تجزئة للمغناطيس، أمّا الشحنات الكهربائية الموجبة أو السالبة، فتوجد منفردة.



كيف تفسّر خروج المغناطيس جافاً إذا أُلقي في الماء.

Magnetic Field Lines

خطوط المجال المغناطيسي

٢-١-٧

تخطيط المجال المغناطيسي

١-٧

نشاط

هدف النشاط: استقصاء خصائص خطوط المجال المغناطيسي.

الأدوات: مغناطيس مستطيل، ومغناطيس حذوة الفرس، وورق مقوى، وبرادة حديد، وبوصلات صغيرة.

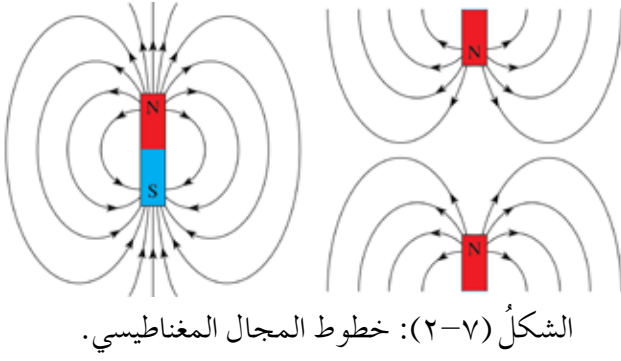
يوزّع الطلبة في مجموعات، ثم تُزوّد كل مجموعة بأدوات التجربة، على أن يختلف شكل المغناطيس.

خطوات تنفيذ النشاط

- ١- ضع المغناطيس على طاولة خشبية.
- ٢- ضع قطعة الورق المقوى فوق المغناطيس.
- ٣- أنثر برادة الحديد فوق الورقة، واطرق عليها طرّاً خفيفاً؛ لتتوزّع برادة الحديد بصورة منتظمة.
- ٤- صوّر الشكل الناتج لعرضه على جهاز عرض البيانات، ثم ارسمه على ورقة منفصلة.
- ٥- ضع المغناطيس على الورقة التي رسمت عليها الخطوط، ثم وزّع بوصلات صغيرة حوله.
- ٦- حدّد على الخطوط الاتجاه الذي أشارت إليه كل بوصلة؛ برسم سهم صغير على خطّ المجال. بعد رصدك الملاحظات، أجب عن الأسئلة الآتية:

- في أي منطقة كانت كثافة خطوط المجال كبيرة؟
- ما اتجاه إبرة البوصلة عند القطب الشمالي المغناطيسي؟ وما اتجاهها عند القطب الجنوبي له؟
- كيف تتغيّر خصائص الخطوط، عند استخدام مغناطيس حذوة الفرس؟

لاحظت أن لخطوط المجال المغناطيسي خصائص لا تتغيّر باختلاف شكله، ويظهر في الشكل (٢-٧) رسمان أحدهما لخطوط المجال المغناطيسي لقضيب مغناطيسي، والآخر بين قطبين



متشابهين، ويمكن من الشكل استنتاج الصفات الآتية:

- خطوط المجال المغناطيسيّ منحنية مغلقة.
- خطوط المجال المغناطيسيّ لا تتقاطع.
- تتجه الخطوط من القطب الشماليّ إلى القطب الجنوبيّ خارج المغناطيس.
- تتزاحم خطوط المجال المغناطيسيّ عند قطبي المغناطيس، وتباعد عند منتصفه.

فكر



معتمدًا على خصائص خطوط المجال المغناطيسيّ، كيف تستدل أن قوة جذب المغناطيس، تكون أكبر ما يمكن بالقرب من قطبيه.

Earth Magnetism

مغناطيسية الأرض

٣-١-٧

تعلم أن الأرض تجذب الأجسام نحوها، ويكتسب كل جسم وزنه بفعل قوة جذب الأرض له، وتُعزى قوة الجذب هذه إلى كتلة الجسم وكتلة الأرض، لكن للأرض خصيصة أخرى غير خصيصة الجذب الكتليّ، فهي تمتلك مجالاً مغناطيسيّاً يؤثر بوضوح في الموادّ الفرومغناطيسية، هل فكرت كيف نشأ هذا المجال؟
للإجابة عن السؤال، نفذ النشاط الآتي:

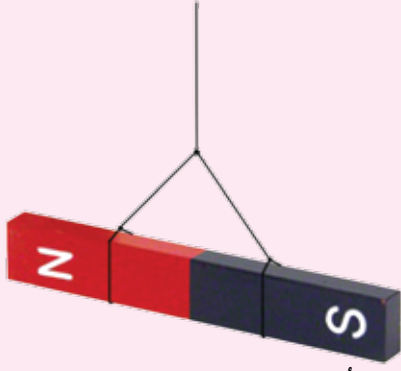
المجال المغناطيسيّ الأرضي.

نشاط ٧-٢

هدف النشاط: تعرّف المجال المغناطيسيّ الأرضي.

الأدوات: مغناطيس أسطوانيّ، وقطعة حديد، وقطعة خشب بحجم المغناطيس، وخيط للتعليق.
ملحوظة: نفذ النشاط بعيداً عن أي جسم حديديّ؛ كالطاولة أو الخزانة الحديدية.

خطوات تنفيذ النشاط



الشكل (٣-٧): تعليق المغناطيس حرًا.

١- اربط الحيط حول منتصف المغناطيس، وعلقه بجسم ثابت، واترك المغناطيس يتدلى ليتحرك بحرية، كما في الشكل (٣-٧).

٢- راقب دوران المغناطيس، ودون ملاحظاته.

٣- بعد أن يستقر المغناطيس، غير اتجاهه، ثم راقب حركته.

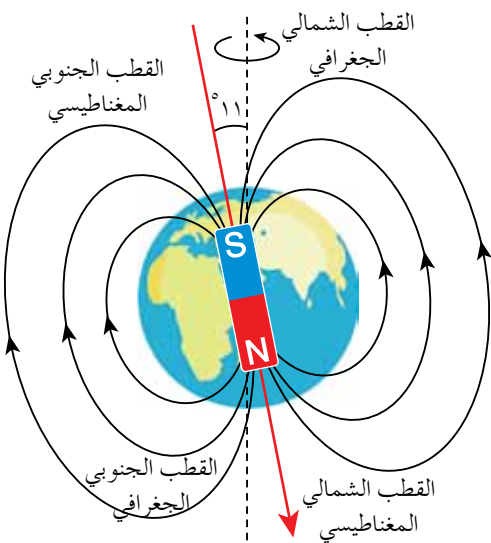
٤- أعد تنفيذ النشاط باستخدام قطعة الحديد، ثم قطعة الخشب.

بعد رصد الملاحظات، أجب عن الأسئلة الآتية:

- كيف اتجه المغناطيس عند تركه حرًا؟
- ماذا حدث للمغناطيس عندما غيرت اتجاهه؟
- هل حدث الشيء نفسه مع كل من قطعة الحديد وقطعة الخشب؟

سؤال: ما الذي توقع حدوثه إذا افترضنا تنفيذ هذا النشاط في الفضاء الخارجي (بعيدًا عن الأرض)؟

لاحظت عند تعليق المغناطيس تعليقًا حرًا، أنه يأخذ اتجاهًا محددًا دائمًا، هو (شمال - جنوب)، بينما عند تعليق قطعة الحديد أو الخشب، فإنها تأخذ أي اتجاه. ويمكن تفسير هذه



الشكل (٤-٧): المجال المغناطيسي للأرض.

الملاحظات بافتراض أن الأرض تعمل كأنها مغناطيسًا كبيرًا يؤثر في المغناطيس المعلقة، ويجعلها تتخذ اتجاهًا محددًا؛ إذ يتجه القطب الشمالي للبوصلة والمغناطيس المعلق نحو الشمال الجغرافي، ما يشير إلى وجود قطب جنوبي مغناطيسي في الشمال الجغرافي للأرض، وقطب شمالي مغناطيسي في الجنوب الجغرافي للأرض.

يشبه تخطيط المجال المغناطيسي للأرض خطوط المجال المغناطيسي لقضيب ممغنط، كما يظهر في الشكل (٤-٧)، ونلاحظ أيضًا أن الأقطاب المغناطيسية

للأرض لا تنطبق تمامًا على أقطابها الجغرافية؛ وبذا، فإنَّ محورَ الأرض المغناطيسيَّ يميلُ عن محورها الجغرافيِّ بزاويةٍ مقدارها (١١°) تقريبًا، تُسمَّى زاوية الانحراف المغناطيسيِّ، وهي تختلفُ عن زاوية ميل دوران الأرض حول نفسها.

التكاملُ مع علوم الأرض

يعتقدُ العلماءُ أنَّ السببَ في تكوين المجال المغناطيسيِّ الأرضيِّ، ناتجٌ عن حركة المعادن المصهورة الساخنة في اللب الخارجي المنصهر، ومن دراسة اتجاه ترتيب المعادن المغناطيسية المتبلورة في الصخور النارية، وتأثر هذا الترتيب بالمجال المغناطيسيِّ الأرضيِّ حينذاك، استدلَّ علماء الجيولوجيا أنَّ الأرضَ تقلبُ مغناطيسيَّتها كلَّ مدَّةٍ من الزمن.

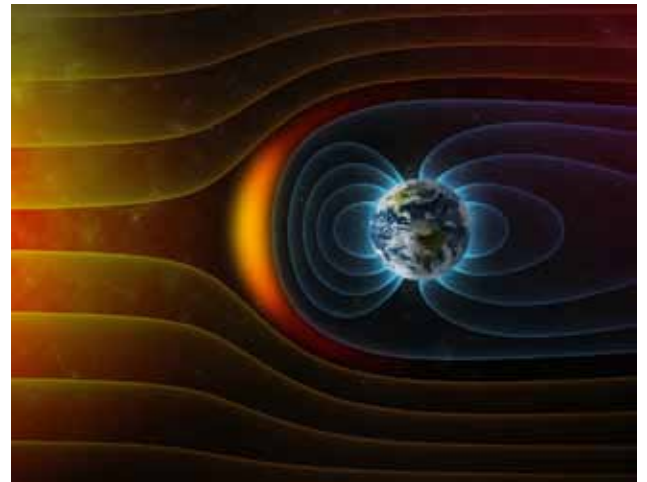
التوسُّع

المجالُ المغناطيسيُّ يحمي الأرضَ

يمتدُّ المجالُ المغناطيسيُّ للأرضَ مسافةً كبيرةً في الفضاءِ الخارجيِّ المحيطِ بها، تصلُ إلى عشراتِ آلافِ الكيلومتراتِ، كما في الشكل (٧-٥/أ)، لهذا المجالِ أهميةٌ كبيرةٌ في حماية الأرضِ من الأشعَّةِ الكونيةِ والرياحِ الشمسيةِ، وهي جسيماتٌ مشحونةٌ قادمةٌ من الشمسِ ومن الفضاءِ البعيدِ، ولولا ذلك؛ لعملتُ هذه الرياحُ على تدميرِ الطبقاتِ العليا للغلافِ الجويِّ، بما في ذلك طبقةُ الأوزونِ التي تحمي كوكبَ الأرضَ والحياةَ عليه من الأشعَّةِ فوق البنفسجيةِ القادمةِ من الشمسِ والنجومِ الأخرى.



الشكل (٧-٥/ب): الشفق القطبيُّ.



الشكل (٧-٥/أ): المجالُ المغناطيسيُّ الأرضيُّ والرياحُ الشمسيةُ.

عند اقتراب الجسيمات المشحونة القادمة من الفضاء ومن الشمس، ودخولها المجال المغناطيسي للأرض، فإنه يؤثر فيها بقوة مغناطيسية، فتتحرك هذه الجسيمات حركةً لولبيةً نحو قطبي الأرض، وفي أثناء ذلك تتصادم مع ذرات الهواء وجزيئاته، فتشع ضوءاً مرئياً على صورة ستائر زاهية الألوان، كما في الشكل (٧-٥/ب). تُعرف هذه الظاهرة بالشفق القطبي (Aurora) وتظهر ليلاً في المناطق القريبة من القطبين الشمالي والجنوبي.

١-٧

مراجعة الدرس

- ١- وضح المقصود بالمجال المغناطيسي؟
- ٢- ارسم خطوط المجال المغناطيسي لمغناطيس أسطواني.
- ٣- ماذا يقصد بزاوية الانحراف المغناطيسي؟
- ٤- ارسم خطوط المجال المغناطيسي لقطبين مغناطيسيين متماثلين.
- ٥- فسّر تكوّن مجال مغناطيسي للأرض.
- ٦- **تفكير ناقد:** لديك مغناطيس وقطعة حديد متشابهان تماماً بالشكل، كيف تميّز بينهما من دون استخدام أي قطع حديدية أخرى؟

نتائج الدرس

- تستقصي المجال المغناطيسي الناتج عن التيار الكهربائي.
- توضح تطبيقات تكنولوجيا على المجال المغناطيسي.

نشاط تمهيدي

لف سلكاً معزولاً على مسمار من الحديد باتجاه واحد، وصل طرفي السلك ببطارية، وقرب المسمار من دبابيس أو مشابك، ولاحظ ما يحدث.

فكرة مضيئة

أسهم المجال المغناطيسي الناشئ عن التيار الكهربائي في تصميم مغناط كبيرة استخدمت في الصناعات المختلفة.

علمت أن المغناط إما أن تكون دائمة أو مؤقتة، وتعد المغناط الكهربائية مؤقتة، وهي من أكثر المغناط استخداماً في الحياة العملية. فما العلاقة بين التيار الكهربائي والمجال المغناطيسي؟ وهل يمكننا الحصول على مجال مغناطيسي من دون وجود مغناطيس دائم؟ للإجابة عن هذين السؤالين، نفذ النشاط التمهيدي. ثم لاحظ التغيير الذي حدث على صفات المسمار.

أجرى عالم الفيزياء الدنماركي (أورستد) في عام ١٨١٩م، عدة تجارب، لاحظ خلالها أن مرور التيار الكهربائي في سلك يولد حوله مجالاً مغناطيسياً. وقد لاحظت في النشاط التمهيدي، أن الدبابيس أو المشابك انجذبت إلى المسمار. من هنا، يمكننا القول إنه يتولد مجالاً مغناطيسي حول سلك موصل، يحمل تياراً كهربائياً.

٧-٢-١ المجال المغناطيسي الناشئ عن سلك طويل مستقيم

Magnetic Field of a Long Straight Wire

يولد مرور تيار كهربائي في سلك موصل، مجالاً مغناطيسياً حوله، كيف يمكن التحكم بهذا المجال؟ وهل توجد عوامل يعتمد عليها؟ لاستقصاء هذه العوامل عندما يكون السلك مستقيماً، نفذ النشاط الآتي:

المجال المغناطيسي حول سلك يحمل تياراً كهربائياً

نشاط ٧-٣

هدف النشاط: استقصاء العوامل التي يعتمد عليها المجال المغناطيسي، الناشئ عن تيار كهربائي يمر في سلك مستقيم.



هانز كريستيان أورستد (١٧٧٧-١٨٥١م) عالم فيزياء وكيمياء دنماركي، اكتشف العلاقة بين ظاهرة الكهرباء والظاهرة المغناطيسية، وأطلق اسمه على إحدى وحدات المجال المغناطيسي.

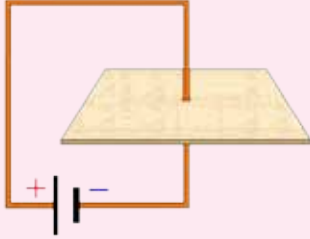
الأدوات: سلك معزول، وأربع بطاريات (كل منها ١,٥ فولت)، أو مصدر جهد مستمر متغير القيمة (١-١٢ فولت)، وقطعة كرتون مقوى، وبوصلات صغيرة.



خطوات تنفيذ النشاط

١- اثقب قطعة الكرتون من المنتصف، ومرّر السلك المعزول من خلالها.

٢- صل طرفي السلك مع بطارية (١,٥) فولت، كما في الشكل (٦-٧).



الشكل (٦-٧): أدوات النشاط (٣-٧).

٣- ضع البوصلة على الورق المقوى قرب السلك، ولاحظ اتجاه الإبرة.

٤- حرّك البوصلة بإبعادها عن السلك لأكثر من موقع، ولاحظ ما يحدث.

٥- كرّر الخطوتين (٣ و ٤) بعد إضافة بطاريات أخرى؛ لزيادة مقدار التيار، ولاحظ اتجاه البوصلة في كل مرة.

٦- ارسم مساراً على قطعة الكرتون يمثل اتجاه البوصلة في المواقع كلها. أجب عن الأسئلة الآتية:

- ما أثر بعد البوصلة عن السلك في اتجاه إبرتها؟ وهل لموقعها أثر في اتجاه الإبرة؟
- ما أثر زيادة التيار في اتجاه إبرة البوصلة عند كل موقع؟
- ما العوامل المؤثرة في المجال المغناطيسي، الناشئ عن التيار الكهربائي المستمر؟
- ما شكل خطوط المجال المغناطيسي، الناشئ عن سلك مستقيم يمر فيه تيار كهربائي مستمر؟
- هل تعتقد بوجود أثر للوسط المحيط بالسلك في نتائج التجربة؟

لاحظنا في النشاط السابق، أنّ خطوط المجال المغناطيسي الناشئ عن سلك مستقيم، تكون على هيئة دوائر متحدة المركز، والسلك يمر في هذا المركز ويتعامد مع مستوى الدوائر، ويمكن



تحديد اتجاه المجال المغناطيسي الناشئ عن السلك؛ باستخدام قاعدة قبضة اليد اليمنى، فتمسك السلك بحيث يشير الإبهام إلى اتجاه التيار في السلك، وعندها تشير الأصابع إلى اتجاه المجال. أمّا مقدار المجال المغناطيسي عند نقطة بالقرب من السلك، فإنه يتناسب طرديًا مع التيار وعكسيًا مع البعد العمودي للنقطة عن السلك، ويتأثر بنوع الوسط المحيط بهذا السلك.

سؤال: يمر تيار كهربائي في سلك، كما في الشكل (٧-٧)، رتب النقاط (أ، ب، ج) تنازليًا حسب قيمة المجال عند كل نقطة، وحدد اتجاه المجال عند كل نقطة على الرسم.

Magnetic Field of a Loop

المجال المغناطيسي الناشئ عن ملف دائري

٢-٢-٧

كيف تكون خطوط المجال المغناطيسي للسلك؛ إذا كان على صورة حلقة دائرية؟ لمعرفة ذلك؛ نفذ النشاط الآتي:

المجال المغناطيسي الناشئ عن ملف دائري

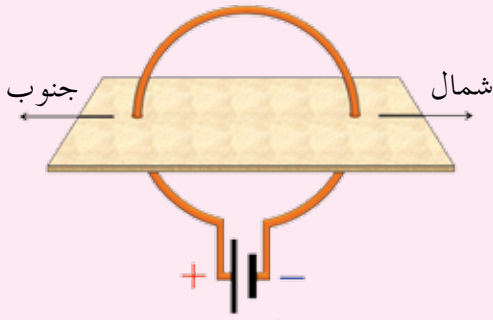
نشاط ٧-٤

هدف النشاط: استقصاء العوامل التي يعتمد عليها المجال المغناطيسي، الناشئ عن ملف دائري يمر فيه تيار كهربائي.

الأدوات: ملف دائري من سلك نحاسي معزول، ومصدر جهد مستمر متغير القيمة، وقطعة ورق مقوى، وبرادة حديد، ومجموعة بوصلات صغيرة.

خطوات تنفيذ النشاط

- ١- اثقب قطعة الورق المقوى في نقطتين، تبعدان عن بعضهما بمقدار قطر الملف.
- ٢- اعمل ملفًا دائريًا، بحيث يمر الملف من ثقبَي قطعة الورق في كل لفّة. تكون اللفات عمودية على قطعة الورق.



٣- صل طرفي الملف بمصدر الجهد، كما في الشكل (٧-٨).

٤- ضع برادة الحديد على قطعة الورق، ولاحظ توزيعها.

٥- كرر الخطوتين (٣، ٤) باستخدام جهد أكبر.

٦- ضع عدة بوصلات في خط مستقيم، يمر في مركز الملف، ودون ملاحظتك.

٧- أعد التجربة بعد تغيير الملف بآخر عدد لفاته أكبر، ثم ملف آخر يختلف في نصف قطره. أجب عن الأسئلة الآتية:

- في أي المناطق على الورقة، ظهرت آثار المجال المغناطيسي أكثر وضوحاً؟
- ما أثر زيادة عدد اللفات في المجال المغناطيسي؟
- ما أثر زيادة التيار الكهربائي المار في الملف في المجال المغناطيسي؟
- استنتج العوامل التي يعتمد عليها مجال مغناطيسي ناشئ عن ملف دائري، يمر فيه تيار كهربائي.
- هل اتخذت برادة الحديد شكلاً محدداً على قطعة الورق؟ صف هذا الشكل.
- هل يمكن استخدام قاعدة قبضة اليد اليمنى في تحديد اتجاه المجال؟

نستنتج من النشاط، أن المجال المغناطيسي لملف دائري يمر فيه تيار كهربائي، يكون كبيراً عند مركز الملف، ويتناسب المجال طردياً مع التيار وعدد اللفات، وعكسياً مع نصف قطر الملف، ويتأثر بنوع الوسط الذي يوجد فيه الملف. ويحدد الاتجاه عند مركز الملف؛ باستخدام قاعدة اليد اليمنى.

Magnetic Field of a Solenoid

المجال المغناطيسي لملف لولبي

٧-٢-٣

هل تتوقع أن يختلف شكل المجال المغناطيسي للملف اللولبي، عنه للملف الدائري؟ هل تعتقد أن العوامل التي يعتمد عليها المجال المغناطيسي عليها سوف تختلف أيضاً؟ نفذ النشاط الآتي:

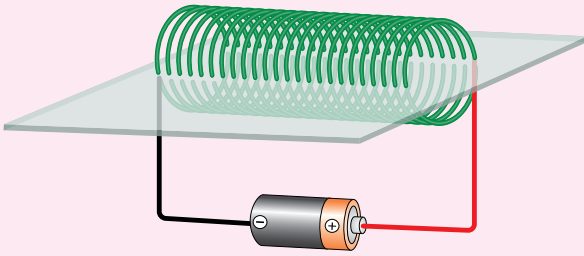
هدف النشاط: استقصاء العوامل التي يعتمد عليها المجال المغناطيسي الناشئ عن ملف لولبي، يمر فيه تيار كهربائي.

الأدوات: ملفات لولبية متنوعة، ومصدر جهد متغير القيمة، وقطعة ورق مقوى، وبرادة حديد.

خطوات تنفيذ النشاط

١- ثبت قطعة الورق المقوى داخل الملف اللولبي، بعد قصها بالقياس المناسب (ويفضل أن يصنع الملف بحيث تمر كل لفّة عبر ثقب في الورق المقوى).

٢- صل طرفي الملف بمصدر الجهد، كما في الشكل (٧-٩).



٣- ضع برادة الحديد على قطعة الورق المقوى، ولاحظ كيف تتوزع، ثم ارسم الشكل الناتج.

٤- أعد التجربة باستخدام جهد كهربائي أعلى، للحصول على قيمة أكبر للتيار.

٥- أعد التجربة باستخدام ملف عدد لفاته أكبر، مع عدم تغيير قيمة التيار.

٦- ضع بوصلة داخل الملف، ولاحظ اتجاهها.

أجب عن الأسئلة الآتية:

- في أي الأماكن على الورقة، ظهر أثر المجال المغناطيسي أكثر وضوحاً؟
- ما أثر زيادة عدد اللفات في المجال المغناطيسي؟
- ما أثر زيادة التيار الكهربائي المار في الملف؟
- استنتج العوامل التي يعتمد عليها المجال المغناطيسي لملف لولبي يمر فيه تيار كهربائي.
- هل اتخذت برادة الحديد شكلاً محدداً على قطعة الورق؟ صف هذا الشكل.
- مستخدماً قاعدة اليد اليمنى؛ حدّد اتجاه المجال المغناطيسي داخل الملف.

سؤال: بعد استنتاجك العوامل التي يعتمد عليها المجال المغناطيسي لملف لولبي يمر فيه تيار كهربائي مستمر، قارنها مع العوامل التي يعتمد عليها المجال المغناطيسي لملف دائري، منظماً إجابتك في جدول.

يُستخدم المغناطيس في كثير من الأجهزة الكهربائية، فلا يكاد يخلو جهاز من مغناطيس كهربائي أو أكثر، إذ يكون على صورة ملف لولبي بداخله قلب حديدي، أو يخلو من محرك كهربائي أو مرحل كهربائي. وفي ما يأتي بعض الأمثلة على ذلك:

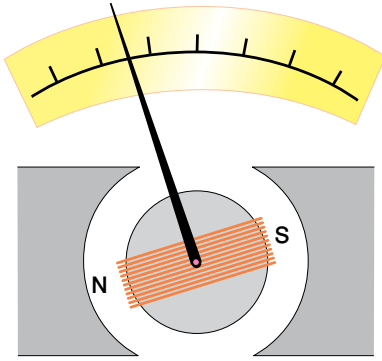
١- الهاتف



الشكل (٧-١٠): الهاتف النقال.

يحتوي جهاز الهاتف الأرضي والنقال على طرفي الإرسال والاستقبال، وفي كل منهما يوجد مغناطيس دائم وآخر كهربائي، وللتأكد من ذلك ما عليك سوى تمرير جهازك النقال فوق مجموعة من الدبابيس. لاحظ الشكل (٧-١٠).

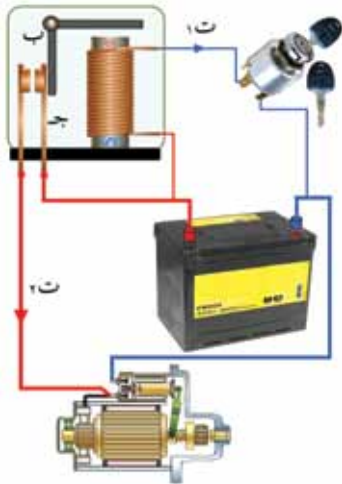
٢- أجهزة القياس الكهربائية



الشكل (٧-١١): الغلفانومتر.

يُستخدم الغلفانومتر للكشف عن التيارات الكهربائية الصغيرة، ويُستخدم الأميتر لقياس التيار الكهربائي، ويُستخدم الفولتметр لقياس الجهد الكهربائي، وهذه الأجهزة جميعها تحتوي مغناطيس كهربائية تعمل على انحراف المؤشر عند مرور تيار كهربائي فيها، كما في الشكل (٧-١١).

٣- المرحل الكهربائي



الشكل (٧-١٢): المرحل الكهربائي.

هو مغناطيس كهربائي على شكل ملف لولبي، يعمل عند مرور تيار كهربائي صغير (ت) فيه؛ فيجذب رافعة (ب) متصلة مع ساق نحاسية (ج) فتدفعها إلى إغلاق دائرة كهربائية أخرى، تسمح بمرور تيار كهربائي كبير (ت)، كما في الشكل (٧-١٢). يُستخدم المرحل عند تشغيل محرك السيارة؛ إذ يحتاج بادئ الحركة

(Starter) وهو محرك كهربائي إلى تيار كهربائي كبير لتدوير المحرك، بينما يستخدم السائق تياراً صغيراً عندما يدير المفتاح، فتغلق دائرة المرحل وتنجذب الرافعة مغلقة دائرة بادي الحركة، فيدور ليعمل على تشغيل محرك السيارة.



الشكل (٧-١٣): رافعة مغناطيسية.

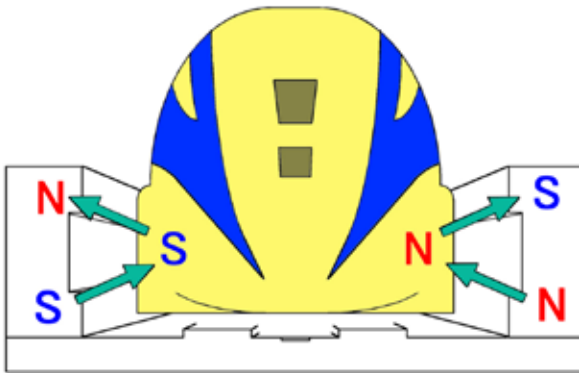
٤- الروافع

يستخدم المغناطيس الكهربائي في حمل أجسام فرومغناطيسية ثقيلة. وفي فصل المخلفات الصناعية الحديدية عن بقية المخلفات، عند إعادة تدوير المواد. والشكل (٧-١٣) يبين واحدة من تلك الروافع.

التوسّع

القطار المغناطيسي المعلق (Magnetic Levitation)

يُعدّ القطار المغناطيسي المعلق، الذي تستعمله اليابان وغيرها من الدول، مثلاً عملياً على استخدام التكنولوجيا الحديثة للمجال المغناطيسي، انظر الشكل (٧-١٤ أ). تزيد سرعة هذا القطار على (٦٠٠ كم) في الساعة، مندفعاً فوق سكة حديدية ممغنطة، حيث تُثبت أقطاب مغناطيسية في أسفل القطار، وأخرى في السكة الحديدية، كما في الشكل (٧-١٤ ب). تتوافر قوة الرفع إلى الأعلى بفعل قوى التنافر المغناطيسي بين مغناطيس القطار ومغناطيس السكة؛ فيرتفع إلى الأعلى بضعة سنتيمترات. أما قوة الدفع إلى الأمام فتوفّر لها تلك المغناطيس عند تغيير قطبيتها بصورة مستمرة. ما يولّد قوى تجاذب وتنافر تدفعه بتلك السرعة الكبيرة منضبطاً ضمن مساره المحدّد.



الشكل (٧-١٤ ب): قوى التجاذب والتنافر.



الشكل (٧-١٤ أ): القطار المغناطيسي.

- ١- مثلّ بالرسم، خطوط المجال المغناطيسيّ لكلّ من: سلكٍ مستقيم، وملفّ دائريّ، وملفّ لولبيّ، يمرّ في كلّ منها تيّارٌ كهربائيّ.
- ٢- اشرح طريقة عمل المرحّل الكهربائيّ، ثمّ بيّن أهميته في السيّارة.
- ٣- عند استخدام البوصلة، يجب أن تكون بعيدة عن أيّ أسلاكٍ كهربائية يمرّ فيها تيّار، فسّر ذلك؟
- ٤- **تفكيرٌ ناقدٌ:** عند تعليق حلقةٍ تعلّقًا حرًّا، وتمرير تيّارٍ كهربائيّ فيها؛ فإنّ مستوى الحلقة يقع في المستوى (شرق - غرب)، فسّر ذلك؟

تعلمت سابقاً أنّ مرور التيار الكهربائي في سلك موصل؛ يولّد مجالاً مغناطيسيّاً حوله. هل يمكن حدوث العكس؟ هل يتولّد تيار كهربائي في موصل عند تحريكه داخل مجال مغناطيسي؟ للإجابة عن هذين السؤالين، نفذ النشاط التمهيدي.

Induction

الحثّ الكهرومغناطيسيّ

١-٣-٧

أجرى العالم (فارادي) الكثير من التجارب المماثلة لما ورد في النشاط التمهيدي، فلاحظ أنّ تحريك مغناطيس بالقرب من مركز ملفّ دائريّ يولّد فيه تياراً كهربائياً، ما يعني أنّ المجال المغناطيسيّ أثّر في الشحنات الحرة داخل الموصل فحرّكها، تُسمّى حركة الشحنات هذه **التيار الحثّي**، لأنّه تولّد بفعل الحثّ المغناطيسيّ للشحنات في الموصل. وكما يحتاج التيار الكهربائيّ في الدارة البسيطة إلى بطارية تدفعه كي يسري في الموصل، فإنّه لا بدّ من وجود **قوة دافعة كهربائية حثيّة** تدفع التيار الكهربائيّ الحثّي للسريان عبر الملفّ. لدراسة العوامل التي تعتمد عليها القوة الدافعة الكهربائية الحثيّة المتولّدة في الموصل، نفذ النشاط الآتي:

نتائج الدرس

- توضّح المقصود بكلّ من التيار الحثّي والقوة الدافعة الكهربائية الحثيّة.
- تفسّر كيف تنشأ القوة الدافعة الكهربائية الحثيّة.
- تذكر نصّ قانون (فارادي) في الحثّ.
- توضّح المقصود بالتيار المتناوب.

نشاط تمهيديّ

احضر ملفاً دائريّاً، كما في الشكل (٧-١٥)، ومغناطيساً وميكروأميتر، وصل دائرة كهربائية من الملفّ والميكروأميتر، ثم مرّر المغناطيس داخل الملفّ وراقب مؤشر الميكروأميتر في أثناء حركة المغناطيس، ماذا تلاحظ؟



الشكل (٧-١٥): ملفّ دائريّ.

القوة الدافعة الكهربائية الحثيّة

نشاط ٦-٧

هدف النشاط: استقصاء العوامل المؤثّرة في القوة الدافعة الكهربائية الحثيّة عمليّاً.

الأدوات: مغناطيس، وسلك نحاسيّ معزول، وملفات دائرية تختلف في عدد اللفات، وميكروأميتر أو غلفانومتر.

فكرة مضيئة

تحوّل البطارية الطاقة من كيميائية إلى كهربائية، بينما يحوّل المولّد الكهربائيّ الطاقة من حركية إلى كهربائية.

خطوات تنفيذ النشاط

- ١- اعمل حلقة من السلك المعزول، وصل طرفيها بطرفي الميكروأميتر، وثبت المغناطيس في مركز الحلقة الدائرية، ودون ملاحظتك.
 - ٢- حرّك المغناطيس بحيث يخرق الحلقة تدريجيًا بصورة عمودية على مستواها مقتربا أو مبتعدا، ودون ملاحظتك.
 - ٣- كرر الخطوة الثانية مرة أخرى، مع مراعاة زيادة السرعة عند تقريب المغناطيس أو إبعاده، ودون ملاحظتك.
 - ٤- استخدم الملفات الدائرية بدلا من الحلقة الواحدة، وكرر الخطوة الثانية، ثم دون ملاحظتك.
 - ٥- استخدم مغناطيسا أقوى بدلا من الأول، وكرر الخطوة الثانية، ثم دون ملاحظتك.
- أجب عن الأسئلة الآتية:

- ما أثر عدد اللفات في مقدار انحراف مؤشر الميكروأميتر؟
- ما أثر قوة المغناطيس في مقدار انحراف مؤشر الميكروأميتر؟
- ما أثر سرعة تحريك المغناطيس في مقدار انحراف مؤشر الميكروأميتر؟

لا بد أنك لاحظت أن نتائج هذا النشاط تتفق مع النتائج التجريبية التي أجراها العالم (فارادي)، عندما توصل إلى أن القوة الدافعة الكهربائية الحثية، تتناسب طرديًا مع كل من العوامل الآتية:

◀ عدد لفات الملف.

◀ مقدار الزيادة في المجال المغناطيسي.

◀ سرعة تحريك المغناطيس.

بالإضافة إلى عوامل أخرى ستتعرف إليها لاحقًا، ترتبط هذه العوامل مجتمعة مع القوة الدافعة الكهربائية الحثية بقانون يُسمى قانون (فارادي) في الحث الكهرومغناطيسي. ويقصد بالحث الكهرومغناطيسي: توليد قوة دافعة كهربائية حثية تعمل على سريان تيار كهربائي حثي عند وجود دائرة كهربائية مغلقة، بتغيير المجال المغناطيسي الذي يغمُر الدارة الكهربائية.



الشكل (١٦-٧): الفيزياء والتكنولوجيا.

أصبح بإمكان الفني المختص القيام بأعمال الصيانة لأسلاك الكهرباء في المنزل، من دون الحاجة إلى حفر الجدار، فالأسلاك تحمل تيارًا متناوبًا يولد مجالًا مغناطيسيًا متغيرًا حولها، وعندما يقوم الفني بتمرير جهاز كشف مبيّن في الشكل (١٦-٧) بالقرب من الجدار، يتولد فيه تيارٌ حثّي فيضيء مصباح صغير في الجهاز، أو يصدر عنه صوت ينبّه إلى وجود سلكٍ يحمل تيارًا كهربائيًا.

Direct Current and Alternating Current

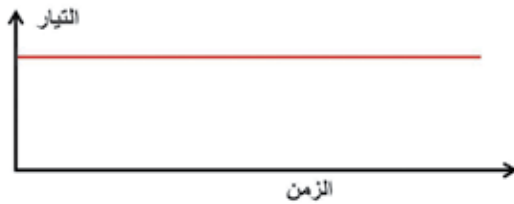
التيار المستمر والتيار المتناوب

٢-٣-٧

نوعا التيار الكهربائي:

١- التيار الكهربائي المستمر (Direct Current)

ويُرمز له بالرمز (DC)، وهو تيارٌ ثابت الاتجاه، كالتيار الذي نحصل عليه من البطاريات بأنواعها المختلفة، التي تنتج التيار الكهربائي من التفاعل الكيميائي؛ مثل بطارية السيارة وبطارية المصباح اليدوي والهاتف النقّال، كما في الشكل (١٧-٧ أ). حيث يكون للبطارية قطبان أحدهما موجب والثاني سالب، ويسري التيار المستمر خلال الدارة الكهربائية المغلقة باتجاه واحد، من القطب الموجب إلى القطب السالب للبطارية، ويمكن تمثيل العلاقة بين التيار المستمر والزمن بيانيًا عندما يكون مقداره ثابتًا، كما في الشكل (١٧-٧ ب).



الشكل (١٧-٧ ب): علاقة التيار المستمر مع الزمن.



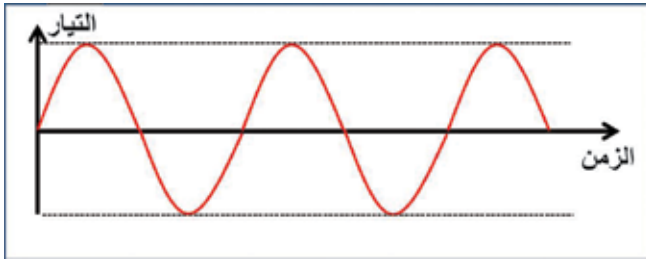
الشكل (١٧-٧ أ): بطارية.

٢- التيار الكهربائي المتناوب: (Alternating Current)

ويُرمز له بالرمز (AC)، وهو تيارٌ متغيّر المقدار والاتجاه، ويطلق عليه أحيانًا **التيار المتردد**. والتيار الذي نحصل عليه من المولدات الكهربائية بصورها المختلفة يكون متناوبًا (مترددًا)؛

كالمولّد المستخدم في الدراجة الهوائية كما في الشكل (٧-١٨ أ)، والمولّدات الضخمة العاملة في محطات القوى الكهربائية لتزويد المدن والقرى بالتيار الكهربائي المتناوب. وتقتضي المواصفات الأردنية أن يكون التيار المستخدم في المنازل من النوع المتناوب، حيث يتغيّر اتجاهه ٥٠ مرّة في الثانية الواحدة، أي أن تردّده (٥٠ هيرتز)، والقوّة الدافعة الكهربائية لهذا التيار (٢٢٠ فولت). لاحظ الشكل (٧-١٨ ب) الذي يبيّن التغيّر في مقدار التيار المتناوب واتجاهه بالنسبة إلى الزمن. وتجدر الإشارة إلى أنّه من الناحية العملية، تمّ الحصول على مقدار ثابت للتيار المتناوب، وكذلك أمكن تحويله إلى تيار مستمرّ، كما أن التيار المستمرّ يمكن تحويله إلى تيار متناوب.

تعلم أن للبطارية قطبين أحدهما موجب والآخر سالب، ويسري التيار باتجاه واحد من القطب الموجب إلى القطب السالب، ولكن في المولّد الكهربائي يتبادل القطبان دوريهما؛ فأحد القطبين يتردّد بين الجهد الموجب والجهد السالب، ويعرف **بالقطب الحيّ (فاز)**، بينما يكون جهد القطب الآخر صفراً ويعرف **بالقطب المتعادل (نتر)**، ويسري التيار الكهربائي المتناوب باتجاهين متعاكسين بين القطبين؛ إذ يتغيّر هذا الاتجاه خلال زمن مقداره (٠,٠٢ ث).



الشكل (٧-١٨ ب): علاقة التيار المتناوب مع الزمن.



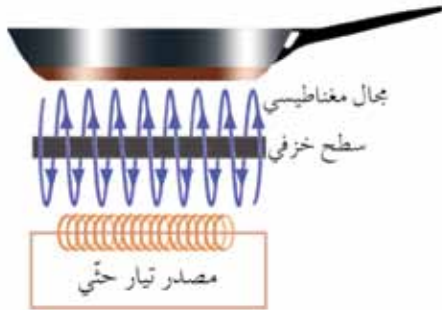
الشكل (٨-١٨ أ): المولّد الكهربائي في الدراجة الهوائية.

تفكير ناقد

استخدم مولّد كهربائي وبطارية قوّتهما الدافعة (٦ فولت)، في إضاءة مصباحين كهربائيين متماثلين، فلاحظ أن إضاءة مصباح البطارية ثابتة الشدّة، وإضاءة مصباح المولّد تزداد وتضعف باستمرارٍ. فسّر ذلك.



الشكل (٧-١٩ أ): تتولّد حرارة في جسم الإناء، ولا تتولّد في سطح الفرن.



الشكل (٧-١٩ ب): تتحوّل الطاقة الكهربائية إلى طاقة مغناطيسية، ثم إلى حرارة في جسم الإناء.

الأفران الكهربائية الحثية، وكيفية عملها

يولّد الفرن الكهربائي العادي الحرارة، بطريقة تشبه المدفأة الكهربائية، ويولّد فرن الغاز الحرارة بحرق الغاز، أما الفرن الحثي فهو شيء مختلف؛ إذ يتكوّن السطح العلوي المستخدم للطهي في فرن الحث الكهربائي من لوح من الخزف (سيراميك)، فيه مناطق محدّدة تُستخدم للطهي، تحت كلّ منطقة منها يوجد ملفّ نحاسي يمرّ فيه تيار متناوب عالي التردد عند تشغيل الفرن، وينشأ عن هذا التيار مجال مغناطيسي متغيّر وفق تردد التيار، يحيط هذا المجال بالملفّ من جوانبه جميعها، وفي حال عدم وضع إناء فوق السطح الخزفي، لا ينتج عن ذلك حرارة، ويبقى سطح منطقة الطهي بارداً، لاحظ الشكل (٧-١٩ أ).

وتُستخدم للطهي أوان فلزية فرومغناطيسية لها مقاومة للكهرباء، وعند وضع الإناء فوق منطقة الطهي؛ فإنّ خطوط المجال المغناطيسي تخترق قاعدة الإناء، كما في الشكل (٧-١٩ ب)،

ونتيجة لاختراق خطوط المجال المغناطيسي تنشأ تيارات كهربائية حثية دوامية داخل الفلز، ونتيجة مقاومة الفلز للتيار الكهربائي تتولّد فيه حرارة، تنتقل بالتوصيل من الإناء إلى الطعام داخله فتتضجّه.

- ١- ماذا يُقصدُ بظاهرة الحثّ الكهرومغناطيسيّ؟
- ٢- كيف تختلف القوة الدافعة الكهربائية الحثية، عن القوة الدافعة الكهربائية للبطارية؟
- ٣- قارن بين التيار المستمرّ والتيار المتناوب، من حيث: القطبية واتجاه حركة الشحنات.
- ٤- ما تحولات الطاقة التي تحدث في المولّد الكهربائيّ؟
- ٥- **تفكير ناقّد:** لمقابس الكهرباء في المنزل قطبان، يعرف أحدهما بالقطب الحيّ، والآخر بالمتعادّل، ما نوع جهد كلّ منهما؛ موجب أم سالب؟ وما علاقة ذلك بتردد التيار المتناوب المعمول به في الأردنّ، وهو (٥٠ هيرتز)؟

نتائج الدرس

- تذكر أجزاء كل من المحرك والمولد والمحولات الكهربائي، وتصف عملها.
- تذكر العلاقات الرياضية للمحول المثالي وتطبقها حسابياً.
- تتحقق عملياً من مبدأ عمل تلك الأجهزة.

تعلم أن مرور تيار في سلك أو في ملف، يولد مجالاً مغناطيسياً، وتعلم أيضاً أن المجال المغناطيسي ضمن ظروف معينة، يولد تياراً كهربائياً. فما التطبيقات العملية لهذه الظواهر؟ وما الأجهزة التي نستخدمها في حياتنا اليومية ولها علاقة بذلك؟

Electric Motor

المحرك الكهربائي

٧-٤-١

نشاط تمهيدي

إحضار محرك كهربائي صغير (من بعض ألعاب الأطفال) كالمبين في الشكل (٧-٢٠)، وبطارية مناسبة، ويقوم الطلبة بتشغيل المحرك ثم تفكيكه، وملاحظة أجزائه.



الشكل (٧-٢٠): محرك كهربائي.

المحرك الكهربائي جهاز يحول الطاقة الكهربائية إلى طاقة حركية بوجود مجال مغناطيسي، ويتكوّن في أبسط أشكاله من مغناطيسين دائمين ثابتين، وملف قابل للدوران حول محور بين المغناطيسين، ويوجد داخل الملف قلب حديدي، ومن أجزاء المحرك نصفاً حلقة نحاسية، كما يبيّن الشكل (٧-٢١/أ). عند مرور تيار كهربائي في أسلاك الملف يولد مجالاً مغناطيسياً، وبتفاعل هذا المجال مع مجال المغناطيس الدائم يدور الملف باتجاه محدد، ويعمل نصفاً الحلقة النحاسية على تغيير اتجاه التيار في الملف كل نصف دورة؛ كي يستمر الملف بدورانه باتجاه واحد.

استنتاج: يتبين من عمل المحرك الكهربائي، أن السلك الذي يمر فيه تيار كهربائي، يتأثر بقوة عندما يغمر في المجال المغناطيسي.

يستفاد من الحركة الدورانية للمحرك، في تشغيل الكثير من الآلات؛ كالمروحة والغسالة وبعض الألعاب، إذ يختلف حجم المحرك الكهربائي باختلاف الغرض من استخدامه، فمنها الصغير كالذي يُستخدم في مشغلة الأقراص في الحاسوب، ومنها الكبير

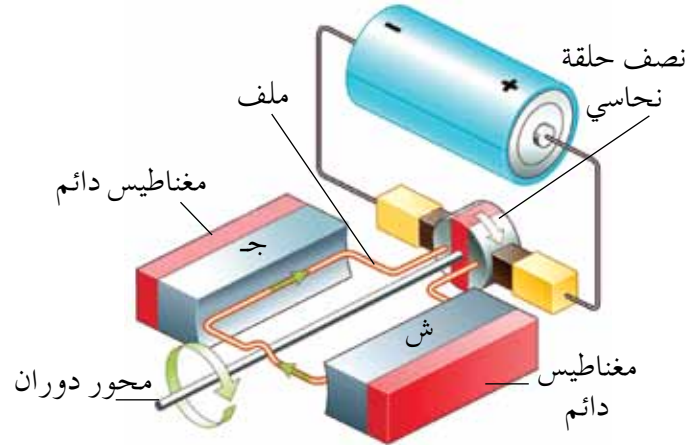
فكرة مضيئة

لا توجد آلة مثالية كفاءتها (١٠٠٪)، فالمحرك والمولد والمحولات جميعها تضيع جزءاً من الطاقة. ويسعى العلماء إلى التقليل من هذه الطاقة الضائعة ما أمكن.

الذي يُستخدم في تحريك الروافع الضخمة، ويبيّن الشكل (٧-٢١/ب) واحدًا من أصغر المحركات الكهربائية.



الشكل (٧-٢١/ب): محرك كهربائي.

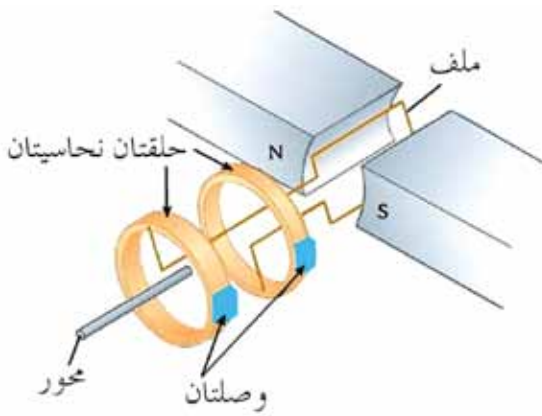


الشكل (٧-٢١/أ): أجزاء المحرك الكهربائي.

يعمل المحرك الكهربائي الذي وضّحت أجزاؤه وتركيبه بالتيار المستمر، إلا أن الكثير من المحركات الكهربائية تعمل بالتيار المتناوب، فيختلف تركيبها قليلًا.

Electric Generator

٧-٤-٢ المولد الكهربائي



الشكل (٧-٢٢): أجزاء المولد الكهربائي، وطريقة عمله.

يُعدّ المولد الكهربائي تطبيقًا لظاهرة الحثّ الكهرومغناطيسي، وهو جهاز يشبه إلى حدّ كبير المحرك الكهربائي، فهو يتكوّن من الأجزاء نفسها، مع اختلاف بسيط في نصفي الحلقة النحاسيين، فيحتوي المولد على حلقتين نحاسيتين متجاورتين، يتصلّ بهما طرفا الملف. والشكل (٧-٢٢) يبيّن أجزاء المولد الكهربائي.

يستخدم المولد الكهربائي في تحويل الطاقة

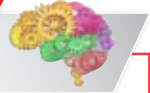
الحركية إلى طاقة كهربائية، بوجود مجال مغناطيسي، إذ يعمل بطريقة الحثّ الكهرومغناطيسي، فعند دوران الملف بين المغناطيسين الدائمين؛ تتولّد بين طرفي الملف قوّة دافعة كهربائية حثيّة، وينشأ عنها تيار كهربائي حثّي متناوب. يبيّن الشكل (٧-٢٣) مولدًا كهربائيًا ضخماً يعمل على

طاقة الرياح لتوليد الكهرباء، باستخدام مروحة كبيرة، وتنتشر هذه المراوح في مناطق مختلفة من المملكة، إذ كانت التجربة الأولى في منطقة الإبراهيمية في محافظة عجلون.



الشكل (٧-٢٣): مولّد كهربائي يعمل بطاقة الرياح.

تفكير ناقد



قارن بين المحرك الكهربائي والمولّد الكهربائي، من حيث: التركيب والوظيفة وطريقة العمل.

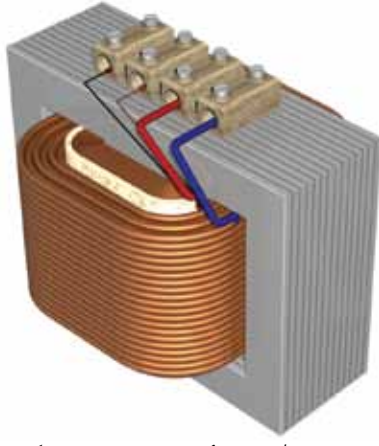
يمكن إجراء بعض التعديل على المولّد الكهربائي؛ كي نحصل منه على تيار كهربائي مستمر بدلاً من التيار المتناوب، ويكون ذلك بتعديل الحلقتين النحاسيتين، لتصبحا نصفي حلقة كما في المحرك الكهربائي، وكذلك تُعدّل قيمة التيار بزيادة عدد الملفات فيه، ووضعها بزوايا مختلفة.

Electric Transformer

المحوّل الكهربائي

٣-٤-٧

بعض الأجهزة في منازلنا لا تعمل على جهد المنزل (٢٢٠ فولت)، فبعضها يحتاج إلى جهد أعلى قد يصل إلى (٢٠٠٠ فولت) مثل المصابيح المتفلورة (التي تعرف خطأً بالنيون) وأجهزة أخرى تحتاج إلى جهد منخفض يصل إلى (٣,٧ فولت) مثل الهاتف النقال؛ لذا، نحن في حاجة إلى جهاز ينجز هذه المهمة، وهو المحوّل الكهربائي، الذي يعمل على رفع الجهد الكهربائي من قيمة منخفضة إلى قيمة مرتفعة، ويُسمى **المحوّل الرافع**، أو خفض الجهد من قيمة مرتفعة إلى قيمة منخفضة، ويُسمى **المحوّل الخافض**، كما في الشكل (٧-٢٤/أ).



الشكل (٧-٢٤/أ): أحد أشكال المحوّل الكهربائي. الشكل (٧-٢٤/ب): أجزاء المحوّل الكهربائي.

يعدّ المحوّل الكهربائي تطبيقاً آخر على ظاهرة الحثّ الكهرومغناطيسيّ، يتكوّن في شكله المبسّط من ملفّين؛ ابتدائيّ وثانويّ، يختلفان في عدد اللفات، وهما ملفوفان على قلب حديديّ مشترك واحد، كما يبيّن الشكل (٧-٢٤/ب). وعند توصيل الملفّ الابتدائيّ بمصدر جهد متناوب (ج_١)، يتولّد مجال مغناطيسيّ متغيّر حول الملفّ الابتدائيّ، فتخترق خطوط المجال القلب الحديديّ والملفّ الثانويّ مولّدة فيه قوّة دافعة كهربائية حثيّة (ج_٢)، وتختلف نسبة جهد الملفّ الابتدائيّ إلى جهد الملفّ الثانويّ، باختلاف نسبة عدد اللفات بينهما، ويُعبّر عن ذلك بالعلاقة الرياضية الآتية:

$$\frac{J_2}{J_1} = \frac{N_1}{N_2}$$

حيث: N_1 عدد لفات الابتدائيّ، N_2 عدد لفات الثانويّ.

تفكير ناقد



هل يمكن للمحوّل الكهربائيّ أن يعمل؛ إذا وصل ملفّه الابتدائيّ مع مصدر جهد

مستمرّ (DC)؟

مثال ٧-١

ماكنة حلاقة كهربائية تعمل عند وصلها بالملفّ الثانويّ لمحوّل كهربائيّ عدد لفات ملفّه الابتدائيّ (١٢٠٠) لفّة، وعدد لفات ملفّه الثانويّ (٣٠) لفّة، بينما يوصل ملفّه الابتدائيّ مع مصدر جهد متناوب (٢٢٠ فولت)، فما مقدار الجهد الذي تعمل عليه ماكنة الحلاقة؟

الحلُّ

$$\begin{aligned}\frac{N_1}{N_2} &= \frac{J_1}{J_2} \\ \frac{1200}{30} &= \frac{220}{J_2} \\ \frac{220 \times 30}{1200} &= J_2 \\ 5,5 \text{ فولت} &= \frac{6600}{1200} =\end{aligned}$$

التوسُّع

جهاز التصوير بالرنين المغناطيسي (MRI) Magnetic resonance imaging



الشكل (٧-٢٥): جهاز التصوير بالرنين المغناطيسي.

جهاز طبيّ تصوّر فيه أعضاء الجسم الداخلية كالدماع والقلب، يستخدم مجالاً مغناطيسياً قوياً يفوق مجال الأرض المغناطيسيّ بمليون مرّة، ونبضات موجات راديو. خلال فحص (MRI) يكون المريض مستلقياً على ظهرة ومثبتاً فوق منضدة خاصّة كما في الشكل (٧-٢٥)، ثم تنزلق المنضدة داخل حجرة فيها المغناطيس. يسمع المريض داخل الحجرة صوت مروحة، ويشعر بحركة الهواء، وقد يسمع صوت نقر خفيف، ومن المهم جداً المحافظة على الهدوء وعدم الحركة.

المبدأ الفيزيائي الذي يعمل عليه الجهاز، يقوم على تفاعل المادة والطاقة، فجسم الإنسان يتكوّن في أغلبه من الماء، ويضمّ كل جزيء ماء (H_2O) ذرتي هيدروجين، وفي كلّ ذرة منهما نواة (بروتون)، وما هذه البروتونات إلا شحنات كهربائية موجبة، تتأثر بالمجال المغناطيسيّ، فعند تشغيل الجهاز تأخذ جميعها اتجاه واحدًا يتفق مع اتجاه المجال المغناطيسيّ للجهاز. بعد ذلك، يصدر الجهاز نبضة



الشكل (٢٦-٧): صورة (MRI) لمقطع في الدماغ.

موجات راديو باتجاه مقطع محدد من الجسم، فتؤثر في بروتونات ذلك المقطع وتغير ترتيبها، وعند زوال أثر الموجة تعود البروتونات إلى حالة الاصطفاف مع المجال المغناطيسي، وهي بذلك تبعث إشارة مغناطيسية تلتقطها مجسات خاصة في الجهاز، وترسل الإشارة إلى جهاز حاسوب يعالجها ويحولها إلى صور واضحة، كما في الشكل (٢٦-٧). وقد طوّرت أجهزة تصوير حديثة مفتوحة، ولا يحيط المغناطيس بالمريض إحاطة تامة، للأشخاص الذين يخافون الأماكن الضيقة.

٤-٧

مراجعة الدرس

- ١- اذكر أجزاء المحرك الكهربائي، ووظيفة كل جزء.
- ٢- قارن بين المحرك الكهربائي والمولد، من حيث: الاستخدام وتحويلات الطاقة.
- ٣- فسّر كيف تنتقل الطاقة من الملف الابتدائي في المحوّل، إلى الملف الثانوي.
- ٤- وضح نوع التيار الكهربائي الناتج عن المولد الكهربائي، وما علاقة ذلك بالحلقتين النحاسيتين؟
- ٥- **تفكير ناقد:** بعض المحركات الكهربائية التي تعمل على التيار المتناوب، لا تحتوي مغناط بداخلها، لكنها تحتوي ملفات ثابتة وأخرى دوّارة، وضح كيف يمكن لها أن تعمل من دون وجود المغناطيس.

القطار المغناطيسي المعلق (Maglev (Magnetic Levitation

فكرة المشروع

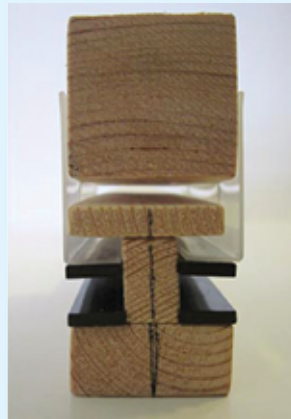
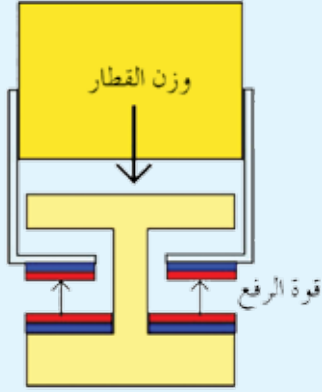
يسير القطار المغناطيسي في الهواء تحمله المغناطيسية معلقاً فوق سكة ممغنطة، إذ تتنافر أقطاب مغناطيس القطار مع أقطاب مغناطيس أخرى مثبتة في السكة. ستنفذ المجموعة تصميم نموذج قطار، يرتفع في الهواء محمولاً على القوة المغناطيسية.



الشكل (٧-٢٧): نموذج قطار معلق.

الخطّة

ارجع إلى موضوع التوسعة في الدرس (٧-٢) من هذا الفصل، واطّلع على مبدأ عمل القطار، ثم اجمع المعلومات الأخرى من مصادر المعرفة المتاحة، ويمكنك استخدام الإنترنت، ثم ابحث عن كيفية صناعة نماذج مبسطة لهذا القطار، وما الأدوات الضرورية لذلك.



الشكل (٧-٢٨): تركيب أجزاء القطار.

ضع خطة زمنية أنت وزملاؤك، والتزم بتنفيذها تحت إشراف المعلم. ترسم المجموعة مخططاً مناسباً للتصميم، وتحصر الأدوات الضرورية لتنفيذ العمل، وتحضر قائمة بالمواد والأدوات، ومن ذلك: مسطرة خشبية طويلة، ومجموعة مغناطيس قوية، وشريط مطاطي مغناطيسي، ومواد لاصقة، وقطعة من البوليسترين، وقطع خشبية، وألواح بلاستيكية، وأدوات هندسية، ومشرط أو منشار.

الإجراءات

- ١- استعن بالشكل (٧-٢٨)؛ لصناعة عربة القطار من الخشب أو البوليسترين.
- ٢- اصنع السكة من الخشب، على أن يكون مقطعها على شكل الحرف (H).

- ٣- ثبت الشريط المطاطي الممغنط، أو عددًا من المغناطيس على السكة من الأعلى.
- ٤- ثبت لوحين بلاستيكيين على جانبي العربّة؛ لمنعها من الخروج عن السكة.
- ٥- ثبت أربعة مغناطيس على قاعدة العربّة (اللوحين البلاستيكيين)، كما في الشكل (٧-٢٨).
- ٦- أدخل العربّة في مجرى السكة، ولاحظ ما يحدث، ثم أجرِ التعديلات الضرورية.
- ٧- ادفع العربّة قليلًا إلى الأمام، ولاحظ احتكاكها مع السكة.

مناقشة النتائج

- تناقش المجموعات إجابات الأسئلة الآتية:
- ما فائدة الشريط المطاطي الممغنط، والجانبين البلاستيكيين للعربّة؟
- فسّر كيف تمكّنت من رفع العربّة في الهواء، وما أثر ذلك في الاحتكاك؟
- اقترح إضافات على النموذج؛ كيّ تتمكن من توليد قوّة مغناطيسية تدفع القطار للحركة.

التقويم الذاتي

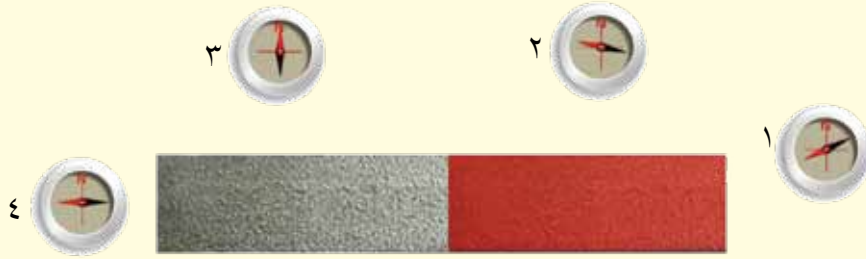
الرقم	المعيار	نعم	لا
١	تمكنت من التعبير عن فكرة المشروع بدقة ووضوح.		
٢	صغت فرضية تتعلق بطريقة عمل النموذج.		
٣	وضعت خطة مناسبة لتنفيذ التصميم.		
٤	ركبت القطار، وجربته عمليًا.		
٥	تواصلت مع معلمي في أثناء تنفيذ المشروع.		
٦	راعت إجراءات السلامة العامة في أثناء العمل.		
٧	رصدت معوقات العمل، وعملت على تحسينه.		
٨	تعاونت مع زملائي، واحترمت آراءهم في أثناء العمل.		
٩	استطعت الحكم على دقة النتائج التي توصلت إليها.		
١٠	أنجزت المشروع وفق الخطة الزمنية المحددة.		

أسئلة الفصل السابع

الجزء الأول: أسئلة قصيرة الإجابة

١- اختر رمز الإجابة الصحيحة لكل فقرة من الفقرات الآتية:

(١) يوضح الشكل (٧-٢٩) قضيباً مغناطيسياً محاطاً بأربع بوصلات صغيرة، واحدة منها فقط تشير إلى الاتجاه الصحيح، هي:



الشكل (٧-٢٩): السؤال الأول؛ الفرع الأول

أ (١) ب (٢) ج (٣) د (٤)

(٢) في ما يتعلق بالمجال المغناطيسي الأرضي، واحدة من الآتيه صحيحة:

- أ (القطب الشمالي الجغرافي والقطب الشمالي المغناطيسي في الموقع نفسه.
- ب (القطب الشمالي الجغرافي والقطب الجنوبي المغناطيسي في موقعين متقاربين.
- ج (الاتجاه الشمالي لإبرة البوصلة، يشير تماماً إلى القطب الشمالي الجغرافي للأرض.
- د (الاتجاه الشمالي لإبرة البوصلة، يشير إلى القطب الشمالي المغناطيسي للأرض.

(٣) عند تقريب دبوس حديدي من مغناطيس؛ فإنه يجذب بقوة نحو:

- أ (القطب الشمالي فقط.
- ب (القطب الجنوبي فقط.
- ج (أي من القطبين.
- د (منتصف المغناطيس.

(٤) المغناطيس (س) قوته مثلاً قوة المغناطيس (ص)، وضعا على مسافة معينة من بعضهما،

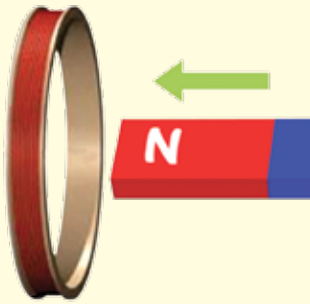
إذا جذب المغناطيس (س) المغناطيس (ص) بقوة ١٠٠ نيوتن، فإن مقدار قوة جذب المغناطيس (ص) للمغناطيس (س) تساوي:

- أ (٥٠ نيوتن.
- ب (١٠٠ نيوتن.
- ج (١٥٠ نيوتن.
- د (٢٠٠ نيوتن.

(٥) شكل خطوط المجال المغناطيسي الناشئ عن ملف لولبي يمر فيه تيار كهربائي، يشبه خطوط المجال المغناطيسي الناشئة عن:

- أ (مغناطيس حذوة الفرس. ب) قطبين مغناطيسيين متماثلين.
جـ) مغناطيس أسطواني. د) قطب مغناطيسي مفرد.
(٦) ملف لولبي مكون من (٣٠) لفّة، مقدار مجاله المغناطيسي (٦٠) وحدة، إذا زيد عدد اللفات ليصبح (٩٠)، فإن مقدار مجاله المغناطيسي يصبح:

- أ (٢٠ وحدة. ب) ٦٠ وحدة. جـ) ١٨٠ وحدة. د) ٥٤٠ وحدة.



(٧) عند تحريك مغناطيس مقتربا من ملف، كما في الشكل (٧-٣٠)، فإن مقدار القوة الدافعة الحثية المتولدة في الملف:

- أ (يقلُّ بزيادة عدد اللفات.
ب) يزيد بزيادة قوة المغناطيس.
جـ) يزيد بنقصان سرعة المغناطيس.
د) يتأثر بنوع قطب المغناطيس القريب.

الشكل (٧-٣٠): السؤال الأول، الفرع السابع.

(٨) لزيادة قوة المغناطيس الكهربائي:

- أ (ننقص عدد اللفات. ب) ننقص قيمة التيار.
جـ) نضع قلبا حديديا داخل الملف. د) نعكس اتجاه التيار فيه.

٢- اذكر العوامل التي يعتمد عليها المجال المغناطيسي الناشئ عن ملف دائري.

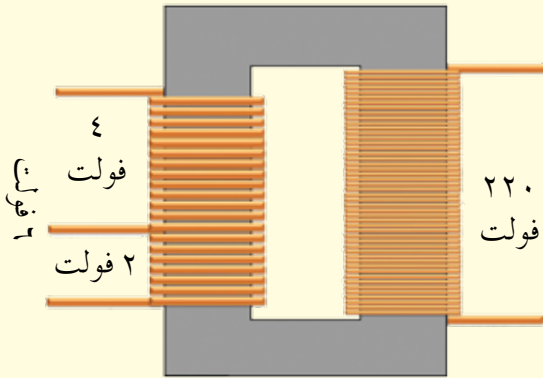
٣- ما نوع المحوّل المستخدم في الحالات الآتية:

آلة لحام الحديد، شاحن الهاتف المحمول، ماكينة الحلاقة الكهربائية، شعلة الاحتراق في السيارة.

٤- إذا كُسر مغناطيس من منتصفه، وقُربَ الجزآن المكسوران من بعضهما؛ فهل سيتجاذبان أم يتنافران؟ فسّر إجابتك.

الجزء الثاني: أسئلة حسابية

٥- يُستخدم محوّل كهربائيّ يعمل على جهد (٢٤٠ فولت) في شحن بطّارية سيّارة جهدها (١٢ فولت)، إذا كان عدد لفّات ملفّه الابتدائيّ (١٢٠٠) لفّة، فما عدد لفّات ملفّه الثانويّ التي تجعله يزوّدنا بجهد مناسب للبطّارية؟



الشكل (٧-٣١): السؤال السادس، محوّل كهربائيّ.

٦- **تفكير ناقّد:** تُستخدم في المنازل محوّلات كهربائية خافضة للجهد لأغراض مختلفة، تعمل على جهد (٢٢٠ فولت) وتزوّدنا بثلاثة مقادير من الجهد. (٦ فولت)، و(٤ فولت)، و(٢ فولت). معتمداً على الشكل (٧-٣١)؛ احسب عدد اللّفات في كلّ جزء من الملفّ الثانويّ. علماً بأنّ عدد لفّات الملفّ الابتدائيّ (١١٠) لفّات.

قواعد السلامة العامة في مختبر الفيزياء

يتعين على كل طالب قراءة القواعد المبينة أدناه بدقة، واتباعها، من أجل سلامته وسلامة الطلبة جميعهم.

١ - لا يُسمح لك بدخول المختبر من دون مرافقة المعلم، أو قيم المختبر، ولا تبق وحدك بعد مغادرة الطلبة.



٢ - لا تبدأ العمل، ولا تلمس أي أداة إلا بإذن المعلم، بعد الاطلاع على التعليمات.

٣ - لا تنفذ أي نشاط أو تجربة إلا بإذن المعلم.

٤ - لا يُسمح بالأكل والشرب داخل المختبر.

٥ - لا تدخل المختبر وأنت تضع عدسات لاصقة.

٦ - ارتد نظارة أو قفازين واقين في أثناء تنفيذ بعض التجارب، كلما لزم ذلك.

٧ - كن حذرا، وأخبر المعلم عن أي حادث أو إصابة فور وقوعها.

٨ - اترك طاولة العمل نظيفة كما وجدتتها.

٩ - لا تضع حقيبتك وأغراضك الشخصية فوق طاولة العمل، أو في الممرات.

١٠ - أبعد الأجهزة والأدوات عن حواف الطاولة في أثناء العمل.

١١ - لا تلمس أي دارة موصولة بالكهرباء، وأسلاكها معرّاة.

١٢ - لا تصل أي دارة كهربائية أو جهاز بالمقبس، إلا بإشراف المعلم.

١٣ - تعرّف مكان وجود طفايات الحريق وأجهزة السلامة الأخرى في المختبر، وطريقة استعمالها.

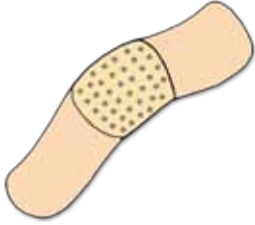
١٤ - لا يُسمح للطلاب الذي لا يرتدي الملابس المناسبة والحذاء المناسب بدخول المختبر.

١٥ - لا تقترب من الأماكن الضيقة أو المغلقة.

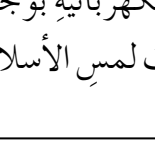
١٦ - اطلع على التعليمات الخاصة بالمختبر المعلقة داخله، واتبع تعليمات المعلم المتعلقة بالتجربة.

١٧ - لا تردد في طلب أية معلومات أو مساعدة من المعلم، أو قيم المختبر عند الحاجة.

١٨ - مخالفتك لأي من هذه التعليمات، قد تعرّضك وزملاءك للخطر.



الرموز الخاصة بالعمل المخبري

أبخرة: وجوب العمل في مكان جيد التهوية، وعدم استنشاق أية أبخرة ناتجة عن التجارب.		نظارات واقية: حماية العينين عند تنفيذ التجارب الكيميائية، والتعامل مع الزجاجيات واللهب.	
مواد سامة: الحذر من ملامسة أية مادة كيميائية سامة للجسم، أو استنشاق أبخرتها.		مربوّل المختبر: حماية الجسم وملابسك من الضرر عند التعامل مع المواد والأجهزة.	
أجسام حادة: الحذر عند استخدام المقص والسكين والدبوس وغيرها من الأجسام الحادة، وعدم توجيهها نحو الجسم.		قفازات حرارية: حماية اليدين عند حمل الأجسام الساخنة، واستخدام الأفران ومصادر الحرارة.	
الحيوان: عدم التعرض للأذى، وعدم إيذاء الحيوان عند التعامل معه في المختبر.		قفازات بلاستيكية: حماية اليدين عند التعامل مع المواد الكيميائية الخطرة.	
النبات: عدم حمل النباتات بطريقة غير صحيحة، وتجنب لمس النباتات السامة.		ملقط التسخين: التقاط الأجسام الساخنة، وتجنب لمسها باليد.	
نشاط بدني: الحذر والانتباه في أثناء الحركة ونقل الأشياء في المختبر.		مصادر اللهب: الحذر من اقتراب الجسم والملابس والشعر من مصادر اللهب عند استخدامها.	
النفائات: التخلص من بقايا المواد الكيميائية وغيرها من مواد التجربة بطريقة صحيحة.		مواد سريعة الاشتعال: الحذر الشديد من تقريب هذه المواد من مصادر الحرارة.	
غسل اليدين: غسل اليدين جيدًا بعد الانتهاء من العمل المخبري.		مواد كيميائية تسبب تآكل الجلد: تجنب ملامسة الحموض والمواد المهيجة الأخرى لليدين والجسم والملابس.	
صعقة كهربائية: عدم استخدام المعدات الكهربائية بوجود الماء أو الرطوبة، وضرورة فصل كل دائرة كهربائية لا يلزم استخدامها، وتجنب لمس الأسلاك والوصلات الكهربائية غير المعزولة.			

هذه الرموز خاصة بالعمل المخبري لمختبرات العلوم جميعها: الفيزياء، والكيمياء، والعلوم الحياتية، وعلوم الأرض والبيئة.

مسردُ المصطلحات العلمية (Glossary)

أوم (Ohm): مقاومة موصل يمرُّ فيه تيارٌ مقداره أمبيرٌ واحدٌ، عندما يكون فرق الجهد بين طرفيه فولتًا واحدًا.

تيارٌ كهربائي (Electric Current): مقدارُ الشحنة الكهربائية التي تعبرُ مقطعًا في موصل، في الثانية الواحدة.

تيارٌ متناوب (Alternating Current): تيارٌ كهربائي متغيّر الاتجاه، نحصلُ عليه من المولّد الكهربائي.

تيارٌ مستمر (Direct Current): تيارٌ كهربائي ثابت الاتجاه، نحصلُ عليه من البطاريات.

حثٌ كهرومغناطيسي (Induction): توليدُ قوّة دافعة كهربائية حثية، تعمل على سريان تيارٍ كهربائي حثي؛ عند وجود دائرة كهربائية مغلقة، بتغيّر المجال المغناطيسي.

خطُ المجال الكهربائي (Electric Field Line): المسار الذي تسلكه شحنة اختبار موجبة حرّة الحركة؛ عند وضعها في مجالٍ كهربائي.

شحنٌ كهربائي (Electrical Charging): إكساب الأجسام شحناتٍ كهربائية، عن طريق إحداث خللٍ في توزيع الشحنات عليها.

قانون أوم (Ohm's Law): التيار الكهربائي المارُّ في موصل فلزي؛ يتناسب طرديًا مع فرق الجهد بين طرفيه، عند ثبوت درجة حرارته.

قانون كولوم (Coulomb's Law): القوّة الكهربائية المتبادلة بين شحنتين نقطيتين؛ تتناسب تناسبًا طرديًا مع مقدار كلٍّ من الشحنتين، وعكسيًا مع مربع المسافة بينهما.

قدرة كهربائية (Electric power): الطاقة الكهربائية المستهلكة في جهاز، في وحدة الزمن.

قوّة دافعة كهربائية (Electromotive force): مقدار الشغل الذي تبذله البطارية على وحدة الشحنات الكهربائية.

مبدأ تكمية الشحنة (Quantization of Charge): تكون شحنة أي جسم مساوية لشحنة الإلكترون أو مضاعفاتِها.

مبدأ حفظ الشحنة الكهربائية (Conservation of Charge): الشحنات الكهربائية لا تُفنى ولا تُستحدث، ولكن تتقلُّ من جسمٍ إلى آخر.

مجال كهربائي (Electric Field): حيّزٌ إن وضعت فيه شحنة كهربائية، أثرت فيها قوة كهربائية.

مجال كهربائي لشحنة (Electric Field): القوة الكهربائية التي تؤثر بها الشحنة في وحدة الشحنات الموجبة الموضوعة عند نقطة.

مجال كهربائي منتظم (Uniform Electric Field): مجال كهربائي ثابت المقدار والاتجاه عند جميع النقاط فيه.

مجال مغناطيسي (Magnetic Field): حيّزٌ يحيط بالمغناطيس، وتظهر فيه آثار القوى المغناطيسية.

محرك كهربائي (Electric Motor): جهاز كهربائي يُستخدم لتحويل الطاقة الكهربائية إلى ميكانيكية.

محول كهربائي (Electric Transformer): جهاز كهربائي يُستخدم لتغيير مقدار الجهد.

مقاومة كهربائية (Resistance): إعاقة لحركة الشحنات الحرة داخل الموصل؛ بسبب وجود الذرات والشحنات الأخرى.

منصهر (Fuse): سلك فلزي رفيع محمول على جسم عازل، يسمح بمرور قيمة قصوى للتيار خلاله.

مواد بارامغناطيسية (Paramagnetic): مواد لا تظهر انجذاباً إلى المغناطيس في الظروف العادية، لكنها تنجذب إذا كان المغناطيس قوياً جداً. منها؛ الألمنيوم والنحاس.

مواد ديامغناطيسية (Diamagnetic): مواد تظهر تنافراً مع المغناطيس إذا كان قوياً، مثل فلز الزموت والماء.

مواد عازلة (Insulators): مواد لا يمكن للشحنات الكهربائية أن تتحرك خلالها بسهولة؛ مثل: الزجاج والبلاستيك والمحاليل الجزيئية.

مواد موصلة (Conductors): مواد يمكن للشحنات الكهربائية أن تنتقل خلالها بسهولة، مثل: الفلزات والمحاليل الكهرلية.

مواد فرومغناطيسية (Ferromagnetic): مواد تنجذب إلى المغناطيس بقوة، مثل: الحديد والنيكل.

مولد كهربائي (Electric Generator): جهاز يُستخدم لتحويل الطاقة الميكانيكية إلى كهربائية.

واط (Watt): القدرة الكهربائية لجهاز، يمر فيه تيار مقداره أمبير واحد، عندما يكون فرق الجهد بين طرفيه فولتاً واحداً.

قائمة المراجع

أولاً: المراجع العربية

- ١- أحمد زكي حلمي، أجهزة القياس والمعايرة، بيروت: دار الفجر، ١٩٩٩.
- ٢- علي عبد الله الدفاع، الموجز في التراث العلمي العربي الإسلامي، نيويورك: جون وايلي وأولاده، ١٩٧٩.

ثانياً: المراجع الأجنبية

- 1 - Avsion, J. , **The World of Physics**, Thomas nelson and sons limited, 1989.
- 2 - Bridgy eman, K., **Measurement in Foucus**, Franklin watts, 1991.
- 3 - David, V., Frank, **Physical Science**, Boston: Pearson Education, inc. 2007.
- 4 - Douglas, C., Giacoli, **Physics for Scientists and Engineers**, New Jersey: Pearson Education, inc., 2009.
- 5 - Hewitt, P., et. al., **Conceptual Physical Science Explorations**, Addison Wasley, 2003.
- 6 - Johnson, G., et. al., **Physical Scince**, Addison-wesley publishing company, 1988.
- 7 - Levesely, M., et al., **Highe Scince 2 for GCSE**, Person Education Limited, 2003.
- 8 - Morrison, E., et al., **Science Plus Technology and Society Level Blue**, Holt, Rindehart & Winston, 2002.
- 9 - Pople, P., **Physics for Higher Tier**, London: Stephen pople, 2001.
- 10- Serway, R., et. al., **Physics for Scientists and Engineers**, Thomson Brooks/cole, 2011.
- 11- Todd, R., et. al., **Physical Scince**, Holt, Rindehart & Winston, 2001.

تَمَّ بِحَمْدِ اللَّهِ تَعَالَى

